

6. travaux publics (21)

TP 1991

Mécanique - Dilatation

Oscillations

(Les questions 1), 2) et 3) peuvent être traitées indépendamment)

Données :

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

$$V = 77 \text{ km.h}^{-1}$$

Crochet de masse $m = 3,5 \text{ kg}$ suspendu à un mince câble d'acier de longueur $\ell = 2,5 \text{ m}$ et de masse négligeable.

$$k = 0,25 \text{ SI}$$

$$S = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\theta_1 = 10^\circ\text{C} \text{ et } \theta_2 = 30^\circ\text{C}$$

Coefficient de dilatation linéaire de l'acier : $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Une bourrasque de vent soufflant à la vitesse v perpendiculairement à la surface latérale du crochet déplace le système d'un angle α par rapport à la verticale et la maintient en équilibre.

1) Calculer α sachant que l'intensité de la force exercée par l'air se déplaçant à la vitesse v sur une surface d'aire S , s'exprime par $f = k \cdot S \cdot v^2$.

Le vent cesse brusquement.

On assimile le système [câble – crochet] à un pendule simple.

2) a- Montrer que le mouvement peut être décrit par une fonction sinusoidale du temps.

b- Vérifier que la période des oscillations de faible amplitude peut se mettre sous la forme :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Calculer sa valeur numérique.

Les oscillations précédentes avaient lieu à une température ambiante θ_1 .

La température s'élève à la température θ_2 .

On n'envisage que la dilatation linéaire du câble.

3) a- Quelle est la nouvelle période des oscillations ?

b- Quelle incertitude relative commet-on en affirmant que la période des oscillations n'a pas variée ?

Acoustique

A une distance $d_1 = 4,9 \text{ m}$ d'une source sonore isotrope, on enregistre une puissance $P_1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ W}$.

1) a- Calculer l'intensité sonore I_1 à cette distance de la source.

b- Le niveau sonore correspondant N_1 valant 73 dB, en déduire l'intensité minimale audible I_0 .

c- Calculer la pression acoustique p_1 en ce point.

On s'éloigne d'une distance x du point où P_1 , N_1 , I_1 et p_1 ont été mesurés.

On enregistre alors un affaiblissement phonique $A = 3 \text{ dB}$.

2) De quelle distance x s'est on éloigné ?

Une paroi possède un coefficient de transmission $\tau = 26 \cdot 10^{-5}$.

Le coefficient de transmission est défini comme le rapport de la puissance transmise à la puissance incidente.

3) a- Quel affaiblissement phonique A provoque cette paroi ?

b- Quel est le niveau sonore de l'autre côté de la paroi, sachant que le niveau sonore de la face d'entrée est de 70 dB ?

Chimie organique

La réaction d'addition du chlorure d'hydrogène sur l'éthyne (acétylène) donne naissance à un seul produit insaturé.

1) a- Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

b- Nommer le produit formé.

La polymérisation du monochloroéthène (chlorure de vinyle) conduit à la formation du polychlorure de vinyle (PVC).

- 2) a- Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.
b- Représenter le motif du polymère.

Le degré de polymérisation est égal à 1100.

- 3) Calculer la masse molaire du PVC formé :
a- en supposant que les deux groupements de fin de chaîne sont des groupements méthyle.
b- en négligeant la masse de ces groupements.

Quelle incertitude relative $\frac{\Delta M}{M}$ commet-on en choisissant le résultat trouvé en b ?

Par pyrolyse ce PVC se décompose.

Il donne naissance, entre autres produits, à un gaz dont la solution aqueuse millimolaire ($10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$) a un $\text{pH} = 3$.

- 4) a- Quel est ce gaz ?
b- Quelle masse de ce gaz recueille-t-on par pyrolyse de 5 kg de PVC ?
c- Quel est le volume correspondant dans les conditions normales de température et de pression ?

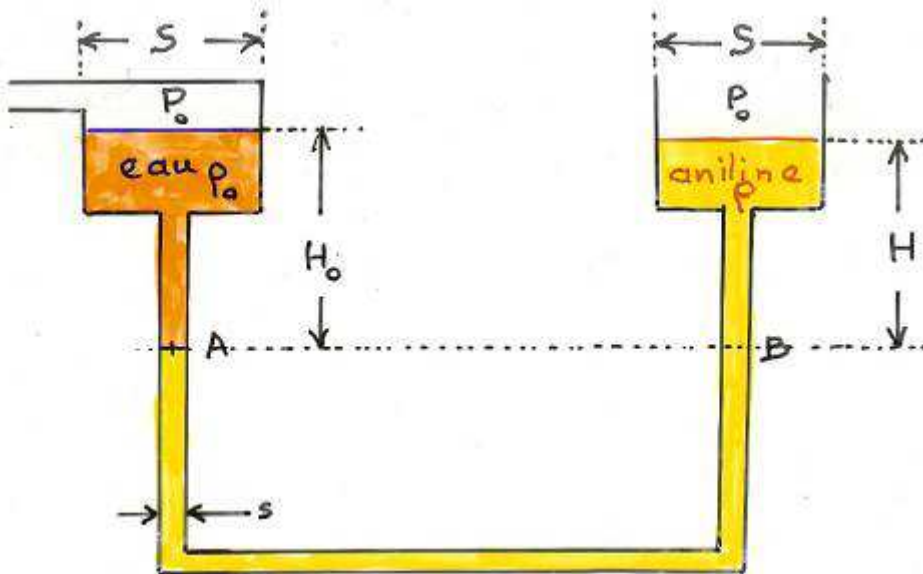
Donnée :

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

TP 1992

•Mécanique des fluides

Manomètre différentiel



Un manomètre différentiel est formé de deux récipients cylindriques de sections droites identiques S , réunis par un tube de section intérieure s .

Il contient deux liquides incompressibles non miscibles entre eux dont la surface de séparation se trouve toujours dans la partie gauche du tube de section s .

(On néglige tout phénomène lié à la tension superficielle)

On étudie l'équilibre initial du manomètre, sachant que la pression au-dessus des deux liquides est la même, égale à P_0 .

A désigne un point de la surface de séparation eau/aniline.

- 1) a- Enoncer la relation fondamentale de la statique des fluides.

Donner les expressions des pressions en A et B , P_A et de P_B , en fonction de P_0 , ρ , ρ_0 , H , H_0 et g .

- b- Etablir la relation entre ρ , ρ_0 , H et H_0 .

On provoque une surpression ΔP au-dessus de l'eau.

La pression devient $P_0 + \Delta P > P_0$.

On observe un déplacement Δh de la surface de séparation eau/aniline.

La pression au-dessus de l'aniline reste égale à P_0 .

2) a- Démontrer que la surface libre de l'eau s'abaisse de $\frac{S}{S} \cdot \Delta h$.

b- Préciser comment se fait le déplacement de la surface libre de l'aniline dans le récipient de droite, et donner son expression en fonction de Δh , s et S .

c- Ecrire les expressions des nouvelles hauteurs d'eau H'_0 et d'aniline H' au-dessus de la nouvelle surface de séparation eau/aniline et en déduire la relation entre la surpression ΔP et le déplacement Δh .

Exprimer $\frac{\Delta P}{\Delta h}$ en fonction de, ρ , ρ_0 , s , S et g .

d- Calculer $\frac{\Delta P}{\Delta h}$ et ΔP .

Données :

Masse volumique de l'eau : $\rho_0 = 998 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique de l'aniline : $\rho = 1024 \text{ kg.m}^{-3}$

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

$S = 100 \text{ s}$

$\Delta h = 5 \text{ mm}$

Conclure quand à l'ordre de grandeur d'une telle variation de pression.

Thermique

On considère un mur en béton, d'épaisseur 30 cm, qui sépare un milieu A d'un milieu B.

Données :

Température du milieu A : 15°C (intérieur)

Température du milieu B : -5°C (extérieur)

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

résistances thermiques surfaciques superficielles :

intérieure $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ et extérieure $r_{se} = 0,06 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$

1) Calculer la résistance thermique surfacique de ce mur.

En déduire le coefficient de transmission thermique U .

2) Calculer le flux thermique surfacique.

3) Calculer les températures de surface et tracer le diagramme des températures (à l'intérieur du mur).

Echelle :

abscisse : 1 cm pour 3 cm de distance dans le mur

ordonnée : 1 cm pour 1°C d'écart de température

Solution basique

(Les questions 1, 2, et 3 peuvent être traitées séparément)

(Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$ à 25°)

On prépare une solution S_1 , de volume $V = 5,0 \text{ L}$ en dissolvant une masse $m = 4,0 \text{ g}$ d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans de l'eau pure.

La température de la solution est de 25°C .

1) a- Quelle est la concentration molaire, exprimée en mol.L^{-1} , de la solution ainsi préparée ?

b- Quelles sont les concentrations molaires des différents ions présent dans la solution S_1 ?

c- Calculer le pH de la solution S_1 .

On se propose maintenant de vérifier la concentration molaire de la solution S_1 préparé dans la question 1.

Pour cela, on dose la solution S_1 par une solution S_2 d'acide chlorhydrique de concentration

$C_2 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

2) a- Ecrire l'équation de la réaction correspondant à l'équivalence.

En prenant un échantillon de la solution S_1 de volume $V_1 = 10,0 \text{ mL}$, l'équivalence est obtenue pour un volume d'acide $V_2 = 19,9 \text{ mL}$.

b- En déduire la concentration C_1 de la solution S_1 .

La solution d'acide S_2 , de concentration $C_2 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ a été préparée par la dilution d'une dose

de solution acide de concentration $C_a = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V_a = 10,0 \text{ mL}$.
Le volume V_a a été complété avec de l'eau pure dans une fiole jaugée de volume V .

3) Déterminer le volume V de la fiole jaugée qu'il faut prendre, pour réaliser cette dilution.

TP 1993

Thermodynamique

1) Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

•2) Définir l'enthalpie d'un système thermodynamique.

Le système subit une transformation à pression constante.

•3) Établir la relation liant la variation de son enthalpie à la quantité de chaleur qu'il échange avec le milieu extérieur.

Calorimétrie

4) Définir la chaleur latente massique de changement d'état d'un corps pur.

Une feuille d'aluminium d'épaisseur constante $e = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, dont la température initiale est $T_0 = 293 \text{ K}$ est déposée horizontalement sur un matériau thermiquement isolant.

Elle reçoit perpendiculairement à sa surface, un faisceau laser homogène de section d'aire $s = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ et de puissance moyenne P .

On suppose que toute l'énergie du faisceau incident est absorbée par le cylindre d'aluminium d'épaisseur e , de même section s que celle du faisceau et que la température de ce cylindre est uniforme à chaque instant.

On ne tient pas compte des échanges de chaleur entre le cylindre et les régions voisines.

Données (propriétés physiques de l'aluminium) :

Température de fusion : $T_f = 933 \text{ K}$

Température de vaporisation sous la pression atmosphérique normale : $T_v = 2740 \text{ K}$

chaleur Latente massique de fusion : $L_f = 397 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Chaleur latente massique de vaporisation à 2740 K : $L_v = 10500 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Masse volumique : $\rho = 2699 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique du solide : $c_s = 900 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

capacité thermique massique du liquide : $c_\ell = 1090 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

5) Donner l'expression de la quantité de chaleur nécessaire pour effectuer chacune des transformations suivantes, de la zone irradiée, puis calculer sa valeur numérique.

a- aluminium solide à la température $T_0 = 293 \text{ K}$, en aluminium solide température $T_f = 933 \text{ K}$.

b- aluminium solide à la température $T_0 = 293 \text{ K}$, en aluminium liquide à la même température T_f .

c- aluminium solide à la température $T_0 = 293 \text{ K}$, en aluminium vapeur à température $T_v = 2740 \text{ K}$.

Pour vaporiser le cylindre d'aluminium (transformation 5c-) on éclaire cette région pendant une milliseconde.

6) Calculer la puissance P du faisceau laser.

Photométrie

Le filament F , supposé ponctuel, d'une ampoule électrique est placé à une hauteur $h = 1,50 \text{ m}$ au-dessus du centre O d'une table horizontale et circulaire de rayon $r = 1,00 \text{ m}$

La surface indicatrice d'émission de cette ampoule est une sphère qui passe par son filament F et dont le centre C se trouve sur le segment vertical FO .

L'intensité lumineuse maximale obtenue dans la direction perpendiculaire à la table est : $I_N = 100 \text{ cd}$.

1) Représenter sur un schéma le filament F , le centre O de la table, l'indicatrice d'émission et son centre C .

2) Exprimer l'intensité lumineuse I_α de cette source dans une direction faisant l'angle α avec la verticale.

3) Donner l'expression de l'éclairement en un point M de la table situé à la distance x du centre O de la table, en fonction de h , x et I_N .

4) Calculer les valeurs numériques de l'éclairement au centre O de la table, et de l'éclairement au bord de la table.

Oxydoréduction

Les plateformes métalliques plongées dans une atmosphère humide doivent être protégées de la corrosion.

Principe

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 mol.L^{-1}), et une demi-pile formée d'une lame de zinc plongeant dans une solution de sulfate de zinc (1 mol.L^{-1}).

Ces deux compartiments sont reliés par un pont salin.

Cette pile débite dans un circuit extérieur.

- 1) a- Ecrire les équations électrochimiques des réactions se produisant dans chaque demi-pile.
- b- Préciser sur quelle électrode ont lieu une oxydation, une réduction.
- c- Ecrire l'équation bilan.

Justifier la notion de protection par le zinc.

Déterminer la polarité de cette pile et donner la valeur de sa f.e.m.

Protection des plateformes

Les plateformes, dont la nature sera assimilée à du fer, sont protégées par des plots de zinc.

Cette protection est prévue pour 5 ans, avant renouvellement.

L'intensité du courant résultant de la formation de cette pile a une valeur moyenne de 50 mA.

- 2) Calculer la masse de zinc à prévoir, sachant que la masse de zinc effectivement consommée n'est que de 60% de la masse disposée sur les plateformes.

Données :

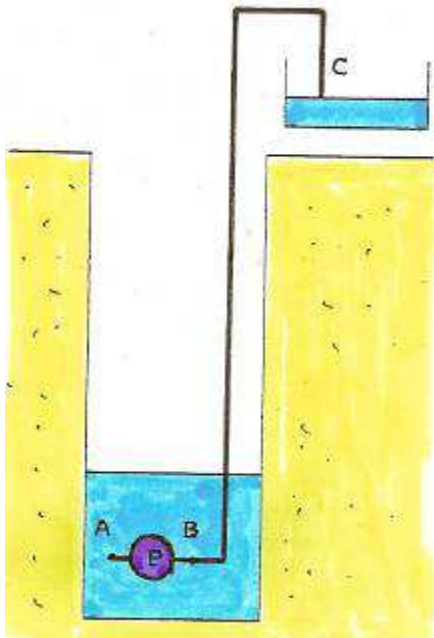
Potentiels standard des couples redox :

$$E^0(\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}) = -0,44 \text{ V et } E^0(\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$$

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

TP 1994

Mécanique des fluides



Une pompe (P) de puissance utile $P_u = 1,2 \text{ kW}$ est immergée au fond d'un puits pour remonter l'eau à la surface suivant le schéma ci-contre.

Elle doit assurer un débit de $17 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Le tuyau de refoulement entre B et C a une section de 20 cm^2 .

La pression en C est égale à la pression atmosphérique :

$$P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa.}$$

La vitesse de l'eau en C est négligeable.

Données :

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

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

Equation de Bernoulli, lors de l'écoulement d'un fluide entre deux sections S_1 et S_2 , lorsqu'il n'y a pas de machine :

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

- 1) Calculer le débit massique de la pompe.
- 2) Quelle énergie E_{AB} la pompe doit-elle fournir à 1 kg d'eau pour assurer ce débit ?
- 3) Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau entre B et C ?

La pression de l'eau à la sortie de la pompe en B est de $3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

- 4) Calculer la profondeur du puits.

Rayonnement

Données :

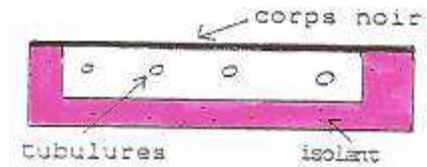
$$\Phi = \sigma \cdot S \cdot T^4 \text{ avec } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \text{ (}\sigma \text{ constante de Stephan)}$$

$$\lambda_{\text{maximum}} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \text{ (loi de Wien)}$$

On utilise un capteur solaire pour réchauffer l'eau soutirée du puits.

Ce capteur plan sera considéré comme un corps noir (radiateur intégral).

Il reçoit du soleil un flux énergétique par mètre carré de $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.



- 1) Calculer la température d'équilibre du capteur (en kelvins puis en degrés Celsius).
- 2) Calculer la longueur d'onde où le capteur émet le plus d'énergie.
- 3) Quel est le nom donné au rayonnement ayant cette longueur d'onde.

Acoustique

Une chute d'eau constitue une source de bruit dont le niveau de puissance acoustique est de 80 dB.

On admet que les ondes acoustiques sont émises dans la demi-sphère située devant cette source.

- 1) Calculer la puissance acoustique de la source exprimée en watts.
- 2) Calculer l'intensité acoustique à 5 m de la source.
- 3) Calculer le niveau d'intensité à 5 m de la source.

En déduire le niveau de pression acoustique.

- 4) Calculer la pression acoustique (en pascals) à 5 m de la source.

Solution acide

L'analyse chimique de l'eau d'un puits a donné les résultats suivants :

$$\text{pH} = 8$$

$$\text{dioxygène dissous (O}_{2g}\text{)} : 8,2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ions chlorures (Cl}_{\text{aq}}^-) : 20 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ions sulfates (SO}_{4\text{aq}}^{2-}) : 70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ions phosphates (PO}_{4\text{aq}}^{3-}) : 0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ions sodium (Na}_{\text{aq}}^+) : 71 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\text{ions hydrogénocarbonates (HCO}_{3\text{aq}}^-) : 121 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le produit ionique de l'eau sera pris égal à 10^{-14}

Etude du pH :

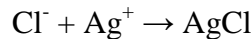
- 1) a- Cette eau est-elle acide ou basique ?
- b- Ecrire l'équation d'autoionisation de l'eau.
- c- Calculer les concentrations molaires exprimées en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$: $[\text{H}_3\text{O}^+]$ et $[\text{OH}^-]$

Les ions :

- 2) Calculer en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ les concentrations molaires suivantes : $[\text{Cl}^-]$; $[\text{SO}_4^{2-}]$; $[\text{PO}_4^{3-}]$

On désire effectuer le dosage des ions Cl^- avec une solution de nitrate d'argent.

On obtient un précipité de chlorure d'argent :



On utilise une solution de nitrate d'argent ($\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$) telle que $[\text{Ag}^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- 3) Calculer le volume de solution nécessaire pour précipiter tous les ions Cl^- contenus dans 50 cm^3 de cette eau.

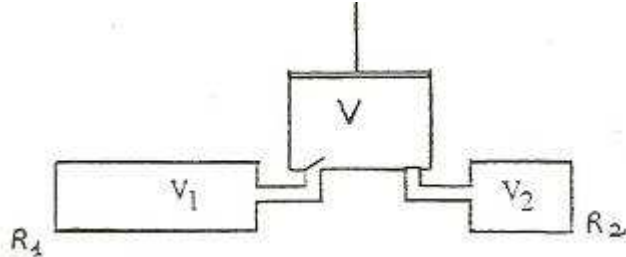
TP 1995

Thermodynamique

Un compresseur, dont le corps de pompe a un volume V , aspire le gaz d'un réservoir R_1 de volume V_1 et le comprime dans un réservoir R_2 de volume V_2 .

A l'instant initial la pression est la même, P_0 , dans les deux réservoirs et le piston est en position basse.

On admet que le gaz est parfait et que les opérations se font de manière isotherme.



1) Pression dans le réservoir R_1

On fait une première aspiration.

a- Définir l'état initial et l'état final.

En déduire l'expression de la pression P_1 dans le réservoir R_1 à la fin de la première aspiration.

b- Par analogie exprimer $P_2, P_3 \dots$ puis P_n , pressions successives dans le réservoir R_1 .

c- En déduire que $P_n = P_0 \left[\frac{V_1}{V_1 + V} \right]^n$.

d- Montrer que cette pression P_n tend vers 0 quand n tend vers l'infini.

Que peut-on dire de la quantité de gaz restant dans le réservoir R_1 ?

2) Pression dans le réservoir R_2

On admet qu'après un très grand nombre de coups de pompe, le réservoir R_1 est vide.

Le piston est en position basse.

a- Définir cet état final.

En déduire l'expression de la pression finale P_f dans le réservoir R_2 en fonction de P_0, V_1 et V_2 .

b- Calculer P_f si $P_0 = 10^5$ Pa, $V_1 = 100$ L et $V_2 = 2$ L.

Photométrie

Une lampe d'éclairage à vapeur de sodium, possède les caractéristiques suivantes :

puissante électrique absorbée : $P = 0,45$ kW

efficacité lumineuse : $k = 83$ lm.W⁻¹

Elle est considérée comme une source ponctuelle.

La surface indicatrice d'intensité lumineuse est une sphère passant par la lampe, le centre de la sphère étant sur la verticale de la lampe.

1) Déterminer le flux lumineux émis par la lampe.

2) Dessiner la surface indicatrice d'émission.

En déduire que l'intensité lumineuse I_α dans une direction quelconque faisant l'angle α par rapport à la verticale est de la forme $I_\alpha = I_0 \cdot \cos \alpha$.

(I_0 étant la valeur de l'intensité lumineuse à la verticale de la lampe).

3) Etablir la relation liant le flux lumineux à l'intensité lumineuse I_0 suivant la verticale : $\Phi = \pi \cdot I_0$.

On rappelle que l'angle solide élémentaire de révolution peut se mettre sous la forme :

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

Calculer la valeur numérique de I_0 .

Cette lampe est placée à une hauteur $h = 8,0$ m au-dessus d'une rue horizontale.

4) Déterminer la valeur de l'éclairement E dû à cette lampe en un point de la rue situé sur la verticale passant par la lampe.

Oxydoréduction

La teneur massique en soufre dans le gazole (ou le fioul domestique) doit-être inférieur à 0,3%.

On brûle 100 g de gazole en recueillant les gaz de combustion.

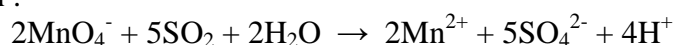
Tout le soufre est oxydé à l'état de dioxyde de soufre SO_2 que l'on dissout dans 500 mL d'eau (solution S).



On prélève 10,0 mL de cette solution S que l'on dose avec une solution de permanganate de potassium de concentration molaire : $C = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

A l'équivalence, on a versé le volume V de solution de permanganate : $V = 12,5 \text{ mL}$

On considère que seul SO_2 est ainsi dosé, selon l'équation-bilan :



- 1) Préciser l'oxydant et le réducteur.
- 2) Comment observe-t-on la fin de la réaction ?
- 3) Donner la relation entre la quantité de matière de SO_2 , $n(\text{SO}_2)$ et la quantité de matière d'ions MnO_4^- , $n(\text{MnO}_4^-)$ à l'équivalence.
- 4) Calculer le nombre $n(\text{MnO}_4^-)$ à l'équivalence.
- 5) Calculer le nombre $n(\text{SO}_2)$ contenus dans 10 mL de solution S.
- 6) En déduire le nombre $n(\text{SO}_2)$ contenues dans 500 mL de solution S.
- 7) Calculer la masse de soufre contenue dans 100 g de gazole.
La teneur massique calculée est-elle conforme à la législation ?
Pourquoi la teneur en soufre est-elle limitée ?

TP 1996

Chimie organique

(La question 4 peut être traitée indépendamment des précédentes)

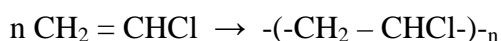
La composition en masse d'une essence est de :

70% de C_7H_{16}

30% de C_8H_{18}

- 1) a- A quelle grande famille de corps ces composés appartiennent-ils ?
b- Quels sont leurs noms systématiques ?
c- Quel procédé physique utilise-t-on pour obtenir les essences à partir de pétrole ?
- 2) Ecrire les équations équilibrées des réactions de combustion totale de chacun de ces deux composés.
La masse volumique de cette essence est $\rho = 720 \text{ kg.m}^{-3}$.
- 3) Calculer :
a- La masse de chacun des composés dans un litre d'essence
b- Le volume de dioxygène nécessaire pour effectuer la combustion totale d'un litre d'essence
c- Le volume d'air utile à la combustion d'un litre d'essence, après avoir rappelé la proportion de dioxygène dans l'air

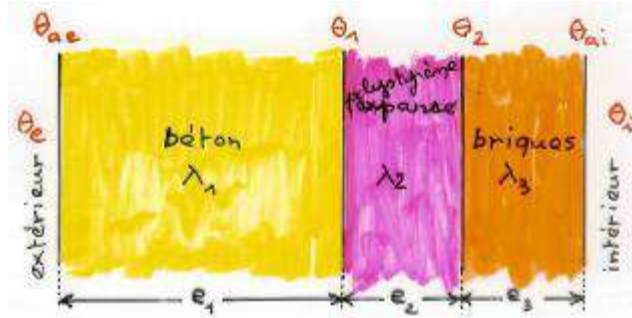
On donne la réaction suivante :



- 4) a- Nommer ce type de réaction
b- Nommer chacun des deux produits mis en jeu dans cette réaction.

c- Calculer n sachant que la masse molaire du corps formé est $89,4 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Thermique



Le mur d'un local est constitué de trois matériaux différents :

- un béton d'épaisseur $e_1 = 15 \text{ cm}$ à l'extérieur
(conductivité thermique $\lambda_1 = 0,23 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- un espace $e_2 = 5 \text{ cm}$ entre les deux cloisons remplis de polystyrène expansé.
(conductivité thermique $\lambda_2 = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- des briques d'épaisseur $e_3 = 5 \text{ cm}$ à l'intérieur.
(conductivité thermique $\lambda_3 = 0,47 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

On a mesuré en hiver, les températures des parois intérieure θ_i et extérieure θ_e qui étaient $\theta_i = 25^\circ\text{C}$ et $\theta_e = -8^\circ\text{C}$.

Les résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe du mur ont

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

- 1) Donner la relation littérale, puis calculer la résistance thermique surfacique du mur.
- 2) Donner la relation littérale, puis calculer le flux thermique surfacique dans le mur.
- 3) Calculer l'énergie thermique transmise par jour à travers un mètre carré de mur, pour ces températures.

En déduire la quantité de chaleur transmise, par jour, à travers 10 m^2 de mur.

- 4) Tracer la courbe de variation de température $\theta = f(e)$ à travers le mur, de paroi intérieure à paroi extérieure.

(Echelles : $1 \text{ cm} \rightarrow 2^\circ\text{C}$ et $1 \text{ cm} \rightarrow 2,5 \text{ cm}$ d'épaisseur).

- 5) a- A quels types de transfert thermique ces données se rapportent-elles ?
- b- Calculer les températures ambiantes extérieure θ_{ae} et intérieure θ_{ai} .

Acoustique

Dans un établissement scolaire, on dispose de deux salles neuves de dimensions :

$$L = 15 \text{ m} ; \ell = 10 \text{ m} ; H = 3,2 \text{ m}.$$

On procède à une mesure du temps de réverbération T_R .

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

- 1) a- Donner la signification de chacun des termes et préciser leur unité.

La mesure donne $T_R = 2,2 \text{ s}$.

- b- En déduire la surface d'absorption équivalente de chacune des salles neuves.

On veut adapter une de ces salles en salle de concert et l'autre en salle de classe.

On doit, pour ce faire, ramener le T_R à $0,5 \text{ s}$ pour l'une, et $1,5 \text{ s}$ pour l'autre.

- 2) a- Affecter les deux valeurs à chaque usage.

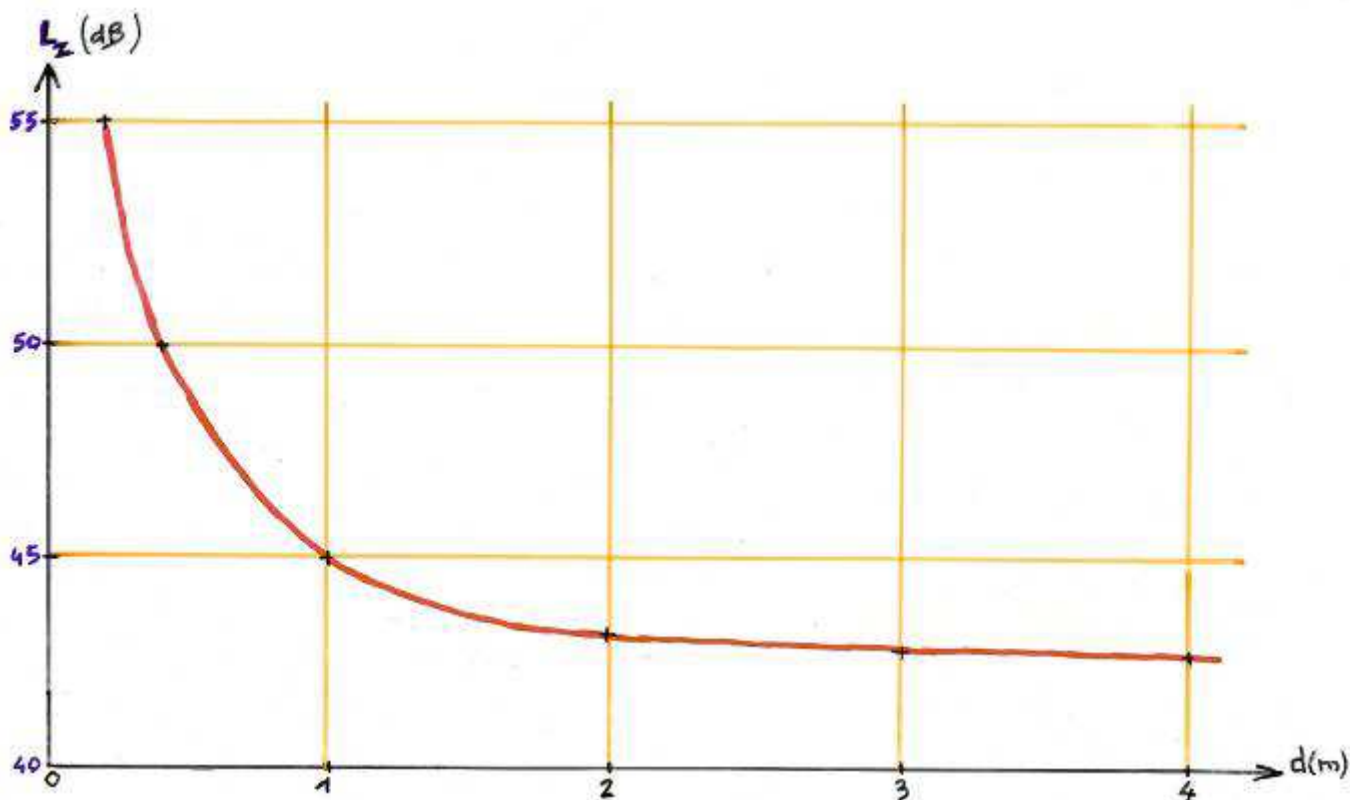
Les murs sont recouverts d'un matériau de coefficient d'absorption $\alpha_0 = 0,20$.

Le plancher n'intervient pas dans le calcul.

On recouvre le plafond avec un matériau de coefficient d'absorption α_1 pour amener le T_R d'une salle à la valeur $1,5 \text{ s}$.

- b- Calculer la valeur de α_1 .

Dans une des salles non traitée, on place en son centre une source sonore de fréquence $f = 1000 \text{ Hz}$, et on effectue une série de mesures de niveau d'intensité acoustique L_1 en s'éloignant progressivement de la source d'une distance d .



Le relevé des mesures de L_1 en fonction de la distance d a permis de tracer le graphe joint.

3) a- Y-a-t-il lieu d'apporter des corrections physiologique au mesures ?

b- Comment apparaît sur la courbe le fond sonore de la pièce ?

Déterminer graphiquement son niveau sonore.

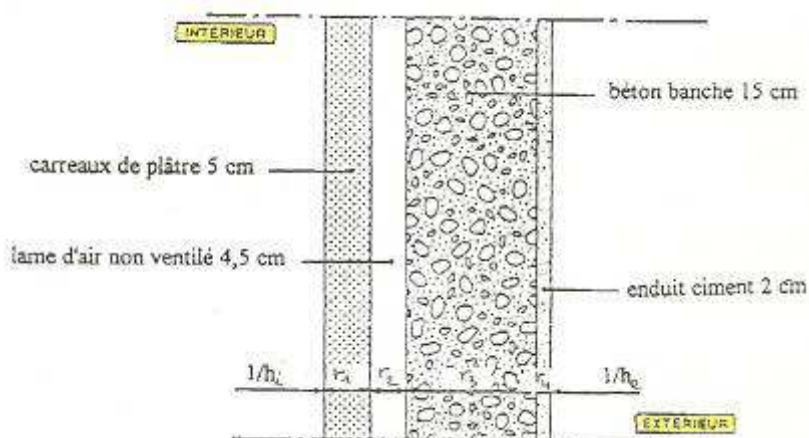
Le niveau d'intensité acoustique du fond sonore peut être calculé à l'aide de la relation

$L_1 = L_w + 6 - \log(A)$, où L_w représente le niveau de puissance acoustique de la source.

c- Déterminer la valeur de L_1 .

TP 1997

Thermique



Considérons une paroi verticale donnant sur l'extérieur comprenant, de l'intérieur vers l'extérieur les matériaux suivants :

- un carreau de plâtre de 5 cm d'épaisseur de résistance thermique surfacique $r_1 = 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- une lame d'air non ventilée de 4,5 cm de résistance thermique surfacique $r_2 = 0,16 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$
- un béton banché de 15 cm de conductivité thermique $\lambda_3 = 1,75 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- un enduit ciment de 2 cm de conductivité thermique $\lambda_4 = 1,15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- résistance thermique surfacique superficielle intérieure $1/h_i = 0,11 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$
- résistance thermique surfacique superficielle extérieure $1/h_e = 0,06 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$

Les conditions thermiques sont :

- température extérieure : -5°C
- température intérieure : 20°C

- 1) Calculer la résistance thermique surfacique de cette paroi.
- 2) En déduire le coefficient de transmission thermique.
- 3) Calculer le flux thermique surfacique.
- 4) Calculer les températures de surface et tracer le diagramme des températures en précisant les échelles utilisées.

La lame d'air est remplie d'un isolant polystyrène ayant une conductivité thermique $\lambda = 0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

- 5) a- Calculer le nouveau coefficient de transmission thermique.
 - b- Calculer en pourcentage la réduction des pertes calorifiques.
- Commenter ce résultat.

Thermodynamique

Gaz parfait

- 1) Ecrire la loi (équation d'état) des gaz parfaits.
- Indiquer le nom et l'unité de chaque grandeur.

Une bouteille de dioxygène O_2 de contenance 10 litres, contient ce gaz supposé parfait, à la pression de 200 bars et à la température de 20°C .

- 2) a- Calculer la quantité de dioxygène $n(\text{O}_2)$ contenue dans cette bouteille.
- b- Calculer, la masse de gaz contenue dans la bouteille.

La température est portée à 30°C .

- 3) a- Nommer la transformation effectuée.
- b- Que peut-on dire de la quantité de gaz contenue dans cette bouteille ?
- c- Calculer alors la nouvelle pression dans la bouteille.

On enlève du gaz de la bouteille pour ramener la pression dans la bouteille à 200 bars, la température restant est égale à 30°C .

- 4) a- Nommer la transformation effectuée.
- b- Calculer la quantité de gaz extrait.
- c- Calculer le volume de gaz enlevé de la bouteille, mesuré à 30°C et 1 bar.

Donnée :

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

Solution acide

(Toutes les questions peuvent être traitées indépendamment)

1) On prépare une solution S_2 d'acide chlorhydrique de concentration $\text{C}_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir d'une solution initiale S_1 de concentration $\text{C}_1 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- a- A partir de quel gaz, une solution d'acide chlorhydrique est-elle obtenue?
Donner la formule de ce gaz.
 - b- Donner l'équation de la réaction de ce gaz avec l'eau.
 - c- Calculer le volume d'eau qu'il faudra ajouter à 10 mL de solution initiale S_1 pour obtenir la solution S_2 .
 - d- Calculer le pH de la solution initiale et de la solution finale.
- 2) Pour vérifier la concentration C_2 de la solution S_2 d'acide chlorhydrique obtenue dans la question 1, on effectue un dosage avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $\text{C} = 1,75 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Pour obtenir l'équivalence, il a fallu ajouter 22 mL de solution basique à 20 mL d'acide.
- a- Donner la relation qui existe entre les concentrations molaires et les volumes à l'équivalence.
 - b- Calculer la concentration molaire de cette solution acide.
- Comparer avec la valeur donnée dans la question 1.

TP 1998

Mécanique des fluides

(Les questions A et B sont indépendantes)

A/Sachant que les dimensions des grandeurs fondamentales suivantes sont :

L pour la longueur

T pour le temps

M pour la masse

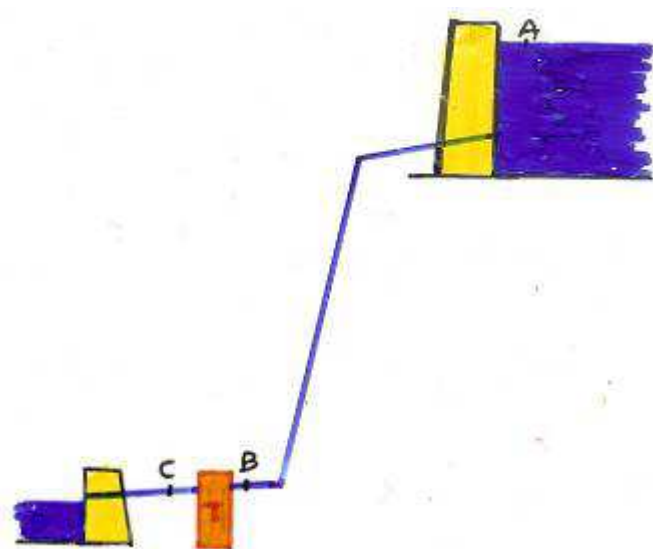
1) Exprimer les dimensions :

- d'une vitesse
- d'une accélération de la pesanteur g
- d'une force F
- d'une pression P
- d'une masse volumique ρ
- d'une énergie E

2) Vérifier que chacun des quatre membres de l'expression de Bernoulli ont même dimension.

$$\frac{1}{2} m \cdot (V_1^2 - V_2^2) + \frac{m}{\rho} \cdot (P_1 - P_2) + m \cdot g \cdot (Z_1 - Z_2) = E_{21}$$

B/



Une des conduites forcées reliant un barrage hydraulique à une turbine a un diamètre de 1,60 m.

Le point A du barrage est à une altitude de $Z_A = 1597$ m et à la pression atmosphérique $P_A = 1,00 \cdot 10^5$ Pa.

Le point B, avant la turbine est à une altitude $Z_B = 787$ m et à la pression P_B .

On donne $g = 9,81$ m.s⁻² et la masse volumique de l'eau $\rho = 1000$ kg.m⁻³.

On néglige la viscosité de l'eau ainsi que les pertes de charge.

1 Ecoulement du liquide sans turbine

Le débit Q_v en B est de 72000 m³.h⁻¹.

a- Calculer le débit massique Q_m en kg.s⁻¹.

b- Quelle est la vitesse d'écoulement V_B ?

c- En utilisant l'expression simplifiée de Bernoulli entre A et B ($E_{21} = 0$), calculer la pression P_B en B pour une vitesse $V_B = 10$ m.s⁻¹.

2 Etude de la turbine

A la sortie C de la turbine la vitesse V_C de l'eau est négligeable, et sa pression est égale à la pression atmosphérique P_A .

a- Calculer l'énergie E_{BC} fournie à la turbine par chaque kilogramme d'eau.

b- Calculer la puissance de la turbine.

La turbine entraîne un alternateur.

Le rendement de la turbine est de 90%. Celui de l'alternateur est de 96%.

c- Calculer la puissance électrique disponible à la sortie de ce barrage.

On trouve dans un document une formule « pratique » qui donne directement la puissance électrique

$P_{\text{électrique}}$ d'une chute d'eau : $P_{\text{électrique}} = 8 Q_v H$, avec $P_{\text{électrique}}$ en kW, Q_v en m³.s⁻¹.

H étant la dénivellation en m.

d- Calculer $P_{\text{électrique}}$ et comparer avec le calcul de 2c.

Acoustique

Une source sonore émet uniformément dans toutes les directions.

Un sonomètre placé en un point M à 6 m de cette source, indique un niveau sonore de 75 dB.

- 1) Calculer l'intensité sonore en M.
- 2) Calculer la puissance sonore de la source.
- 3) Calculer la pression acoustique en M.
- 4) Calculer le niveau d'intensité acoustique indiqué par le sonomètre placé en un point M' situé à 8 m de la source.

Chimie organique

- 1) Donner la formule générale des alcanes.
- 2) Justifier, en une phrase, la formule de la molécule du méthane.
- 3) Donner les formules développées des 2 alcanes à quatre carbones ainsi que leurs noms.

Comment appelle-t-on deux corps possédant la même formule brute et des formules développées différentes?

On s'intéresse à la méthanogénèse.

La méthanogénèse est la décomposition bactériologique de la matière organique des arbres en dioxyde de carbone et en méthane.

Elle se fait en absence de dioxygène (anaérobie).

La décomposition d'un espace de forêt tropicale produit un dégagement journalier de méthane de 420 tonnes.

- 4) a- Ecrire l'équation-bilan de la réaction de décomposition bactériologique de la matière organique dont la formule est : $C_6H_{12}O_6$.
- b- Calculer la masse de matière organique décomposé en une journée.
- c- Calculer la masse et le volume de dioxyde de carbone dégagés en une journée.

Le méthane et le dioxyde de carbone augmentent l'effet de serre.

- 5) Dire en une phrase ce qu'est l'effet de serre? Conclure.

TP 1999**Thermodynamique**

Soit une masse d'air prise dans un état initial A, de température $T_A = 400$ K, de pression $P_A = 1,0 \cdot 10^5$ Pa et occupant le volume $V_A = 10$ L

L'air est considéré comme un corps pur et un gaz parfait.

Dans tout ce qui suit, les transformations thermodynamiques subies par le gaz sont réversibles et sans perte ni gain de matière.

- 1) Calculer la quantité d'air (en moles), sa masse m et sa masse volumique ρ dans ces conditions initiales.

On fait subir à $n = 0,30$ mol d'air dans l'état A, un cycle ABCDA décrit ci-dessous.

Il est conseillé de disposer les résultats successifs dans un tableau.

A partir de l'état A on procède à un refroidissement isobare qui met l'air dans un état B de température $T_B = 200$ K.

- 2) a- Calculer le volume V_B du gaz dans cet état.

Ensuite on chauffe l'air, de façon isochore, jusqu'à un état C sous la pression $P_C = 1,5 \cdot 10^5$ Pa.

- b- Calculer la température T_C dans cet état.

Puis on continue à échauffer l'air, de manière isobare, jusqu'à une température $T_D = 400$ K.

- c- Calculer le volume V_D dans cet état D.

Enfin on ramène, de façon isotherme, le système dans son état initial A.

d- Placer les quatre points A, B, C et D dans un repère de Clapeyron P, V en précisant le sens de parcours sur le cycle réalisé.

- 3) Calculer la chaleur et le travail mis en jeu dans les transformations 2) a et 2) b.

Données :

Masse molaire de l'air : $M_{\text{air}} = 29 \text{ g.mol}^{-1}$

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

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

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

Chimie organiqueDonnées :

Volume molaire moléculaire des gaz dans les conditions de l'étude : 24 L.mol^{-1}

Capacité thermique de l'eau $c = 4185 \text{ J.kg}^{-1}$.

Une bouteille de 13 kg de butane alimente un brûleur de cuisinière de puissance $P = 3,12 \text{ kW}$.

(Les questions 1 et 2 sont indépendantes)

A- Etude de la combustion

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

b- Calculer le volume de dioxygène nécessaire à la combustion de la bouteille entière de butane.

Etude de l'énergie thermique (Calorimétrie)

On admet que la combustion complète d'une masse m d'un alcane C_nH_{2n+2} libère l'énergie thermique $Q(n)$ telle que :

$$Q_n = \frac{(210 + 664.n)}{14.n + 2} . m$$

m : masse de l'alcane exprimée en g et $Q(n)$ en kJ.

2) a- Calculer l'énergie que dégage la combustion de tout le butane contenu dans la bouteille.

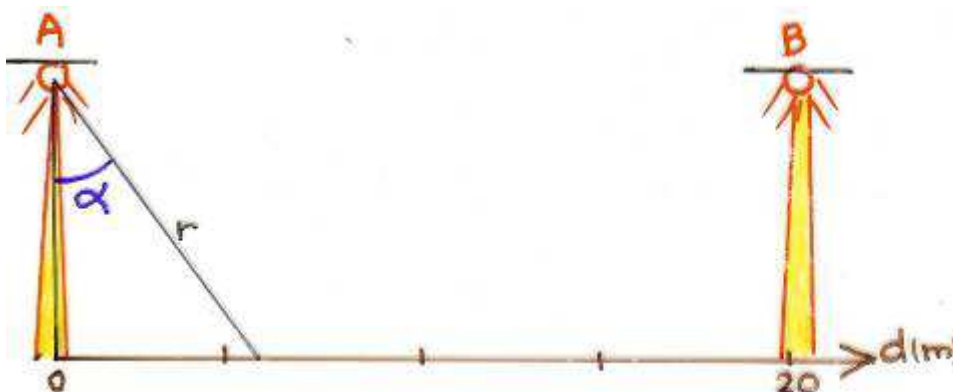
b- Calculer la durée de la combustion totale du butane avec le brûleur.

c- Calculer la masse d'eau que l'on pourra porter de 20°C à 90°C grâce à la combustion de tout le butane contenu dans la bouteille.

Photométrie

Un ensemble d'éclairage public est constitué de lampadaires alignés le long d'un trottoir, dont chaque lampe au sodium haute pression se situe à une hauteur h de 5 m par rapport à un point situé au sol à la verticale de la lampe.

Nous étudierons l'éclairage situé entre deux lampadaires appelés A et B, et séparés par une distance de 20 m.



Chaque lampe émet un flux lumineux de $6,9 \cdot 10^3 \text{ lm}$ dans le demi-espace d'angle solide 2π stéradians avec une efficacité de 69 lm.W^{-1} .

L'intensité rayonnée est la même dans toutes les directions de ce demi-espace.

A- Le lampadaire A fonction seul

1) Calculer :

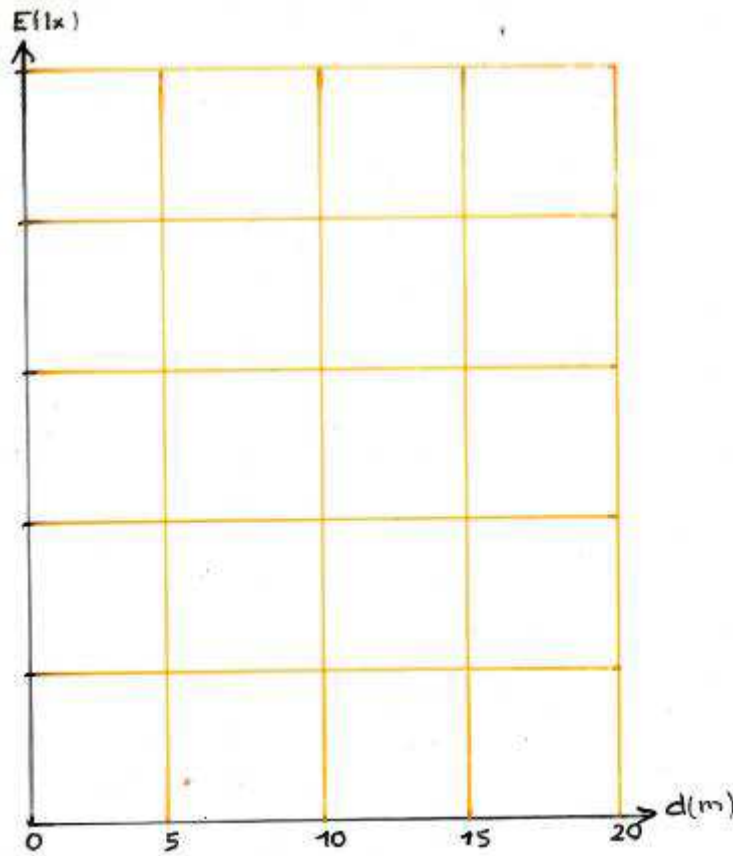
a- La puissance électrique absorbée par chaque lampadaire.

b- L'intensité rayonnée, dans le demi-espace d'angle solide $\Omega = 2\pi$ stéradians.

c- L'éclairage E_0 à la verticale du lampadaire.

On étudie l'éclairage E le long du trottoir, à une distance d du point situé au sol à la verticale de la lampe.

- 2) a- Exprimer l'éclairement E , en fonction de la hauteur h , de la distance d , et de l'intensité I .
 b- Calculer les valeurs de E pour les valeurs de $d= 0 ; 5 ; 10 ; 15 ; 20$ m.
 Placer les points (d,E) sur le document réponse ci-joint.
 Tracer la courbe E en fonction de d .



B- Le lampadaire B fonction seul

De la même façon, tracer la courbe de l'énergie fournie par le lampadaire B en fonction de la distance du point éclairé à partir de la position du lampadaire B.

C- Les lampadaires A et B fonctionnent simultanément

- 1) Dédire des deux courbes tracées, la courbe résultante de l'énergie simultanée fournie par les deux lampadaires.
- 2) Quelle est la valeur de d , donnant l'énergie minimale ?
 Quelle est la valeur de l'énergie correspondante ?

TP 2000

Mécanique des fluides

Etude de la distribution, par gravité, d'eau stockée dans un château d'eau

La pression statique effective, due à l'eau, exercée sur une vanne fermée, est de 500 kPa.

- 1) A quelle hauteur, par rapport à cette vanne, se situe la surface libre de l'eau dans le château d'eau ?
 On ouvre cette vanne.

La section d'écoulement est de $12,56 \text{ cm}^2$.

On néglige les pertes de charge, et on considère que le réservoir du château d'eau est très large.

- 2) Calculer les valeurs des débits volumique et massique de l'eau qui s'écoule.

Cette eau est utilisée pour remplir une piscine.

Cette piscine est rectangulaire.

Elle mesure 20 m de long, 10 m de large, et contient de l'eau sur une hauteur de 3 m.

- 3) Calculer la durée du remplissage de cette piscine.

Données :

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

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

Relation de Bernoulli pour un fluide parfait en écoulement permanent :

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

Etude de l'équilibre d'une balle à la surface de l'eau.

Une balle de mousse, homogène, de masse volumique $\rho_m = 600 \text{ kg.m}^{-3}$ flotte à la surface de l'eau de cette piscine.

Calculer la valeur du rapport entre le volume immergé et le volume total de la balle.

Etude des échanges thermiques entre l'atmosphère et l'eau de cette piscine.

Calorimétrie.

1) Calculer la quantité de chaleur mise en jeu, lorsque la température de l'eau de la piscine varie de un degré Celsius.

Pendant le jour, l'eau se réchauffe grâce au rayonnement solaire.

L'eau reçoit une puissance moyenne $P_1 = 300 \text{ W.m}^{-2}$, pendant une durée de 12 heures.

L'eau n'absorbe en fait, que 50% de cette puissance.

2) a- Calculer l'énergie Q_1 absorbée par l'eau pendant ces 12 heures.

b- Calculer, pour cette eau, l'augmentation de température $\Delta\theta_1$ qui en résulte.

Rayonnement.

Pendant la nuit, l'eau de la piscine rayonne de l'énergie vers l'atmosphère.

On considère que l'eau se comporte comme un corps noir ; on admet que sa température est $\theta_e = 25^\circ\text{C}$.

3) a- Calculer la puissance P_2 perdue par rayonnement, par cette eau, pour 1 m^2 de surface.

b- Calculer l'énergie thermique Q_2 perdue au cours d'une nuit de 12 heures.

c- Calculer la baisse de température $\Delta\theta_2$ de l'eau, due à cette perte d'énergie.

d- Par quel dispositif simple peut-on, la nuit, diminuer la perte par rayonnement ?

4) Faire le bilan énergétique sur une journée de 24 heures.

Pour exploiter la piscine à moindre coût, on peut utiliser un chauffage solaire de l'eau.

On réalise des capteurs solaires dans lesquels circule l'eau de la piscine.

Les capteurs utilisent « l'effet de serre ».

5) En vous aidant d'un schéma, expliquer en quelques lignes le principe de fonctionnement de ces capteurs.

Données :

capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Loi de Stéphan : $P = \sigma \cdot T^4$ où P s'exprime en W.m^{-2} et $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$

Oxydoréduction

Etude de la corrosion.

Données :

Masse volumique du fer : $\rho(\text{Fe}) = 7,9 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Quantité d'électricité portée pas une mole d'électrons (en valeur absolue) :

le Faraday. $1F = 96500 \text{ C}$.

Potentiels standard des couples d'oxydoréduction :

$E^\circ_1(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$ et $E^\circ_2(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$

1) Demi-équations électroniques :

Ecrire les demi-équations électroniques relatives aux couples $(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$ et $(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn})$.

2) Etude de la corrosion d'une plaque d'acier :

On s'intéresse à une plaque d'acier d'épaisseur $d = 4 \text{ cm}$, appartenant à une plate-forme pétrolière située en mer.

(L'acier est assimilé, du point de vue de l'oxydoréduction, au fer pur)

Le pouvoir corrosif de l'eau de mer, vis-à-vis du fer, est noté p_c .

Sa valeur est : $p_c = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$.

Ceci signifie qu'il disparaît $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ de fer, par m^2 de paroi, et par heure.

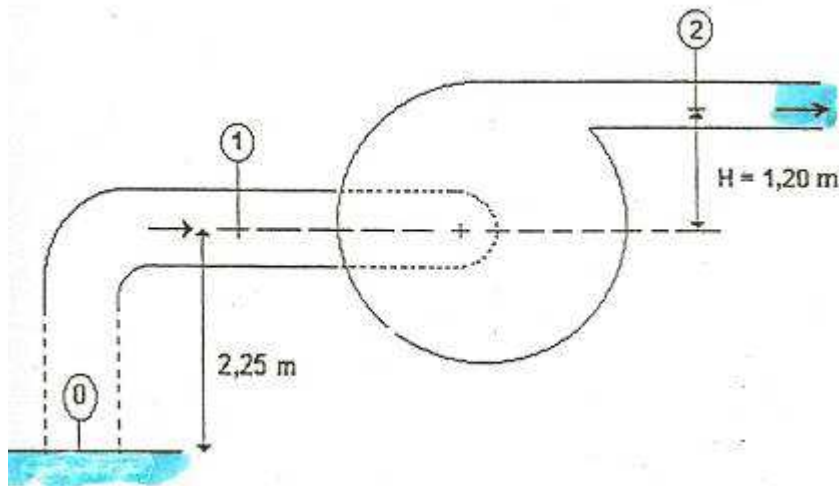
2₁ Cette plate-forme n'est pas protégée contre la corrosion :

- a- Calculer la masse de fer disparue par oxydation, en un an, par mètre carré de plaque.
 b- Exprimer, puis calculer, la quantité d'électricité Q , mise en jeu par cette oxydation, en un an, par mètre carré de plaque.
- 2₂ Cette plate-forme est protégée de la corrosion par des plots de zinc.
 a- Justifier le choix du zinc comme l'élément protecteur.
 Quel est le nom de ce type de protection ?
 b- Sachant que les plots de zinc sont remplacés lorsque 60% de leur masse a été consommée par la corrosion, calculer la masse de zinc à fixer sur un mètre carré de plaque, pour protéger l'acier pendant un an.

TP 2001

Mécanique des fluides

Une pompe hydraulique débite $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ d'eau froide.
 Sa conduite d'aspiration a un diamètre $d_1 = 200 \text{ mm}$.
 Sa conduite de refoulement a un diamètre $d_2 = 100 \text{ mm}$.
 Dans cette étude toutes les pertes de charges sont négligées.



Données :

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

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

Pression atmosphérique : $P_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Equation de Bernoulli, lors de l'écoulement permanent d'un fluide entre deux points 1 et 2 recevant d'une machine une puissance $P_{\text{puissance}}$:

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

Q_v : débit volumique

- 1) Calculer la vitesse d'écoulement V_1 dans la tuyauterie d'aspiration.
 - 2) Calculer la vitesse d'écoulement V_2 dans la tuyauterie de refoulement.
- La pompe aspire l'eau stagnante d'un bassin ouvert situé 2,25 m au-dessous du niveau (1), d'entrée de la pompe.
- 3) Calculer la pression P_1 à l'entrée de la pompe, en (1).
 - 4) Calculer le débit massique Q_m de la pompe en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.
- La pression de l'eau à la sortie de la pompe, en (2), est $P_2 = 1,60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
- 5) Calculer la puissance mécanique utile P_u fournie par la pompe pour assurer ce débit.
- Cette pompe est actionnée par un moteur électrique.
 Le rendement global du groupe est de 80%.
- 6) Calculer la puissance électrique P_e consommée.

Acoustique

Après l'installation d'un système de climatisation, on réalise une étude acoustique d'un bureau.

On considère que le bruit engendré par le soufflage de l'air est assimilable à une source sonore.

L'équipement aéraulique ne devra pas engendrer un niveau sonore global à l'intérieur du bureau supérieur à 35 dB_A.

On mesure par octave, la puissance acoustique de la source et le temps de réverbération au niveau du bureau.

Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau de puissance L_w (dB)	35	42	41	39	36	36
Temps de réverbération T (s)	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4

Données :

Volume du bureau : $V = 30 \text{ m}^3$.

Niveau de pression acoustique L_p dans le local clos avec réverbération :

$$L_p = L_w + 10 \log \frac{4}{A}$$

A : aire d'absorption équivalente du local (m^2)

Formule de Sabine :

$$T = 0,16 \frac{V}{A}$$

V : volume du local (m^3)

T : temps de réverbération (s)

Pondérations acoustiques, par octave, exprimées en dB_A :

Fréquence médiane de la bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération (dB _A)	-16,1	- 8,6	-3,2	0	+ 2	+ 1

1) Donner la définition de la durée de réverbération utilisée dans la formule de Sabine.

2) Calculer le niveau global de puissance acoustique de la source en dB.

Compléter le tableau, puis calculer le niveau de pression acoustique global pondéré en dB_A en un point du bureau.

f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
L_w (dB)	35	42	41	39	36	36
T (s)	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4
A (m^2)						
L_p (dB)						
Pondération (dB _A)	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 2	+ 1
L_p (dB _A)						

Quel paramètre peut on chercher à augmenter pour obtenir un niveau conforme aux exigences ?

Oxydoréduction (phase sèche)

La fabrication du fer s'effectue dans une tour appelée haut-fourneau.

On le charge avec du coke (carbone C) et du minerai de fer dont la teneur massique en oxyde de fer Fe₂O₃ est 20%.

En fin de transformation, on obtient du fer et du dioxyde de carbone.

On mélange 30 kg de coke et 10³ kg de minerai de fer.

1) Ecrire et équilibrer l'équation-bilan de la réaction qui se produit dans le haut-fourneau.

2) Calculer les quantités (en moles) des deux réactifs présents avant la réaction.

Quel est le réactif en excès.

3) Calculer la masse de fer obtenu lorsque tout l'oxyde de fer a été consommé.

4) Calculer le volume de dioxyde de carbone gazeux dégagé, exprimé en mètre cube.

(volume molaire : 24 L.mol⁻¹)

TP 2002

Thermodynamique (gaz parfait)

Une cuve de 500 L contient du propane C_3H_8 considéré comme un gaz parfait.

Elle alimente une chaudière à gaz dont le brûleur a une puissance de 3 kW.

La pression est de 10 bars pour une température de $10^\circ C$.

1) Calculer la masse de propane contenue dans la cuve.

La nuit, la température descend à $-80^\circ C$.

2) Calculer la pression en bars.

3) Ecrire l'équation-bilan de combustion complète du propane.

On admet que la combustion d'un alcane C_nH_{2n+2} libère de l'énergie thermique Q qui dépend de la nature de l'alcane.

Pour cet alcane, la valeur de Q est de $2220 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Pour une température de $10^\circ C$, la pression dans la cuve est descendue à 8 bars.

4) Calculer l'énergie libérée par la combustion de l'alcane consommé.

5) Calculer la durée de fonctionnement de la chaudière lorsque la pression est de 5 bars pour une température de $10^\circ C$.

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

Thermodynamique

Une machine thermique met en jeu une masse constante d'un gaz parfait et lui fait décrire le cycle suivant selon des transformations réversibles :

- une compression isotherme qui fait passer le gaz de l'état A ($P_A = 2 \text{ bars}$, $V_A = 30 \text{ L}$ et $\theta_A = 16^\circ C$) à l'état B ($V_B = 6 \text{ L}$).

- un échauffement isobare de l'état B à l'état C ($V_C = 18 \text{ L}$).

- une détente adiabatique de l'état C à l'état D.

- un refroidissement isobare de l'état D à l'état A.

1) Calculer la quantité de gaz (en moles) mis en jeu.

2) Calculer les variables d'état dans les états A, B, C et D.

Reproduire, puis compléter le tableau ci-dessous :

Etat	A	B	C	D
Pression (Pa)				
Volume (m^3)				
Température (K)				

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

4) Calculer le travail et la quantité de chaleur échangés au cours de la transformation de l'état B à l'état C.

Données :

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

Capacité thermique molaire à pression constante : $C_p = 29,1 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\gamma = 1,4$

Solution basique

On suppose l'expérience faite à $25^\circ C$.

On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique dont on veut déterminer la concentration par dosage acido-basique.

Pour cela, on prépare une solution de soude obtenue en dissolvant 2,4 g d'hydroxyde de sodium dans 400 cm^3 d'eau.

1) a- Calculer la concentration molaire C_b de la solution de soude.

b) Quel est son pH?

Pour le dosage, on verse 20 cm^3 d'acide dans un bécher et il faut ajouter $14,6 \text{ cm}^3$ de soude pour obtenir l'équivalence.

- 2) a- Ecrire l'équation bilan de la réaction qui a lieu pendant le dosage.
 b- Calculer la concentration molaire C_a de la solution acide.
 c- Quel est son pH ?
- 3) Donner l'allure de la courbe de dosage en indiquant les valeurs caractéristiques de volume et de pH.
 On évapore le mélange obtenue à l'équivalence.
- 4) a- Nommer le résidu obtenu.
 b- Calculer sa masse.

Donnée :

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

TP 2003

Thermique

- 1) Dans le phénomène de conduction thermique à travers un matériau :
- a- Définir précisément le régime permanent.
 b- En utilisant une des deux lois énoncées ci-dessous, démontrer que, pour un problème plan (mur isotrope et homogène, d'épaisseur L , une face à la température θ_1 et l'autre à la température θ_1'), la courbe de la température θ en fonction de l'abscisse x évaluée sur un axe perpendiculaire aux faces du mur, soit $\theta = f(x)$, est une droite.

Données :

$$\text{Loi de Fourier } \varphi = -\lambda \cdot \frac{d\theta}{dx}$$

$$\text{Loi de Laplace } \frac{d^2\theta}{d^2x} = 0$$

Un double vitrage comporte deux vitres d'épaisseur L , séparées par une couche d'air d'épaisseur $2L$. La température de l'air de la maison est θ_{a1} ; celle de l'air extérieur est θ_{a2} . ($\theta_{a1} > \theta_{a2}$).

La conductivité du verre est λ_v celle de l'air est λ_a .

Le coefficient d'échange superficiel sur chacune des faces des vitres en contact avec l'air libre est h .

On rappelle qu'il y a convection entre vitres et air libre (dans la maison et à l'extérieur) mais pas entre vitres et air emprisonné.

- 2) a- Exprimer littéralement la résistance thermique surfacique r en fonction des données utiles (le résultat numérique n'est pas demandé).
 b- Calculer la densité de flux thermique φ à travers l'ensemble.

Données :

$$\theta_{a1} = 20,0^\circ\text{C}$$

$$\theta_{a2} = -10,0^\circ\text{C}$$

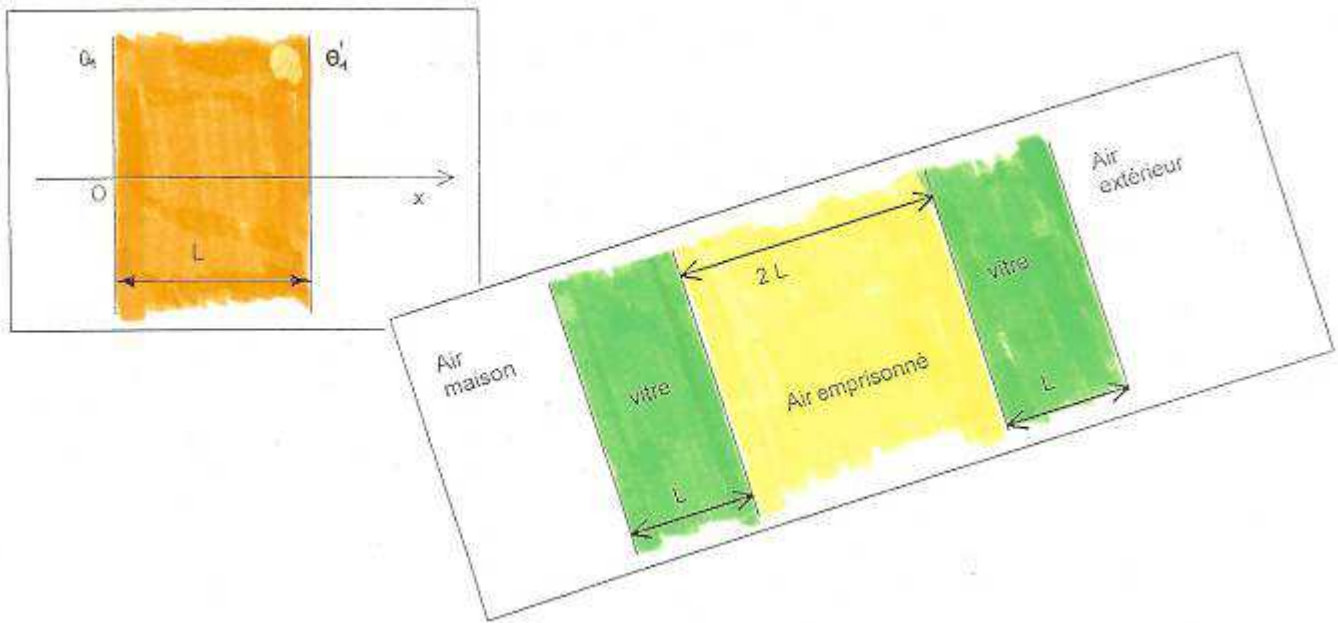
$$h = 12,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$L = 3,0 \text{ mm}$$

$$\lambda_v = 1,200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\lambda_a = 0,024 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

- c- Calculer les températures des quatre faces des vitres.
 Elles seront obligatoirement notées θ_1 , θ_1' , θ_2 et θ_2' .
 d- Tracer précisément le diagramme des températures $\theta = f(x)$, de θ_{a1} à θ_{a2} en plaçant les six températures connues.



Mécanique des fluides

On appelle S la section d'une conduite traversée par un fluide.

1) a- Définir le débit volumique Q_v et le débit massique Q_m .

Indiquer ce que représentent les lettres utilisées.

b- Exprimer les dimensions de Q_v et de Q_m en fonction de M (masse), L (longueur), T (durée), I (intensité du courant) ou de certaines de ces lettres seulement.

Le théorème de Bernoulli peut s'exprimer :

- par la relation (1) : $\frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot Z + V \cdot P = C_1$, où C_1 est une constante

- par la relation (2) : $\frac{1}{2} v^2 + g \cdot Z + \frac{P}{\rho} = C_2$, où C_2 est une constante

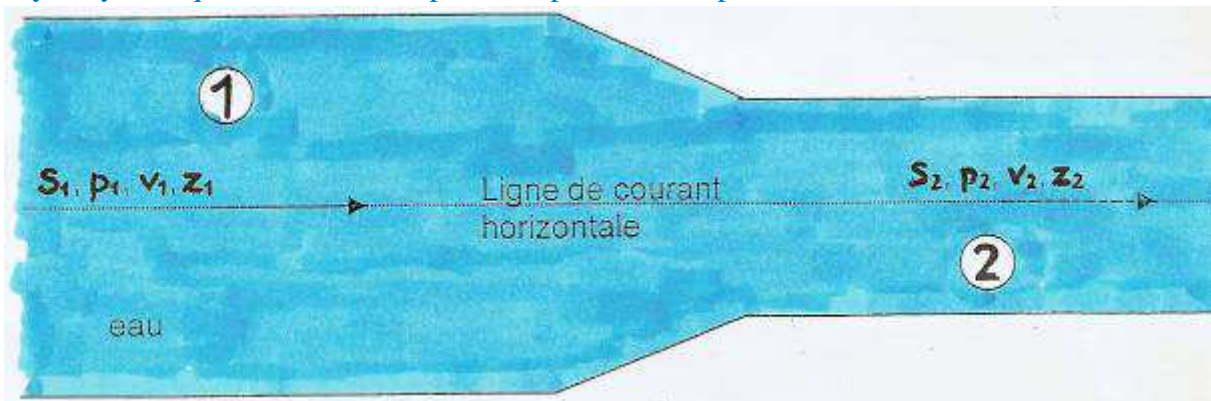
On en déduit, pour le passage d'un état 1 à un état 2, la relation suivante :

$$\frac{1}{2} \cdot (v_2^2 - v_1^2) + g \cdot (Z_2 - Z_1) + \frac{(P_2 - P_1)}{\rho} = 0$$

2) a- Dire très précisément dans quelle condition ce théorème peut être utilisé : fluide, écoulement, conditions expérimentales.....

b- Donner la signification de chaque lettre utilisée dans la relation (2) en précisant son unité dans le système international.

Un tuyau cylindrique, de section S_1 , parcouru par de l'eau, présente un rétrécissement de section S_2 .



Donnée :

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

3) a- Comparer les débits volumiques au niveau des sections S_1 et S_2 .

Justifier le résultat.

b- Déterminer, en fonction de S_1 et S_2 , le rapport $\frac{v_2}{v_1}$ entre la vitesse de l'eau dans le rétrécissement

et sa vitesse dans la partie normale de section S_1 .

Expliquer.

c- Comparer v_1 et v_2 en utilisant le résultat précédent.

Supposons le théorème de Bernoulli applicable.

d- Exprimer littéralement, en fonction de v_1 et v_2 , la différence ($P_2 - P_1$) entre la pression P_2 dans le rétrécissement et la pression P_1 dans le tuyau de section S_1 .

e- Exprimer littéralement la différence ($P_2 - P_1$) en fonction de v_1 , S_1 et S_2 .

f- Comparer P_2 et P_1 en utilisant le résultat précédent.

Oxydoréduction

(Remarque préliminaire : pour simplifier l'écriture des équations, on utilisera H^+ en lieu et place de H_3O^+)

Données :

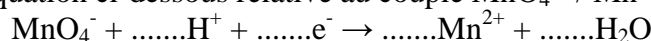
Potentiels standard des couples redox :

$$E^0(SO_4^{2-} / SO_2) = + 0,17 \text{ V et } E^0(MnO_4^- / Mn^{2+}) = + 1,51 \text{ V}$$

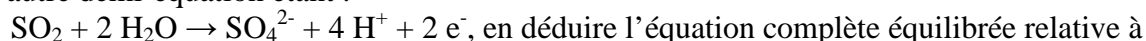
On considère la réaction d'oxydoréduction entre l'ion permanganate MnO_4^- et le dioxyde de soufre SO_2 qui, en solution aqueuse, donne Mn^{2+} et SO_4^{2-} .

1) a- Justifier le sens de cette réaction et préciser le rôle de l'ion permanganate.

b- Equilibrer la demi-équation ci-dessous relative au couple MnO_4^{2-} / Mn^{2+} .



c- L'autre demi-équation étant :



en déduire l'équation complète équilibrée relative à la réaction entre l'ion permanganate et le dioxyde de soufre.

d- Montrer que la quantité de dioxyde de soufre SO_2 (mol) qui réagit est 2,5 fois la quantité de permanganate.

La suite peut être traitée indépendamment en utilisant le résultat énoncé au 1)d.

On utilise cette réaction pour doser $10,0 \text{ cm}^3$ d'une solution de dioxyde de soufre SO_2 à l'aide d'une solution de permanganate de potassium dont la couleur violette est uniquement due à l'ion MnO_4^- .

Il faut verser $20,0 \text{ cm}^3$ de cette solution pour obtenir l'équivalence.

2) a- Faire un schéma complet et soigneusement annoté de ce dosage.

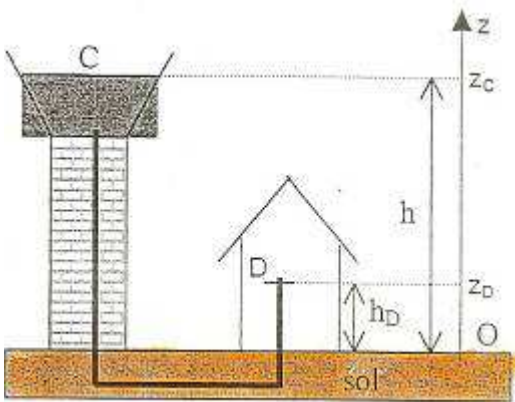
b- Dire comment on voit que l'équivalence est atteinte sachant qu'une solution de sulfate de manganèse II est incolore.

c- Calculer la concentration molaire de la solution de SO_2 dosée, sachant que celle de la solution de permanganate de potassium vaut $0,0100 \text{ mol.L}^{-1}$.

TP 2004

Mécanique des fluides

Distribution d'eau à partir d'un château d'eau



La surface libre C de l'eau contenue dans un château d'eau est à une hauteur $h = 60$ m du sol

Un immeuble est alimenté par ce château d'eau.

Le sol sur lequel sont construits l'immeuble et le château d'eau est horizontal.

- 1) Énoncer le principe fondamental de la statique des fluides.
- 2) Calculer l'écart entre la pression de l'eau au niveau d'un robinet D situé à 15 m de hauteur dans l'immeuble et la pression atmosphérique.
- 3) En déduire la pression P_D de l'eau au niveau du robinet D.

On ouvre le robinet D.

La section S de la canalisation alimentant le robinet est de $1,13 \text{ cm}^2$.

- 4) En utilisant l'équation de Bernoulli entre les points C et D calculer :
 - a- La vitesse d'écoulement dans la canalisation
 - b- Le débit volumique, en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dans cette canalisation

On branche maintenant un nettoyeur haute pression sur le robinet D.



La pression P_E obtenue en E à la sortie du compresseur pour un même débit et au même niveau est élevée à $15,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

On admettra que le débit garde la valeur précédemment calculée au 4)b.

- 5) Calculer la puissance de ce compresseur $P_{\text{compresseur}}$ en utilisant la relation suivante déduite du théorème de Bernoulli : $P_{\text{compresseur}} = (P_E - P_D) \cdot Q_v$

Données :

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

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

Pression atmosphérique normale $P_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Relation de Bernoulli pour un fluide parfait en écoulement permanent sans machine :

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

Thermodynamique

Pompe à chaleur : installation de chauffage

Principe : La chaleur est pompée d'un corps froid et transmise à un corps chaud grâce à un compresseur d'air et à un détendeur.

Ce cycle nécessite un apport extérieur d'énergie.

Une pompe à chaleur fonctionne avec deux sources :

- a) une source froide constituée par une nappe souterraine
- b) une source chaude constituée par le circuit de chauffage de l'installation.

Le fluide utilisé dans cette pompe à chaleur est de l'air assimilable à un gaz parfait.

Données :

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

Capacité thermique molaire à pression constante : $C_p = 29,1 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Rapport des capacités thermiques molaires à pression constante C_p et à volume constant :
 $\gamma = 1,4$

L'air de la pompe à chaleur subit le cycle de transformations suivant :

- Passage de l'état initial A ($P_A = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_A = 298 \text{ K}$) à l'état B ($P_B = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$) par une compression adiabatique réversible dans un compresseur.
- Passage de l'état B à l'état C ($T_C = 340 \text{ K}$) par une transformation isobare pendant laquelle l'air transfère à la source chaude une quantité de chaleur Q_{BC} .
- Passage de l'état C à l'état D ($P_D = P_A$) par une détente adiabatique réversible.
- Passage de l'état D à l'état A par une transformation isobare pendant laquelle l'air reçoit de la source froide une quantité de chaleur Q_{DA} .

On effectuera les calculs relatifs à une mole d'air ($n = 1 \text{ mol}$).

1) Calculer : V_A , V_B , T_B , V_C , V_D , T_D

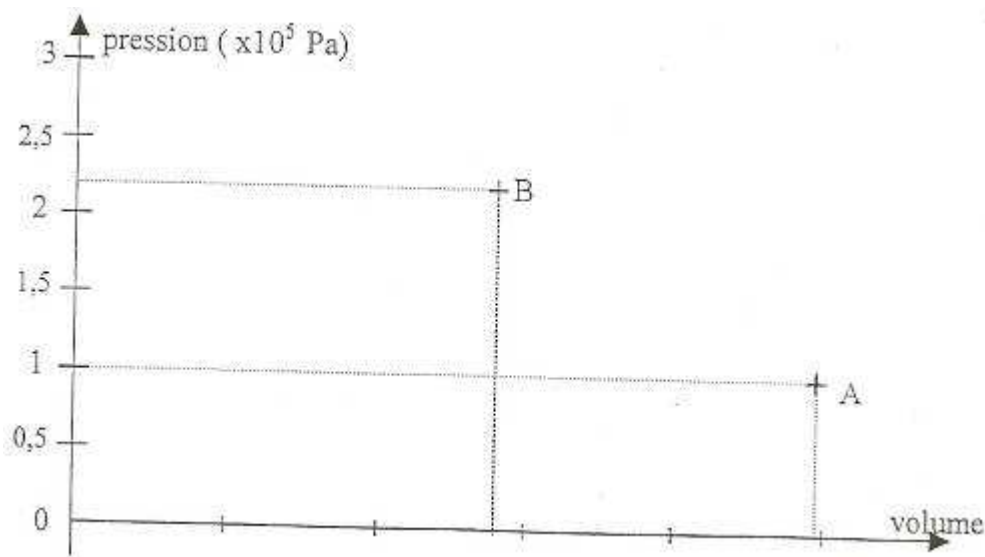
(on vérifiera que $T_D = 271 \text{ K}$)

Reproduire et reporter les résultats dans le tableau suivant :

Etat	A	B	C	D
Pression (Pa)				
Volume (m^3)				
Température (K)				

2) a- Reproduire et compléter le cycle de Clapeyron (P, V) en y plaçant les points C et D.

b- Préciser le sens de parcours du cycle.



3) a- Calculer les quantités de chaleur échangées Q_{BC} et Q_{DA} .

b- Donner la valeur de la quantité de chaleur échangée lors d'une transformation adiabatique.

c- En déduire le travail W échangé au cours de la totalité du cycle.

On définit l'efficacité e de la pompe par le rapport $e = \frac{Q}{W}$ pour lequel Q est la quantité de chaleur

transférée à la source chaude au cours d'un cycle décrit par l'air et W est le travail échangé par l'air au cours de ce cycle.

d- Calculer e et conclure.

Oxydoréduction

Lutte contre la corrosion

Un moyen pour protéger les canalisations souterraines en fer consiste à raccorder celles-ci à des blocs de zinc qu'on sacrifie et qu'on remplace régulièrement.

La réalisation de cette protection peut être schématisée par la figure ci-dessous :

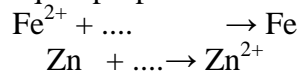


La rouille qui se forme sur la canalisation est formée en partie avec des ions fer II (Fe^{2+}).

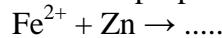
Le but de la protection est de réformer du fer sous sa forme métal.

Le zinc sacrifié se transforme lors de la réaction en ions zinc II (Zn^{2+}).

1) Compléter les demi-équations électroniques proposées ci-dessous :



Compléter l'équation-bilan de cette réaction totale proposée ci-dessous :



2) Indiquer le sens de déplacement des électrons dans la jonction fer – zinc.

Indiquer le pôle positif et le pôle négatif en court-circuit ainsi réalisé.

Le courant circulant dans cette jonction a pour intensité $I = 50 \text{ mA}$.

3) Quelle quantité d'électricité ce courant transporte-t-il par jour ?

Quelle masse de zinc est de cette façon sacrifiée par jour ?

4) Citer un autre moyen de lutter contre la corrosion.

Donnée :

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

TP 2005

Thermodynamique (gaz parfait)

Un caisson hermétiquement fermé est rempli d'air, que l'on considérera dans tout l'exercice comme un gaz parfait.

Ce caisson a les dimensions suivantes :

Longueur : $L = 120,0 \text{ cm}$

largeur : $\ell = 80,0 \text{ cm}$

hauteur : $h = 90,0 \text{ cm}$

1) Rappeler la loi des gaz parfaits pour n moles de gaz des conditions de pression, température et volume décrites par P , V et T .

Préciser les unités de ces grandeurs.

2) Ecrire l'équation aux dimensions relative à la loi des gaz parfaits, puis en déduire la dimension de la constante des gaz parfaits notée R .

En déduire une unité possible pour la constante des gaz parfaits.

L'air dans le caisson est dans les conditions suivantes de pression et de température :

$$P_1 = P_{\text{atmosphérique}} \text{ et } \theta_1 = 25,0^\circ\text{C}$$

3) Calculer la quantité d'air n_1 dans le caisson.

La température à l'intérieur du caisson est portée à $\theta_2 = 40,0^\circ\text{C}$.

4) Calculer la nouvelle valeur P_2 de la pression de l'air.

5) Quelle est la masse d'air m_a qu'il faudrait faire sortir du caisson pour que la pression de l'air qui y restera soit de nouveau égale à la pression atmosphérique, la température étant maintenue à $40,0^\circ\text{C}$?

Données :

Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Masse molaire de l'air : $M_{\text{air}} = 29,0 \text{ g.mol}^{-1}$

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

Acoustique**Diapason**

Un diapason émet un son pur d'une seule fréquence.

L'intensité de ce son est amortie au cours du temps.

On place un microphone devant le diapason et on enregistre la tension recueillie aux bornes du microphone grâce à un dispositif d'acquisition de données adapté.

1) Donner l'allure de la courbe représentant la tension ainsi relevée en fonction du temps.

La commenter.

La fréquence f_d du son émis par le diapason est : $f_d = 440$ Hz.

On admet que la célérité du son dans l'air est : $c = 330$ m.s⁻¹.

2) En déduire la longueur d'onde λ_s de ce son.

On éloigne le microphone du diapason d'une distance d telle que $d = 50$ m.

3) Combien de temps faudra-t-il au son pour parcourir cette distance ?

Sonomètre

On place maintenant un sonomètre à une distance d_1 du diapason précédent.

Lorsque le diapason est en train d'émettre un son, à instant t donné, le sonomètre indique alors 80 dB.

1) Quelle est l'intensité acoustique du son émis par le diapason ?

2) Calculer combien il faudrait de diapasons identiques jouant ensemble pour obtenir un son de 86 dB.

On utilise un sonomètre situé initialement à la distance d_1 du diapason telle que : $d_1 = 5,0$ cm.

3) Etablir la relation, donnée si dessous, permettant de relier l'affaiblissement A d'un signal et les positions initiale d_1 et finale d_2 du capteur par rapport à la source :

$$A = 20 \log \frac{d_2}{d_1}$$

4) Calculer la distance x dont il faut reculer le sonomètre pour que celui-ci n'indique plus que 65 dB.

Solutions acide et basique. Chimie organique

(Les questions 1 et 2 sont indépendantes)

On considère deux récipients A et B.

Le récipient A contient un volume V_A d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$), de concentration molaire C_A .

Le récipient B contient un volume V_B d'une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium ($K^+ + HO^-$), de concentration molaire C_B .

1) a- Rappeler la définition de la concentration molaire.

b- Calculer la quantité de matière n_A d'ions H_3O^+ contenu dans le récipient A en utilisant les données suivantes : $V_A = 0,60$ L et $C_A = 0,50$ mol.L⁻¹.

c- Calculer la quantité de matière n_B d'ions HO^- contenu dans le récipient B en utilisant les données suivantes : $V_B = 0,80$ L et $C_B = 1,30$ mol.L⁻¹.

On mélange maintenant les contenus de ces deux récipients.

Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit.

Quel sera le pH de la solution obtenue ?

Donnée :

Le produit ionique de l'eau dans les conditions de l'expérience est : $K_e = 10^{-14}$.

Le butane est un gaz couramment utilisé comme combustible.

2) a- Donner sa formule brute.

b- Ecrire l'équation-bilan de sa combustion complète dans le dioxygène.

On admet que la combustion d'une masse $m_{\text{but}} = 200$ g de butane dans du dioxygène est complète.

c- Calculer la masse molaire du butane.

d- Calculer la masse de chacun des produits obtenus à la fin de la combustion.

TP 2006

Etude énergétique d'une chaudière

Chimie organique

Une cuve remplie de 300 litres de propane (formule brute C_3H_8) liquide sous haute pression sert à alimenter le brûleur d'une chaudière.

(La masse volumique ρ_{liquide} du propane liquide, à la température de la cuve est telle que :

$$\rho_{\text{liquide}} = 508 \text{ kg.m}^{-3}$$

- 1) Déterminer la masse en kilogramme de propane contenue dans cette cuve .
- 2) Déterminer la masse molaire moléculaire du propane M_{propane}
- 3) En déduire la quantité de matière (en moles) de propane contenue dans cette cuve.

Le volume molaire des gaz est V_m tel que : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

- 4) En déduire le volume de propane sous forme gazeuse pouvant être libéré par cette cuve.

Au niveau du brûleur, la combustion complète du propane permet de libérer de l'énergie thermique.

- 5) Ecrire l'équation de la réaction de combustion du propane.
- 6) Déduire de cette équation les volumes V_{eau} de vapeur d'eau et V_{CO_2} de dioxyde de carbone libérés par la combustion de la totalité du propane.

Calorimétrie.

Le pouvoir calorifique supérieur noté PCS de propane est tel que : $PCS = 49,6 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

- 7) Quelle énergie Q peut on récupérer par la combustion de 152,4 kg de propane C_3H_8 ?

Cette chaudière sert à réchauffer l'eau provenant de dix radiateurs.

Le débit massique q_m de l'eau dans les radiateurs est tel que : $q_m = 0,035 \text{ kg.s}^{-1}$.

La température d'entrée dans le radiateur est de 75°C et celle de sortie de 60°C .

- 8) a- Déterminer la chaleur Q_1 dégagée par un radiateur en une heure.
- b- Déterminer la chaleur Q_2 dégagée par l'ensemble des radiateurs.

Le rendement de la chaudière est de 79,6%.

- 9) Déterminer la chaleur Q_3 fournie en 1 heure par la chaudière ainsi que la puissance de celle-ci.
- 10) Déterminer le débit massique q_m (en kg.h^{-1}) de gaz arrivant au brûleur.

Donnée :

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

Acoustique

Deux sources S_1 et S_2 omnidirectionnelles sont placées côte à côte.

En un point A situé à cinq mètres, un microphone capte le champ direct.

Le niveau d'intensité créé par les deux sources en ce point est L_i tel que : $L_i = 80 \text{ dB}$.

- 1) a- Quelle est l'intensité sonore I perçue au point A lorsque les deux sources fonctionnent simultanément ?
- b- Déterminer le niveau de puissance L_w global par les deux sources.

Lorsque la source S_1 fonctionne seule, le niveau d'intensité en ce point A est L_{i1} tel que $L_{i1} = 75 \text{ dB}$.

- 2) a- En déduire l'intensité sonore I_2 perçue au point A lorsque la source S_2 fonctionne seule.
- b- Déterminer alors le niveau d'intensité L_{i2} au point A lorsque la source S_2 fonctionne seule.

On se place maintenant en un point B à dix mètres des deux sources.

- 3) a- Calculer le niveau d'intensité L_i' en ce point lorsque les deux sources fonctionnent simultanément.
- b- Quelle est alors l'intensité sonore I' correspondante perçue au point B ?

Donnée :

$$L_i = L_w - 11 - 20 \log(r), \text{ où } r \text{ représente la distance du point à la source.}$$

Thermodynamique

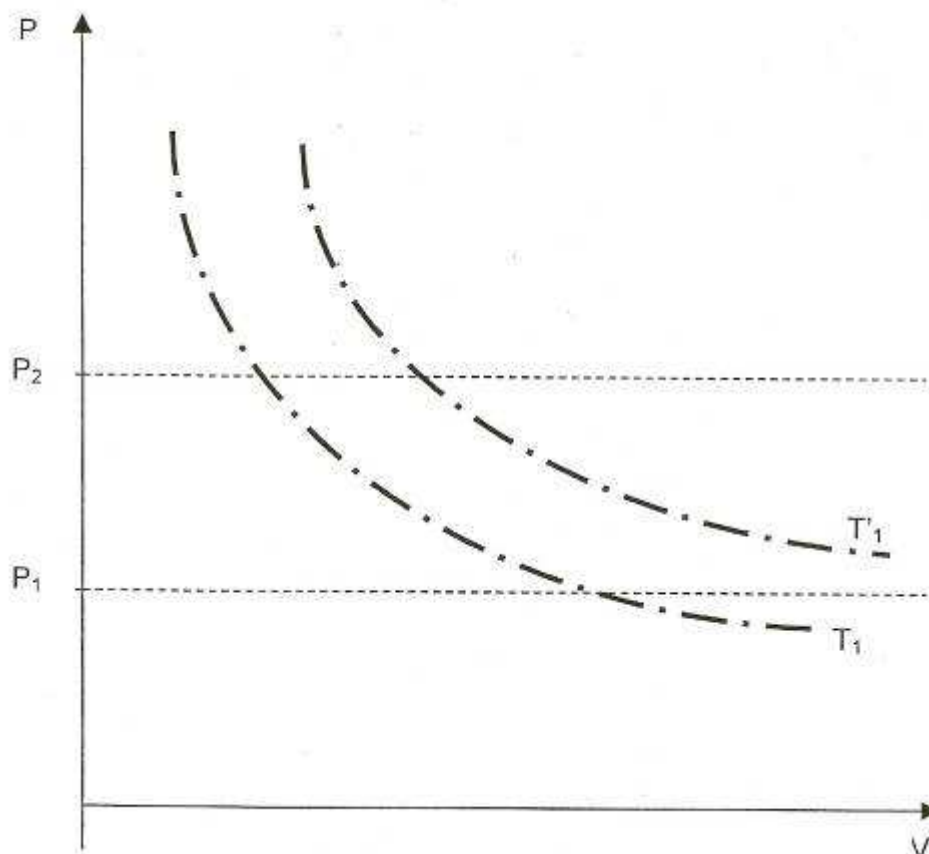
Etude d'un compresseur

On veut comprimer une mole de gaz supposé parfait de l'état initial noté 1 ($P_1 = 10^5 \text{ Pa}$, $T_1 = 298 \text{ K}$, V_1) vers un état final noté 2 ($P_2 = 2.10^5 \text{ Pa}$, T_2 , V_2).

Cette compression se réalise en deux étapes :

- une compression adiabatique qui amène le gaz dans un état intermédiaire noté 1' (P_2, V_1', T_1').
- un refroidissement isobare pour obtenir l'état 2 (P_2, V_2, T_2) pour lequel $T_2 = T_1$.

- 1) Donner l'équation d'état reliant les variables P, V et T pour un gaz parfait.
- 2) En déduire la valeur du volume V_1' .
- 3) Représenter sur le diagramme de Clapeyron les deux transformations mises en jeu (les deux isothermes aux températures T_1 et T_1' sont représentées en pointillés).



4) En utilisant la relation $P.V^\gamma = \text{constante}$, utilisée pour une transformation adiabatique et la relation de la question 1), calculer :

- a- la valeur de V_1'
- b- la valeur de T_1'

- 5) a- Calculer le travail W_1 mis en jeu lors de la transformation adiabatique.
b- Exprimer le travail W_2 en fonction de P_2, V_2 et V_1' , puis en fonction de R, T_1 et T_1' .
c- Calculer les valeurs de W_2 et W_1 .
- 6) a- Que vaut Q_1 correspondant à la compression adiabatique ?
b- Exprimer Q_2 en fonction de R, T_1 et T_1' .
c- Calculer les valeurs de Q_2 et Q_1 .
- 7) Calculer la variation ΔU d'énergie interne, puis commenter le résultat obtenu.

Données :

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

$$\gamma = 1,4$$

$$C_{p,m} = \frac{\gamma.R}{\gamma-1} \text{ où } C_{p,m} \text{ est la capacité thermique molaire à pression constante.}$$

TP 2007

Mécanique des fluides

Etude d'un « barrage poids »

Un barrage-poids a un profil assimilé à un triangle rectangle noté ABC.

Il résiste à la poussée de l'eau tant que la droite d'action de la résultante des forces \vec{R} s'exerçant sur la paroi coupe la base BC.

$\vec{R} = \vec{F} + \vec{P}_b$, formule dans laquelle \vec{F} représente la résultante des forces pressantes exercées sur la paroi AB du barrage et \vec{P}_b le vecteur poids du barrage.

Le barrage-poids a une hauteur AB = 75 m.

Le niveau de l'eau atteint une hauteur H = 70 m.

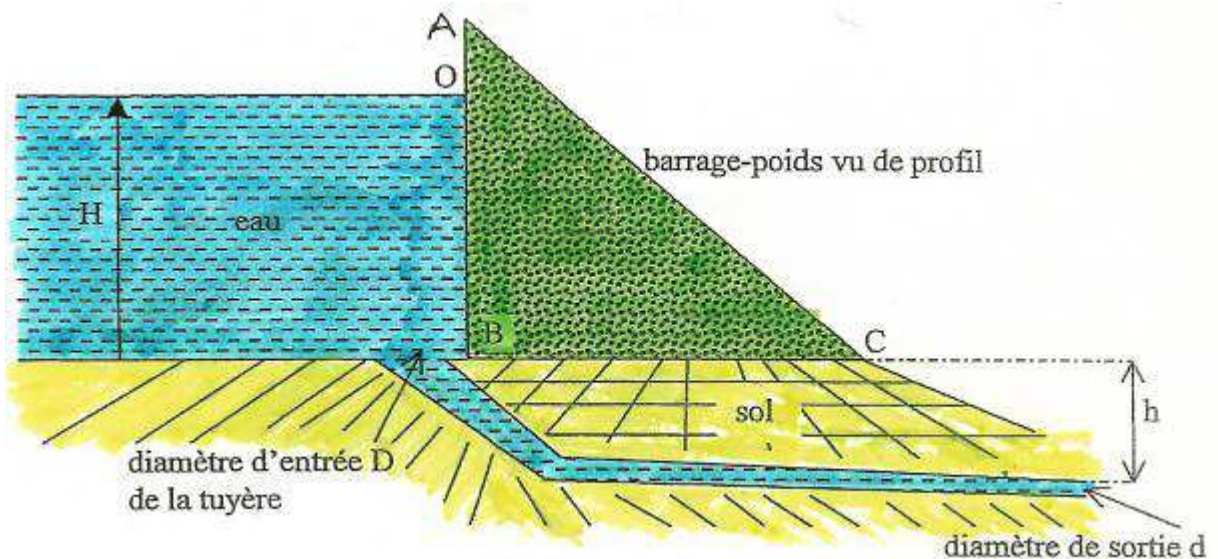
La largeur de sa base est BC = 56 m et sa longueur L = 1000 m.

Données :

densité du béton par rapport à l'eau : $d_b = 2,2$.

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

Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$



Pour éviter des éventuels glissements de terrain sous l'action de la contrainte R, le barrage est équipé de cinq tuyères de sécurité.

L'entrée de chaque tuyère est circulaire de diamètre D et la sortie circulaire de diamètre d.

Le centre de la sortie est situé à une profondeur $h = 50$ m sous le niveau BC du barrage.

Données :

$D = 200 \text{ cm}$; $d = 40 \text{ cm}$; $h = 50 \text{ m}$

Etude du barrage

- 1) a- Calculer le volume V_b et la masse m_b de béton qu'il a fallu utiliser pour construire le barrage.
- b- Quel est le poids du barrage ?

Résultante des forces pressantes sur la paroi AB, tuyères fermées.

Le module de la résultante des forces pressantes exercée par l'eau sur la paroi est donné par la relation

suivante : $F = P_e \cdot \frac{S}{2}$, où P_e est la pression effective de l'eau au fond du bassin et S est la surface de la

paroi qui est en contact avec l'eau.

- 2) a- Etablir l'expression de F en fonction de ρ_{eau} , L, g et H.
- b- Calculer F.

En déduire la valeur de la résultante des contraintes R.

- c- Calculer l'angle β entre les directions des vecteurs \vec{P} et \vec{R} et le comparer à l'angle α au sommet du barrage.

Justifier à l'aide d'une phrase comment évolue β lorsque la hauteur d'eau H du barrage augmente.

Evacuation du barrage, tuyères ouvertes, écoulement sans perte de charge

3) a- Exprimer la vitesse d'écoulement V_2 à la sortie d'une tuyère en fonction de g , H et h .

Calculer V_2 .

On suppose que la vitesse d'abaissement V du niveau à la surface libre du barrage négligeable devant V_2 .

b- Calculer la vitesse d'écoulement V_1 à l'entrée de la tuyère.

Calculer le débit volumique Q_v .

Le volume d'eau maximal du barrage est $V_{\text{maximal d'eau}} = 10,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

c- Calculer la durée de l'évacuation de l'eau lorsque les cinq tuyères fonctionnent simultanément.

Thermodynamique

Etude d'un cycle moteur à quatre temps du type « diesel »

Ce cycle comporte quatre transformations thermodynamiques auxquelles correspondent quatre états notés A, B, C et D caractérisés par les variables suivantes : pression P , volume V et température T .

Le travail et la chaleur échangés au cours des transformations supposées réversibles sont notés respectivement W et Q .

Le système est considéré comme fermé.

Le mélange air – combustible est assimilé à un gaz parfait.

Le schéma suivant résume l'ensemble des transformations et des états :

Données :

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

$\gamma = 1,4$

Capacités thermiques molaires : à volume constant $C_v = 20,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ à pression constante

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

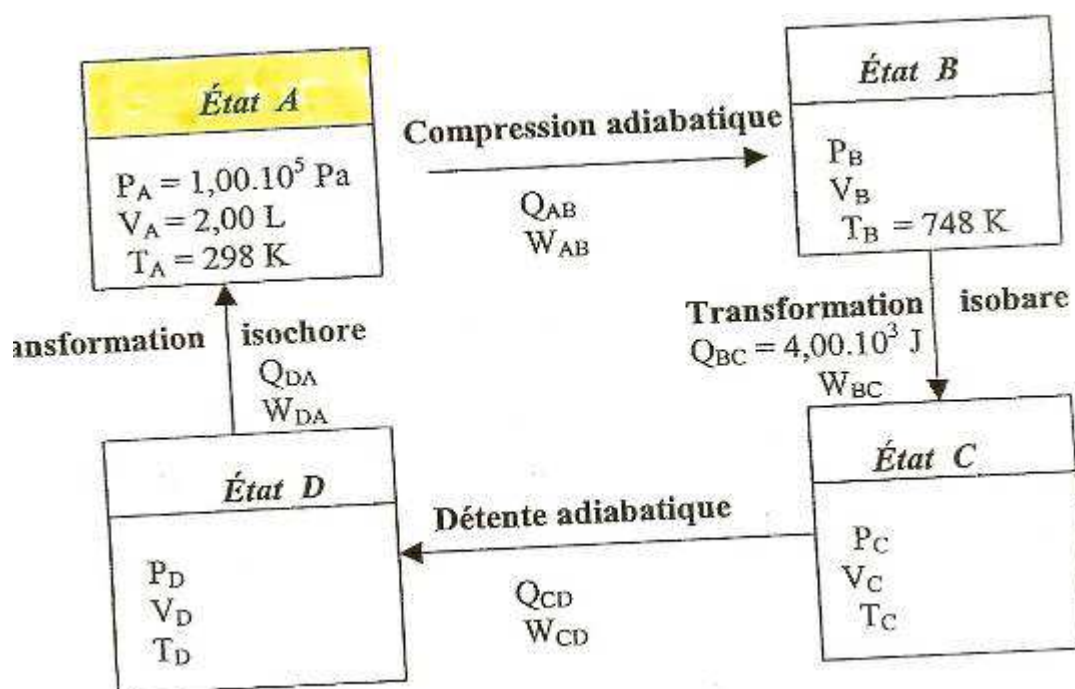
1) Que signifie « système fermé » ?

2) Calculer la quantité de gaz (en moles) qui participe à ce cycle.

3) Calculer pour chaque état les valeurs de pression, de volume et de température.

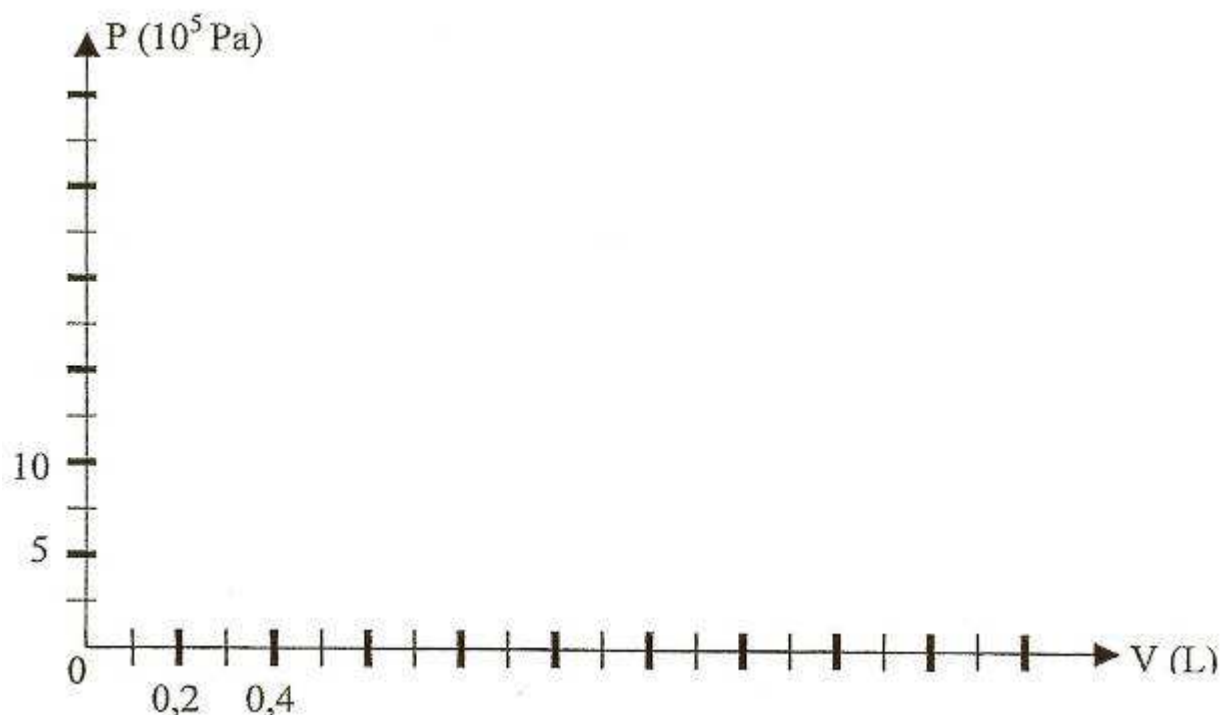
4) Reproduire et compléter sur le document les cases B, C et D avec toutes les valeurs trouvées.

(les résultats seront donnés avec 3 chiffres significatifs, les données étant implicitement connues avec cette précision)



5) Reproduire le document suivant et tracer le diagramme de Clapeyron (P , V).

Préciser son sens.

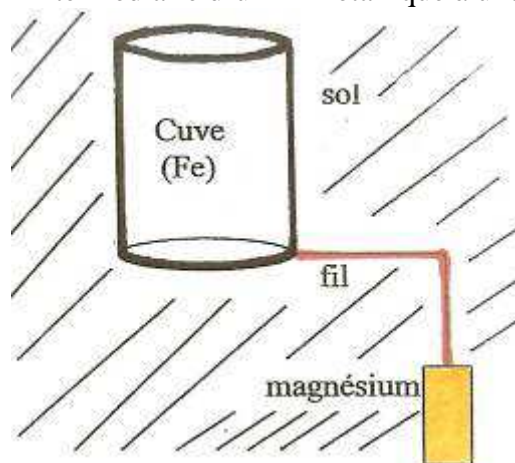


- 6) Calculer la quantité de chaleur Q_{DA} échangée entre les états D et A.
En déduire le travail total W échangé en utilisant le premier principe de la thermodynamique.
Commenter le résultat.

Oxydoréduction

Protection électrochimique d'une cuve métallique enfouie dans le sol.

Pour protéger contre la corrosion une cuve en acier (fer + carbone) enfouie dans le sol, on la relie par l'intermédiaire d'un fil métallique à une électrode de magnésium.



Données :

Potentiels standard des couples redox :

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

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

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

$$F = 9,65 \cdot 10^5 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1) Ecrire et équilibrer les demi-équations électroniques qui se produisent sur l'électrode de magnésium et sur la cuve.

Indiquer l'oxydation et la réduction.

2) Compléter le schéma en notant le sens de circulation des électrons, le sens du courant électrique, les pôles + et -, l'anode et la cathode.

3) Expliquer pourquoi le magnésium est capable de protéger le fer.

La masse de magnésium utilisée est $m = 200 \text{ g}$.

On admet que le courant de protection d'intensité $I = 15 \text{ mA}$ est constant.

4) Calculer la durée théorique Δt de cette opération, exprimée en secondes, puis en année.

Quel serait la masse de fer qui disparaîtrait pendant la durée précédente dans les mêmes conditions si la cuve n'était pas protégée ?

TP 2008

Thermodynamique

On considère un gaz parfait initialement dans l'état A ($P_A = 1.10^5 \text{ Pa}$; $T_A = 273 \text{ K}$; $V_A = 50 \text{ L}$).

On amène ce gaz dans l'état C ($P_C = 10 P_A$; T_C ; V_C) de deux manières différentes :

- transformation 1 : par compression adiabatique de l'état A à l'état C .

- transformation 2 : par compression isotherme de l'état A à l'état B puis échauffement à pression constante, de l'état B à l'état C, jusqu'à la température T_C .

Le système est considéré comme fermé et toutes les transformations sont supposées réversibles.

1) Calculer la quantité de gaz (en moles) mises en jeu dans ces transformations.

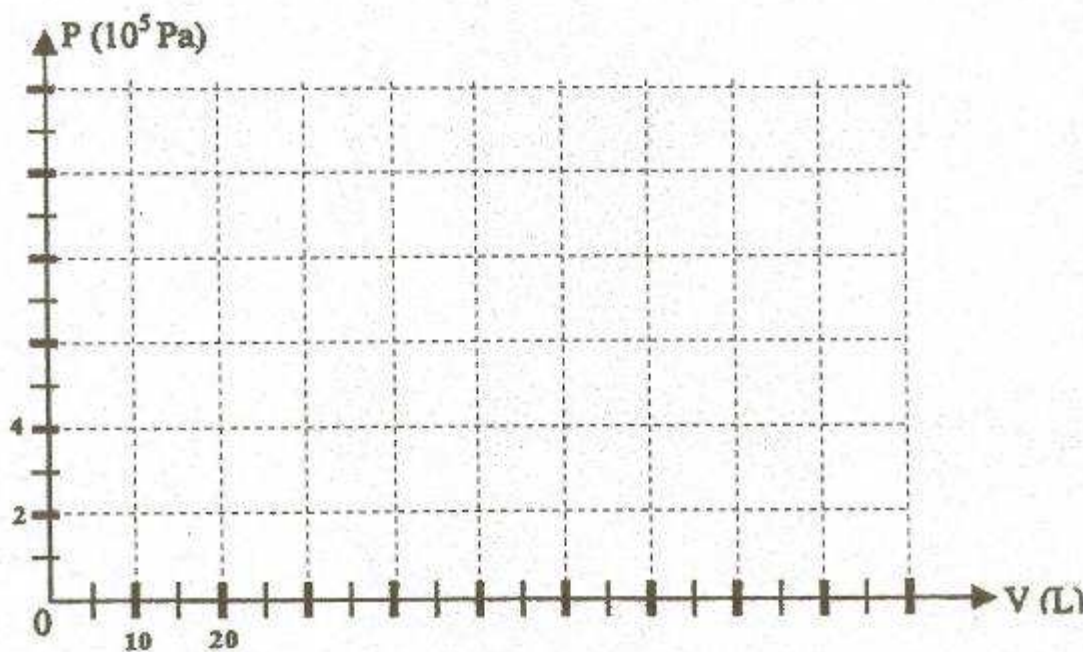
2) Calculer les variables d'états inconnues (température et volume) dans l'état C lorsque la masse de gaz subit la transformation 1 puis compléter le tableau suivant :

Variables d'état / Etat	A	B	C
P (Pa)	1.10^5		1.10^6
V (L)	50		
T (K)	273		

3) Préciser la température et la pression de la masse de gaz dans l'état B lorsque la masse de gaz subit la transformation 2, puis calculer le volume V_B .

Compléter le tableau précédent.

4) Représenter les transformations 1 et 2 sur le diagramme (P,V) :



Le travail échangé

- entre les états A et C lors de la transformation 1 est W_1 : $W_1 = 1,16.10^4 \text{ J}$.

- entre les états A et B lors de la transformation 2 est $W_{AB} = 1,15.10^4 \text{ J}$.

5) a- Que peut-on dire d'une transformation adiabatique ?

b- Calculer, lors de la transformation 2, le travail W_{BC} des forces de pression entre l'état B et l'état C.

En déduire le travail W_2 échangé sur l'ensemble de la transformation 2 quand la masse de gaz passe de l'état A à l'état C.

c- Que vaut la quantité de chaleur Q_1 mise en jeu lors de la transformation 1 ?

Exprimer et calculer la quantité de chaleur Q_{AB} et la quantité de chaleur Q_{BC} mises en jeu lors de la transformation 2 lorsque la masse de gaz passe de l'état B à l'état C.

En déduire la quantité de chaleur Q_2 .

d- Calculer alors les variations d'énergie interne ΔU_1 et ΔU_2 pour les deux transformations.

Que vérifie-t-on ?

Données :

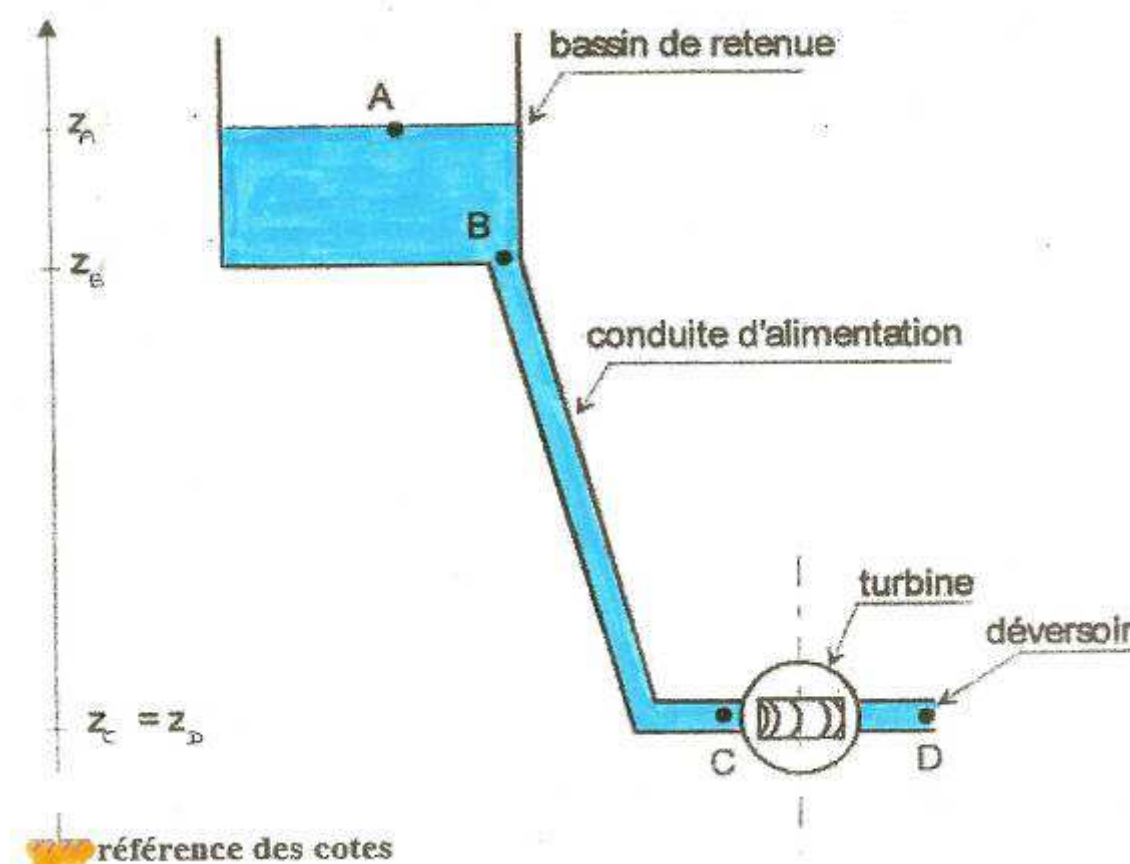
Constante des gaz parfaits $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Capacité calorifique molaire à pression constante : $C_p = 29,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Pour une transformation adiabatique : $PV^\gamma = \text{constante}$ avec $\gamma = 1,4$

Mécanique des fluides

Une turbine est alimentée par une retenue d'eau selon le schéma ci-dessous :



Données :

diamètre d de la conduite d'alimentation du déversoir de section circulaire : $d = 0,7 \text{ m}$

Pressions aux points A, C et D : $P_A = P_D = 1,01 \text{ bar}$; $P_C = 1,10 \text{ bars}$

Cotes des points A, B et C par rapport à une origine de référence :

$$Z_A = 363 \text{ m} ; Z_B = 361 \text{ m} ; Z_C = 353 \text{ m}$$

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

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

Un bar = 10^5 Pa

L'eau sera considérée comme un fluide parfait incompressible.

On supposera que le niveau de l'eau dans la retenue est constant.

On admettra que les vitesses en C et D de l'eau sont équivalentes.

Equation de Bernoulli entre deux points d'écoulement d'un tube de courant dans laquelle P_{ext} est la puissance de l'appareil hydraulique :

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

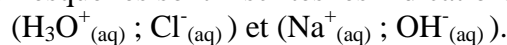
- 1) Quelles sont les unités des différentes grandeurs intervenant dans cette relation : P , V , Z , P_{ext} et Q_v ?
- 2) Calculer la vitesse d'écoulement V_C du fluide au point C.
- 3) En déduire le débit volumique Q_v de l'eau dans la conduite.
- 4) Justifier que les vitesses d'écoulement en B et C sont égales.
- 5) Calculer la pression P_B à l'entrée de la conduite en utilisant la relation de Bernoulli entre B et C.
- 6) Calculer la puissance fournie par l'eau à la turbine.

Solutions acide et basique

1) Calcul de pH

On dispose de deux solutions aqueuses de concentration molaire C dans des récipients sur lesquels manquent des étiquettes : $C = 1.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

On dispose également d'étiquettes sur lesquelles sont inscrites les indications suivantes :



a- Calculer les pH théoriques d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration C .

On désire retrouver par des mesures de pH à quel flacon correspond chaque étiquette.

On obtient les mesures suivantes :

Flacon	n°1	n°2
pH mesuré	2,90	11,2

b- Indiquer, pour chaque flacon, l'étiquette qui lui correspond.

2) Dosage d'une solution de base forte

On souhaite déterminer la concentration inconnue d'une solution S_0 d'hydroxyde de sodium par un dosage acido-basique.

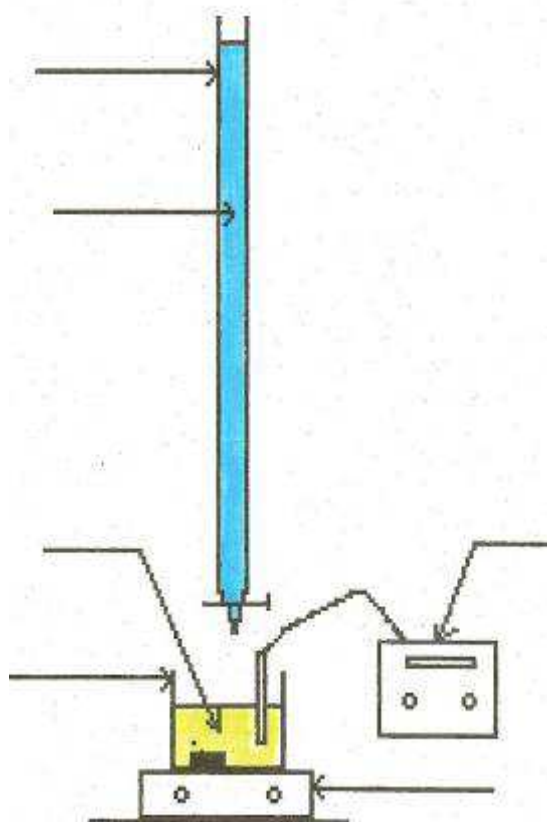
Avant de réaliser le dosage, on prépare une solution S_1 par dilution de S_0 d'un facteur dix.

On dose alors un volume $V_1 = 10 \text{ mL}$ de S_1 .

Pour obtenir l'équivalence, il faut ajouter un volume $V_E = 9,7 \text{ mL}$.

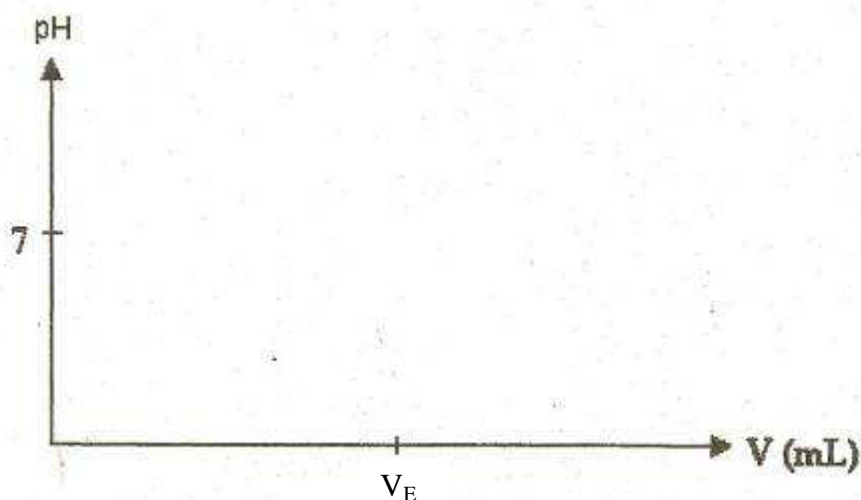
a- Quelle solution de concentration c précédente (question 1b) doit-on utiliser pour réaliser le dosage acido-basique ?

b- Légenter le schéma du dispositif expérimental du dosage acido-basique suivant :



c- Ecrire l'équation de la réaction de dosage acido-basique.

d- Donner l'allure de la courbe de dosage en indiquant les valeurs caractéristiques (pH, volume) en complétant le document suivant :



- e- Déterminer la concentration C_1 de la solution diluée d'hydroxyde de sodium.
 f- En déduire la concentration C_0 de la solution S_0 .

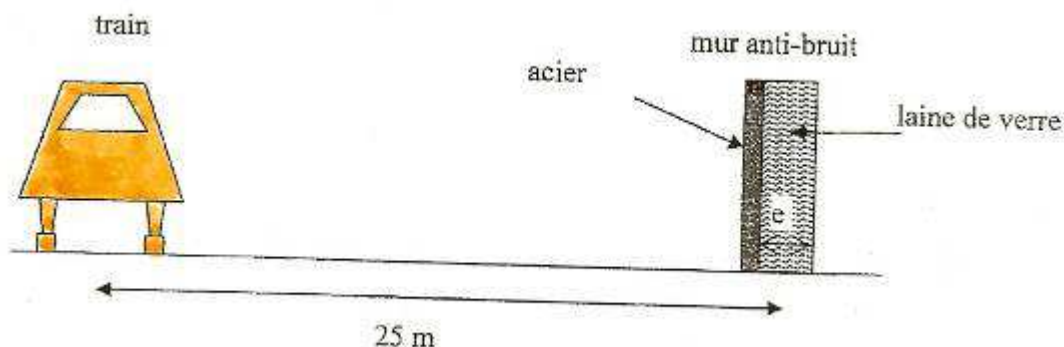
TP 2009

Préambule

Les données pour les trois exercices sont connus implicitement avec 3 chiffres significatifs au moins.
 Les résultats seront donnés avec 3 chiffres significatifs au plus.

Afin de diminuer des nuisances sonores liées au passage d'un train à grande vitesse, une entreprise est chargée de poser des murs anti-bruits.

Acoustique



Le train est une source sonore de forte puissance qui se comporte comme une source ponctuelle omnidirectionnelle.

Les mesures de niveaux d'intensité sonore, à vingt-cinq mètres du train, exprimées en dB_A , sont rapportées dans le tableau suivant :

Fréquence centrale f (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau d'intensité sonore N_i (dB_A)	83,0	82,0	80,3	81,7	81,0	77,5

- 1) a- Que signifie la notation dB_A ?
 b- Exprimer littéralement le niveau d'intensité sonore total, N_{it} , en dB_A .
 Le calculer.
- c- Exprimer le niveau de puissance de la source, N_w .
 Le calculer.

On s'intéresse maintenant au niveau d'intensité sonore à la fréquence unique de 1000 Hz.

L'impératif est que celui-ci soit inférieur à 60 dB_A derrière le mur antibruit.

On suppose que l'intensité sonore de l'autre côté du mur n'est due qu'à la transmission à travers celui-ci. Le mur est constitué d'une fine plaque perforée d'acier galvanisé, suivie d'une épaisseur, e , de 125 mm de laine de verre de masse volumique $\rho = 48 \text{ kg.m}^{-3}$.

On considère que l'acier n'intervient pas dans l'affaiblissement phonique.

2) a- Exprimer la masse surfacique σ de la laine de verre en fonction de ρ et e .

b- A l'aide de la loi de masse $R = 20 \cdot \log(f \cdot \sigma) - 45$, calculer l'affaiblissement provoqué par la laine de verre.

c- Exprimer le niveau d'intensité sonore transmis.

Le calculer.

d- Le mur satisfait-il au critère d'isolation phonique requis ?

Photométrie

Le chantier lié au mur anti-bruit de l'exercice n°1 devant être terminé rapidement, l'entreprise doit aussi travailler de nuit.

L'entreprise dispose de plusieurs sources lumineuses, supposées ponctuelles, identiques.

Cet ensemble de sources est équivalent à une source S unique et isotrope qui rayonne dans un demi espace, de puissance total $P = 6$ kW et de flux lumineux $\Phi = 132000$ lm.

1) Exprimer l'efficacité lumineuse k d'une lampe.

La calculer.

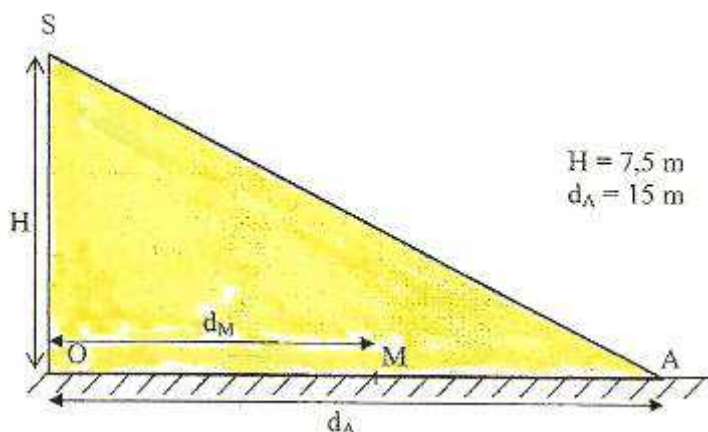
2) Exprimer l'intensité lumineuse I de cette lampe.

La calculer.

L'éclairement E_M d'un point du sol M à la distance d_M du point O , est donné par la relation :

$$E_M = I \cdot \frac{H}{(H^2 + d_M^2)^{3/2}}$$

(ou H et d_M sont définis par la figure ci-dessous)



3) a- Exprimer l'éclairement E_O du point du sol O à la verticale de la source.

Le calculer.

b- Calculer l'éclairement noté E_A au point A situé à la distance d_A de O .

Pour des raisons de sécurité, l'éclairage doit être suffisant en tout point du chantier et l'éclairement ne doit donc pas devenir inférieur à 40 lux au sol.

4) a- A quelle distance d de la verticale de la source à-t-on un éclairement de 40 lx ?

b- En déduire la valeur de la surface au sol sur laquelle les ouvriers peuvent travailler dans les conditions de sécurité requises.

Oxydoréduction

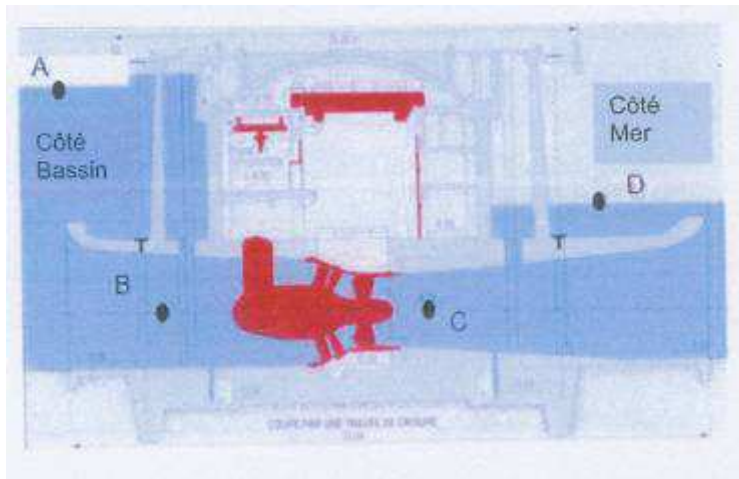
Dans cette partie, on considère que l'acier se comporte comme le fer du point de vue de l'oxydoréduction.

Les plaques d'acier galvanisé utilisées pour ériger le mur anti-bruits sont là pour assurer la rigidité et la protection de la laine de verre, mais doivent de plus résister aux conditions climatiques.

1) Qu'est-ce que la galvanisation ?

Malgré la galvanisation, une corrosion peut-être observée, qui provoque l'apparition d'ions Fe^{2+} au niveau des plaques d'acier, notamment au niveau des pieds supportant le mur.

En effet, le métal de ces pieds est différent de l'acier avec lequel il est en contact.



L'usine ne fonctionne que par intermittence car le remplissage du bassin de retenue est soumis au rythme des marées.

On distingue trois phases dans son fonctionnement :

Phase 1 : production d'énergie électrique quand l'eau s'écoule du bassin vers la mer lors de la marée descendante : environ 6,20 h par jour.

Phase 2 : production d'énergie électrique quand l'eau s'écoule de la mer vers le bassin lors de la marée montante : environ 1,10 h par jour.

Phase 3 : consommation d'énergie électrique pour pomper l'eau de mer vers le bassin pendant les heures dites « creuses » afin de fournir plus d'énergie électrique lors des heures

dites de « pointe » : environ 0,68 h par jour.

L'usine comporte 24 turbines, fonctionnant simultanément.

Chacune d'elles est couplée à un alternateur produisant de l'électricité.

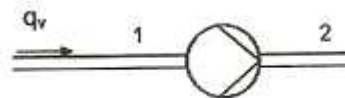
En phase 1, 2 ou 3, le débit de l'eau de mer au niveau de chacune des turbines est égal à $q_v = 275 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

- équation de Bernoulli généralisée sans turbine ou pompe

$$\frac{1}{2} \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = 0$$

- équation de Bernoulli généralisée avec turbine ou pompe

$$\frac{1}{2} \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) + \rho \cdot g \cdot (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P_H}{q_v}$$



1) Calculer le volume d'eau transitant par jour et pour l'ensemble de l'usine pendant la phase 1.

2) Rappeler dans quelles conditions on peut exploiter l'équation de Bernoulli généralisée.

Dans la suite, on considère ces conditions remplies et on se place pendant la phase 1.

3) a- Calculer la vitesse v_B de l'eau salée au point B.

b- Calculer la vitesse v_C de l'eau salée au point C.

c- Expliquer l'intérêt du rétrécissement de la conduite en C.

d- En appliquant l'équation de Bernoulli généralisée entre A et B, calculer la pression p_B en B.

e- En appliquant l'équation de Bernoulli généralisée entre C et D, calculer la pression p_C en C.

f- En appliquant l'équation de Bernoulli généralisée entre B et C, calculer la puissance hydraulique P_H d'une turbine.

Pour évaluer le potentiel d'un barrage hydraulique, on utilise classiquement la formule $P_H = \rho \cdot g \cdot H \cdot q_v$ où H est la hauteur de chute d'eau.

4) a- Démontrer cette égalité en appliquant l'équation de Bernoulli généralisée entre A et D.

b- Faire l'application numérique pour une turbine du barrage de la Rance.

5) En reprenant le résultat de la question 3) f, calculer la puissance électrique totale P_e de l'usine sachant que le rendement n'est que de 70%.

Pendant la phase 2, on suppose que les 24 turbines récupèrent une puissance électrique identique à celle de la phase 1.

Pendant la phase 3, les 24 turbines consomment une puissance électrique de 240 W.

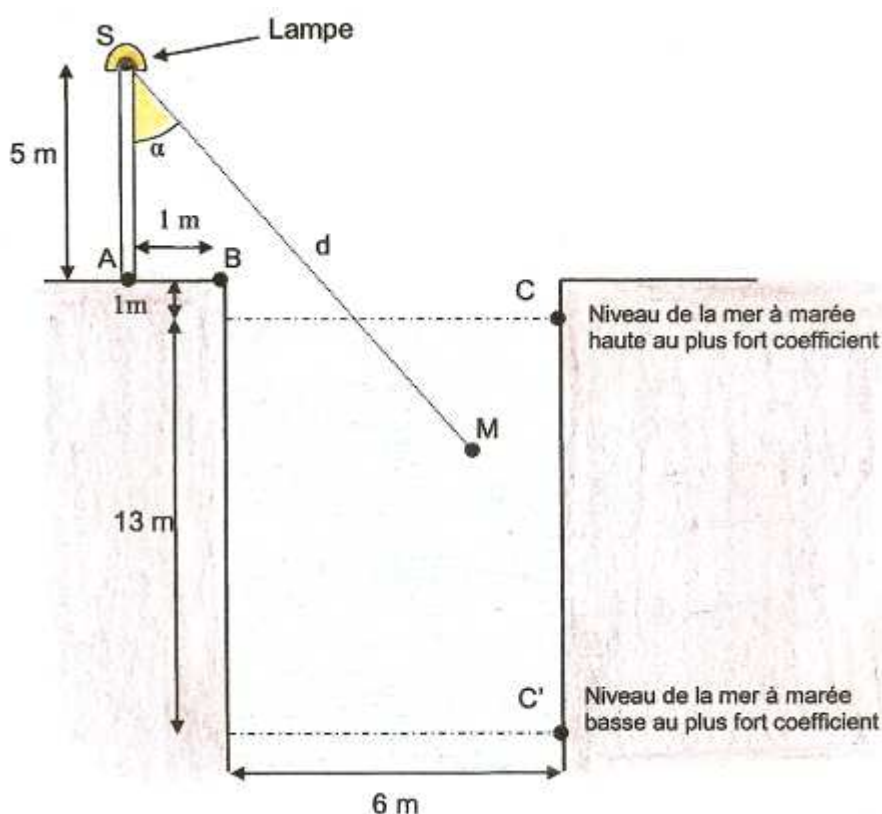
6) En tenant compte des 3 phases de fonctionnement, calculer l'énergie électrique E en Wh fournie par l'usine pendant une année de 365,25 jours.

Cette énergie correspond à la consommation annuelle d'une ville de 250000 habitants.

Photométrie

Le barrage obstruant l'entrée de la Rance, une écluse a été mise en place pour le passage des bateaux. Cette écluse fonctionnant de jour comme de nuit, un éclairage a été installé pour la manœuvre des bateaux.

Schéma en coupe de l'écluse :

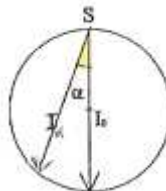


Il faut éclairer le quai aux points A et B et l'eau aux points C ou C' en fonction du niveau de la mer.

1) Donner l'expression littérale de l'éclairement E au point M (sur une surface horizontale) en fonction de la distance $d = SM$, de l'angle α et de l'intensité lumineuse I_α de la lampe dans la direction α .

L'intensité lumineuse du lampadaire n'est pas la même dans toutes les directions.

La surface indicatrice d'émission est une sphère passant par la lampe, le centre de la sphère étant sur la verticale de la lampe.



2) En déduire que l'intensité lumineuse I_α dans une direction quelconque faisant l'angle α par rapport à la verticale est $I_\alpha = I_0 \cdot \cos \alpha$ (I_0 étant la valeur de l'intensité lumineuse à la verticale de la lampe).

3) Donner l'expression littérale de l'éclairement E au point M en fonction de la distance d , de l'angle α et de l'intensité à la verticale I_0 .

Pour respecter la réglementation, l'éclairement aux points A, B, C et C' doit être au minimum de 25 lx.

4) Déterminer l'intensité minimum $I_{0\min}$.

Pour ce type de lampe, le flux lumineux s'exprime par la relation $F = \pi \cdot I_0$.

5) Calculer le flux minimum que doit posséder la lampe.

On propose deux lampes :

Type de lampe	Flux (lm)	Efficacité (lm.W ⁻¹)
iodure métallique à brûleur céramique	40000	90
halogène	38000	30

- 6) Ces deux lampes peuvent-elles convenir ? Expliquer.
 7) Calculer la puissance électrique consommée par chacune des lampes.
 8) D'un point de vue écologique, quel critère doit-on prendre en compte pour le choix de la lampe ?

Oxydoréduction

Le problème le plus important rencontré par les ingénieurs lors de la conception du barrage de la rance a été de faire face à la corrosion.

Deux types de protection ont été envisagées :

- par anode sacrificielle,
- par courant interposé.

Données :

Potentiels standards d'oxydoréduction :

$$E_0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V} \text{ et } E_0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$$

Masses molaires atomiques :

$$M_{\text{Fe}} = 55,8 \text{ g.mol}^{-1} \text{ et } M_{\text{Zn}} = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$$

Une mole d'électrons correspond à une charge $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$ (en valeur absolue)

Le pouvoir corrosif de l'eau de mer est de $p = 0,18 \text{ g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ (gramme par mètre carré et par heure)

La surface totale S du fer à protéger (constitué de 24 turbines, de 6 vannes et une écluse) est égale à 260 m^2

1- Protection par anode sacrificielle

1₁- Donner les demi-équations électroniques des couples Fe^{2+}/Fe et Zn^{2+}/Zn .

1₂- Expliquer par une phrase l'expression : « anode sacrificielle ».

1₃- Faire un schéma de principe de ce type de protection.

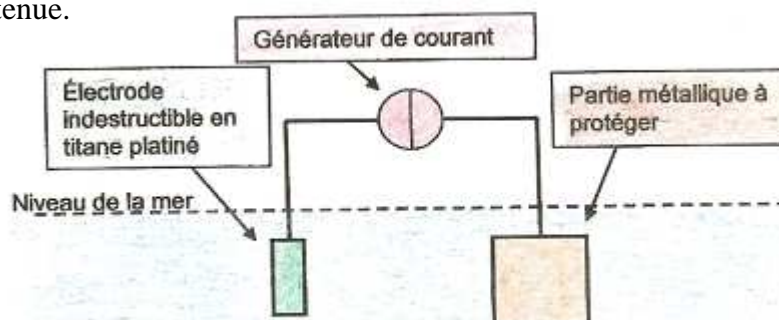
Indiquer l'anode, la cathode, le fer, le zinc, le sens de circulation des électrons et le sens du courant.

1₄- Sans protection, quelle masse de fer m_{Fe} disparaîtrait par an ?

1₅- Avec protection, quelle masse de zinc m_{Zn} passerait en solution par an ?

Les coûts de maintenance et d'arrêt de production pour le remplacement des plots de zinc étant trop importants, cette solution n'est pas retenue.

2- Protection par courant imposé



2₁- A l'aide du schéma ci-dessus, expliquer le fonctionnement de ce type de protection.

2₂- Calculer l'intensité I du courant débité par le générateur pour assurer la même protection.

La tension d'alimentation choisie est égale à 24 V

On rappelle qu'en électricité, en régime continu, la puissance se calcule à l'aide de la relation : $P = U.I$.

2₃- Calculer l'énergie électrique, en Wh, nécessaire par an pour la protection du barrage.

C'est cette solution qui a été retenue malgré le coût de l'installation et notamment des électrodes indestructibles en titane platiné.

Environ 1000 électrodes ont été installés sur l'ensemble du barrage.

TP 2011

Des chercheurs allemands ont développé un nouveau procédé de chauffage qui permet de réduire fortement la formation de verglas sur les ponts.

Un circuit hydraulique alimente une « nappe » de tubes, intégrée au revêtement d'asphalte du pont.

Un fluide caloporteur qui circule en circuit fermé à l'intérieur des tubes, permet de réchauffer la surface d'asphalte et d'éviter ainsi la formation de verglas.

Durant l'été, le fluide caloporteur, qui circule sous le revêtement d'asphalte, est réchauffé par le soleil.

La chaleur est ensuite stockée, en profondeur, sous la surface du sol, par l'intermédiaire de sondes géothermiques en matière plastique.

Durant l'hiver, quand cela s'avère nécessaire, cette chaleur est remobilisée pour empêcher la formation de verglas.

Le problème est composé de trois parties indépendantes :

• Partie A : mécanique des fluides

Pour montrer que les pressions mises en jeu dans le dispositif hydraulique de chauffage ne sont pas excessives, (ce qui limite les risques de fuites du fluide caloporteur potentiellement polluant), on fait l'étude hydraulique du pont lors d'une chaude journée estivale.

• Partie B : thermique

Afin de mettre en évidence l'efficacité du dispositif de chauffage pour éviter la formation de verglas, on fait l'étude énergétique de ce dispositif lors d'une journée hivernale.

Cette étude va permettre, également, de montrer l'intérêt d'isoler le dessous du pont.

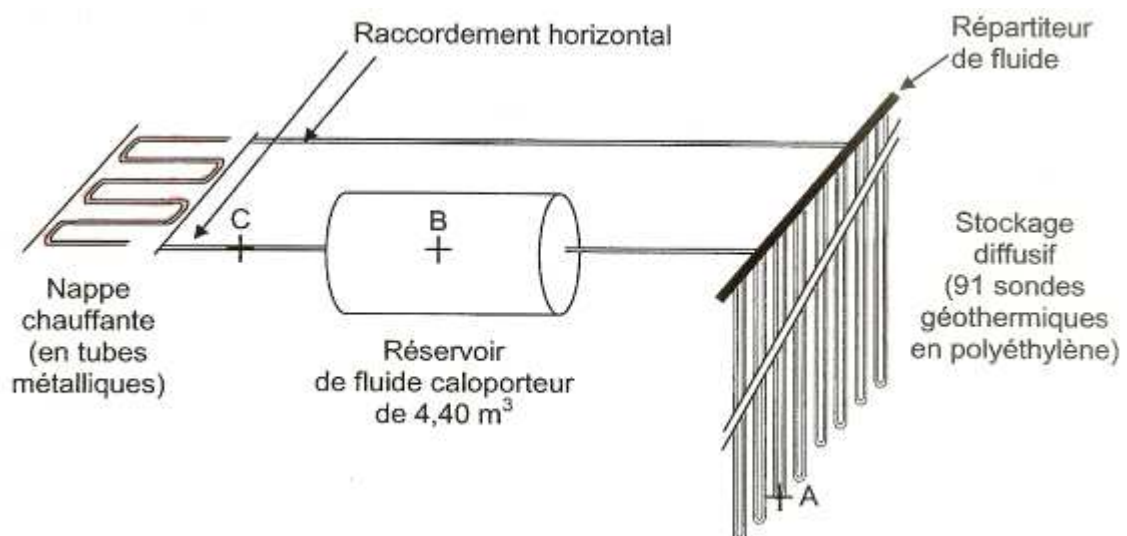
• Partie C : chimie

Bien que la quantité de matière plastique nécessaire pour la réalisation des sondes géothermiques de ce dispositif ne soit pas « hors normes », cette étude va mettre en évidence que cette réalisation va nécessiter une grande quantité de matière première (ici, en l'occurrence, du gaz butane).

Documents Réponses n°1 et n°2 à rendre avec la copie.

A - Mécanique des fluides

Le schéma de principe du circuit emprunté par le fluide caloporteur est représenté ci-dessous :



Hypothèses : le fluide caloporteur est parfait et incompressible, l'écoulement (quand il a lieu) est stationnaire et les pertes de charge sont nulles.

Données :

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

Masse volumique du fluide caloporteur : $\rho = 1,07.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Diamètre intérieur des raccordements horizontaux : $D_H = 85,0 \text{ mm}$

Diamètre intérieur des sondes (verticales) : $D_S = 26,0 \text{ mm}$

Le point A est enfoui dans le sol, 150 mètres plus bas que B

Volume du réservoir : $4,40 \text{ m}^3$

Longueur du réservoir : $L = 3,25 \text{ m}$

Equation de Bernoulli entre deux points 1 et 2 : $\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(z_2 - z_1) + (P_2 - P_1) = 0$

Rappel : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Le fluide est immobile dans le circuit hydraulique.

Les points B et C sont tous deux à la même altitude : celle du tablier du pont.

1) a- Montrer que P_B et P_C , les pressions effectives respectives aux points B et C ont la même valeur.

b- Sachant que $P_C = 0,300 \text{ bar}$, calculer P_A : la valeur de la pression effective en A.

Le fluide circule maintenant dans le circuit hydraulique.

Le débit volumique total, dans la partie horizontale du circuit, est $Q_v = 41,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

2) a- Calculer, en respectant les unités légales du Système International (S.I), v_C , la vitesse d'écoulement du fluide caloporteur au point C.

b- En utilisant la loi de conservation du débit volumique, déterminer l'expression de v_B en fonction de v_C , D_H et D_R le diamètre intérieur du réservoir cylindrique.

c- Calculer D_R .

d- Vérifier que v_B , la vitesse d'écoulement du fluide caloporteur au point B, vaut sensiblement $8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

La pression en C devient : $P'_C = 0,234 \text{ bar}$ (le fluide étant toujours en mouvement).

La vitesse d'écoulement du fluide en B sera négligée devant celle en C.

3) Calculer, à l'aide de l'équation de Bernoulli, la nouvelle pression en B.

Le dispositif de « stockage diffusif » comporte 91 sondes géothermiques.

Ces sondes sont de longs tubes en forme de U dans lesquels circule le fluide caloporteur.

Elles sont montées en parallèle, il y a donc une répartition équitable du fluide dans les 91 sondes.

4) a- Calculer, en respectant les unités légales du S.I, Q_{vA} , le débit volumique en bout de sonde (point A).

b- En déduire la valeur v_A , la vitesse du fluide au point A.

B - Thermique

La surface de la chaussée du pont à dégivrer est de 1300 m^2 .

On négligera les « effets de bord » du pont, ainsi que les effets de la propagation horizontale de la chaleur.

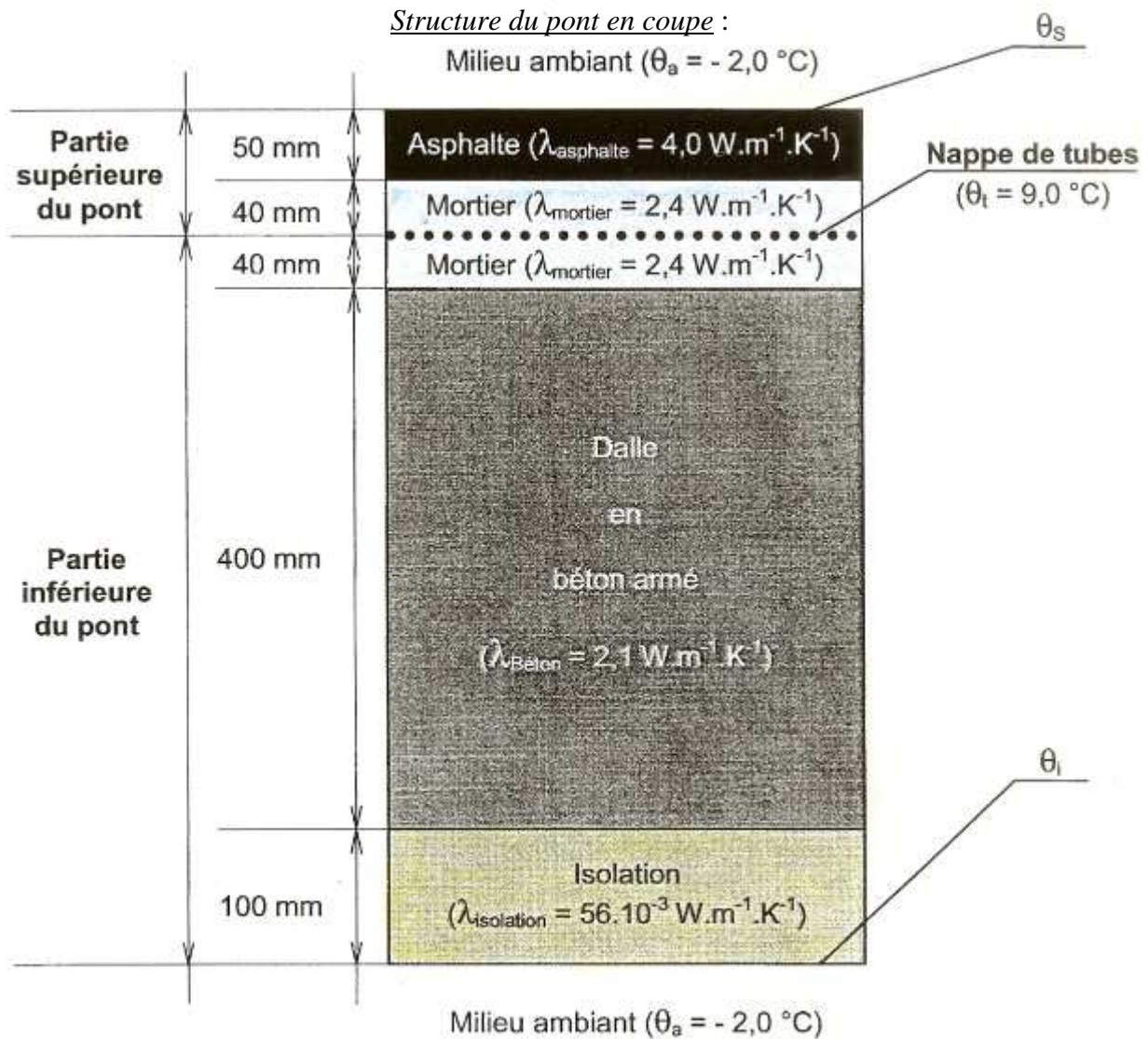
Données :

Température de la nappe de tubes : $\theta_t = 9,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Température ambiante : $\theta_a = -2,0 \text{ }^\circ\text{C}$

résistances thermiques superficielles d'échange convectif au dessus et en dessous du pont :

elles sont supposées toutes deux égales à $\frac{1}{h} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$



Dans le circuit hydraulique précédent, l'enceinte du réservoir est supposée « adiabatique ».

1) Que signifie ce terme ?

Etude de la partie supérieure du pont :

2) a- Déterminer R_s , la Résistance thermique de la partie supérieure du pont.

On précisera l'unité de R_s .

b- Déterminer ϕ_s , la densité de flux thermique dans la partie supérieure du pont.

Etude de θ_s , la température de surface de la chaussée du pont :

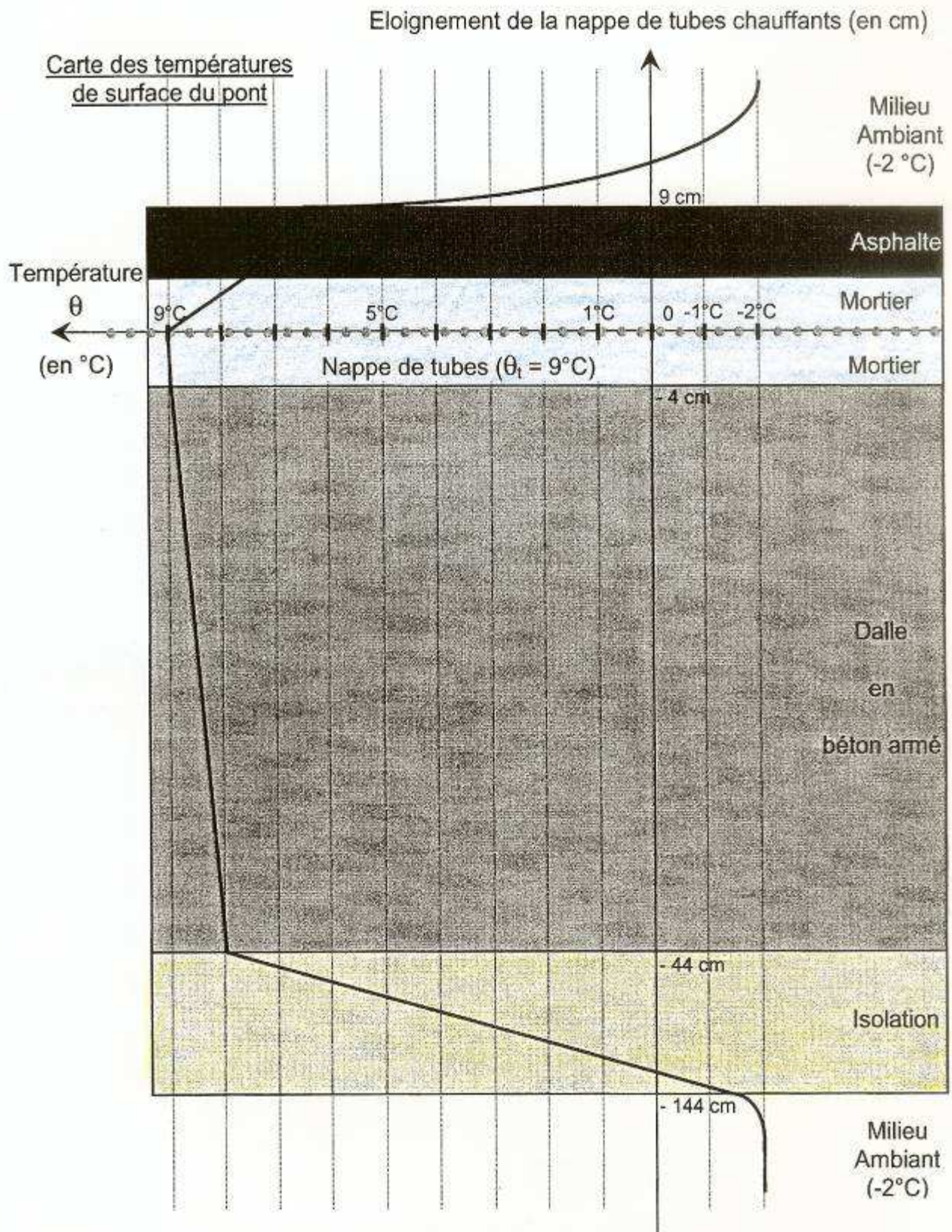
c₁- Calculer θ_s .

c₂- Cette température va-t-elle favoriser, ou non, la mise hors gel de la chaussée ?

Etude de la partie inférieure du pont :

3) a- A l'aide du document réponse n°1 suivant, « carte des températures de surface du pont chauffant », déterminer graphiquement θ_i , la température de surface du dessous du pont.

b- Que peut-on en conclure ?



La densité de flux thermique dans la partie inférieure du pont est $\varphi_i = 5,3 \text{ W.m}^{-2}$ et $\varphi_s = 85 \text{ W.m}^{-2}$.

4) Déterminer la densité totale de flux thermique que doit produire la nappe de tuyaux chauffants.

5) En déduire la puissance de chauffage correspondante.

Etude de l'efficacité de l'isolation de la partie inférieure du pont :

6) a- Calculer la puissance perdue au niveau de la partie inférieure du pont.

b- Montrer que cette puissance représente moins de 6 % de la puissance calculée à la question 5).

C - Chimie organique1) Compléter le document réponse n°2 suivant :

Nom de l'hydrocarbure	Formule semi-développée	Formule brute	Masse molaire
		C_2H_6	
Butane		C_4H_{10}	58 g.mol^{-1}
Ethène		C_2H_4	28 g mol^{-1}
	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$		
	$CH_3-CH=CH-CH_3$		

On utilise, notamment pour la réalisation des sondes géothermiques, du « PolyÉthylène Haute Densité » (PEHD)

Ce polymère est élaboré industriellement par un procédé comportant deux étapes, **1** et **2** :

1. On synthétise, dans un premier temps, de l'éthène par craquage de butane (*le craquage est un procédé thermique de modification des chaînes carbonées*).

Plusieurs réactions ont lieu simultanément :

- le butane est partiellement transformé en méthane et en propène.
- le butane est partiellement transformé en éthane et en éthène.
- le butane est partiellement transformé en dihydrogène et en butène.

2) a- Ecrire les trois équations-bilans du craquage.

2. On réalise, ensuite, sous une pression de quelques dizaines de bars, la synthèse du polyéthylène (ou polyéthène) par polyaddition de l'éthène.

b- Ecrire l'équation-bilan de la réaction de polymérisation.

L'indice de polymérisation n du PEHD vaut 17500.

3) Calculer la masse molaire moléculaire du PEHD.

La masse volumique ρ du PEHD vaut 940 kg.m^{-3} .

4) Calculer la masse de PEHD correspondant à un volume de 95 L.

Seulement 47,0 % des molécules de butane sont, après craquage, transformées en éthène et en éthane.

5) Calculer la masse de butane nécessaire pour produire une masse d'éthène de 89,3 kg.

TP 2012

Tramway et développement durable

De plus en plus de villes s'équipent d'un tramway.

Effectivement le développement de transports en commun dits « propres » est devenu une nécessité.

La construction du tramway va par ailleurs permettre de nouvelles solutions pour une ville plus durable :

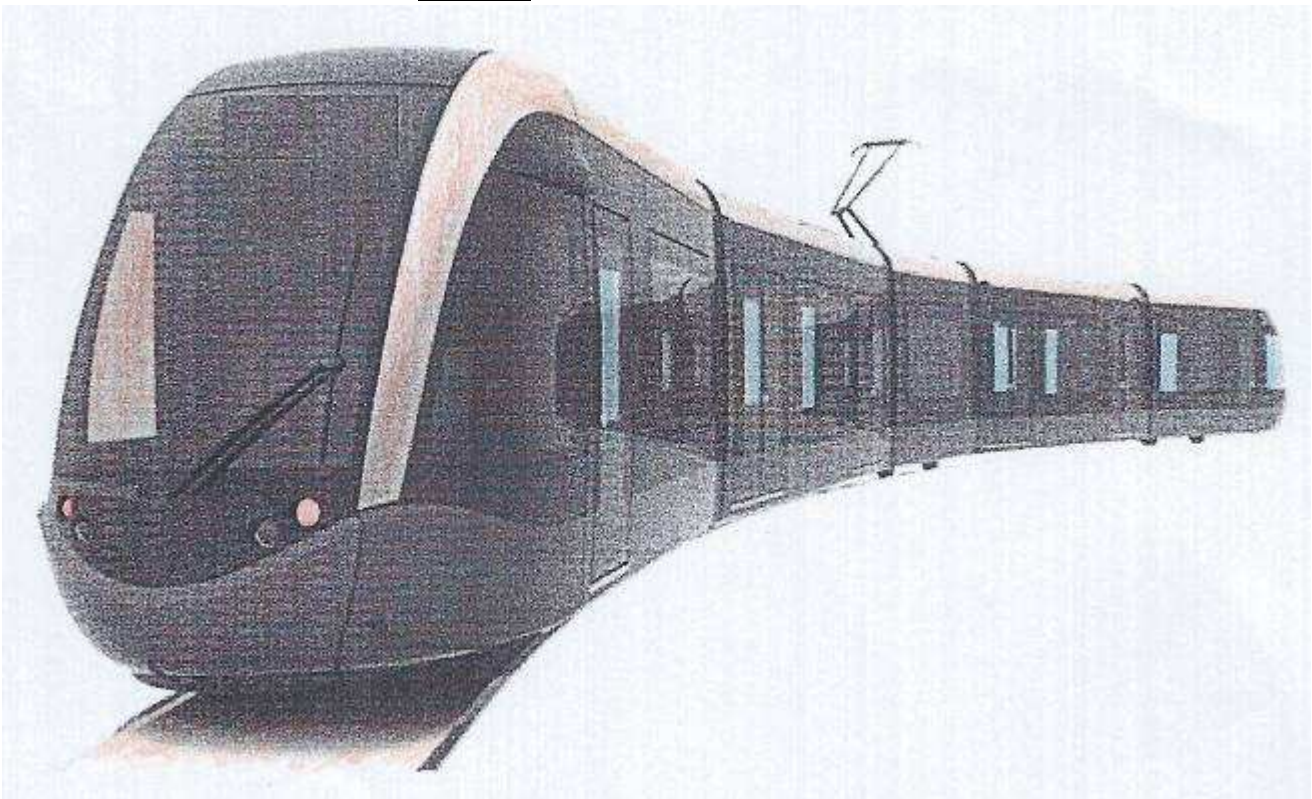
- lors des travaux préparatoires, certaines villes en ont profité pour installer des réseaux de chaleur (partie A)
- pour les agglomérations, maîtriser les flux de circulation et lutter contre le bruit (partie B) et la pollution atmosphérique (partie C) sont essentiels pour améliorer la qualité de la vie.

Le problème est composé de trois parties différentes :

Partie A : Etude partielle d'un chauffage collectif

Partie B : Lutte contre le bruit

Partie C : Amélioration du bilan carbone



A- Etude partielle d'un chauffage collectif

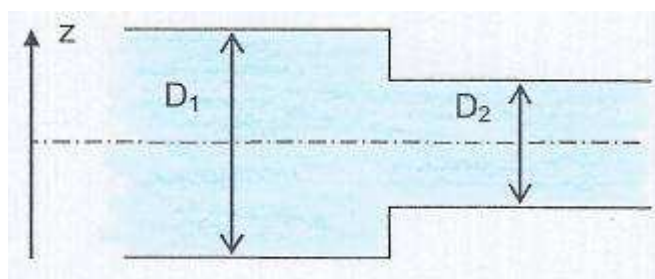
Les tubes utilisés pour transporter l'eau chaude dans le réseau de chaleur sont calorifugés.

Dans le réseau primaire, l'eau circule à 180°C sous 20 bars.

On considère l'écoulement comme stationnaire : le débit massique q_m est considéré comme constant et vaut 565 kg.h⁻¹.

La section des tubes diminue au fur et à mesure du trajet, la vitesse et la pression évoluent donc également.

Etudions une telle jonction du réseau secondaire :



Données :

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

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

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

Diamètres :

tube 1 : $D_1 = 20 \text{ cm}$

tube 2 : $D_2 = 16 \text{ cm}$

Pression dans le tube 1 : 5,0 bars

Un bar = 1.10^5 Pa

$$\text{Equation de Bernoulli : } \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = 0$$

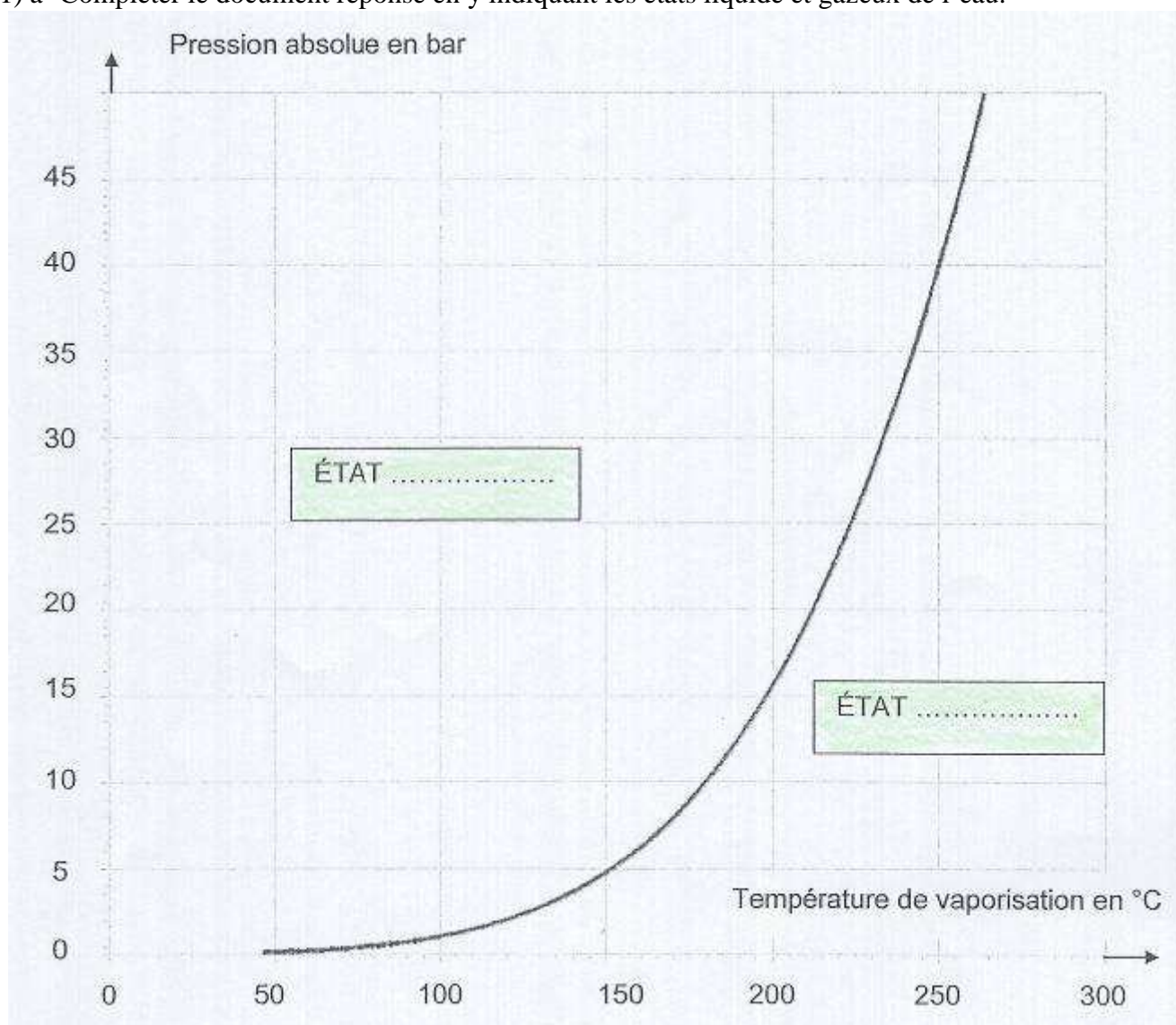
Mécanique des fluidesA₁- Détermination des vitesses d'écoulement

- 1) Calculer le débit volumique q_v .
- 2) Donner l'expression littérale de la vitesse v_1 dans le tube 1 en fonction de q_v et de D_1 .
- 3) Calculer cette vitesse.
- 4) Calculer la vitesse v_2 dans le tube 2.
- 5) Quel est l'effet de la diminution de la section du tube ?

A₂- Détermination des pressions

Courbe de vaporisation de l'eau.

- 1) a- Compléter le document réponse en y indiquant les états liquide et gazeux de l'eau.



b- Pourquoi l'eau du circuit primaire est-elle dite surchauffée ?

On note L , M , T , les dimensions respectives de la longueur, de la masse et du temps.

2) a- Exprimer la dimension d'une vitesse v , de l'accélération g , d'une masse volumique et d'une pression.

b- Vérifier l'homogénéité de l'équation de Bernoulli.

Pression dans le tube 2.

3) a- Exprimer littéralement la pression p_2 en utilisant l'équation de Bernoulli.

b- Calculer p_2 .

c- Pourquoi les valeurs de p_1 et p_2 sont-elles si proches ?

A₃- Etude de l'énergie thermique fournie

Calorimétrie

Plusieurs sous-stations d'échange sont réparties sur l'ensemble du réseau de chaleur afin de servir d'interface entre le réseau primaire et le réseau secondaire du client.

Le débit dans les radiateurs étudiés est de 120 L.h^{-1}

Initialement le chauffage de l'appartement était assuré par des radiateurs électriques pour une puissance totale de 2750 W .

Les réglages effectués sur la nouvelle installation sont tels que l'eau entre dans le radiateur à 90°C et en ressort à 70°C .

1) Exprimer, puis calculer la masse d'eau circulant dans un radiateur en douze heures.

2) Exprimer, puis calculer la quantité de chaleur fournie en douze heures par un radiateur.

3) Exprimer et calculer la puissance correspondante.

4) Montrer que les réglages de la nouvelle installation permettent de retrouver les anciennes conditions de chauffage.

B- Lutte contre le bruit

Le nouveau plan de circulation de la ville cherche à améliorer le confort acoustique de la population.

Il associe la mise en place d'un tram avec la diminution du nombre de voies pour les voitures.

Le niveau de bruit devra être alors atténué d'au moins 4 dB .

Le boulevard étudié comporte 3 voies en sens unique.

On se place dans le cas où 9 voitures passent en même temps le long du boulevard.

L'aménagement pour le passage du tram ne laissera plus qu'une voie aux voitures.

On compare le bruit généré par le passage de 9 voitures circulant à 50 km.h^{-1} au bruit généré par le passage du tram et de 3 voitures dont la vitesse vaut 50 km.h^{-1} .

B₁- Détermination du niveau de bruit lors du passage de 9 voitures.

On enregistre au niveau de la façade de l'immeuble situé à 10 m du boulevard, un niveau N d'intensité acoustique de 80 dB lors du passage d'une voiture à 50 km.h^{-1} .

1) Exprimer littéralement, puis calculer, le niveau d'intensité acoustique total N_1 dû au passage de 9 voitures.

B₂- Détermination du niveau de bruit lors du passage du tram et de 3 voitures

Le bruit engendré par le passage du tram roulant à 30 km.h^{-1} est équivalent à celui d'une source sonore de puissance $P = 40 \text{ mW}$ émettant de façon isotrope dans toutes les directions.

2) a- Exprimer littéralement l'intensité acoustique I_{tram} en fonction de cette puissance P et de la distance d de l'immeuble.

b- Calculer l'intensité acoustique I_{tram} au niveau de l'immeuble situé à 10 m du tram.

c- Calculer le niveau d'intensité acoustique N_{tram} émis par le passage du tram à 30 km.h^{-1} .

On considère que le niveau d'intensité acoustique émis par le tram à 10 m est d'environ 75 dB et qu'il passera simultanément 3 voitures émettant chacune un bruit de niveau d'intensité de 80 dB .

3) Calculer alors le niveau d'intensité acoustique total N_2 .

B₃- Conclusion

4) Calculer l'affaiblissement acoustique résultant de la mise en place du nouveau plan de circulation.

5) L'objectif de réduction du niveau de bruit est-il celui qui était attendu ?

C- Amélioration du bilan carbone

Détermination de la quantité de dioxyde de carbone rejetée dans l'atmosphère par un véhicule à essence.

Le tramway n'émet pas de dioxyde de carbone, car il fonctionne à l'énergie électrique.

Par contre, la production d'électricité peut dégager du dioxyde de carbone lorsque celle-ci est réalisée par des centrales à charbon ou à gaz.

Dans le cas du tramway, toute l'énergie consommée sera produite grâce à une source d'énergie renouvelable.

Données :

Masse volumique de l'essence : $\rho = 750 \text{ kg.m}^{-3}$

Consommation de la voiture : 7,0 L pour 100 km

On considère une essence constituée par un mélange d'hydrocarbures non cycliques de formule brute C_8H_{18} .

- 1) A quelle famille appartiennent ces hydrocarbures ?
 - 2) Ecrire la formule semi-développée de l'hydrocarbure C_8H_{18} linéaire et le nommer.
 - 3) Ecrire la formule semi-développée d'un isomère bi-ramifié de l'hydrocarbure C_8H_{18} linéaire et le nommer.
 - 4) Ecrire et équilibrer l'équation bilan associée à la réaction de combustion complète de cet hydrocarbure dans le dioxygène.
- Le véhicule étudié parcourt en moyenne 20000 km par année.
- 5) Exprimer et calculer la masse d'essence consommée en une année.
 - 6) Exprimer et calculer la quantité de matière correspondante.
 - 7) Exprimer et calculer la masse de dioxyde de carbone dégagée en une année.
 - 8) Expliquer en quelques mots ce qu'est « l'effet de serre » et conclure quant à l'intérêt du tramway.