

a- Etablir la relation : $\theta = \frac{m_1.c_1.\theta_1 + m_2.c_2.\theta_2}{m_1.c_1 + m_2.c_2}$

b- Retrouver la relation de exercice 1) a.

Soit 100 g d'alcool à 18°C avec 320 g d'eau à 47°C.

c- Quelle est la température finale du mélange ?

Le mélange ainsi obtenu, est chauffé (élévation de température $\Delta\theta = 2,3^\circ\text{C}$).

d- Calculer la quantité de chaleur reçue par ce mélange.

e- Etablir les relations donnant la capacité thermique massique c et la capacité thermique \mathcal{C} de ce mélange :

$$c = \frac{m_1.c_1 + m_2.c_2}{m_1 + m_2} \text{ et } \mathcal{C} = m_1.c_1 + m_2.c_2$$

8. Sujets BTS...X

X₁ Dans une étuve de séchage, on introduit une masse $m_1 = 20$ t de bois à la température $\theta_1 = 10^\circ\text{C}$.

Le bois est porté à la température $\theta_2 = 100^\circ\text{C}$ dans l'étuve.

Le séchage est terminé lorsque la masse d'eau éliminée est égale à 20% de m_1 .

Il s'effectue sous la pression atmosphérique avec circulation d'air.

Données :

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

capacité thermique massique de l'eau : $c = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

chaleur Latente massique de vaporisation de l'eau à 100°C : $L_v = 2,26.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

1) Calculer la masse d'eau m_e à éliminer.

2) Calcul des quantités de chaleur nécessaires à l'élimination de l'eau :

Pour simplifier on considère deux étapes :

-chauffage de l'eau de θ_1 à θ_2

-vaporisation de l'eau à la température θ_2

a- calculer la quantité de chaleur Q_1 nécessaire pour porter la masse m_e de θ_1 à θ_2 .

b- calculer la quantité de chaleur Q_2 nécessaire pour vaporiser cette masse d'eau à θ_2 .

c- calculer la quantité de chaleur totale Q nécessaire à l'élimination de la masse d'eau m_e .

3) Calcul de la puissance thermique P de l'étuve :

Pour tenir compte du chauffage du bois, des parois intérieures de l'étuve, de l'air circulant et des fuites thermiques diverses, il faut ajouter une quantité de chaleur Q' égale à 40% de Q .

a- calculer Q' .

b- calculer P , si le séchage doit se faire en 72 h.

X₂ Certains gisements de soufre sont effectués par le procédé Frasch.

La température du soufre étant initialement $\theta_0 = 45^\circ\text{C}$, on injecte dans le gisement sous forte pression de la vapeur d'eau à la température $\theta_1 = 160^\circ\text{C}$.

Pendant que cette vapeur d'eau se refroidit jusqu'à la température $\theta_2 = 115^\circ\text{C}$, puis se condense à cette même température θ_2 , le soufre se réchauffe puis fond car θ_2 est sa température de fusion.

Le soufre est ensuite remonté à la surface par injection d'air comprimé.

(remarque : la forte pression qui règne dans le gisement explique que la vapeur d'eau se condense à 115°C et non à 100°C)

1) En supposant que toute la chaleur cédée par l'eau est récupérée par le soufre, exprimer littéralement, puis calculer la masse d'eau m nécessaire pour extraire une masse $M = 1000$ kg de soufre.

2) En déduire le volume V de vapeur d'eau à 160°C qu'il faut injecter pour extraire cette masse M de soufre.

Pour produire la vapeur d'eau à la température θ_1 , on puise de l'eau à la température $\theta_3 = 15^\circ\text{C}$.

On la chauffe sous pression jusqu'à θ_1 , puis on la vaporise à cette température.

La chaleur nécessaire est fournie par la combustion du gaz naturel dont le pouvoir calorifique est égale à 41000 kJ.m^{-3} .

La production journalière de soufre étant $M' = 2000$ t.

3) Exprimer, puis calculer le volume V' de gaz naturel nécessaire quotidiennement.

Données :

capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,19 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

capacité thermique massique de la vapeur d'eau : $c_v = 1,87 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

capacité thermique massique du soufre solide : $c_s = 0,75 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{J}^{-1}$

Masse molaire de l'eau : $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g.mol}^{-1}$

Volume molaire de la vapeur d'eau à 160°C sous la pression d'injection : $V_0 = 2,0 \text{ L.mol}^{-1}$

chaleur Latente massique de vaporisation de l'eau liquide à 160°C : $L_v = 2,070 \text{ kJ.kg}^{-1}$

chaleur Latente massique de liquéfaction de la vapeur d'eau à 115°C : $L_l = -2200 \text{ kJ.kg}^{-1}$

chaleur Latente massique de fusion du soufre à 115°C : $L_f = 41,8 \text{ kJ.kg}^{-1}$

9. Extraits BTS**SCBH 1993**

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

Un serpentin est fixé contre une des parois de E ; un fluide entre à l'état liquide dans ce serpentin, à la température de 20°C et sous la pression de $5,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, et en sort à la même température et sous la même pression, mais sous la forme de vapeur sèche.

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

Le débit massique du fluide est 100 g.min^{-1} .

L'air contenu dans E est initialement à la température de 25°C .

Données : $\rho_{\text{air}} = 1,23 \text{ kg.m}^{-3}$; capacité thermique massique $c = 1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

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

2) Calculer la puissance du dispositif de refroidissement.

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

Quelle est la conséquence pour l'air contenu dans E ?

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

EEC 1996Données :

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

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

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

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

Un garage n'est pas parfaitement hermétique.

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

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

2) En déduire la puissance moyenne réellement transmise par les parois avant et après isolation.

B 1999

Le but de l'exercice est de vérifier la validité de l'indication que portent certains sacs plastiques distribués par une grande surface.

Ces sacs sont en polyéthylène (polyéthène) de formule $C_{500}H_{1000}$ et sont utilisés comme combustible dans certaines usines, dans le but de produire de l'énergie électrique.

Le pouvoir calorifique d'une mole de polyéthylène de formule $C_{500}H_{1000}$ est de $305,7 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

La masse d'un sac est de 5,00 g.

La transformation de l'énergie issue de la combustion de ce sac en énergie électrique se fait avec un rendement de 30%.

- 1) Calculer l'énergie produite par sa combustion complète.
- 2) Pendant quelle durée cette énergie peut elle alimenter une ampoule de 60W ?
Conclure en essayant de justifier la différence entre la durée calculée et celle affichée sur le sac.

EB 2000

- 1) Exprimer la masse m du béton constituant une paroi en fonction de ses caractéristiques ρ , S , e . Calculer m .
- 2) Calculer la quantité de chaleur Q nécessaire pour élever sa température de $1,5^\circ\text{C}$.
Pour réaliser cet apport on dispose d'un flux thermique moyen $\Phi = 500 \text{ W}$ fournit par une chaudière.
- 3) Calculer la durée Δt nécessaire pour cette opération.

Données :

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

Pour le béton : masse volumique $\rho = 2400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, épaisseur $e = 15 \text{ cm}$ et capacité thermique massique $c = 920 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

AF 2002 (AF 2011)

On désire maintenir dans un atelier une température $\theta_2 = 18^\circ\text{C}$ alors que la température extérieure $\theta_1 = -2^\circ\text{C}$.
Cet atelier n'est pas hermétique et permet une entrée d'air froid et une sortie d'air chaud correspondant à un renouvellement de l'air intérieur.

Le volume d'air de l'atelier est entièrement renouvelé au bout d'une heure.

Calculer :

- 1) La quantité de chaleur nécessaire par heure pour chauffer l'air froid pénétrant dans l'atelier.
- 2) La puissance thermique mise en jeu.

Données :

Dimensions intérieures de l'atelier $L = 10 \text{ m}$; $l = 5 \text{ m}$; hauteur sous plafond $h = 3 \text{ m}$

Masse volumique de l'air $\rho = 1,293 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'air $c = 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

B 2002

L'air et les parois d'un local (murs, plafond et sol) sont à la température de 0°C .

Calculer la quantité de chaleur...

- 1) Q_a , nécessaire pour porter à 20°C la température de l'air du local.
- 2) Q_b , nécessaire pour porter à 10°C la température des parois en béton.

Conclure.

Données :

Dimensions intérieures du local en mètres $L \times l \times h = 11,0 \times 7,0 \times 3,0$

Épaisseur du béton $e = 20 \text{ cm}$, masse volumique du béton $\rho = 2,30 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Masse volumique de l'air $\rho = 1,25 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'air $c_a = 1,00.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

capacité thermique massique du béton $c_b = 0,80.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

B 2004

On retrouve ce genre de questions en **EB 2001, EEC 1999 et TP 1999, 2002, 2004, 2006, 2007, 2008.**

On considère un volume d'air (gaz supposé parfait) dans un état A :

$$(V_A = 40 \text{ L} ; \theta_A = 27^\circ\text{C} ; P_A = 1,5.10^5 \text{ Pa})$$

1) Calculer la quantité de matière (en moles) correspondante.

On effectue les transformations suivantes sur ce gaz :

- Une transformation adiabatique (*sans échange de chaleur*) de l'état A à l'état B telle que $\theta_B = 299,5^\circ\text{C}$.

- Une transformation isobare (*à pression constante*) de l'état B à l'état C telle que $\theta_C = 627^\circ\text{C}$.

- Une transformation adiabatique réversible de l'état C à l'état D telle que $\theta_D = 305^\circ\text{C}$

- Une transformation isochore (*à volume constant*) de l'état D à l'état A.

2) Calculer la quantité de chaleur totale échangée au cours de chaque transformation.

3) En déduire la quantité de chaleur totale échangée au cours d'un cycle ABCA.

Données :

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

$$C_p = 29,1 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} ; C_v = 20,8 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1} ; (\gamma = \frac{C_p}{C_v})$$

EEC 2004

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

Le volume intérieur du réservoir est 100 L.

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

La pression P_1 du gaz est alors de $4,5.10^5 \text{ Pa}$.

1) a- Dans ces conditions, le GPL liquide a une masse volumique $\rho_{\text{GPL}} = 560 \text{ kg.m}^{-3}$, calculer la masse de GPL liquide obtenu dans le réservoir.

b- La phase gazeuse du GPL est assimilée à un gaz parfait de masse molaire 50 g.mol^{-1} , calculer la masse de GPL présent dans le réservoir sous forme gazeuse.

(*relation des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$; constante des gaz parfaits $R = 8,32(\text{S.I})$)*)

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

Il passe ensuite à l'état gazeux, il est vaporisé.

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

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

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

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

B 2006

Une vieille maison est à restaurer.

Un capteur solaire thermique est installé sur le versant sud de son toit, pour chauffer l'eau.

On souhaite une eau chaude à une température $\theta_c = 55^\circ\text{C}$.

La consommation d'eau chaude par jour est de $V = 300 \text{ L}$.

L'eau froide est prise à $\theta_f = 15^\circ\text{C}$.

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

1) Quelle est la quantité de chaleur nécessaire par jour, pour élever la température de l'eau de 15°C à 55°C , exprimée en kWh ?

L'énergie solaire qui arrive sur le capteur n'est pas entièrement transmise à l'eau qui circule dans les tubulures.

Le rendement est de $\eta = 40\%$.

2) Quelle est la quantité d'énergie solaire journalière que doit recevoir le capteur pour chauffer l'eau ?

L'ensoleillement journalier moyen par m^2 dépend de la période.

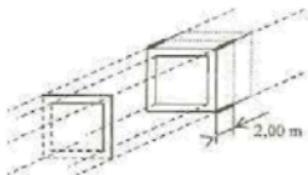
L'ensoleillement quotidien pendant les mois ensoleillés est $E_{\max} = 6 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{jour}^{-1}$ et $E_{\min} = 3 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{jour}^{-1}$ pendant les mois les moins ensoleillés.

3) a- Quelle est la surface de capteurs thermiques nécessaire pendant les mois ensoleillés ? On installe 8 m^2 de capteur.

b- Pendant les mois les moins ensoleillés, avec une telle installation quelle est la température de l'eau obtenue ?

EB 2008

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

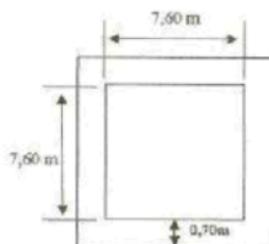


Plan de coupe de chaque bloc :

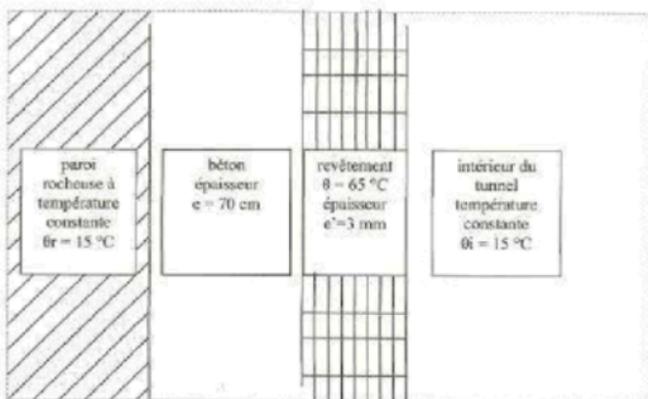
Pour fabriquer ce bloc, on utilise du béton armé. Après la pose totale des blocs, on injecte à 65°C , en phase semi-solide, sur toute la partie intérieure du tunnel, un revêtement d'épaisseur $e = 3 \text{ mm}$.

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

La température finale atteinte est de 15°C .



Coupe de paroi latérale :



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

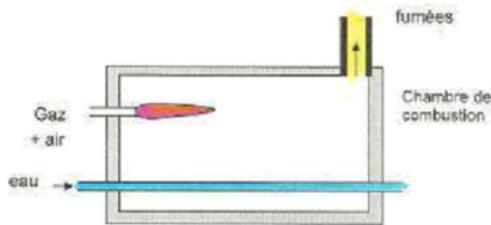
Données

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

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

SCBH 2008

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



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

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

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

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

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

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

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

Donnée :

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

EB 2009 (EEC 2011)

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

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

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

SCBH 2011

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

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

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

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

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