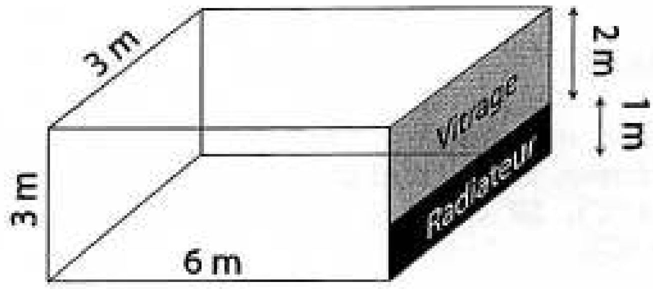
Test Energétique du Bâtiment

Groupe 2, 1er Décembre 2004, Test B

I. Un bon appartement chaud...

Une pièce fait 3m de large, 6m de long et 3m de haut. Sur une des largeurs se trouve un radiateur de 1m de haut surmonté d'un vitrage de 2m de haut. Le vitrage comme le radiateur font toute la largeur de la pièce. Le vitrage a une température de 15°C et une émissivité de 0.8. Le radiateur a une température de 60°C et une émissivité de 0.7. Les autres parois de la pièce ont une température de 20°C et une émissivité de 0.9. La pièce est donc constituée de trois entités : le vitrage (v), le radiateur (r) et les autres parois (p).



1. Construisez le réseau électrique équivalent aux échanges par rayonnement entre les 3 entités de la pièce.
2. Déterminez les facteurs de forme entre les différentes entités de la pièce. Simplifiez le réseau électrique compte tenu de la valeur de certains facteurs de forme.
3. Calculez le flux net gagné ou perdu :
    a. par le radiateur
    b. par le vitrage
    c. par les autres parois.

II. La pile atomique.

Dans les centrales nucléaires, la chaleur est produite par la fission de l'uranium dans le réacteur. La fission est la rupture d'un noyau lourd en noyaux plus petits qui se produit sous l'action de neutrons. Elle s'accompagne d'un dégagement d'énergie dû à la perte de masse, de la libération de neutrons (ce qui provoque d'autres réactions de fission) et de produits radioactifs.

La plupart des centrales nucléaires françaises sont des centrales à REP, Réacteur à Eau ordinaire sous Pression. Les barres d'uranium sont placées dans de l'eau maintenue sous pression de manière à ne pas se vaporiser. Cette eau d'une part freine les neutrons produits par la fission et d'autre part récupère l'énergie thermique dégagée. Cette eau sous pression constitue le circuit primaire d'un échangeur de chaleur. L'énergie thermique ainsi récupérée, est utilisée pour vaporiser de l'eau se trouvant dans le circuit secondaire de l'échangeur. Cette vapeur d'eau est ensuite détendue dans une turbine qui entraîne un alternateur produisant de l'énergie électrique.

Les barres cylindriques d'uranium utilisées dans le cœur du réacteur sont ainsi le siège d'une dissipation interne de chaleur **uniforme et constante** de 80 MW/m^3. Elles font 5 cm de diamètre. L'eau sous pression du circuit primaire se trouve à 130°C. La conductivité thermique de l'uranium est de 30 W/m°C et le coefficient de transfert de chaleur par convection entre l'uranium et l'eau est de 10 $kW/m^2°C$. On se trouve en régime permanent. Dans ces conditions :

1. Adaptez l'équation de la chaleur au problème considéré. Exprimez les conditions aux limites : centre du barreau et surface en contact avec l'eau. Calculez la température T(r) dans la barre d'uranium.
2. Calculez le flux de chaleur communiqué à l'eau par mètre linéaire de barre.
3. Combien peut on chauffer de maisons individuelles avec une barre d'1m de long ? (une maison individuelle consomme 7000 W).

III. Un mur bien isolé...

Le mur d'une maison de 2m50 de haut par 5m de long, est constitué, de l'extérieur vers l'intérieur, par 1 cm d'enduit mortier (λ=1.15 W/m°C), 20 cm de béton (λ=0.90 W/m°C), 10 cm de polystyrène (λ=0.04 W/m°C) et 1 cm de plâtre (λ=0.35 W/m°C).

L'air extérieur est à 0°C et la bise souffle à 18 km/h sur toute la longueur de la façade. L'air intérieur est à 20°C.

1. Représentez les échanges au sein de la paroi à l'aide de l'analogie électrique.
2. Déterminez les coefficients d'échange convectif extérieur et intérieur.
3. Déterminez le flux perdu au travers d'$1m^2$ de paroi.
4. Déterminez la variation des températures au sein de la paroi.

Les propriétés de l'air à 0°C sont : ρ=1,293 kg/m^3, μ=17,15 10^{-6} kg/m.s, Cp=1012 J/kg°C, λ=0.0238 W/m°C. Les propriétés de l'air à 20°C sont : ρ=1,205 kg/m^3, μ=18,12 10^{-6} kg/m.s, Cp=1012 J/kg°C, λ=0.0251 W/m°C. L'écart de température entre l'air intérieur et le plâtre est de 3°C.

La loi d'échange par convection forcée sur une plaque s'exprime de la manière suivante :

Régime laminaire $Re<3.10^5$, $Nu=0.628Pr^{0.33}\ Re^{0.5}$
Régime Turbulent $Re>5.10^5$, $Nu=0.035Pr^{0.33}\ Re^{0.8}$

La loi d'échange par convection naturelle sur une plaque verticale s'exprime de la manière suivante :

Régime laminaire $Ra<10^9$, $Nu=0.59Ra^{0.25}$
Régime Turbulent $Ra>10^9$, $Nu=0.13Ra^{0.33}$

IV. Air Humide

On considère un débit volumique de 5 m^3/s d'air humide à 30 °C, 50 % d'humidité et 10^5 Pa.

Calculez:

1. La pression partielle de vapeur d'eau.
2. La pression partielle d'air sec.
3. L'humidité spécifique.
4. La masse volumique.
5. Le volume spécifique.
6. L'enthalpie spécifique.
7. La température de rosée.
8. La température humide.
9. Le débit massique d'air humide.
10. Le débit massique d'air sec.
11. À quelle température doit-on porter l'air humide pour que le taux d'humidité relative diminue de 10%. (Contenu en eau de l'air constant).
12. Quelle est la quantité d'énergie nécessaire pour effectuer cette transformation.

BRUNERIE
Marie-Laure
1AG2

Test n°2 d'énergétique :

12

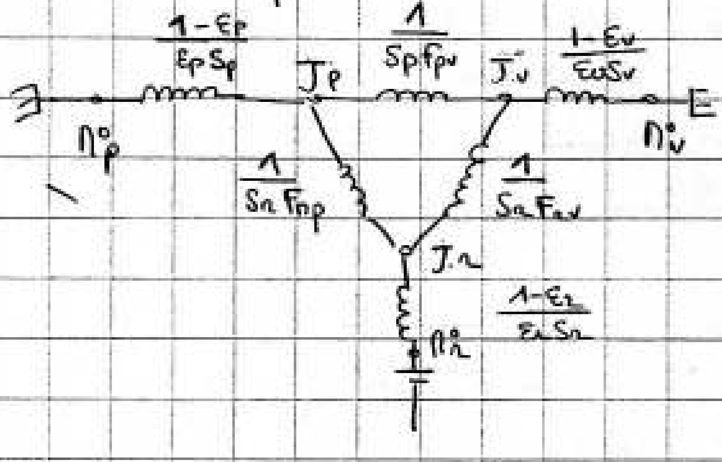
(1,5) I. Un bon appartement chaud...

1) On a 3 corps qui respectivement :

- radiateur $T_r = 60°C$ $\varepsilon_r = 0,7$
- paroi $T_p = 20°C$ $\varepsilon_p = 0,9$
- vitre $T_v = 15°C$ $\varepsilon_v = 0,8$

Le schéma equivalent est :

1



2) On cherche F_{pr}, F_{pv}, F_{rv}.

0,5 on a une enceinte fermée donc $\sum_{j=1}^{n} F_{ij} = 1$ $\forall i$ — Faux car c'est pour les corps noirs ! Dommage...

càd $F_{rp} + F_{rv} = 1$ $F_{pv} + F_{pr} = 1$ $F_{vr} + F_{vp} = 1$

et $S_r F_{rv} = S_v F_{vr}$

$S_p F_{pv} = S_v F_{vp}$

$S_p F_{pr} = S_r F_{rp}$.

Mais si, ça marche que le corps soit non opaque !

$F_{rr} = 0$ $F_{vv} = 0$

$F_{rv} = 0$ $F_{vr} = 0$

on a $F_{pr} + F_{pv} = 1$

$$\frac{S_r F_{rp}}{S_p} + \frac{S_v F_{vp}}{S_p} = 1$$

$$\frac{S_r}{S_p}(1-F_{rv}) + \frac{S_v}{S_p}(1-F_{vr}) = 1$$

$$\frac{S_r}{S_p}(1-F_{rv}) + \frac{S_v}{S_p}\left(1-\frac{S_r F_{rv}}{S_v}\right) = 1$$

$$\frac{S_r+S_v}{S_p} - 2\frac{S_r}{S_p}F_{rv} = 1 \qquad \frac{S_r+S_v}{S_p} - 1 = 2\frac{S_r}{S_p}F_{rv}$$

soit $F_{rv} = \frac{S_r+S_v}{2S_r} - \frac{S_p}{2S_r}$

$\boxed{F_{rv} = \frac{S_r+S_v-S_p}{2S_r.}}$ soit $\boxed{F_{vr} = \frac{S_r+S_v-S_p}{2S_v}}$

FAUX

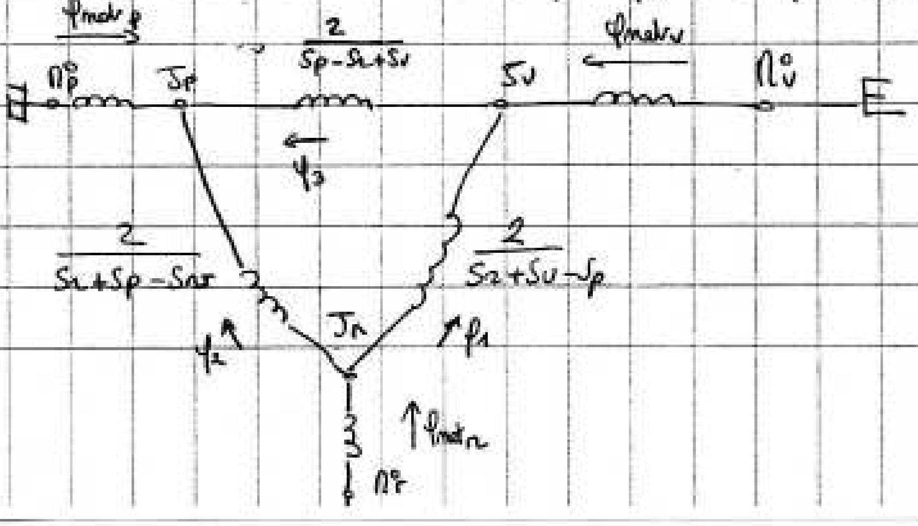
d'où $\boxed{F_{rp} = 1 - F_{rv} = \frac{S_r-S_v+S_p}{2S_r}}$

$\boxed{F_{pr} = \frac{S_r-S_v+S_p}{2S_p}}$

$\boxed{F_{pv} = 1 - F_{pr} = \frac{S_p-S_r+S_v}{2S_p}}$

d'où $\boxed{F_{vp} = \frac{S_p-S_r+S_v}{2S_v.}}$

on obtient donc On ne peut pas dire que cela soit simplifié !!



il faut utiliser $\sum_{j=1}^{3} \left(\delta_{ij} - (1-\varepsilon_i) F_{ij} \right) J_j = \varepsilon_i \Pi_i^\circ$

$i = r$ $\quad J_r \left(1 - (1-\varepsilon_v) F_{rv} - (1-\varepsilon_p) F_{rp}\right) = \varepsilon_r \Pi_r^\circ$

$i = p$ $\quad J_p \left(1 - (1-\varepsilon_r) F_{pr} - (1-\varepsilon_v) F_{pv}\right) = \varepsilon_p \Pi_p^\circ$

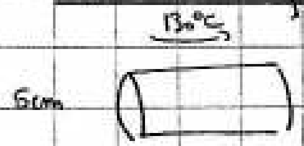
$i = v$ $\quad J_v \left(1 - (1-\varepsilon_r) F_{vr} - (1-\varepsilon_p) F_{vp}\right) = \varepsilon_v \Pi_v^\circ$

$J_r - \varepsilon_r \Pi_r^\circ = (1-\varepsilon_v) F_{rv} + (1-\varepsilon_p) F_{rp}$

$J_p - \varepsilon_r \Pi_p^\circ = (1-\varepsilon_r) \ldots$

3) 1) $\phi_{net_r} = \frac{\varepsilon_r S_r}{1-\varepsilon_r} (\Pi_r^\circ - J_r)$

③ II Pile atomique



$$\lambda_u = 30\ W/m°C$$
$$h = 16\ kW/m^2°C$$

1). Equation de chaleur

$$\lambda\Delta T + \vec{\text{grad}}\,T \cdot \cancel{\vec{\text{grad}}\,\lambda} + p = \cancel{\rho C_v \frac{\partial T}{\partial t}}$$

car λ = cte en f° de x.

dissipat° interne. p = cte

regime permanent

donc $\boxed{\lambda\Delta T + p = 0}$

- condition au limite :

$r = 0 \qquad T(r=0) = T_0$ (finie)

$r = d/2 \qquad T(r = d/2) = T_1$ ~~= 130°C = Teau~~

Non, il faut utiliser la conservation des flux, flux conductif = flux convectif !

- coordonnée cylindrique :

or T ne dépend que de r car symetrie suivant θ et z.

$$\text{donc } \Delta T = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right)$$

$$\lambda\left(\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right)\right) + p = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial T}{\partial r}\right) = -\frac{p}{\lambda}r$$

$$r\frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{p}{2\lambda}r^2 + c$$

$$\frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{p}{2\lambda}r + \frac{c}{r}$$

$$T(r) = -\frac{p}{4\lambda}r^2 + c\ln r + b$$

BRUNERIE
Marie-Laure
1A62

or $T(r=0) = T_0$ ...

qd $r \to 0$: $T(r) \to \infty$ donc impossible $c=0$

$$T(r) = -\frac{P}{4d} r^2 + b$$

$T(r = d/2) = T_{eau}$ donc $b = T_{eau} + \frac{P}{4d}\left(\frac{d}{2}\right)^2$

2 donc $\boxed{T(r) = \cancel{-T_{eau}} - \frac{P}{4d}\left(r^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2\right)}$

2) Phénomène de convect°:

$$d^2Q_{\text{quitte le barreau}} = h(T_b - T_{eau})\, dS\, dt$$

donc $d^2\varphi_{eau} = h(T_b - T_{eau})\, d^2S$

0,5 or $d^2S = \pi d \times \ell = \pi d$.

$\varphi_{eau} = h(T(r) - T_{eau})\, \pi d$. On ne peut pas trouver ... ce cette manière

Phénomène de conduction:

$$\varphi = -\lambda \operatorname{grad} T\, S$$

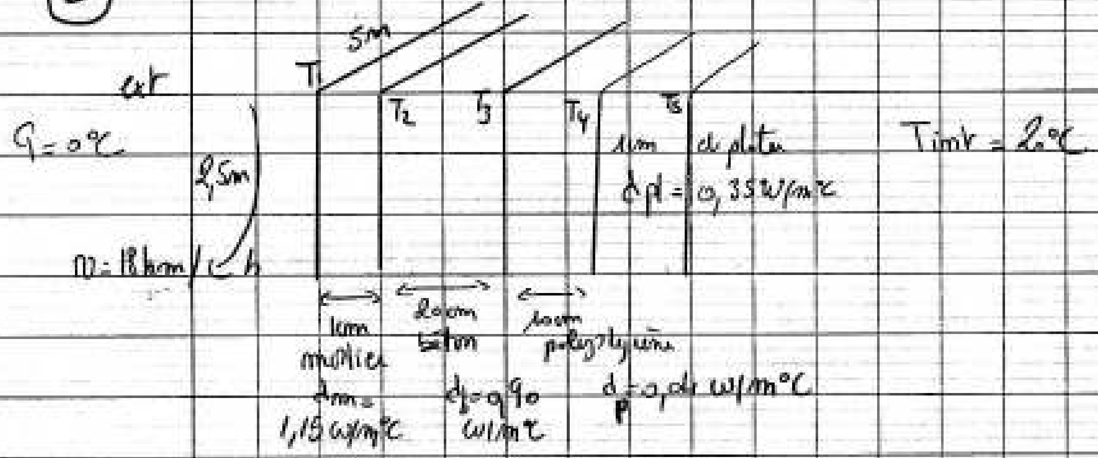
et $\varphi(r = d/2) = \varphi_{reçu\ eau}$ or $S = \underbrace{2\pi r}_{} \times \underset{1}{\ell}$

$\varphi = -\lambda \times -\frac{P}{2\cancel{4}d} r \times 2\pi r = \pi \frac{P}{\cancel{d}} r^2$, or $r = \frac{d}{2}$ $\varphi(d/2) = \pi \frac{Pd^2}{8}$

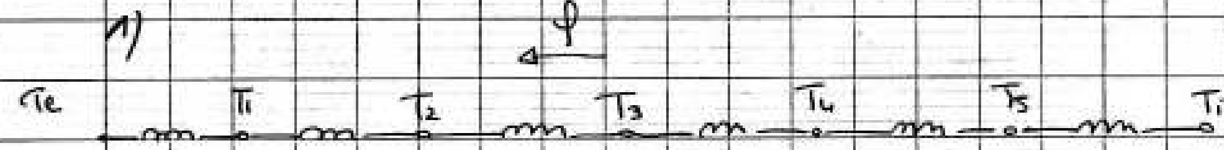
$\boxed{\varphi = 157 \cancel{78,5} \cdot 10^3\, W}$

0,5 3) On peut chauffer $n = \cancel{11}\ 22$ maisons avec 1 barreaux de 1mm! Impressionnant!

③ III) Un mur bien isolé



1)



$$\frac{1}{h_e S} \quad \frac{e_m}{\lambda_m S} \quad \frac{e_b}{\lambda_b S} \quad \frac{e_{poly}}{\lambda_{poly} S} \quad \frac{e_{pl}}{\lambda_{pl} S} \quad \frac{1}{h_i S}$$

2) * à l'extérieur, on a un régime forcé $v = 18 km/h$
$= 5 m/s$.

donc $Re = \frac{v x}{\nu} = \frac{5 \times 2,5}{\cancel{0,0238}} = \cancel{525,2}$

non c'est ν !

donc $Re < 3\cdot 10^5$ donc régime laminaire

$$Nu = 0,628 \, Pr^{0,33} \, Re^{0,5}$$

or $Pr = \frac{\nu C_p}{\lambda} = \frac{17,15 \cdot 10^{-6} \times 1012}{0,0238} = 0,73$

$$Nu = 0,628 \, (0,73)^{0,33} \, (525,2)^{0,5}$$
$$= 12,97$$

$Nu = \frac{h x}{\lambda} \Rightarrow h_e = \frac{\lambda Nu}{x} = \cancel{0,12 \, W/m^2 °C}$

• Pour l'intérieur, on est en convection naturelle donc

$$Gr = \frac{g\beta \Delta T a^3}{\nu^2} = \frac{9{,}81 \times \frac{1}{293} \times 3 \times (2{,}5)^3}{(18{,}12\ 10^{-6})^2} \times (1{,}205)^2$$

$$Gr = 6{,}94\ 10^9$$

$$Pr = \frac{18{,}12\ 10^{-6} \times 1012}{0{,}0251} = 0{,}73$$

1

$Ra = Pr\,Gr = 5{,}07\ 10^9 > 10^9$ donc régime Turbulent

$$Nu = \frac{hi\,a}{\lambda} = 0{,}13\,(5{,}07\ 10^9)^{0{,}33} = 207{,}3$$

donc $\underline{hi = 2{,}08\ W/m^2\,°C}$.

3) $$\varphi = \frac{(Ti - Te)}{\frac{1}{he} + \frac{1}{hi} + \frac{em}{\lambda m} + \frac{eb}{\lambda b} + \frac{epol}{\lambda pol} + \frac{epl}{\lambda pl}}$$

0,5 donc $$\varphi = \frac{Ti - Te}{Req}$$

$Req = 11{,}57\ C°/W$.

$$\underline{\varphi = 1{,}73\ W/m^2}$$

devrait être 13 °C

4) $T_5 = ?$ $\varphi = cte = hi(Ti - T_5)$ $T_5 = T_i - \frac{\varphi}{hi} = 19{,}2\ °C$

0,5 $T_1 = ?$ $\varphi = \frac{(Ti - T_1)}{\frac{1}{hi} + \Sigma \frac{ei}{\lambda i}} \longrightarrow T_1 = Ti - \varphi \times \left(\frac{1}{hi} + \Sigma \frac{ei}{\lambda i}\right) = 14{,}48$

$\underline{\Delta T = T_5 - T_1 = 4{,}8\ °C}$

La maison est bien isolée !

(4,5) IV Air Humide.

$dV = 5 m^3/s$

$T_1 = 30°C$ $\varepsilon = 50\%$ $P = 10^5$

1) on sait quoi $v' = \dfrac{287 T}{P - P_v}$

dou on lit $v' = 0,889 \ m^3/kg \ as$.

dou $P - P_v = \dfrac{287 (273 + 30)}{0,889} = 97818$

$P_v = P - 97818 = \underline{2181 \ Pa}$.

2) $P_{as} = P - P_v = \underline{97818 \ Pa}$

3) $\omega = \underline{0,0135 \ kg_{ah}/kg \ as}$. (lecture)

4) $\rho = \dfrac{P_{as}}{287 T} + \dfrac{P_v}{462 T} = \underline{1,14 \ kg/m^3}$

5) $v' = \underline{0,889 \ m^3/kg \ as}$ (verificat° avec la formule $v' = 462 (0,622 + \omega) \dfrac{T}{P} = 0,889$) ok.

6) $q = \underline{65 \ kJ/kg \ as}$

7) $T_2 = \underline{18,5°C}$ se lit a ω = cte lors de l'intersection de courbe de saturation.

8) $T_H = \underline{22°C}$

9) $dm = \rho \, dV$ dou $dm_{ah} = \underline{5,7 \ kg/s}$

BRUNERIE
Marie - Laure
1MEL

3/3

10) $dm_{as} = \frac{1}{v'} dV = \underline{5,6\ kg/s_{as}}$

11) si on a $\omega = c^{te}$ (contenu en eau de l'air constante)
alors il faut que $\underline{T = 34°C}$ pour que $\varepsilon = 40\%$

12) $\omega = 0,0135$ kg eau/kg air sec

(1)		(4)
$\varepsilon = 50\%$	$\longrightarrow$	$\varepsilon = 40\%$
$T = 30°C$		$T = 34°C$
$q = 65$ kJ/kg as		$q = 69$ kJ/kg as

$\Delta q = m_{as} \left(T_f - T_i + C_\omega (T_f - T_i) \right)$

donc $\Delta q = 69 - 65 = \underline{4\ kJ/kg_{as}}$