CB2 24 - 25

Tunnel de Fréjus (25)

I Evolutions saisonnières

1) $\langle T(0,t)\rangle = \dots = \theta_0 = 0°C$ 2,5
$\theta_{min} = \theta_0 - T_0$ $\theta_{max} = \theta_0 + T_0$
$T_0 = 10°C$ 0,5

2) $d\Phi_Q = \vec{j_Q} \cdot \vec{dS}\, dt$ 1 2
$[\|\vec{j_Q}\|] = MT^{-3}$ car

3) Loi de Fourier $\vec{j_Q} = -k \vec{grad}\, T$ 3
vrai t x pas trop grandes 1
$[k] = MLT^{-3}\theta^{-1}$ 1 car

4) $\delta\Phi = +j_Q(z)S\,dt - j_Q(z+dz)S\,dt$ 2
$= -\frac{\partial j_Q}{\partial z} S\,dt\,dz$ 1

5) Relever continu - Ga 4 seuil 1

6) 1er principe $dU = \delta Q = -\frac{\partial j_Q}{\partial z} S\,dt\,dz$
$dU = \rho_s S c_s dz (T(z,t+dt) - T(z,t))$ 2
$= \rho_s c_s \partial T/\partial t\; S\,dz\,dt$

7) Id. $\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{1}{\rho_s c_s}\frac{\partial j_Q}{\partial z} = +\frac{k}{\rho_s c_s}\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ 0,5 2
$D = k/\rho_s c_s$ $[D] = L^2T^{-1}$

8) cste + OPPS 1
$\underline{k}^2 = -i\omega/D$ 1 $= (k' + ik'')^2$
$\underline{k} = \pm\sqrt{\frac{\omega}{2D}}(1-i)$ 1 k' propa 6
k'' absorption 1 $k' = -k'' = \sqrt{\frac{\omega}{2D}}$
$T(z,t) = \theta_0 + T_0 e^{k'' z}\cos(\omega t - k'z)$ 1

9) $\Delta T(z_e) = \Delta T_0/100$ 1,5 $z_e = \frac{\ln 100}{-k''}$ 3
0,5 5,4 m. $\omega = 2\pi/T_a$ - $T_{Fréjus} = $ cste 0,5

10) $\frac{1}{k''} \propto \frac{1}{\sqrt{\omega}} \sim \delta$ passe bas 1,5
$\Delta T = 10^{-35}$

II Temp origine géologique

Q11) Bil en $dU = \delta Q$ 0,5 3
$dU = 0$ car 0,5
$\delta Q = (j_Q - j_Q + P\,dz)S\,dt$ 1
$dj_Q/dz = P(z)$ 0,5

Q12) $d^2T/dz^2 = -\frac{P_0}{k} e^{-z/H}$ 0,5 5
$\frac{dT}{dz} = \frac{P_0 H}{k} e^{-z/H} + A$ 0,5
$j_Q(L_c) = -j_m$ 1
$A = \frac{j_m - P_0 H e^{-L_c/H}}{k}$ 1
$T(z) = \frac{j_m z}{k}$ 1 0,5 $- \frac{P_0 H z}{k} e^{-L_c/H} - \frac{P_0 H^2}{k} e^{-z/H} + B$
$T(0) = \theta_0 + \frac{P_0 H^2}{k}(1 - e^{-z/H}) + \frac{z}{k}(j_m - \dots)$

Q13) $j_Q(0) = -k\frac{dT}{dz}(0)$ 1,5
$j_s = -j_m - P_0 H(1 - e^{-L_c/H}) = j_s$

Q14) $j_m = 35$ mW m^{-2} 1,5
$HP_0 = 25$ $e^{-L_c/H} = \frac{1}{100}$ 3,5
$T(z) = \theta_0 + j_m z/k + \frac{P_0 H^2}{k}(1 - e^{-z/H})$
$T(z) = 52,8°C$
$j_s = -59,7$ mW m^{-2} 2

III Relief

Q15) $\Delta T = 0$ 1 1,5
$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0$ 0,5
$T(x,z) = f(x)\,g(z) + $ cste

$\frac{j_m}{k} = 1{,}2\cdot 10^{-2}$ $\frac{P_0 H}{k} e^{-L_c/H} = 96^{-6}$

Champs EM

I Miroir (22)

Q1) Eq. de Maxwell. 2 3
Ds le vide 1

Q2) $\vec{rot}(\vec{rot}\,\vec{E}) = \dots$ 2,5
$\Delta\vec{E} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$ $\varepsilon_0\mu_0 c^2 = 1$

Q3) prop x ↑ 1 2,5
polarisation rect selon $\vec{e_y}$
0,5 $k = \omega/c$ à établir 1

Q4) $\vec{E_i} = \vec{0}$ en $z = 0$ 1 par position 4
$\vec{E_i} + \vec{E_r} = \vec{0}$ 1,5 $\omega' = \omega$ $k' = k$
0,5 $E_{0r} = -E_0$
$\vec{E_r}(x,t) = -E_0\cos(\omega t + kx)\vec{e_y}$
selon x ↓ pol rect $+\vec{e_y}$ 1

Q5) $\vec{E} = \vec{E_i} + \vec{E_r}$ 1 4,5
$= 2E_0 \sin\omega t \sin kx\, \vec{e_y}$
$\vec{B} = \dots\ 2\frac{E_0}{c}\cos\omega t \cos kx\, \vec{e_z}$ 2,5
onde stat 1

Q6) $d = 2{,}75$ cm 2,5
$f = c/d$ 10,9 GHz

Q7) $u(d) = 0{,}5$ mm $u(d) = V_2$ 1,5 2
$f_{mes} = 10{,}7 \pm 0{,}2$ GHz
$\sigma = $ (OK)

Q8) P_1 P_2 S Michelson 1,5

Q9)

Q10) $C = 1/2$ 1

II Blindage

Q11) $w_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ 0,5

Q12) AN $7\cdot 10^3$ V m^{-1} sd 1

Étude élec

Q13) $\frac{du_c}{dt} + \frac{R_1 + R_2}{CR_1R_2}u_c = \frac{e(t)}{R_2 C}$ 2,5

Q14) $u_c(t) = \frac{R_1}{R_1+R_2} E_m (1 - e^{-t/\tau})$ 2,5

Q15) $i(t) = \frac{u_c}{R_1}$ OK 1

B. Champ $\vec{B}$ créé

Q16) $\vec{j} = \frac{1}{\pi d_1^2}\vec{e_z}$ 1

Q17) Invariances $\vec{B} = B(r)\vec{e_\theta}$ 2

Q18) Th Amp $\mathcal{C}$ $2\pi r B(r)$ 2,5
$I_{int} = i$ $\mu_0 i/2\pi r$
$I_{int} = j\pi r^2$ $\mu_0 i \frac{r}{2\pi d_1^2}$

C Champ $\vec{E}$

Q19) $\Delta V = 0$ car 2
$V(r) = \alpha\ln r + \beta$ OK

Q20) $V(r) = V_1 + \frac{V_1 - V_0}{\ln d_1/d_2}\ln r/d_1$ 1,5
$= V_1 \ln r/d_2 \times 1/\ln d_1/d_2$

Q21) $\vec{E_0} = \frac{V_0 - V_1}{r \ln d_1/d_2}\vec{e_r}$ 1

Q22) loi d'Ohm $\vec{j} = i/\pi d_1^2\, \vec{e_z}$ $\vec{E}_{cond} = $ 1
AN. $2\cdot 10^{-4}$ V m^{-1} 0,5

Q23) 1,5

Q24)

Q25) a $\vec{\Pi} = \vec{E}\wedge\vec{B}/\mu_0$ 1
vect de -