

1. $dN_2 = -A_{21}N_2 dt$: Réponse D		
2. Par intégration, $N_2(t) = N_{0,2} \exp(-A_{21}t) = N_{0,2} \exp(-t/\tau)$ avec $\tau = 1/A_{21}$ Réponse B et D		
3. $[u_\nu] = \frac{[Energie][T]}{[L^3]}$ en $J.m^{-3}.s$: Réponse A		
4. $u_\nu = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} \xrightarrow{T \rightarrow \infty} \infty$: Réponse B En utilisant la loi de Boltzmann, $\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{E_2 - E_1}{k_B T}\right)$: Réponse C		
5. On considère toujours E_1, E_2, N_1 et N_2 . On va prendre pour simplifier les calculs mais surtout pour se placer dans les hypothèses d'Einstein $g_1 = g_2$. Etant donné la nature du corps noir, le nombre d'électrons passant du niveau fondamental au niveau excité est égal à celui des électrons se désexcitant. On a alors : $\frac{dN_2}{dt} = \frac{dN_1}{dt} = 0$ En disant que le nombre total de particules dans le système est N , ces particules se trouvent soit dans le niveau 1 soit dans le niveau 2, donc $N = N_1 + N_2$ $\frac{dN_2}{dt} = [-A_{21}N_2 - B_{21}N_2u_\nu + B_{12}N_1u_\nu]$: Réponse C		
6. En faisant de même pour N_1 , on trouve les expressions suivantes : $N_2 = \frac{u_\nu B_{12}}{A_{21} + u_\nu (B_{12} + B_{21})} N \quad \text{et} \quad N_1 = \frac{A_{21} + u_\nu B_{21}}{A_{21} + u_\nu (B_{12} + B_{21})} N$ d'où $\frac{N_1}{N_2} = \frac{A_{21} + u_\nu B_{21}}{u_\nu B_{12}} = \exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right)$ Réponse D		
7. Si l'on fait tendre la température vers l'infini, le terme exponentiel tend vers 1 la densité spectrale tend vers l'infini et finalement on a : $\frac{N_1}{N_2} = \frac{B_{21}}{B_{12}} = 1$ donc $B_{12} = B_{21} = B$: Réponse A Et $u_\nu = \frac{A_{21}}{B_{12} \left(\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1 \right)}$: Réponse C		
8. Si $E < E_0$, il n'y a pas d'onde transmise donc la particule ne peut se trouver dans un état libre sans le région $x > 0$ que si $E > E_0$. Réponse A Elle peut être réfléchié si $E > E_0$ Réponse B En 0, la fonction d'onde et sa dérive sont continues.		
9. Si $E > E_0$, Le premier terme en $\exp(ik_2x)$ correspond à une onde plane allant de gauche vers la droite: il représente donc l'onde transmise. Par contre, le second terme représente une onde venant de +l'infini allant vers la gauche. Comme nous n'avons pas de particule qui provient dans ce sens, nous poserons $A_2^l = 0$		

L'équation de Schrödinger conduit à $\frac{d^2\psi}{dx^2} + k_2^2\psi = 0$ avec $k_2^2 = \frac{2m(E - E_0)}{\hbar^2}$ soit $k_2 = \frac{\sqrt{2m(E - E_0)}}{\hbar}$ Réponse A et B		
10. Conditions aux limites: La fonction $\psi(x)$ et sa première dérivée $\psi'(x)$ doivent être continues en $x = 0$. $A_2' = A_1' + B_1'$ et $A_2'k_2 = (A_1' - B_1')k_1$ alors $A_2' = A_1' \frac{2k_1}{k_1 + k_2}$ et $B_1' = A_1' \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$; $r = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$: Réponse C		
11. Dans le milieu II, la solution est une onde évanescence : $A_2 = 0$: Réponse C		
12. Dans le milieu I, $c_1 = ik_1 = i \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$ et dans le milieu II, $c_2 = \frac{\sqrt{2m(E_0 - E)}}{\hbar}$ Réponses A et D		
13. Dans ce cas , $T=0$ et $R=1$: Réponse B et C		
14. Comme $c_2 = \frac{\sqrt{2m(E_0 - E)}}{\hbar} = \frac{1}{\delta} = 2 \times 3,14 \frac{\sqrt{2 \times 10^{-30} \times 1,6 \cdot 10^{-19}}}{6,6 \times 10^{-34}}$: $\delta = 2.10^{10} m$ Réponse C		
15. Comme $C_{pm} = C_{vm} + R$ et $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$, $C_{pm} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$ et $C_{vm} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$		
16. U étant une fonction extensive, $\Delta U = \Delta U_I + \Delta U_{II} = nC_{vm}(T_f - T_1) + nC_{vm}(T_f - T_2) = nC_{vm}(2T_f - T_1 - T_2)$ Réponse A		
17. Le système est l'ensemble des deux gaz. La transformation est alors monobare, adiabatique et irréversible donc $W = -P_0\Delta V = -nR(2T_f - T_1 - T_2)$ et $Q = 0$ Réponses B et C		
18. Comme la transformation est alors monobare et $P_f = P_0$ alors $Q = \Delta H = 0 \text{ donc } \Delta H = nC_{pm}(2T_f - T_1 - T_2) = 0 \quad ; \quad T_f = \frac{T_1 + T_2}{2}$ Réponse D		
19. D'après le second principe, $\Delta S_{2nd \text{ principe}} = S^e + S^c = S^c_{adia} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = nC_{pm} \ln\left(\frac{T_f}{T_1}\right) + nC_{pm} \ln\left(\frac{T_f}{T_2}\right)$ $S^c = nC_{pm} \ln\left(\frac{T_f^2}{T_1 T_2}\right) = n \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \ln\left(\frac{T_f^2}{T_1 T_2}\right)$: Réponse C		
20. La transformation est alors monobare, adiabatique et irréversible. U étant une fonction extensive, $\Delta U = \Delta U_I + \Delta U_{II} = nC_{vm}(T_e - T_1) + nC_{vm}(T_e - T_2) = nC_{vm}(2T_e - T_1 - T_2)$ $W' = -P_0\Delta V = -nR(2T_e - T_1 - T_2)$ $Q' = \Delta H = nC_{pm}(2T_e - T_1 - T_2) = n \frac{R\gamma}{\gamma - 1} (2T_e - T_1 - T_2)$: Réponse A		
21. D'après le second principe, $\Delta S_{2nd \text{ principe}} = S'^e + S'^c = S'^c_{monotherme} + \frac{Q'}{T_e} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = nC_{pm} \ln\left(\frac{T_e}{T_1}\right) + nC_{pm} \ln\left(\frac{T_e}{T_2}\right)$		

$S'^c = nC_{pm} \ln \left(\frac{T_e^2}{T_1 T_2} \right) - \frac{Q'}{T_e} = n \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \ln \left(\frac{T_e^2}{T_1 T_2} \right) - \frac{Q'}{T_e}$		
22. La conservation du moment cinétique implique que la trajectoire est plane dans le plan perpendiculaire à L et passant par 0. Réponse D		
23. Propriété des triangles rectangles inscrits dans un cercle : $r = 2R \cos \varphi$ Réponse A		
$F = ma_r = m \left(\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right)$		
24. L'expression de la force est Réponse C		
25. $\frac{dr}{dt} = -2R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt} = -2R \sin \varphi \frac{C}{r^2}$ Réponse B		
$26. \text{ Alors } \frac{d^2 r}{dt^2} = -2R \cos \varphi \frac{d\varphi}{dt} \frac{C}{r^2} + 2R \sin \varphi \frac{C}{r^3} \frac{dr}{dt} = -2R \cos \varphi \frac{C^2}{r^4} - 4R^2 \sin^2 \varphi \frac{C^2}{r^5}$ $\frac{d^2 r}{dt^2} = -\frac{2RC}{r^2} \left(C \cos \varphi \frac{1}{r^2} + 4R \sin^2 \varphi \frac{1}{r^3} \right)$		
donc $p = 2$: Réponse C		
27. $A = C$ et $B = 4RC$: Réponse B et D		
28. Comme $F = ma_r = m \left(\frac{d^2 r}{dt^2} - r \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right) =$ $F = m \left(-\frac{2RC}{r^2} \left(C \cos \varphi \frac{1}{r^2} + 4RC \sin^2 \varphi \frac{1}{r^3} \right) - r \left(\frac{C}{r^2} \right)^2 \right)$ $F = -m \left(\frac{C}{r^2} \right)^2 \left(4R \cos \varphi + 8 \frac{R}{2 \cos \varphi} \sin^2 \varphi \right)$ $F = -m \frac{RC^2}{r^4} \left(\frac{4}{\cos \varphi} (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi) \right)$ $F = -m \frac{RC^2}{r^4} \left(\frac{8R}{2R \cos \varphi} \right) = -m \frac{8R^2 C^2}{r^5}$		
: Réponse C		
29. A l'entrée, la masse est $\delta m_e = \rho(x, t) S(x) v(x) dt = (\rho_e + \varepsilon(x, t)) S(x) v(x) dt$ A la sortie, $\delta m_s = \rho(x + dx, t) S(x + dx) v(x + dx) dt = (\rho_e + \varepsilon(x + dx, t)) S(x + dx) v(x + dx) dt$ Donc, $\delta m_s - \delta m_e = [\rho(x + dx, t) S(x + dx) v(x + dx) - \rho(x, t) S(x) v(x)] dt$ $\delta m_s - \delta m_e = \rho_e [(S(x + dx) v(x + dx, t) - S(x) v(x, t))] dt$ $+ [(\varepsilon(x + dx, t)) S(x + dx) v(x + dx, t) - (\varepsilon(x, t)) S(x) v(x, t)] dt$ $\delta m_s - \delta m_e = \rho_e \frac{\partial}{\partial x} (S(x) v(x, t)) dx dt + \frac{\partial}{\partial x} (\varepsilon(x) S(x) v(x, t)) dx dt$ Pour la tranche dx , pendant dt , la masse est : $dm = (\rho(x, t + dt)) S(x) dx - (\rho(x, t)) S(x) dx = \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}(x, t) \right) S(x) dx dt$ $dm = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}(x, t) \right) S(x) dx dt$		
Réponses B et D		
30. La conservation de la masse s'écrit $dm = \delta m_s - \delta m_e$ soit		

$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}(x,t)\right) S(x) dx dt = \rho_e \frac{\partial}{\partial x} (S(x) v(x,t)) dx dt \quad \text{car } \varepsilon \ll \rho_e$ $\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}(x,t)\right) S(x) = \rho_e \frac{\partial}{\partial x} (S(x) v(x,t))$: Réponse D		
31. Le terme $\left(\overrightarrow{u} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}\right) \overrightarrow{u}$ a une norme dont l'ordre de grandeur est U^2 / L, alors que le terme $\frac{\partial \overrightarrow{u}}{\partial t}$ a une norme dont l'ordre de grandeur est U / τ. Donc $\left\ \left(\overrightarrow{u} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}\right) \overrightarrow{u} \right\ \ll \left\ \frac{\partial \overrightarrow{u}}{\partial t} \right\$ si $U \ll L / \tau$. A partir de l'approximation de l'équation d'Euler, on a $\rho \frac{\partial \overrightarrow{u}}{\partial t} = -\overrightarrow{\text{grad}} P$, donc selon l'axe des x : $\rho(x,t) \frac{\partial v(x,t)}{\partial t} = -\frac{\partial P(x,t)}{\partial x}$. Au premier ordre : $\rho_e \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial P(x,t)}{\partial x}$. De même, on a $\chi_s = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial P} \right)_s \approx \frac{1}{\rho_e} \frac{\varepsilon(x,t)}{P(x,t)} \Rightarrow \varepsilon(x,t) = \chi_s \rho_e P(x,t)$: Réponses A et D		
32. $S(x) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho_e \frac{\partial (S v)}{\partial x} = 0$ donne $S(x) \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho_e \frac{\partial (S v)}{\partial x} = 0$ or $\varepsilon(x,t) \approx \rho_e \chi_s P(x,t)$ donc $\chi_s S(x) \frac{\partial P(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial (S v)}{\partial x} = 0$. En dérivant cette équation par rapport au temps, il vient : $\chi_s S(x) \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial \left(S \left(\frac{\partial v(x,t)}{\partial t} \right) \right)}{\partial x} = 0$ Or $\rho_e \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial P(x,t)}{\partial x}$, d'où en injectant dans l'équation précédente : $\chi_s S(x) \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} - \frac{1}{\rho_e} \frac{\partial \left(S(x) \left(\frac{\partial P(x,t)}{\partial x} \right) \right)}{\partial x} = 0$, en calculant la dérivée du produit, on trouve $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} = \left(\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2} + \left(\frac{1}{S(x)} \frac{dS}{dx} \right) \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} \right)$ avec $c = \frac{1}{\sqrt{\rho_e \chi_s}}$. Par identification $K_2 = \rho_e \chi_s$ et $g(x) = \frac{1}{S(x)} \frac{dS}{dx}$ Réponses A et D		
33. Si $S = S_0 \exp(x/a)$ alors $\frac{dS}{dx} = \frac{S_0}{a} \exp(x/a) = \frac{S}{a}$ soit $g(x) = \frac{1}{S(x)} \frac{dS}{dx} = \frac{1}{a}$ L'équation devient : $\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial t^2} = \left(\frac{\partial^2 P(x,t)}{\partial x^2} + \frac{1}{a} \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} \right)$ soit pour une onde acoustique en notation complexe $\frac{-\omega^2}{c^2} \underline{P}(x,t) = -\underline{k}^2 \underline{P}(x,t) + \frac{ik}{a} \underline{P}(x,t) \quad \text{soit} \quad \underline{k}^2 - \frac{\omega^2}{c^2} - \frac{ik}{a} = 0$: Réponse B		
34. Si $\underline{k} = k' + \frac{i}{2a}$, $\frac{\omega^2}{c^2} = \underline{k}^2 - \frac{ik}{a} = \underline{k} \left(\underline{k} - \frac{i}{a} \right) = \left(k' + \frac{i}{2a} \right) \left(k' - \frac{i}{2a} \right) = k'^2 + \frac{1}{4a^2}$ $k' = \sqrt{\frac{\omega^2}{c^2} - \frac{1}{4a^2}}$ donc $v_\varphi = \frac{\omega}{k'} = \omega \left(\frac{\omega^2}{c^2} - \frac{1}{4a^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$: Réponse A		
35. Le plan $(\overrightarrow{e_x}, \overrightarrow{e_z})$ est un plan de symétrie pour le courant donc $B(z) = -B(-z)$:		

Réponse C		
36. Le plan (e_x, e_y) est un plan de symétrie pour le courant donc $\vec{B} = B e_y$. En appliquant le théorème d'Ampère sur une rectangle de longueur L entre z et -z $\oint \vec{B} d\vec{l} = -2B(z)L = \mu_0 I$ Si $z < a/2$, $I = J_o 2zL$ donc $-2B(z)L = \mu_0 J_o 2zL$: $B(z) = -\mu_0 J_o z$ Si $z > a/2$, $I = J_o aL$ donc $-2B(z)L = \mu_0 J_o aL$: $B(z) = -\mu_0 J_o \frac{a}{2}$ Réponses B et C		
37. Comme dans un milieu conducteur, γ_e, l'énergie électromagnétique vaut $\omega_{em} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} + \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \mu_0 J_o^2 z^2 + \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{J_o^2}{\gamma_e^2} \right)$: Réponse D)		
38. L'intensité est $I = \iint_S j dy dz = 2 \int_0^a dy \int_0^\infty J_o \exp\left(-\frac{z}{a}\right) = 2 \times a \times J_o a = 2J_o a^2$: Réponse C)		
39. $\oint \vec{B} d\vec{l} = -2B'(z)L = \mu_0 I = 2\mu_0 \int_0^L dy \int_0^z J_o \exp\left(-\frac{z}{a}\right) = 2\mu_0 a L J_o \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \right]$ $B'_C(z) = -\mu_0 a J_o \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \right]$: Réponse C)		
40. $u_m = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{1}{2} \mu_0 J_o^2 a^2 \left[1 - \exp\left(-\frac{z}{a}\right) \right] \xrightarrow{z \gg a} \frac{1}{2} \mu_0 J_o^2 a^2$: Réponse B)		