



Concours Technologie
Corrigé de l'épreuve de Physique

Problème 1		
1.	$\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{1}{\tau}\vec{v} = -\frac{e}{m}\vec{E}$	1
2	En absence de champ électrique, à $t=0$ les électrons sont en mouvement désordonnée dû à l'agitation thermique. Les vitesses sont orientées au hasard, donc $\langle \vec{v}(t=0) \rangle = \vec{0}$	1
3	$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\tau}\vec{v} \Rightarrow \vec{v} = \vec{A}e^{-\frac{t}{\tau}}$ τ s'exprime en seconde. τ est le temps de relaxation de l'électron (temps mis par l'électron pour atteindre le régime permanent).	1,5
4	$\vec{v} = \frac{-e\tau\vec{E}}{m}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$; régime permanent : $\vec{v} = \frac{-e\tau\vec{E}}{m} = \mu\vec{E}$ avec $\mu = \frac{-e\tau}{m}$	2
5	Sans frottement $\alpha=0 \Rightarrow \tau \rightarrow +\infty \Rightarrow \frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{e}{m}\vec{E} \Rightarrow \vec{v} = -\frac{e}{m}\vec{E}t + \vec{0}$ ($\langle \vec{v}(t=0) \rangle = \vec{0}$) $v \rightarrow \infty$ qd $t \rightarrow +\infty$ en contradiction avec les observations expérimentales. Il est donc nécessaire de prendre en compte les interactions entre électrons.	1.5
6	$\vec{j}_0 = n(-e)\vec{v} = \frac{ne^2\tau}{m}\vec{E}$, $\vec{j}_0 = \gamma_0\vec{E} \Rightarrow \gamma_0 = \frac{ne^2\tau}{m}$	1,5
7	$\tau = \frac{\gamma_0 m}{ne^2} = \frac{100 \cdot 0.06 \cdot 0.91 \cdot 10^{-30}}{10^{24} (1.6 \cdot 10^{-19})^2} = 2.13 \cdot 10^{-16} \text{ s}$. Le régime permanent est atteint très rapidement après $\approx 10^{-16} \text{ s}$.	1
8	$I = \iint_S j_0 dy dz = j_0 al$; $V = \int_0^L E dx = EL = \frac{j_0 L}{\gamma_0} \Rightarrow R_0 = \frac{V}{I} = \frac{j_0 L}{\gamma_0 j_0 al} = \frac{1}{\gamma_0} \frac{L}{al}$	1.5
9.1	Le plan xMz est un PSP et xOz plan de symétrie de translation $\Rightarrow \vec{B}_p = B_p(z)\vec{u}_y$	1
9.2	Les plans xOz et xOy sont des PSP $\Rightarrow \vec{B}_p(z=0) = \vec{0}$	1
9.3	$-\frac{a}{2} < z < +\frac{a}{2}$ $\vec{\nabla} \wedge \vec{B}_p = \mu_0 \vec{j} \Rightarrow -\frac{\partial B_p}{\partial z} = \mu_0 j_0 \Rightarrow B_p = -\mu_0 j_0 z + Cte$ $B_p(z=0) = 0 \Rightarrow Cte = 0 \Rightarrow B_p = -\mu_0 j_0 z$	2
9.4	$\text{div} \vec{B}_p = \frac{\partial B_p}{\partial y} = 0 \Rightarrow \vec{B}_p$ à flux conservatif	1
9.5	$B_p(z = -a/2) = \mu_0 j_0 \frac{a}{2} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-6} / 2 = 2\pi \cdot 10^{-6} \text{ T}$	1

10.1	$\ \vec{B}_t\ = \sqrt{B_p^2 + B^2} \approx B \left(1 + \frac{1}{2} \left(\frac{B_p}{B} \right)^2 \right) \approx B ; \quad B_p / B = 2\pi 10^{-6}$ On peut négliger dans la suite l'effet du champ propre.	1.5
10.2	$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\tau} \vec{v} + \frac{e}{m} \vec{B} \wedge \vec{v} - \frac{e\vec{E}}{m}$ $\vec{j} = n(-e)\vec{v} \Rightarrow \frac{d\vec{j}}{dt} = -\frac{1}{\tau} \vec{j} + \frac{e}{m} \vec{B} \wedge \vec{j} + \frac{\gamma_0 \vec{E}}{\tau}$	1.5
10.3	En régime permanent $\frac{d\vec{j}}{dt} = \vec{0} \Rightarrow \vec{E} = \frac{1}{\gamma_0} \vec{j} - \frac{1}{ne} \vec{B} \wedge \vec{j} = \frac{1}{\gamma_0} \vec{j} + \left(\frac{B}{ne} j_y \vec{u}_x - \frac{B}{ne} j_x \vec{u}_y \right)$ $\Rightarrow E_x = \frac{1}{\gamma_0} j_x + \frac{B}{ne} j_y ; \quad E_y = -\frac{B}{ne} j_x + \frac{1}{\gamma_0} j_y$	1,5
10.4	$\vec{E} = E \vec{u}_x \Rightarrow j_y = \frac{\gamma_0 B}{ne} j_x \Rightarrow E = \frac{1}{\gamma_0} \left(1 + \left(\frac{\gamma_0 B}{ne} \right)^2 \right) j_x$ $\Rightarrow V = \int_0^L E dx = \frac{1}{\gamma_0} \left(1 + \left(\frac{\gamma_0 B}{ne} \right)^2 \right) j_x L ; \quad I = \iint_S j_x dy dz = j_x al$	2
10.5	$R = \frac{V}{I} = \frac{L}{\gamma_0 al} \left(1 + \left(\frac{\gamma_0 B}{ne} \right)^2 \right) = R_0 \left(1 + \left(\frac{\gamma_0 B}{ne} \right)^2 \right)$ $\eta = \frac{R - R_0}{R_0} = \left(\frac{\gamma_0 B}{ne} \right)^2 = \left(\frac{100}{10^{24} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \right)^2 = 0,39 \cdot 10^{-6} \quad \text{Effet magnétorésistance très faible}$	1.5
Problème 2		
11	$m_e \frac{d\vec{v}}{dt} = -e\vec{E}$	1
12	$\vec{v} = \vec{v}_0 e^{i\omega t} \Rightarrow \vec{v} = i \frac{e}{m_e \omega} \vec{E} ; \quad \vec{j} = n(-e)\vec{v} = -i \frac{Ne^2}{m_e \omega} \vec{E} = \gamma \vec{E} \Rightarrow \gamma = -i \frac{\epsilon_0 \omega_p^2}{\omega}$	1.5
13	$\text{div} \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad \text{avec} \quad \vec{j} = i \frac{\epsilon_0 \omega_p^2}{\omega} \vec{E} \Rightarrow i \frac{\epsilon_0 \omega_p^2}{\omega} \text{div} \vec{E} - i\omega \rho = 0 \Rightarrow \text{div} \vec{E} = \frac{\omega^2}{\omega_p^2} \frac{\rho}{\epsilon_0}$ D'autre part $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \Rightarrow \left(\frac{\omega_p^2}{\omega^2} - 1 \right) \frac{\rho}{\epsilon_0} = 0 \Rightarrow \rho = 0 \quad (\omega \neq \omega_p) ;$ $\text{div} \vec{E} = 0 \Rightarrow \vec{k} \cdot \vec{E} = 0$ ce champ est transverse	2
14	$\vec{\nabla} \wedge \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \Rightarrow -i\vec{k} \wedge \left(\frac{\vec{k} \wedge \vec{E}}{\omega} \right) = \mu_0 (\gamma \vec{E} + i\omega \epsilon_0 \vec{E}) \Rightarrow$ $-i(\vec{k} \vec{k}) \vec{E} + i k^2 \vec{E} = \mu_0 \omega (\gamma + i\epsilon_0 \omega) \vec{E} \Rightarrow k^2 = \mu_0 \epsilon_0 \omega^2 \left(1 - i \frac{\gamma}{\epsilon_0 \omega} \right) \Rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right)$ $\omega > \omega_p \Rightarrow k^2 > 0 \Rightarrow k = k_1 > 0 \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - k_1 z)}$ Onde est progressive. Le milieu est dit transparent. $\omega < \omega_p \Rightarrow k^2 < 0 \quad k = ik_2 \Rightarrow \vec{E} = \vec{E}_0 e^{-k_2 z} e^{i\omega t} \vec{u}_x$ L'onde est évanescence dans le	0.5 1 0.5 1 1

	conducteur. Le milieu est dit absorbant.	
15	$\omega > \omega_p \Rightarrow k = \frac{\omega}{c} \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}} \quad v_\phi = \frac{\omega}{k} = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}} > c \quad ; \quad v_g = c \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}} < c$ $v_\phi > c$ v_ϕ est une grandeur mathématique.	1.5
16	Ce modèle permet d'expliquer les communications radios et satellites à travers de l'ionosphère. Pour $\omega > \omega_p$ ce milieu est transparent, ainsi on peut communiquer avec des satellites se trouvant au delà de l'ionosphère. Pour $\omega < \omega_p$ (ondes hertziennes), l'onde sera réfléchiée par l'ionosphère puis retourne sur terre.	1.5
17	$m_e \frac{d\vec{v}}{dt} = -\alpha \vec{v} - e \vec{E} \Rightarrow \vec{v} = \frac{-\frac{e}{m_e} \vec{E}}{\frac{1}{\tau} + i\omega} \Rightarrow \vec{j} = n(-e)\vec{v} = \frac{\varepsilon_0 \omega_p^2}{\left(\frac{1}{\tau} + i\omega\right)} \vec{E} \Rightarrow \gamma = \frac{\varepsilon_0 \omega_p^2}{\left(\frac{1}{\tau} + i\omega\right)}$ $\Rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - i \frac{\omega_p^2}{\omega \left(\frac{1}{\tau} + i\omega \right)} \right)$	2
18.1	$\omega \ll \frac{1}{\tau} \Rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - i \frac{\omega_p^2 \tau}{\omega} \right)$	1
18.2	$\omega_p = 10^{14} \text{ rd/s} ; \tau = 10^{-16} \text{ s}, \omega \in [10^8, 10^{10}] \Rightarrow \frac{\omega_p^2 \tau}{\omega} \in [10^2, 10^4] \Rightarrow \frac{\omega_p^2 \tau}{\omega} \gg 1 \Rightarrow$ $k^2 \approx -i\mu_0 \gamma \omega \text{ puisque } \gamma = \varepsilon_0 \omega_p^2 \tau \text{ et}$ $\Rightarrow k = \frac{1-i}{\delta} ; \text{ avec } \delta = \sqrt{\frac{2}{\mu_0 \gamma \omega}} \text{ profondeur de pénétration}$ AN: $\delta = 1.7 \mu\text{m}$ l'onde ne pénètre presque pas dans le conducteur.	6x0.5
18.3	$\vec{E} = E_0 e^{-\frac{z}{\delta}} e^{i\left(\omega t - \frac{z}{\delta}\right)} \vec{u}_x \text{ onde progressive atténuée. } v_\phi = \frac{\omega}{\text{Re}(k)} = \omega \delta$	1.5
18.4	$\vec{B} = \frac{1-i}{\delta \omega} \vec{u}_z \wedge E_0 e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_x = \frac{\sqrt{2}}{\delta \omega} E_0 e^{i(\omega t - kz - \pi/4)} \vec{u}_y \text{ où } \vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	1.5
18.5	$\vec{R} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \frac{\sqrt{2} E_0^2}{\mu_0 \delta \omega} e^{-2z/\delta} \cos(\omega t - z/\delta) \cos(\omega t - z/\delta - \pi/4) \vec{u}_z$ $\langle \vec{R} \rangle = \frac{E_0^2}{\mu_0 \delta \omega} e^{-2z/\delta} \langle \cos(\omega t - z/\delta) [\cos(\omega t - z/\delta) - \sin(\omega t - z/\delta)] \rangle \vec{u}_z = \frac{E_0^2}{2\mu_0 \delta \omega} e^{-2z/\delta} \vec{u}_z$	2
18.6	$P = \iint_s \langle \vec{R}(z) \rangle d\vec{S} = P_0 e^{-\alpha z} \quad , \quad P_0 = \frac{\gamma \delta S E_0^2}{2} \text{ et } \alpha = -\frac{2}{\delta} \text{ (en m}^{-1}\text{) coefficient d'atténuation ou d'absorption}$	1.5
19.1	$\gamma \rightarrow \infty \Rightarrow \delta \rightarrow 0.$ $\vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \vec{B} = \vec{0} \text{ et } \vec{j} = \gamma \vec{E} = \vec{0}.$ L'onde électromagnétique incidente sur la face d'entrée du conducteur sera réfléchiée totalement.	2
19.2	A la surface de ce conducteur la densité de courant n'est pas nulle. Ce courant est à l'origine	1

	de l'onde réfléchi.	
	Problème 3	
20.1	$\vec{E}_1 = E_0 \sin(\alpha y) e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_x$ L'onde est progressive suivant les z croissants (Couplage temps - espace) L'amplitude $E_0 \sin(\alpha y)$ varie sur le plan d'onde $z=Ct$ e $\Rightarrow$ l'onde n'est pas plane.	0.5 1
20.2	$\text{div} \vec{E} = 0, \quad \text{div} \vec{B} = 0, \quad \text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \text{rot} \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Rightarrow \text{grad}(\text{div} \vec{E}) - \Delta \vec{E} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \Rightarrow \Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$	1.5 1.5
20.3	$\Delta \vec{E} = \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} = -\alpha^2 \vec{E} - k^2 \vec{E}, \quad \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2 \vec{E} \Rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - \alpha^2$	1.5
21.1	$(E_{2T} - E_{1T})_{x=L} = 0, \quad \vec{E}_2 = \vec{0} \Rightarrow \sin(\alpha L) = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{m\pi}{L} \Rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} - \left(\frac{m\pi}{L}\right)^2$	2.5
21.2	Il n'y a pas de propagation lorsque $k^2 < 0 \Rightarrow \omega < \frac{m\pi c}{L}$, soit $\omega_{cm} = \frac{m\pi c}{L}$	1.5
21.3	$\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Rightarrow \left(0, \frac{\partial E}{\partial z}, -\frac{\partial E}{\partial y}\right) = -i\omega \vec{B} \Rightarrow$ $\vec{B} = \frac{k}{\omega} E_0 \sin(\alpha y) e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_y + -\frac{i\alpha}{\omega} E_0 \cos(\alpha y) e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_z$ $\vec{k} \cdot \vec{B} \neq 0$: l'onde n'est pas transverse magnétique.	2.5
21.4	$\vec{n}_{12} \wedge (\vec{B}_2 - \vec{B}_1) = \mu_0 \vec{j}_s \Rightarrow \vec{j}_s = \vec{u}_y \wedge \left(\vec{0} - \frac{\vec{B}_1}{\mu_0}\right)_{y=L} = (-1)^{m+1} \frac{i\alpha}{\omega} E_0 e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_x$	2
22.1	$k=0$ et $\alpha = \frac{\pi}{L} \Rightarrow m=1 \Rightarrow \omega_c = \frac{\pi c}{L} = \omega_{c1} \Rightarrow$ $\vec{E} = E_0 \sin\left(\frac{\pi}{L} y\right) e^{i\omega t} \vec{u}_x$ et $\vec{B} = -i \frac{\pi E_0}{L\omega} \cos\left(\frac{\pi}{L} y\right) e^{i\omega t} \vec{u}_z$ Séparation entre variables temporelle et spatiale, l'onde est donc stationnaire	2
22.2	$\langle u_{em} \rangle = \left\langle \frac{\epsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu_0} \right\rangle = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2} \sin^2\left(\frac{\pi}{L} y\right) \langle \cos^2 \omega t \rangle + \frac{E_0^2}{2\mu_0 c^2} \cos^2\left(\frac{\pi}{L} y\right) \langle \sin^2 \omega t \rangle = \frac{\epsilon_0 E^2}{4}$	1.5
23.1	$\Rightarrow \vec{E} = E_0 e^{i(\omega t - kz)} (\vec{u}_x + i\beta \vec{u}_y) ; \quad \text{Re}(\vec{E}) = \begin{cases} E_x = E_0 \cos(\omega t - kz) \\ E_y = -\beta E_0 \sin(\omega t - kz) \end{cases}$	1.5
23.2	$\frac{E_x^2}{E_0^2} + \frac{E_y^2}{\beta^2 E_0^2} = 1$ équation d'une ellipse rapportée à ces axes principaux. Pour $\beta=0$ $\text{Re}(\vec{E}_1) = E_0 \cos(\omega t - kz) \vec{u}_x$, la polarisation est rectiligne suivant Ox Pour $\beta=1$, $\frac{E_x^2}{E_0^2} + \frac{E_y^2}{E_0^2} = 1$ polarisation circulaire.	2.5
23.3	$\vec{E}_1 \wedge \frac{d\vec{E}_1}{dt} = -\beta \omega E_0^2 \vec{u}_z$ $\beta > 0 \Rightarrow$ polarisation droite ; $\beta < 0 \Rightarrow$ polarisation gauche	2

	$\beta=0 \Rightarrow$ polarisation rectiligne ; $\beta=1 \Rightarrow$ polarisation circulaire droite	
24.1	Interface $x=2a$: composantes tangentielles sont E_y et E_z. Interface $y=2a$: composantes tangentielles sont E_x et E_z. Interface $z=d$: composantes tangentielles sont E_x et E_y. Interface $x=2a$ CP : $E_y(x=2a)=0 \Rightarrow \sin(k_x 2a)=0 \Rightarrow k_x = m \frac{\pi}{2a}$ Interface $y=2a$: $E_x(y=2a)=0 \Rightarrow \sin(k_y 2a)=0 \Rightarrow k_y = n \frac{\pi}{2a}$ Interface $z=d$: $E_z(z=d)=0 \Rightarrow \sin(k_z d)=0 \Rightarrow k_z = q \frac{\pi}{d}$	1 0.5x3
24.2	$k_{mnq} = \frac{2\pi v_{mnq}}{c} = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{2a}\right)^2 + \left(\frac{q\pi}{d}\right)^2} \Rightarrow v_{mnq} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2a}\right)^2 + \left(\frac{q}{d}\right)^2}$	1
24.3	Modes longitudinaux $\Rightarrow \vec{k} = k_z \vec{u}_z$; $k_x = 0$; $k_y = 0 \Rightarrow m = n = 0 \Rightarrow v_{00q} = q \frac{c}{2d}$ $\Delta v = v_{00q+1} - v_{00q} = \frac{c}{2d}$	1
24.4	Données : $d=0,5$ m , $a=5$ cm, $q \approx 10^6$; m et $n=q$ques unités $\Rightarrow \frac{m^2 + n^2}{4q^2} \left(\frac{d}{a}\right)^2 \ll 1 \Rightarrow v_{mnq} = q \frac{c}{2d} \left[1 + \frac{m^2 + n^2}{8q^2} \left(\frac{d}{a}\right)^2 \right]$	1 0.5
Problème 4		
25.1	$\vec{j}_{th} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \vec{u}_x$; $j_{th} : W.m^{-2}$, λ en $W.m^{-1}.K^{-1}$, T en K, x en m	1.5
25.2	$\Phi = \iint_S \vec{j}_{th} d\vec{S}$ Φ en W, S en m^2 .	1
25.3	$\Phi_{cv} = hS(T_p - T_f)$ h en $W.m^{-2}.K^{-1}$; $R_{cv} = \frac{T_p - T_f}{\Phi_{cv}} = \frac{1}{hS}$, T_p température parois, T_f température fluide.	1.5
26.1	$\Delta T=0 \Rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$	1
26.2	$T=A x+B$; $T(x=0)=T_0 \Rightarrow B=T_0$; $T(x=e)=T_1 \Rightarrow A = \frac{T_1 - T_0}{L}$ $\Rightarrow T = -(T_0 - T_1) \frac{x}{L} + T_0$	2
26.3	$\vec{j}_{th} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \vec{u}_x = -\lambda \frac{T_1 - T_0}{L} \vec{u}_x \Rightarrow \Phi = \iint_S \vec{j}_{th} d\vec{S} = -\lambda \frac{T_1 - T_0}{L} S$ $\Rightarrow R_c = \frac{T_1 - T_0}{\Phi} = \frac{L}{\lambda S}$	1.5
27.1	$R = \frac{L_1}{\lambda_1 S} + \frac{L_2}{\lambda_2 S} = \frac{0.8}{200 \times 210^{-4}} + \frac{0.5}{380 \times 210^{-4}} = 26.58 K.m^{-1}$	1

27.2	Même flux dans les deux barreaux $\Rightarrow$ $\frac{T_1 - T_j}{R_{th1}} = \frac{T_j - T_2}{R_{th2}} \Rightarrow \lambda_1 S \frac{T_1 - T_j}{l_1} = \lambda_2 S \frac{T_j - T_2}{l_2} \Rightarrow T_j = \frac{\frac{\lambda_1}{l_1} T_1 + \frac{\lambda_2}{l_2} T_2}{\frac{\lambda_1}{l_1} + \frac{\lambda_2}{l_2}} = T_1 + \frac{\frac{\lambda_1}{l_1} (T_2 - T_1)}{\frac{\lambda_1}{l_1} + \frac{\lambda_2}{l_2}} = 44.55^\circ\text{C}$	2
27.3	$\text{Pente} = \left. \frac{dT}{dx} \right _{Al} = \frac{T_j - T_1}{l_1} = \frac{44.55 - 180}{0.80} = -169.3 \text{ K/m}$ $\left. \frac{dT}{dx} \right _{Cu} = \frac{T_2 - T_j}{l_2} = \frac{0 - 44.55}{0.50} = -89.1 \text{ K/m}$ pour Al : $j_{th} = -\lambda_1 \frac{T_j - T_1}{l_1} = 33861 \text{ W/m}^2$ pour Cu : $j_{th} = -\lambda_2 \frac{T_2 - T_j}{l_2} = 33861 \text{ W/m}^2$ Même densité de flux (barreaux en série)	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5
27.4	$\Phi = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow Q = \Phi \Delta t = j_{th} S \Delta t = 33861 \times 210^{-4} \times 60 = 406 \text{ J}$ Autre méthode : $Q = \Phi \Delta t = \frac{T_1 - T_2}{R_T} \Delta t = \frac{180}{26.58} 60 = 406 \text{ J}$	1
28.1	$R_T = \frac{L_1}{\lambda_1 S} + \frac{L_2}{\lambda_2 S} = 8.31 L_2 + 12.12 \text{ W}^{-1} \text{ K} ; \quad R_T (L_2 = 0) = R_1 = 12.12 \text{ W}^{-1} \text{ K}$ $R_1 = \frac{L_1}{\lambda_1 S} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{L_1}{R_1 S} = \frac{0.8}{12.12 \times 3 \cdot 10^{-4}} = 176 \text{ W}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	1.5
28.2	$\text{pente} = \frac{1}{S \lambda_2} = 8.31 \Rightarrow \lambda_2 = \frac{1}{8.31 S} = 401 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R_2 = \frac{L_2}{\lambda_2 S} = \frac{0.5}{401 \times 3 \cdot 10^{-4}} = 4.15 \text{ W}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	1