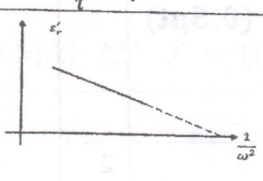
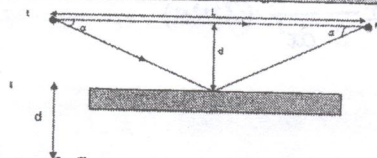
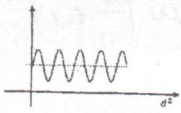


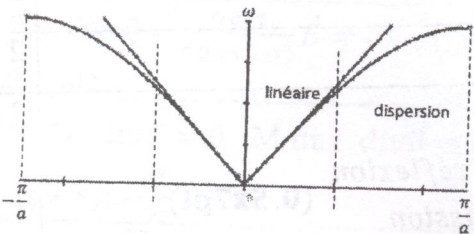
Epreuve de Physique
CORRIGE PC 2015

Problème 1		
1	1. $\vec{B}_i = \frac{\vec{k}}{\omega} \wedge \vec{E}_i$; $k = \frac{\omega}{c} \Rightarrow \vec{B}_i = \frac{E_0}{c} e^{i(\omega t - kz)} \vec{u}_y$	1.5
2	2- $\langle \mu_{em,i} \rangle = \langle \frac{\epsilon_0 \vec{E}_i^2}{2} + \frac{\vec{B}_i^2}{2\mu_0} \rangle = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2}$	1.5
3	3. $\langle \vec{R} \rangle = \langle \frac{\vec{E}_i \wedge \vec{B}_i}{\mu_0} \rangle = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \vec{u}_z$: vecteur densité de puissance Analogie $\vec{j} = \rho \vec{v}$	2 4x0.5pt
4	La puissance volumique dissipée par effet Joule dans le conducteur est $P_j = \gamma E^2 \rightarrow \gamma \text{ tend vers l'infini donc } E^2 = 0 \text{ pour que cette puissance reste finie}$ $\rightarrow$ Le champ électrique est nul à l'intérieur du conducteur parfait. D'après MF $\text{rot } \vec{E} = \vec{0} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Rightarrow$ seul un champ statique qui peut exister ; il y a aucun champ magnétique statique $\Rightarrow \vec{B} = \vec{0}$	1
5	$\vec{E}_i$ entraîne les charges et les met en mouvement, d'où la création $\vec{j}_s$, source de l'onde réfléchie	1
6	$\vec{E}_r = -E_0 e^{i(\omega t + kz)} \vec{u}_x$ (0.5pt). Les C.L. en $z=0 \Rightarrow \vec{0} - (\vec{E}_i + \vec{E}_r) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_z$ (0.5pt) $\Rightarrow \sigma = 0$ (1pt)	2
7	$\vec{B}_r = \frac{E_0}{c} e^{i(\omega t + kz)} \vec{u}_y$ (0.5pt). Les C.L. en $z=0 \Rightarrow \vec{0} - (\vec{B}_i + \vec{B}_r) = \mu_0 \vec{j}_s \wedge \vec{u}_z$ (0.5pt) $\Rightarrow 2 \frac{E_0}{c} e^{i(\omega t)} \vec{u}_y = -\mu_0 \vec{j}_s \wedge \vec{u}_z \Rightarrow \vec{j}_s = 2 \frac{E_0}{\mu_0 c} e^{i(\omega t)} \vec{u}_x$ (1pt) $\vec{j}_s$ est colinéaire au champ $\vec{E}_i$ puisque $\vec{E}_i$ crée $\vec{j}_s$ et $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ (0.5pt)	2.5
8	Force de Laplace. $d\vec{F} = \vec{j}_s \wedge \frac{(\vec{B}_i + \vec{B}_r)_{z=0}}{2} ds = 2 \frac{E_0^2}{\mu_0 c^2} ds \cos^2(\omega t) \vec{u}_z$ (0.5pt) $\Rightarrow \langle d\vec{F} \rangle = \frac{E_0^2}{\mu_0 c^2} ds \vec{u}_z$ (1pt)	1.5
9	$p = \frac{\langle d\vec{F} \rangle \cdot \vec{u}_z}{ds} = \frac{E_0^2}{\mu_0 c^2} = \epsilon_0 E_0^2 = 2 \langle \mu_{em,i} \rangle$	1
10	$\langle P \rangle = \langle \ \vec{R}\ \rangle S = \frac{\epsilon_0 E_0^2 c}{2} S = p \frac{c}{2} S$ (1pt) $\Rightarrow p = 2 \frac{\langle P \rangle}{cS} = 7,610^{-11} Pa$ $p \ll P_{atm}$ (1pt)	2
11	$\langle d\vec{F} \rangle = p ds \vec{u}_r = \epsilon_0 E_0^2 \cos^2 \theta a^2 \sin \theta d\theta d\varphi \vec{u}_r$	1
12	$\vec{F} // \vec{u}_z$ (0.5pt) donc $\langle dF_z \rangle = \langle d\vec{F} \rangle \cdot \vec{u}_z = \epsilon_0 E_0^2 \cos^3 \theta a^2 \sin \theta d\theta d\varphi$ (0.5pt) $\Rightarrow \langle F_z \rangle = 2\pi a^2 \epsilon_0 E_0^2 \left(\frac{1}{4}\right) = \frac{\pi a^2 \epsilon_0 E_0^2}{2}$ (0.5pt) or $\langle \ \vec{R}\ \rangle = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2} c$ (0.5pt) donc $\langle \vec{F} \rangle = \frac{\pi a^2}{c} \langle \ \vec{R}\ \rangle \vec{u}_z$ (0.5pt)	2.5
13	$F_z > F_G = G \frac{mM_s}{r^2}$ (0.5pt) et $\langle \ \vec{R}\ \rangle = \frac{P}{4\pi r^2}$ (0.5pt) $\Rightarrow \frac{P \pi a^2}{4\pi r^2 c} > G \frac{4\pi r a^3 M_s}{r^2}$ (0.5pt) $\Rightarrow a < a_0 = \frac{3P}{16\pi G \rho M_s c}$ (0.5pt)	2

14	Les particules restent dans le sillage de la comète car elles subissent l'action attractive à distance de la comète.	1
15	$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{m}{\tau} \vec{v} - e\vec{E}$ (0.5pt) $\Rightarrow i\omega m\vec{v} = -\frac{m}{\tau} \vec{v} - e\vec{E}$ (0.5pt) $\Rightarrow \vec{v} = -\frac{e\tau}{m(1+i\omega\tau)} \vec{E}$ (1pt)	2
16	$\vec{j} = -Ne\vec{v} = \frac{Ne^2\tau}{m(1+i\omega\tau)} \vec{E} = \sigma \vec{E} \Rightarrow \sigma = \frac{Ne^2\tau}{m(1+i\omega\tau)}$ et $\sigma_0 = \frac{Ne^2\tau}{m}$: la conductivité statique	2.5
17	M. G. $\text{div} \vec{E} = 0$; M. flux $\text{div} \vec{B} = 0$; M. F. $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$; M. A. $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	1.5
18	$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} - \mu_0 \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \vec{0}$	1.5
19	$\frac{d^2 f(z)}{dz^2} + \frac{\omega^2}{c^2} f(z) - \mu_0 i \omega \sigma f(z) = 0 \Rightarrow \frac{d^2 f(z)}{dz^2} + \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - i \frac{\sigma}{\omega \epsilon_0}\right) f(z) = 0$	1.5
20	Eq. caractéristique donne $r = \mp i n \frac{\omega}{c}$ (0.5pt) $\Rightarrow f(z) = a e^{i \frac{\omega}{c} (n' - i n'') z} + b e^{-i \frac{\omega}{c} (n' - i n'') z}$ (0.5pt) L'OEM se propage vers les z croissants $\Rightarrow a=0$ (0.5pt) $\Rightarrow \vec{E} = b e^{-i \frac{\omega}{c} (n' - i n'') z} \exp(i\omega t) \vec{u}_x$ (0.5pt) $\Rightarrow$ $\vec{E} = E_0 e^{-\frac{\omega}{c} n'' z} \exp i(\omega t - \frac{\omega}{c} n' z)$ (0.5pt)	2.5
21	$v_\phi = \frac{c}{n'}$ v_ϕ dépend de ω (n' en dépend) donc le milieu est dispersif.	1.5
22	$\text{rot} \vec{E} = -i\omega \vec{B}$ (0.5pt) $\Rightarrow \vec{B} = \frac{E_0}{c} (n' - i n'') E_0 e^{-\frac{\omega}{c} n'' z} \exp i(\omega t - \frac{\omega}{c} n' z) \vec{u}_y$ (0.5pt) et $\langle \vec{R} \rangle = \frac{E_0^2 e^{-2 \frac{\omega}{c} n'' z}}{2c\mu_0} \vec{u}_z$ (1.5pts)	2.5
23	$P(z) = \iint_S \frac{E_0^2 e^{-2 \frac{\omega}{c} n'' z}}{2c\mu_0} dx dy = \frac{SE_0^2}{2c\mu_0} e^{-2 \frac{\omega}{c} n'' z} = P_0 e^{-\alpha z}$ avec $\alpha = -2 \frac{\omega}{c} n''$: coefficient d'absorption	2
24	$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = -\gamma m \frac{d\vec{r}}{dt} - e\vec{E}$ (0.5pt) $\Rightarrow \vec{r} = \frac{e}{m(\omega^2 + i\omega\gamma)} \vec{E}$ (1pt)	1.5
25	$\vec{P} = N\vec{p} = N(-e\vec{r}) = -\frac{Ne^2}{m(\omega^2 + i\omega\gamma)} \vec{E}$	1.5
26	$\vec{P} = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)\vec{E} = -\frac{Ne^2}{m(\omega^2 + i\omega\gamma)} \vec{E}$ (1.5pts) $\Rightarrow \epsilon_r = 1 - \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m(\omega^2 + i\omega\gamma)} = 1 - \frac{\omega_p^2}{(\omega^2 + i\omega\gamma)}$ (1pt) $\Rightarrow \epsilon_r' = 1 - \frac{\omega^2 \omega_p^2}{(\omega^4 + (\omega\gamma)^2)}$ (0.5pt) et $\epsilon_r'' = \frac{\omega_p^2 \omega \gamma}{\omega^4 + (\omega\gamma)^2}$ (0.5pt)	3.5
27	$\omega \gg \frac{1}{\tau} = \gamma \Rightarrow \omega^2 \gg \omega\gamma \Rightarrow \epsilon_r' = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$	1
28	 $\epsilon_r' = f(\frac{1}{\omega^2})$ est une droite dont la pente vaut $-\omega_p^2$ (1.5pts)	1.5

	On détermine ω_p (0.5pt)	
29	$\vec{\text{rot}} \vec{B} = \epsilon_r \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = i\omega \epsilon_r \epsilon_0 \mu_0 \vec{E} = \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \mu_0 \sigma \vec{E} + \epsilon_0 \mu_0 i\omega \vec{E} \Rightarrow \epsilon_r = 1 + \frac{\sigma}{i\epsilon_0 \omega}$ (0.5x5pt)	2.5
30	$\vec{\text{rot}} \vec{B} = \epsilon_r \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \Rightarrow \Delta \vec{E} + \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon_r \vec{E} = \vec{0}$	2
31	$k^2 = \epsilon_r \frac{\omega^2}{c^2} = n^2 \frac{\omega^2}{c^2}$	2
32	$k^2 = n^2 \frac{\omega^2}{c^2} = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}\right)$ $\begin{cases} \omega < \omega_p \rightarrow k^2 < 0 \rightarrow k \text{ est imaginaire pur} \rightarrow \text{réflexion} \\ \omega > \omega_p \rightarrow k^2 > 0 \rightarrow k \text{ est réel} \rightarrow \text{transmission} \end{cases}$ (0.5x7pt)	3.5
33	$N = \frac{\frac{8}{3} + \frac{6}{2}}{a^3} = \frac{4}{a^3} = 23,5610^{28} m^{-3}$	1
34	$\omega_p = \left(\frac{Ne^2}{\epsilon_0 m}\right)^{1/2} = 8.4510^{16} s^{-1}$ $\lambda_p = 0.022310^{-6} m \in \text{à L'UV}$ (0.5x3pt)	1.5
35	Si $\omega = \omega_p$ alors $n_2 = 0$ donc $R=1$ (1pt) . Si $\omega \gg \omega_p$ alors $n_2 = 1$ donc $R=0$ (1pt) L'argent massif n'est pas coloré car il réfléchit tous le spectre visible (1.5pts)	3.5
B-V		
36	 Figure	1
37	$e_d = L$ et $\frac{e_i^2}{4} = d^2 + \frac{L^2}{4}$	1
38	$e_i^2 = 4d^2 + L^2 = L^2 \left(1 + \frac{4d^2}{L^2}\right)$ (0.5pt) $\rightarrow e_i \approx L \left(1 + \frac{2d^2}{L^2}\right)$ (1pt) $\rightarrow \delta = e_i - L = \frac{2d^2}{L}$ (1pt)	2.5
39	$I = I_d + I_i + 2\sqrt{I_d I_i} \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda} + \pi\right) = I_d + I_i - 2\sqrt{I_d I_i} \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda}\right)$ (1pt)  (1.5pt)	2.5
40	Contraste $C = \frac{2\sqrt{I_d I_i}}{I_d + I_i} \rightarrow C = 1 \rightarrow I_d = I_i$	1.5
41	Valeur de d: $I = 2I_d(1 - 2\cos\left(\frac{4\pi d^2}{\lambda L}\right)) = 3I_d \rightarrow d = \left(\frac{\lambda L}{4\pi} \arccos(-0.25)\right)^{1/2}$ AN: $d \approx 0.065m$	1.5
Problème 2		
42	$m \frac{d^2 u_n}{dt^2} = F_d + F_g = -\alpha(u_n - u_{n+1}) - \alpha(u_n - u_{n-1})$	2
43	Dans l'équation différentielle, on obtient : $-m\omega^2 u_n = -\alpha u_n(1 - e^{-ik.a}) - \alpha u_n(1 - e^{ik.a})$ (1.5pts) et donc $\omega = 2\sqrt{\frac{\alpha}{m}} \left \sin \frac{ka}{2}\right = \omega_0 \left \sin \frac{ka}{2}\right $ (2pts)	3.5

Epreuve de Physique
CORRIGE PC 2015

44	L'amplitude A est constant car il n'y a pas d'absorption (pas de force dissipative)	1
45	Si on décale k de $\frac{2p\pi}{a}$, on reste dans le même état physique(1pt) (1.5pt) 	2.5
46	$v_\phi = 2\sqrt{\frac{\alpha}{m}} \left \frac{\sin \frac{ka}{2}}{k} \right , \quad v_g = \frac{d\omega}{dk} = \pm a\sqrt{\frac{\alpha}{m}} \cos \frac{ka}{2}$	2
47	$a \ll \lambda$ soit $k \ll \frac{\pi}{a}$ On a $v_\phi \approx a\sqrt{\frac{\alpha}{m}}$ (1pt) $v_g \approx a\sqrt{\frac{\alpha}{m}}$ (1pt) non dispersif	2
48	$u_n(t) = u(x_n, t)$, $u_{n\pm 1}(t) = u(x_n \pm a, t) = u(x_n, t) + a \frac{\partial u}{\partial x} \pm \frac{a^2}{2} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ (2pts) donc $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{m}{\alpha a^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$ $V = a\sqrt{\frac{\alpha}{m}}$ (0.5pt)	2.5
49	L'échelle mésoscopique : <i>micro</i> $\ll$ <i>méso</i> $\ll$ <i>macro</i>	1
50	Y est homogène à une pression donc Y s'exprime en Pascal dans le SI	1
51	$\varepsilon = -\frac{\partial u}{\partial x} = ikAe^{i(\omega t - kx_n)} = i\frac{\omega}{V} Ae^{i(\omega t - kx_n)} = \frac{1}{V} \frac{\partial u}{\partial t}$	1
52	$Z = \frac{p}{\frac{\partial u}{\partial t}} = \frac{p}{\varepsilon V} = \frac{Y\varepsilon}{\varepsilon V} = \frac{Y}{V} = \frac{\alpha}{aV} = \frac{\alpha}{a\sqrt{\alpha \frac{a}{m}}} = \frac{1}{a^2} \sqrt{\alpha m} = \frac{a}{a^3} \frac{m}{m} \sqrt{\alpha m} = \rho a \sqrt{\frac{\alpha}{m}} = \rho V$	3
53	$\rho dS dx \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = -dF_d + dF_g = -p(x+dx)ds + p(x)ds = -\frac{\partial p}{\partial x} dx ds \Rightarrow$ $\rho \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} = -\frac{\partial p}{\partial x} = -Y \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} = Y \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) = Y \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ (1.5pts) Or $\rho = \frac{m}{\text{Volume}} = \frac{m}{a^3}$ (0.5pt) (les atomes sont disposés aux nœuds du réseau) $\frac{m}{a^3} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = Y \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \Rightarrow \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{1}{\frac{Ya^3}{m}} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$ (1pt) Donc $V = \sqrt{\frac{Ya^3}{m}} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$ (0.5pt) AN : $Y \approx 188 \text{ GPa}$	3.5