Correction de l'épreuve de physique (Session 2009)
Filière Biologie-Giologie

	PROBLEME I :	**22 pts**
1-1-	$\Delta\vec{E}(M,t)-\frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\vec{E}(M,t)}{\partial t^2}=\vec{0}$; $\vec{E}(M,t)=\vec{E}(z,t) \Rightarrow \Delta\vec{E}(M,t)=\frac{\partial^2\vec{E}(M,t)}{\partial z^2}$ d'où : $\frac{\partial^2\vec{E}(M,t)}{\partial z^2}-\frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\vec{E}(M,t)}{\partial t^2}=\vec{0}$; v est la vitesse de propagation de l'onde. c'est l'équation de propagation D'Alembert. Exemples : - onde mécanique le long d'une corde tendue - onde acoustique dans les fluides. Pour les phénomènes étudiés, on néglige les effets de l'amortissement ou la dissipation de l'énergie.	1 0,5 0,5
1-2-	Les carectéristiques sont : - L'onde électromagnétique plane progressive est transversale : $\vec{E}\perp\vec{k}$ et $\vec{B}\perp\vec{k}$ - le trièdre $(\vec{E},\vec{B},\vec{k})$ est orthogonal direct ; $\vec{B}=\frac{\vec{k}\wedge\vec{E}}{\omega}$ - les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ sont en phase.	1,5
1-3-	D'après l'expression de $\vec{E}(z,t)$, la propagation de l'onde électromagnétique est réalisée le long de l'axe Oz $\Rightarrow$ $\vec{k}=k\,\vec{e}_z$; $k=\frac{\omega}{v}=\frac{\omega}{c/n}=\frac{n\omega}{c}$. $\Rightarrow$ $\vec{k}=\frac{n\omega}{c}\vec{u}_z$; c est la célérité d'onde électromagnétique dans le vide. $\vec{E}(z,t)=E_0\cos\left(\omega t-\frac{n\omega}{c}z\right)\vec{u}_x$	0,5 1
1-4-	On a : $\vec{B}(z,t)=\frac{\vec{k}\wedge\vec{E}(z,t)}{\omega}$ et $\vec{k}=\frac{n\omega}{c}\vec{u}_z$ $\vec{B}(z,t)=\frac{1}{\omega}\frac{n\omega}{c}\vec{u}_z\wedge E_0\vec{u}_x\cos\left(\omega t-\frac{n\omega}{c}z\right)$ puisque $\vec{u}_z\wedge\vec{u}_x=\vec{u}_y$ $\Rightarrow$ $\vec{B}(z,t)=\frac{n}{c}E_0\cos\left(\omega t-\frac{n\omega}{c}z\right)\vec{u}_y$	0,5 1,5
1-5-	La polarisation est liée au comportement de l'extrémité de vecteur champ électrique de l'onde électromagnétique. Une polarisation rectiligne d'une onde électromagnétique est caractérisée par une orientation fixe du vecteur champ électrique. Son extrémité décrit un segment de droite dans un plan d'onde. La lumière naturelle (provenant du Soleil) est non polarisée.	1 0,5

	Les différents types de polarisation sont : - polarisation rectiligne - polarisation circulaire (gauche et droite) - polarisation elliptique (gauche et droite)	0,5
1-6-	On place une source ponctuelle de lumière dans le plan focal objet d'une lentille convergente. La lumière émergente traverse un polariseur P. A la sortie du polariseur, la lumière est polarisée rectilignement suivant la direction du polariseur.	1
1-7-	A la sortie du polariseur, l'onde électromagnétique transmise est polarisée suivant la direction de l'axe du polariseur. Lorsqu'on fait l'axe du polariseur, l'intensité lumineuse (flux d'énergie de l'onde électromagnétique) de l'onde transmise varie alternativement entre une valeur maximale I_{max} et une valeur minimale nulle $I_{min}=0$; - si le champ incident $\vec{E}_i$ est colinéaire à l'axe du polariseur $\Rightarrow I = I_{max}$ - si $\vec{E}_i$ est perpendiculaire à l'axe du polariseur $\Rightarrow I = I_{min} = 0$ $I = \cos^2\alpha \; I_{incidente}$: loi de Malus	1 1
2-1-	A la sortie de la lame à retard, $z = e$. L'onde est polarisée suivant Ox, l'indice du milieu est $n_o \Rightarrow k = \frac{n_o \omega}{c}$; Le champ électrique transmis est : $\vec{E}_t(z=e,t) = E_{0x}\cos\left(\omega t - \frac{n_o\omega}{c}e\right)\vec{u}_x = E_{0x}\cos(\omega t - \varphi_x)\vec{u}_x \Rightarrow \boxed{\varphi_x = \frac{n_o\omega}{c}e}$	1
2-2-	L'onde est polarisée suivant Oy, l'indice du milieu est $n_e \Rightarrow k = \frac{n_e \omega}{c}$; Le champ électrique transmis est : $\vec{E}'_t(z=e,t) = E_{0y}\cos\left(\omega t - \frac{n_e\omega}{c}e\right)\vec{u}_y = E_{0y}\cos(\omega t - \varphi_y)\vec{u}_y \Rightarrow \boxed{\varphi_y = \frac{n_e\omega}{c}e}$	1
2-3-	Le champ électrique incident s'écrit : $\vec{E}_i(z,t) = E_0\cos\alpha\cos(\omega t - kz)\vec{u}_x + E_0\sin\alpha\cos(\omega t - kz)\vec{u}_y$. A la sortie de la lame à retard $(z=e)$, le champ électrique transmis s'écrit : $\vec{E}'_T(z=e,t) = E_0\cos\alpha\cos\left(\omega t - \frac{n_o\omega}{c}e\right)\vec{u}_x + E_0\sin\alpha\cos\left(\omega t - \frac{n_e\omega}{c}e\right)\vec{u}_y$ $\Leftrightarrow \vec{E}'_T(z=e,t) = E_0\cos\alpha\cos(\omega t - \varphi_x)\vec{u}_x + E_0\sin\alpha\cos(\omega t - \varphi_y)\vec{u}_y$ $\vec{E}'_T(z=e,t) = E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x + E_0\sin\alpha\cos(\omega t - (\varphi_y - \varphi_x))\vec{u}_y$ $= E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x + E_0\sin\alpha\cos(\omega t - \varphi)\vec{u}_y$ Avec $\varphi = \varphi_y - \varphi_x = (n_e - n_o)\frac{\omega}{c}e$.	1 1 0,5

2-4-	* Si $\varphi=\pi$; à la sortie de la lame, la différence de phase entre les composantes du champ électrique est : $\varphi=\dfrac{2\pi\delta}{\lambda}$; δ est la différence de marche à la sortie de la lame. $\varphi=\dfrac{2\pi\delta}{\lambda}=\pi \Rightarrow \delta=\dfrac{\lambda}{2}$: il s'agit d'une lame demi-onde. * Si $\varphi=\dfrac{\pi}{2} \Rightarrow \varphi=\dfrac{2\pi\delta}{\lambda}=\dfrac{\pi}{2} \Rightarrow \delta=\dfrac{\lambda}{4}$ dans ce cas la lame est dite quart-d'onde	0,5 0,5
2-5-1-	$\vec{E}_i(z,t)=E_0\cos\alpha\cos(\omega t-kz)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\cos(\omega t-kz)\vec{u}_y$. Pour une lame demi-onde $\varphi=\pi$. Le champ électrique transmis de la lame $(z=e)$, est : $\vec{E}_t=E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\cos(\omega t-\varphi)\,\vec{u}_y$ $=E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\cos(\omega t-\pi)\,\vec{u}_y$ Enfin $\vec{E}_t=E_0(\cos\alpha\,\vec{u}_x+\sin\alpha\,\vec{u}_y)\cos(\omega t)$ la direction de $\vec{E}_t$ est inchangée. → le champ électrique transmis d'une lame demi-onde est polarisé rectilignement.	1 1
2-5-2-	Lorsqu'il s'agit d'une lame quart-d'onde $\varphi=\dfrac{\pi}{2}$. $\vec{E}_t=E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\cos(\omega t-\varphi)\,\vec{u}_y$ $=E_0\cos\alpha\cos(\omega t)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\cos\left(\omega t-\dfrac{\pi}{2}\right)\vec{u}_y$ $\vec{E}_t=E_0\cos\alpha\,\cos(\omega t)\vec{u}_x+E_0\sin\alpha\,\sin(\omega t)\,\vec{u}_y$. $E_{0x}=E_0\cos\alpha$ et $E_{0y}=E_0\sin\alpha$, les deux composantes sont quadrature de phase. → le champ électrique transmis d'une lame quart-d'onde est polarisé elliptiquement. Si $\alpha=\dfrac{\pi}{4} \Rightarrow E_{0x}=E_{0y}=\dfrac{1}{\sqrt{2}}E_0$ et $\varphi=\dfrac{\pi}{2}$; l'onde transmise est polarisée circulairement.	1 1 0,5
	PROBLEME II :	**18 pts**
1-1-	$L(T,F)=L_0\left(1+\alpha(T-T_0)+\dfrac{F}{sE}\right)$ et $dS=\dfrac{mc_L}{T}dT+\dfrac{\lambda}{T}dL$ Le premier principe de la thermodynamique : $dU=\delta W+\delta Q$ On a $\delta W=FdL$ et $\delta Q=T\,dS \Rightarrow dU=T\,dS+FdL$	2
1-2-	$\phi=U-TS$: énergie libre $d\phi=d(U-TS)=dU-d(TS)=T\,dS+FdL-SdT-T\,dS=FdL-SdT$ $d\phi(T,L)=FdL-SdT$.	1,5
1-3-	La différentielle de ϕ est totale $\Rightarrow$ les dérivées croisées de $\phi(T,L)$ sont identiques.	

	$d\phi(T,L) = \left(\frac{\partial\phi}{\partial T}\right)_L dT + \left(\frac{\partial\phi}{\partial L}\right)_T dL = -S\,dT + F\,dL \Rightarrow \left(\frac{\partial\phi}{\partial T}\right)_L = -S$ et $\left(\frac{\partial\phi}{\partial L}\right)_T = F$ $\frac{\partial}{\partial L}\left(\left(\frac{\partial\phi}{\partial T}\right)_L\right)_T = \frac{\partial}{\partial T}\left(\left(\frac{\partial\phi}{\partial L}\right)_T\right)_L \Rightarrow \left(\frac{\partial(-S)}{\partial L}\right)_T = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L = -\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T$ D'après la différentielle de S : $dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L dT + \left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T dL = \frac{m c_L}{T} dT + \frac{\lambda}{T} dL$ $\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L = -\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T = -\frac{\lambda}{T} \Rightarrow \boxed{\lambda = -T\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L}$ On a : $L(T,F) = L_0\left(1 + \alpha(T-T_0) + \frac{F}{sE}\right) \Rightarrow F = sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0} - \alpha sE(T-T_0)$ $\Rightarrow dF = sE\,\frac{dL}{L_0} - \alpha sE\,dT$; à $L = Cte \Rightarrow dF = -\alpha sE\,dT = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L dT$ $\Rightarrow \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L = -\alpha sE \Rightarrow \lambda = -T\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_L = \alpha sET \Rightarrow \boxed{\lambda = \alpha sET}$.	1 1 1
1-4-	$dS = \frac{m c_L}{T} dT + \frac{\lambda}{T} dL = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L dT + \left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T dL$ $\Rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L = \frac{m c_L}{T}$ et $\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T = \frac{\lambda}{T} = \alpha sE$. dS est une différentielle totale $\Rightarrow$ égalité entre les dérivées croisées $\frac{\partial}{\partial L}\left(\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_L\right)_T = \frac{\partial}{\partial T}\left(\left(\frac{\partial S}{\partial L}\right)_T\right)_L \Leftrightarrow \frac{\partial}{\partial L}\left(\frac{m c_L}{T}\right)_T = \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\lambda}{T}\right)_L = \frac{\partial}{\partial T}(\alpha sE)_L = 0$ $\frac{\partial c_L}{\partial L} = 0 \Leftrightarrow c_L$ est indépendante de L	**0,5** **1**
2-	$dU = \delta Q + \delta W = T\,dS + \delta W = m c_L\,dT + \lambda\,dL + F\,dL = m c_L\,dT + (\lambda + F)dL$ $\Leftrightarrow dU = m c_L\,dT + (F + \alpha sET)dL$. Puisque $F = sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0} - \alpha sE(T-T_0) \Leftrightarrow F + \alpha sET = sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0} - \alpha sET_0$ D'où : $dU = m c_L\,dT + \left(sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0} - \alpha sET_0\right)dL$. $dS = \frac{m c_L}{T} dT + \frac{\lambda}{T} dL$; $\frac{\lambda}{T} = \alpha sE$ $\Rightarrow dS = \frac{m c_L}{T} dT + \alpha sE\,dL$	1 1
3-1-	La transformation est isotherme : $T_i = T_f = T_0$ $\Rightarrow L = L_0\left(1 + \frac{F}{sE}\right) \Rightarrow F = sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0}$ $\delta W = F\,dL = sE\,\frac{(L-L_0)}{L_0} dL$ travail élémentaire échangé lors de la transformation	1

	isotherme élémentaire. $W=\int_{L_i}^{L_f}\frac{sE}{L_0}(L-L_0)\,dL=\frac{sE}{L_0}\left(\left[\frac{L^2}{2}\right]_{L_i}^{L_f}-L_0[L]_{L_i}^{L_f}\right)$ $W=\frac{sE}{L_0}\left(\frac{L_f^2}{2}-\frac{L_i^2}{2}\right)-sE(L_f-L_i)$; $L_i=L_0$ $\Rightarrow W=\frac{sE}{2L_0}\left((L_f^2-L_0^2)-2\,(L_0L_f-L_0^2)\right)=\frac{sE}{2L_0}(L_f-L_0)^2$ $\boxed{W=\frac{sE}{2L_0}(L_f-L_0)^2}$	1
3-2-	A $T=cte \Rightarrow dU=sE\left(\frac{(L-L_0)}{L_0}-\alpha T_0\right)dL$ lors de l'évolution élémentaire $\Delta U=\frac{sE}{2L_0}(L_f-L_0)^2+\alpha sET_0(L_f-L_0)=Q+W$ $\Rightarrow Q=\Delta U-W=\frac{sE}{2L_0}(L_f-L_0)^2+\alpha sET_0(L_f-L_0)-\frac{sE}{2L_0}(L_f-L_0)^2$ Puisque $L_f>L_0 \Rightarrow Q=\alpha sET_0(L_f-L_0)>0$. Le système reçoit un transfert thermique du milieu extérieur.	1 0,5 0,5
3-3-	Calcul de ΔS A $T=cte$, $dS=\alpha sE\,dL$ ou $dS=\frac{\delta Q}{T_0} \Rightarrow \Delta S=\frac{Q}{T_0}=\frac{\alpha sET_0(L_f-L_i)}{T_0}$ $L_i=L_0 \Rightarrow \Delta S=\alpha sET_0(L_f-L_0)$ AN : $\Delta S=5,5\ 10^{-6}x12\ 10^{-6}x2\ 10^{11}(2,01-2)=0,132\ JK^{-1}>0$. L'augmentation de l'entropie est due à un apport du transfert thermique à partir de l'extérieur.	1 0,5 0.5
4-	La transformation est adiabatique réversible $\delta Q=0$ et $dS=0$. $dS=\frac{mc_L}{T}dT+\frac{\lambda}{T}dL=\frac{mc_L}{T}dT+\alpha sE\,dL=0 \Rightarrow \frac{dT}{T}=-\frac{\alpha sE}{mc_L}dL$. Lors de la transformation : $\int_{T_0}^{T_f'}\frac{dT}{T}=-\int_{L_0}^{L_f'}\frac{\alpha sET}{mc_L}dL \Leftrightarrow \ell n\left(\frac{T_f'}{T_0}\right)=-\frac{\alpha sE}{mc_L}(L_f'-L_0)$ $T_f'=T_0\exp\left(-\frac{\alpha sE}{mc_L}(L_f'-L_0)\right)$. AN : $m=sL_0\rho=0,086\ kg$; $T_f'=298\exp\left(-\frac{12\,10^{-6}\,5,5\,10^{-6}\,2\,10^{11}\,0,02}{0,086\ \ 459}\right)$ $\Rightarrow T_f'=294,4\ K \Rightarrow \Delta T=T_f'-T_0=-3,6\ K<<T_0$. Lors de cette transformation, le câble subit un refroidissement.	1 0,5 0,5