REPUBLIQUE TUNISIENNE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

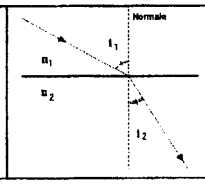
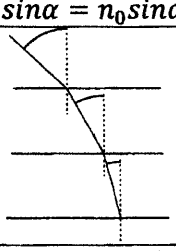
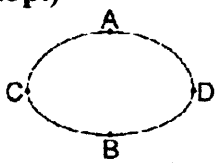
Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session 2016

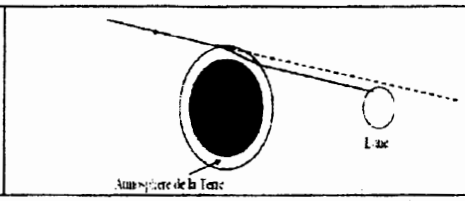
الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

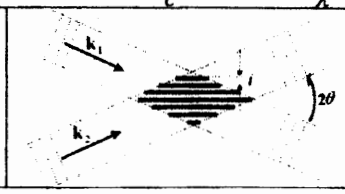
المناظرات الوطنية للدخول
إلى مراحل تكوين المهندسين
دورة 2016

Concours Physique et Chimie
Epreuve de Physique

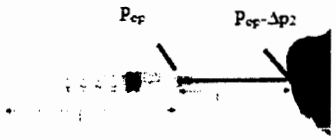
Problème 1 (60pts)

A. Réfraction de l'atmosphère		**10 pts**
1.	$n_1.\sin(i_1) = n_2.\sin(i_2)$ **(0.5pt)**  **(1pt)**	1.5pts
2.	$n_k sin\alpha_k = n_{k-1} sin\alpha_{k-1}$ **(0.5pt)** $1.sin\alpha = \cdots = n_k sin\alpha_k = n_{k-1} sin\alpha_{k-1} = \cdots = n_0 sin\alpha_0$ **(1pt)** $sin\alpha = n_0 sin\alpha_0$ **(0.5pt)**	2pts
3.		1.5pt
4.	$sin\alpha = \sin(\varepsilon + \alpha_0) = \varepsilon cos\alpha_0 + sin\alpha_0 = n_0 sin\alpha_0$ **(1pt)** $\varepsilon cos\alpha_0 = (n_0 - 1) sin\alpha_0$ **(0.5pt)** $\varepsilon = (n_0 - 1) tg\alpha_0$ **(0.5pt)** A.N. $\varepsilon = 4.8810^{-5\circ}$ **(0.5pt)**	2.5pts
5.	$1.sin\frac{\pi}{2} = n_0 sinr_B \rightarrow r_B = 88.62°$ **(0.5pt)** $1.\sin(\frac{\pi}{2} - \theta) = n_0 sinr_A \rightarrow r_A = 88.52°$ **(0.5pt)** $\theta' = r_B - r_A = 0,1°$ **(1pt)** Les rayons issus de points C et D disposés "horizontalement" suivent des trajets identiques et ne donnent pas pratiquement de déformation particulière. Le diamètre apparent horizontal du soleil est environ 0,533°. Les rayons issus de points A et B disposés "verticalement" suivent des trajets différents Le diamètre apparent horizontal du soleil est environ 0,1°. **(0.5pt)** 	2.5pts
B. Rayonnement dipolaire		**10 pts**
6.	(i) approximation dipolaire: $r \gg a$ *dimensions du dipole* **(0.5pt)** (ii) zone de rayonnement : $r \gg \lambda$ **(0.5pt)**	1pt
7.	$\dot{p} = i\omega p = i\frac{2\pi c}{\lambda} p$ et $\ddot{p} = -\omega^2 p$ **(0.5pt)** $\underline{\vec{E}} \approx \frac{cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left(\frac{2\dot{p}r}{c}\right)\vec{u}_r + \frac{sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left(\frac{\ddot{p}r^2}{c^2}\right)\vec{u}_\theta$ **(0.5pt)** $\lVert\vec{E}_r\rVert \ll \lVert\vec{E}_\theta\rVert$ pour $\theta \neq 0$ **(0.5pt)** $\underline{\vec{E}} \approx \frac{sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^3}\left(\frac{\ddot{p}r^2}{c^2}\right)\vec{u}_\theta = \frac{sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r}\left(\frac{-\omega^2 p}{c^2}\right)\vec{u}_\theta$ **(1.5pt)**	4pts

	en notation réelle $\vec{E} = -\frac{\omega^2 p_0 sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r c^2}\cos(\omega t - kr)\,\vec{u}_\theta$ **(1 pt)**	
8.	$\vec{B} = -\frac{\omega^2 p_0 sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 c r}\cos(\omega t - kr)\,\vec{u}_\varphi$ **(1pt)** $<\vec{\pi}> = <\frac{\vec{E}\wedge\vec{B}}{\mu_0}> = \frac{E^2}{2\mu_0 c}\vec{u}_r = \frac{1}{2\mu_0 c}(\frac{\omega^2 p_0 sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r c^2})^2\vec{u}_r$ **(1.5pt)**	2.5pts
9.	$< P > = \iint \frac{1}{2\mu_0 c}(\frac{\omega^2 p_0 sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r c^2})^2 ds = \iint \frac{1}{2\mu_0 c}(\frac{\omega^2 p_0 sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 r c^2})^2 2\pi r^2 sin\theta d\theta =$ $\frac{2\pi}{2\mu_0 c}(\frac{\omega^2 p_0}{4\pi\varepsilon_0})^2 \int (sin\theta)^3 d\theta = \frac{2\pi}{2\mu_0 c}(\frac{\omega^2 p_0}{4\pi\varepsilon_0})^2 . \frac{4}{3} = \frac{\mu_0 p_0^2 \omega^4}{12\pi c}$	2.5pts
C. Diffusion de la lumière		**10 pts**
10.	ω_0 : pulsation propre τ: temps de relaxation.	1pt
11.	$m\ddot{r} = qE - m\omega_0^2 r - j\omega\frac{m}{\tau}r$ **(1.0pt)** $r = \frac{-e}{m[(\omega_0^2-\omega^2)+j\frac{\omega}{\tau}]}E$ **(0.5pt)** $\vec{p} = -e\vec{r} = \frac{e^2}{m[(\omega_0^2-\omega^2)+j\frac{\omega}{\tau}]}\vec{E}$ **(1pt)** donc $p_0 = \frac{e^2 E_0}{m\sqrt{[(\omega_0^2-\omega^2)^2+(\frac{\omega}{\tau})^2]}}$ **(0.5pt)**	4pts
12.	Si $\frac{1}{\tau} \ll \omega_0$ et $\omega \ll \omega_0$ alors $p_0 = \frac{e^2 E_0}{m\omega_0^2}$ **(1pt)** $< P > = \frac{\mu_0 p_0^2 \omega^4}{12\pi c} = \frac{\mu_0 e^4 E_0^2 \omega^4}{12\pi c m^2 \omega_0^4} = \frac{\mu_0 e^4 E_0^2}{12\pi c m^2}(\frac{\lambda_0}{\lambda})^4$ **(1pt)** $< P_b > \approx 2^4 < P_r >$. **(1pt)** Les longueurs d'ondes proches du bleu sont 16 fois plus diffusées que celles proches du rouge ; toutes les longueurs d'onde ne sont donc pas diffusées dans les mêmes proportions.	3 pts
13.	Les rayons correspondant à la couleur bleue ont étés diffusés dans toutes les directions alors que ceux correspondant à la couleur rouge sont essentiellement transmis 	2 pts
D. Caractérisation d' un faisceau lumineux		**5 pts**
14.	$\vec{E} = E_0 e^{i(\omega t - kz)}\vec{u}_x$ et $\vec{B} = \frac{E_0}{c}e^{i(\omega t - kz)}\vec{u}_y$	2 pts
15.	$<\vec{\pi}> = <\frac{\vec{E}\wedge\vec{B}}{\mu_0}> = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c}\vec{u}_z \rightarrow < P > = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c}\pi r^2$	2 pts
16.	$E_0 = \sqrt{\frac{<P>2\mu_0 c}{\pi r^2}} = 923{,}7\ \mathrm{Vm^{-1}}$	1 pt
E. Superposition de deux ondes lumineuses		**19.5 pts**
17.	$0.4\mu m < \lambda < 0.8\mu m$	1pt
18.1.	$I = <\underline{s}(M,t).\underline{s}(M,t)^* > = <s_{01}^2> + <s_{02}^2> + <s_{01}s_{02}[e^{i(\omega_1 t+\varphi_1-\vec{k}_1\vec{r}-\omega_2 t-\varphi_2+\vec{k}_2\vec{r})} + e^{-i(\omega_1 t+\varphi_1-\vec{k}_1\vec{r}-\omega_2 t-\varphi_2+\vec{k}_2\vec{r})}]>$ **(2x1pt)** $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} < \cos[(\omega_1-\omega_2)t + \varphi_1 - \varphi_2 + (\vec{k}_2 - \vec{k}_1)\vec{r}>$ **(1pt)** $\phi = (\omega_1-\omega_2)t + \varphi_1 - \varphi_2 + (\vec{k}_2 - \vec{k}_1)\vec{r}$ **(1pt)**	4 pts
18.2.	Il y a interférences: $< \cos(\phi) > \neq 0$ **(1pt)** $\rightarrow \begin{cases} \omega_1 = \omega_2 \\ \varphi_1 - \varphi_2 = cte \end{cases}$ **(2pts)**	3 pts
18.3.	$C = \frac{I_{max}-I_{min}}{I_{max}+I_{min}} = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1+I_2}$ **(1pt)**	2 pts

	Dérivée de C % à I_1 ou I_2 ; contraste maximal pour $I_1 = I_2 \rightarrow C = 1$ **(1pt)**	
19.1.	Deux sources indépendantes sont incohérentes. Les deux faisceaux laser proviennent forcément du même faisceau initial.	1pt
19.2.	$\vec{k}_1 = \frac{\omega}{c}(-sin\theta\vec{u}_x + cos\theta\vec{u}_y)$ et $\vec{k}_2 = \frac{\omega}{c}(sin\theta\vec{u}_x + cos\theta\vec{u}_y)$; $k_1 = k_2 = \frac{\omega}{c}$	2.5pts
19.3.	$I = 2I_0(1 + \cos(\phi))$ $\phi = (\vec{k}_2 - \vec{k}_1)\vec{r} = 2\frac{\omega}{c}xsin\theta = \frac{4\pi}{\lambda}\theta x$	2pts
19.4.	$I = cte \rightarrow \phi = \frac{4\pi}{\lambda}\theta x = cte$ $\rightarrow x = cte$ donc les franges sont rectilignes **(1pt)**  **(1pt)**	2pts
19.5.	$i = x_{p+1} - x_p$: la distance séparant deux franges consécutives et de même nature. **(1pt)** $\phi = \frac{4\pi}{\lambda}\theta x = \frac{2\pi\delta}{\lambda} = 2p\pi \rightarrow x_p = p\frac{\lambda}{2\theta}$ donc $i = \frac{\lambda}{2\theta}$ **(1pt)**	2pts
F. Mesure de vitesse par interférométrie laser		**5.5 pts**
20.	T= 20µs	0.5pt
21	Lorsque la particule traverse le champ d'interférences, elle traverse toutes les franges, brillantes et sombres. On obtient donc un groupe de pics. La durée séparant chaque pic représente le temps que met la particule à traverser un espace interfrange. $v = \frac{i}{T} = \frac{\lambda/n}{2\theta T} = 0{,}34m/s$	1pt
22.1.	a s'exprime en V^{-1}	0.5pt
22.2.	$\phi = (\vec{k}_2 - \vec{k}_1)\vec{r} - \frac{2\pi}{\lambda}(n-1)L$ $\phi = \frac{4\pi}{\lambda}\theta x - \frac{2\pi}{\lambda}a\,U(t)L$	1pt
22.3.	$\phi = \frac{4\pi}{\lambda}\theta x - \frac{2\pi}{\lambda}a\,U(t)L = \frac{2\pi}{i}x - \frac{2\pi}{\lambda}a\,U(t)L = 2p\pi$ $x = \left(p + \frac{a\,U(t)L}{\lambda}\right)i$	1pt
22.4.	$v_0 = \frac{ai}{\lambda}\frac{dU(t)}{dt}L$ donc $U(t) = cte.t \rightarrow \begin{cases} x > 0 & cte > 0 \\ x < 0 & cte < 0 \end{cases}$	1pt
22.5.	$v_0 > 0 \rightarrow$ T augmente	0.5pt

Problème 2 (40pts)		
A. Ecoulement stationnaire incompressible		**14 pts**
1.	3 forces volumiques (poids, force de pression, force de viscosité) et la dérivée particulaire (terme local+ terme de convection)	2.5pts
2.	µ viscosité cinématique s'exprime en m^2s^{-1}	1pt
3.	Fluide parfait , $\left[\overrightarrow{grad}\left(\frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho}\right)\right]d\vec{l} = [\vec{g}]d\vec{l} = (-\overrightarrow{grad}gz)d\vec{l}$ $\rightarrow \frac{v^2}{2} + \frac{P}{\rho} + gz = cte$	2.5pts
4.	$\frac{P}{\rho} + gz = cte \rightarrow \Delta p = \rho gh$	1pt
5.1.	$\Delta p = p_A - p_B = \frac{\rho}{2}(v_B^2 - v_A^2)$	1pt
5.2.	$v_A s_A = v_B s_B \rightarrow \Delta p = \frac{\rho}{2}v_B^2(1 - \frac{s_B^2}{s_A^2})$; $s_A > s_B$ donc $\Delta p > 0$ et $p_A > p_B$	2pts
5.3.1	$\Delta p = (\rho' - \rho)gh$	2pts
5.3.2	$D_m = \rho v_B s_B = \rho s_B\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho(1-\frac{s_B^2}{s_A^2})}} = \sqrt{\frac{2\rho s_B^2(\rho'-\rho)gh}{(1-\frac{s_B^2}{s_A^2})}}$ donc $\kappa = \frac{1}{s_B^2} - \frac{1}{s_A^2}$	1pt

5.3.3	$D_m = \alpha\sqrt{h}$ et $\alpha = \sqrt{\dfrac{2\rho s_B^2(\rho'-\rho)g}{(1-\frac{s_B^2}{s_A^2})}} = 0{,}1\ \mathrm{m^3s^{-1}}$	1pt
B. Ecoulement stationnaire dans une conduite cylindrique		**17.5 pts**
6.	$div\vec{v} = \frac{\partial v}{\partial z} = 0$ donc $v(r,z) = v(r)$	2pts
7.	$\rho[(\vec{v}.\overrightarrow{grad}).\vec{v}] = -\overrightarrow{grad}P + \eta\Delta\vec{v}$. $(\vec{v}.\overrightarrow{grad}).\vec{v} = \left(v\frac{\partial}{\partial z}\right)v = 0$ $0 = -\frac{\partial P}{\partial z}\vec{e}_z - \frac{\partial P}{\partial r}\vec{e}_r + \eta\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dv}{dr}\right)\vec{e}_z$	2pts
8.	$\frac{\partial P}{\partial z} = K \rightarrow p(z) = \frac{p_S - p_E}{L}z + cte$	1.5pts
9.	$\frac{\eta}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dv(r)}{dr}\right) = \frac{p_S - p_E}{L}$ **(0.5pt)** $\frac{dv(r)}{dr} = \frac{p_S - p_E}{2\eta L}r + \frac{A}{r}$ **(0.5pt)** $v(r) = \frac{p_S - p_E}{4\eta L}r^2 + B$ **(0.5pt)** v(r=R)=0 **(0.5pt)** donc $v(r) = \frac{p_S - p_E}{4\eta L}(r^2 - R^2) = \frac{\Delta p}{4\eta L}(R^2 - r^2)$ **(0.5pt)**	2.5pts
10.	$\frac{dv(r)}{dr} = 0 \rightarrow v_{max} = -\frac{p_S - p_E}{4\eta L}R^2$ et $v_m = \frac{1}{\pi R^2}\iint v(r)rdrd\theta = -\frac{p_S - p_E}{8\eta L}\pi R^2 = \frac{\Delta p}{8\eta L}R^2$	2pts
11.		1pt
12.	$D_V = \pi R^2 v_m = \frac{\Delta p}{8\eta L}\pi R^2$ **(0.5pt)** $\Delta p = \frac{8\eta L}{\pi R^2}D_V$ donc $R_H = \frac{8\eta L}{\pi R^2}$ (Pa.m^{-3}.s). **(1.5pts)** $\Delta p \leftrightarrow$ ddp **(1pt)** $D_V \leftrightarrow$ I donc $R_H \leftrightarrow R_{él}$ $v_m = \frac{10^{-2}}{25\pi 10^{-4}} = 1{,}3ms^{-1}$. $R_H = 81{,}5\ Pasm^{-3}$. $\Delta p = 0{,}815Pa$	3pts 1.5pts
13.	$R_e = \frac{\rho v_m}{\eta}D$ **(1pt)** $\Delta p = \frac{8\eta L v_m}{R^2} = \frac{8L v_m}{R^2}\frac{\rho v_m}{R_e}D \rightarrow \Delta p = \frac{16}{R_e}\rho v_m^2\frac{L}{R}$ donc $\Delta p = \frac{64}{R_e}\frac{1}{2}\rho v_m^2\frac{L}{D}$ **(1pt)**	2 pts
C. Perte de charge dans une seringue		**8.5 pts**
14.	$\Delta p_1 = \frac{8\eta L_1}{\pi R_1^4}D_V$ et $\Delta p_2 = \frac{8\eta L_2}{\pi R_2^4}D_V$ donc $\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{L_1}{L_2}(\frac{R_2}{R_1})^4$	2pts
15.	$\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = 310^{-4}$ donc on peut, en première approximation, négliger les pertes dans la seringue.	2pts
16.	$\Delta p_2 = \frac{8\eta L_2}{\pi R_2^4}D_V = 1200$Pa	1.5pts
17.	$P_{op} = P_v + \Delta p_2 = 21200$Pa 	2pts
18.	$R_e = 33 \ll 2000$ donc l'écoulement est-il laminaire dans l'aiguille	1pt