Epreuve Physique :
Optique
Magnétostatique & Électricité
Éléments de correction

N°	Elts de rép.	Pts	Note
00-00	**Titre de l'exo**	0	0
0	éléments de réponse	0	0

01-05	**Lame de verre**		
1	de 1,3 à 1,5	1	
2	schéma plus $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$	1	
3	appliquer loi de la réfraction sur les deux faces de la lame, puis prolonger pour avoir une image virtuelle.	1	
4	appliquer loi de la réfraction sur les deux faces de la lame, puis prolonger pour avoir une image réelle.	1	
5		1	
06-10	**Viseur**		
6	On règle l'oculaire de façon à avoir net le réticule sans accommoder, c'est à dire telle que l'image du réticule par l'oculaire soit à l'infini. Donc $\overline{R_{oc}O_1} = f'_1$	1	
7	A' est l'image de A par l'objectif de centre O_2 et de foyer F_2 donc $\gamma_{obj} = \left(\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}\right)_{ob} = \frac{\overline{F_2O_2}}{\overline{F_2A}}$ donc $\overline{F_2A} = \frac{f'_2}{\gamma_{obj}} = -25$ mm	1	
8	relation de conjugaison pour l'objectif $\frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A}} = \frac{1}{f'_2}$ et $\gamma_{obj} = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A}}$ donc $\overline{O_2A'} = f'_2(1-\gamma_{obj})$ puis $\overline{O_2O_1} = \overline{O_2R_{oc}} + \overline{R_{oc}O_1} = \overline{O_2A'} + f'_1 = f'_2(1-\gamma_{obj}) + f'_1 = 200$ mm	1	

9	tracé des rayons	1	
10	On veut regarder un objet à distance finie, donc microscopie	1	
11-19	**Analyse du système additionnel**		
11		1	
12	un système afocal est système n'ayant pas de point focal, donc les rayons qui entrent parallèles ressortent parallèles. On doit avoir les lentilles convergentes séparées d'une distance $f_2' + f_3'$ donc $\overline{M_iO_3} + \overline{M_iL_s} + \overline{O_2L_s} = f_2' + f_3'$ donc $\overline{M_iO_3} = f_2' + f_3' - \overline{M_iL_s} - \overline{O_2L_s}$ l'application numérique donne $\overline{M_iO_3} = 50$ mm	1	
13	R_3 image de R par L_3, $\overline{F_3'R}.\overline{F_3R_3} = -f_3'^2$ R' image de R_3 par L_2, $\overline{F_2'R_3}.\overline{F_2R'} = -f_2'^2$ et L_2 et L_3 système afocal donc $F_2' = F_3$ donc $\overline{F_3R_3} = \overline{F_2'R_3} = -\frac{f_3'^2}{\overline{F_3'R}} = -\frac{f_2'^2}{\overline{F_2R'}}$ donc $\overline{F_3'R} = \overline{F_2R'}\frac{f_3'^2}{f_2'^2}$	1	
14	On place R au foyer objet de L_3 donc son image est à l'infini, donc R' se trouve au foyer image de L_2 donc $\overline{O_2R'} = -f_2' = -50$ mm	1	
15	$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$, on fait un schéma linéaire $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F_2O_2}}{\overline{F_3'O_3}} = \frac{f_2'}{f_3'} = -\frac{1}{3}$	1	
16	On a $d_0 = \overline{F_3'R} = \overline{F_2R'}\frac{f_3'^2}{f_2'^2}$. Comme le miroir M_0 est à la position de F_2 et soit R_0 l'image de R' par le miroir alors $\overline{R_0F_2} = \overline{F_2R'}$. Pour voir l'image de R_0 nette il faut que $R_0 = A$ donc $d_0 = \overline{AF_2}\frac{f_3'^2}{f_2'^2}$	1	
17	On reprend la question précédente en décalant de e la position du miroir donc $\overline{R_0F_2} - e = \overline{F_2R'} + e$ donc $d_1 = (\overline{AF_2} - 2e)\frac{f_3'^2}{f_2'^2} = d_0 - 2e\frac{f_3'^2}{f_2'^2}$	1	
18	La netteté de R est un critère qui nous permet de savoir si l'on a déplacé R de ϵ_1 que l'on déplace le miroir de e.	1	
19	On a calculé $\gamma\gamma_{obj} = -\frac{1}{3} \times (-2) = \frac{2}{3}$	1	
20-23	**Application à la caractérisation d'une lame d'épaisseur e et d'indice n**		

20	La position précise de la lame n'a pas d'importance, on a calculé au début de l'énoncé que l'image de A par la lame ne dépend pas de sa position.	1	
21	La lame de verre déplace R' de $e(1-1/n)$ puis après réflexion dans le miroir elle redéplace dans le même sens R_0 de $e(1-1/n)$. (faire un schéma). Il faut donc déplacer R pour obtenir à nouveau une image nette.	1	
22	On utilise le calcul fait pour ϵ_1 et on obtient $\epsilon_2 = -2e(1-1/n)\dfrac{f_3'^2}{f_2'^2}$	1	
23	On en déduit $n = \dfrac{1}{1+\dfrac{\epsilon_2 f_2'^2}{2e f_3'^2}}$	1	
24-35	**Approche interférentielle**		
24-27	**Théorie**		
24		1	
25	calcul en lame d'air $\delta_{geo} = 2e\cos i$	1	
26	pour $n=1$ on trouve $\delta = \delta_{geo} + \dfrac{\lambda}{2}$, le terme π est du à la réflection du milieu d'indice élevé au milieu d'indice faible.	1	
27	$I = 2I_0(1+\cos(\Delta\phi))$, plus les conditions d'interférence : champs d'interférence, monochromatiques, issues d'une même source primaire, différence de marche inférieure à la longueur de cohérence. Les interférences sont constructives si $\Delta\phi = \dfrac{\delta}{\lambda} = 2p\pi$	1	
28-32	**Expérience n°1**		
28	on a des interférences constructives pour $\delta =$cte donc pour $i =$cte, or avec schéma cela correspond à une rayon $r = f'\tan i =$ cte sur l'écran. Donc il s'agit d'anneaux.	1	
29	calcul d'abord un DL à l'ordre 1 en α puis différentielle donne $d\delta = \dfrac{ed\alpha}{\sqrt{n^2-1/2}}$	1	
30	L'interfrange est la distance sur l'écran entre deux maximum d'intensité lumineuse.	1	
31	Pour une interfrange on a une variation de différence de marche de $\Delta\delta = \lambda = \dfrac{e\Delta\alpha}{\sqrt{n^2-1/2}}$ or $\Delta x = f'\Delta\alpha$ donc $\lambda = \dfrac{e\Delta x}{f'\sqrt{n^2-1/2}}$	1	
32	On peut mesurer un maximum d'interfrange, $13\Delta x = 4{,}5$ cm donc $\Delta x = 0,35$ cm. La valeur numérique de Δx permet d'éliminer la seule inconnue autre que e et n dans la relation de la question précédente.	1	
33-35	**Expérience n°2**		
33	$\dfrac{\delta}{\lambda} = \dfrac{2e}{\lambda}\sqrt{n^2-1/2} + 1/2$ une longueur d'onde est éteinte quand l'ordre est demi-entier donc $\dfrac{2e}{\lambda}\sqrt{n^2-1/2}$ entier donc $\dfrac{2e}{\lambda_p}\sqrt{n^2-1/2} = p+n$ avec n un entier et $\dfrac{2e}{\lambda_1}\sqrt{n^2-1/2} = 1+n$ donc $2e\sqrt{n^2-1/2}\left(\dfrac{1}{\lambda_p} - \dfrac{1}{\lambda_1}\right) = p-1$	1	

34	On repère deux longueur d'onde pour lesquelles on a annulation de l'intensité les plus éloignées possibles $\lambda_1 = 629,5$ nm et $\lambda_{15} = 633,3$ nm et $p = 15$.	1	
35	On a un système de deux inconnus et de deux équations. Il n'est pas linéaire mais on éliminer e en divisant les deux équations et on peut isoler n en passant au carré.	1	
36-62	**Une autre voie vers la fusion thermonucléaire : les Z machines**		
36-42	**Première partie - Inductance dans une configuration coaxiale**		
36	Plan de symétrie contenant l'axe des cylindres et le point M donne la direction de $\vec{B}$ selon $\vec{e}_\phi$. Invariance par translation selon Oz donne $B(\rho, \phi)$ et Invariance par rotation autour de l'axe Oz et d'angle ϕ donne $B(\rho)$. Donc $\vec{B} = B(\rho)\vec{e}_\phi$	1	
37	Utilisation du théorème d'Ampère. On choisit comme contour fermé la ligne de champs passant par M. La circulation du champ sur une ligne de champ est non nulle. Et pour $\rho < a$ on n'a pas de courant traversant le contour (cylindres creux) donc le courant enlacé est nul. Donc le champ est nul. Pour $\rho > b$ le courant des deux cylindres se compensent car orienté en sens opposé. Donc le champ est aussi nul.	1	
38	Pour $a < \rho < b$, on peut appliquer le théorème d'ampère qui donne $2\pi\rho B(\rho) = \mu_0 I$ donc $\vec{B} = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi\rho}\vec{e}_\phi$	1	
39	La surface rectangulaire PQRS est comprise entre les coordonnées $a < \rho < b$ et $z_0 < z < z_0 + l$ donc $\iint \vec{B}.d\vec{S} = \iint \vec{B}.\vec{e}_\phi dS = \int_{z_0}^{l}\int_a^b B(\rho)d\rho dz = l\int_a^b B(\rho)d\rho = \dfrac{\mu_0 I l}{2\pi}\int_a^b \dfrac{d\rho}{\rho} = \dfrac{\mu_0 I l}{2\pi}\ln\left(\dfrac{b}{a}\right)$	1	
40	$\iint \vec{B}.d\vec{S} = LI$ d'où $L = \dfrac{\mu_0 l}{2\pi}\ln\left(\dfrac{b}{a}\right)$	1	
41	Application numérique $L = 2,2.10^{-7}$H	1	
42	Application numérique $L = 4,9.10^{-8}$H	1	
43-46	**Contexte des hautes puissances pulsées**		
43	On a un seul cylindre creux d'épaisseur e, donc à nouveau plan de symétrie, puis invariance, puis théorème d'Ampère avec choix du contour : une ligne de champs, puis trois cas à distinguer pour le courant enlacé. A l'intérieur du cylindre pas de courant enlacé donc le courant est nul. A l'intérieur de l'épaisseur du cylindre on a $2\pi r B(r) = \mu_0 I\dfrac{\pi(r^2 - R^2)}{\pi((R+e)^2 - R^2)} \approx \mu_0 I\dfrac{(r - R + R)^2 - R^2}{2Re} \approx \mu_0 I\dfrac{2(r-R)R}{2Re} \approx \mu_0 I\dfrac{r-R}{e}$ donc $B(r) = \mu_0 I\dfrac{r-R}{2\pi r e} \approx \mu_0 I\dfrac{r-R}{2\pi R e}$ A l'extérieur du cylindre on a $2\pi r B(r) = \mu_0 I$ donc $B(r) = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$	1	

44	On schématise un élément de volume cylindrique $dV = rdrd\phi dz$, on a trois forces : Laplace, pression sur la face en r et pression sur la face en $r+dr$, d'où $d\vec{F} + p(r)rd\phi dz\vec{e}_r - p(r+dr)rd\phi dz\vec{e}_r = \vec{0}$.	1	
45	$d\vec{F} - \frac{dp}{dr}rdrd\phi dz\vec{e}_r = \vec{0}$ donc $d\vec{F} - \frac{dp}{dr}dV\vec{e}_r = \vec{0}$ donc $\vec{j}\wedge\vec{B} - \frac{dp}{dr}\vec{e}_r = \vec{0}$ donc $\frac{IB(r)}{\pi((R+e)^2 - R^2)}\vec{e}_z \wedge \vec{e}_\phi - \frac{dp}{dr}\vec{e}_r = \vec{0}$ donc $\frac{dp}{dr} = -\frac{IB(r)}{2\pi Re}$ Or à l'extérieur la pression est nulle et on cherche la pression à l'intérieur en $r = R$ donc on intègre entre R et $R+e$, $0 - p(R) = \int_R^{R+e}\frac{dp}{dr}dr = -\int_R^{R+e}\frac{IB(r)}{2\pi Re}dr = -\frac{\mu_0 I^2}{4\pi^2R^2e^2}\int_R^{R+e}(r-R)dr = -\frac{\mu_0 I^2}{8\pi^2R^2}$	1	
46	On utilise $pV = nR_{gaz}T$ soit $p = \frac{n}{V}R_{gaz}T = \frac{N}{N_A}R_{gaz}T$ donc $T = \frac{N_A p}{NR_{gaz}} = \frac{N_A\mu_0 I^2}{8\pi^2R^2NR_{gaz}}$	1	
47-52	**Principe de conservation du flux magnétique et amplification en courant**		
47	Loi des mailles $u_L + u_r = L\frac{di}{dt} + ri = 0$	1	
48	on pose $\tau = L/r$ donc $i(t) = i(0)\exp(-t/\tau) = I_0\exp(-t/\tau)$	1	
49	tracé avec détermination de τ sur le tracé.	1	
50	$r \to 0$ donc $\tau \to +\infty$ donc $i(t) \to I_0$	1	
51	si le circuit est indéformable alors L =cte et i =cte donc $\phi = Li$ =cte.	1	
52	loi de Faraday $e = -\frac{d\phi}{dt} = 0$ car ϕ =cte	1	
53-55	**Cas d'un circuit déformable**		
52	Le circuit est déformable donc cette fois ci $L(t)$ l'inductance dépend de t. Mais la loi des mailles donne toujours $u_L + u_r = 0$ or si r est négligeable alors u_r aussi donc $u_L = 0$ donc $e = -u_L = 0$	1	
52	On a toujours la loi de Faraday même pour un circuit déformable donc $e = -\frac{d\phi}{dt} = 0$ donc ϕ =cte	1	
52	On a $\phi = L(t)i(t)$ =cte donc $i(t) \propto \frac{1}{L(t)}$ Donc on doit avoir $b \to a$ pour avoir $i(t)$ qui augmente.	1	
56-62	**Optimisation du dispositif de compression**		
56-58	**Inductance totale et flux piégé**		
56	Les deux cylindres sont parcourus par le même courant I et forment un circuit fermé, on choisit donc un modèle de deux bobines en série dans un circuit fermé. L'inductance totale est donc $L_{eq} = L + L_f$	1	

57	$L_{eq0} = \frac{\mu_0 h}{2\pi} \ln\left(\frac{r}{r_b}\right) + \frac{\mu_0 H}{2\pi} \ln\left(\frac{R_0}{r_b}\right)$	1	
58	$\phi_0 = L_{eq0} I_0 = \frac{\mu_0 I_0 h}{2\pi} \ln\left(\frac{r}{r_b}\right) + \frac{\mu_0 I_0 H}{2\pi} \ln\left(\frac{R_0}{r_b}\right)$	1	
59-62	**Optimisation de la compression**		
59	$L_{eqf} = \frac{\mu_0 h}{2\pi} \ln\left(\frac{r}{r_b}\right)$ $\phi = L_{eqf} I_{max} = L_{eq0} I_0$ donc $I_{max} = \frac{L_{eq0}}{L_{eqf}} I_0 = \left(1 + \frac{H \ln(R_0/r_b)}{h \ln(r/r_b)}\right) I_0$	1	
60	On doit choisir $H \gg h$	1	
61	On doit choisir $r_b \lesssim r \ll R_0$	1	
62	Application numérique $I = 1,4.10^8$ A	1	