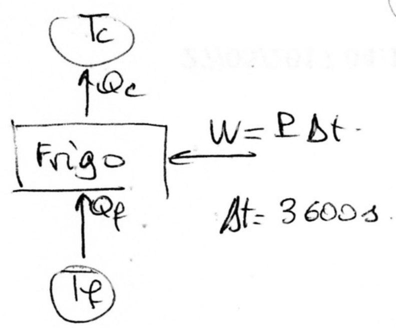
Exo 80-P47-1411252

- $\eta = \dfrac{Q_f}{W} = \dfrac{Q_f}{P\Delta t}$
- $Q_f = 6 \times m . c_e \Delta T = 6 \times 1 \times 4{,}18 . 10^3 \times (20-5) = 3{,}76 . 10^5 \text{ J}.$
- $P \Delta t = 7{,}2 . 10^5 \text{ J}. \Rightarrow \boxed{\eta_{frigo} = 16\%}$



IV- MINES-TELECOMS (2025)

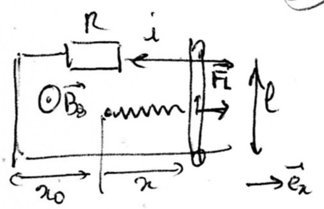
b– Exercice 2 : Efficacité d'une machine frigorifique

Six bouteilles d'eau de 1 L, initialement à la température de 20°C, sont placées dans un frigo. Elles prennent une température de 5°C au bout d'une heure.
Calculer l'efficacité du frigo.
On donne :

- la puissance du frigo : $P = 200$ W ;
- la capacité thermique massique de l'eau : $c_e = 4,18$ kJ.kg^{-1}.K^{-1} ;
- la masse volumique de l'eau : $\mu = 1$ kg/L

Exo 9a-p48-1511251.

(35)



2°) $\vec{F_L} = i\ell B\,\vec{e_x} \Rightarrow \boxed{m\ddot{x} = -kx + i\ell B}$

• $e = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}(x_0+x)\ell B = -B\ell v = Ri \Rightarrow \boxed{i = -\frac{B\ell v}{R}}$

• $m\ddot{x} = -kx - \frac{B^2\ell^2}{R}v \Rightarrow \boxed{\ddot{x} + \frac{B^2\ell^2}{mR}\dot{x} + \frac{k}{m}x = 0} \Rightarrow \boxed{\ddot{x} + \frac{\dot{x}}{\tau} + \omega_0^2 x = 0}$

où $\boxed{\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}}$ et $\boxed{\tau = \frac{mR}{B^2\ell^2}}$

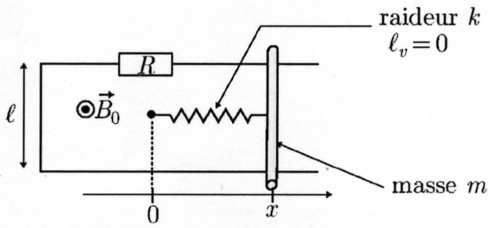
3°) Équation caractéristique : $X^2 + \frac{1}{\tau}X + \omega_0^2 = 0 \Rightarrow \Delta = \frac{1}{\tau^2} - 4\omega_0^2 = 0$ (régime critique)

$\Rightarrow \boxed{2\omega_0\tau = 1}$

IV- MINES-TELECOMS (2025)

9– Induction, optique (Gallet, 2025)

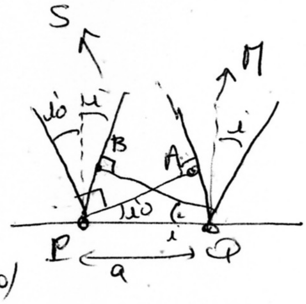
a– Exercice 1 : Rails de Laplace



1. Décrire le mouvement qualitativement.
2. Retrouver l'équation différentielle : $\ddot{x} + \frac{\dot{x}}{\tau} + \omega_0^2 x = 0$.
3. Critères sur ω_0 et τ pour atteindre un régime critique ?

Exo 9b p48 - 1511252

- $\delta = (SPM) - (SQM)$ / $(SPM) = \cancel{(SP)} + PB + \cancel{(BM)}$ $\Rightarrow \delta$
$(SQM) = \cancel{(SA)} + AQ + \cancel{(QM)}$
$\Rightarrow \delta = PB - AQ$



avec $\begin{cases} \sin i = \dfrac{PB}{a} \\ \sin i_0 = \dfrac{AQ}{a} \end{cases}$ $\Rightarrow \delta = a(\sin i - \sin i_0) \Rightarrow p = \dfrac{a}{\lambda_0}(\sin i - \sin i_0)$

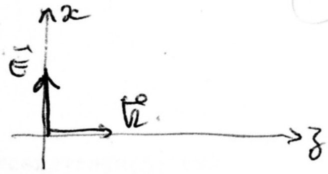
$\Rightarrow$ Dans la direction i, I est maximum pour la longueur d'onde :

$\boxed{\lambda_0 = \dfrac{a}{p}(\sin i - \sin i_0)} \rightarrow \lambda_0$ (couleur) dépend de i_0.

IV- MINES-TELECOMS (2025)

b– Exercice 2 : Optique

Question ouverte : Les ailes du papillon Morpho Retenor semblent de couleurs différentes selon l'angle de la lumière incidente. Interpréter.



1°/ cf cours : $\boxed{\Delta\vec E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec E}{\partial t^2} = \vec 0} \Rightarrow \boxed{\omega = kc}$

$E_x = E_0\cos(\omega t - kz)$

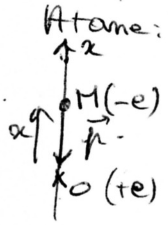
$\underline{E}_x = E_0 e^{i(\omega t - kz)}$

2°/ $\boxed{\vec\Pi = \frac{1}{\mu_0}\vec E\wedge\vec B} \Rightarrow \boxed{\mathcal{P}_{traversée} = \iint_\Sigma \vec\Pi\cdot d\vec S}$

• $\vec{rot}\,\vec E = -\frac{\partial\vec B}{\partial t} \Rightarrow -i\vec k\wedge\vec E = -i\omega\vec B \Rightarrow \vec B = \frac{1}{\omega}\vec k\wedge\vec E$.

• $\vec\Pi = \frac{1}{\mu_0}\vec E\wedge\left[\frac{1}{\omega}\vec k\wedge\vec E\right] = \frac{1}{\mu_0\omega}\left[\vec k\times E^2 - \vec E\times(\underbrace{\vec k\cdot\vec E}_{=0})\right] \Rightarrow \boxed{\vec\Pi = \frac{\vec k}{\mu_0\omega}E_0^2\cos^2(\omega t - kz)}$

$\Rightarrow I_0 = \langle\Pi\rangle = \frac{k}{\mu_0\omega}\times\frac{E_0^2}{2} \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c}}$



3°) • $\vec F_{noyau} = -kx\,\vec e_x$ où $\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \vec F_{noyau/électron} = -m\omega_0^2 x\,\vec e_x$

• $m\ddot x = -m\omega_0^2 x + (-e)E \Rightarrow \ddot x + \omega_0^2 x = -\frac{e}{m}E_0\cos(\omega t - kz)$

$\Rightarrow \ddot{\underline x} + \omega_0^2\underline x = -\frac{eE_0}{m}e^{i(\omega t - kz)}$

$\Rightarrow \underline x(-\omega^2 + \omega_0^2) = -\frac{eE_0}{m}e^{i(\omega t - kz)}$

$\Rightarrow x = \frac{-eE_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}\cos(\omega t - kz)$

• $\vec p = -ex\,\vec u_x = \frac{e^2E_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)}\cos(\omega t)\,\vec u_x \Rightarrow$

$\Rightarrow$ Puissance rayonnée : $\begin{cases} P_{ray} = \frac{\mu_0 p_0^2\omega^4}{12\pi c} = \frac{\mu_0\omega^4}{12\pi c}\times\frac{e^4E_0^2}{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)} \\ I = \frac{E_0^2}{2\mu_0 c} \end{cases}$

$\Rightarrow \boxed{\sigma_T = \frac{P_{rayon}}{I} = \frac{\mu_0^2 e^4}{6\pi c}\frac{\mu_0^2 e^4}{6\pi m^2}\times\frac{\omega^4}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2}}$

II- Centrale (2024)

24– Diffusion d'une onde électromagnétique par un atome H(Kasperski, 2024)

On a une onde plane progressive se propageant dans le vide, dont le champ électrique est de la forme :

$$\vec E = E_0\cos(\omega t - kz)\,\vec u_z$$

1. Démontrer l'équation de propagation de d'Alembert et en déduire la relation de dispersion.
2. Donner la définition et le sens physique du vecteur de Poynting.
   Le calculer et en déduire l'intensité I_0 du champ électromagnétique, qui correspond à la moyenne temporelle du vecteur de Poynting.
3. On considère un atome d'hydrogène, dont le noyau est fixe en O.
   L'électron est représenté par un point matériel de masse m et de charge $q = -e$. Il est lié à l'atome selon un oscillateur harmonique de pulsation propre ω_0. L'onde électromagnétique précédente arrive sur l'électron. Donner σ_T, qui correspond au rapport entre la puissance rayonnée par l'électron et I_0.
4. *Il y avait une dernière question avec un graphique.*

<u>Donnée :</u> puissance rayonnée par un dipôle oscillant :

$$P = \frac{\mu_0\,p_0^2\,\omega^4}{12\pi c}$$

050825 25.

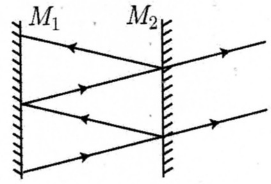
25– Modes d'une cavité laser (Le Fèvre, 2024)

Un énoncé de 4 ou 5 lignes présentait l'effet laser.

On considère une cavité formée de deux miroirs plans distants de d :

– (M_1) est caractérisé par :
- ▸ un coefficient de réflexion $\underline{r}_1 = r_1\,e^{-j\pi}$
- ▸ un coefficient de transmission t_1

– (M_2) est caractérisé par :
- ▸ un coefficient de réflexion $\underline{r}_2 = r_2\,e^{-j\pi}$
- ▸ un coefficient de transmission t_2



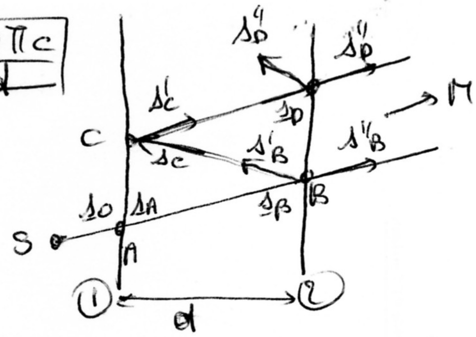
depuis l'intérieur de la cavité.

L'onde résultante dans la cavité est interprétée comme une succession d'ondes réfléchies successives issues d'une onde incidente donnée, que l'on a représentées, par soucis de clarté, faiblement inclinées par rapport à l'axe.

On suppose d'abord que la cavité est vide.

1. Expliquer cette description.
2. Trouver les modes propres dans le cas où $r_1 = r_2$, c'est-à-dire les fréquences correspondant à des interférences constructives des ondes successives.
   La cavité contient maintenant un milieu d'indice $n(\omega)$ à la pulsation ω, éventuellement complexe.
   On posera :
   $$n(\omega) = n'(\omega) - j\,n''(\omega)$$
   On suppose que $r_1 = 1$ et $r_2 = \sqrt{R_2}$ est proche de 1.
   On supposera, pour simplifier, que n' et n'' sont indépendants de ω.
3. On éclaire la cavité de l'extérieur de (M_1) par une onde d'intensité I_0.
   Donner la fonction $\sigma = \dfrac{1}{\lambda} \mapsto I(\sigma)$ de l'intensité transmise à la sortie de (M_2) et la caractériser.
4. À quelle condition sur n'' la cavité laser peut produire un rayonnement sans onde incidente ($I_0 = 0$) ?
5. Voyez-vous une analogie ?

2°) Interférences constructives si $k_n \times 2d = 2n\pi \Rightarrow \boxed{\omega_n = k_n c = \dfrac{n\pi c}{d}}$



3°) • $\underline{s}_A = t_1 \underline{s}_0$ $\quad \underline{s}_B = \underline{s}_A e^{j\underline{k}d}$ $\quad s_B'' = t_2 \underline{s}_B$

• $\underline{s}_B' = \underline{r}_2 \underline{s}_B$ $\quad \underline{s}_C = e^{j\underline{k}d}\,\underline{s}_B' = \underline{r}_2 e^{j\underline{k}d} \underline{s}_B$

• $\underline{s}_C' = \underline{r}_1 \underline{r}_2 e^{j\underline{k}d} \underline{s}_B \Rightarrow \underline{s}_D = \underline{r}_1 \underline{r}_2 e^{2j\underline{k}d} \underline{s}_B$

$\Rightarrow \underline{s}_D'' = t_2 \underline{r}_1 \underline{r}_2 e^{2j\underline{k}d} \underline{s}_B$

• $\dfrac{\underline{s}_D''}{\underline{s}_B''} = \boxed{\underline{r}_1 \underline{r}_2 e^{2j\underline{k}d} = \rho} \Rightarrow \underline{s}(M) = \underline{s}_B'' + \rho\,\underline{s}_B'' + \rho^2 \underline{s}_B'' + \dots = t_2 \underset{\overset{\parallel}{t_1 s_0}}{\underline{s}_A} e^{j\underline{k}d} \underbrace{(1 + \rho + \rho^2 + \dots)}_{S'}$

• $S = \sum_{m=0}^{\infty} \rho^m = \dfrac{1}{1-\rho} = \dfrac{1}{1 - \underline{r}_1 \underline{r}_2 e^{2j\underline{k}d}}$ où $\underline{k} = \dfrac{\omega}{c}\underline{n} = k_0(n' - jn'')$ et $k_0 = 2\pi\sigma$
$= 2\pi\sigma(n' - jn'')$

• $I_0 = \dfrac{|\underline{s}_0|^2}{2}$ et $I = \dfrac{|\underline{s}(M)|^2}{2} = \dfrac{t_1^2 t_2^2 I_0}{|1 - r_1 r_2 e^{2j\underline{k}d}|^2} = \dfrac{t_1^2 t_2^2 I_0}{(1 - \sqrt{R_2}\,e^{4j\pi\sigma n' d} e^{4\pi\sigma n'' d})(1 - \sqrt{R_2}\,e^{-4j\pi\sigma n' d} e^{4\pi\sigma n'' d})}$

$\Rightarrow \boxed{I(\sigma) = \dfrac{t_1^2 t_2^2 I_0}{1 + R_2 e^{8\pi\sigma n'' d} - 2\sqrt{R_2}\,e^{4\pi\sigma n'' d} \cos(4\pi\sigma n' d)}}$

On pose $X = e^{4\pi\sigma n''}$

4°)