	SESSION 2000		Page 1/6
Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR			**Coef. 2**
Spécialité : DOMOTIQUE			**Durée : 2 h**
Epreuve : PHYSIQUE - CHIMIE			**Code : DOPHY**

Calculatrice autorisée (circulaire n°99-018 du 01/02/1999)

Document autorisé : le formulaire joint au sujet

PARTIE PHYSIQUE SUR 15 POINTS

Transmission d'un son par voie optique

On considère le système de transmission d'informations sonores, utilisant des transducteurs optiques, représenté figure 1 ci-dessous :

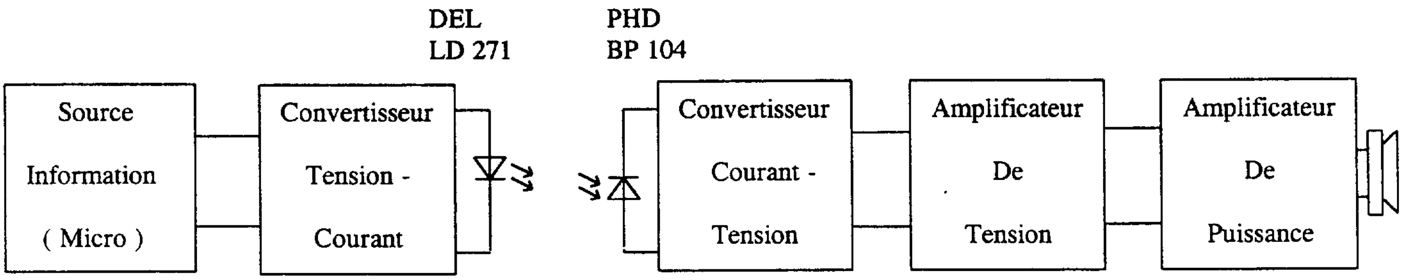


Figure 1

DEL : Diode électroluminescente PHD : Photodiode

1. Etude de quelques notions sur le son.

On utilise deux microphones identiques M_1 et M_2 dont le fabricant indique la valeur de la sensibilité s_o pour f = 1 kHz : s_o = - 74 dBV pour 80 dB de niveau sonore.
Les mesures suivantes sont effectuées en champ libre. On place, dans l'axe du micro M_1 et à une distance r_1 = 1 m, une source sonore produisant un son pur dont l'intensité est indépendante de la direction, de puissance acoustique P_a = 12,5 W.
On connecte alors un oscilloscope aux bornes du micro M_1, on obtient alors la courbe 1 représentée figure **2** page **5**.

1.1. Déduire de la figure **2** la fréquence de la source sonore. Quelle est sa longueur d'onde λ sachant que, dans les conditions de l'expérience, la célérité du son est v = 340 m/s ?

1.2. On rajoute maintenant le deuxième micro M_2, placé comme M_1 dans l'axe de la source sonore, mais à une distance différente r_2 de cette source. On obtient alors la courbe 2 représentée sur la figure **2** page **5** en correspondance temporelle avec la courbe 1 relative à M_1. Exprimer la distance $(r_2 - r_1)$ en fonction de λ.

1.3. Donner l'expression littérale de l'intensité acoustique I_1 reçue par le micro M_1, ceci en fonction de P_a et r_1. Calculer alors la valeur numérique de I_1.

1.4. Calculer le niveau sonore L_1 correspondant à I_1.

1.5. Déterminer la tension V délivrée par le microphone lorsque le niveau sonore qu'il reçoit vaut 80 dB. On donne : $s = 20 \log_{10} V$
Dans cette expression s est exprimé en dBV et V est exprimé en volts.

2. Etude de l'émetteur optique

Le schéma simplifié de l'émetteur, représenté figure **3** page **5**, est constitué d'un générateur délivrant une tension E(t), d'une diode électroluminescente DEL et d'une résistance R.
E(t) est de la forme $E(t) = E_o + e_a(t)$ expression dans laquelle $e_a(t)$ est l'image du signal contenant l'information.
La caractéristique courant-tension I (U_d) de la DEL est donnée figure **4** page **6**.

Afin d'obtenir un fonctionnement linéaire de l'émetteur, on doit faire travailler la DEL dans sa partie linéaire autour du point dit de repos : $I = I_o = 50$ mA , $U_d = U_{do} = 1{,}25$ V.
Dans ces conditions : - l'expression du courant I(t) est : $I(t) = I_o + i_a(t) = I_o + k_i \cdot e_a(t)$
- l'expression du flux énergétique F_e émis est :

$$F_e(t) = F_{eo} + f_{ea}(t) = F_{eo} + k_F \cdot e_a(t).$$

2.1. On considère dans cette question un fonctionnement au repos, c'est à dire qu'il n'y a pas d'information transmise : $e_a(t) = 0$, donc dans cette question $E(t) = E_o$, $I(t) = I_o$ et $F_e(t) = F_{eo}$.

a) D'après le schéma (figure **3**) et en utilisant la caractéristique de la diode, déterminer E_o.

b) Le fabriquant indique que la DEL émet son rayonnement dans un angle solide Ω défini par un demi-angle au sommet $\alpha = 25°$ et que l'intensité énergétique est $I_e = 5{,}0$ mW.sr^{-1}, ceci pour un courant $I_o = 50$ mA.
Calculer le flux énergétique F_{eo} émis dans Ω en supposant que I_e = cte dans Ω. On rappelle que l'angle solide défini par un cône de demi-angle au sommet α est : $\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha)$.

c) La DEL fonctionnant dans la partie linéaire de sa caractéristique $I(U_d)$, le flux énergétique F_{eo} est proportionnel au courant I_o : $F_{eo} = k_e \cdot I_o$. Calculer k_e.

2.2. On considère maintenant le signal électrique $e_a(t)$ image d'un son pur :

$$e_a(t) = E_m \sin \omega t = E_m \sin 6280\, t.$$

Au signal $e_a(t)$ sinusoïdal correspond la composante sinusoïdale $i_a(t)$ du courant I(t) telle que :

$$i_a(t) = 0{,}03 \sin \omega t.$$

Le courant dans la diode DEL, exprimé en ampères, s'écrit alors : $I(t) = 0{,}05 + 0{,}03 \sin \omega t$.
Il lui correspond donc une tension : $E(t) = E_o + E_m \sin \omega t$.

a) Quelle est la fréquence du son pur dont l'image est $e_a(t)$?

b) Repérer sur la caractéristique de la DEL le point de fonctionnement dont les coordonnées I_{max} et U_{dmax} sont maximales. Donner ces valeurs.

c) Calculer la valeur correspondante E_{max} de la tension E(t) définie sur la figure **3**.

d) Déduire de la valeur de E_{max} et de la valeur de E_0 (déterminée à la question 2.1.a) l'amplitude E_m de $e_a(t)$.

3. Etude du récepteur optique

Le schéma du récepteur est donné figure **5** page **6**.
La surface active de la photodiode PHD est $S = 5{,}0\ mm^2$, sa sensibilité est $\sigma = 1{,}0\ \mu A\ .W^{-1}.m^2$.

3.1. La photodiode PHD est placée en face de la DEL (voir figure **6** page **6**) à une distance $d = 4{,}0$ m.
On admet que l'intensité énergétique I_e émise par la DEL est constante sur la surface S.
Montrer que l'éclairement énergétique E_r reçu par cette surface S est égal à $\frac{I_e}{d^2}$.
Calculer E_r lorsque $I_e = 5\ mW.sr^{-1}$.

3.2. Calculer le flux énergétique F_r reçu par la photodiode PHD.

3.3. La photodiode (figure **5**) convertit les variations d'éclairement reçu δE_r en variations de courant δI_p proportionnelles et, par l'intermédiaire de R_o, en variations δU_p également proportionnelles à δE_r.
Pour une variation δE_r d'amplitude : $E_{rm} = 0{,}187\ mW.m^{-2}$ que vaut l'amplitude I_{pm} de la variation de courant δI_p correspondante ?
(On rappelle que la sensibilité de PHD est $\sigma = 1{,}0\ \mu A\ .W^{-1}.m^2$).

3.4. Calculer l'amplitude U_{pm} des variations de tension $\delta U_p(t)$ aux bornes de $R_o = 220\ k\Omega$.

3.5. En sortie de l'amplificateur de tension, constitué de deux montages amplificateurs organisés autour de A_1 et A_2, on veut obtenir une tension s(t) d'amplitude $S_m = 0,1$ V.

Calculer le facteur d'amplification total A_v nécessaire pour obtenir S_m lorsque l'amplitude U_{pm} des variations de $U_p(t)$ vaut $U_{pm} = 40\ \mu V$ (le condensateur C ne laisse pas passer la composante continue de $U_p(t)$).

PARTIE CHIMIE SUR 5 POINTS

Une pile alcaline zinc-dioxyde de manganèse a les caractéristiques suivantes :
- f.é.m. : 6,0 V
- capacité : 0,10 A.h
- puissance maximale : 0,20 W.

Les réactions se produisant aux électrodes en zinc et en carbone entouré de MnO_2 sont :

- électrode de zinc : $Zn + 4\ OH^- \rightarrow [(Zn(OH)_4]^{2-} + 2\ e^-$

- électrode de carbone : $2\ MnO_2 + 2H_2O + 2\ e^- \rightarrow 2\ MnO(OH) + 2\ OH^-$

1. Sur quelle électrode se trouve la borne positive ?

2. Désigner le type de la réaction qui se produit sur chaque électrode.

3. Quelle est la quantité d'électricité Q , exprimée en coulombs, que peut fournir la pile ?

4. Combien de temps peut-elle fonctionner à pleine puissance, la f.e.m. restant constante ?
En déduire l'énergie que peut fournir la pile.

5. Calculer les masses minimales de zinc et de dioyde de manganèse (MnO_2) que la pile doit contenir afin de pouvoir fournir toute la quantité d'électricité disponible .

Données : Charge électrique d'une mole d'électrons : $9,65 \times 10^4$ $C.mol^{-1}$

Masses molaires : $M(Zn) = 65,4\ g.mol^{-1}$; $M(Mn) = 55\ g.mol^{-1}$; $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$

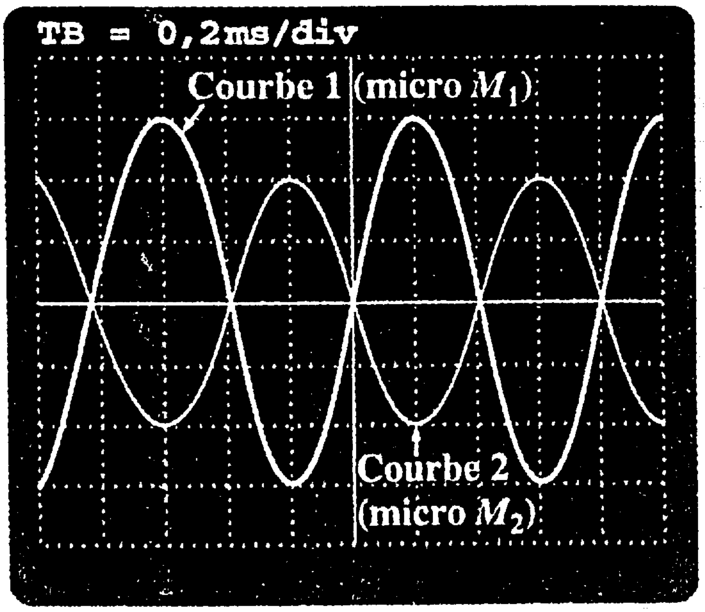


Figure 2

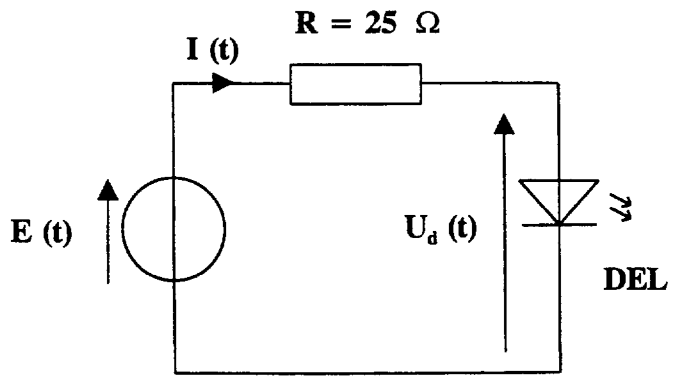
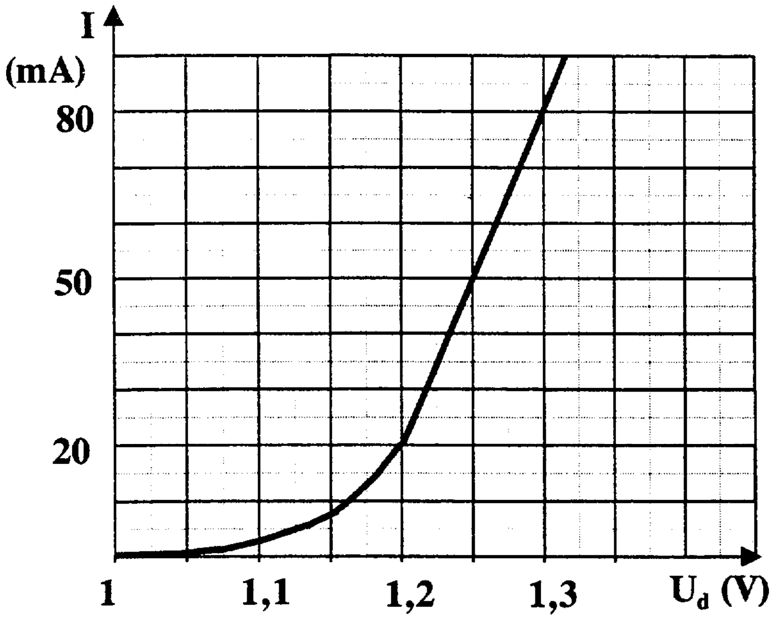


Figure 3



DEL LD 271

Caractéristique I (U_d)

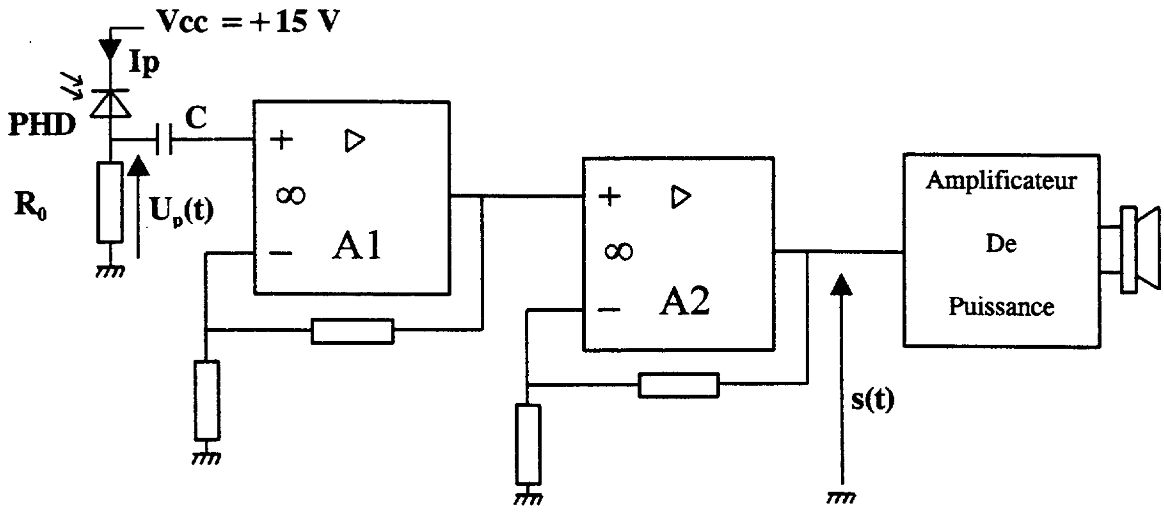


Figure 5

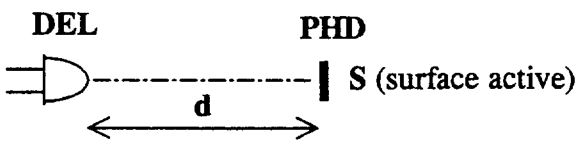


Figure 6

LA STRUCTURE DE LA MATIERE

Nombre d'Avogadro : $N= 6{,}02\times10^{23}$ Charge d'un électron $q_e = -e = -1{,}6\ 10^{-19}$ Coulomb

THERMOMETRIE EQUATION D'ETAT

Mesure des températures Echelle Kelvin $T(K) = t(°C) + 273{,}15$

Les coefficients thermoélastiques :

- $\alpha = (1/V)(\delta V/\delta T)_P$ Coefficient d'augmentation de volume à pression constante
- $\beta = (1/P)(\delta P/\delta T)_V$ Coefficient d'augmentation de pression à volume constant
- $\chi = -(1/V)(\delta V/\delta P)_T$ Coefficient de compressibilité isotherme

Dilatation linéaire des solides et des liquides $\Delta V = \alpha\, V_0 \Delta T$ et $\Delta L = aL_0\Delta T$

Equation d'état des gaz parfaits $PV= nRT = mrT$ $R = 8{,}314\ J.mol^{-1}.K^{-1}$

STATIQUE ET DYNAMIQUE DES FLUIDES

Pression dans les fluides $P_A=P_B + \rho g h$

Principe d'archimède $P_{Archimède}= \rho V g$

Equation de Bernoulli $(P_2-P_1)+ \rho (V_2^2 - V_1^2)/2 + \rho g (h_2 - h_1) + \rho J = \rho W_m$

ρJ perte de charge (≥ 0) — En l'absence de machine $W_m= 0$

W_m Energie massique de la machine — Machine = Pompe $W_m > 0$

Machine = Turbine $W_m< 0$

CHALEUR ET TRAVAIL. PREMIER PRINCIPE DE LA THERMODYNAMIQUE

Chaleur massique et chaleur molaire $\delta Q = m\, c\, dT$ $\delta Q = n\, C\, dT$

Chaleur latente massique et molaire $\delta Q = l\, dm$ $\delta Q = L\, dn$

Humidité relative $H_r = m / m_s$ m : masse de vapeur d'eau présente dans 1 m^3 d'air à T°

m_s: masse de vapeur d'eau présente dans 1 m^3 d'air saturé à T°

Expression du travail : Cas général $\delta W = - P_e dV$ Cas d'une transformation réversible $\delta W = - P\, dV$

Enthalpie $H = U + P V$

Premier principe de la thermodynamique $dU = \delta Q + \delta W$

Equation d'une transformation adiabatique et réversible $PV^\gamma = cste$

DEUXIEME PRINCIPE. ENTROPIE

Egalité de Clausius : $\frac{Q_1}{T_1}+\frac{Q_2}{T_2} = 0$

Pour une transformation réversible $\Delta S = \int (\delta Q / T)$

Pour une transformation irréversible $\Delta S > \int (dQ / T)$

Pour un moteur réversible suivant le cycle de carnot $\eta_{rev}= 1-(T_f / T_c)$

Efficacité d'une machine thermique $e = \frac{|Q_c|}{|W|}$ ou $\frac{|Q_f|}{|W|}$ selon le type de machine

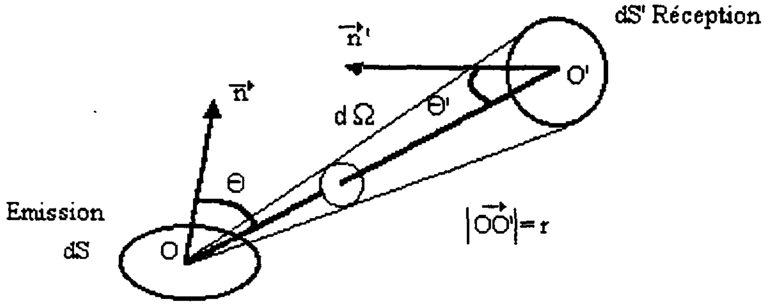
TRANSMISSION DE LA CHALEUR

Loi de fourier $\delta Q = \Phi\, dt = \varphi\, S\, dt = - \lambda (dT/d x) S\, dt$

Cas du mur plan en régime permanent $\varphi = \Delta T/R = \Delta T (\lambda/e)$

Loi de la convection (loi de Newton) $\delta Q = \Phi\, dt = \varphi\, S\, dt = h_c (T_f - T_s) S\, dt$

Grandeurs énergétiques relatives au rayonnement :



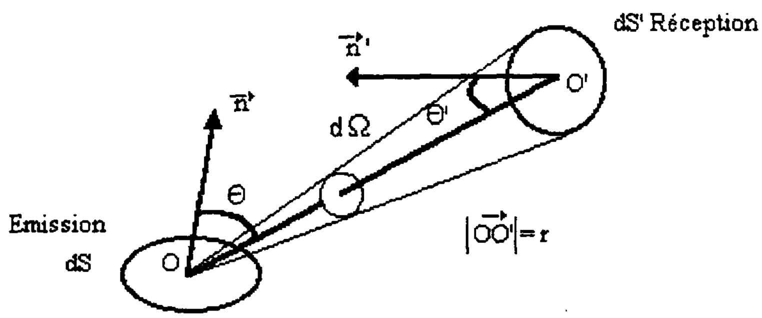
$d\Omega$ = angle solide sous lequel on voit dS'
$d\Omega'$ = angle solide sous lequel on voit dS

Eclairement $E = d\Phi/dS'$ W m^{-2} Emittance $M = d\Phi/dS$ W m^{-2}
Intensité $I = d\Phi/d\Omega$ W sr^{-1} Luminance $L = d\Phi/(\ d\Omega\ dS \cos\theta\ )$ W m^{-2} sr^{-1}
avec $d\Omega = (\ dS' \cos\theta'\ )/r^2$ angle solide en stéradians

Loi de Lambert $M = \pi L$
Loi de Stefan et Boltzman $M = \varepsilon \sigma T^4$ $\sigma = 5{,}7 \times 10^{-8}$ (W m^{-2} K^{-4}) ε émissivité = 1 pour le corps noir
Loi de Planck $L_\lambda = C_1 \lambda^{-5} / (\ \exp(\ C_2/\lambda T\ ) - 1)$ $C_1 = 11{,}9 \times 10^{-17}$ W m^{-2} sr^{-1}
$C_2 = 1{,}44$ m K
Loi de Wien $\lambda_{Max} {*} T = 2{,}9 \times 10^{-3}$ m K
Echanges thermiques entre deux milieux à des tempèratures différentes, en régime permanent :
$\Phi = \varphi S = K \Delta T S$ K = cste (en W m^{-2} K^{-1}) $1/K = 1/h_i + 1/h_e + \Sigma_i R_i$

LES ONDES SONORES

Célérité :	$c = (\ 1/\chi\rho\ )^{1/2} = (\ p\gamma/\rho\ )^{1/2} = (\ \gamma RT/M\ )^{1/2}$	
Intensité :	$I = p^2/\rho c$	
Niveaux sonores :	$N_p = 10 \log (\ p^2/p_0^2\ )$	$p_0 = 2\ 10^{-5}$ Pascals
(noté N ou L)	$N_I = 10 \log (\ I / I_0\ )$	$I_0 = 10^{-12}$ W / m^2
	$N_W = 10 \log (\ W / W_0\ )$	$W_0 = 10^{-12}$ W
Formule de Sabine :	$T = 0{,}16\ V / A$	
	T = temps de réverbération (s) A = aire d'absorption équivalente (m^2)	
	$A = \Sigma \alpha_i S_i = \alpha S$ S_i = élément de surface S = surface totale	
	α_i = coefficient d'absorption de l'élément de surface S_i	
	α = coefficient moyen d'absorption	
	V = volume du local	
Isolement brut	$I_b = N_{I1} - N_{I2} = R + \log (\ A / S\ )$	
Indice d'isolement	$n_i = 10 \log (\ 1 / \tau\ )$	
Coeff. de transmission :	$\tau = \Sigma S_i \tau_i / \Sigma S_i$	
Isolement normalisé :	$I_n = I_b - 10 \log (\ A/A_0\ )$	$A_0 = 10\ m^2$



dΩ : angle solide sous lequel on voit dS'
dΩ' : angle solide sous lequel on voit dS

Flux lumineux :	Φ_{lum}	Lumen (lm)
Intensité lumineuse :	$I_{lum} = d\Phi_{lum}/d\Omega$	Candela (Cd)
Eclairement lumineux :	$E_{lum} = d\Phi_{lum}/dS'$	Lux (Lx)
Luminance lumineuse :	$L_{lum} = d\Phi_{lum}/d\Omega.dS.\cos\theta$	Cd/m^2
Efficacité lumineuse :	$e_{lum} = \Phi_{lum}/\Phi$	lm/W
Lois de Descartes :	Reflexion :	$i = i'$
	Réfraction :	$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

ELECTRICITE

Valeur moyenne d'une fonction périodique : $f_{moy} = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt$

Valeur efficace d'une fonction périodique : $f_{eff} = [\frac{1}{T}\int_0^T f^2(t)\,dt]^{1/2}$

$f(t) = A\sin\omega t$ $f_{moy} = 0$ $f_{eff} = \frac{A}{\sqrt{2}}$

Amélioration du facteur de puissance $C = (P/U^2\omega)(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\varphi')$

Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance :
$U_c = a + b\exp(-t/\tau)$ $\tau = RC$

Oscillations libres d'un circuit R, L, C série, q est la charge du condensateur :
$d^2q/dt^2 + 2\lambda\,(dq/dt) + \omega_0^2 q = 0$ $\lambda = R/2L$ λ coefficient d'amortissement
$\omega_0^2 = 1/LC$ ω_0 pulsation propre
$R_c = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ R_c résistance critique
$\omega^2 = \omega_0^2 - \lambda^2$ ω pseudo pulsation

Résonance R, L, C série $\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ $f_r = \omega_r/2\pi$
Bande passante $\Delta f = |f_1 - f_2| = (1/2\pi).(R/L)$
Facteur de qualité $\omega_r/\Delta\omega = f_r/\Delta f$

ELECTROTECHNIQUE

Transformateur parfait $\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1} = m$

Moteur asynchrone :

$\Omega_S = \omega / p$ Ω : vitesse de rotation du moteur

Ω_S : vitesse de synchronisme

ω : pulsation des courants statoriques

ω_r : pulsation des courants rotoriques

p : nombre de paires de pôles

$g = (\Omega_S - \Omega) / \Omega_S = (N_S - N) / N_S$ = glissement

FORMULAIRE DE CHIMIE

LES COMBUSTIONS

Pouvoir comburivore : V_a = volume d'air sec, mesuré dans les conditions normales, nécessaire à la combustion de 1 kg de combustible liquide ou solide (ou 1 m^3 de combustible gazeux)

Pouvoir fumigène sur fumées humides : V_f = volume des fumées mesuré dans les conditions normales, libéré par la combustion de 1 kg de combustible solide ou liquide (ou 1 m^3 de combustible gazeux).

Pouvoir fumigène sur fumées séches : V'_f = volume des fumées, mesuré dans les conditions normales, libéré par la combustion de 1 kg de combustible solide ou liquide (ou 1 m^3 de combustible gazeux), lorsque la vapeur d'eau est condensée.

Teneur en $CO_2 = V(CO_2) / V'_f$

OXYDO-REDUCTION