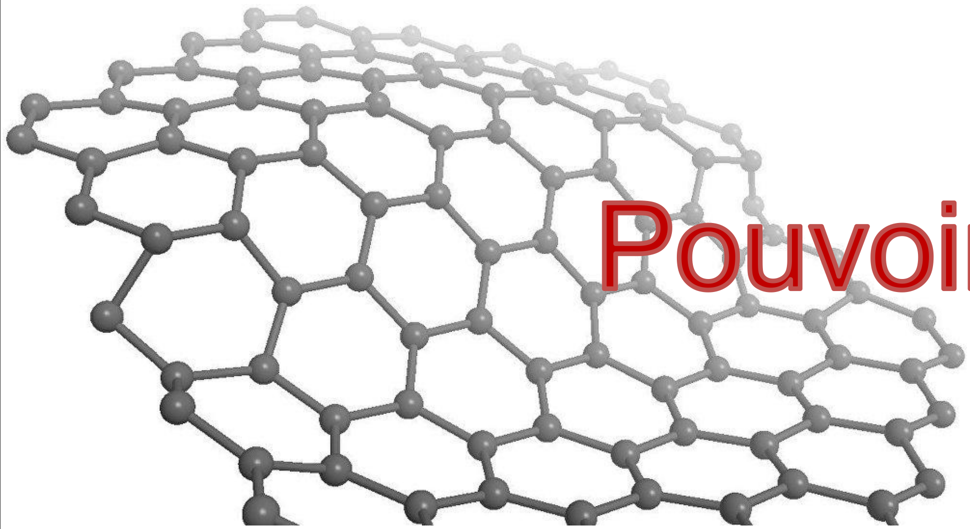
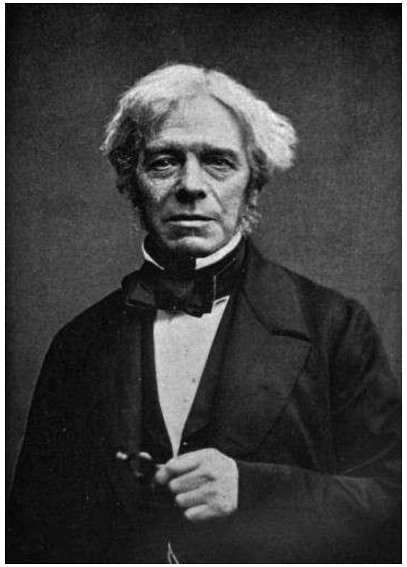
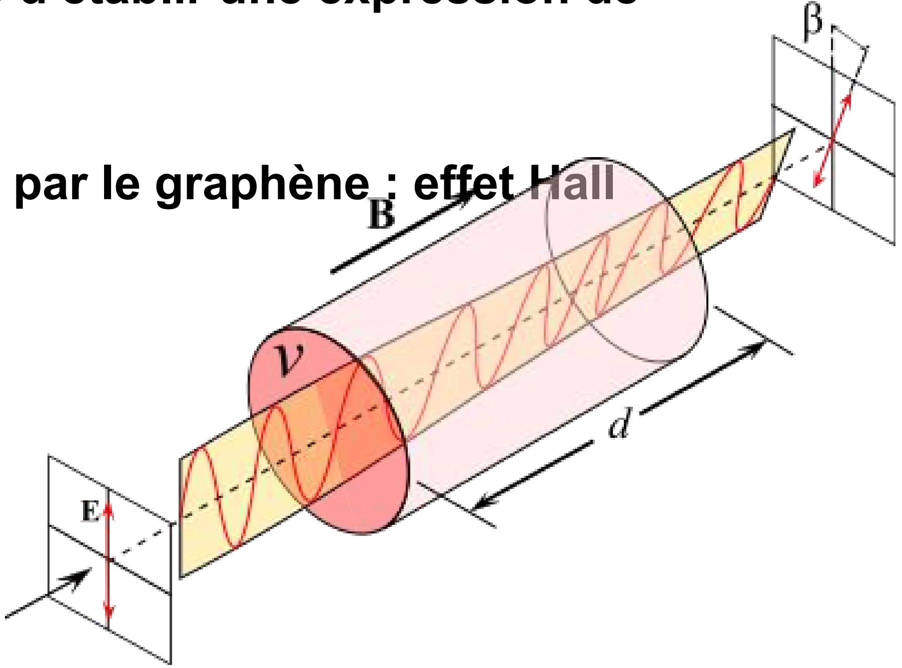


Pouvoir rotatoire d'un milieu matériel



- Description microscopique classique du phénomène de biréfringence induit : l’effet Faraday dans un diélectrique homogène en vue d’établir une expression de la constante de Verdet.

- Description microscopique de l’effet faraday produit par le graphène : effet Hall quantique.équations trouvées



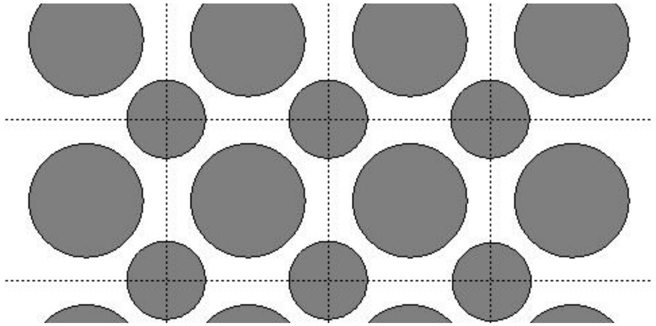
Équations de Maxwell dans les milieux

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_{\text{libres}} \qquad \textbf{(MG)}$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \qquad \textbf{(M}\Phi\textbf{)}$$

$$\vec{\nabla} \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \textbf{(MF)}$$

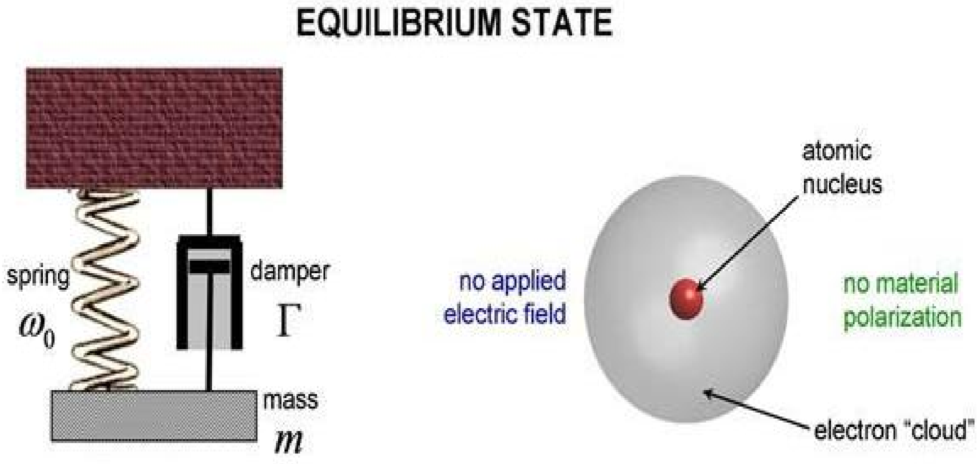
$$\vec{\nabla} \wedge \vec{H} = \vec{j}_{\text{libres}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad \textbf{(MA)}$$

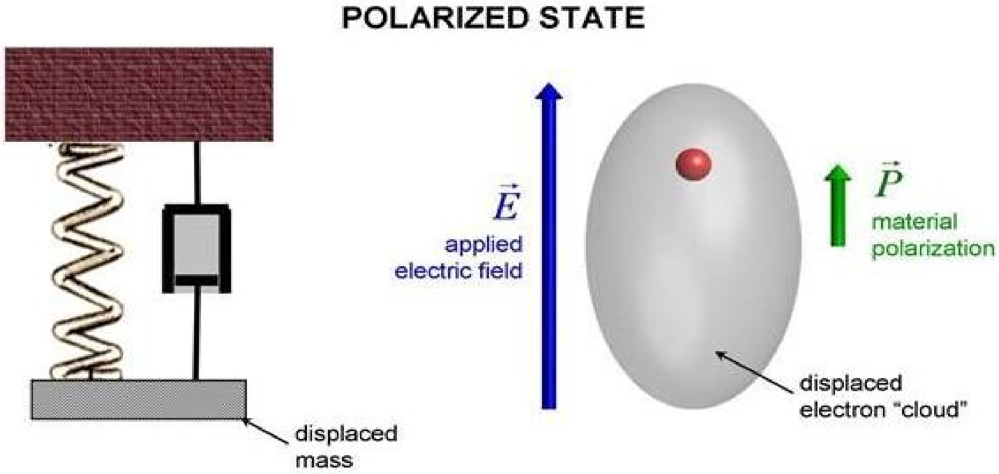


Le vecteur de polarisation et le vecteur de l'aimantation constituent des sources induites dans le milieu.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_o} - \vec{M} \qquad \vec{D} = \epsilon_o \vec{E} + \vec{P}$$

Une relation contitutive du milieux $\Longrightarrow$ $\boxed{\vec{P} = \epsilon_o \chi_e \vec{E}}$ $\boxed{\vec{D} = \epsilon\, \vec{E}}$ avec $\boxed{\epsilon = \epsilon_o(1 + \chi_e)}$



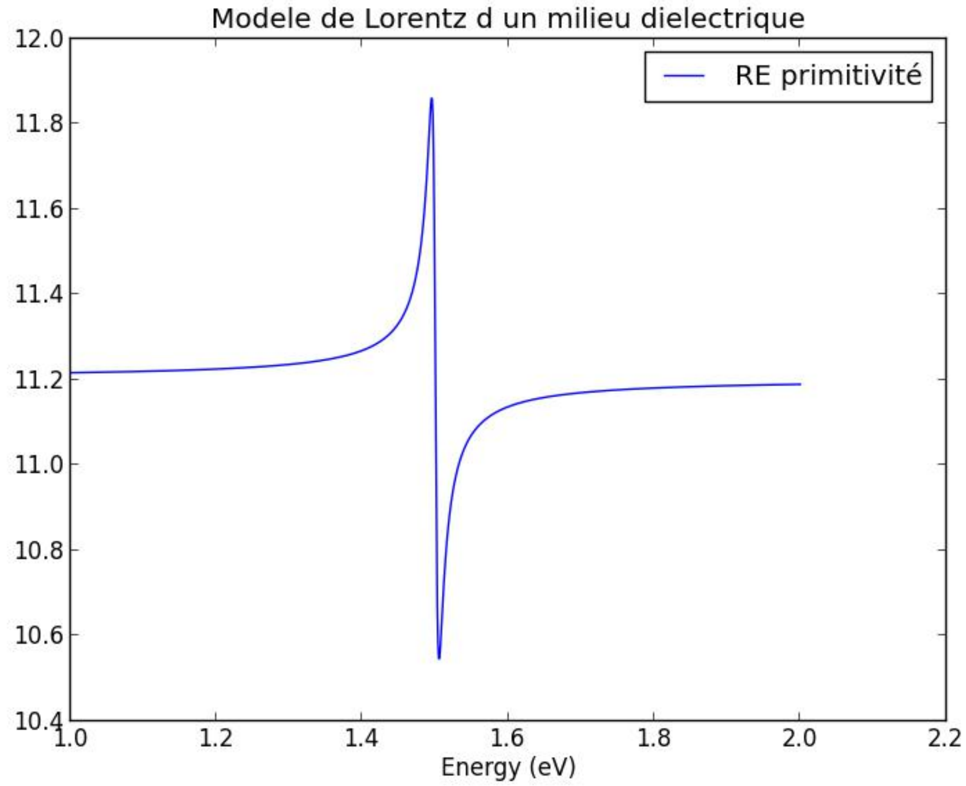


Le modèle de Drude-Lorentz

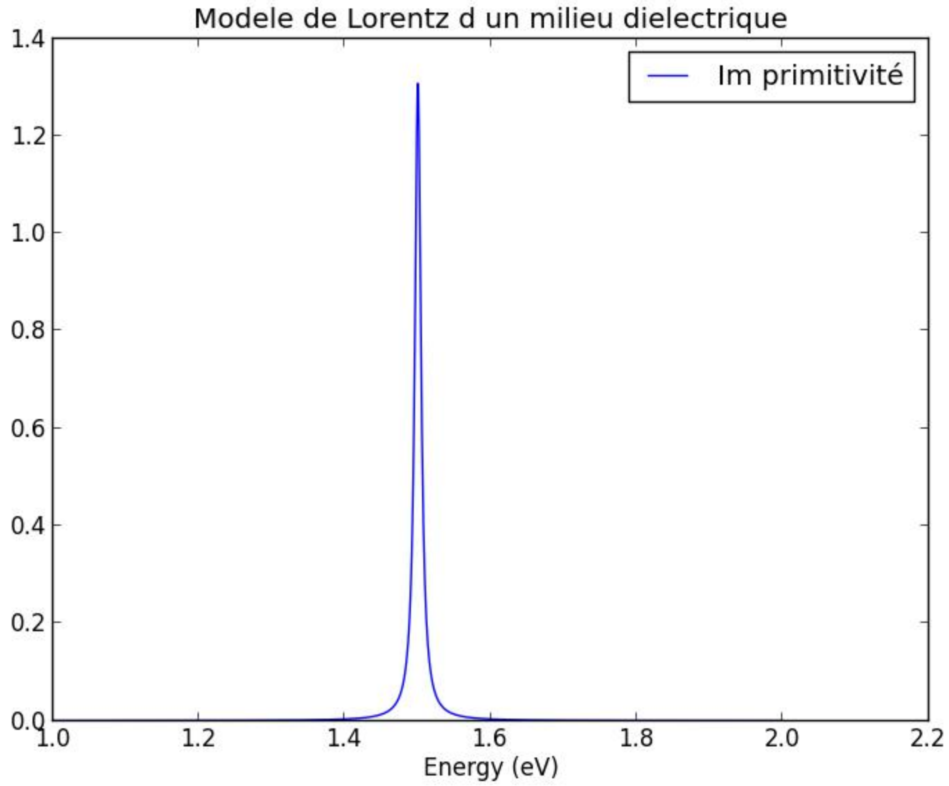
$$\underbrace{m\frac{\mathrm{d}^2\vec{u}}{\mathrm{d}t^2}}_{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(\text{quantité de mouvement})} = \underbrace{e\left(\vec{E}+\frac{\mathrm{d}\vec{u}}{\mathrm{d}t}\wedge\vec{B}\right)}_{\text{force de Lorentz}} - \underbrace{\frac{m}{\tau}\frac{\mathrm{d}\vec{u}}{\mathrm{d}t}}_{\text{force de frottement}} - \underbrace{K\vec{u}}_{\text{force de rappel}}$$

$$-\omega^2\underline{u} + i\omega\gamma\underline{u} + \omega_o^2\underline{u} = \frac{e}{m}E_o \iff \boxed{\underline{u}(\omega) = \frac{\frac{e}{m}}{\omega_o^2-\omega^2+i\omega\gamma}E_o} \qquad P = Np = Neu$$

$$\boxed{\underline{\epsilon}(\omega) = \epsilon_o + \frac{\epsilon_o\omega_p^2}{\omega_o^2-\omega^2+i\omega\gamma}} \qquad \boxed{\omega_p^2 = \frac{Ne^2}{m\epsilon_o} \quad \text{(pulsation plasma)}}$$

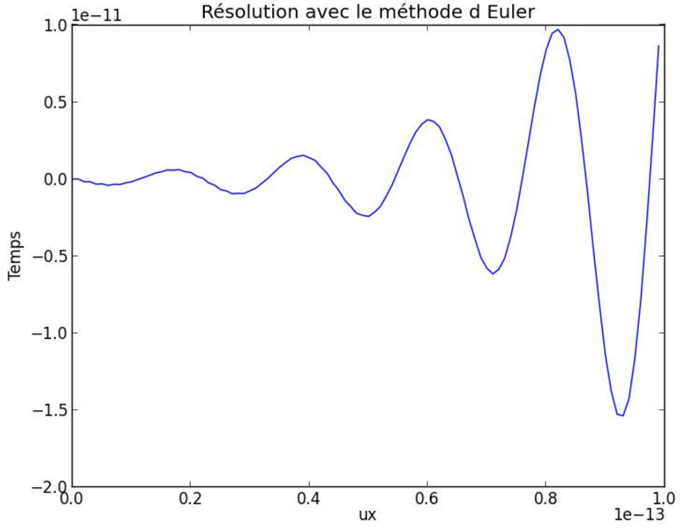


Modele de Lorentz d un milieu dielectrique
RE primitivité
12.0
11.8
11.6
11.4
11.2
11.0
10.8
10.6
10.4
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
Energy (eV)



Modele de Lorentz d un milieu dielectrique
Im primitivité
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
1.0
1.2
1.4
1.6
1.8
2.0
2.2
Energy (eV)

les valeurs du champ magnétique statique envisagées ici sont de l'ordre du Tesla



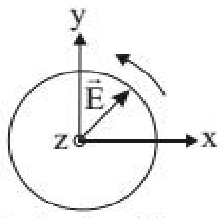
$$-m\omega^2 \overrightarrow{u} = -m\omega_0^2 \overrightarrow{u} - e\overrightarrow{E} - j\omega e B_0(u_y \overrightarrow{e_x} - u_x \overrightarrow{e_y})$$

$$m(\omega_0^2-\omega^2)u_x + j\omega eB_0u_y = -eE_x \quad , \quad m(\omega_0^2-\omega^2)u_y - j\omega eB_0 u_x = -eE_y$$

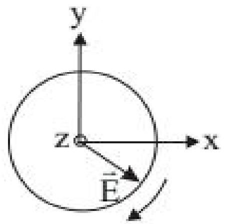
$$\boxed{\underline{\vec{E}} = E_0 e^{j(kz-\omega t)}\vec{e}_x = \frac{E_0}{2}e^{j(kz-\omega t)}(\vec{e}_x + j\vec{e}_y) + \frac{E_0}{2}e^{j(kz-\omega t)}(\vec{e}_x - j\vec{e}_y) = \underline{\vec{E}}_{cir}^{gauche} + \underline{\vec{E}}_{cir}^{droite}}$$

$$u_\pm = u_x \pm j u_y,\ E_\pm = E_x \pm jE_y,$$

$$u_\pm = -e\frac{E_\pm}{m(\omega_0^2-\omega^2)\pm e\omega B_0}$$



Onde circulaire gauche



Onde circulaire droite

$$\boxed{P_\pm = \frac{N e^2/m}{-\omega^2 \mp \frac{e}{m}B\,\omega + \omega_0{}^2}E_\pm}$$

$$n_\pm^2 = 1 + \frac{Ne^2}{\epsilon_0[m(\omega_0^2-\omega^2)\pm e\omega B_0]}$$

$$n_\pm \simeq \sqrt{1+\frac{Ne^2}{m\epsilon_0[\omega_0^2-(\omega\mp\omega_c/2)^2]}}$$

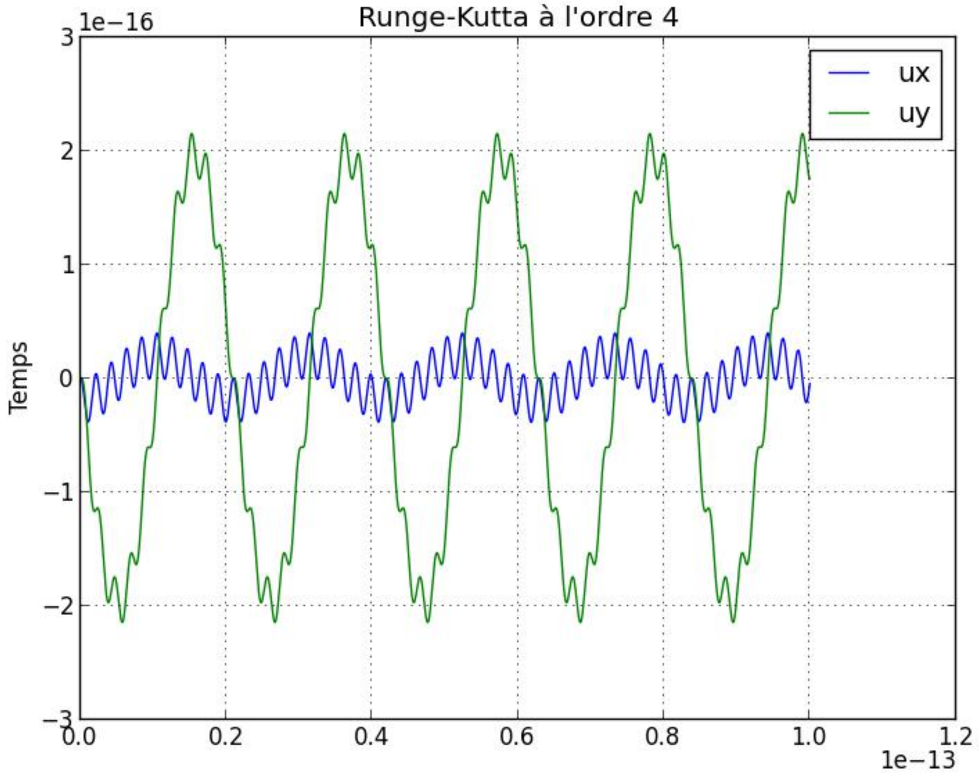
$$\boxed{E_0\cos(\omega t - k_1 z)(\cos k_2 z\,\overrightarrow{e_x} + \sin k_2 z\,\overrightarrow{e_y})}$$

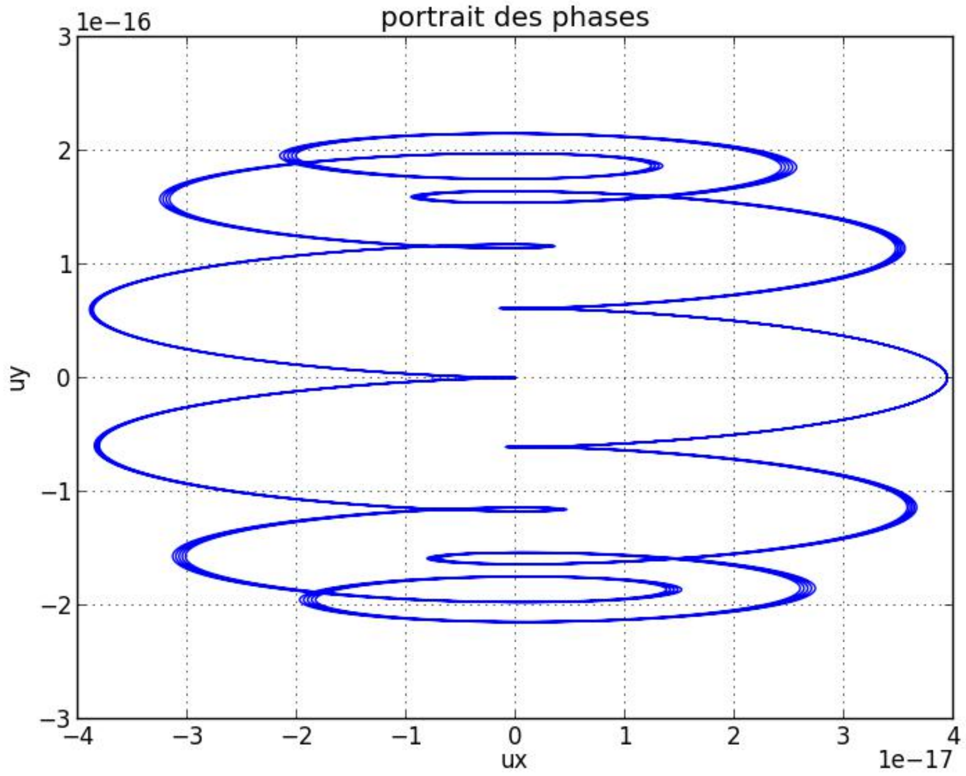
$$k_1 = \frac{k_+ + k_-}{2} \text{ et } k_2 = \frac{k_-}{}$$

$$k_2 \simeq \frac{e}{2mc}B_0\,\omega\frac{dn}{d\omega}(\omega)$$

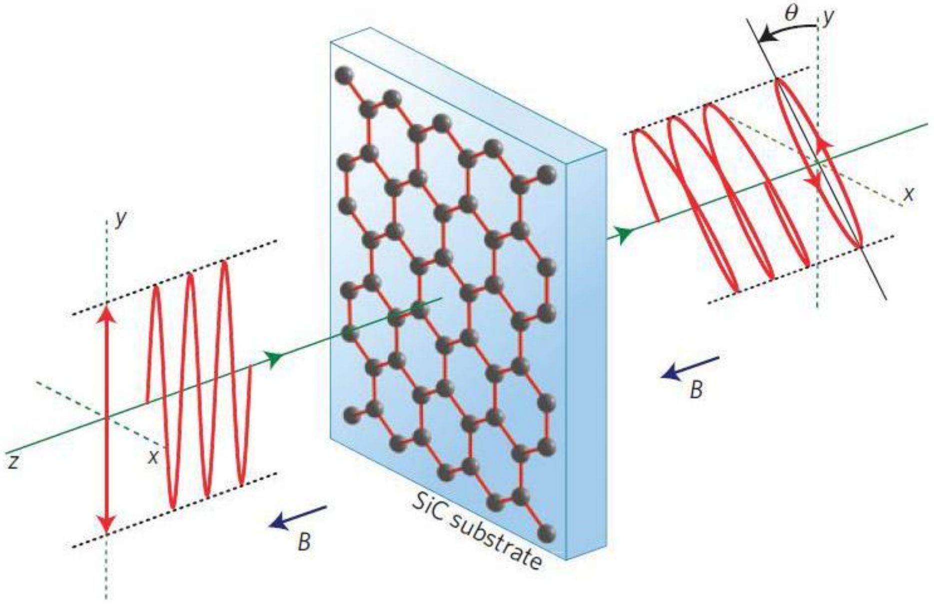
$$\boxed{\theta = K_v\ B_0\ L}$$

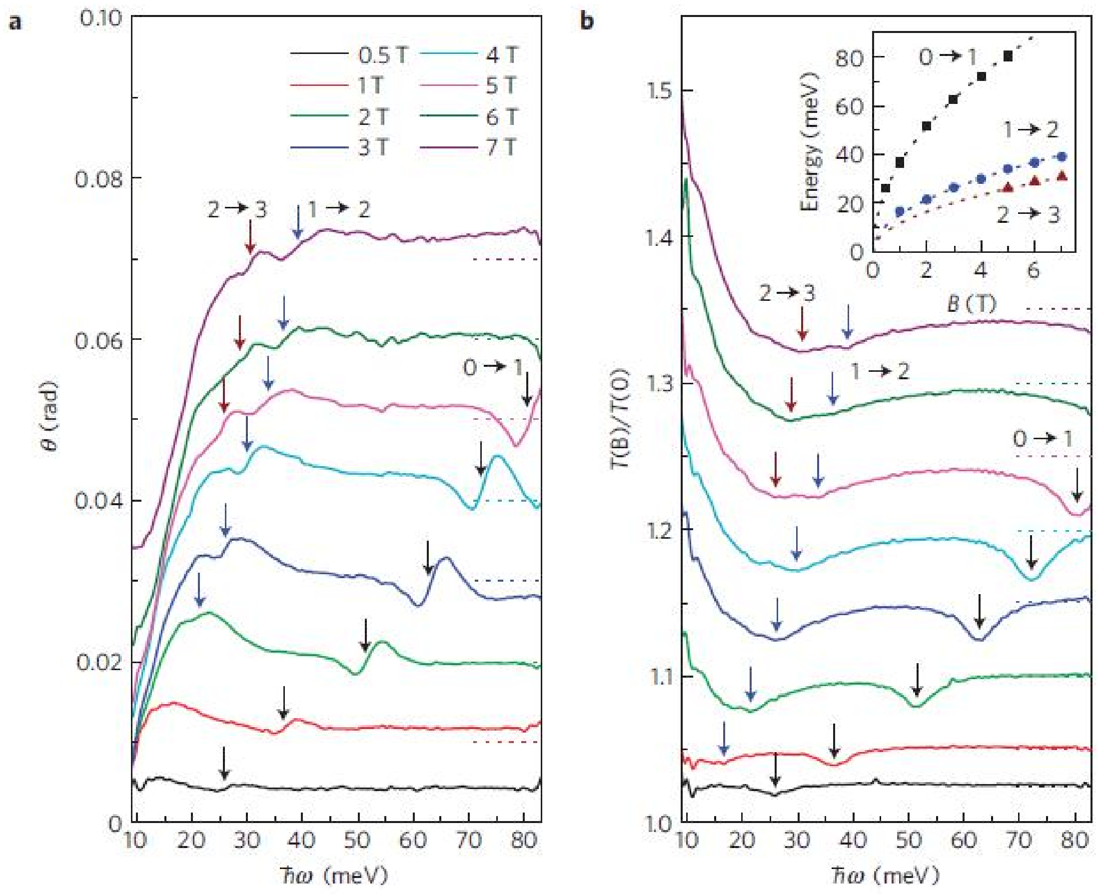
$$K_v = \frac{Ne^3}{2m^2c\ \epsilon_0}\ \frac{\omega^2}{(\omega_0^2-\omega^2)^2}$$


Runge-Kutta à l'ordre 4
1e−16
ux
uy
Temps
3
2
1
0
−1
−2
−3
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1e−13

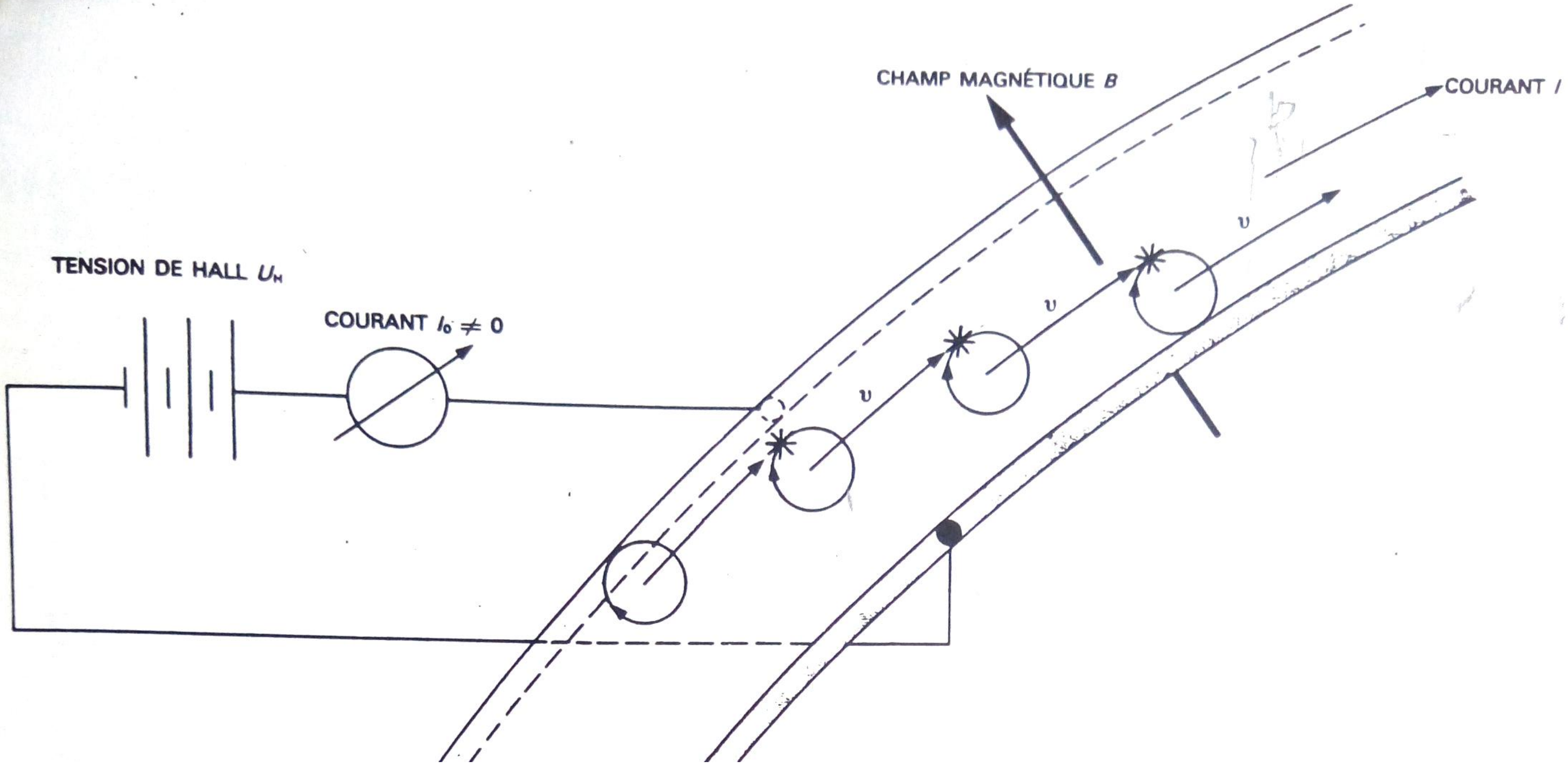

portrait des phases
1e−16
uy
ux
3
2
1
0
−1
−2
−3
−4
−3
−2
−1
0
1
2
3
4
1e−17

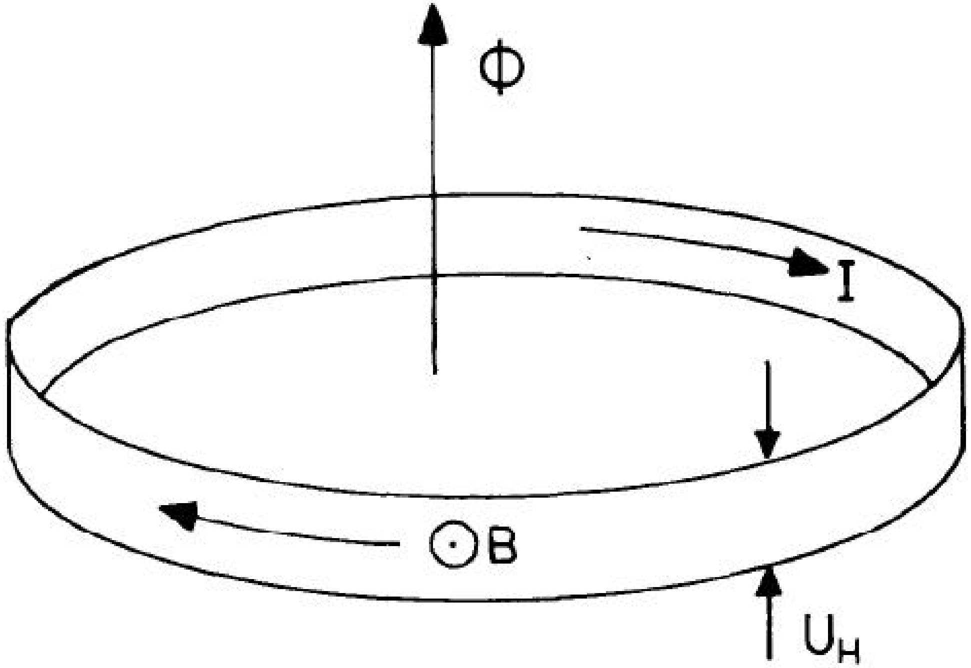
Rotation Faraday produite par le Graphène

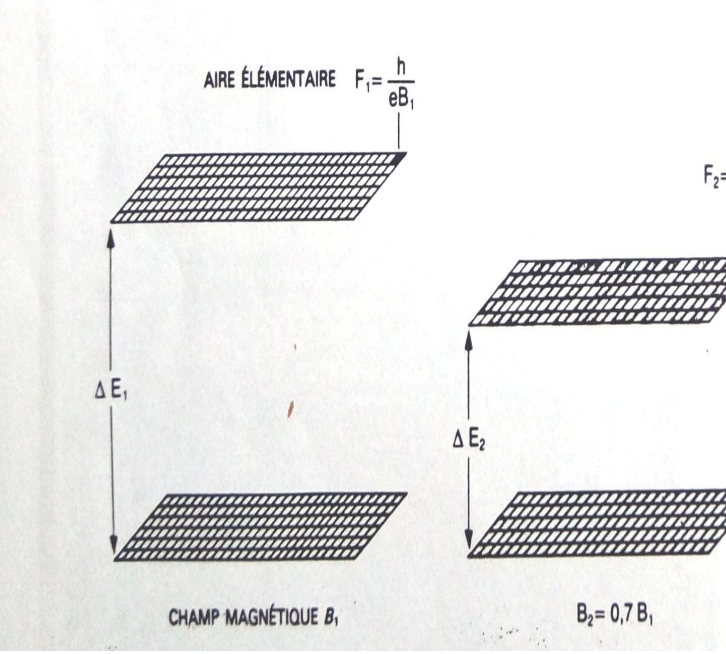


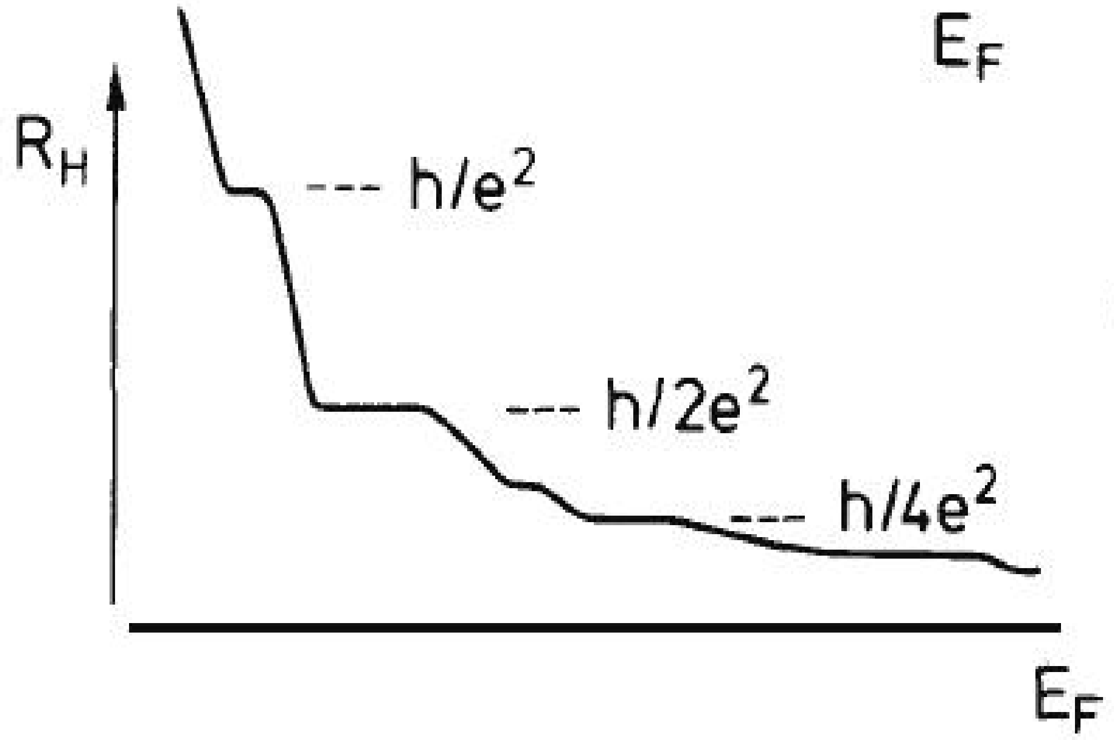


Effet Hall quantique





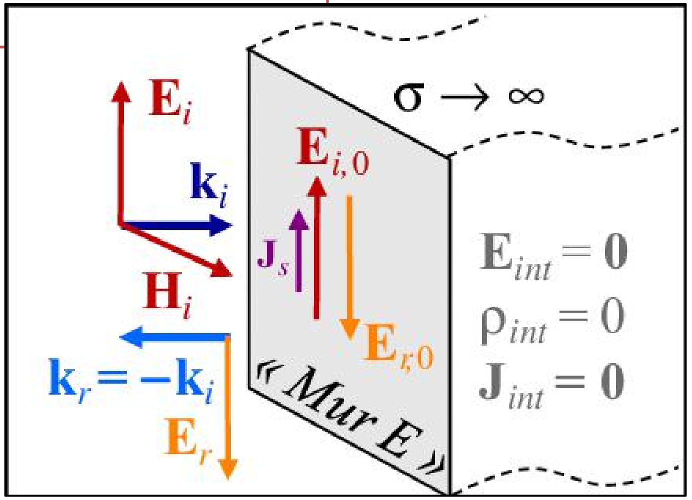

AIRE ÉLÉMENTAIRE $F_1 = \frac{h}{eB_1}$
$F_2 = \frac{h}{eB_2}$
$F_3 = \frac{h}{eB_3}$
ΔE_1
ΔE_2
ΔE_3
CHAMP MAGNÉTIQUE B_1
$B_2 = 0,7\ B_1$
$B_3 = 0,25\ B_1$

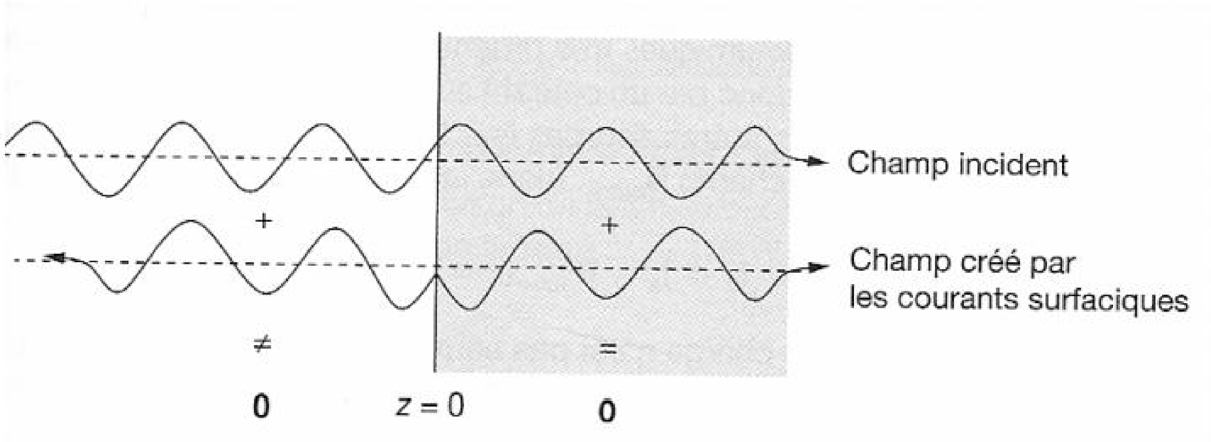

E_F
R_H
h/e^2
$h/2e^2$
$h/4e^2$
E_F

c)

Une nappe de courant surfacique

Modèle du conducteur parfait





Js = Jd*d : densité de courant surfacique crée par l'onde incidente progressive.

L'onde incidente <u>**E**</u> génere un courant surfacique $\vec{j}_s = \dfrac{2}{\mu_0 c}\vec{E}_{0i}e^{i\omega t}$

$$\boxed{\Delta\vec{E} - \mu_0\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} = \vec{0}}$$

$$\vec{E}_{air} - \vec{E}_{conducteur} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\vec{n}_{cond\to air} \qquad et \qquad \vec{B}_{air} - \vec{B}_{conducteur} = \mu_0\vec{j}_s \wedge \vec{n}_{cond\to air}$$

$$(\vec{B}_i + \vec{B}_r)_{z=0} = \mu_0\vec{j}_s \wedge \vec{u}_z$$

Champ éléctromagnétique créé par des nappes de courant harmonique

Le plan xOy est parcoure par un courant de densité surfacique de courant $\vec{j}_s = j_0 \cos(\alpha\, y)\, \vec{u}_x$.

$\boxed{\vec{B}(M) = B(M)\vec{e_y}}$ invariant par translation parallèle à Ox et Oy

D'après les équations de Maxwell dans le vide : $$\vec{\Delta}\vec{B} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

La solution générale est de la forme $f = A\exp\left[i\frac{\omega}{c}z\right] + B\exp\left[-i\frac{\omega}{c}z\right]$

$\underline{\vec{B}}(z,t) = A\exp\left[i\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_y}$ pour $z > 0$ et

$\underline{\vec{B}}(z,t) = A'\exp\left[i\omega\left(t + \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_y}$ pour $z < 0$.

pour $z > 0$, $\vec{E} = \vec{B} \times c\,\vec{e_z}$, donc $\boxed{\underline{\vec{E}}(z,t) = c\,A\exp\left[i\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_x}}$

pour $z < 0$, $\vec{E} = \vec{B} \times \left(-c\,\vec{e_z}\right)$, donc $\boxed{\underline{\vec{E}}(z,t) = -c\,A'\exp\left[i\omega\left(t + \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_x}}$

$$\boxed{A = -\frac{\mu_0 J_{S0}}{2} = -A'}$$

$$\underline{\vec{E}}(z,t) = -\frac{\mu_0 c}{2} J_{s0} \exp\left[i\omega\left(t - \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_x} \text{ pour } z > 0$$

$$\underline{\vec{E}}(z,t) = -\frac{\mu_0 c}{2} J_{s0} \exp\left[i\omega\left(t + \frac{z}{c}\right)\right]\vec{e_x} \text{ pour } z < 0.$$

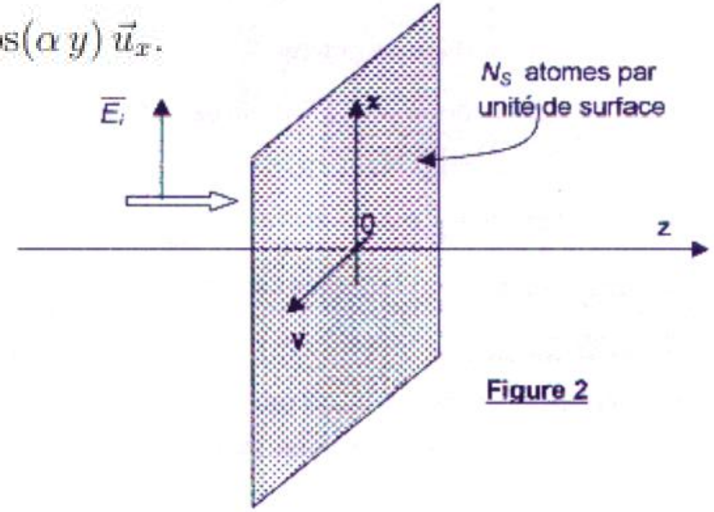
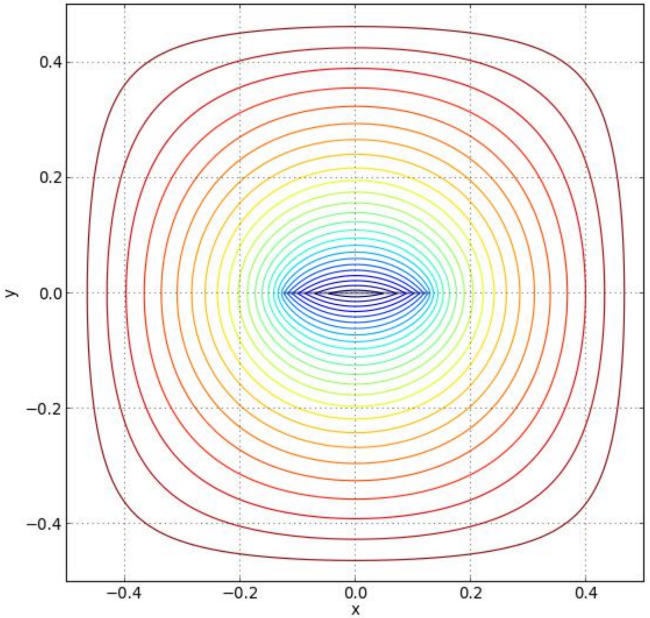
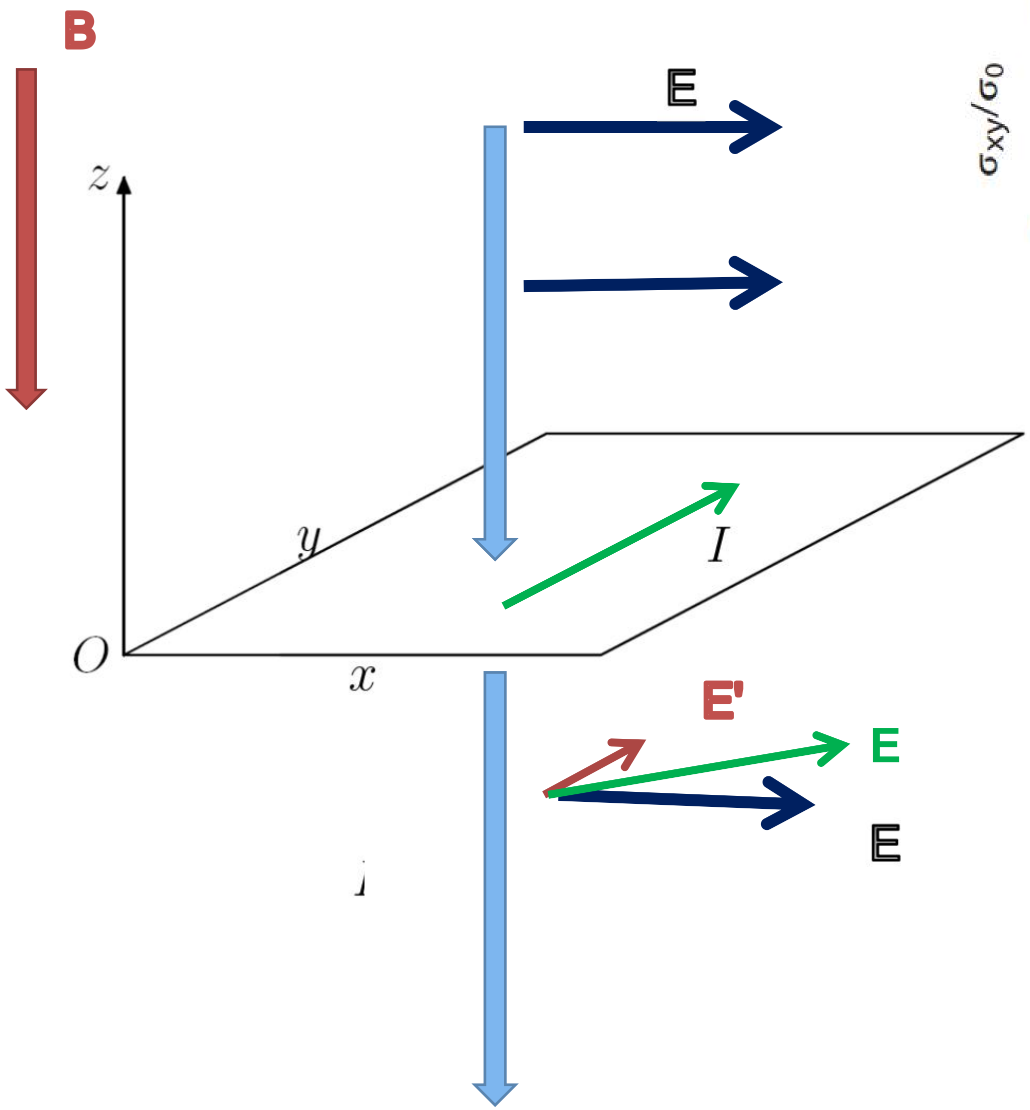
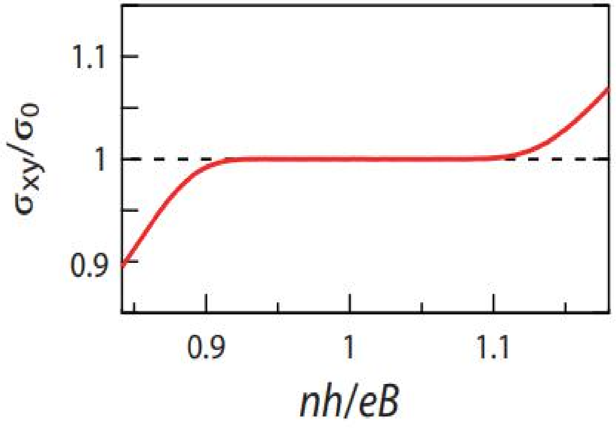
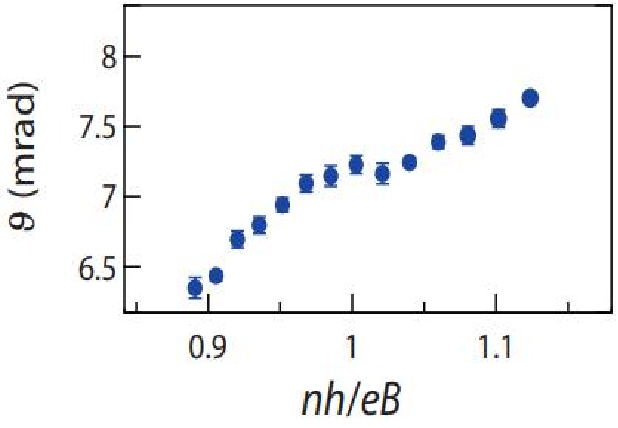


Figure 2









On suppose que E oscille selon x : dans les conditions de l'effet Hall quantique, il apparaît alors une densité de courant superficielle js parallèle à y ! Et rien dans la direction x !

L'angle de rotation étant très faible

$$\Theta = \tan(E'/E) = E'/E$$

$$E' = (\mu\, c\, j_s)/2$$
$$= E\,(\mu\, c\, e^2)/2h$$

$$\Theta = e^2 / 4\, \varepsilon\, \pi\, \hbar$$

la constante de structure fine !