

FIGURE 1 – Antenne dipolaire (©) et champ électrique rayonné.

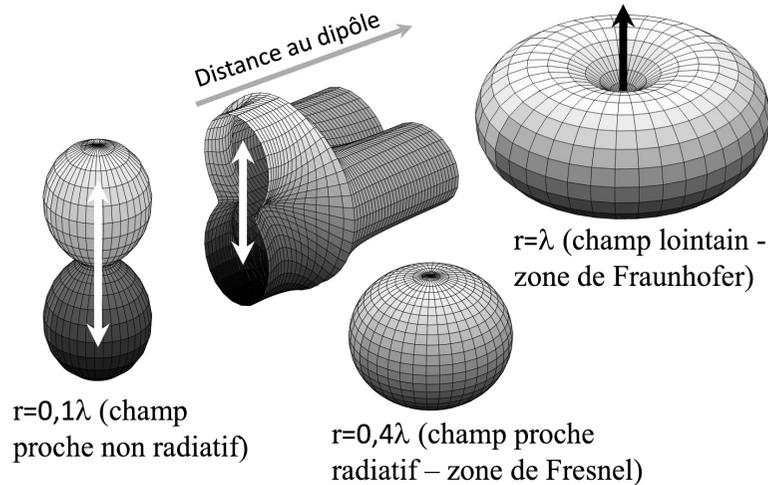


FIGURE 2 – Intensité du champ électrique dipolaire en fonction de la distance au dipôle (au centre), représentée à différentes distances : $r = 0,1\lambda$, $r = 0,4\lambda$ et $r = \lambda$. L'orientation du dipôle oscillant est représentée par une double flèche.

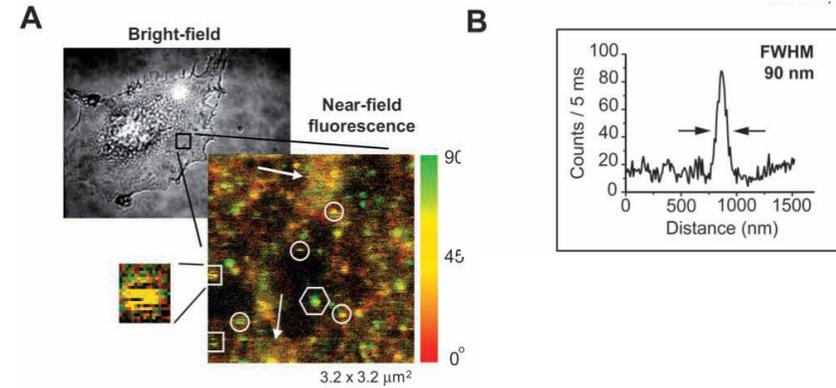


FIGURE 3 – Image en champ proche optique de fibroblastes (cellules qui produisent les fibres collagènes de la peau) révélant des informations très nettement sub-longueur d'onde ($\lambda \sim 500$ nm). D'après de Lange *et al*, J. of Cell Science **114**, 4153 (2001) (©).

Exemple 1 Pour un dipôle oscillant $\vec{p}(t) = p_0 \cos \omega t \vec{e}_z$, placé au centre d'un repère sphérique, le champ électromagnétique rayonné en champ lointain ($r \gg \omega/c$) s'écrit :

$$\vec{E}(r, \theta, t) = -\frac{\mu_0 \omega^2}{4\pi r} p_0 \sin \theta \cos \left[\omega \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] \vec{e}_\theta$$

$$\vec{B}(r, \theta, t) = -\frac{\mu_0 \omega^2}{4\pi r c} p_0 \sin \theta \cos \left[\omega \left(t - \frac{r}{c} \right) \right] \vec{e}_\varphi$$

- 1 - Montrer que l'expression des champs sont conformes aux invariances et plans de symétrie du dipôle.
- 2 - Justifier que localement le champ électromagnétique présente une structure d'onde plane progressive, se propageant radialement.
- 3 - Préciser la polarisation du rayonnement dipolaire. Effectuer un schéma du champ et du dipôle dans un repère sphérique.

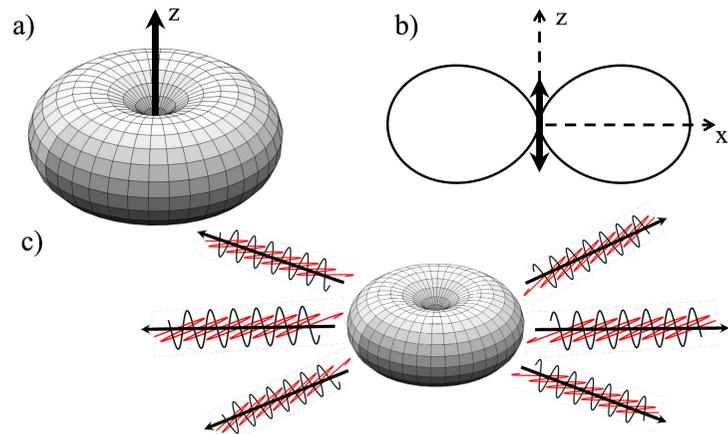


FIGURE 4 – a) Diagramme de rayonnement 3D et b) représentation usuelle en coupe. c) Diagramme de rayonnement et polarisation du champ électromagnétique rayonné (noir/dans le plan de la figure : $\vec{E}(t)$, rouge/perpendiculaire : $\vec{B}(t)$).

Exemple 2 Le champ électromagnétique rayonné en champ lointain par un dipôle s'écrit en coordonnées sphériques par :

$$\vec{E}(r,\theta,t) = \frac{\mu_0\omega^2}{4\pi r} p_0 \sin\theta \cos\left[\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)\right] \vec{e}_\theta$$

$$\vec{B}(r,\theta,t) = \frac{\mu_0\omega^2}{4\pi rc} p_0 \sin\theta \cos\left[\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)\right] \vec{e}_\varphi$$

- 1 - Évaluer le vecteur de Poynting et sa valeur moyenne.
- 2 - Calculer le flux du vecteur de Poynting sur une sphère de rayon R. Ce résultat dépend-il de R ? Conclure.

Données :

- surface sphérique infinitésimale : $d^2S = R^2 \sin\theta d\theta d\phi$;
- $\int_0^\pi \sin^3\theta d\theta = 4/3$

Exemple 3 Les clichés de la figure ci-dessous sont pris sans (à gauche) et avec polariseur (à droite).



- 1 - Justifier que la lumière diffusée par les molécules de l'atmosphère paraît bleue. En déduire que la lumière d'un soleil couchant est rouge.
- 2 - En utilisant le diagramme de rayonnement, déterminer l'orientation des dipôles dans le ciel pour que la lumière parvienne sur l'appareil photo.
- 3 - En utilisant le fait que l'onde issue du soleil est une onde transverse, en déduire une justification de la bande sombre sur le cliché de droite.

Données : pour le dipôle en champ lointain :

- Champ électrique : $\vec{E}(r,\theta,t) = -\frac{\mu_0}{4\pi r} \omega^2 p_0 \sin\theta \cos\left[\omega\left(t - \frac{r}{c}\right)\right] \vec{e}_\theta$
- Moyenne du vecteur de Poynting : $\langle \vec{\Pi}(M,t) \rangle = \frac{\mu_0\omega^4}{32\pi^2 c} \frac{\sin^2\theta}{r^2} p_0^2 \vec{e}_r$