14. Répartition spatiale des files de VORTEX-LUMIÈRE

On considère donc que les ondes électromagnétiques et la lumière (qui est un cas particulier d'ondes EM mais évidemment très important) sont constituées de files de vortex.
Ces files de vortex présentent un écartement angulaire pour des files concourantes et un pas en distance pour des files parallèles.
Une valeur minimum moyenne de l'angle entre deux files de vortex concourantes et de la distance entre deux files de vortex parallèles, correspondant au pas angulaire et au pas spatial, est obligatoire.
On peut montrer aisément que sinon le nombre de files de vortex serait infini, même dans un volume limité, ce qui n'est pas possible physiquement.
En revanche, rien n'interdit d'avoir des écartements angulaires et spatiaux supérieurs à ces valeurs minimales.

14.1 Répartition angulaire des files de VORTEX

La répartition angulaire des files de vortex explique les variations du gain d'une antenne en fonction de la direction visée.
La figure ci-dessous représente une coupe à élévation ou site nul du gain d'une antenne, c'est-à-dire que le gain est fonction de l'azimut qui va de 0 à 360 degrés.

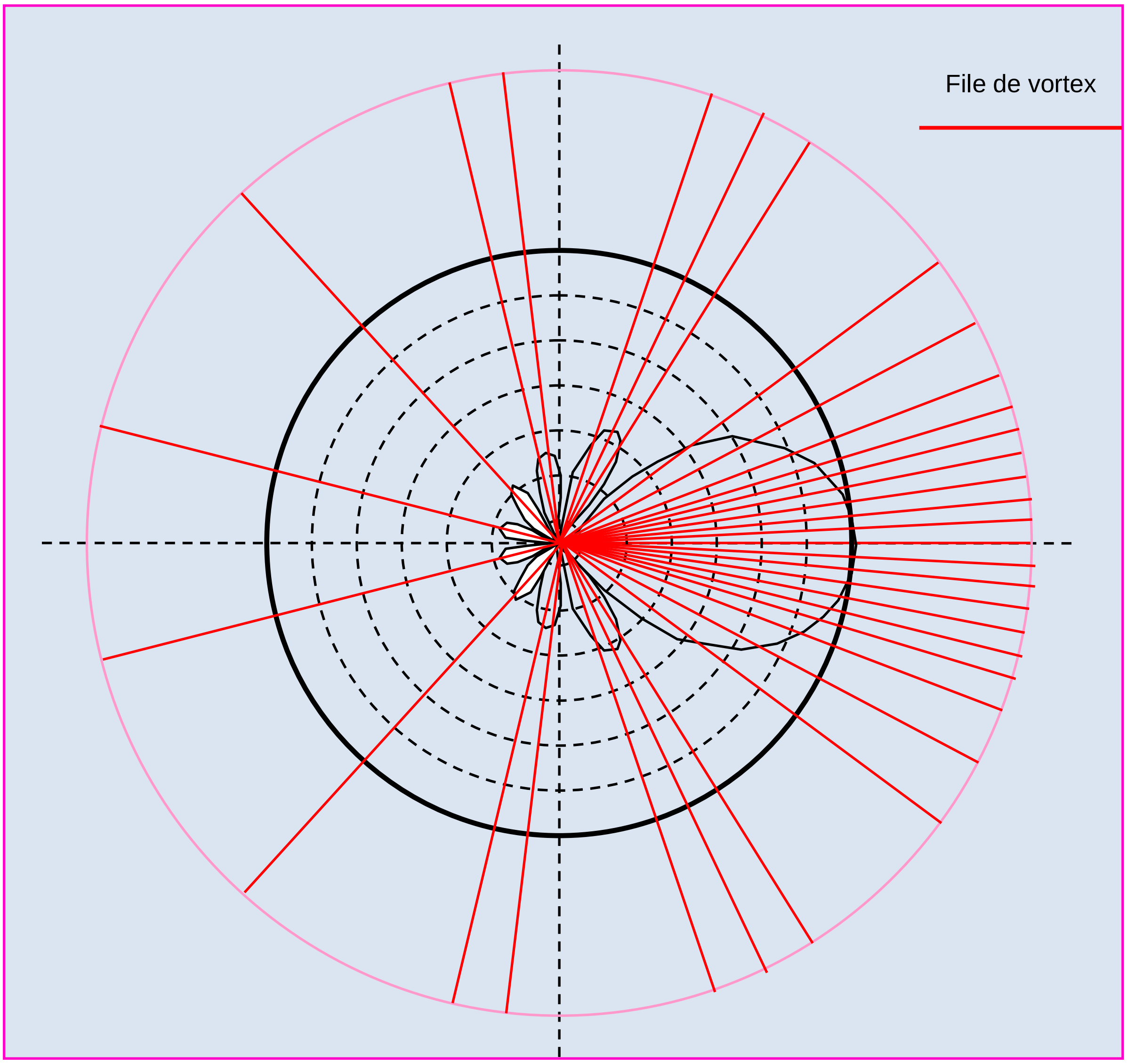

Figure 1 : Répartition angulaire des files de Vortex

En raisonnant en coordonnées sphériques, dans une direction (θ_0, φ_0), les files de vortex sont séparées de la valeur $\varepsilon(\theta_0)$ pour la direction θ_0 et $\varepsilon(\varphi_0)$ pour la direction φ_0.
On considère la surface élémentaire inscrite sur le cercle de rayon R et centrée sur l'antenne. La surface est vue du point O avec les angles θ et φ qui décrivent les intervalles [θ_0-$\delta\theta$, θ_0+$\delta\theta$] et [φ_0-$\delta\varphi$, φ_0+$\delta\varphi$].
Si on appelle $P_{émise}$ la puissance de l'émetteur, l'expression de la puissance reçue par la surface considérée sera donc la suivante :

$$P_{reçue}(\vartheta_0,\varphi_0)=P_{émise}\int_{\vartheta_0-\delta\vartheta}^{\vartheta_0+\delta\vartheta}\int_{\varphi_0-\delta\varphi}^{\varphi_0+\delta\varphi}\cos(\vartheta-\vartheta_0).\cos(\varphi-\varphi_0)\frac{d\vartheta}{\varepsilon(\vartheta_0)}\frac{d\varphi}{\varepsilon(\varphi_0)}$$

Les files de vortex étant modélisées par des vecteurs, il est nécessaire de projeter les files arrivant sur la surface sur l'axe défini par le vecteur $\overrightarrow{u_z}=\vec{u}(\vartheta_0,\varphi_0)$, d'où l'emploi des deux cosinus directeurs dans l'intégrale (les composantes des vecteurs perpendiculaires à l'axe $\overrightarrow{u_z}=\vec{u}(\vartheta_0,\varphi_0)$ se compensent car on suppose la surface symétrique par rapport aux angles u = θ-θ_0 et v = φ-φ_0).

On a donc $P_{reçue}(\vartheta_0,\varphi_0)=\dfrac{P_{émise}}{\varepsilon(\vartheta_0).\varepsilon(\varphi_0)}\left[\sin(\vartheta-\vartheta_0)\right]_{\vartheta_0-\delta\vartheta}^{\vartheta_0+\delta\vartheta}\left[\sin(\varphi-\varphi_0)\right]_{\varphi_0-\delta\varphi}^{\varphi_0+\delta\varphi}$

D'où l'on a : $P_{reçue}(\vartheta_0,\varphi_0)=\dfrac{4.P_{émise}}{\varepsilon(\vartheta_0).\varepsilon(\varphi_0)}\sin(\delta\vartheta).\sin(\delta\varphi)$.

Si l'on appelle d_θ et d_φ les dimensions de la surface S supposée rectangulaire, on a $\sin(\delta\vartheta)=\dfrac{d_\vartheta/2}{R}$

et $\sin(\delta\varphi)=\dfrac{d_\varphi/2}{R}$ et la surface étant donnée par le produit S = $d_\theta.d_\varphi$, la puissance peut s'écrire

également : $\boxed{P_{reçue}(\vartheta_0,\varphi_0)=\dfrac{P_{émise}}{\varepsilon(\vartheta_0).\varepsilon(\varphi_0)}.\dfrac{S}{R^2}}$.

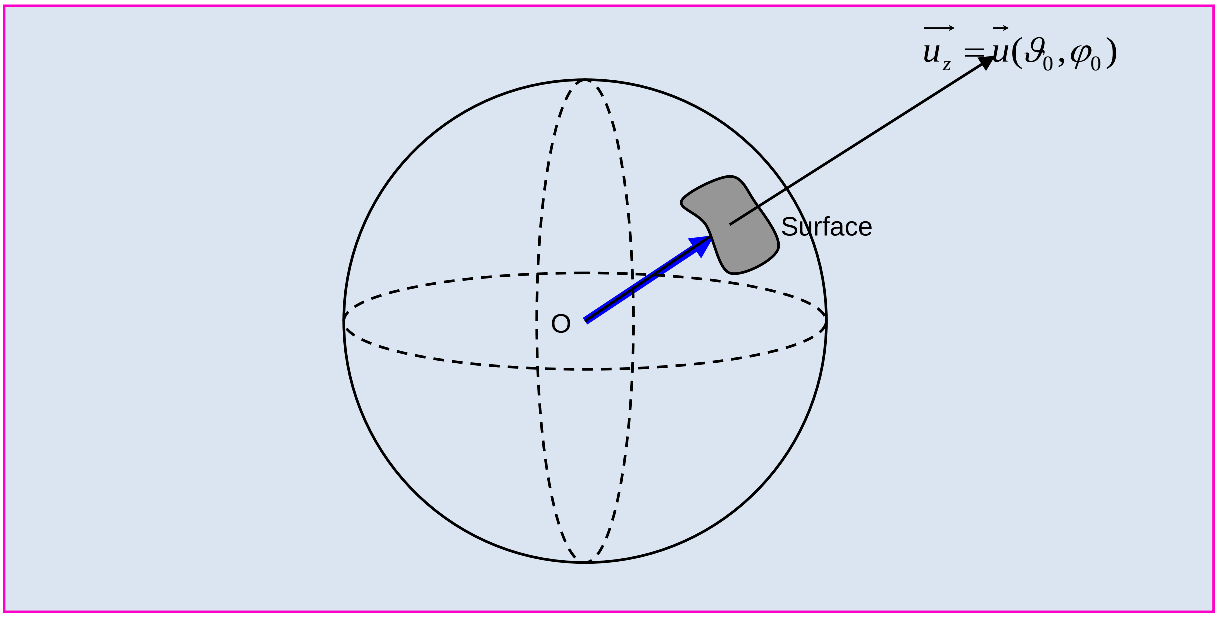

Figure 2 : Puissance reçue par une surface S

La façon classique d'écrire la puissance reçue par une surface S est : $P_{reçue}=P_{émise}.G.\dfrac{S}{4.\pi.R^2}$.

Par comparaison entre les deux dernières formules, le gain de l'antenne dans une direction donnée a donc l'expression suivante : $\boxed{G_{antenne}(\vartheta_0,\varphi_0)=\dfrac{4.\pi}{\varepsilon(\vartheta_0).\varepsilon(\varphi_0)}}$.

En première approximation, **pour le lobe principal d'une antenne**, la formule classique du gain est (pour $\lambda^2 < S$) :

$G_{antenne}(\vartheta_0,\varphi_0)=\dfrac{4.\pi.S}{\lambda^2}$ où S est la surface de l'antenne (voir la remarque ci-dessous).

On a alors la relation suivante pour le lobe principal d'une antenne : $\boxed{\varepsilon(\vartheta_0).\varepsilon(\varphi_0)=\dfrac{\lambda^2}{S}}$.

Pour une antenne rectangulaire de dimensions L_θ et L_φ, on a donc :

$\boxed{\varepsilon(\vartheta_0)=\dfrac{\lambda}{L_\vartheta}}$ et $\boxed{\varepsilon(\varphi_0)=\dfrac{\lambda}{L_\varphi}}$ pour $\lambda < L_\theta$ et $\lambda < L_\varphi$.

Remarque :
La notion de surface apparente d'une antenne découle de ce qu'aucune antenne ne fonctionne sans perte (son efficacité n'est jamais de 100%). Dans la réalité, la surface « efficace » de l'antenne est donc toujours inférieure à sa surface géométriquement mesurée, et ce dans un facteur de 0,6 à 0,7 (facteur d'efficacité K_a).
La surface apparente est donc définie par la relation $S_a = S.K_a$ où :
- S est la surface réelle (géométrique) de l'antenne ;
- S_a est la surface apparente de l'antenne ;
- K_a est le facteur d'efficacité.

Il suffit donc de multiplier le gain par le facteur d'efficacité K_a pour tenir compte des pertes de l'antenne.

14.2 Répartition linéaire des files de VORTEX

L'application d'une répartition en distance avec un pas en distance correspond tout à fait au cas du LASER.
Dans la théorie que je propose, un rayon LASER serait composé d'un paquet de files de vortex toutes parallèles entre elles.
Il est vraisemblable que la distance entre deux files de vortex consécutives soit $\delta d = \lambda/2$ où λ représente la longueur d'onde du LASER.
Enfin, les deux grandes différences entre un rayon LASER et un rayon lumineux « normal » (rayon solaire par exemple) sont les suivantes :
- le rayon LASER est monochromatique c'est-à-dire que tous les photons composant le rayon sont à la même fréquence ;
- les vortex de toutes les files oscillent en phase. Cela veut dire que temporellement les vortex de toutes les files sont émis au même instant et spatialement que, dans n'importe quel cylindre d'axe celui du rayon et de longueur λ, tous les vortex de toutes les files contenus dans le cylindre seront dans le même plan de phase, c'est-à-dire à la même position spatiale comptée le long de l'axe de propagation.

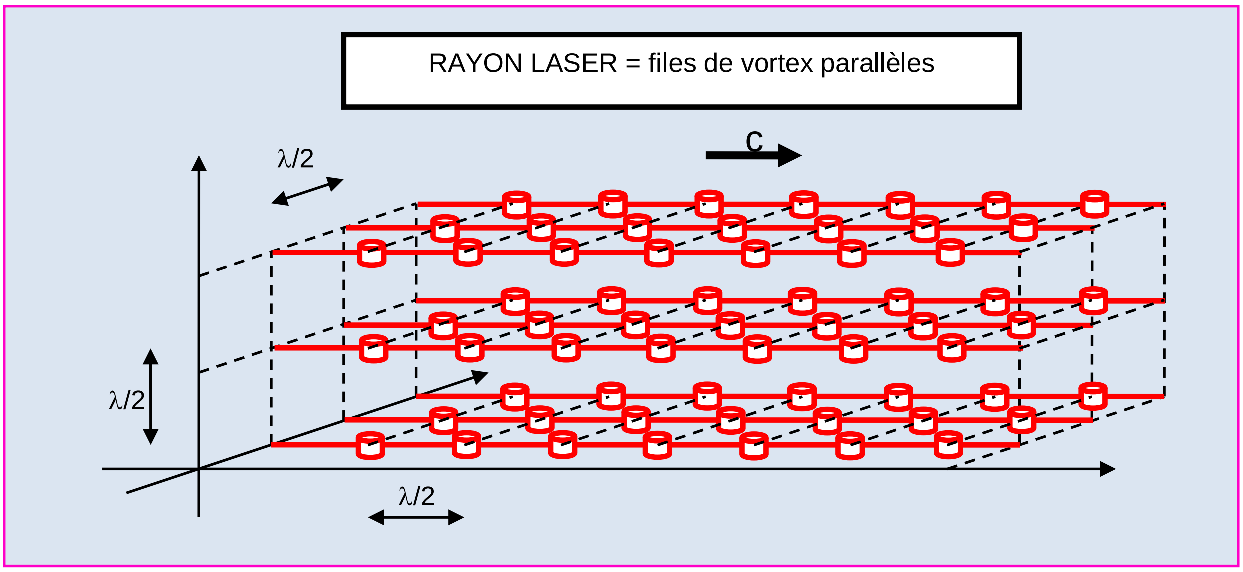

Figure 3 : Files de vortex parallèles (rayon LASER)

Remarque :
On peut également supposer qu'une onde électromagnétique venant de très loin (d'un satellite par exemple) peut être représentée par des files de vortex parallèles, séparées de λ/2, en arrivant sur une parabole située à la surface de la Terre.

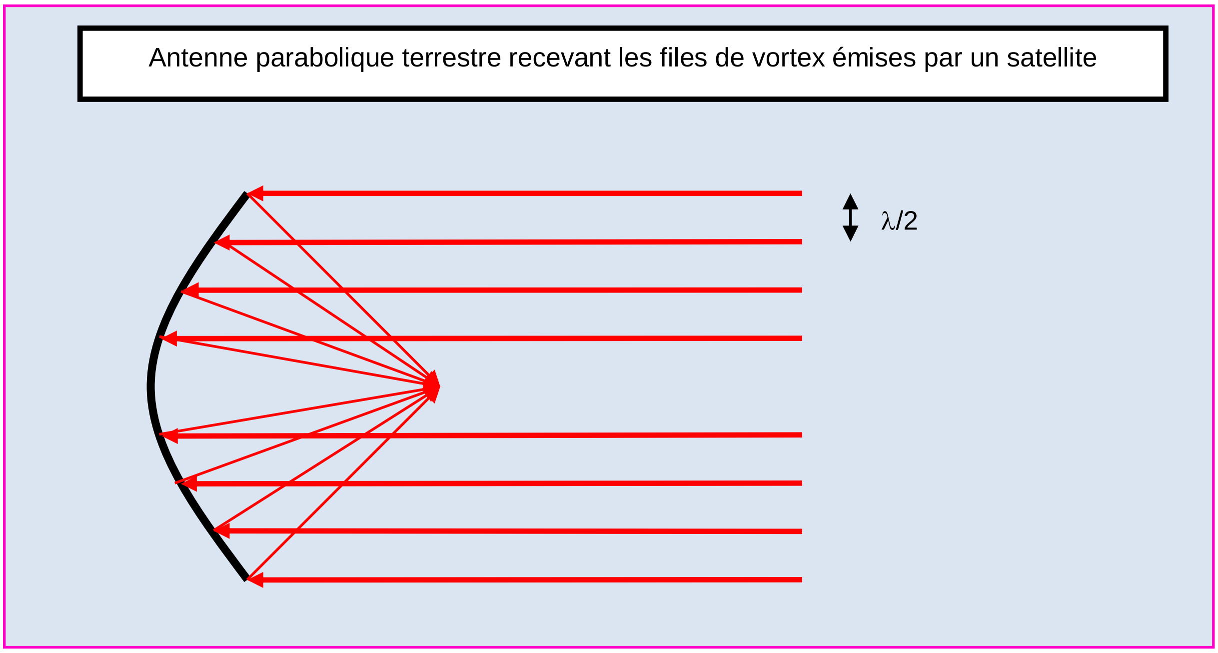

Figure 4 : Files de vortex reçues par une antenne parabolique