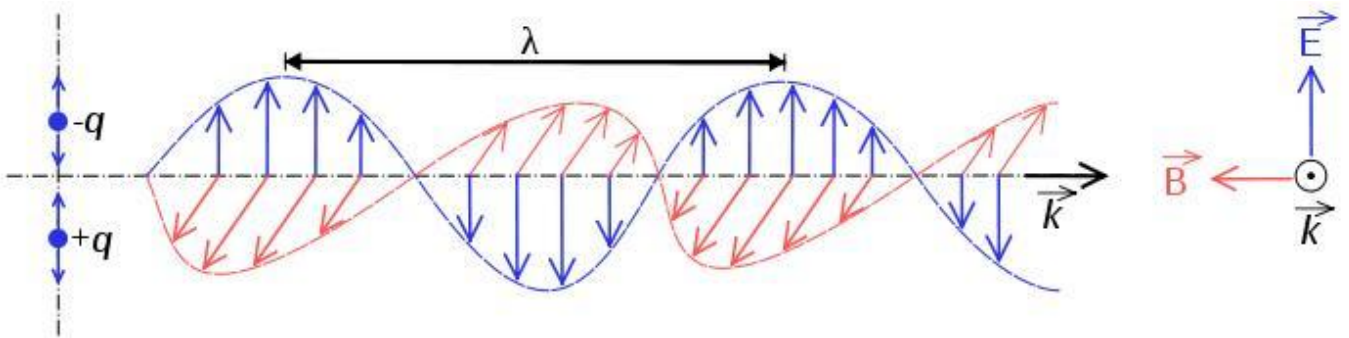


Vers 1875, Maxwell a unifié les phénomènes électriques et magnétiques en les décrivant par quatre équations qui relient les variations du champ électrique \vec{E} et du champ magnétique \vec{B} entre-elles et aux sources de ces champs (charges électriques, courants). Une prédiction de ce modèle est l'existence d'ondes électromagnétiques se propageant à la vitesse de la lumière. La création et l'observation de ces ondes dans le domaine des ondes radio ont amené à la conclusion que la lumière est une forme d'onde électromagnétique.

I/ Généralités

1) Nature des ondes électromagnétiques

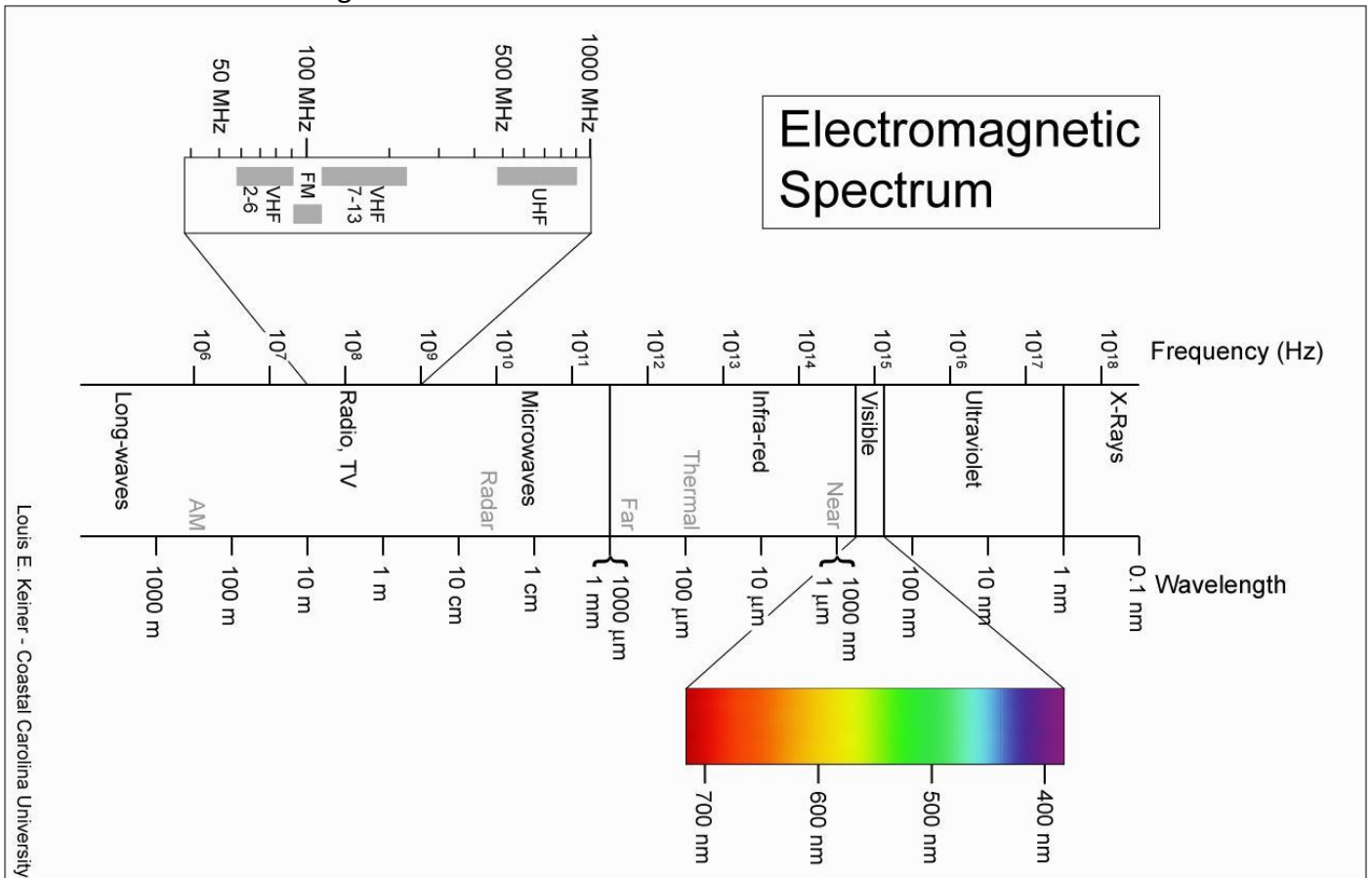
Il s'agit de la propagation d'un champ électrique \vec{E} et d'un champ magnétique \vec{B} , perpendiculaires entre eux et à la direction de propagation. Ces deux champs ne sont pas indépendants. Le vecteur d'onde \vec{k} donne la direction et le sens de propagation. $(\vec{E}, \vec{B}, \vec{k})$ forme un trièdre direct (ces vecteurs sont orientés respectivement suivant le pouce, l'index et le majeur de la main droite). Voir figure ci-dessous.



Pour une onde sinusoïdale, les deux champs ont la même pulsation, c'est-à-dire aussi la même fréquence et la même période, et aussi le même vecteur d'onde, donc la même longueur d'onde.

Les ondes électromagnétiques ont une particularité importantes : elles se propagent dans le vide.

On donne des noms différents aux ondes électromagnétiques selon leur fréquence ou leur longueur d'onde dans le vide. Voir figure ci-dessous :



Nous sommes essentiellement concernés par les domaines infrarouge, visible et ultraviolet. A noter qu'il existe aussi un rayonnement laser X et micro-ondes.

2) Lien entre les ondes EM et ce qu'on voit

L'œil ou les capteurs de lumière ne sont pas assez rapides pour voir les oscillations de l'onde EM lumineuse. Ils ne voient que des valeurs moyennes de l'énergie lumineuse, qui est proportionnelle à $\|\vec{E}\|^2$ dans les milieux transparents non-magnétiques.

Si $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kx)\vec{e}$, la valeur moyenne de $\|\vec{E}\|^2$ est $E_0^2/2$. L'œil ou un détecteur n'est sensible qu'à E_0^2 .

3) Intensité de l'onde lumineuse

On introduit la représentation complexe de l'onde lumineuse $\underline{E} = E_0 e^{i(kx - \omega t)}$. On constate que le détecteur de lumière est sensible à $E_0^2 = \underline{E} \underline{E}^*$.

Dans un milieu d'indice n , on définit l'intensité par $I = n \underline{E} \times \underline{E}^*$.

En général, on mesure l'intensité dans l'air, d'indice $n = 1,00$. Donc $I = \underline{E} \times \underline{E}^*$.

II/ Milieu de propagation : célérité et indice de réfraction

1) Célérité de l'onde

Il s'agit de la vitesse de l'onde dans le milieu considéré. Elle dépend de ce milieu, et éventuellement de la fréquence de l'onde. Si c'est le cas, on dit que le milieu est dispersif. La vitesse de la lumière est maximale dans le vide, où elle vaut $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s.

2) Indice de réfraction

Un milieu transparent est caractérisé par son indice n , tel que $v = c/n$ ou $n = c/v$. L'indice n est un nombre supérieur ou égal à 1 (sans unité). Il dépend du matériau et souvent de la fréquence de l'onde.

Exemple : verre d'un prisme en flint : $n=1,612$ pour le rouge et $1,671$ pour le bleu.

3) Longueur d'onde dans le milieu

La vitesse de la lumière dans un milieu d'indice n vérifie : $v = c/n$ et $v = \omega/k = \omega\lambda/(2\pi)$ où λ est la longueur d'onde dans le milieu. Donc $\omega\lambda/(2\pi) = c/n$.

D'autre part, la vitesse de la lumière dans le vide est $c = \omega\lambda_0/(2\pi)$ où λ_0 est la longueur d'onde dans le vide. On en déduit $\omega\lambda/(2\pi) = \omega\lambda_0/(2\pi n)$, et $\lambda = \lambda_0/n$. La longueur d'onde dans un milieu d'indice n est inférieure à celle dans le vide : on dit que le milieu tasse les longueurs d'onde.