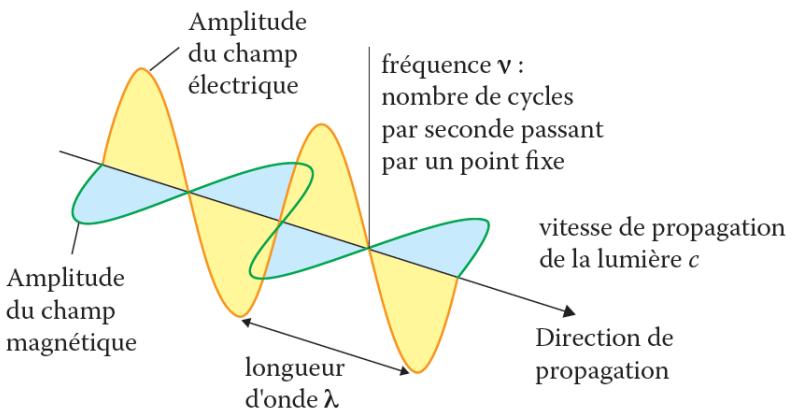
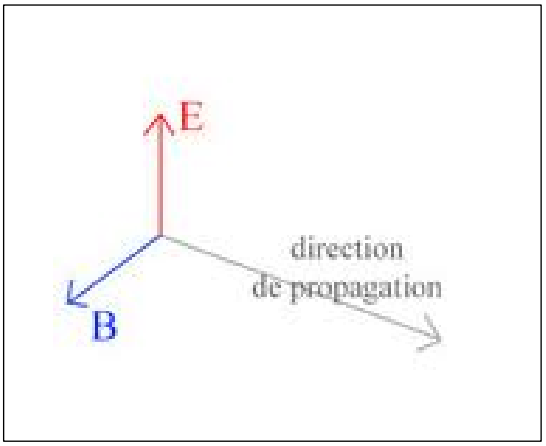
LA POLARISATION

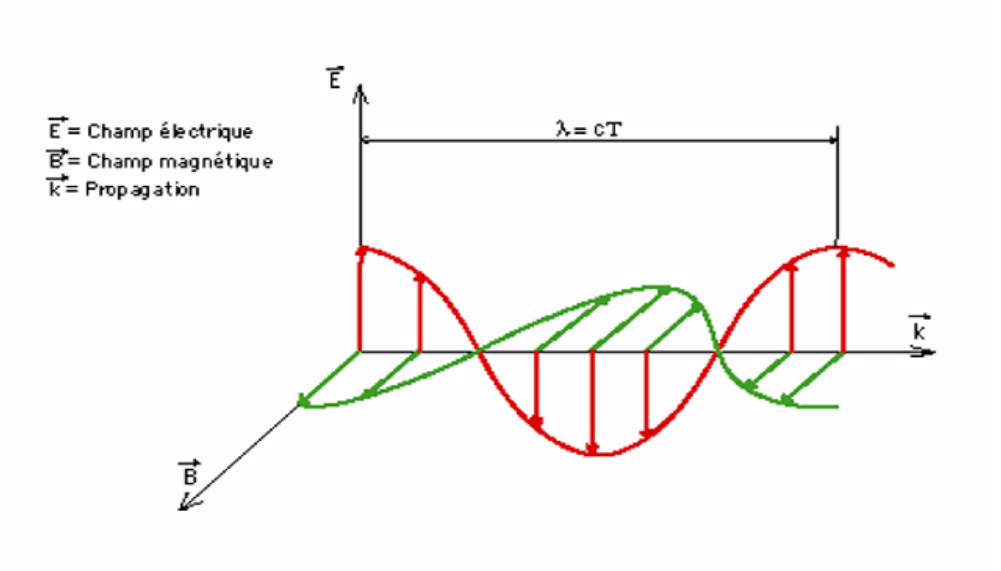
1. Structure d'une onde électromagnétique

a. Définition

La lumière est une onde électromagnétique qui résulte de la propagation d'un champ magnétique $\vec{B}$ et d'un champ électrique $\vec{E}$, perpendiculaires entre eux et perpendiculaires à la direction de propagation $\vec{k}$ du rayon lumineux.



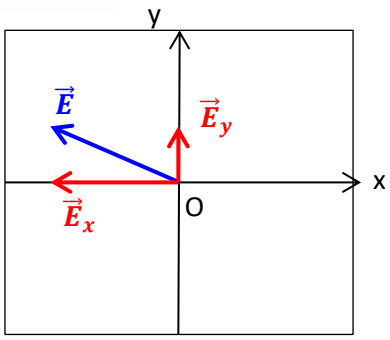




b. Représentation de l'onde électromagnétique

En général on ne représente que le champ électrique $\vec{E}$ car :

- Le champ magnétique $\vec{B}$ est connu si on connait $\vec{E}$;
- L'œil, comme les capteurs optiques sont sensible à $\vec{E}$ et non à $\vec{B}$.



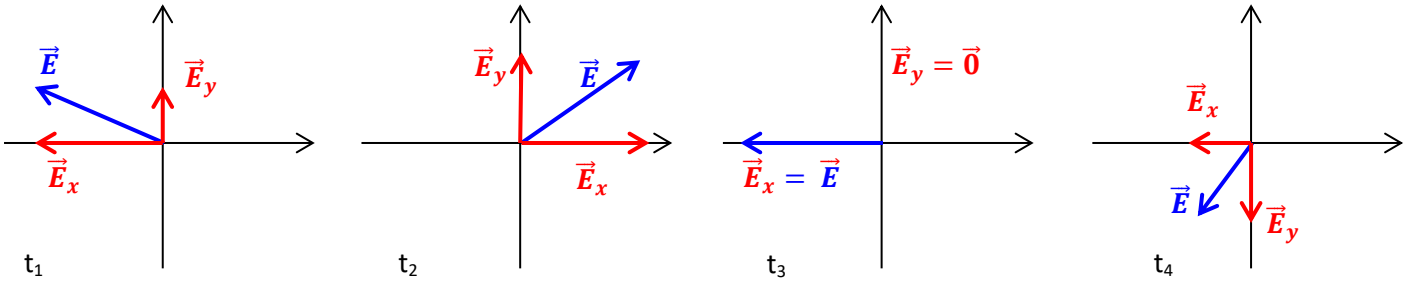
L'onde électromagnétique est transversale et pour simplifiée on la considère plane

L'onde peut-être représentée dans un plan perpendiculaire à sa direction de propagation $\vec{k}$ par un vecteur champ électrique $\vec{E}$ possédant 2 composantes selon les directions Ox, Oy du plan : $\vec{E}_x$ et $\vec{E}_y$.

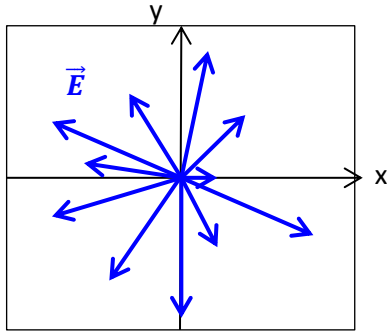
2. Ondes polarisées ou non polarisées

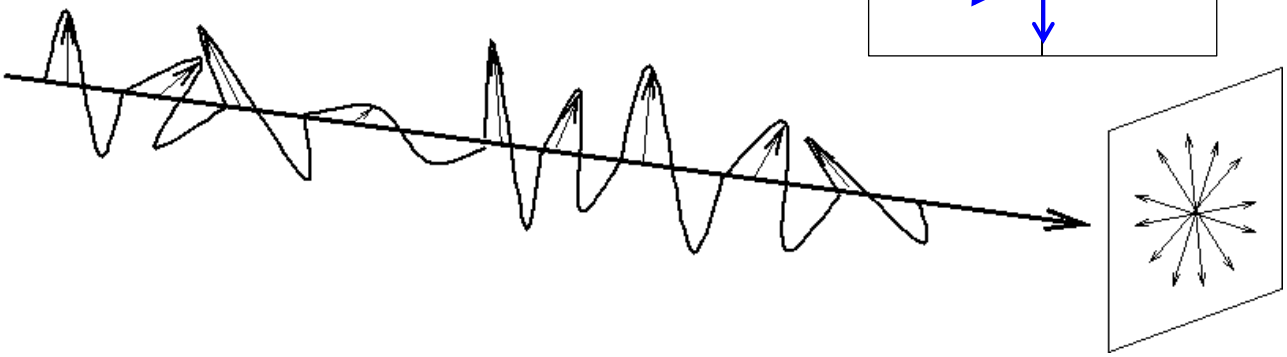
a. Lumière non polarisée

La lumière naturelle, non polarisée, se « comporte » comme **la succession(trains d'ondes) très rapide dans le temps (toutes les 10^{-8} secondes) de deux composantes verticales et horizontales en phase**, mais dont les amplitudes respectives changent constamment, de manière à décrire chacune des orientations aléatoires prises par les trains d'onde successifs. Chaque train d'onde est polarisé, mais l'ensemble ne l'est pas.



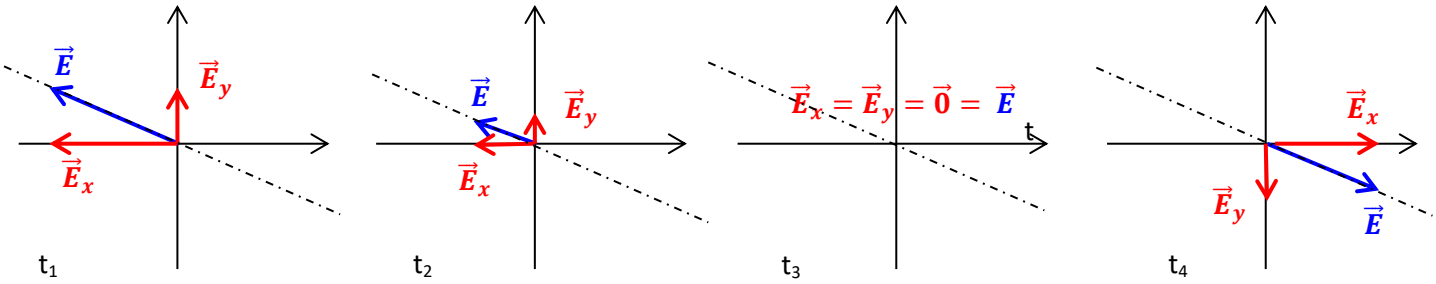
La représentation du vecteur champ électrique d'une lumière non polarisée en un point de l'espace à différents instants correspond à l'image ci-contre :



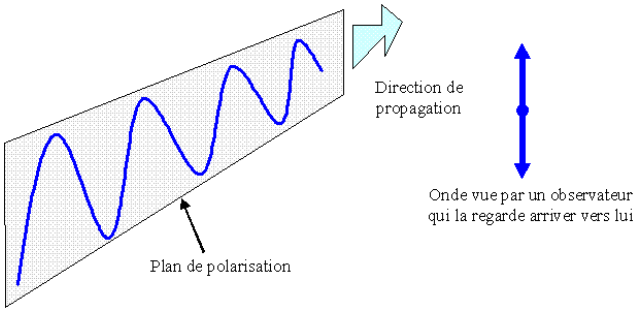


b. Lumière polarisée rectilignement

Associer la polarisation d'une onde électromagnétique à la direction du champ électrique.



On dit que la lumière est polarisée rectilignement si son champ électrique a une position fixe dans l'espace. Le vecteur reste sur l'axe oblique. La direction de polarisation correspond à la direction du champ électrique.



Remarque :
Un plan de polarisation n'est pas nécessairement vertical : toute orientation est possible.

Il existe aussi 2 autres types de polarisation

c. Polarisation circulaire

Voir animation :

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Polarisation_circulaire.gif

d. Polarisation elliptique

Voir animation :

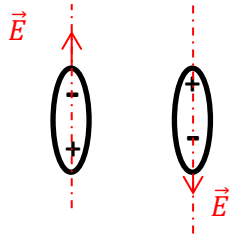
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Polarisation_elliptique.gif

3. Polarisateur et analyseur

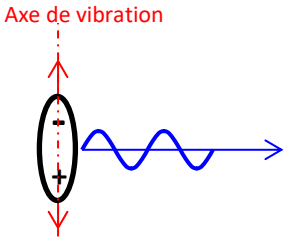
a. Phénomène de polarisation

Notion préalable

La vibration d'un atome ou d'une molécule que l'on peut assimiler à des dipôles équivaut à la vibration d'un champ électrique $\vec{E}(t)$.



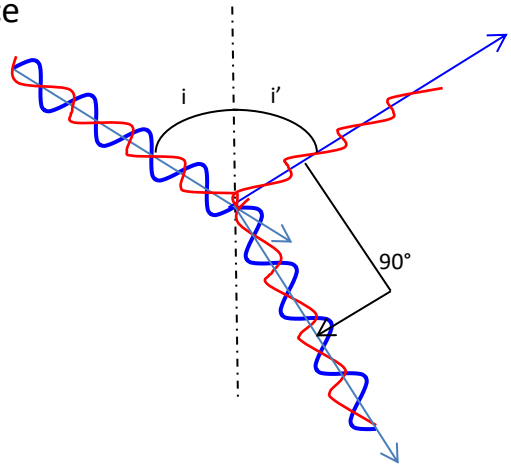
Le champ électrique oscille entre ces 2 valeurs



Or ce dipôle oscillant produit une onde électromagnétique dont la direction de propagation est perpendiculaire à l'axe de vibration du dipôle.
Il n'y a pas de propagation dans la direction de vibration.

Lorsque la lumière arrive sur de la matière elle va générer des dipôles oscillants qui vont émettre des ondes électromagnétiques de même fréquence

- Polarisation par réflexion



On considère l'onde incidente comme étant décomposé en une composante verticale et une composante horizontale. Lorsque la direction de réfraction fait un angle de 90° avec la direction de réflexion alors la composante verticale continue dans

la direction de réfraction mais pas dans la direction de réflexion qui se confond avec l'axe de vibration de la matière. Dans la direction de vibration seule subsiste la composante horizontale : **la lumière réfléchie est polarisée.**

L'angle d'incidence i_B pour lequel il y a polarisation s'appelle angle de Brewster :
$\tan(i_B) = n$
N étant l'indice de réfraction du matériau réfléchissant.

Remarque : les reflets du soleil sur l'eau ou la neige fournissent la composante horizontale du champ électrique qui peut être éliminée par des verres polariseurs de transmission verticale.

- Polarisation par dichroïsme

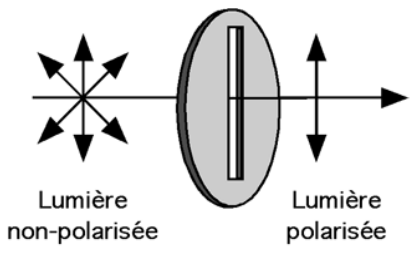
Certains matériaux naturels, dits anisotropes, permettent d'absorber une composante vectorielle du champ électrique $\vec{E}$. Par exemple, si le matériau possède une structure polymérique orientée selon une direction particulière, on peut stipuler que la direction des chaines du polymère se comporte comme un « fil électrique », qui dissipe la vibration du champ électrique de l'onde dans cette direction. La dissipation se fait par conduction et effet Joule dans cette direction. Par contre la composante perpendiculaire n'est pas dissipée et traverse le matériau du polariseur **donnant une onde polarisée.**

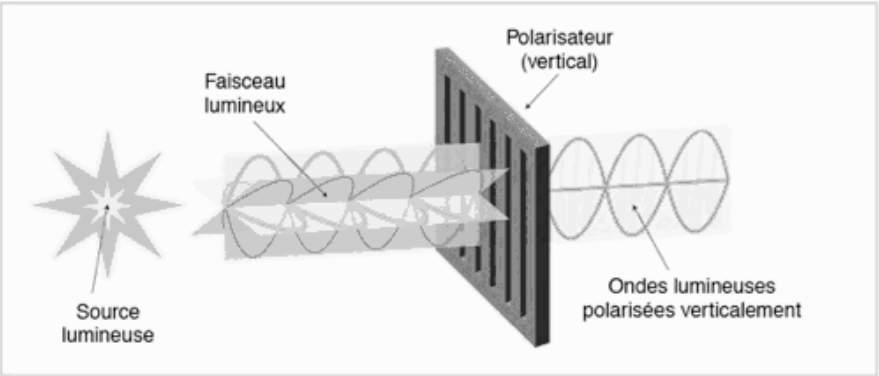
- Il existe aussi une polarisation par diffusion

b. Polariseur

Produire et analyser une lumière polarisée.

Afin de polariser une lumière naturelle, on utilise un **polariseur** ou **polaroïd** constitué d'une mince lame teintée enrobant de petits cristaux orientés dans la même direction ; ces cristaux définissent la direction de polarisation.





Le polariseur sélectionne un seul plan de polarisation. Nous avons fabriqué une onde polarisée rectilignement (ou linéairement). Le plan vertical s'appelle le **plan de polarisation**.

Différencier expérimentalement une lumière polarisée rectilignement d'une lumière non polarisée à l'aide d'un polariseur.

Pour savoir si une lumière est polarisée il suffit de tourner la direction du polariseur jusqu'à l'extinction du faisceau. Si le faisceau n'est jamais éteint alors la lumière n'est pas polarisée.

c. Analyseur

Produire et analyser une lumière polarisée.

L'analyseur est un deuxième polariseur qui si la direction des cristaux est réglée perpendiculairement à celle du polariseur il ne sort plus de lumière. Si les directions sont identiques toute la lumière traversant le polariseur traversera l'analyseur.

Pour analyser une lumière polarisée on compare l'angle entre la direction de polarisation du polariseur et la direction de polarisation d'un deuxième polariseur appelé analyseur.

4. Mesures

Déterminer une concentration à partir de la mesure de la déviation du plan de polarisation de la lumière dans une solution.

Certains produits chimiques sont optiquement actifs ils ont le pouvoir de faire tourner la direction du champ électrique (déviation du plan de polarisation) d'un angle α appelé pouvoir rotatoire.

La loi de Biot nous indique que le pouvoir rotatoire d'une solution optiquement active dépendant de la concentration (C) de la solution, de la longueur de la cuve (l), de sa nature et de la longueur d'onde de la lumière avec $[\alpha_0]$ le pouvoir rotatoire spécifique souvent donné pour les lampe au sodium.

Loi de Biot : $\alpha = [\alpha_0] \times l \times C$

Pour déterminer la concentration on utilise un polarimètre qui nous donne la déviation du plan de polarisation, on applique la loi de Biot et si on ne connaît pas le pouvoir rotatoire spécifique de la molécule on réalise une gamme d'étalonnage.