

Atelier 2

Généralités sur la lumière.

D'un point de vue historique la compréhension de la lumière, quelle que soit l'évidence de sa perception oculaire, a mis du temps à se définir. Elle a balancé entre ses deux aspects déduits de l'observation de ses propriétés : onde ou corpuscule ? Corpuscule selon Newton, onde selon Huygens pour ne parler que d'une de ses premières interprétations après la mise en évidence des propriétés de diffraction par Grimaldi et Hooke, avec l'hypothèse de l'éther pour support de sa propagation.

Au 19^{ème} siècle les interrogations à son sujet sont encore vives : avec l'expérience des franges d'interférence de Young et après que Poisson eut démontré par l'absurde que cette hypothèse entraînait que l'ombre portée d'un disque opaque éclairé uniformément devait comporter un point brillant en son centre (Ce qui est vrai), le caractère ondulatoire se voit confirmé, jusqu'à ce que Planck et Einstein en 1905, remettent en actualité le phénomène des quanta de lumière.

Nous savons maintenant que ce qu'on appelle lumière, sous entendue visible, n'est qu'une manifestation des ondes électromagnétiques dans une très petite bande de longueur d'ondes accessible à la vision, tout le reste du spectre en longueur d'onde pouvant être accessible avec les détecteurs appropriés. Dans le domaine de l'astronomie cela s'étend des ondes radio jusqu'aux plus énergiques rayons gamma.

On se limitera essentiellement à définir les propriétés de la lumière dans les domaines proches du visible.

De façon pratique les deux aspects ondulatoires et corpusculaires ont chacun leur utilité selon le problème considéré et d'ailleurs aboutissent aux mêmes résultats, heureusement.

Propriétés générales :

- La vitesse de la lumière est constante dans le vide : $c = 299792.5 \text{ Km/sec}$. (on simplifie souvent en $c = 300000 \text{ Km/sec}$) et indépendante de la longueur d'onde.

Dans les milieux transparents et il faut entendre transparent dans un sens large- le verre est transparent pour le domaine du visible, le plastique (bakélite, PVC), l'est pour l'infra rouge, le ciment pour les ondes radio (téléphone portable)- la vitesse de propagation est inférieure, égale à c/n , où n est appelé l' indice de réfraction. Par exemple n est voisin de 1,5 pour les verres dans le visible, 1,000283 dans l'air aux conditions normales.

Dans ces milieux l'indice de réfraction dépend de la longueur d'onde, donc la vitesse de propagation varie en fonction de la longueur d'onde, il y a dispersion.

- La lumière se propage en ligne droite : c'est une approximation valable au niveau local et dans le vide.

En réalité la lumière se propage selon les géodésiques de l'espace, celles-ci sont déterminées par les masses présentes dans l'espace. De façon pratique ces déformations n'apparaissent que si les rayons lumineux passent au voisinage des grandes masses : passage des rayons lumineux près des étoiles, des galaxies, etc.... Mais en observation astronomique il ne faut pas toujours négliger cet effet.

Aspect ondulatoire de la lumière.

Une onde lumineuse est donc caractérisée par une fréquence : ν , nombre de pulsations/sec, ou de façon équivalente par sa longueur d'onde $\lambda=c/\nu$, cette fréquence est caractéristique d'une couleur dans le visible..

Un faisceau lumineux est rarement monochromatique, seules les raies d'émissions atomiques le sont plus ou moins, souvent il couvre toute une bande de fréquence que le passage à travers un milieu transparent va étaler, ce qui fera apparaître des franges colorées dans les images.

Les ondes lumineuses sont transversales, tout se passe comme si les ondulations s'effectuent dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation, contrairement au son qui se propage en ondes longitudinales, et donc on peut exprimer l'onde lumineuse selon deux directions de l'espace, si aucune de ces directions n'est favorisée on dit que la lumière n'est pas « polarisée », si une direction est favorisée on dit que la lumière est polarisée avec un taux qui indique le rapport des intensités selon les axes.

Aspect corpusculaire.

La lumière est constituée d'un ensemble corpuscules (particules) de lumière appelés photons.

A chaque photon de fréquence ν est associé un quantum d'énergie $E=h\nu$, h est appelée la constante de Planck.

Un flux lumineux est donc une collection de photons $\Phi= N$ photons, qui peuvent aussi mélanger différentes énergies, équivalentes aux longueurs d'ondes et aux fréquences.

La notion de quantum d'énergie est essentielle pour les phénomènes qui nécessitent un seuil minimum pour se déclencher. C'est l'équivalent hydraulique de la vitesse et du débit. Augmenter l'intensité en augmentant le nombre de photons N du faisceau n'apportera rien, par exemple l'œil restera insensible aux infrarouges car la rétine nécessite une certaine énergie minimum des photons, de même les CCD normaux. (Se méfier toutefois des effets secondaires, par exemple les brûlures...)

L'aspect particule permet de parler de « comptage de photons », certains détecteurs sont assez précis (photomultiplicateurs) pour compter les photons

individuels. Le plus souvent les détecteurs intègrent, c'est-à-dire empilent les photons pendant un certain temps de rémanence. La rémanence de l'œil n'est que de quelques dixièmes de sec. celle d'une émulsion photographiques peut être aussi grande que l'on désire, minutes ou heures, mais tous les photons n'ont pas la même efficacité quantique.

Les méthodes de traitement de ces deux aspects de la lumière aboutissent aux mêmes résultats si on applique aux photons l'hypothèse probabiliste de la mécanique quantique, mais de façon pratique il est souvent plus commode de traiter les problèmes en ondulatoire, par exemple pour la diffraction, les interférences, la spectroscopie.

Nomenclature courante

C'est l'appellation habituelle des gammes de longueur d'ondes utilisées dans les différentes branches de l'astronomie.

Nomenclature	Longueur d'onde	
Rayons gamma	< 1 nm	
Rayons X	De 0,001 à 100 nm	
Ultra violet extrême	De 0,01 à 0,1 μm	
Ultra violet optique	De 0,1 à 0,4 μm	
Visible	0,4 à 0,8 μm	Violet : 0,41 mm Bleu : 0,47 mm Vert : 0,52 mm Sensibilité max. de L'œil : 0,555 mm Jaune : 0,58 mm Orange : 0,60 mm Rouge : 0,65 mm
Infra rouge optique	De 0,8 à 14 μm	
Infra rouge lointain	De 0,014 à 0,1 mm	
Ondes hertziennes Millimétriques Micro-ondes	De 0,1 à 1 cm	
Ondes radio hyperfréquences	> 1 cm	

