



Lumière et couleurs

Physique – cours 1

La physique en P1

- ✓ 10 cours de 2h à la fac
- ✓ 11 QCMs au concours = 55 points
- ✓ Des QCMs de concours faciles +++
- ✓ Programme à la fac :
 - Mécanique : 2 cours
 - Optique : 4 cours
 - Quantique : 1 cours
 - RMN et ondes : 1 cours
 - Optique médicale : 2 cours

Traité entièrement à la tut' rentrée

Traité en partie à la tut' rentrée

Plan du cours

- I – Modèles de diffusion de la lumière
 - A) Diffusion de Rayleigh
 - B) Diffusion de Mie

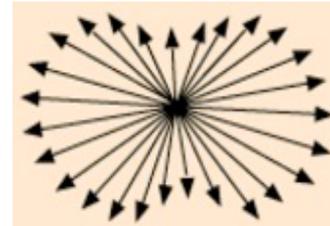
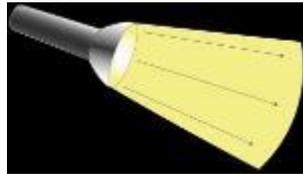
- II – Photométrie
 - A) Flux lumineux
 - B) Intensité lumineuse
 - C) Eclairement
 - D) Luminance
 - E) Emittance

I – Modèles de diffusion de la lumière

- La **diffusion** est la propriété de la matière de disperser la lumière dans toutes les directions.
- On distingue **2 types de diffusion** selon la taille des particules : diffusion de Rayleigh et de Mie.

A) Diffusion de Rayleigh

- **Petites particules** : taille $< \frac{\lambda}{10}$. Ex : O_2 ou N_2
- La diffusion se fait autant vers l'avant que vers l'arrière, mais pas perpendiculairement à la direction de propagation.



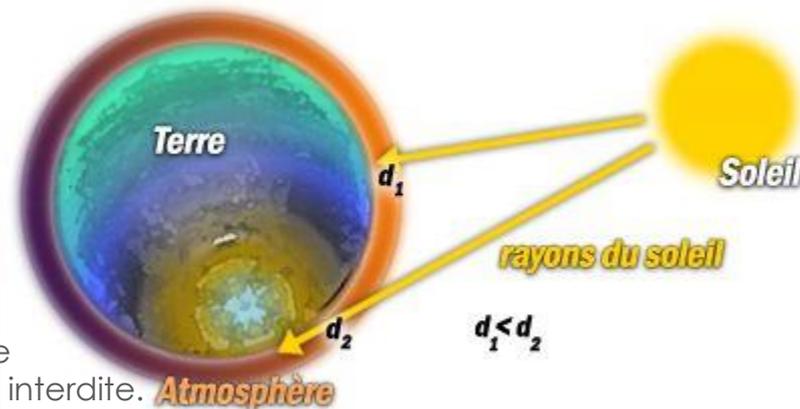
- La diffusion dépend de la longueur d'onde : plus la longueur d'onde est faible, plus elle est diffusée.

$$I \propto N \frac{1}{\lambda^4} (1 + \cos^2 \theta)$$

⇒ La **lumière bleue** ($\lambda=480\text{nm}$) sera plus efficacement diffusée que la **lumière rouge** ($\lambda=650\text{nm}$)

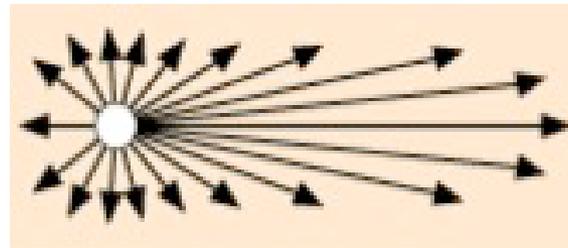
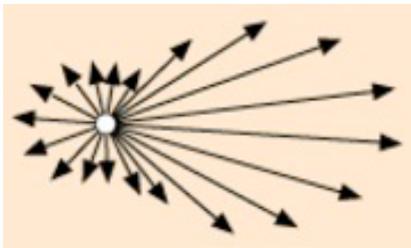
Application à la couleur du ciel

- **Couleur bleue du ciel** : Les rayons du Soleil sont les particules de l'atmosphère (petites donc **diffusion de Rayleigh**) d'autant plus efficacement que la longueur d'onde est courte : le bleu est plus diffusé que le rouge et le ciel apparaît bleu.
- **Couleur rouge au couchant** : le nombre de molécules sur lesquelles rebondir augmente considérablement. Les longueurs d'onde (bleu et violet) ont eu le temps d'être complètement diffusées. En l'absence des composantes bleu et violet, il ne reste que du jaune et du rouge.



B) Diffusion de Mie

- **Grosses particules** : taille $> \frac{\lambda}{10}$
- La diffusion dépend de la taille de la particule : la fraction rétro-diffusée est d'autant plus faible que la particule est grosse.



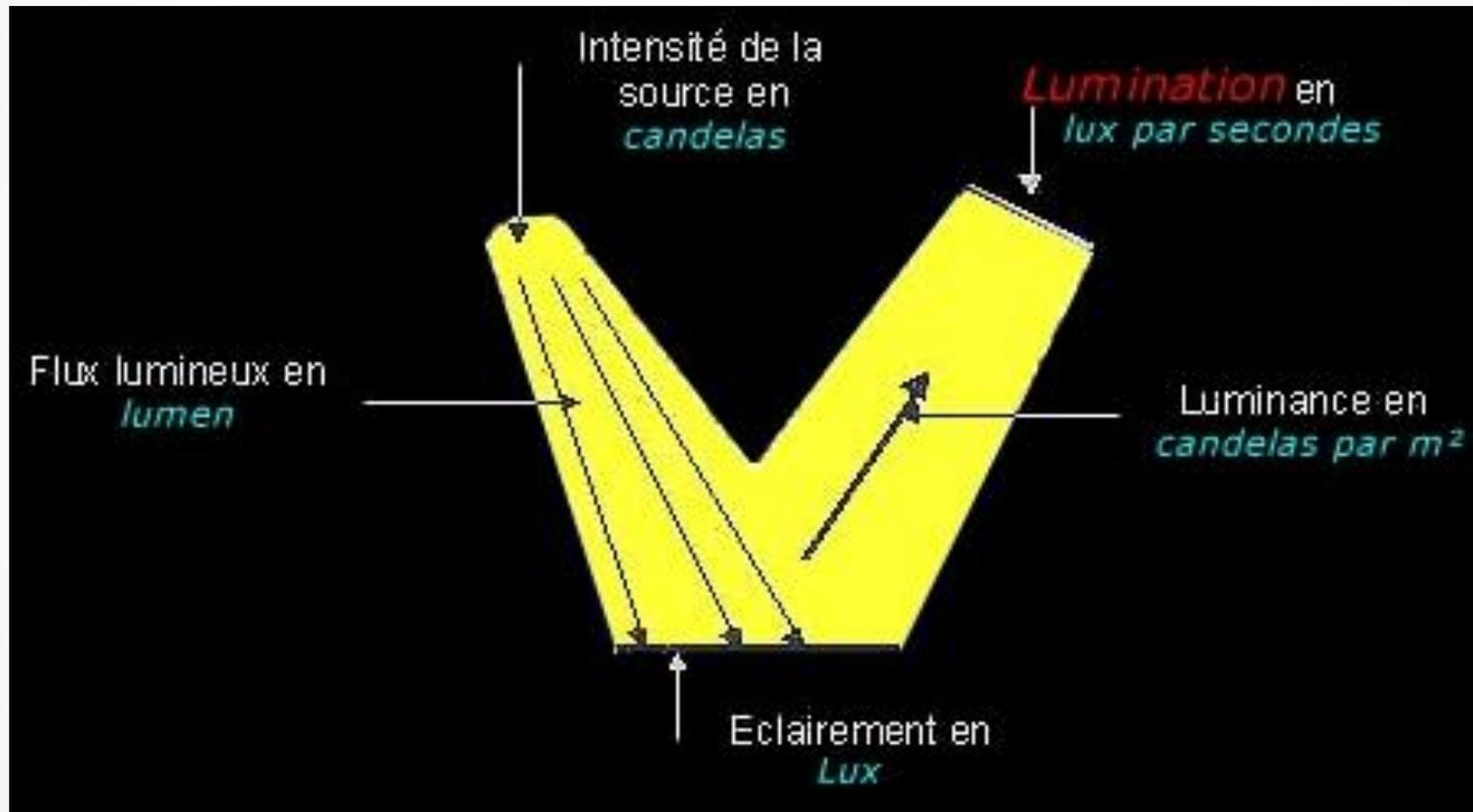
- Attention : dans la diffusion de Mie la longueur d'onde n'influence pas la diffusion ++

Application à la couleur du ciel

- Blancheur des nuages : plus l'atmosphère est chargée de gouttelettes d'eau, plus le ciel devient blanc par la diffusion de Mie qui domine lorsque les gouttelettes ont une taille importante.



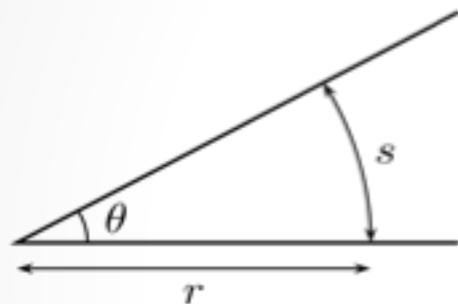
II - Photométrie



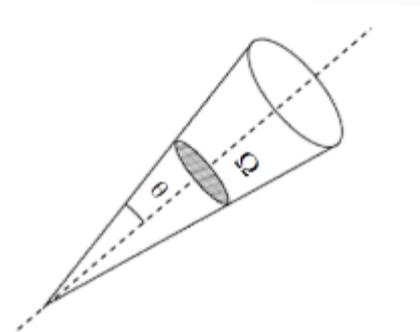
Nb: la lumen n'est pas au programme de ce cours

Préalable : notion d'angle solide

- *Le concept d'angle solide (en 3D) généralise le concept d'angle plan (angle classique en 2D).*

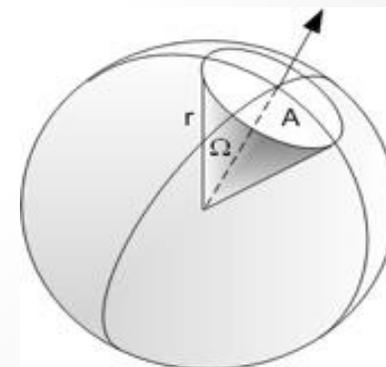


Angle plan



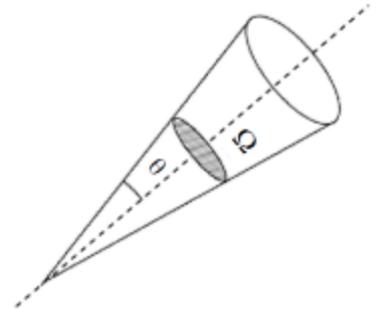
Angle solide

- La mesure d'un angle solide est la mesure de la surface découpée par celui-ci sur une sphère ayant pour centre le sommet de l'angle solide et un rayon unité r .



- L'unité de mesure de l'angle solide est le stéradian (sr).
- Pour tout angle solide sous-tendu par un cône d'ouverture θ on a :

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos \theta)$$

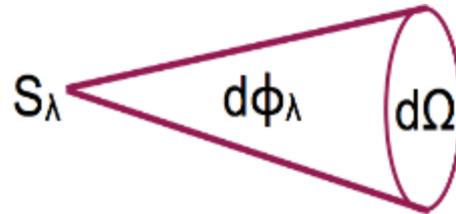


- Valeurs particulières de Ω (à retenir) :

Sphère	$\Omega = 4\pi$
Hémisphère	$\Omega = 2\pi$
Pour $\theta = 60^\circ$	$\Omega = \pi$
Trièdre droit	$\Omega = \pi/2$
Pour $\theta = 33^\circ$	$\Omega = 1$

A) Flux lumineux

- Le flux lumineux ϕ mesure la **puissance lumineuse (perceptible) d'une source rayonnant dans un angle solide donné.**



- Si l'intensité est constante dans toutes les directions, alors :

$$\phi = \Omega I$$

- Le flux lumineux est exprimé en lumen (lm).

Rendement d'une source lumineuse :

- On définit le rendement d'une source lumineuse en comparant la puissance lumineuse de cette source avec la puissance totale P qu'elle consomme.

$$r = \frac{\phi}{P}$$

B) Intensité lumineuse

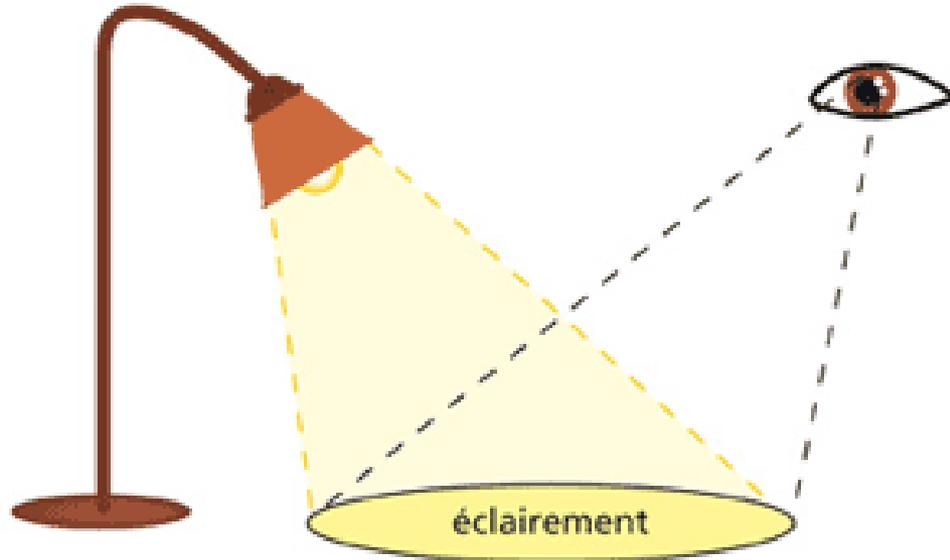
- L'intensité (énergétique ou lumineuse) mesure la **puissance fournie par une source ponctuelle, par unité d'angle solide dans une direction donnée.**
- Elle s'exprime en candela (cd) : $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$

→ En **photométrie énergétique**, l'**intensité énergétique** est donnée par : $I^e_{\lambda} = \frac{d\phi_{\lambda}}{d\Omega}$

→ En **photométrie visuelle**, l'**intensité lumineuse** est donnée par : $I_{\lambda} = Km V(\lambda) \frac{d\phi_{\lambda}}{d\Omega}$ avec $Km = cste$ et $V(\lambda) = \text{fonction de visibilité}$

⇒ On tient compte de la perception en fonction de la longueur d'onde +++

C) Eclairage



L'éclairement s'exprime en lux : $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$.

Eclairement moyen

$$E_m = \frac{\phi}{S}$$

Eclairement en un point

$$E_P = \frac{I}{d^2}$$

D) Luminance

- La luminance L caractérise **l'éclat d'une source étendue**, c'est-à-dire qui n'est pas perçue comme un point mais comme une surface (écran de télévision, sujet d'une photographie, etc).
- Soit I l'intensité lumineuse et la surface apparente dA , on a :

$$L = \frac{dI}{dA}$$

E) Emittance

- L'émittance M mesure la **puissance lumineuse par unité de surface d'une source étendue**, lorsqu'elle émet un rayonnement visible dans toutes les directions vers l'extérieur de la source.

$$M = \frac{d\phi}{dS}$$

- L'emittance s'exprime en lm/m^2 .

→ En photométrie énergétique, on parle d'**émittance énergétique totale du corps noir**. Sa valeur est donnée par la loi de Stefan :

$$M^e = \sigma T^4$$

Source de Lambert :

- On appelle source de Lambert une source dont la luminance est la même dans toutes les directions. On dit alors de cette source qu'elle est **orthotrope**.

Pour une telle source, on a :

$$M = \pi L$$

