

# Optique géométrique : introduction

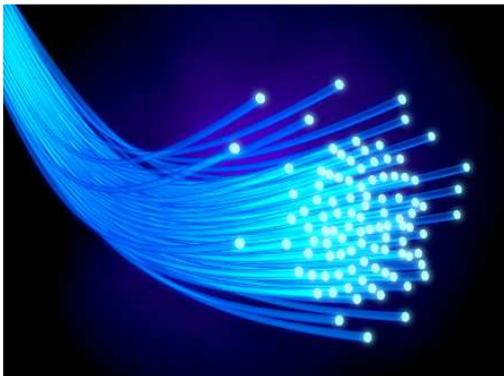
## 1- Usages de l'Optique géométrique



Formation des images dans les instruments



Concentration de la lumière et de son énergie



Guidage de la lumière (fibre optique...)



Vision et correction de la vue



Phénomène naturel (arc en ciel, mirage etc.)



Image de synthèse par informatique : Ray tracing

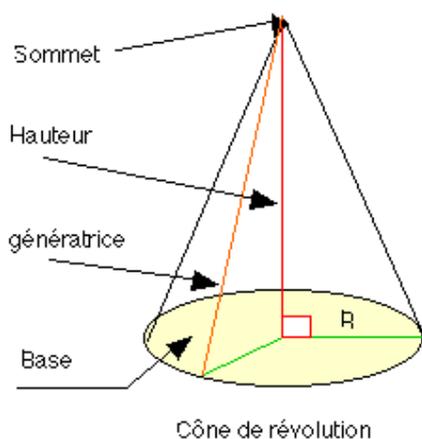
## 2- Faisceaux de lumière



### Caractérisation du faisceau :

- **forme** (divergent, convergent, parallèle...)
- **homogénéité** (éclairage obtenu uniforme ou non)
- **puissance optique** transportée dans une section du faisceau
  - $F_e$  **Flux énergétique en watt W** (radiométrie : capteur physique)
  - $F_l$  **Flux lumineux en lumen lm** (photométrie : vu par l'œil humain)
- **couleur** : **monochrome** (de longueur d'onde  $\lambda$ )  
**polychrome** (à spectre de raies ou à spectre continu)

## 3- Caractérisation de la forme d'un faisceau



- Faisceau **conique** : l'ouverture géométrique du cône est décrite et mesurée par son **angle solide  $\Omega$**  en **stéradian sr** ( $\neq$  angles usuels  $\alpha$  et  $\theta$  en radian !)

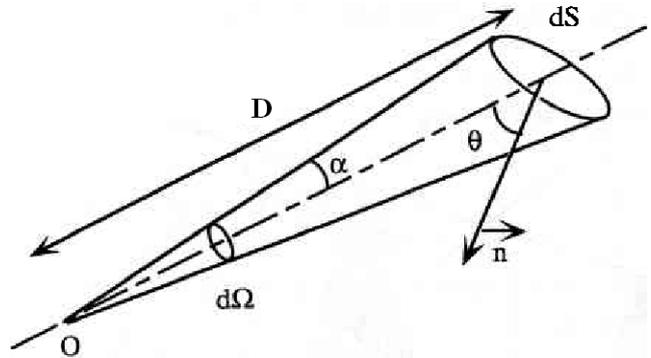
Soit  $dS$  une petite surface **vue depuis** le point  $O$ .

Le cône élémentaire  $d\Omega$  a un **demi-angle au sommet  $\alpha$**  (plan de coupe diamétral)

Sa normale forme un angle  $\Theta$  avec le rayon moyen provenant de  $O$  :

**$\Theta$  est l'angle d'inclinaison** (ou d'**obliquité**).

$dS \cos \Theta$  est de fait la **surface apparente** vue depuis  $O$  (ex : une sphère vue de loin).



$$d\Omega = \frac{dS \cos \Theta}{D^2}$$

L'angle solide  $\Omega$  d'un cône de demi-angle au sommet  $\alpha_m$  est

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

**Cas particuliers :**

pour un cône étroit :  $\alpha_m \ll 1 \rightarrow \Omega_{\text{cône étroit}} = 2\pi \left(1 - \left(1 - \frac{\alpha_m^2}{2}\right)\right) \approx \pi \alpha_m^2$

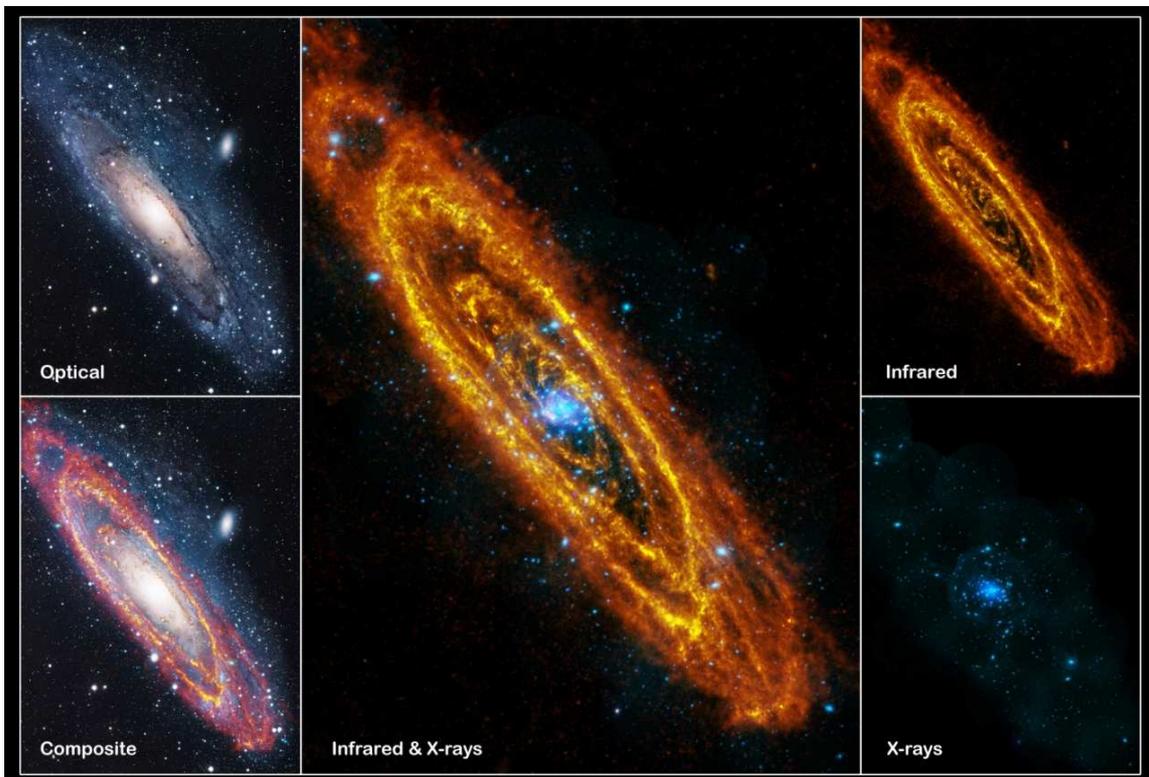
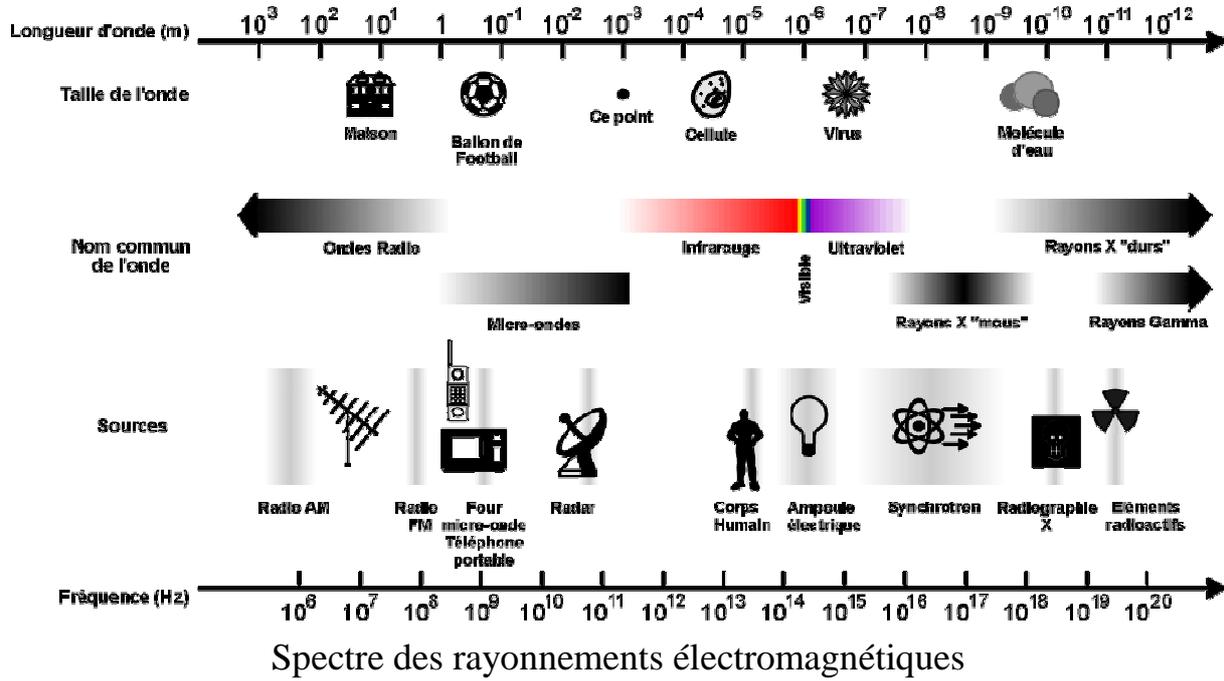
pour un demi-espace :  $\alpha_m = \frac{\pi}{2} \rightarrow \Omega_{1/2 \text{ espace}} = 2\pi$

pour un espace entier :  $\alpha_m = \pi \rightarrow \Omega_{\text{espace}} = 4\pi$

- Faisceau **divergent** : faisceau de section de surface croissante et  $\Omega > 0$
- Faisceau **convergent** : faisceau de section de surface décroissante et  $\Omega > 0$
- Faisceau **parallèle** : faisceau de section de surface constante de plus  $\alpha_m = 0$  et donc  $\Omega_{\text{parallèle}} = 0$  (cône fermé)

Détails : voir le document annexe S2\_Ch1\_cone\_angle\_solide.pdf

# 4- Spectres lumineux



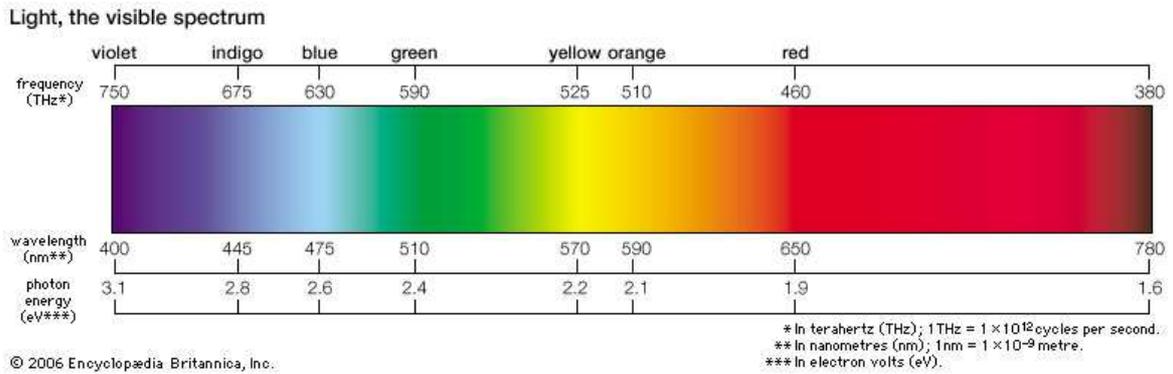
La galaxie Andromède M31  
vue par les télescopes Herschel (IR), XMM-Newton (X-rays) © ESA

# Spectre de la lumière visible

**Ultraviolet UV**  
**0.4 μm = 400 nm**  
 et -

**Visible**  
 $< \lambda <$

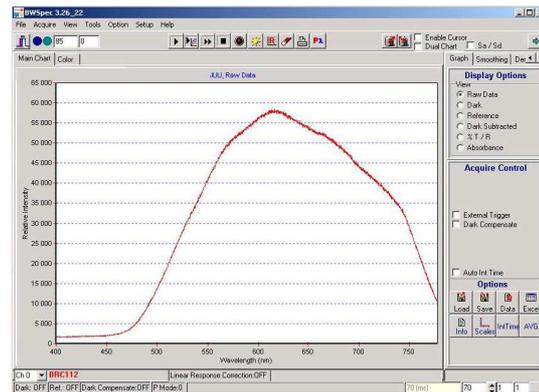
**Infrarouge IR**  
**0.75 μm = 750 nm**  
 et +



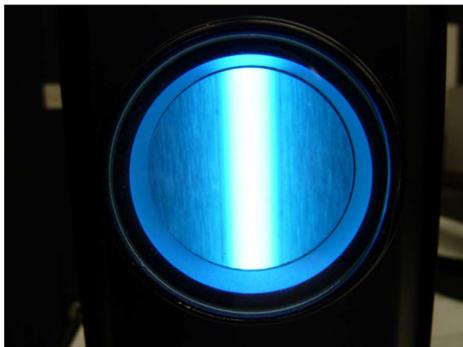
## Exemples de spectres de lampes usuelles



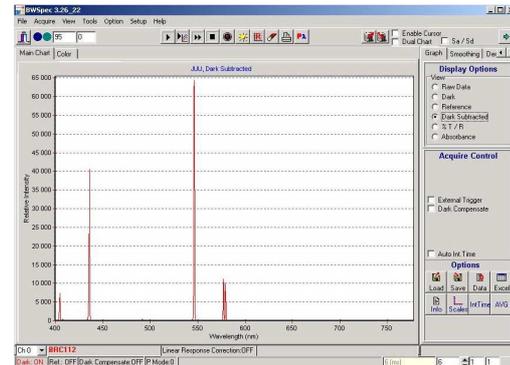
Lampe de bureau  
(salle de TP)



Spectre continu  
mesuré par le spectromètre de TP



Lampe spectrale Mercure Hg  
(salle de TP)



Spectre de raies  
mesuré par le spectromètre de TP

## 5- Modèle du rayon lumineux

### Hypothèse de l'optique géométrique :

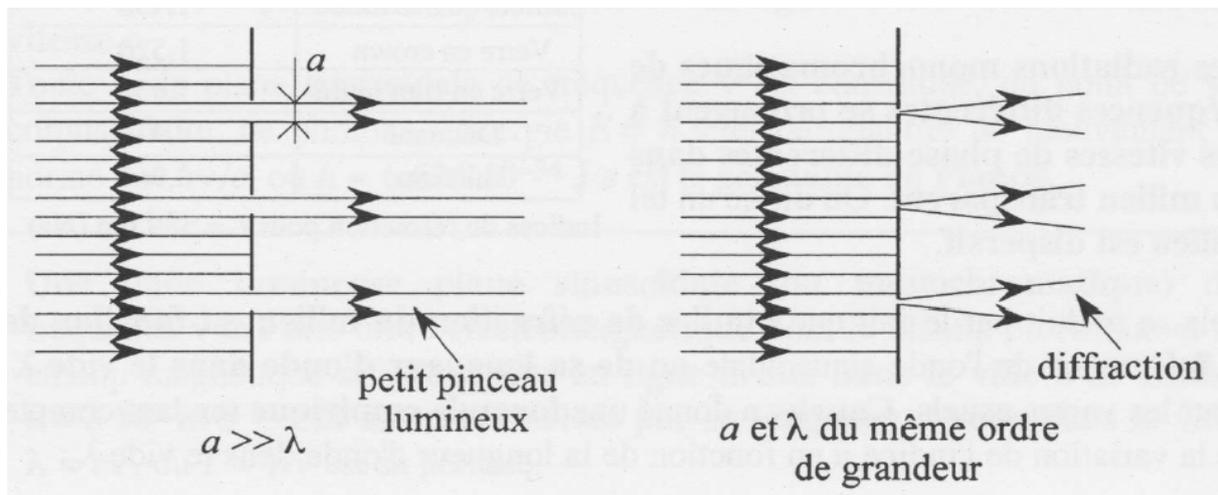
Un faisceau de lumière peut être divisé en sous-faisceaux **arbitrairement fins** que l'on peut étudier de façon indépendante

### Rayon lumineux

A la limite, on obtient une ligne unidimensionnelle : « rayon lumineux » ou mieux « **rayon de lumière** » .

Le rayon n'est pas émetteur de lumière : il n'est visible par le côté que s'il y a un diffuseur (fumée, gouttelettes, etc.)

### Limite de l'approximation de l'optique géométrique



- **dimension géométrique**  $a \gg \lambda$
- limite des angles ou des variations d'angle calculable sous cette approximation  $\alpha > \lambda / a$

## 6- Propagation des rayons lumineux



Le siège d'Alep Javier Manzano © AFP  
Prix Pulitzer 2013

## Propagation rectiligne de la lumière à la vitesse $c/n$

Propagation rectiligne dans un **milieu d'indice optique  $n$  uniforme** en tout point de l'espace (ou  $n$  indice de réfraction)



Propagation dans de l'air homogène  $n \approx 1$

Propagation à la **vitesse de la lumière** dans le milieu :

- vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$   
 $c_{\text{vide}} \approx c_{\text{air}} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} \approx 300\,000 \text{ km.s}^{-1}$  (indice  $n_{\text{vide}} = 1.0 \approx n_{\text{air}}$ )
- vitesse de la lumière dans un milieu  $c/n < c$  donc  $n > 1$ .  
 ex :  $c_{\text{verre}} \approx 200\,000 \text{ kms}^{-1}$  dans un verre d'indice  $n_{\text{verre}} = 1.5$

## Propagation non rectiligne de la lumière (si indice $n$ non uniforme)



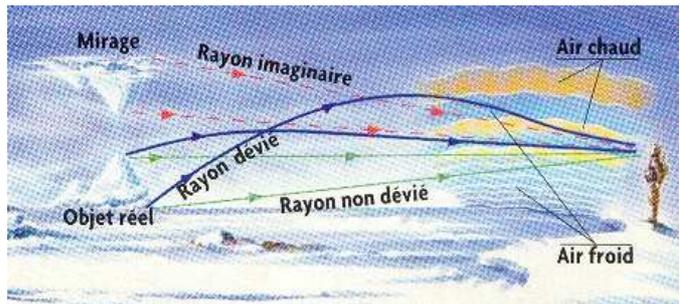
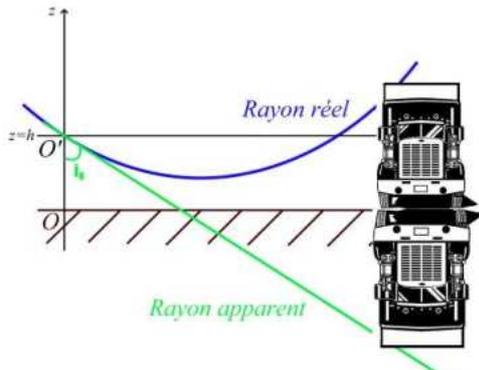
Propagation dans de l'eau sucrée (excès de sucre au fond)  
 Trajectoire courbée en allant vers une zone  $n \uparrow$ .

Propagation non rectiligne dans un milieu d'indice  $n$  non uniforme.

L'indice optique peut varier en fonction : de la composition chimique, de la concentration, de la température ...

Exemple :  $n_{\text{air}} \uparrow$  si  $\rho_{\text{air}} \uparrow$  (masse volumique).  
 Or pour un gaz  $\rho_{\text{air}} \uparrow$  si  $T \downarrow$ .  
 Donc  $n_{\text{air}} \uparrow$  si  $T \downarrow$ .

# Mirages optiques



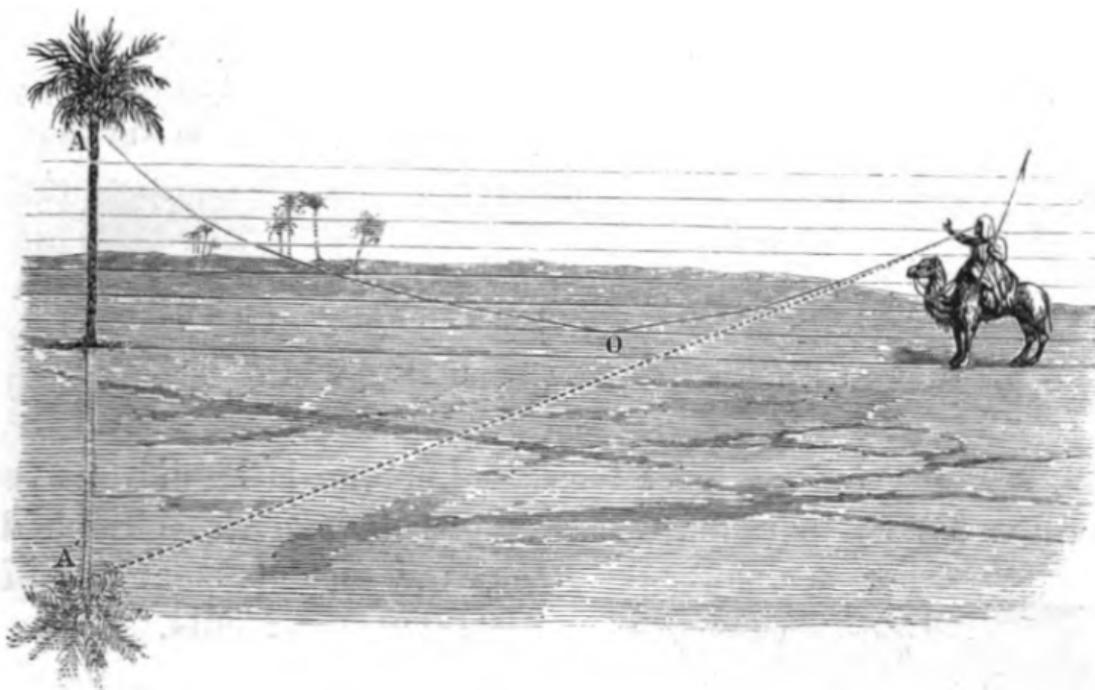
## Mirage inférieur : camion « dans la route »

L'indice  $n(T)$  diminue lorsqu'on se rapproche du sol plus chaud

## Mirage inférieur : iceberg « flottant »

L'indice  $n(T)$  augmente lorsqu'on se rapproche du sol plus froid

Rappel : l'indice  $n_{\text{air}} \uparrow$  si  $T \downarrow$  trajectoire courbée vers  $n \uparrow$ .



Extrait de *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée* A. Ganot 1847

## Sources des figures et des images :



[http://www.chassons.com/7-Equipements-et-Optique/10-Optique-chasse/36-Les-jumelles/135-Zeiss/953-Zeiss-Les-jumelles-Conquest-56-T\\*.html](http://www.chassons.com/7-Equipements-et-Optique/10-Optique-chasse/36-Les-jumelles/135-Zeiss/953-Zeiss-Les-jumelles-Conquest-56-T*.html)



[http://www.ac-montpellier.fr/sections/enseignement-scolaire/actions-educatives/education-artistique/se-culture-scientifique/copy11\\_of\\_cult\\_scient\\_se](http://www.ac-montpellier.fr/sections/enseignement-scolaire/actions-educatives/education-artistique/se-culture-scientifique/copy11_of_cult_scient_se)



[http://www.synergieek.fr/wp-content/uploads/2010/08/26/fibre-optique-datacenter-caen/fibre\\_optique.jpg](http://www.synergieek.fr/wp-content/uploads/2010/08/26/fibre-optique-datacenter-caen/fibre_optique.jpg)



<http://jojo-lapinou.skyrock.com/>



<http://www.cosmovisions.com/CTarcenciel.htm>



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Glasses\\_800\\_edit.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ec/Glasses_800_edit.png)



[http://blenderclan.tuxfamily.org/html/modules/newbb/viewtopic.php?topic\\_id=13173](http://blenderclan.tuxfamily.org/html/modules/newbb/viewtopic.php?topic_id=13173)



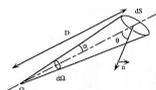
<http://www.science-et-vie.net/img/illustrations/L/laser.jpg>



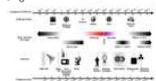
<http://coboemol.edres74.ac-grenoble.fr/maths/cours3e/images/pyram7.gif>



<http://www.paris-art.com/marche-art/Index/Index/5554.html>



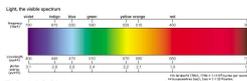
*Bases de radiométrie optique* JL Meyzonnette et T. Lépine Cépadues Edition 1999



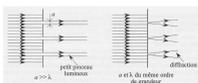
<http://www.polytech-lille.fr/cours-transistor-effet-champ/hyper/hyperc1.htm>



<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=48182>



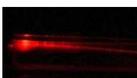
[http://www.sitedesciencesphysiques.fr/?page\\_id=2170](http://www.sitedesciencesphysiques.fr/?page_id=2170)



*Optique géométrique* C. Grossetête et P. Olive Ellipses 2006



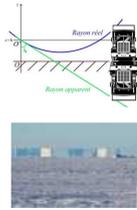
<http://www.pulitzer.org/works/2013-Feature-Photography>



<http://lyceebrizeux.cpge.pagesperso-orange.fr/Mirages.htm>



[http://www.linternaute.com/photo\\_numerique/temoignage/temoignage/196513/effet-de-mirage/](http://www.linternaute.com/photo_numerique/temoignage/temoignage/196513/effet-de-mirage/)



<http://tpemiragesg3.free.fr/inferieurs.htm>

<http://www.ipev.fr/pages/TerreAdelie/AccueilTA57.html>

## Données :

Spectres des éléments [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/spectres\\_soleil.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_soleil.swf)

## Sommaire

<b>OPTIQUE GEOMETRIQUE : INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1- Usages de l'Optique géométrique .....</b>	<b>1</b>
<b>2- Faisceaux de lumière .....</b>	<b>2</b>
<b>3- Caractérisation de la forme d'un faisceau .....</b>	<b>2</b>
<b>4- Spectres lumineux.....</b>	<b>4</b>
<b>5- Modèle du rayon lumineux.....</b>	<b>6</b>
<b>6- Propagation des rayons lumineux.....</b>	<b>7</b>
<b>Sources des figures et des images :.....</b>	<b>10</b>
<b>Données : .....</b>	<b>11</b>
<b>Sommaire .....</b>	<b>11</b>