Les Amis du Buis et des Baronnies

Patrimoine, Histoire et Culture des Baronnies

16 mars 2013

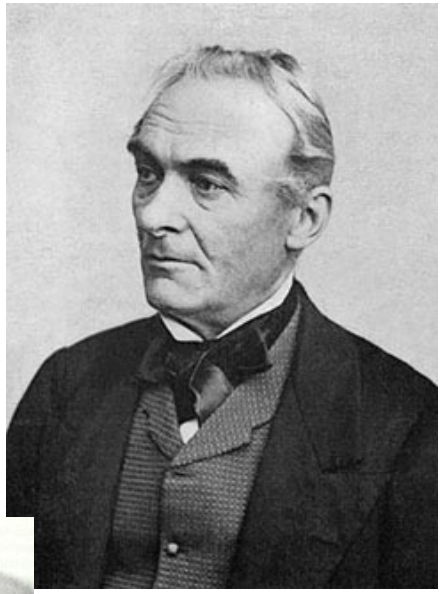
Fresnel, homme de lumière

Suzanne Faye, physicienne

http://science.faye.free.fr ; mme.faye@yahoo.fr

Fresnel, l'homme

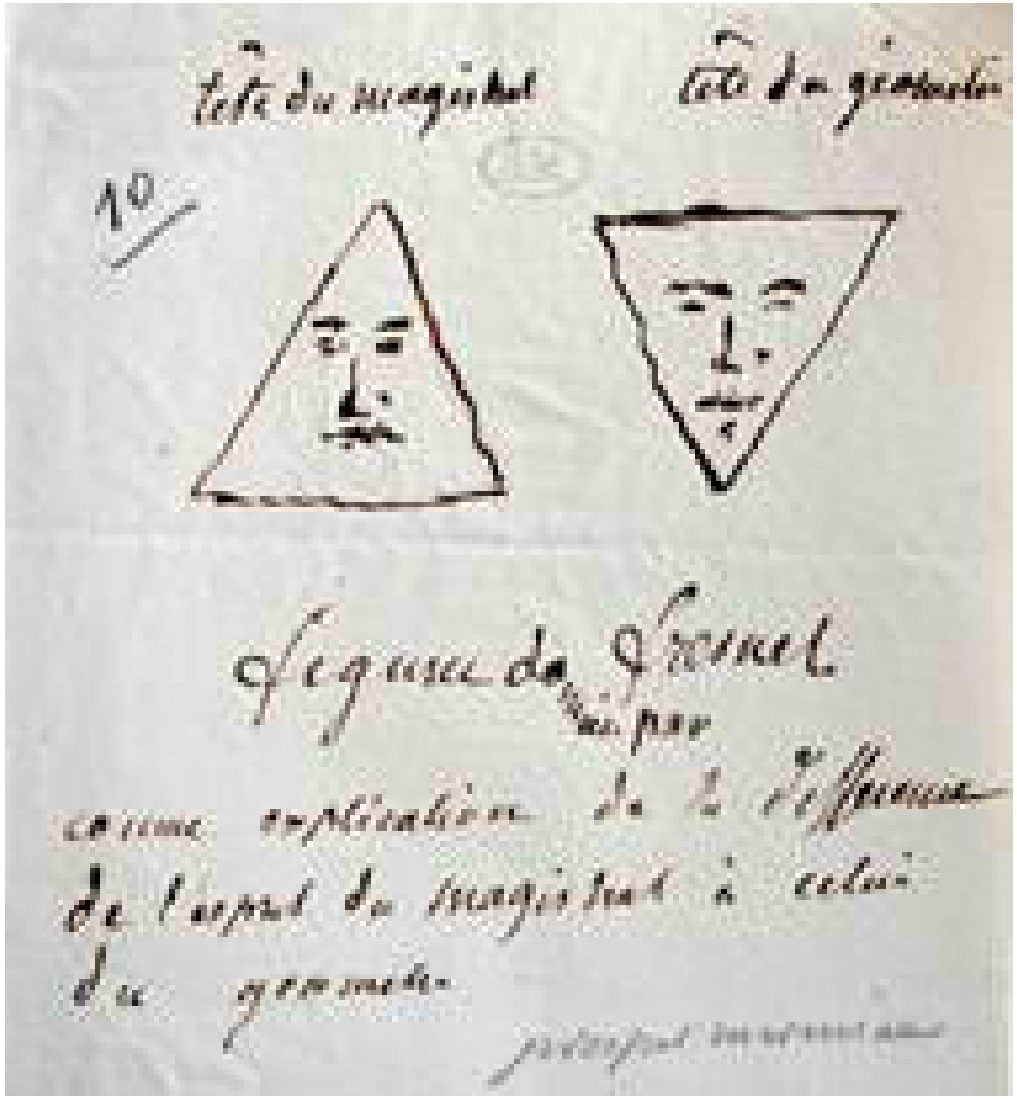
Augustin Fresnel, Broglie-Chambrais 1788 – Ville d'Avray 1827
Fils de l'architecte Jacques Fresnel et d'Augustine Mérimée



Son cousin, Prosper Mérimée
Paris 1803 – Cannes 1870

Héritier scientifique, Louis de Broglie
Dieppe 1892 – Louveciennes 1987
Prix Nobel de Physique en 1929

Tête du magistrat, tête du géomètre, caricature de Prosper Mérimée.
Figure de Fresnel © Bibliothèque Mazarine



Augustin Fresnel (né à Chambrais en 1788- mort de tuberculose, à Ville d'Avray en 1827), auteur de la théorie ondulatoire de la lumière ; Chambrais prendra plus tard le nom du Duc de Broglie.

Louis de Broglie, prix Nobel de physique, (1892-1987), dont les travaux découlent très directement des découvertes de Fresnel

Broglie, bourgade de l'Eure, anciennement Chambrais

1812 – Polytechnicien, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Nyons

1815: Fresnel combat dans l'Armée royale du Midi/ Défaite / Fresnel, destitué, regagne la maison familiale de Mathieu, près de Caen, puis ira à Paris.

Napoléon Ier quittant l'île d'Elbe. 26 février 1815. Joseph BEAUME © Photo RMN-Grand Palais - G. Blot

1815: Retour à la maison familiale de Mathieu (Calvados), préservée depuis

"*Dans cette maison (de Mathieu), habitée par sa Famille pendant trois siècles AUGUSTIN FRESNEL Membre de l'Académie des Sciences a commencé en 1815 ses recherches et ses expériences sur les propriétés de la lumière et fondé la Science de l'Optique moderne*".

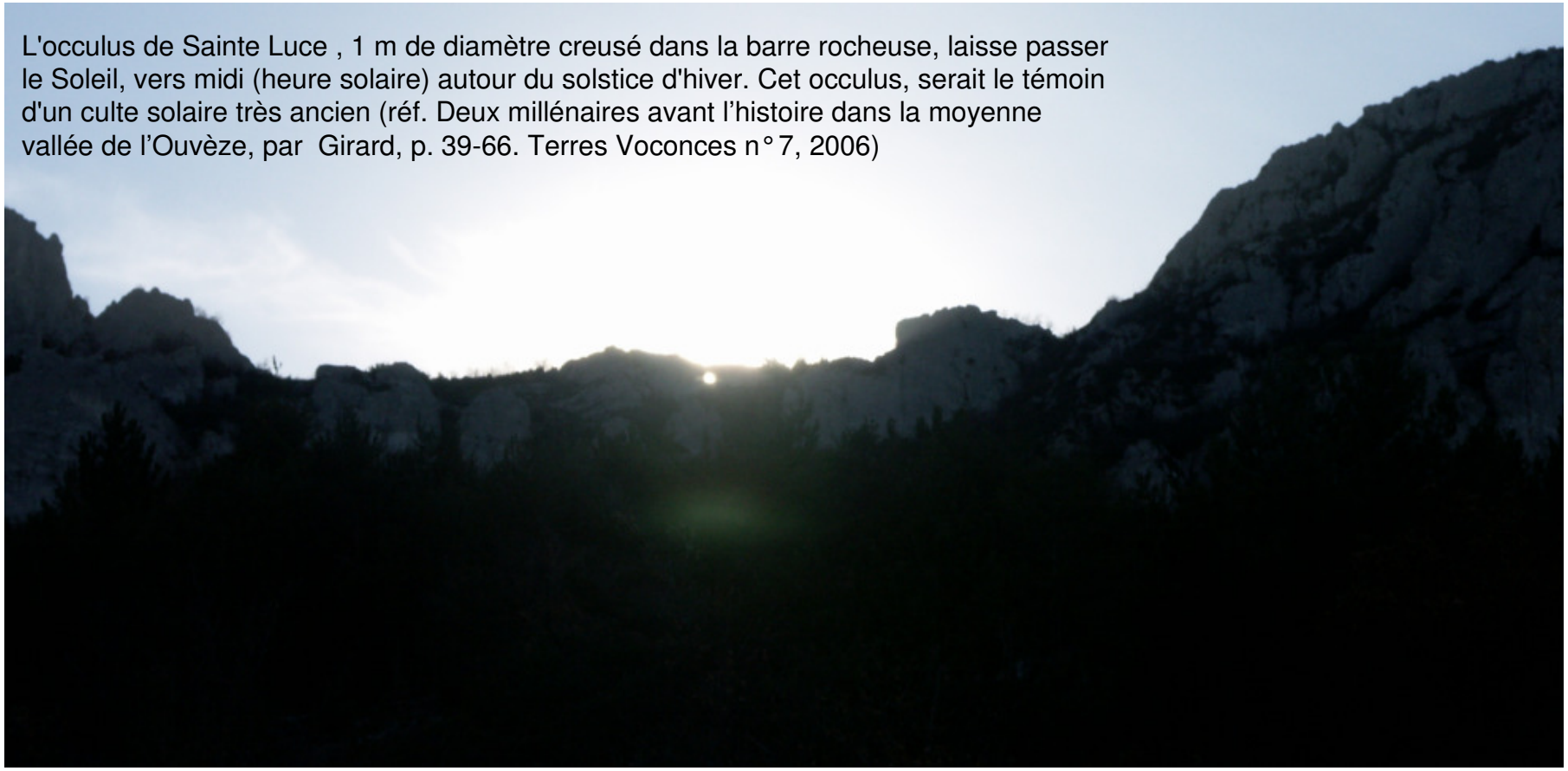
Fresnel, le savant

« Si l'on est quelquefois égaré en voulant simplifier les éléments d'une science, c'est qu'on a établi des systèmes, avant d'avoir **rassemblé un assez grand nombre de faits** »

Mém. scienc. 1821 et 1822, t. V, p. 340

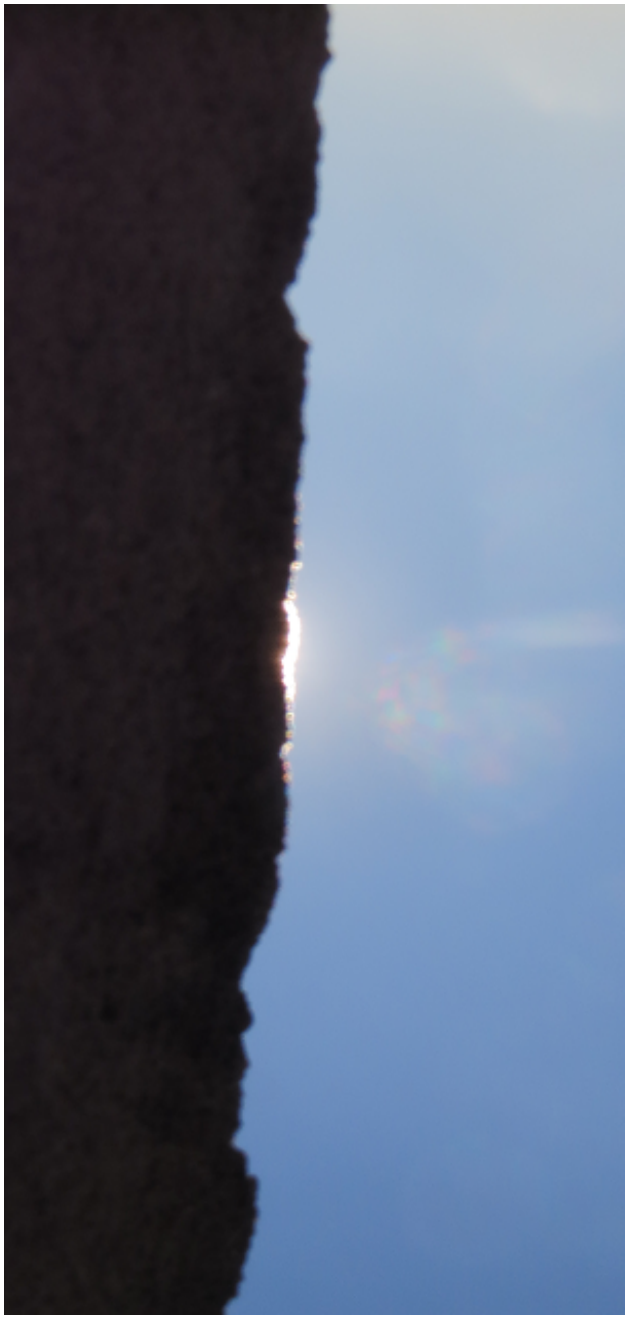
De la lumière du jour à la lumière mystique

A la Sainte Luce, les jours croissent du saut d'une puce



Sainte Luce, *photo Yves Girard* le 23/12/2006 à 12h 30

Col de Perty,
éclat de lumière,
question pour un physicien
Photo Jolaine Ricard-Thillet

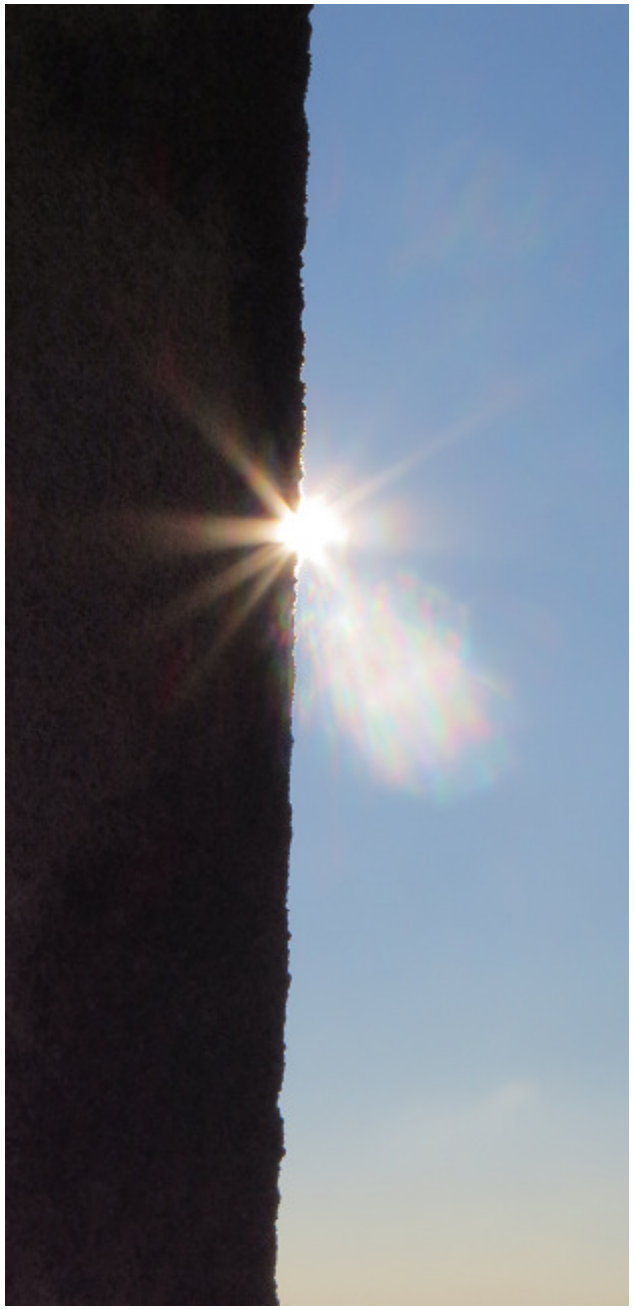


Figures de diffraction

Bord de falaise, à quelques degrés d'écart

Stonehenge,

équinoxe de printemps



Photos Suzanne Faye

Le rayon lumineux est le chemin métaphysique, rectiligne, entre Dieu et l'homme

(judaïsme, christianisme)

Photo Suzanne Faye

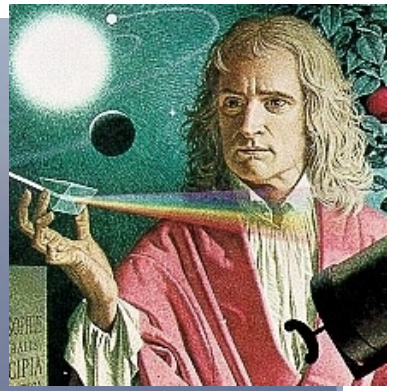
La diffraction (déviation de la lumière par des obstacles) est contraire à la conception mystique.

Irisations : les différentes couleurs ne suivent pas le même chemin?

Irisations et diffraction : 3 générations de controverses

Le jésuite
Grimaldi
1618-1663

L'homme de cour
Newton
1643-1727



Fresnel
1788-1827

Le polytechnicien

Père Grimaldi

(jésuite 1618-1663) /

effets de bord

Il observe des écarts à la propagation rectiligne (bord de fenêtre, trou de volet …): diffraction

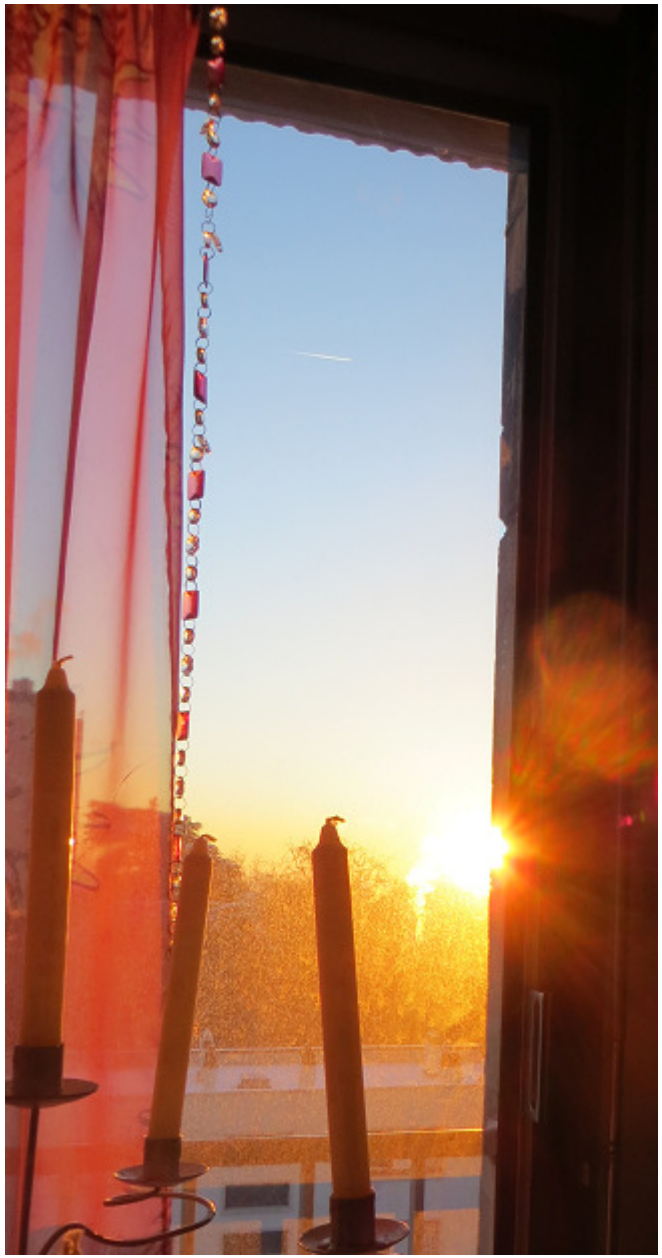


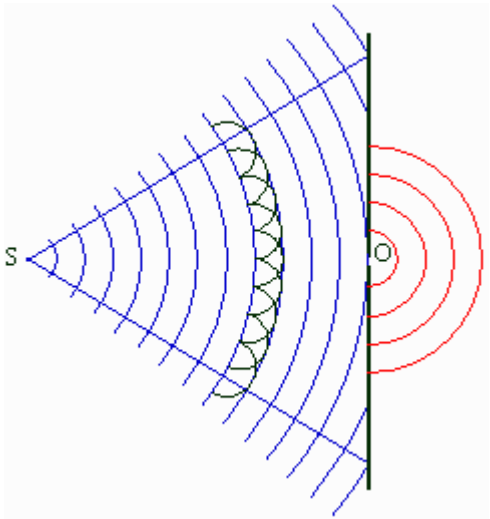
Photo Suzanne Faye

La lumière (presque) hérétique

Déviation de la lumière par un trou/ Diffraction

Photo Suzanne Faye

A vous de jouer: Feuille de papier percée d'un trou d'épingle et tendue à bout de bras devant une lampe éloignée



Imprimatur 2 ans après la mort de Grimaldi

Le traité d'optique de Grimaldi sera publié en 1665, après sa mort, sous le titre Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride qu'on pourrait traduire par *Connaissances physiques sur la lumière, les couleurs et l'arc-en-ciel*. Il poussera Newton à s'intéresser à la lumière.

Lumen aliquando per sui communicationem reddit obscuriorem superficiem corporis aliunde, ac prius illustratam.

« Il arrive que de la lumière ajoutée à elle-même puisse produire des surfaces obscures sur un corps qui était éclairé auparavant. »

C'est ce que l'on nommera, un siècle et demi plus tard, des interférences.

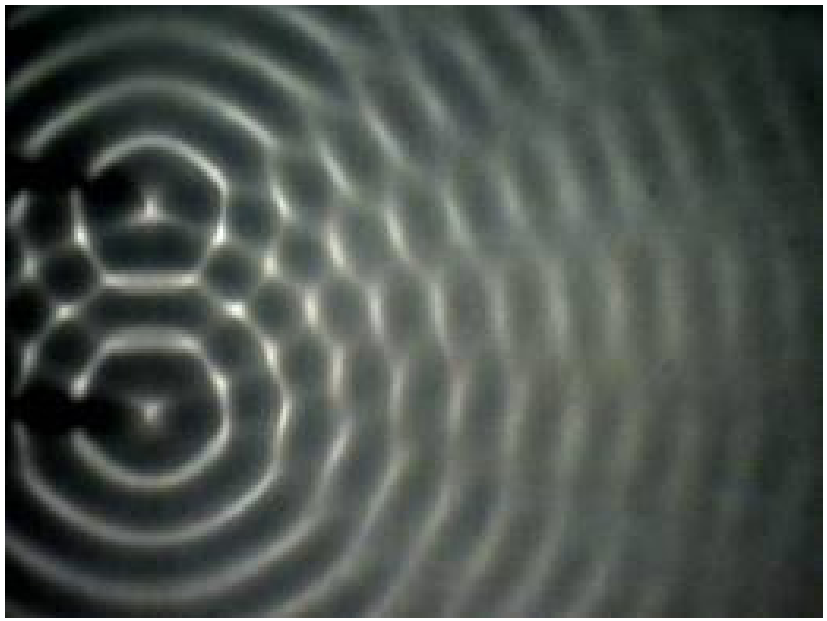
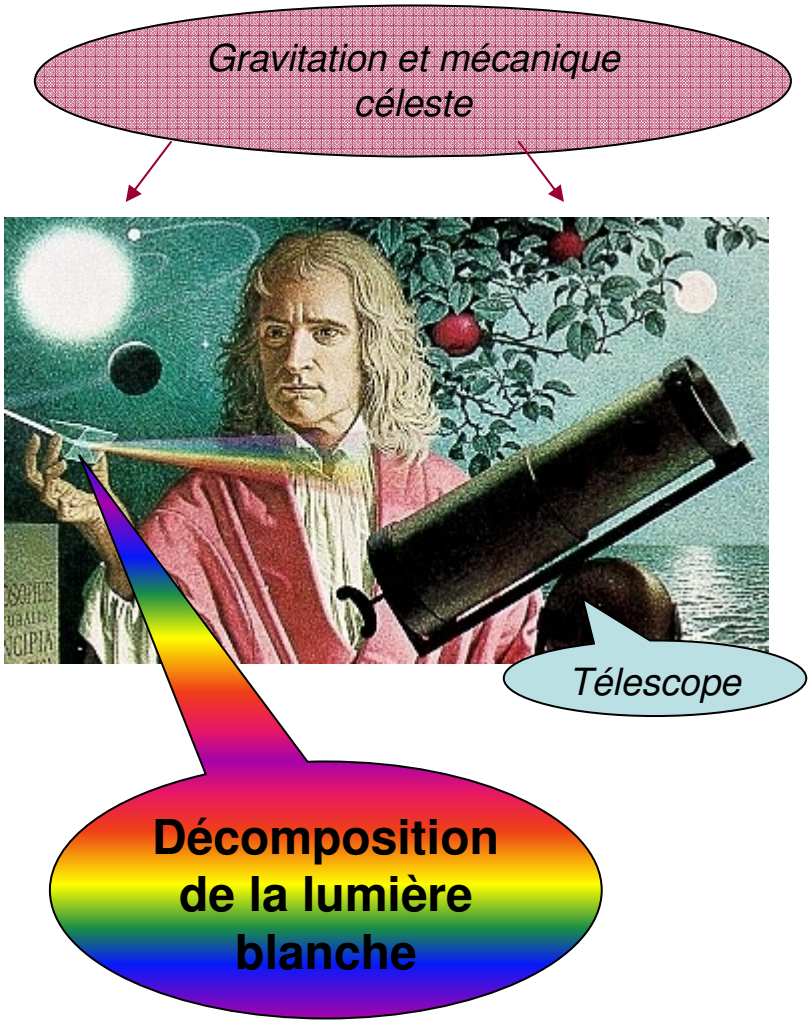
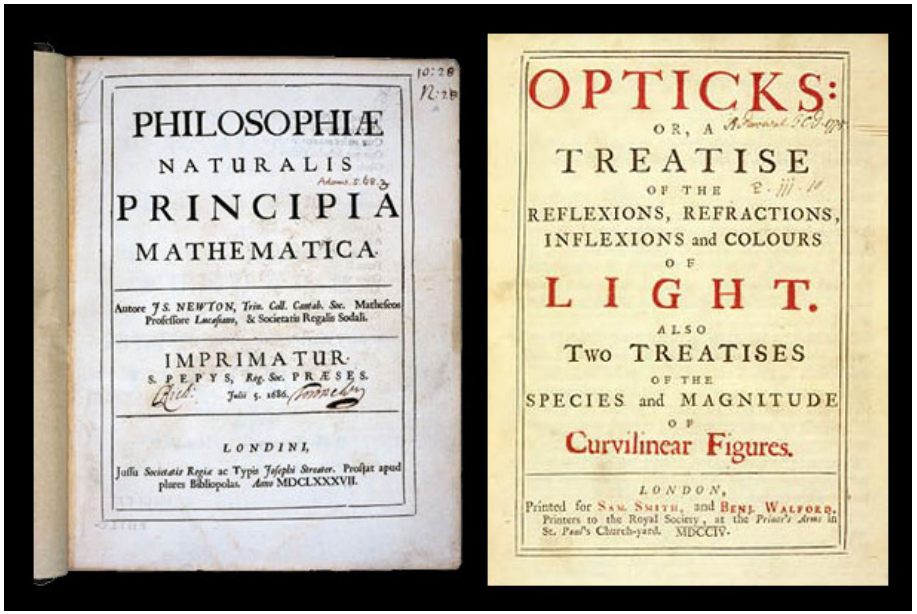


Photo Jolaine Ricard-Thillet

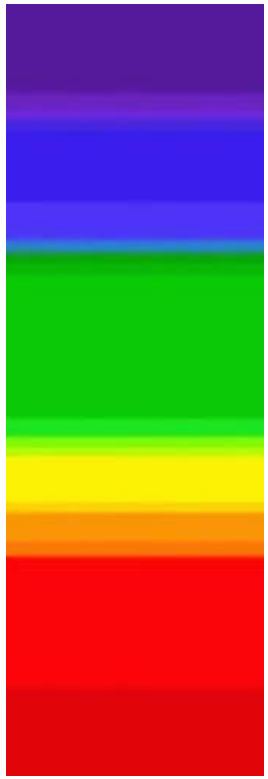
Newton (1643-1727) / Effets de couleurs

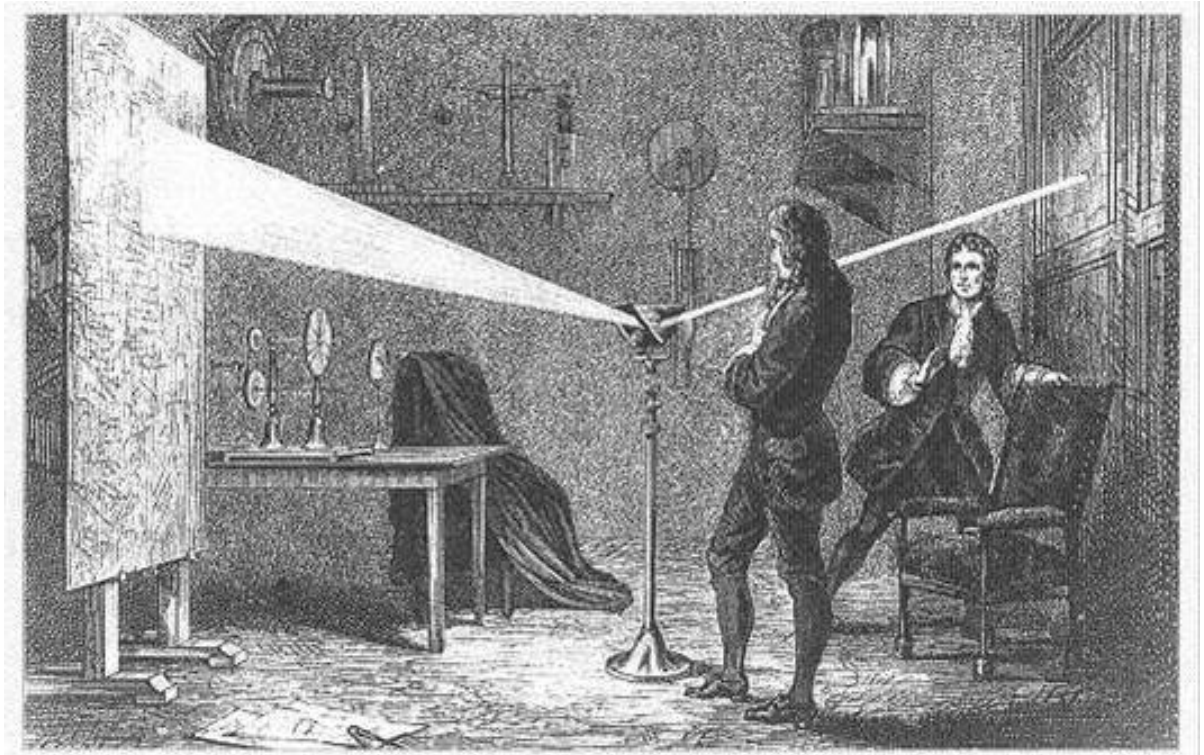


Pour Newton, la lumière est constituée de corpuscules (De Broglie reprendra cette idée) mais de tailles variées (Fresnel critiquera violemment)



Spectroscopie: décomposer la lumière avec un prisme de verre
(aujourd'hui avec un réseau comme ceux qui constituent les CD, les DVD…)



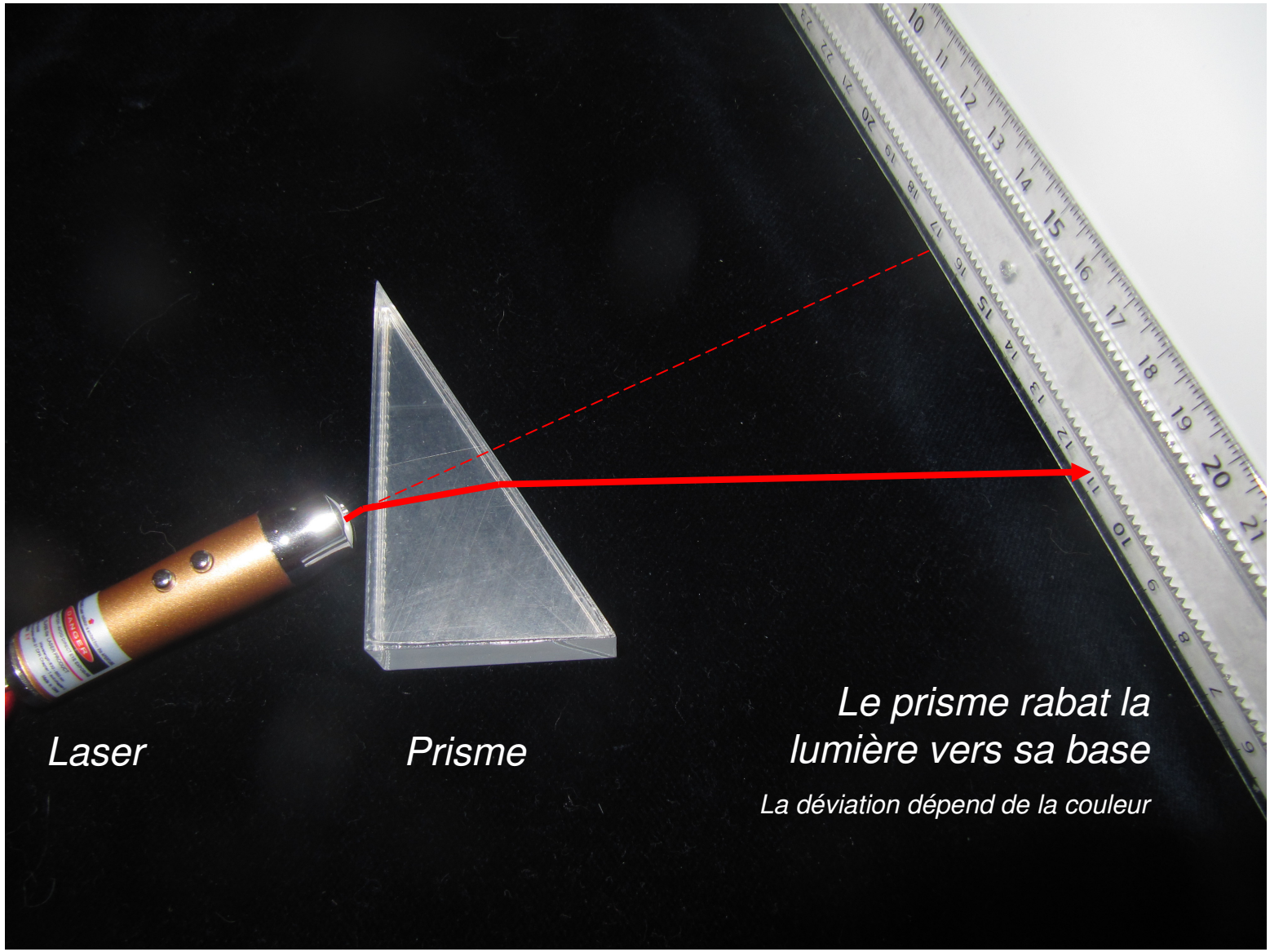


Newton en train de réaliser l'expérience des couleurs (1666). (Gravure du XIXe siècle.)

Newton montre que la lumière blanche contient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

Fresnel retiendra aussi que le prisme dévie la lumière, et se servira de cette propriété pour mieux utiliser la lumière des phares…

Ce que Fresnel a noté : **Faites l'expérience vous-même , matériel mis à disposition**



Recomposer la lumière: le disque de Newton

Travaux d'Isaac Newton

- décomposition de la lumière blanche, prisme…
- re-composition de la lumière avec un disque en rotation.

Newton a démontré ainsi que la lumière blanche est une combinaison des couleurs de l'arc-en-ciel.

- « *La diversité des couleurs dépend d'une différence de densité et de taille entre des particules lumineuses spécifiques* ». Ridicule, ripostera Fresnel.

L'invention « diplomatique » de l'indigo

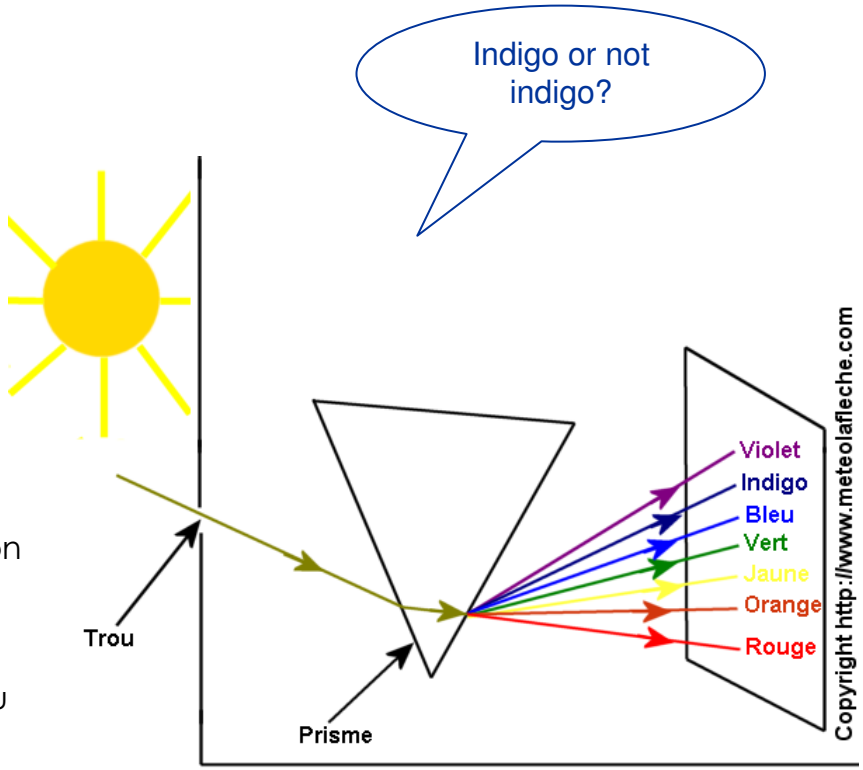
Wiphala ou *Huipala*, drapeau arc-en-ciel des ethnies des Andes, en bandes ou en carrés, est au XXIe siècle utilisé comme symbole d'identification nationale et culturelle par les peuples andins d'origine indigène.

Quand Newton a décomposé la lumière en arc-en-ciel avec un prisme, il a vu 6 couleurs:

3 couleurs dites primaires; bleu, jaune, rouge

3 couleurs dites secondaires; violet, vert, orange.

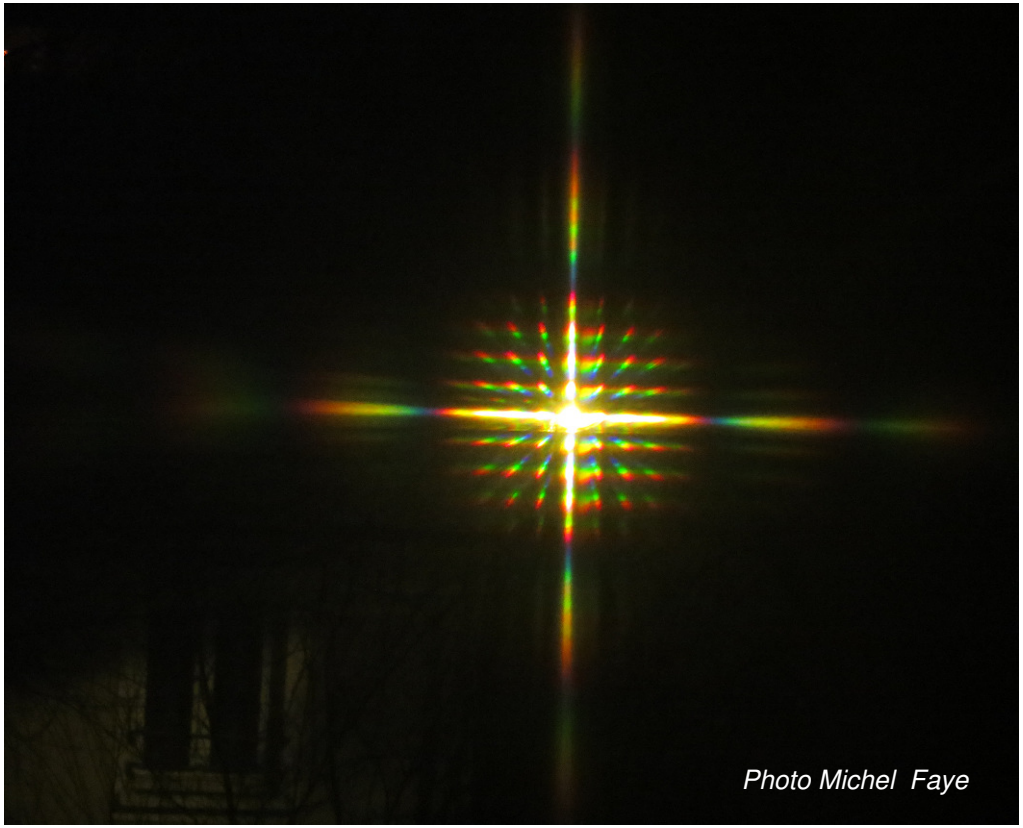
Pour avoir 7 couleurs, comme les 7 planètes connues à son époque, comme les 7 jours de la semaine, comme les 7 notes de musique …, il a pour ainsi dire **inventé** une septième couleur, qu'il a appelée **indigo**, en référence au bleu nouvellement ramené d'Inde par les explorateurs.



Fresnel dans son grenier/ Effets de bord et de couleurs

Le savant rigoureux, l'homme poly-technicien

*« Je me suis d'abord servi, pour obtenir un **point lumineux,** d'un très petit trou fait dans une feuille d'étain... N'ayant pas de plus forte lentille pour obtenir un point lumineux plus fin, je me suis servi d'un globule de miel déposé sur un petit trou fait à une feuille de cuivre ».*



Après 1815, Fresnel travaille dans le grenier de la maison familiale de Mathieu, près de Caen.
Il imagine des appareils qu'il fait construire par les artisans du village.

Lumière de lampadaire, point lumineux, diffractée à travers un **trou rectangulaire** chaîne-trame d'un voilage.

PREMIER MÉMOIRE

SUR

LA DIFFRACTION DE LA LUMIÈRE,

OÙ L'ON EXAMINE PARTICULIÈREMENT

LE PHÉNOMÈNE DES FRANGES COLORÉES QUE PRÉSENTENT LES OMBRES

DES CORPS ÉCLAIRÉS PAR UN POINT LUMINEUX [a].

---

1. Avant d'entrer dans le détail de mes expériences sur la diffraction et des conséquences que j'en ai tirées, j'exposerai sommairement les principales objections que je me suis faites sur la théorie newtonienne.

Newton ayant posé en principe que les molécules lumineuses qui frappent nos yeux, lorsque nous regardons le soleil, partent de cet

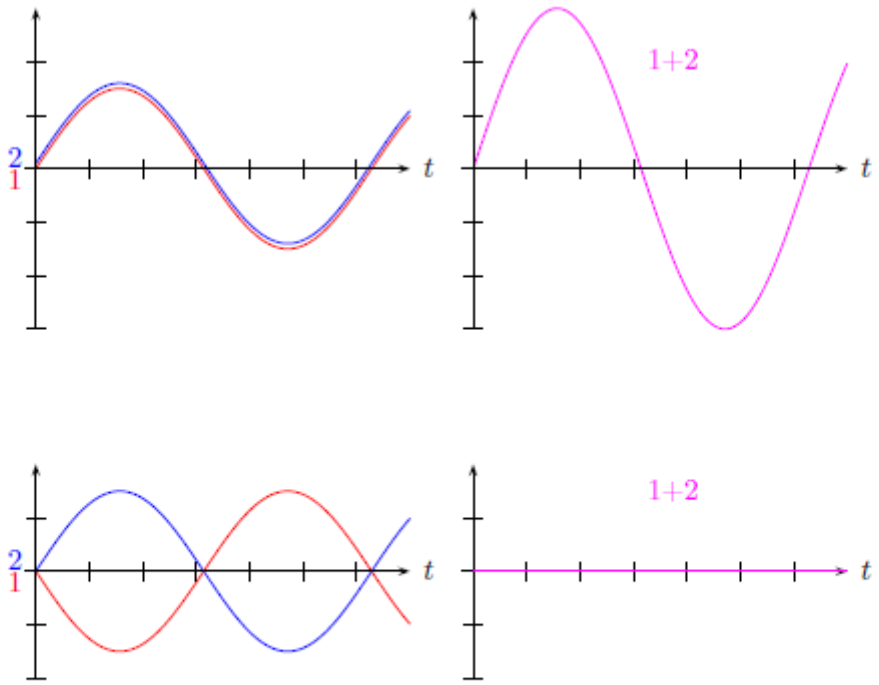
---

[a] Adressé à l'Académie des sciences, le 15 octobre 1815. — [MM. Poinsot et Arago commissaires nommés le 23 octobre 1815.]

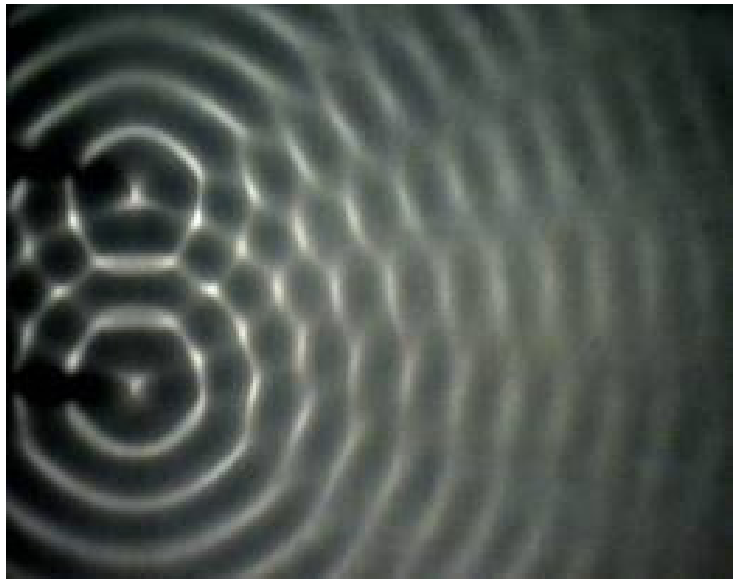
Pour Fresnel, la lumière avance en ondes microscopiques,

comme les rides dans l'eau, comme le son dans l'air.

- **Deux ondes (vagues) peuvent s'ajouter ou s'opposer, selon les trajets qu'elles ont suivis.**



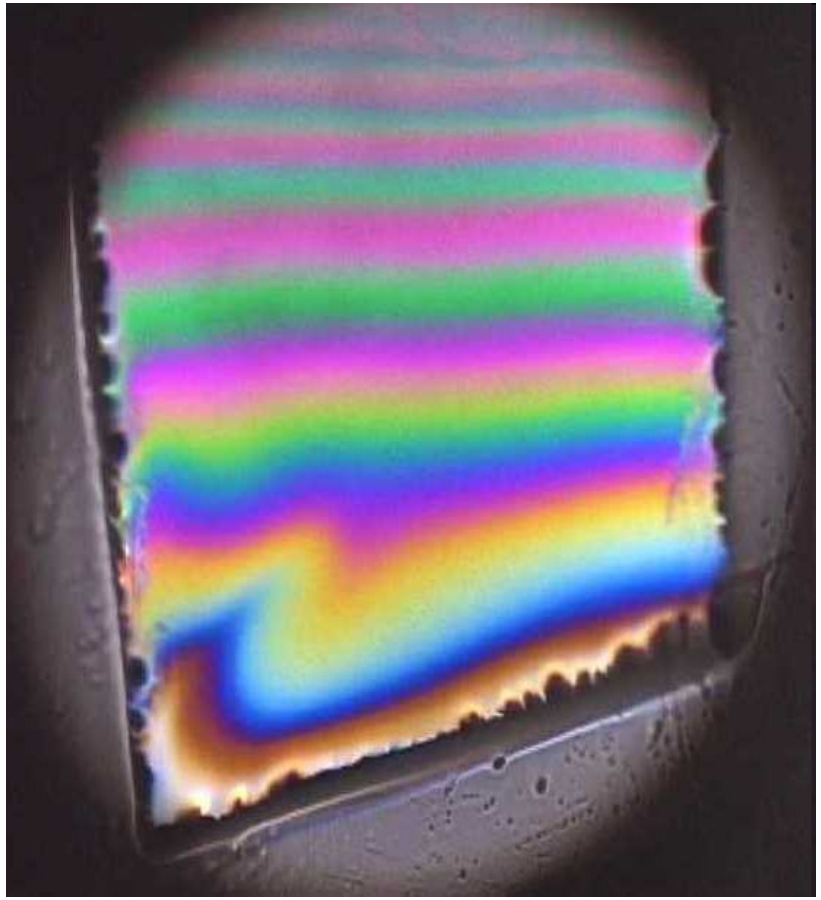
Addition = Lumière forte, zone brillante



Opposition = Extinction, zone sombre

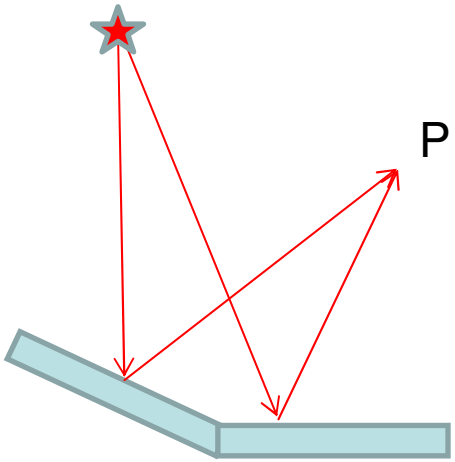
Ce qui interprète les observations de Grimaldi un siècle et demi plus tôt

Bulles et lame de savon donnent des interférences colorées

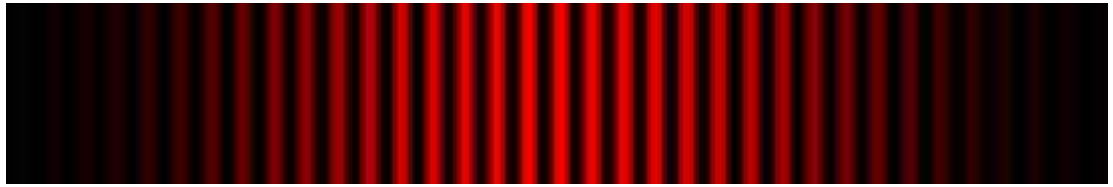


Les interférences, comme la diffraction, décomposent la lumière blanche, de façon plus complexe, et plus variée, que le prisme de Newton. Une couleur = une longueur d'onde

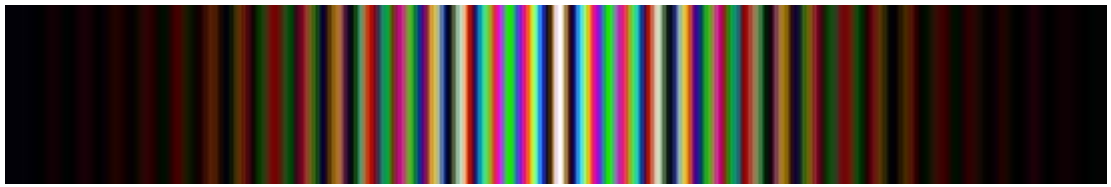
Interférences: lumière + lumière peut donner brillant ou sombre



Miroirs de Fresnel



Laser rouge



Lampe blanche

Extrait d'un texte de Fresnel: *On ne doit employer dans cette expérience, comme dans celles de diffraction, que la lumière d'un seul point lumineux [...]*

Pour découvrir ces franges, il faut s'éloigner un peu des miroirs, et recevoir directement les rayons qu'ils réfléchissent sur une loupe d'un court foyer, derrière laquelle on tient son œil placé de manière que toute sa surface paraisse illuminée. Alors on cherche les franges dans l'espace où se réunissent les rayons réfléchis sur les deux miroirs, qu'il est facile de distinguer du reste du champ lumineux à la supériorité de son éclat.

Photo Jolaine Ricard-Thillet

Un bourdon aux ailes irisées = interférences dues aux miroirs microscopiques recouvrant les ailes

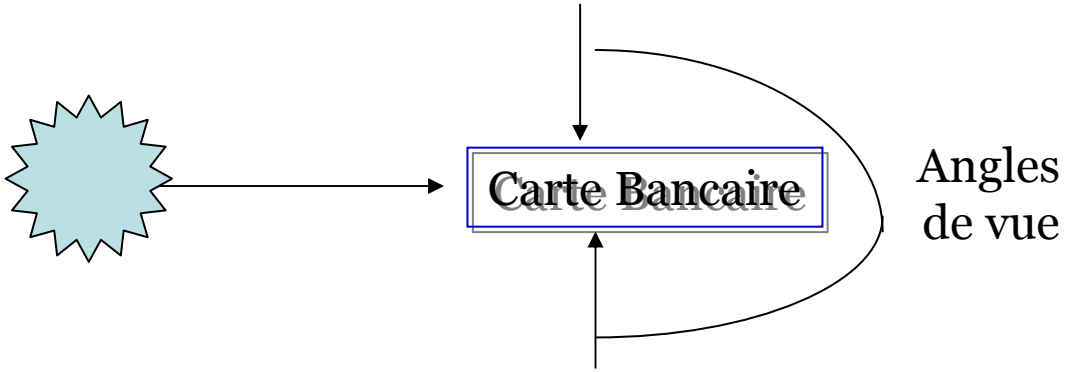
Certains papillons (genre *Morpho*, par exemple) ont des couleurs irisées qui viennent de la diffraction ou d'interférences de la lumière sur les écailles microscopiques, bien que celles-ci ne contiennent aucun pigment.

Photos Jolaine Ricard-Thillet

La plume de paon comporte des barbules hérissées de microlamelles. A la lumière, **selon le chemin parcouru par les radiations lumineuses dans les microlamelles**, deux radiations lumineuses de même couleur peuvent s'additionner, d'autres s'annuler. La couleur qui apparaît à nos yeux dépend de l'écartement entre les microlamelles, celui-ci est de l'ordre de la longueur d'onde, soit quelques dixièmes de micromètres.

Les ondes de Fresnel (diffraction et interférences) dans votre poche

Hologramme « colombe » de carte bleue, éclairé en lumière blanche et observé sous différents angles

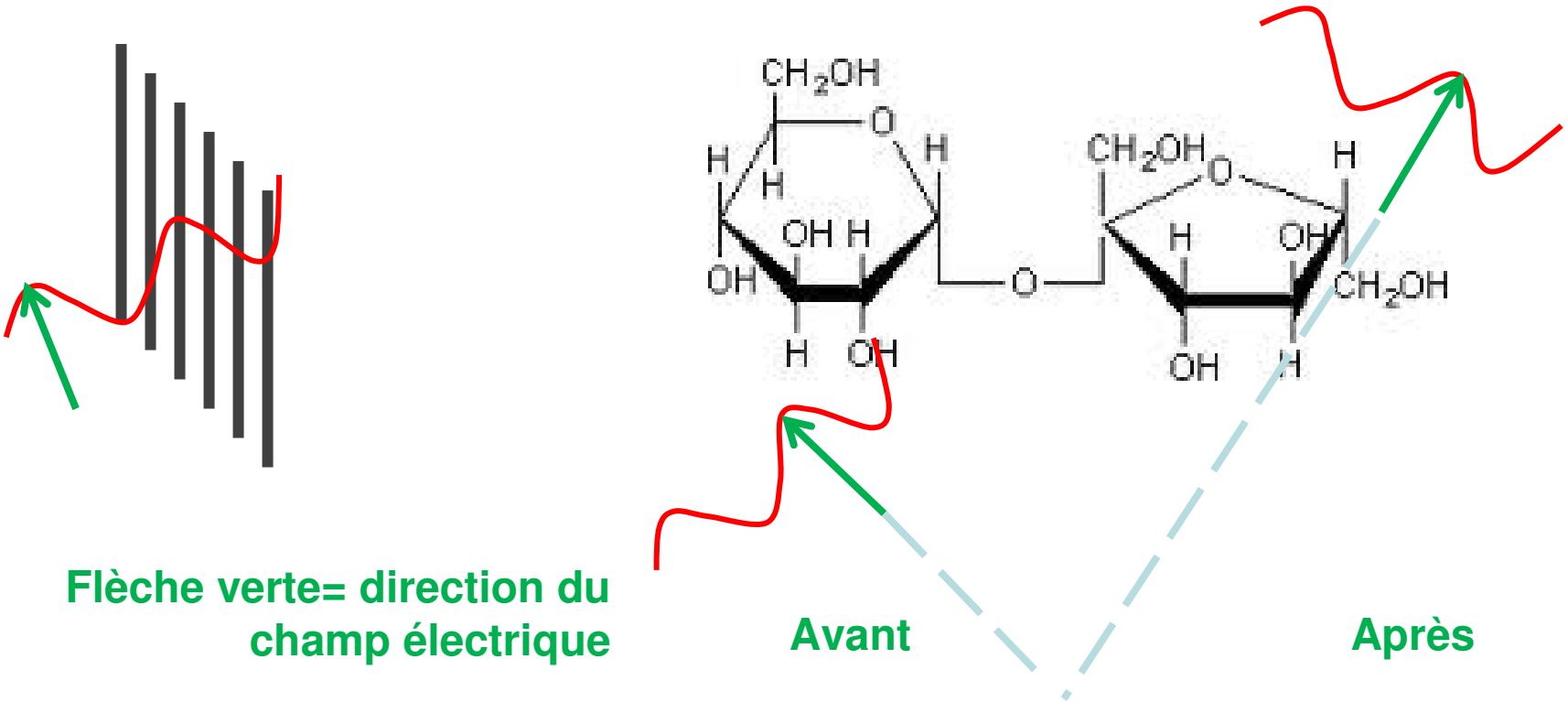


Photos Suzanne Faye

Et aussi sur les billets euros, les DVD, les tissus moirés…

Fresnel et les chimistes; un outil pour les oenologues

- Quand une onde se faufile à travers une grille, on parle de polarisations. Les molécules des sucres se comportent comme des vrilles (polarisation rotatoire)



Saccharimètre à polarisation ou Saccharimètre Soleil

Un polariseur fixe une direction de champ électrique dans un faisceau lumineux.

Lorsqu'une lumière polarisée traverse un liquide sucré, on observe **une rotation du champ électrique** associé à cette lumière.

Cette rotation dépend de la **concentration en sucre.**

Construit par Mr Soleil, maitre verrier

A la manière de Fresnel : **Faites l'expérience vous-même , matériel mis à disposition**

Etape 1:

Le dispositif : Lampe + 2 « grilles » (polariseur et analyseur) + écran

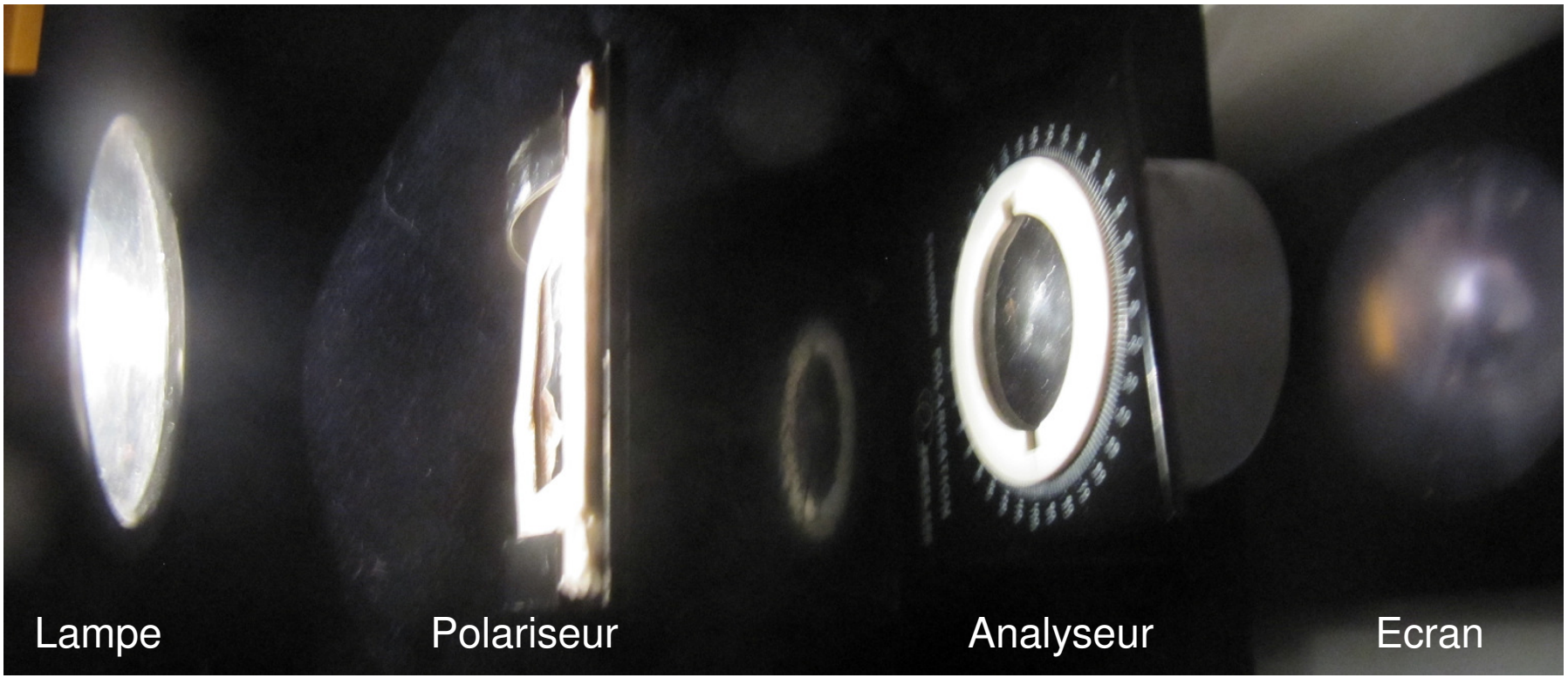
Faites tourner la deuxième « grille ».

Quand les 2 « grilles » sont croisées, la lumière ne passe pas.

Analyseur

= Polariseur

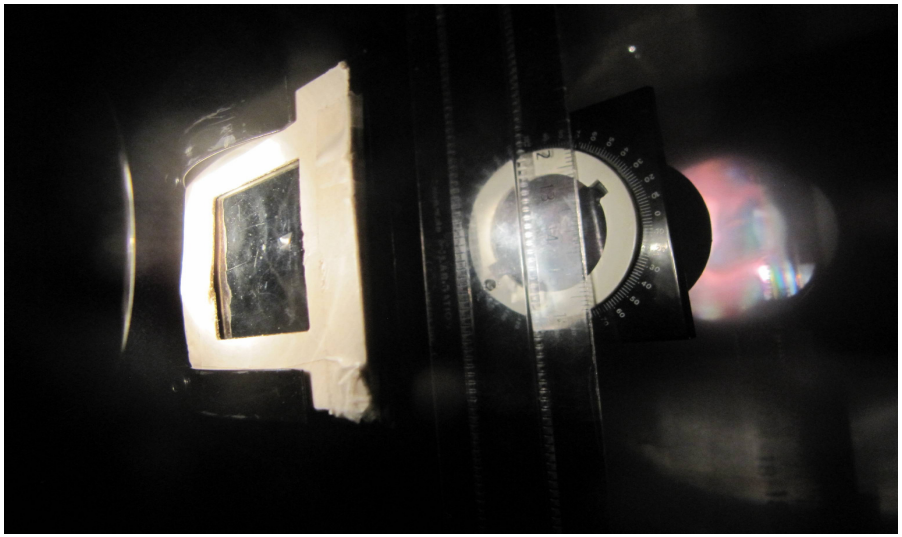
n° 2

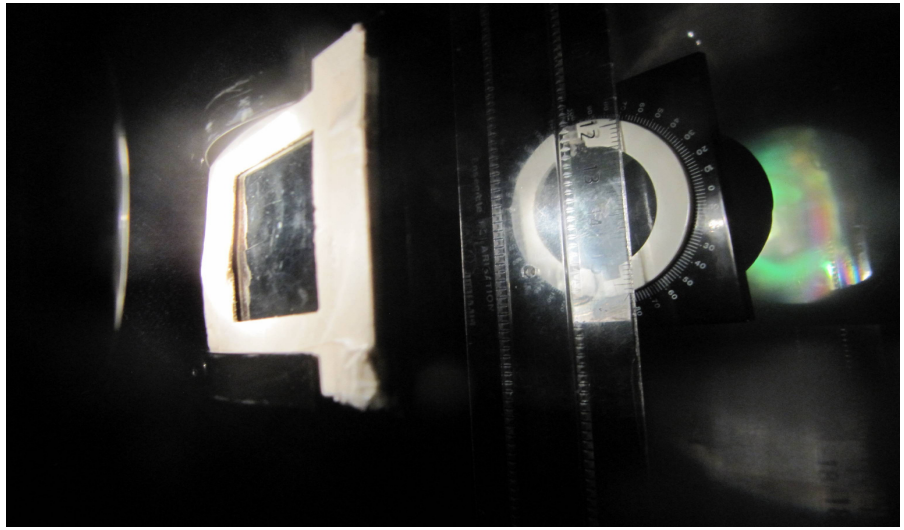


A la manière du saccharimètre

Résumé de l'étape 1: Lampe- Polariseur - Analyseur (grille qui tourne)- Ecran

Etape 2 : Intercalez un double décimètre, observez les couleurs quand vous faites tourner l'analyseur (la deuxième «grille»); ces couleurs traduisent les déformations du double-décimètre.





Cette technique est utilisée pour étudier les déformations de maquettes de ponts par exemple.

Fresnel, l'honnête homme – Très « fair-play »

Début XIXème: l'anglais Thomas Young étudiait lui aussi la nature ondulatoire de la lumière.

Fresnel ne le savait pas, à cause du blocus continental (guerres de Napoléon)

Quand il en prendra connaissance, il entamera des échanges avec Young et ils devinrent amis.

N° XXXVII.

Il serait possible que ce que j'ai publié sur la double réfraction des cristaux à un axe fît naître dans l'esprit de M. Young, ou de M. Brewster, les mêmes idées sur celle des cristaux à deux axes : si vous vous aperceviez de cela, je vous prierais alors de donner communication de mon expérience à la Société royale de Londres; dans le cas contraire, je crois devoir attendre, pour publier cette découverte, que je puisse présenter un travail plus complet sur ce sujet et développer suffisamment mes idées théoriques.

Pendant que vous êtes en Angleterre, tâchez, je vous prie, de faire une ample récolte d'observations sur les phares et d'avis des marins expérimentés. Les Anglais ont-ils appliqué l'éclairage au gaz à quelques-uns de leurs phares à feu fixe ? [a] . . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Adieu, mon cher ami.

Signé A. FRESNEL.

Thomas Young 1773-1829

Lettre à Arago

Extrait des Œuvres complètes d'Augustin Fresnel, volume 2, publiées par son frère Léonor

Fresnel, l'ingénieur

Fresnel invente un nouveau système d’éclairage des phares

1819: Fresnel est nommé à la Commission des Phares

A sa mort en 1827, son frère Léonor lui succède

MÉMOIRE

SUR

UN NOUVEAU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE

DES PHARES;

PAR M. A. FRESNEL,

INGÉNIEUR AU CORPS ROYAL DES PONTS ET CHAUSSÉES, ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE;

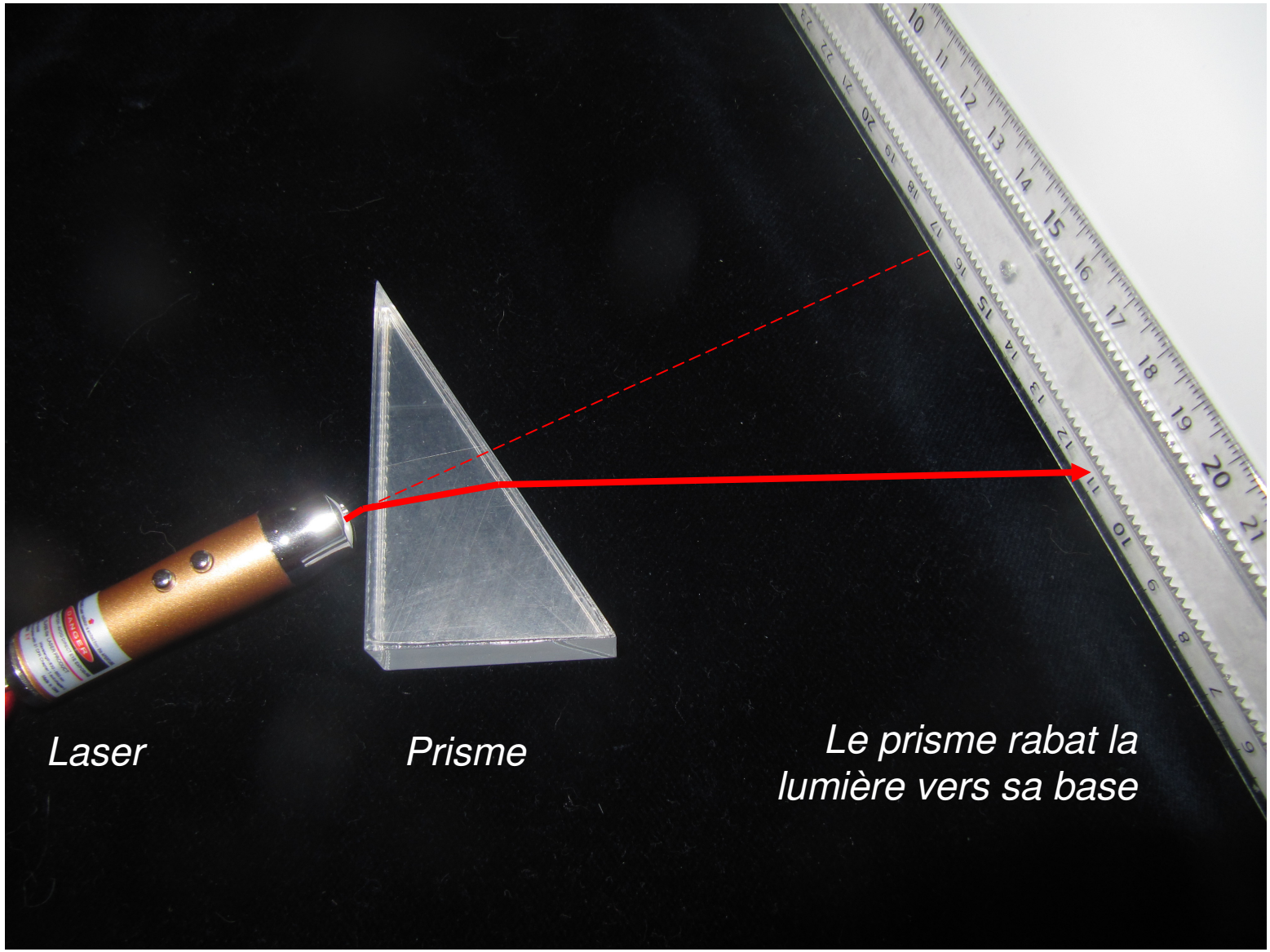
LU À L'ACADÉMIE DES SCIENCES, LE 29 JUILLET 1822.

Fresnel et Mr Soleil!

Avant Fresnel	**Après Fresnel**
Feux et miroirs	Grandes lentilles à échelons
Phare d'Alexandrie, une des sept merveilles du monde antique Du 3ème siècle av.J.C au 14ème siècle ap.JC.	Phare de Cordouan, Versailles de la mer 1360: phare primitif 1584-1611: Chantier du siècle 1823 : 1er équipement Fresnel

Mr Soleil est le maître verrier qui a travaillé avec Fresnel

Fresnel va utiliser le prisme (Cf Newton) pour améliorer spectaculairement les phares



Le génie de Fresnel: Produire un faisceau plus lumineux et qui porte plus loin

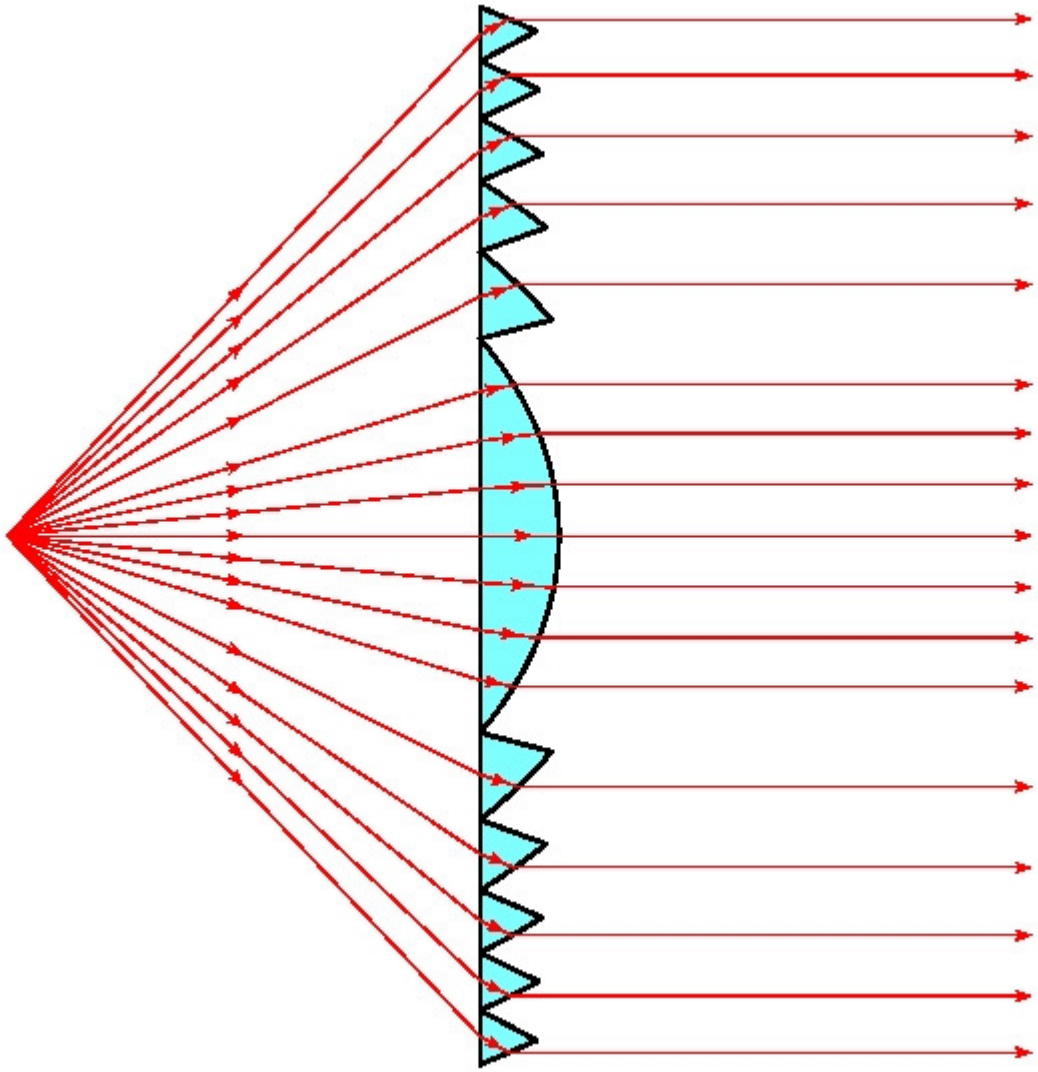
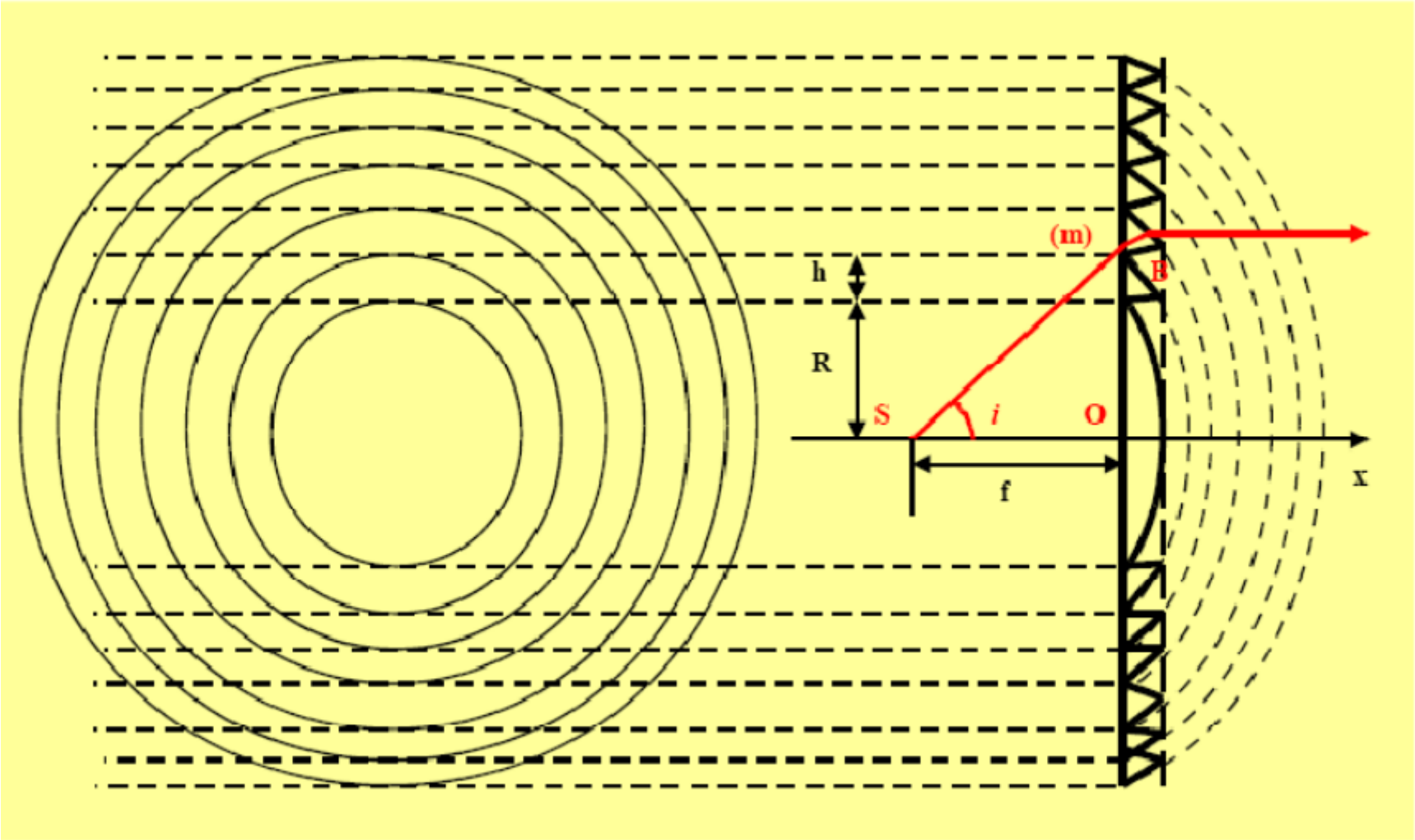
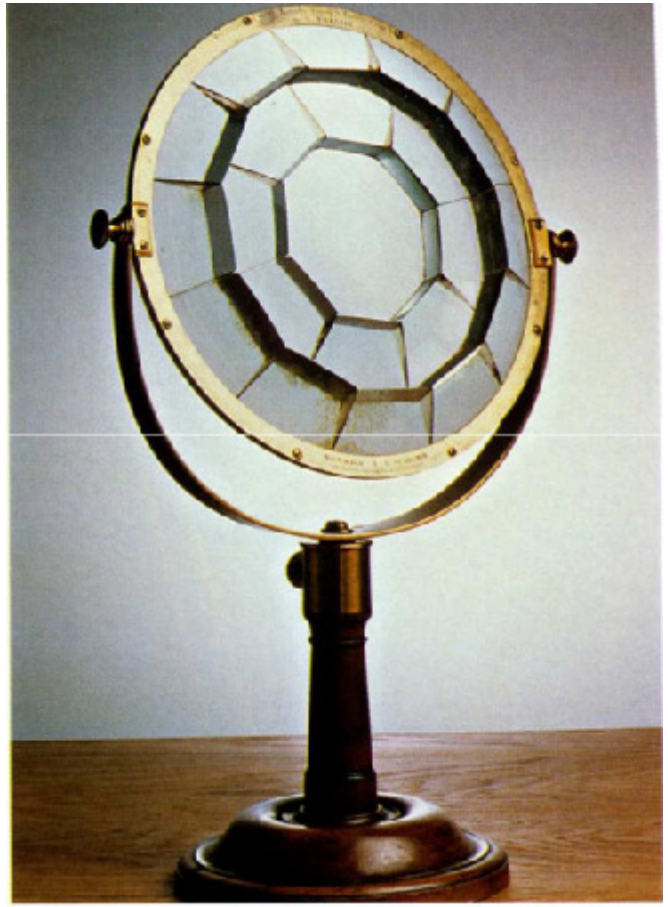


Schéma de lentille de Fresnel, dessin de face et dessin de profil



Premier Test entre Montmartre et l'Observatoire de Paris



- A partir d'une suggestion de Buffon (allèger une lentille de parties inutiles)
- En cherchant à optimiser le faisceau de sortie,

Voici le prototype de lentille à échelons fabriqué par Fresnel et Soleil en 1819-1820

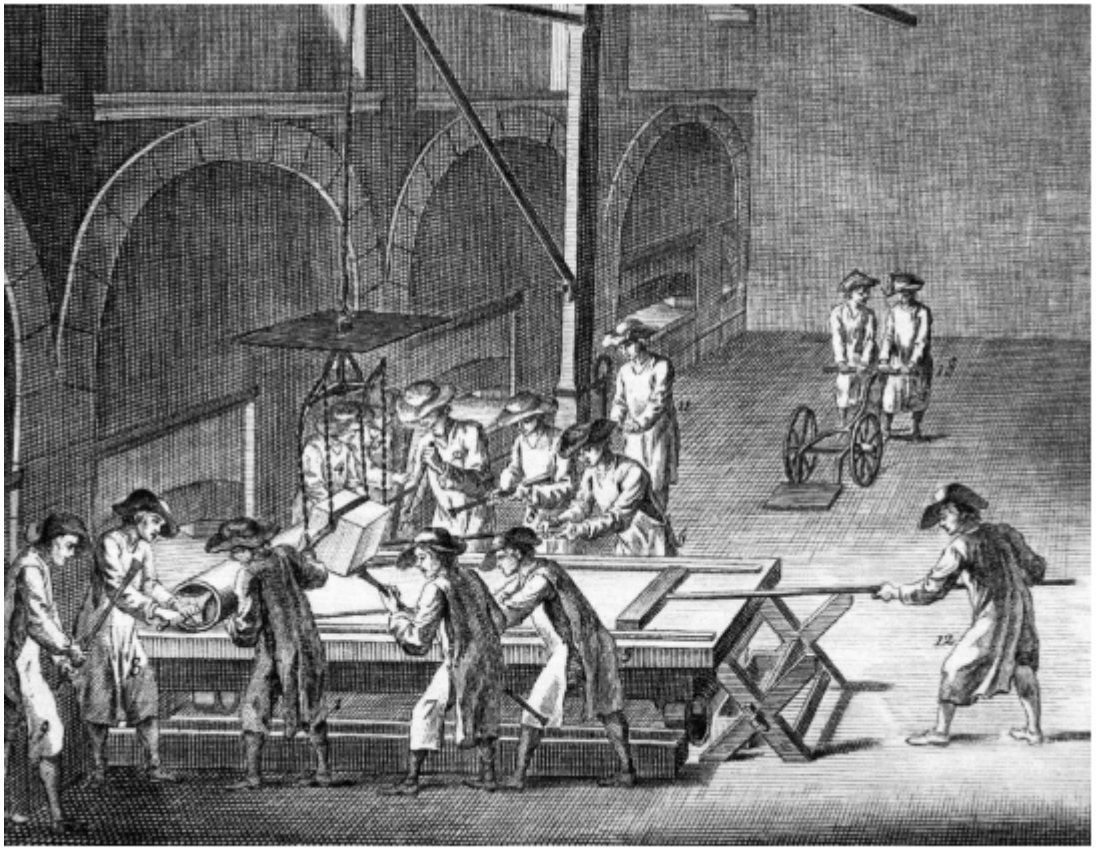
(actuellement au musée des Arts et Métiers)

Cette invention « *ne sera pas seulement utile à l'éclairage des phares ; elle servira à l'avancement de la science* », écrivait A.Fresnel en 1822.

Techniques du verre et mises en forme

- Prototypes par Mr Soleil
- Verrerie de Choisy, échec
- Verrerie Saint-Gobain, succès, d'abord pour le phare de Cordouan.

Le savant directeur de cette manufacture, Mr Tassaert, a mis beaucoup d'intérêt au succès de la fonte de nos prismes courbes.



NB : On peut comparer cette situation-là à celle des cellules solaires de nos jours

http://www.ustverre.fr/site/ustv/Rennes2011/Conf%C3%A9rence/Lehuede.pdf

1er phare équipé (1823): Cordouan, 8 lentilles à échelons, des réflecteurs, lampe à huile et système de rotation améliorés aussi par Fresnel

Bon phare, bon œil

Les trois plus anciens phares de France

Cordouan, Les Baleines, Chassiron

Par René Faille, éd. Quartier latin,

La Rochelle, 1974

Les Baleines, île de Ré; Léonor Fresnel contribua à la construction de ce phare, 1er feu en 1854

photo Michel Faye

19ème siècle: **Narcisse Pelletier**, abandonné sur une plage d'Australie, retrouvé 17 ans plus tard,

deviendra garde magasinier au phare des Baleines à l'île de Ré (Charente Maritime)

Des architectes aux artistes

1839: Phare de Gatteville, Huile sur toile / Le plus grand phare à terre de France

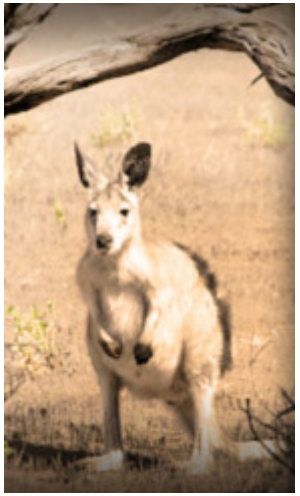
par Ferdinand Perrot, peintre de marine, 1808-1841

Fresnel, une mondialisation réussie

Les lentilles de Fresnel dans les phares du monde…

…même si les Anglais ont mis 20 ans avant de l'adopter

Phare de Kangaroo Island, Cap Willoughby, 1852, Australie du Sud



Ne pas déranger!

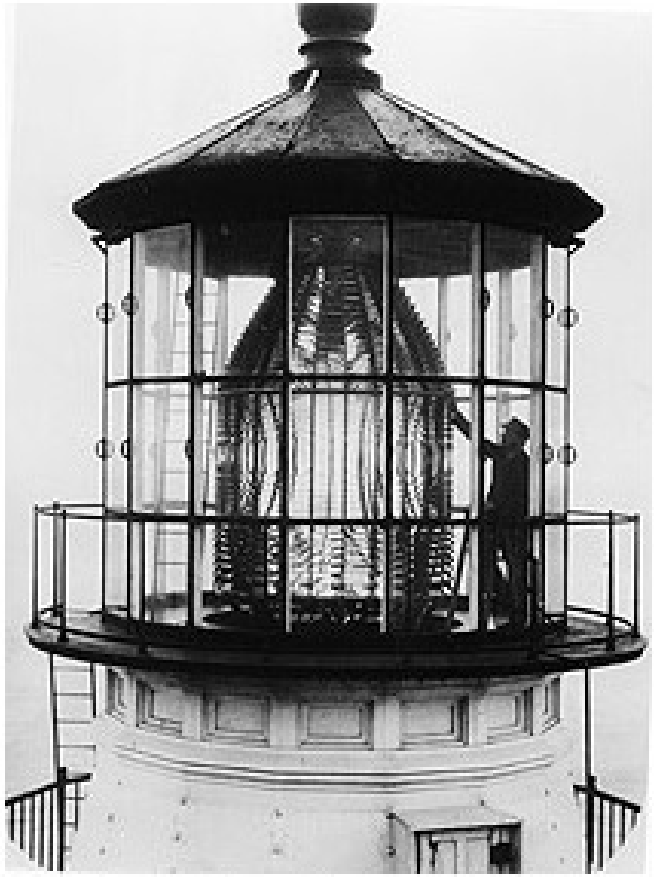
Phare des Mamelles, 1864

Dakar, Sénégal

2 collines volcaniques appelées *Les Mamelles*,

pointe Ouest de Dakar

Phare de Point Reyes, Sausalito, 1870, San Francisco, USA



Point Reyes National Seashore Museum,
HPRC Rec. No. 045510

Lentilles signées *SOLEIL*

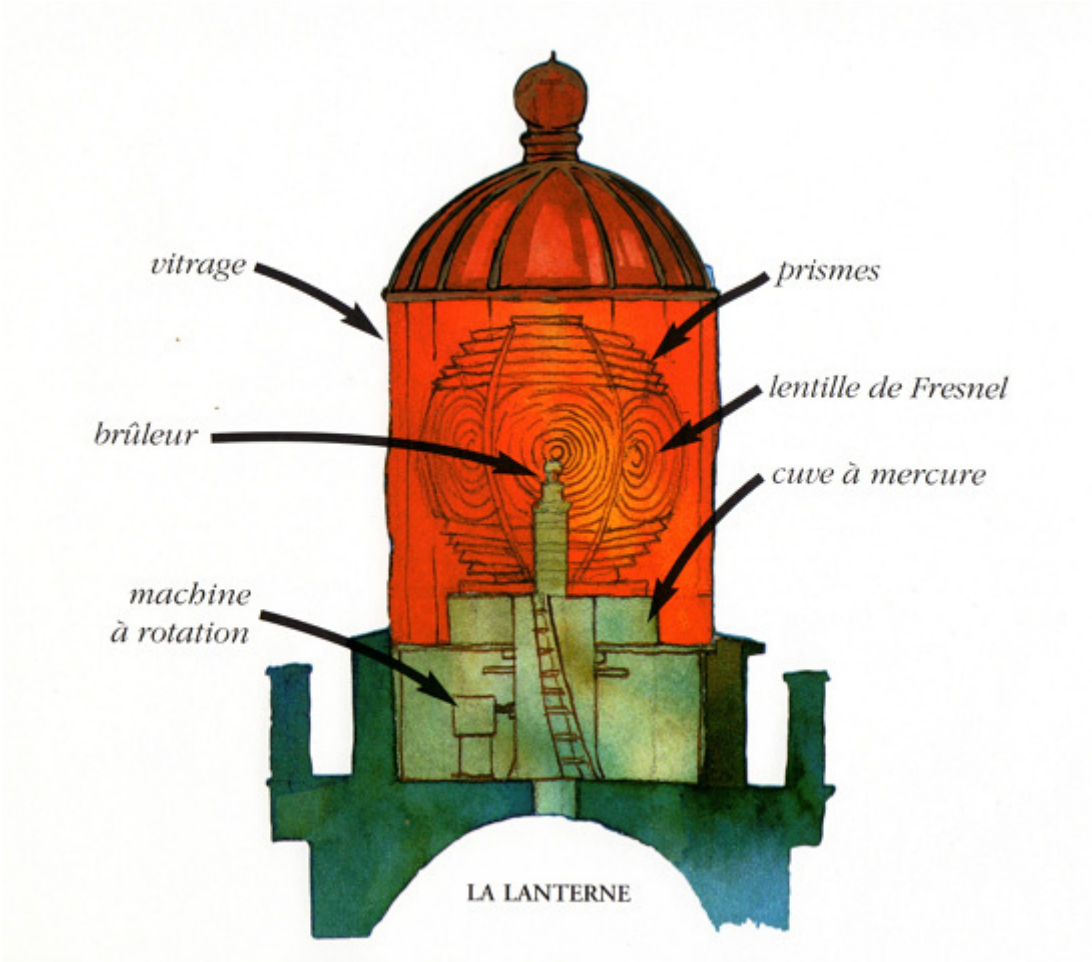
Modèle de 1870,
Musée de la Marine

Diamètre: 1,98 m

Hauteur: 2,54 m

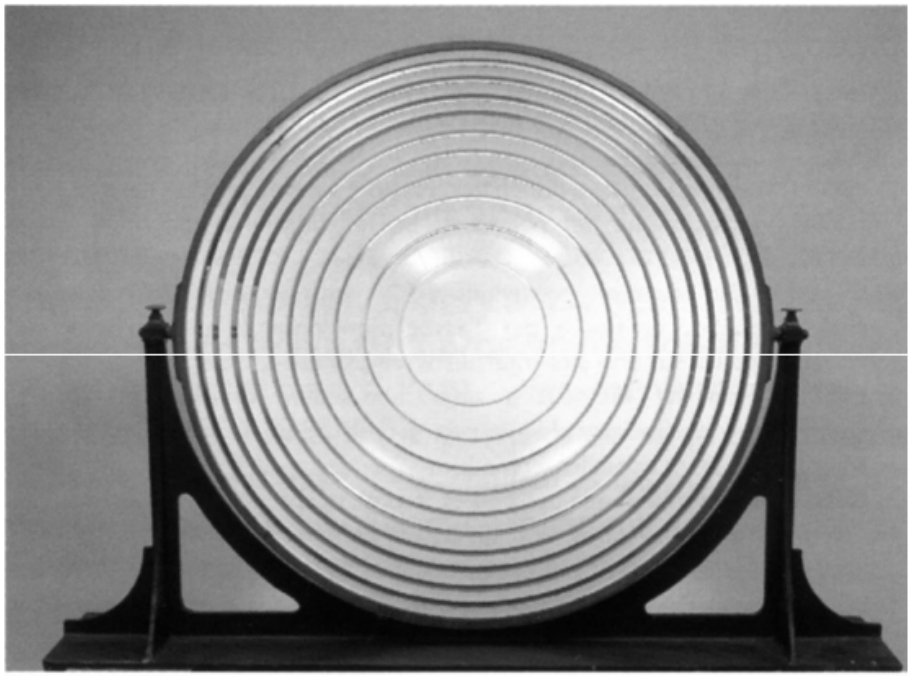
Poids: 1,5 tonnes

Illustration de Perrot dans *Trois éclats rouges toutes les quinze secondes.*



Le Patio éditeur

Avec le succès des lentilles de Fresnel, les techniques des verriers s'améliorent



Lentille ardente fabriquée par la maison Barbier et Fenestre vers 1880.
MnM, ancien musée du service des phares, n° d'inventaire 19 PA 50 D.
© MnM/Arnaud Fux.

On utilise aujourd'hui ces techniques dans les « loupes pleine page »;
On est passé du verre aux matières plastiques

Hommage à Augustin Fresnel

Arago rend hommage à Fresnel:

Fresnel, très malade, entouré de sa mère et de son frère Léonor, s'était retiré à Ville d'Avray.

« Fresnel habitait déjà la campagne quand la Société royale de Londres me chargea de lui remettre la médaille de Rumford…ce signe, si rarement accordé, de l'estime de l'illustre Société.

- Je vous remercie, me dit-il d'une voix éteinte, d'avoir accepté cette mission ; je devine combien elle a dû vous coûter, car vous avez ressenti, n'est-ce pas, que la plus belle couronne est peu de chose, quand il faut la déposer sur la tombe d'un ami ?

…

Huit jours encore s'étaient à peine écoulés, et la patrie perdait l'un de ses plus vertueux citoyens, l'Académie l'un de ses membres les plus illustres, le monde savant un homme de génie. »

L'héritage de Fresnel

Citons Louis De Broglie, 20ème siècle, qui établit la dualité onde-corpuscule

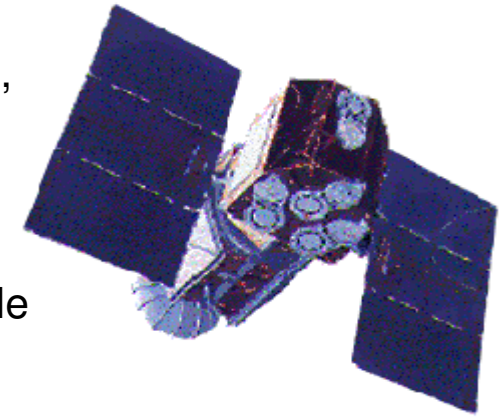
Lumière = onde OU particules, mais particules sans masse, les photons, grains d'énergie.

Ce sera le début de la mécanique quantique

φωτος, *photos* : lumière, clarté = Lumière, comme dans photo-graphie

Les lentilles de Fresnel en héritage

Concentration de lumière visible, d'infra-rouge ou d'UV dans des détecteurs, y compris sur des satellites de recherche, comme le satellite EUVE.



Phares de voitures

Feux de navigation

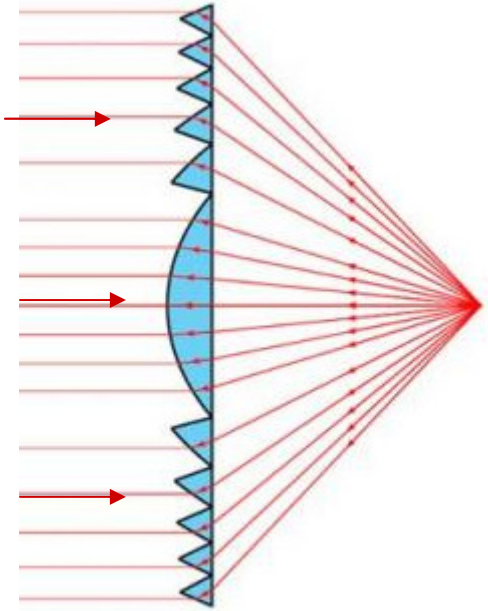
Projecteurs de théâtre et de cinéma

Loupe pleine page

Retroprojecteurs

…

Des lentilles de Fresnel, pour un chauffage solaire ULTRA EFFICACE:



18 lentilles de Fresnel concentrent le Soleil, d'où un delta de température de +50℃ entre l'entrée et la sortie.

Des centrales solaires à miroirs de Fresnel

Almeria, Andalousie / Dispositif solaire à lentilles de Fresnel/ Prototype de 1 MW

Rapport qualité/prix à comparer au dispositif voisin, à concentration sur tour, de 11MW

Centrales photovoltaïques à optimiser par l'ajout de lentilles de Fresnel ! ?

La station Ferrassières 1 compte 8 220 modules SOLON Blue. 230/07. Ils sont installées sur une surface totale de 5 hectares pour une puissance nominale de 1,756 MWc.
Celle de Ferrassières 2 héberge 6 240 modules SOLON Blue 230/07 sur 3,6 hectares pour une puissance nominale de 1,31MWc.

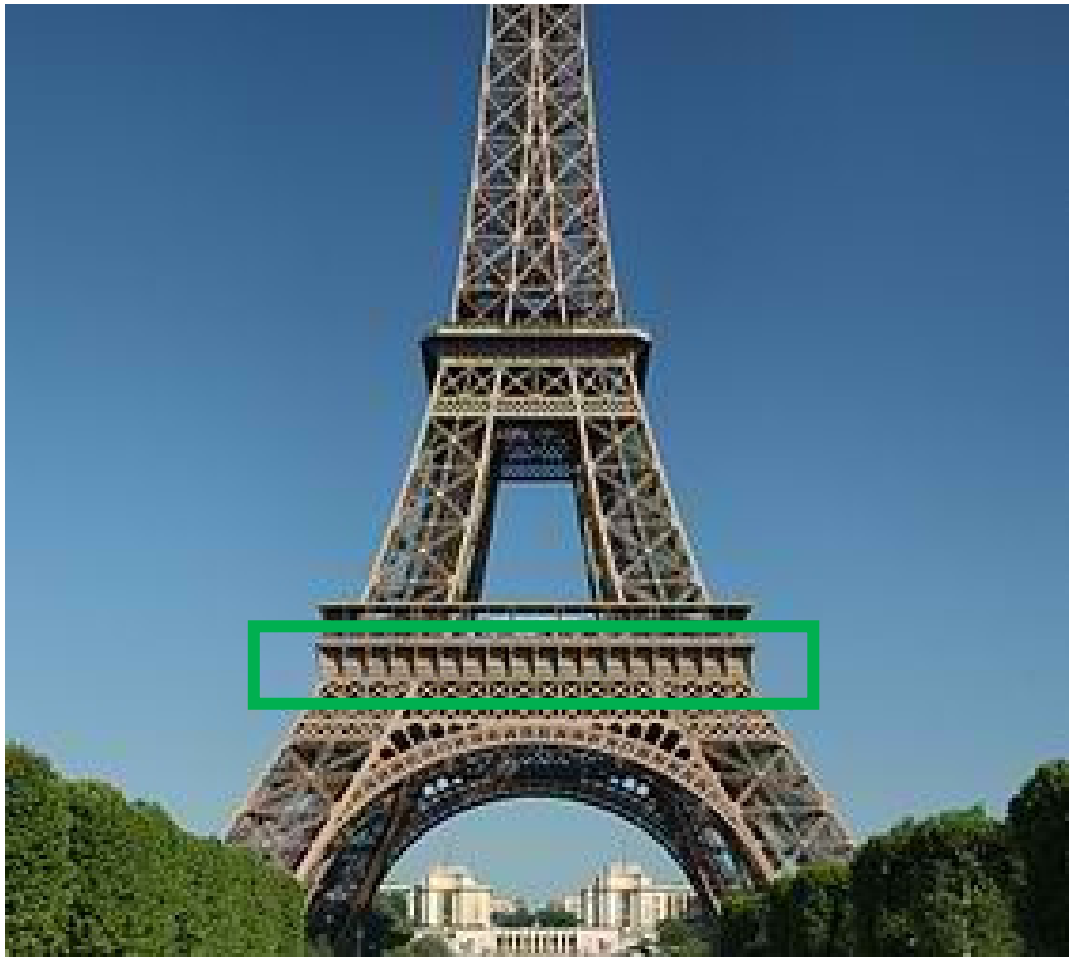
MWc = MW crête= MW « maximal »

Au nom de Fresnel, sciences et techniques

- Diffraction de **Fresnel,** *expériences et modélisation*
- Principe d'Huyghens-**Fresnel ,** *pour la diffraction*
- Miroirs de **Fresnel,** *interférences entre rayons lumineux*
- Représentation de **Fresnel** *, vecteur champ électrique*
- Formules de **Fresnel,** *pour la réflexion et la réfraction*
- Expérience de **Fresnel**-Arago *en lumière polarisée*
- Lentille de **Fresnel,** *phares maritimes hier, centrales solaires aujourd'hui.*

Le nom de Fresnel est inscrit sur la Tour Eiffel

72 noms de savants inscrits sur la Tour Eiffel

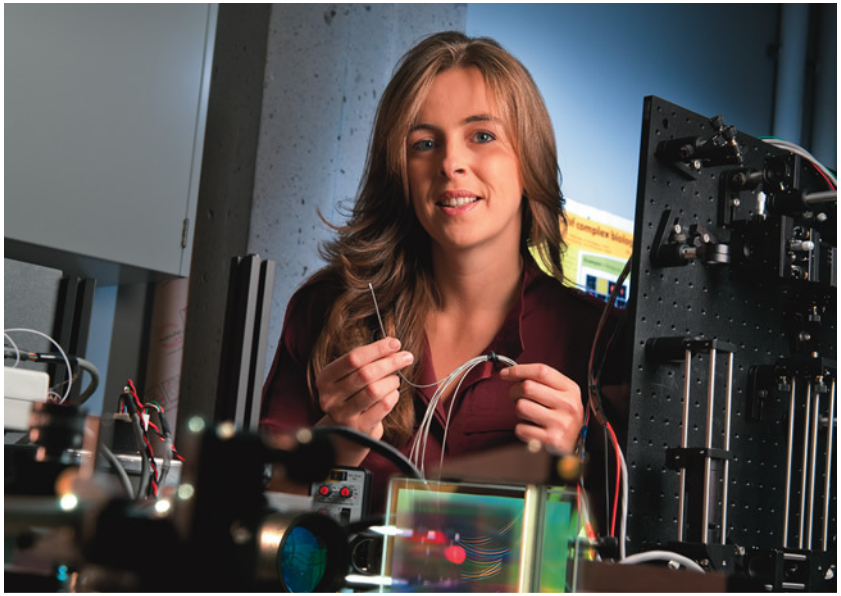


… dont Fresnel

Laboratoire de mesures, d'expériences, de météo; antenne géante

Où sont les femmes?

Femmes en optique aujourd'hui, télécommunications, imagerie médicale…



Caroline Boudoux Génie physique,
laboratoire d'optique diagnostique et d'imagerie
de l'École Polytechnique de Montréal .

Johanna Dominici SupOptique, ingénieure
Innovation chez Thalès Avionics
Trophée 2012 des femmes de l'industrie.

Pour conclure:

Si j'ai pu voir plus loin, c'est en me tenant debout sur les épaules des géants.

Newton

Métaphore attribuée à Bernard de Chartres, 12ème siècle, reprise par Newton, Pascal …

Hommage à ceux qui nous ont précédé et confiance dans le progrès (*debout, plus haut*)

Je vous remercie de votre attention mme.faye@yahoo.fr http://science.faye.free.fr

Matériel recommandé

Sources de lumière:

Le vidéoprojecteur lui-même

Un rétroprojecteur

Quelques lampes blanches

Quelques lasers à tout petit prix

NB: Les rétroprojecteurs contiennent une lentille de Fresnel

Petit matériel:

- Loupe « pleine page », lentille LTT
- Disque de Newton
- Prisme + DVD + Lampes
- Papillons des Comores/ Plumes de paon
- Verres polarisants et double-décimètre
- Drapeau inca

Livres:

Trois « classiques » :

Le phare du bout du monde - Jules Verne, éditions Folio Gallimard
Le roman des phares - anthologie, éditions Omnibus
Ce qu'il advint du sauvage blanc - François Garde éditions Gallimard

Plus rares:

Cordouan, Les Baleines, Chassiron - René Faille éditions Quartier latin à La Rochelle
Et de Mathieu la lumière vint - Edouard Tribouillard, éditions Charles Corlet

Enfants:

Trois éclats rouges toutes les quinze secondes - Gestin et Perrot,Patrimôme, éditions Le Patio
Le Phare de l'oubli - Fabian Grégoire, éditions Ecole des loisirs