

Augustin Fresnel
à la *Commission des phares*

Christian BRACCO

Équipe histoire des sciences astronomiques,
Syrte, Observatoire de Paris

INSPE-UCA

Journées du Verre

Nice, vendredi 23 septembre 2022

Hôtel Aston La Scala

Éléments biographiques

Augustin Fresnel : né à Broglie le 10 mai 1788 – Mort à Ville d'Avray le 14 juillet 1827

Père : Jacques Fresnel (1755-1805) architecte, né à Mathieu (près de Caen) où la famille s'installe pendant la révolution.

Mère : Augustine Mérimée, fille de François Mérimée, [intendant du château de Broglie](#).

Oncle : Léonor Mérimée, [professeur de dessin à l'École Polytechnique](#), travaux en chimie (peinture), [père de Prosper Mérimée](#) (cousin germain d'Augustin Fresnel).

Frères : [Louis](#) (1786-1809) lieutenant mort en Espagne ; [Léonor](#) (1790-1869) Inspecteur général des Ponts et Chaussées ; [Fulgence](#) (1795-1865), consul de France à Djeddah.

Après des études à [l'École Centrale de Caen](#) (13 ans – 16 ans), Augustin entre à [l'École Polytechnique](#) (1804 :17/130 ; 1806 : 9). *Cours de Monge, Poisson, Legendre*.

[École des Ponts et Chaussées](#) 1806-1808.

Travaux scientifiques entre 1814 et 1823

- Aberration stellaire, 1814
- Lettre à Arago, 1818 (expérience du prisme)
- 3 mémoires sur la diffraction : 1815 - 1818 [couronné]
- Influence des rayons polarisés dans des expériences d'interférences (Fresnel – Arago), 1816-1821 (Ampère), couleur des lames cristallines : transversalité de la vibration lumineuse
- Coefficients de réflexion de la lumière polarisée, cas de la **réflexion totale** (1823) [introduction des complexes]
- **Biréfringence provoquée** (1822) [en lien avec la réalisation de ses lentilles polyzonales]
- Polarisation circulaire (1823)
- ...

[Nomination à la direction des phares (secrétaire de la Commission) en 1824]

REVUE D'OPTIQUE

THÉORIQUE ET INSTRUMENTALE

CENTENAIRE D'AUGUSTIN FRESNEL

(10 mai 1788 - 14 juillet 1827)



Portrait de Fresnel, gravé par E. Rucitte d'après A. Tardieu
(extrait du tome 1^{er} des *Œuvres complètes d'Augustin Fresnel*).

OEUVRES



COMPLÈTES

D'AUGUSTIN FRESNEL

PUBLIÉES

PAR MM. HENRI DE SENARMONT, ÉMILE VERDET
ET LÉONOR FRESNEL

TOME TROISIÈME



PARIS

IMPRIMERIE IMPÉRIALE

M DCCC LXX

Augustin Fresnel à la commission des phares

Création de la *Commission des phares* le 29 avril 1811 pour œuvrer à « la meilleure répartition et disposition à faire des phares de France, sur l'universalité des côtes de l'Empire, pour le plus grand avantage de la navigation ».

De 1811 à 1819 : la commission travaille à la collecte de documents, etc.

Mémoire transmis par le ministère de la marine au ministère de l'intérieur : « on signalait nos Principaux phares de la Manche **comme très-inférieurs en portée aux phares de même ordre de la Côte d'Angleterre** ».

François Arago, membre de la commission des phares demande dans la séance du 21 mai 1819 de s'adjoindre Mathieu (astronome) et **Augustin Fresnel**, en tant qu'ingénieur des ponts et chaussées. Proposition validée le **21 juin 1819**.

Phare de Cordouan avant 1823 : miroirs paraboliques de cuivre fondu « réparé au tour et argenté de plusieurs feuilles. Sa surface intérieure présentait de nombreuses piqûres et stries, et son mince argentage ne pouvait manquer d'être promptement altéré par les nettoiemnts journaliers [combustion incomplète des lampes Argand (quinquet) à huile] ».

Il est également question de la distribution de lumière projetée à l'horizon.

Pour Fresnel, dès 1819 : il y a « avantage à « substituer de grandes lentilles de verre aux réflecteurs paraboliques » pour projeter la lumière en faisceaux de forte intensité ».

XXV.

EXTRAITS

DE

LA CORRESPONDANCE D'AUGUSTIN FRESNEL
RELATIVE AUX PHARES^(a).N° XXV¹.

AUGUSTIN FRESNEL À SON FRÈRE LÉONOR.

Paris, le 2 juillet 1819.

..... Je suis, depuis quelques jours, *adjoint* à la Commission des phares^(b), comme me dit poliment le bon M. Sganzin^(c).....

..... J'ai déjà commencé à m'occuper des préparatifs des expériences, et du projet d'une petite charpente que je dois planter sur l'arc de triomphe de l'Étoile, pour établir dessus la lanterne des réflecteurs. Je voudrais n'avoir à m'occuper que de la partie d'optique ;

Adjonction
d'Augustin Fresnel
à la Commission
des phares.

AUGUSTIN FRESNEL À M. BECQUEY,

DIRECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Paris, le 7 juin 1824.

Monsieur le Directeur général,

Réponse
à la décision
de
M. Becquey
conférant
à Augustin Fresnel
les fonctions
de
secrétaire
de
la Commission
des phares.

J'ai reçu la lettre par laquelle vous m'annoncez ma nomination à la place de secrétaire de la Commission des phares. Je vous prie d'agréer mes remerciements.

En m'attachant d'une manière fixe et spéciale aux travaux de la Commission pour le perfectionnement de l'éclairage des côtes, vous m'avez chargé, Monsieur le Directeur général, de fonctions qui me sont très-agréables. Elles me mettent dans la position où je puis être le plus utile, en secondant vos vues bienfaisantes pour la sûreté des navigateurs.

En administrateur éclairé, vous savez, Monsieur le Directeur général, mettre chacun à sa place pour en tirer tout le parti possible, et vous donnez des encouragements à toutes les inventions utiles. J'aurais donc pu prévoir la détermination que vous venez de prendre à mon égard, lors même que vous ne m'auriez pas prévenu depuis longtemps de vos intentions. Mais si je n'éprouve pas en ce moment le plaisir de recevoir une récompense inattendue, ma reconnaissance n'en est pas moins vive et profonde.

Je suis, etc.

A. FRESNEL.

1. Conception de la lentille

41. En suivant cette conception, qu'il songea d'abord à appliquer aux phares à éclipses, Fresnel reconnut que le tambour dioptrique qui serait illuminé par une flamme centrale devait, pour ne pas laisser diverger en pure perte une trop grande partie des rayons émanés du foyer, embrasser une zone d'au moins 45 degrés. Or de cette première donnée résultait, pour l'angle prismatique du bord des lentilles, une ouverture de 40 degrés, et conséquemment une épaisseur au centre qui eût occasionné une grande perte de lumière, et rendu ce système mobile démesurément pesant.

42. Cette première difficulté du problème fut bientôt écartée par une combinaison que Fresnel tira de son propre fonds, mais pour laquelle il apprit bientôt qu'il avait été devancé par Buffon, celle des lentilles polyzonales à profil échelonné.

bornons-nous à rappeler qu'en multipliant suffisamment les zones concentriques des panneaux lenticulaires, et en exécutant ces anneaux séparément, on arriva à corriger, autant qu'il peut être nécessaire pour des appareils d'éclairage, l'aberration de sphéricité.

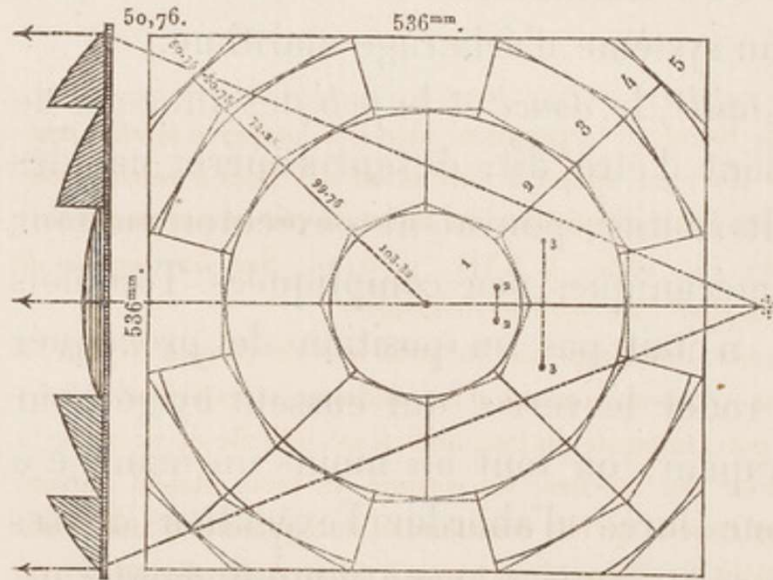
44. Dès le mois d'août 1819, Fresnel soumettait à la Commission des phares l'épure d'une lentille polyzonale de 60 centimètres de longueur focale et de 536 millimètres de côté, comme première étude de son nouveau système d'éclairage maritime.

Ne disposant pas d'appareils spécifiques, Fresnel utilise des méthodes classiques (« rodage au bassin ») pour fabriquer « un assemblage polyzonal d'éléments à courbure sphérique ».

46. Quel que fût, au surplus, le mode d'exécution, il fallait, avant tout, se procurer la matière première moulée sur une épaisseur qui sortait des habitudes de nos manufactures de glaces. Or les premiers essais faits aux verreries de Choisy-le-Roi n'avaient été rien moins que satisfaisants. Ils donnaient lieu de craindre que l'on ne pût obtenir de longtemps, sous le volume désiré, des pièces de *crown-glass* à peu près exemptes de bulles et de stries. Mais la solution de cette grave difficulté put être ajournée, grâce à l'habileté de M. Soleil père à refouler au four les glaces ordinaires sans altérer leur transparence.

(utilisation du crown de Saint-Gobain, d'indice 1,51)

47. Cet habile artiste exécuta ainsi pour premier essai une lentille échelonnée de 35 centimètres de diamètre et de 40 centimètres de longueur focale, puis un panneau lenticulaire à éléments polygonaux, de 70 centimètres de foyer sur 55 de carré, qui fut terminé au commencement de 1820.



Nous présentons ici la réduction au dixième d'une ancienne épure cotée, qui, malgré quelques millimètres de différence sur la longueur focale, nous paraît avoir été tracée par Fresnel, comme première étude de ce même panneau lenticulaire (a).

nous paraît avoir été tracée par Fresnel, comme première étude de ce même panneau lenticulaire (a).

2. Éclairage, expériences de Fresnel et Arago à l'Observatoire de Paris en septembre 1819 :

L'étude de ce problème conduisit à reprendre l'idée de Rumford, ou plutôt de Guyton de Morveau, sur les becs à mèches concentriques^(a). Il fallait, de plus, recourir au mécanisme à pompes de Carcel pour élever l'huile d'un réservoir inférieur au foyer et arroser incessamment la couronne du bec avec une surabondance, faute de laquelle l'intensité de la chaleur eût promptement carbonisé les mèches et détérioré le bec.

C'est ainsi qu'Arago et Fresnel résolurent conjointement ce nouveau problème^(b).

Des becs à *deux* et à *trois mèches concentriques*, exécutés sur les dessins de Fresnel, furent mis en expérience dès le mois d'octobre 1819. On les alimenta, dans les premiers essais, à l'aide d'un réservoir supérieur, dont la capacité et l'écoulement avaient été réglés de manière à arroser d'huile les mèches avec la surabondance nécessaire pendant un éclairage de quelques heures. Cet équipage provisoire fut ensuite remplacé par une grande lampe mécanique, que construisit l'habile horloger M. Wagner.

3. Optimisation de la lumière collectée

54. Pour utiliser les rayons supérieurs, Fresnel adopta la com-

binaison décrite dans le Mémoire sur son nouveau système de phares (N° VIII). Elle consiste dans l'addition de huit lentilles de 50 centimètres de foyer, disposées en toit pyramidal tronqué, lesquelles portent chacune à leur bord supérieur un grand miroir plan, incliné de manière à projeter à l'horizon le faisceau des rayons réfractés. Les plans méridiens répondant aux axes des petites len-

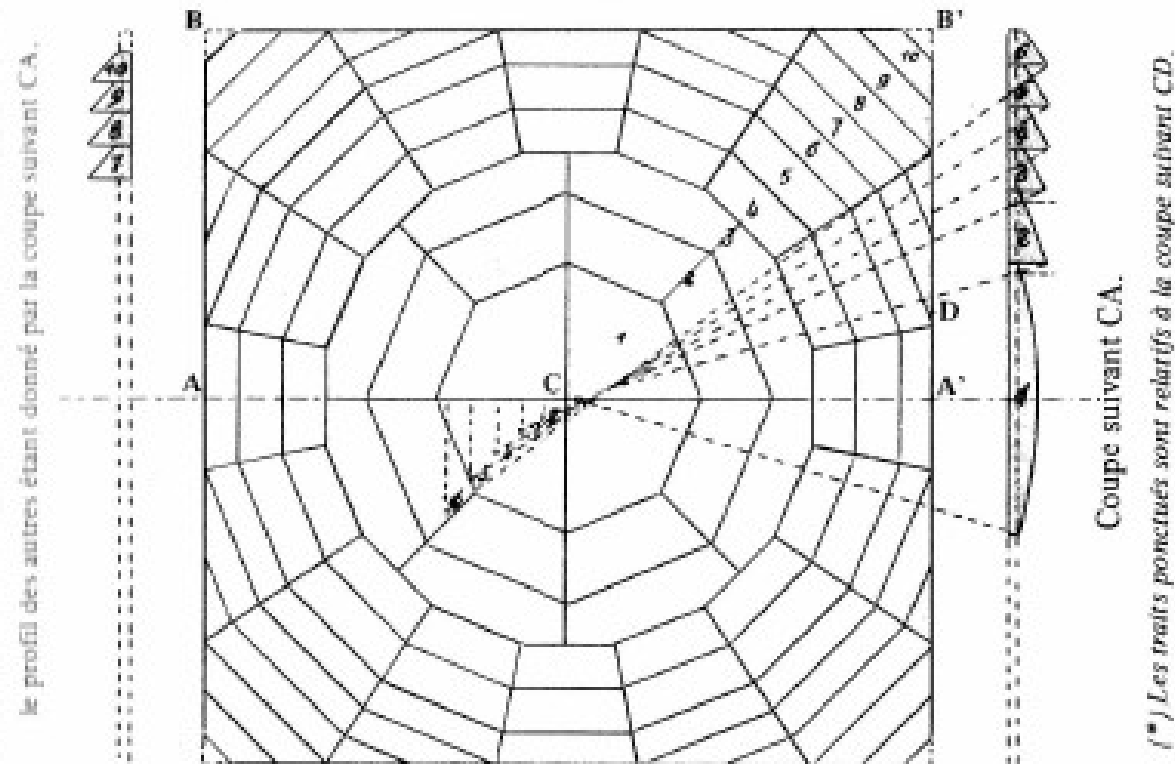
55. Quant aux rayons passant au-dessous du tambour dioptrique, Fresnel s'était d'abord arrêté à l'idée de les faire diverger pour éclairer les abords de la tour. Mais il reconnut bientôt qu'il en tirerait un parti plus utile en les distribuant à peu près uniformément sur l'horizon, au moyen d'un tambour catoptrique fixe composé de sept zones horizontales de petits miroirs plans étagés verticalement comme les lames d'une persienne. A l'aide de cette

« La construction (de la lentille du phare de Cordouan) se poursuivit en 1822, retardée par des difficultés d'exécution des éléments annulaires. Fresnel étudia lui-même et fit construire les moules en fonte qui permirent à la manufacture de Saint-Gobain de couler des anneaux que l'opticien Soleil mit en œuvre ».

« L'appareil fut essayé sur l'Arc de l'Etoile dans la nuit du 28 août 1822 et la Commission qui observait le feu à une distance de 32 km constata que les éclats étaient très brillants ».

PLAN ET PROFILS
 D'UNE LENTILLE ÉCHELONNÉE
 À ZONES POLYGONALES

de 0^m76 de côté et de 0^m92 de foyer.



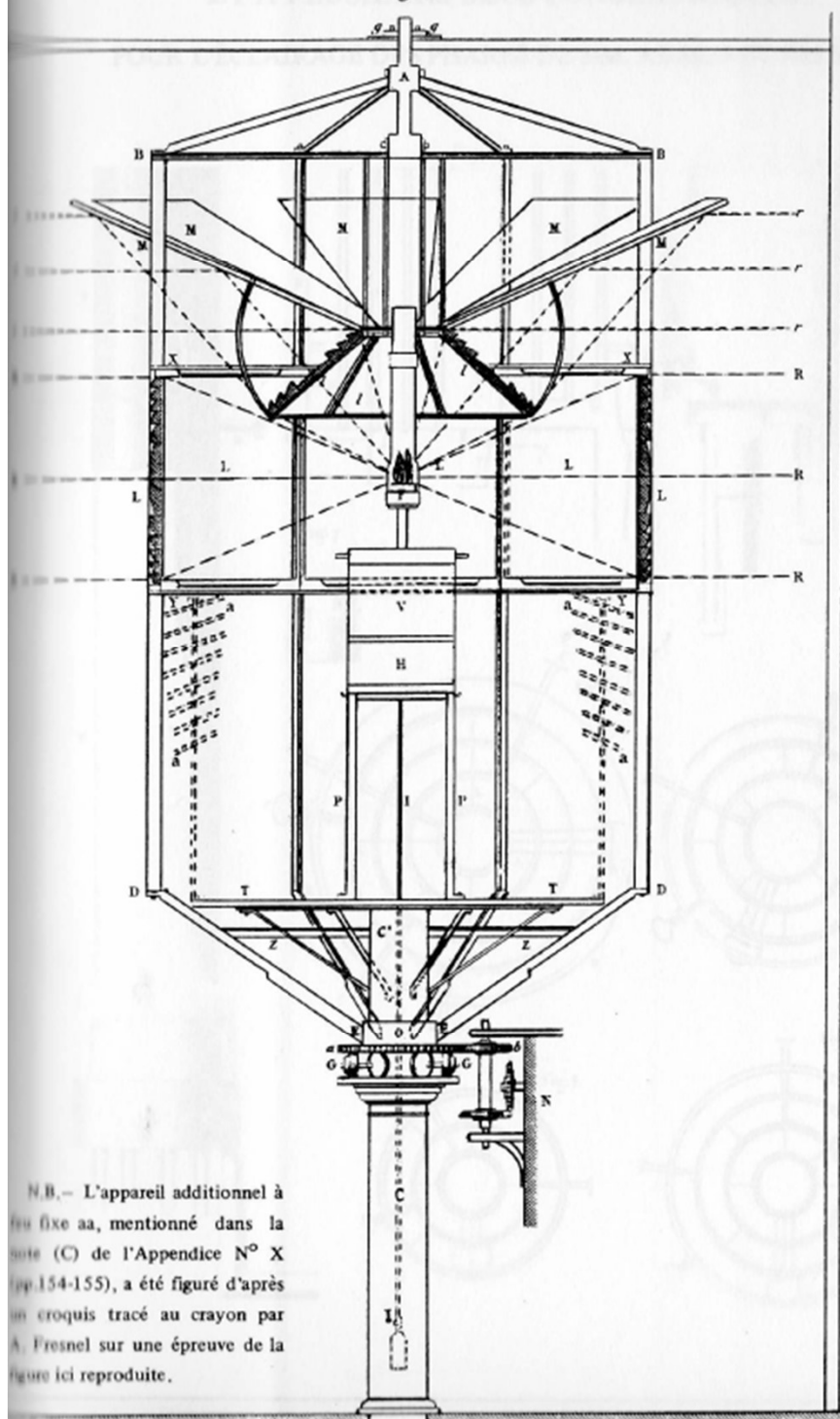
(Réduit d'après l'épure à l'échelle de $\frac{1}{2}$ présentée par A. Fresnel
 à la Commission des Phares dans sa séance du 31 Octobre 1820).



En résumé, A. Fresnel a été inventeur des *phares lenticulaires*, aux mêmes titres que Gutenberg, de l'imprimerie, Galilée, des télescopes, et Watt, des machines à vapeur. On a pu sans doute leur contester la priorité quant à certaines idées élémentaires; mais ils ont su les féconder par leur active et puissante intelligence, et accomplir ainsi l'œuvre d'une véritable création.

APPAREIL LENTICULAIRE POUR L'ECLAIRAGE DES PHARES.

Fig. 1.



N.B. - L'appareil additionnel à feu fixe aa, mentionné dans la note (C) de l'Appendice N° X (pp.154-155), a été figuré d'après un croquis tracé au crayon par A. Fresnel sur une épreuve de la figure ici reproduite.

Fig. 2.

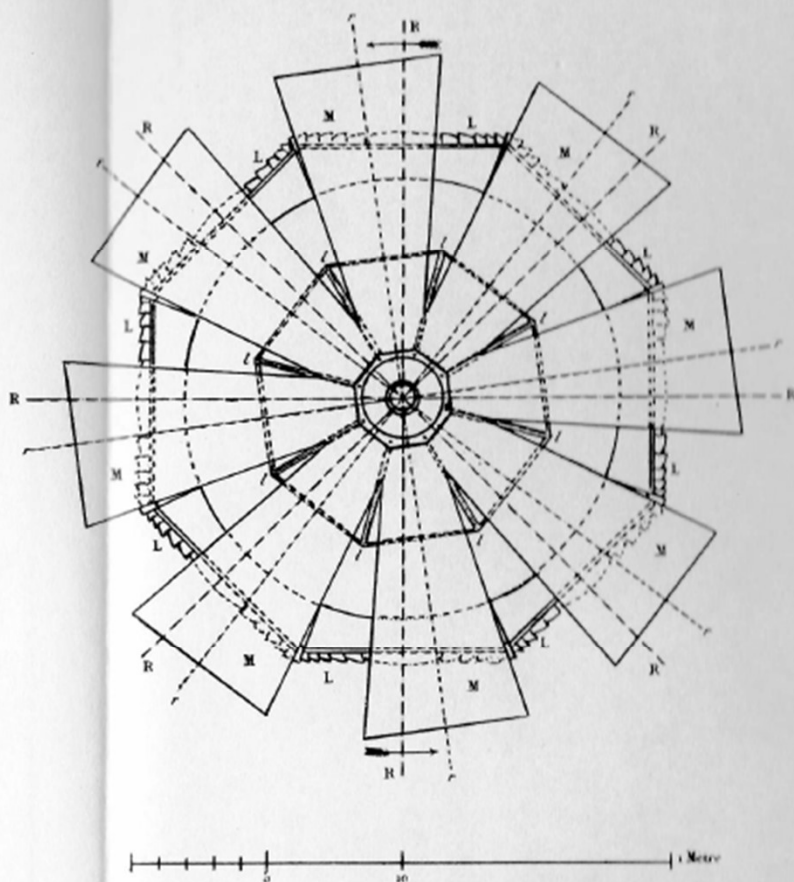


Fig. 3.

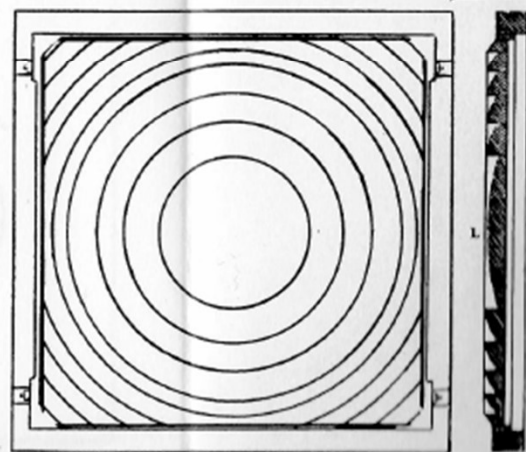
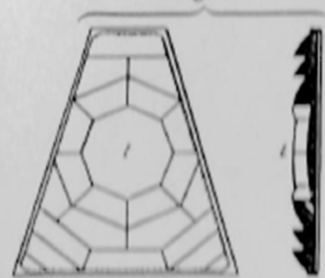
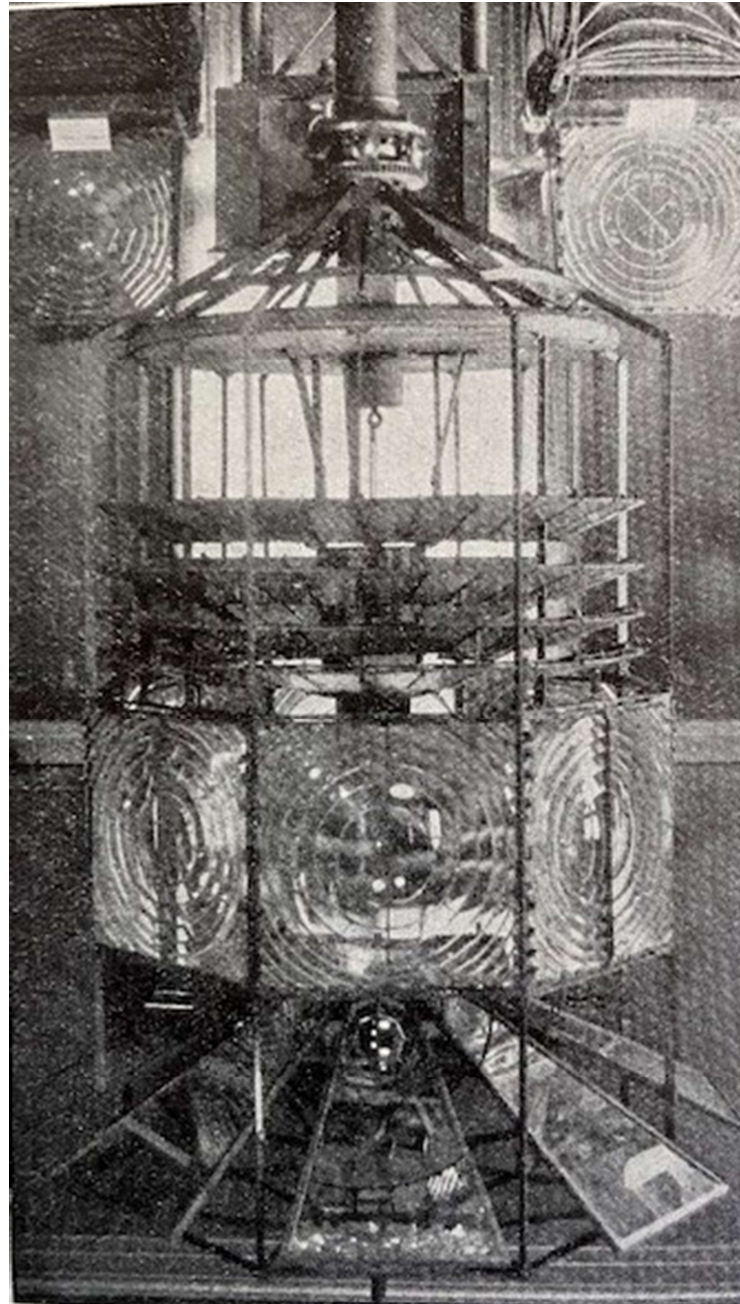


Fig. 4.

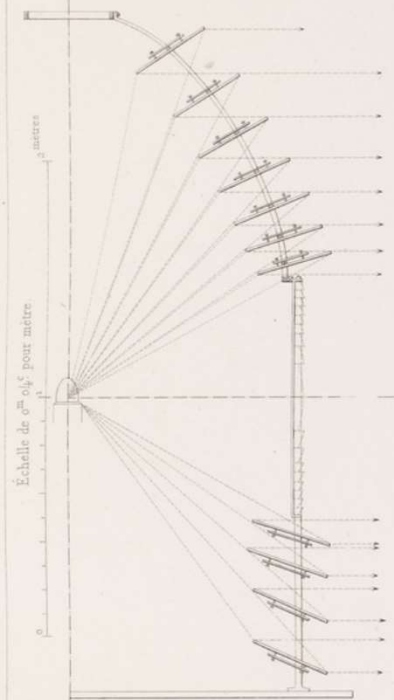


57. Le 20 juillet 1823, l'appareil dioptrique ainsi disposé remplaça, dans la lanterne de la tour de Cordouan, les douze grands réverbères de Borda et Lenoir, qui l'éclairaient depuis 1791.

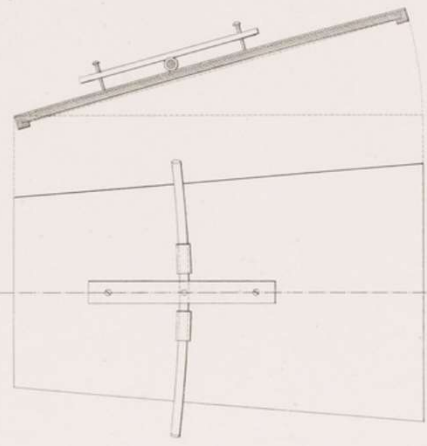
Phare de Cordouan :
portée de 11 lieues
marines (60 km) au lieu
de 3 à 4 précédemment.
Dispositif en activité
jusqu'en 1854.



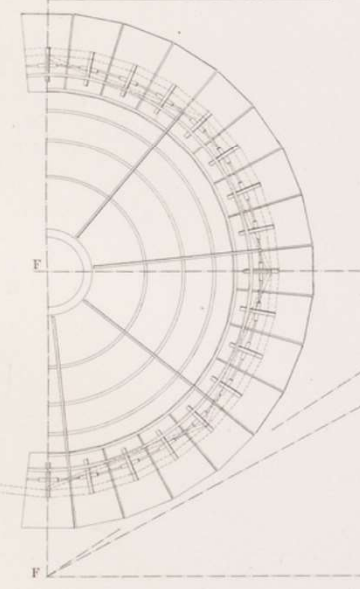
APPAREIL LENTICULAIRE DE PREMIER ORDRE À FEU FIXE
AVEC SYSTÈME ACCESSOIRE CATOPTRIQUE
d'après les dessins d'A. Fresnel.



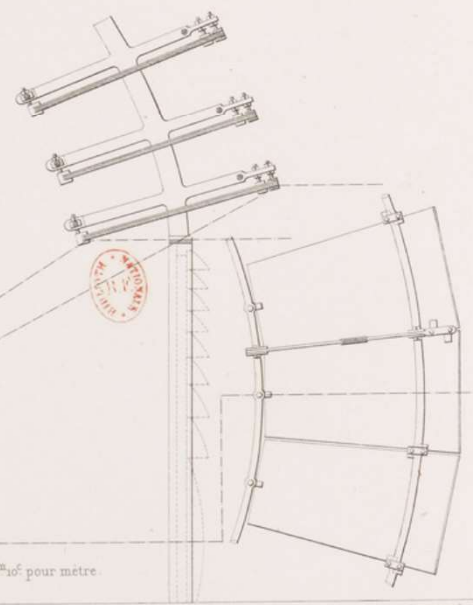
Première étude pour l'armature
des onze zones de miroirs concaves.



Système définitivement adopté pour l'armature des miroirs concaves
d'après les dernières indications d'A. Fresnel.

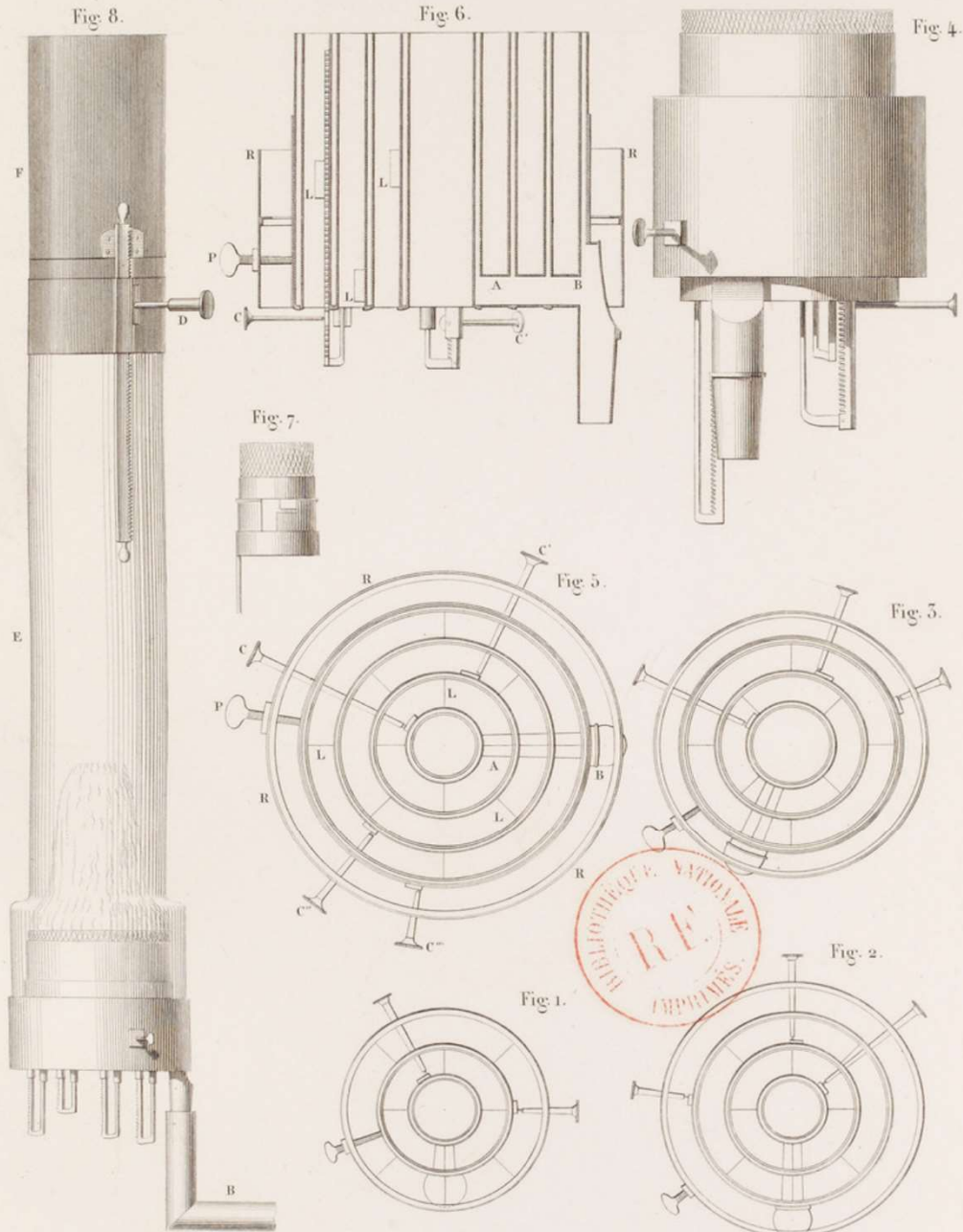


Échelle de 0^m,105 pour mètre.



(Bulletin de la Société d'encouragement, N° CCXXIX.)

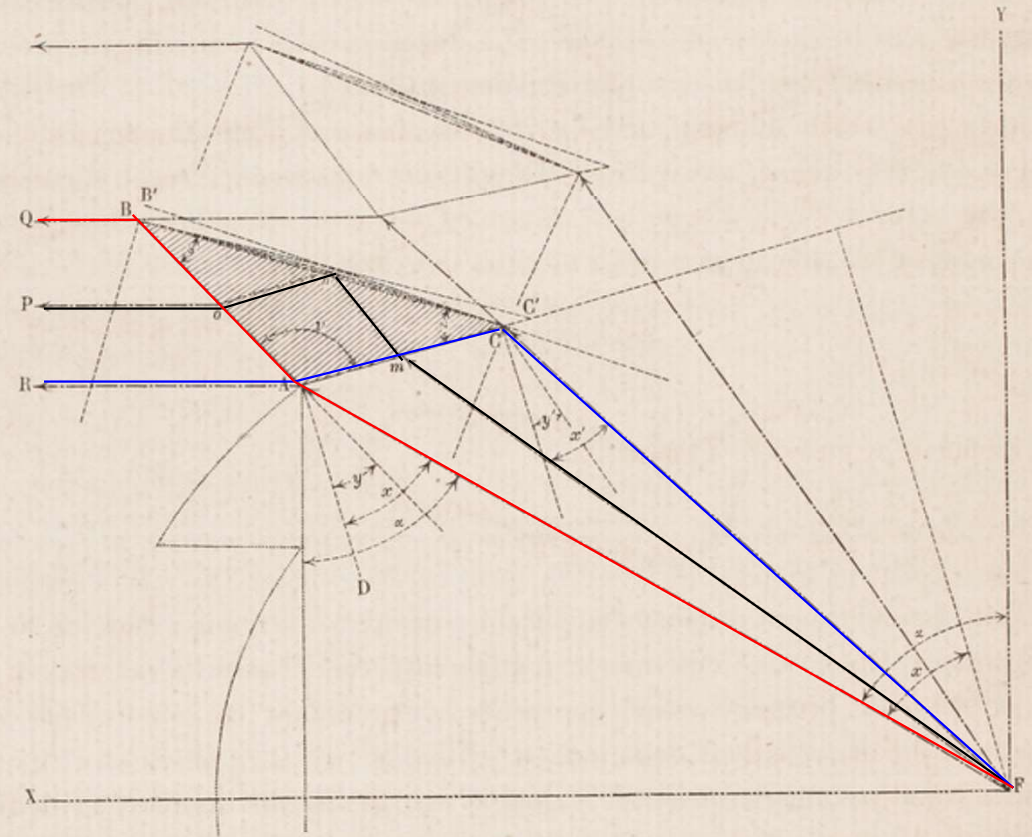
LAMPE À DOUBLE COURANT D'AIR ET À PLUSIEURS BECS CONCENTRIQUES
POUR L'ÉCLAIRAGE DES PHARES, DE MM. ARAGO ET FRESNEL.



FANEAUX CATADIOPTRIQUES À RÉFLEXION TOTALE.

Éclairage du canal Saint-Martin
par des réverbères ;
fanaux des ports
(phares de 4^e catégorie)

N^o XXI (A). foyer F. Si l'on suppose rectiligne le côté d'incidence AC, ainsi que le côté d'émergence AB, on reconnaîtra, à l'inspection de la figure :



1^o Que tout rayon incident Fm , après une première réfraction à sa rencontre avec AC , devra être réfléchi en n parallèlement à ce même côté, puis réfracté au point d'émergence o suivant une direction oP , parallèle au plan équatorial de l'appareil ; et qu'ainsi, aux deux limites, le rayon focal inférieur suivra la ligne brisée $FABQ$, et le rayon supérieur, la trajectoire $FCAR$;

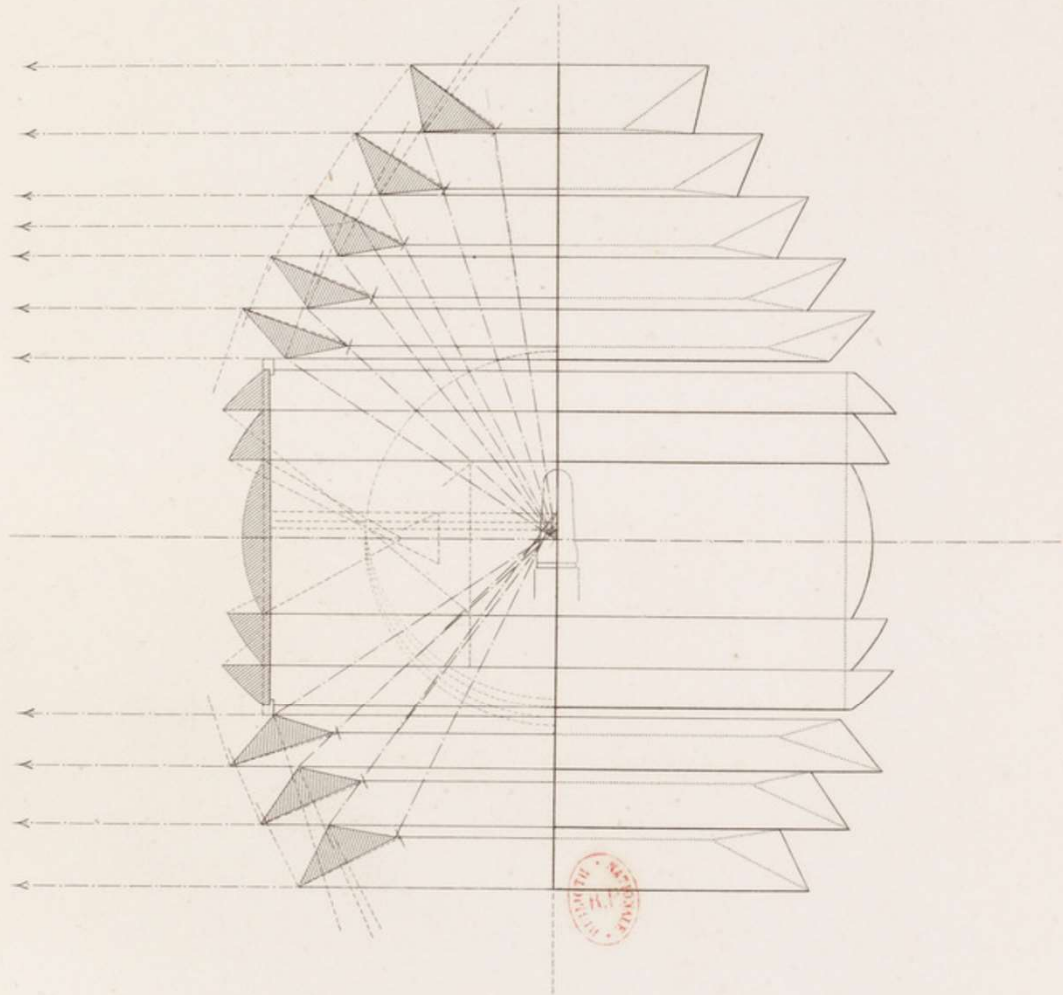
2^o Que le côté réflecteur BnC doit être une courbe concave à l'intérieur, dont la tangente extrême en B formera la base du triangle isocèle ABC' .

Eu égard aux petites dimensions de la section mixtiligne $ABnC$ relativement à la distance focale, la courbe BnC se confondra, à très-peu près, avec l'arc de cercle déterminé par les deux tangentes extrêmes BC' et CB' , et en conséquence on pourra, sans perte appréciable d'effet utile, substituer cet arc de cercle à la courbe théorique, dont la taille exacte serait pratiquement inexécutable.

Nous avons prévenu le lecteur, dans l'Avertissement général placé en tête de cette publication, que les écrits d'Augustin Fresnel relatifs aux phares maritimes ne renferment pas tous les éléments d'une exposition complète du système d'éclairage auquel il

a attaché son nom. Déjà très-affaibli par une maladie de langueur à l'époque où il fut appelé à la direction des phares, il se trouva tellement absorbé par les exigences de sa nouvelle position, qu'il mourut sans laisser de notes descriptives des derniers perfectionnements introduits par lui dans la composition de ses appareils lenticulaires. Parmi les plus fâcheuses lacunes de ce genre, nous avons particulièrement signalé celle qui concerne les *fanoux catadioptriques à réflexion totale*. A part des minutes de calculs sommairement annotés et quelques épures ou croquis, les manuscrits de Fresnel ne fournissent aucun développement sur cette ingénieuse et féconde combinaison, qui a porté le système des phares lenticulaires au plus haut degré de perfection théorique et pratique.

SECTION MÉRIDIDIENNE
D'UN APPAREIL CATADIOPTRIQUE
DE 4^e ORDRE





Appareil à anneaux catadioptriques (1826).

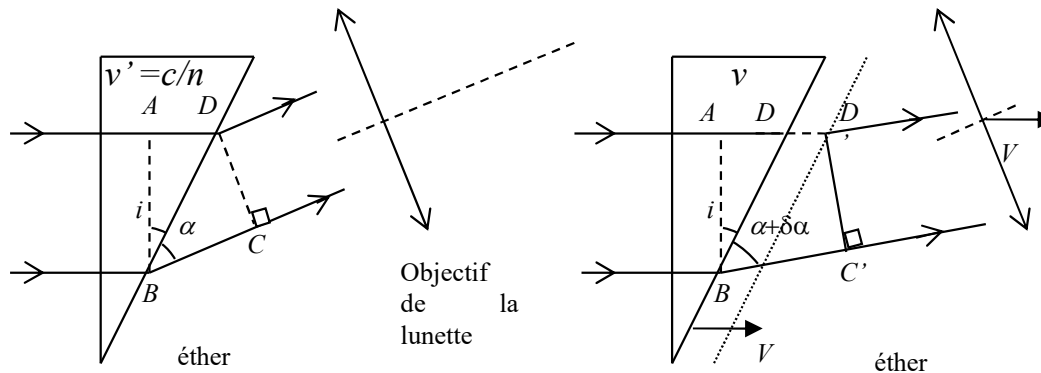
« Arago, chargé de faire la remise à Fresnel de la médaille de Rumford répond à Young :
« J'ai remis vos médailles à M. Fresnel, mais il n'était déjà plus en état d'en ressentir de la joie. »

Et, dans son *Éloge historique* Arago cite cette réponse de Fresnel : « Je vous remercie d'avoir accepté cette mission ; je devine combien elle a dû vous coûter ; car vous avez senti, n'est-ce pas, que la plus belle couronne est peu de choses quand il faut la déposer sur la tombe d'un ami ».

Quelque jour après, le 14 juillet 1827, s'éteignait, à l'âge de 39 ans, le savant dont les travaux auraient suffi à remplir une longue existence. »

Un prisme en mouvement ... la formule d'entraînement de Fresnel (1818)

Lettre à Arago, « Sur l'influence du mouvement terrestre dans quelques phénomènes d'optique », septembre 1818. Fresnel fait remarquer que si la lumière sort du prisme en B , elle n'en sortira pas en D quand le prisme est en mouvement à la vitesse V dans l'éther, mais en D' . Par conséquent, l'angle des rayons à la sortie du prisme est modifié. Si on ne s'en aperçoit pas, c'est cette modification est **exactement compensée par l'effet d'aberration** dû au mouvement de l'observateur : il faut pour cela que la vitesse de la lumière dans le prisme en mouvement soit, par rapport aux axes fixes :



(Vérification par Fizeau en 1851)

$$v = \frac{c}{n} - V \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)$$

(liée à un excès de densité d'éther dans le prisme pour Fresnel)

Fresnel conclut : « Ainsi l'on doit placer la lunette dans la même direction que si le prisme était immobile ; **d'où il résulte que le mouvement de notre globe ne doit avoir aucune influence sensible sur la réfraction apparente**, lors même qu'on suppose qu'il ne communique à l'éther qu'une très-petite partie de sa vitesse. On peut s'assurer par un calcul très simple, qu'il doit en être **de même de la réflexion** ».

Henri Poincaré : Leçons sur la théorie mathématique de la lumière, Paris: Carré, 1889

« Une conséquence importante de la formule précédente est que les lois de la réflexion et de la réfraction, les phénomènes d'interférences ne sont pas affectés par le mouvement de la Terre ».

« **Un un mot les phénomènes optiques ne peuvent mettre en évidence que des mouvements relatifs par rapport à l'observateur de la source lumineuse et de la matière pondérable** »

(Principe du mouvement relatif qui deviendra postulat de relativité).