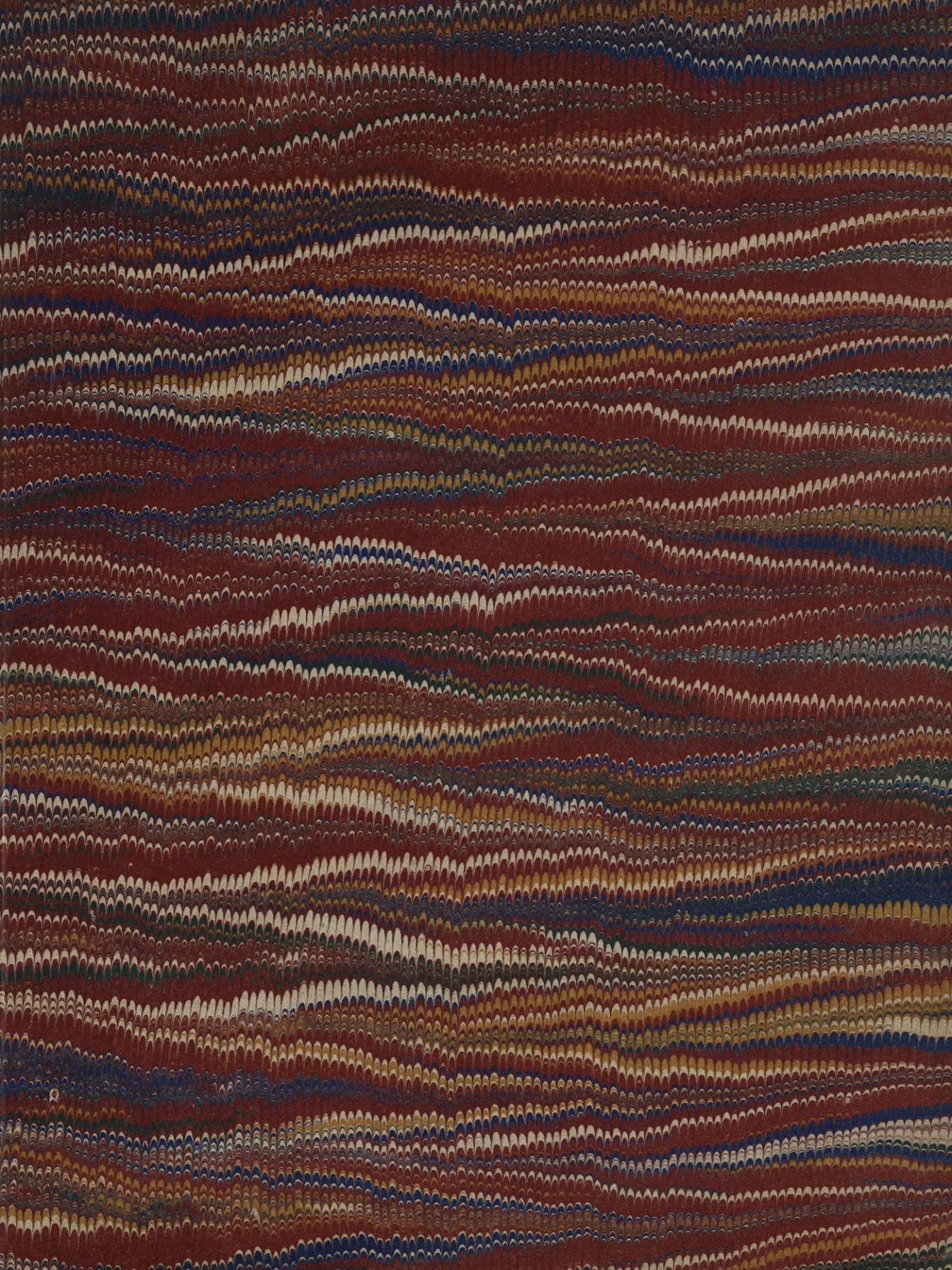


Bibliothek
des
Reichskanzler-Amtes.
№ 4249.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000300731



x
367

MÉMOIRE

DE

L'INTENSITÉ ET LA PORTÉE
DES PHARES

PAR

LA DESCRIPTION DE QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX

MÉMOIRE

DE LA TRANSMISSION DE LA LUMIÈRE DANS LES PHARES

DE LA TRANSMISSION DE LA LUMIÈRE DANS LES PHARES

SUR

L'INTENSITÉ ET LA PORTÉE

DES PHARES

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

1864

923

MÉMOIRE
SUR
L'INTENSITÉ ET LA PORTÉE
DES PHARES

COMPRENANT
LA DESCRIPTION DE QUELQUES APPAREILS NOUVEAUX
AINSI QUE DES ÉTUDES
SUR LA TRANSPARENCE DES FLAMMES, LA VISION DES FEUX SCINTILLANTS
ET LA TRANSPARENCE NOCTURNE DE L'ATMOSPHÈRE

PAR
M. E. ALLARD

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES, ATTACHÉ AU SERVICE CENTRAL DES PHARES

PUBLIÉ PAR ORDRE
DE M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS



PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

M DCCC LXXVI



952.14 *h*



III 17969



PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

1888



PRÉAMBULE.

L'éclairage des phares a subi dans ces derniers temps quelques modifications importantes. D'une part, l'huile de colza a été remplacée par l'huile minérale, qui donne plus de lumière pour une dépense moindre ; de l'autre, on a, dans chaque ordre de phares, augmenté le diamètre des becs de lampe, en y ajoutant une mèche. L'intensité et la portée lumineuses des différents appareils se trouvent donc augmentées dans une certaine proportion, et les renseignements donnés jusqu'ici à ce sujet doivent être rectifiés ou complétés. C'est ce que nous nous proposons de faire dans ce mémoire.

Nous nous occuperons d'abord des résultats que donne l'huile minérale dans les différentes lampes, notamment en ce qui concerne la consommation et l'intensité lumineuse ; nous chercherons à expliquer ces résultats en étudiant la transparence des flammes et l'influence qu'elle exerce sur l'intensité lumineuse effective.

Nous passerons ensuite aux appareils optiques ; après avoir déterminé, par l'expérience et par le calcul, l'intensité lumineuse que produit chacun de ces appareils, éclairé par des flammes de différents diamètres, nous en concluons une formule donnant, dans chaque cas, le coefficient de l'appareil, c'est-à-dire le rapport dans lequel il augmente l'intensité de la flamme placée à son foyer. Nous calculerons alors les intensités des appareils de toute espèce employés dans les phares, en y comprenant ceux qui ont été récemment ima-

ginés pour produire des caractères nouveaux et dont nous donnerons la description. Cette partie de notre travail se terminera par une étude théorique de la vision des feux scintillants.

La portée des phares dépendant essentiellement de l'état de transparence de l'atmosphère, nous ferons connaître les observations que l'on enregistre dans les principaux établissements du littoral sur la visibilité des feux voisins, et les conséquences qu'on peut en déduire relativement à la transparence nocturne de l'atmosphère. Les modifications que cette transparence subit dans le cours de l'année, et les variations qu'elle présente quand on passe d'une région à une autre, seront successivement étudiées. Nous dirons ensuite comment on détermine les portées des phares pour divers états de l'atmosphère, et notamment pour l'état de transparence moyenne que l'on adopte dans le calcul des renseignements fournis aux marins. Il faut remarquer qu'il ne s'agit ici que de la portée optique, qui correspond à l'intensité lumineuse du phare ; il ne sera donc pas question de la portée géographique, qui dépend de la hauteur à laquelle le feu se trouve au-dessus de la mer, et qui se calcule par une formule connue.

Les études théoriques que contient ce mémoire et qui sont relatives, l'une à la transparence des flammes, l'autre à la vision des feux scintillants, et la dernière à la transparence nocturne de l'atmosphère, ont été présentées à l'Académie des sciences, qui, dans sa séance du 5 juin 1876, en a ordonné l'insertion au *Recueil des Savants étrangers*.

MÉMOIRE

SUR

L'INTENSITÉ ET LA PORTÉE DES PHARES.

I

INTENSITÉ DES FLAMMES D'HUILE MINÉRALE.

RENSEIGNEMENTS PRÉLIMINAIRES.

L'application des huiles minérales à l'éclairage des phares a longtemps été retardée à cause des craintes qu'inspirait, pour la sécurité du service, l'inflammabilité des vapeurs qu'elles émettent. Dans une note que les Annales des ponts et chaussées ont publiée en février 1873, M. l'inspecteur général Reynaud, directeur du service des phares, a fait connaître comment on a été conduit à adopter ce nouveau système d'éclairage, et a indiqué les motifs qui ont fait choisir l'huile connue sous le nom de *paraffine d'Écosse*. Cette huile, dont le pouvoir éclairant est un peu supérieur à celui des huiles de schiste du bassin de l'Allier, présente en outre le précieux avantage de n'émettre de vapeurs inflammables que lorsque sa température est portée à 60 ou 70 degrés, tandis que pour les huiles de schiste telles qu'on les fabrique habituellement, cette limite s'abaisse en général à 30 ou 40 degrés, quelquefois même à 25 degrés. Depuis l'introduction de la paraffine d'Écosse dans les phares, quelques fabricants français sont parvenus, en dirigeant convenablement la distillation du pétrole, à obtenir des produits qui remplissent les mêmes conditions et

qui paraissent même à quelques égards préférables, tout en coûtant moins cher; aujourd'hui tous les phares du littoral brûlent de l'huile minérale provenant de fabriques françaises, et le même combustible ne tardera sans doute pas à être introduit dans les feux flottants.

L'adoption de ce nouveau système d'éclairage devait entraîner une notable diminution de dépense; on jugea convenable d'employer une partie de l'économie à augmenter, dans l'intérêt de la navigation, l'intensité lumineuse des appareils. Les becs de lampe, dans les différents ordres de phares, furent donc agrandis de manière à recevoir chacun une mèche de plus, et on profita de la nécessité où l'on se trouvait de les reconstruire tous, pour simplifier un peu cette partie du service en y introduisant de l'uniformité. Les becs de lampe successivement établis par Fresnel ou ses successeurs comprenaient des mèches dont le diamètre variait d'un bec à l'autre pour le même numéro de mèche. Ainsi, par exemple, les 3 mèches du 2^e ordre n'étaient pas les mêmes que les 3 mèches intérieures du 1^{er} ordre. On avait de plus trois espèces de becs simples et trois espèces de becs doubles. Le nombre des types de mèches était donc considérable, sans qu'il y eût à cela d'utilité, et il en résultait une certaine complication dans le service. Les nouveaux becs présentent à ce sujet des dispositions plus simples, ainsi que nous allons l'expliquer en donnant quelques détails sur l'état actuel des différents appareils d'éclairage.

Les phares sont aujourd'hui partagés en 5 ordres, suivant que leurs appareils lenticulaires ont un diamètre égal à 1^m,84, 1^m,40, 1^m,00, 0^m,50, ou inférieur à 0^m,50. Les lampes qui correspondent habituellement à ces 5 ordres d'appareils ont des becs dont le nombre de mèches concentriques est

5, 4, 3, 2, 1,

et dont le diamètre extérieur est de

11, 9, 7, 5, 3 centimètres.

Les mèches de même rang à partir du centre ont, dans tous les becs, le même diamètre. Chaque mèche est contenue entre deux cylindres de

cuivre mince espacés de 5 millimètres, et elle est séparée de la mèche voisine par un vide annulaire de 5 millimètres de largeur, destiné à l'ascension de l'air froid; l'épaisseur du métal est prise du côté de la mèche. Le diamètre moyen des mèches est ainsi de

105, 85, 65, 45, 25 millimètres,

et la somme des longueurs développées des mèches dans chaque bec est de

1021, 691, 424, 220, 78 millimètres.

Les becs à une mèche sont ordinairement placés sur des lampes à réservoir inférieur qui ne contiennent aucun mécanisme; l'huile, dans laquelle plonge la mèche, monte jusqu'au sommet du bec par l'action de la capillarité. On emploie aussi, notamment pour les réflecteurs, des lampes ordinaires à niveau constant. Ce dernier système est celui qu'on adopte généralement pour les becs à deux mèches; cependant, lorsqu'il s'agit d'appareils éclairant tout l'horizon, le réservoir latéral produirait une occultation, et on a recours aux lampes à réservoir inférieur, en augmentant convenablement leur capacité.

Les becs à 3, 4 et 5 mèches destinés aux phares des trois premiers ordres sont employés sur les anciennes lampes à mouvement d'horlogerie ou à poids intérieur. Ces becs sont accompagnés d'un appendice latéral par lequel passe l'huile avant d'arriver aux mèches, et qui a pour but de maintenir l'huile à un niveau constant, inférieur de 4 à 5 centimètres à celui du sommet du bec.

Outre les 5 becs qui viennent d'être indiqués, nous en avons fait construire un plus grand, qui a 6 mèches et dont le diamètre extérieur est de 13 centimètres. Quoiqu'il n'ait pas encore reçu d'application, nous donnerons les résultats qui le concernent, afin de compléter la série.

Les figures 1 à 7 de la planche VII font connaître les détails de ces différents becs et des lampes sur lesquelles ils sont employés; nous en donnons une description plus détaillée dans une note qui se trouve à la fin de ce travail.

Nous allons maintenant faire connaître les résultats qu'ont donnés ces nouveaux becs au point de vue de la consommation d'huile et de l'intensité lumineuse. Les renseignements qui vont suivre résultent d'un grand nombre d'expériences faites dans des circonstances diverses; mais il y a bien des causes qui peuvent faire varier les résultats, surtout lorsqu'il s'agit de l'intensité lumineuse. Si on prend pour chaque espèce de flamme la moyenne des expériences qui la concernent spécialement, on obtient des nombres qui, comparés entre eux, présentent de petites anomalies inexplicables, et paraissent s'écarter, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, de la loi de continuité. Il est bien préférable de faire concourir toutes les expériences sur les différentes flammes à déterminer les coefficients d'une formule empirique ou les éléments d'une courbe continue convenablement choisie. On est plus sûr ainsi d'obtenir des résultats qui ne s'écartent pas trop de la vérité. Les chiffres que nous donnerons successivement ont été soumis à ce genre de correction.

CONSUMMATION D'HUILE.

Lorsqu'on fait brûler de l'huile minérale dans des lampes dont les becs ont de 1 à 6 mèches, on reconnaît que la quantité d'huile consommée par chacune d'elles dans une heure peut être fixée à :

55, 175, 370, 645, 1000, 1450 grammes.

Si on construit des points ayant ces chiffres de consommation c pour ordonnées et les diamètres d des becs pour abscisses, on constate qu'ils forment une courbe régulière (fig. 1, pl. I) dont l'équation est

$$c = 4,9 d^{3,22}.$$

Les chiffres donnés par cette formule sont, en effet,

56,1, 174,5, 368,4, 643,6, 1004,8, 1456,0,

et on voit qu'ils diffèrent bien peu des consommations indiquées ci-dessus en nombres ronds.

Si toutes les circonstances étaient égales, il serait naturel de supposer

que la consommation doit être proportionnelle à la longueur développée des mèches qui entrent dans chaque bec. Mais il n'en est pas tout à fait ainsi; la longueur développée des mèches étant de

78, 220, 424, 691, 1021, 1413 millimètres,

on reconnaît que la consommation par centimètre de longueur de mèche est

7,05, 7,95, 8,72, 9,33, 9,80, 10,25 grammes.

Ces nombres vont en croissant suivant une loi assez régulière, comme on le voit sur la figure 2 de la planche I.

L'accroissement de consommation horaire que nous venons de constater tient sans doute à ce que la température de la flamme va en augmentant à mesure que le nombre des mèches est plus grand.

HAUTEUR ET VOLUME DES FLAMMES.

Les flammes produites par les différentes lampes ont des hauteurs qui augmentent avec le diamètre du bec. Cette hauteur est assez difficile à mesurer, parce qu'elle varie beaucoup et que d'ailleurs la flamme présente des pointes dont il ne faut pas complètement tenir compte. En remplaçant la forme irrégulière de la flamme par une forme elliptique qui s'en rapproche le plus possible et qui laisse en dehors les pointes accidentelles, on reconnaît que la hauteur de ces différentes flammes elliptiques croît à peu près proportionnellement à la racine carrée du diamètre et peut être représentée par la formule

$$h = 2,73\sqrt{d},$$

h et d étant exprimés en centimètres (fig. 3). Cette formule donne pour les flammes de 1 à 6 mèches les hauteurs suivantes, qui se rapprochent beaucoup de la réalité :

4^{cm},73, 6^{cm},10, 7^{cm},22, 8^{cm},19, 9^{cm},05, 9^{cm},84.

La surface apparente de chaque flamme est alors $\frac{1}{4}\pi h d$ ou $2,144 d^{\frac{3}{2}}$,

ce qui donne :

$$S = 11,14, 23,97, 39,71, 57,89, 78,22, 100,49 \text{ centimètres carrés.}$$

Le volume des mêmes flammes a pour expression $\frac{1}{6} \pi d^2 h = 1,4294 d^{\frac{3}{2}}$, ce qui donne :

$$V = 22,28, 79,90, 185,31, 347,34, 573,61, 870,91 \text{ centimètres cubes.}$$

Nous pouvons comparer ces volumes de flamme aux quantités d'huile qui les produisent. Nous trouvons que chaque décagramme d'huile consommée par heure entretient un volume de flamme qui, dans les différentes lampes, est de

$$4,05, 4,57, 5,01, 5,39, 5,74, 6,01 \text{ centimètres cubes.}$$

La formule qui lie ces nombres résulte des précédentes et est

$$u = 0,2917 d^{0,28}.$$

INTENSITÉS LUMINEUSES.

En prenant pour unité la lumière d'une lampe carcel qui brûle 40 grammes d'huile de colza par heure, les intensités de nos différentes flammes d'huile minérale sont exprimées par les nombres suivants :

$$I = 2,2, 6,9, 14,3, 24, 36, 50.$$

Ces chiffres sont représentés par une des courbes de la figure 4. Ils peuvent être reliés entre eux par la formule approximative

$$I = 0,22 d^{2,1}.$$

Si nous comparons ces intensités soit aux surfaces apparentes des flammes, soit à leurs volumes, nous trouvons que l'intensité par centimètre carré de surface apparente est

$$\frac{I}{S} = 0,197, 0,288, 0,360, 0,415, 0,460, 0,498,$$

et que l'intensité par centimètre cube de volume est

$$\frac{I}{V} = 0,0987, 0,0864, 0,0772, 0,0691, 0,0628, 0,0574.$$

Ces chiffres sont représentés par les courbes des figures 5 et 6.

L'intensité augmente donc beaucoup plus rapidement que la surface apparente, mais elle ne croît pas proportionnellement au volume. Le premier résultat est dû en partie à ce que la température augmente avec le diamètre du bec, mais il tient aussi à ce que, la flamme étant transparente, l'intensité totale ne provient pas seulement des parties superficielles. Le second résultat prouve que la transparence de la flamme n'est pas complète, puisque, malgré l'accroissement de la température et par suite de l'intensité lumineuse spécifique, l'intensité moyenne diminue lorsque le volume augmente.

Pour nous rendre compte de la loi que suivent les intensités des flammes, nous devons rechercher quel est leur coefficient de transparence, et étudier comment cette transparence imparfaite influe sur l'effet lumineux total.

Mais les flammes de lampe ne sont pas homogènes : les parties qui correspondent aux mèches sont plus brillantes que celles qui sont au-dessus des courants d'air ; cette différence est surtout sensible à la base et s'affaiblit à mesure qu'on s'élève ; en outre, le haut de la flamme est moins chaud et moins brillant que la partie moyenne. Il serait impossible de tenir compte de ces variations dans une étude théorique de la question. On est obligé de supposer une flamme fictive, complètement homogène, et de lui attribuer une intensité spécifique et une transparence égales aux valeurs moyennes de l'intensité et de la transparence de la flamme réelle. Les conséquences auxquelles on parviendra en faisant cette hypothèse ne s'appliqueront à la réalité que dans une certaine mesure ; elles permettront néanmoins de se rendre compte des intensités des différentes flammes.

ÉTUDE THÉORIQUE DE LA TRANSPARENCE DES FLAMMES.

Nous supposons un volume V de flamme homogène, dont l'intensité lumineuse spécifique ou par unité de volume est i , et dont le coefficient

de transparence est un nombre a plus petit que 1, lequel représente la proportion de lumière que laisse passer l'unité de longueur de flamme traversée. L'intensité lumineuse de ce volume de flamme serait Vi si la transparence était absolue, c'est-à-dire si on avait $a=1$; il s'agit de déterminer cette intensité pour une valeur quelconque de a .

Considérons une file de molécules lumineuses, ou plutôt un petit cylindre de flamme ayant une section ω et une longueur l ; un volume élémentaire ωdx produira une intensité lumineuse $\omega i dx$, i étant l'intensité spécifique ou par unité de volume, et, si x est la distance qui sépare ce volume de l'origine du cylindre tournée vers l'observateur, cette intensité lumineuse, en traversant une épaisseur x de flamme, deviendra à la sortie du cylindre $\omega i a^x dx$, a étant le coefficient de transparence de la flamme. L'intensité lumineuse que produira le cylindre dans le sens de son axe sera donc

$$I = \int_0^l \omega i a^x dx = \omega i \frac{1-a^l}{-\log a},$$

le logarithme étant pris dans le système népérien. Lorsque l augmente, cette intensité augmente d'abord rapidement et ensuite très-lentement; elle se rapproche indéfiniment d'une certaine limite qu'elle ne peut atteindre, quelle que soit la longueur du prisme lumineux. Cette limite, qui correspond à $l=\infty$, est

$$I = \frac{\omega i}{-\log a}.$$

Ainsi, par exemple, si on suppose $a=0,8$ ou $a=0,6$ par centimètre, on trouve pour différentes valeurs de l les valeurs suivantes de $\frac{I}{\omega i}$:

l	=	1,	2,	4,	6,	10,	20,...	∞
$\frac{I}{\omega i}$	=	0,89,	1,61,	2,65,	3,31,	4,00,	4,43	4,48
$\frac{I}{\omega i}$	=	0,78,	1,25,	1,70,	1,87,	1,95,	1,96,	1,96.

Ces résultats sont représentés sur la figure 12 de la planche I. Voici ce qu'ils signifient : si on suppose $a=0,8$, un cylindre horizontal de flamme ayant, par exemple, 10 centimètres de longueur, ne donne pas plus de lumière dans le sens de son axe que n'en donnerait une longueur de

4 centimètres dans l'hypothèse d'une transparence absolue, et en augmentant indéfiniment la longueur de ce cylindre, on n'aura jamais plus d'intensité que n'en donnerait, dans la même hypothèse, une longueur de 4 centimètres 48 centièmes. Cette limite serait 2^{cm},80 pour $a=0,7$, 1^{cm},96 pour $a=0,6$, 1^{cm},44 pour $a=0,5$; elle s'élèverait à 9^{cm},49 pour $a=0,9$. On voit par ces chiffres qu'il suffit d'une assez faible longueur de flamme pour donner une intensité lumineuse différant très-peu de l'intensité limite. Si on veut que cette différence soit inférieure à 0,1, on trouve que l'épaisseur suffisante est de 10^{cm},32 pour $a=0,8$, de 6^{cm},45 pour $a=0,7$ et de 4^{cm},5 pour $a=0,6$.

Considérons maintenant une flamme ayant la forme d'un demi-ellipsoïde de révolution dont l'axe est vertical et est pris pour axe des z . Un prisme horizontal parallèle à l'axe des x , ayant une section $dy \cdot dz$ et une longueur $2x$, donnera, dans le sens de l'axe des x , une intensité qui, d'après la formule précédente, sera :

$$dy \cdot dz \cdot i \frac{a^{2x} - 1}{\log a},$$

et l'on aura pour l'intensité totale dans la direction de l'axe des x , ou dans une direction horizontale quelconque,

$$I = i \int_{z=0}^{z=h} dz \int_{y=0}^{y=\rho} dy \frac{a^{2x} - 1}{\log a},$$

en tenant compte des deux relations

$$y^2 + x^2 = \rho^2, \quad \frac{z^2}{h^2} + \frac{\rho^2}{r^2} = 1,$$

dans lesquelles x, y, z sont les coordonnées d'un point de la surface de l'ellipsoïde, h sa hauteur, r son rayon de base, et ρ le rayon du cercle horizontal à la hauteur z .

Si nous divisons cette intensité effective I par l'intensité absolue V_i , nous aurons le coefficient de réduction $K = \frac{I}{V_i}$, et c'est ce coefficient K qu'il s'agit de calculer. Or il est facile de voir qu'il est le même pour l'ellipsoïde que pour une sphère de rayon r . On tire en effet de la seconde relation ci-dessus :

$$z = \frac{h}{r} \sqrt{r^2 - \rho^2} = \frac{h}{r} z' \text{ en posant } z' = \sqrt{r^2 - \rho^2},$$

d'où

$$dz = \frac{h}{r} dz'.$$

Il vient alors

$$K = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r^2 h} \int_{z'=0}^{z'=r} \frac{h}{r} dz' \int_{y=0}^{y=\rho} dy \frac{a^{2x}-1}{\log a} = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3} \int_{z'=0}^{z'=r} dz' \int_{y=0}^{y=\rho} dy \frac{a^{2x}-1}{\log a}.$$

Cette dernière expression est évidemment le coefficient de réduction relatif à une sphère. Or on peut trouver ce coefficient de la sphère par un autre procédé d'intégration. Partageons en effet le volume de la sphère par une série de surfaces cylindriques parallèles ayant pour axe l'axe des x . Le volume compris entre deux de ces surfaces sera $2x \times 2\pi y dy$, et son intensité lumineuse dans le sens des x sera

$$i. 2\pi y dy \cdot \frac{a^{2x}-1}{\log a}.$$

En faisant varier y de 0 à r et divisant par i et par le volume de la sphère, on aura pour le coefficient

$$K = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi r^3 \log a} \int_{y=0}^{y=r} y dy (a^{2x}-1);$$

or, en vertu de la relation $x^2 + y^2 = r^2$, on a $y dy = -x dx$. L'intégrale devient :

$$\int_{x=r}^{x=0} x dx (1-a^{2x}) = \left[\frac{x^2}{2} - \frac{x a^{2x}}{2 \log a} + \frac{a^{2x}}{4 \log^2 a} \right]_r^0 = -\frac{r^2}{2} + \frac{r a^{2r}}{2 \log a} - \frac{a^{2r}}{4 \log^2 a} + \frac{1}{4 \log^2 a}$$

et, en remplaçant $2r$ par d , on trouve définitivement

$$K = \frac{3(1-a^d + d \cdot a^d \log a - \frac{1}{2} d^2 \log^2 a)}{d^3 \log^3 a}.$$

Ainsi, lorsqu'on connaîtra le coefficient de transparence a d'une flamme dont le diamètre de base est d , on calculera le coefficient de réduction K , et l'intensité effective de cette flamme sera

$$I = K \cdot Vi.$$

On vérifie facilement par les procédés ordinaires que le coefficient K devient égal à 1 lorsque $d=0$ ou lorsque $a=1$.

COEFFICIENT DE TRANSPARENCE.

Pour appliquer ces formules aux flammes de lampe, il faut déterminer la valeur du coefficient de transparence a . Nous allons indiquer les expériences qui ont été faites dans ce but au Dépôt des phares.

Nous nous sommes d'abord servi de lampes à huile minérale et à mèche plate de différentes dimensions. Nous en avons mesuré l'intensité lumineuse de face et ensuite sur la tranche. En considérant le volume de la flamme comme formant une lame rectangulaire d'épaisseur e et de largeur l , le rapport de ces deux intensités doit être, d'après une formule précédente,

$$m = \frac{l(1-a^e)}{e(1-a^l)}.$$

On peut donc calculer a lorsqu'on connaît l , e et m . Voici les résultats obtenus avec 4 lampes :

Largeur de la flamme	$l = 5^{\text{cm}},4$	$3^{\text{cm}},8$	$3^{\text{cm}},0$	$2^{\text{cm}},3$;
Épaisseur de la flamme	$e = 1,0$	$0,8$	$0,7$	$0,6$;
Rapport des intensités	$m = \frac{3,3}{2,0} = 1,65$,	$\frac{1,5}{0,6} = 2,50$,	$\frac{1,6}{1,1} = 1,45$,	$\frac{0,8}{0,6} = 1,33$;
Coefficient de transparence calculé au moyen de la formule	$a = 0,76$	$0,60$	$0,70$	$0,69$.

La moyenne de ces quatre valeurs est $a = 0,69$; si on retranche la deuxième expérience, qui a été faite avec une lampe fonctionnant mal, la moyenne des trois autres est $a = 0,72$.

D'autres expériences ont été faites avec des réflecteurs catadioptriques. On sait qu'en plaçant une flamme de lampe au foyer d'un pareil réflecteur, il se produit une image qui se superpose exactement à la flamme réelle et en augmente l'intensité. Si on écarte la flamme du foyer dans un sens perpendiculaire à l'axe du réflecteur, on voit l'image se séparer de la flamme et s'écarter du foyer en sens contraire. Il arrive un moment où les deux flammes sont tout à fait distinctes l'une de l'autre, de sorte qu'on peut mesurer l'intensité de chacune d'elles. On trouve que l'in-

tensité de l'image est à peu près les 0,80 de celle de la flamme réelle. La différence est due à la perte que la lumière éprouve en traversant les anneaux catadioptriques du réflecteur; elle est à peu près la même pour les réflecteurs des trois premiers ordres avec lesquels ont été faites les expériences. Si l'on réunit ensuite les deux flammes en ramenant la flamme réelle au foyer, l'intensité que l'on obtient alors n'est pas à beaucoup près la somme des deux intensités précédentes. En prenant pour unité l'intensité de la lampe sans le réflecteur, cette somme serait 1,80, tandis qu'on trouve pour les deux flammes superposées :

1,28 lorsqu'il s'agit d'un bec à 5 mèches;

1,33 pour un bec à 4 mèches;

1,38 pour un bec à 3 mèches;

de sorte que l'intensité de l'image, qui était 0,80 lorsqu'elle était séparée, se réduit à 0,28 ou 0,33 ou 0,38 en traversant la flamme réelle. L'épaisseur moyenne traversée dans chaque cas peut se calculer à peu près, en divisant le volume de la flamme par la section méridienne, ce qui donne $\frac{2}{3}d$ ou 7,3, 6,0 et 4,7 pour les flammes des trois premiers ordres. On a ainsi les trois équations :

$$a^{7,3} = \frac{28}{80} = 0,350, \quad \text{d'où } a = 0,866;$$

$$a^{6,0} = \frac{33}{80} = 0,412, \quad \text{d'où } a = 0,863;$$

$$a^{4,7} = \frac{38}{80} = 0,475, \quad \text{d'où } a = 0,854.$$

C'est donc une valeur moyenne $a = 0,86$ que donne cette seconde série d'expériences.

Nous avons enfin opéré directement en mesurant l'intensité d'une lumière avant et après son passage à travers une autre flamme. Pour que l'expérience soit possible, il faut que la lumière soit assez intense pour n'être pas éteinte par la flamme qu'elle traverse; il faut de plus que son volume soit assez petit pour que tous les rayons qu'elle émet traversent la flamme sous des épaisseurs peu différentes. Nous avons employé la lumière électrique, en la plaçant derrière des flammes d'huile minérale des trois premiers ordres. Nous avons trouvé, par exemple, que, la lumière

électrique valant 120 becs et la flamme à 5 mèches 35 becs, leur ensemble ne donnait que 50 becs environ lorsqu'on plaçait la lumière électrique derrière la flamme. L'intensité de la lumière électrique se réduisait donc à 15 becs en traversant la flamme, c'est-à-dire aux

$$\frac{15}{120} = 0,125$$

de son intensité réelle. Nous avons de même trouvé une réduction à 0,175 pour la flamme à 4 mèches, et à 0,193 pour celle à 3 mèches. Les épaisseurs de flamme traversées, eu égard à la position de la lumière électrique, étaient 9,5, 7,8 et 6,0, de sorte qu'on a les trois équations suivantes :

$$a^{9,5} = 0,125, \quad \text{d'où } a = 0,803;$$

$$a^{7,8} = 0,175, \quad \text{d'où } a = 0,800;$$

$$a^{6,0} = 0,193, \quad \text{d'où } a = 0,760.$$

On peut remarquer que ces nombres, ainsi que ceux des expériences précédentes, semblent indiquer un léger accroissement de transparence quand on passe de la flamme à 3 mèches à celle qui en a 5. Mais les différences ne sont pas assez sensibles pour que nous puissions y avoir égard.

Les trois méthodes que nous venons d'indiquer pour déterminer le coefficient de transparence nous donnent donc en moyenne les valeurs suivantes :

$$a = 0,72 \text{ avec les lampes à mèche plate,}$$

$$a = 0,86 \text{ avec les réflecteurs catadioptriques,}$$

$$a = 0,80 \text{ avec la lumière électrique traversant une flamme.}$$

Cette dernière valeur, obtenue par une méthode directe, est à peu près la moyenne des deux autres, et peut être adoptée. Il n'est pas étonnant que les lampes à mèche plate, qui ont une flamme moins vive, conduisent à un coefficient de transparence plus petit, et, quant au coefficient plus grand obtenu par les réflecteurs, on en trouverait peut-être l'explication en remarquant que la lumière de l'image est partiellement polarisée.

Reprenons la formule $I = K.Vi$, dans laquelle i est l'intensité spécifique

ou par centimètre cube, V le volume de la flamme, I son intensité effective, et K le coefficient de réduction, qui dépend à la fois de la transparence et du diamètre de la flamme. Cette formule donne

$$i = \frac{I}{V} \cdot \frac{1}{K}.$$

Nous avons indiqué plus haut les valeurs de $\frac{1}{V}$ pour les six flammes de lampe :

$$\frac{1}{V} = 0,0987 \quad 0,0864 \quad 0,0772 \quad 0,0691 \quad 0,0628 \quad 0,0574.$$

Si maintenant nous calculons pour ces six flammes les coefficients K qui correspondent à différentes valeurs de a , voisines de celle que nous avons déterminée, nous en concluons les valeurs qu'il faut dans chaque cas attribuer à l'intensité spécifique i , et nous pourrons, en examinant la loi que suivent ces intensités, juger si la valeur déjà trouvée pour a est bien convenable.

Les valeurs de K déduites de la formule

$$K = \frac{3 \left(1 - a^d + d \cdot a^d \cdot \log a - \frac{1}{2} d^2 \log^2 a \right)}{d^3 \log^3 a}$$

sont :

$$\text{pour } a = \begin{cases} 0,90 \\ 0,85 \\ 0,80 \\ 0,75 \\ 0,70 \end{cases} \quad K = \begin{cases} 0,893 & 0,827 & 0,770 & 0,719 & 0,673 & 0,631 \\ 0,839 & 0,752 & 0,677 & 0,614 & 0,559 & 0,512 \\ 0,792 & 0,685 & 0,599 & 0,529 & 0,471 & 0,423 \\ 0,739 & 0,618 & 0,527 & 0,453 & 0,396 & 0,350 \\ 0,692 & 0,559 & 0,463 & 0,392 & 0,337 & 0,295 \end{cases}$$

En divisant la valeur $\frac{1}{V}$ par chacune de ces valeurs de K , on obtient les valeurs suivantes de i :

$$\text{pour } a = \begin{cases} 0,90 \\ 0,85 \\ 0,80 \\ 0,75 \\ 0,70 \end{cases} \quad i = \begin{cases} 0,111 & 0,104 & 0,100 & 0,096 & 0,093 & 0,091 \\ 0,118 & 0,115 & 0,114 & 0,113 & 0,112 & 0,112 \\ 0,125 & 0,126 & 0,129 & 0,131 & 0,133 & 0,136 \\ 0,134 & 0,140 & 0,146 & 0,153 & 0,159 & 0,164 \\ 0,143 & 0,155 & 0,167 & 0,176 & 0,186 & 0,195 \end{cases}$$

Ces différentes valeurs de K et de i pour cinq hypothèses de a sont représentées par des courbes, figures 7 et 8 de la planche I.

On reconnaît d'abord que les hypothèses $a = 0,90$ et $a = 0,85$ sont inadmissibles, parce qu'elles entraîneraient comme conséquence une diminution de l'intensité spécifique des flammes à mesure que leur diamètre augmente. La valeur $a = 0,80$ suppose au contraire un accroissement de cette intensité de $0,125$ à $0,136$, ou d'environ 9 p. 0/0, en passant de la plus petite flamme à la plus grande. Cet accroissement deviendrait 22 et 36 p. 0/0 pour les valeurs plus petites $a = 0,75$ et $a = 0,70$; il serait nul pour une valeur plus grande que $0,80$, soit environ pour $a = 0,83$. On peut donc expliquer les intensités des lampes en faisant les hypothèses suivantes :

- $a = 0,83$ et $i = 0,119$ pour toutes les flammes ;
- $a = 0,80$ et i croissant de $0,125$ à $0,136$ ou de 9 p. 0/0 ;
- $a = 0,75$ et i croissant de $0,134$ à $0,164$ ou de 22 p. 0/0 ;
- $a = 0,70$ et i croissant de $0,143$ à $0,195$ ou de 36 p. 0/0.

La première hypothèse ne paraît pas conforme à la réalité, car la température et par suite l'intensité spécifique doivent être un peu plus fortes pour les grandes flammes que pour les petites. D'un autre côté, les dernières valeurs conduisent à un accroissement d'intensité qui peut paraître exagéré. La valeur $a = 0,80$, que nous avons déjà trouvée par des expériences directes, semble donc aussi, d'après les considérations précédentes, la plus convenable pour expliquer les phénomènes.

Si nous admettons cette conclusion, nous pouvons reprendre la question en ordre inverse et calculer ainsi qu'il suit les intensités des flammes.

Nous prenons pour intensité spécifique moyenne de chacune des six flammes les valeurs de i qui, dans le calcul précédent, correspondent à $a = 0,80$, en régularisant les variations qu'elles présentent :

$$i = 0,1250 \quad 0,1268 \quad 0,1288 \quad 0,1310 \quad 0,1334 \quad 0,1360.$$

En multipliant ces intensités par les volumes V correspondants, on obtient les intensités absolues

$$Vi = 2,785 \quad 10,131 \quad 23,868 \quad 45,501 \quad 76,520 \quad 118,444.$$

Les coefficients de réduction K , calculés d'après la formule précé-

dente, pour les différents diamètres de flamme et dans l'hypothèse $a = 0,80$, sont :

$$K = 0,7922 \quad 0,6854 \quad 0,5992 \quad 0,5288 \quad 0,4709 \quad 0,4228.$$

Les intensités absolues V_i , multipliées par ces coefficients, donnent les intensités effectives suivantes :

$$I = K.V_i = 2,206 \quad 6,944 \quad 14,302 \quad 24,061 \quad 36,033 \quad 50,078,$$

lesquelles s'accordent à très-peu près avec celles que nous avons indiquées. Ces intensités absolues et effectives sont représentées par les courbes de la figure 4. La distance verticale qui sépare les deux courbes représente la perte de lumière due à ce que la transparence de la flamme n'est pas parfaite.

Si nous comparons la consommation d'huile à ces intensités absolues et effectives, nous trouvons les rapports suivants : les consommations d'huile par unité d'intensité absolue sont, en grammes,

$$19,75 \quad 17,27 \quad 15,50 \quad 14,18 \quad 13,07 \quad 12,24.$$

La consommation diminue donc rapidement lorsque le diamètre du bec augmente; il faut, avec le bec à 5 mèches, les $\frac{2}{3}$ environ de l'huile qu'exige le bec à une mèche pour produire la même quantité de lumière. Les consommations d'huile par unité d'intensité effective augmentent au contraire un peu avec le diamètre; car elles sont :

$$24,93 \quad 25,20 \quad 25,87 \quad 26,81 \quad 27,75 \quad 28,96.$$

Les courbes de la figure 9 représentent ces consommations relatives. L'intervalle qui les sépare indique la quantité d'huile destinée à remplacer la quantité de lumière absorbée par l'opacité de la flamme.

Nous arrivons donc à cette conclusion que, dans les flammes produites par l'huile paraffine d'Écosse, l'intensité lumineuse effective n'augmente pas tout à fait aussi rapidement que la consommation d'huile, lorsqu'on passe d'un bec à un autre bec plus grand. On voit, d'après les considérations précédentes, que ce résultat dépend de plusieurs circonstances, notamment de la loi suivant laquelle croît l'intensité spécifique des flammes et de la valeur de leur coefficient de transparence. Cette conséquence n'est donc pas générale, et pourrait être modifiée si les données étaient

différentes. S'il s'agissait, par exemple, de flammes d'huile de colza, ou de gaz d'éclairage, ou d'hydrogène pur, il pourrait arriver que l'intensité fût proportionnelle à la consommation ou même suivît une loi d'accroissement un peu plus rapide.

Le tableau suivant résume les renseignements que nous venons de donner sur les flammes de lampes à huile minérale.

TABLEAU N° 1.

Résumé des renseignements sur les flammes.

INDICATION.	NOMBRE DE MÈCHES DU BEC.						PLANCHE I.
	1	2	3	4	5	6	
Diamètre du bec en centimètres	3	5	7	9	11	13	
Développement des mèches en centimètres . .	7,8	22,0	42,4	69,1	102,1	141,3	
Consommation d'huile par heure, en grammes . .	55	175	370	645	1000	1450	Figure 1.
Consommation par centimètre de mèche	7,05	7,95	8,72	9,33	9,80	10,25	Figure 2.
Hauteur de la flamme en centimètres	4,73	6,10	7,22	8,19	9,05	9,84	Figure 3.
Volume de la flamme (de forme ellipsoïde), V . .	22,28	79,90	185,31	347,34	573,61	870,91	
Volume de la flamme par décagramme d'huile consommée,	4,05	4,57	5,01	5,39	5,74	6,01	
Intensité spécifique par centimètre cube, i	0,1250	0,1268	0,1288	0,1310	0,1334	0,1360	Figure 8.
Intensité absolue, V_i	2,785	10,131	23,868	45,501	76,520	118,444	Figure 4.
Coefficient de réduction pour $a = 0,80$; $K =$. .	0,7922	0,6854	0,5992	0,5288	0,4709	0,4228	Figure 7.
Intensité effective $I = K.V_i$	2,206	6,944	14,302	24,061	36,033	50,078	} Figure 4.
Intensité admise en nombres ronds,	2,2	6,9	14,3	24	36	50	
Consommation d'huile par unité d'intensité absolue	19,75	17,27	15,50	14,18	13,07	12,24	} Figure 9.
Consommation d'huile par unité d'intensité effective	24,93	25,20	25,87	26,81	27,75	28,96	

INTENSITÉ DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE ET DE LA LUMIÈRE SOLAIRE.

Il peut être intéressant de comparer l'intensité de la lumière électrique à celle des flammes d'huile minérale, et de faire un calcul analogue pour la lumière solaire, autant que cela est possible.

La lumière produite par les machines magnéto-électriques employées dans les phares peut être considérée comme occupant à peu près le volume d'une petite sphère d'un centimètre de diamètre, et comme ayant une intensité de 200 becs carcel. Sa surface apparente étant de $0^{\text{cm}^2},7854$, son intensité par centimètre carré est de 255 becs; c'est 554 fois celle des lampes à 5 mèches, que nous avons trouvée être de 0,460.

La lumière solaire a été mesurée par plusieurs physiciens. Bouguer, dans son *Essai d'optique* de 1729, annonce avoir trouvé que l'éclat moyen du disque solaire à midi, dans un ciel pur, est égal à 11 664 fois la lumière d'une bougie placée à 16 pouces de distance, ce qui revient à 62 280 fois la lumière d'une bougie placée à 1 mètre. De son côté, Wollaston, dans un mémoire des *Transactions philosophiques* de 1799, évalue cette intensité à 5563 fois celle d'une chandelle placée à $0^{\text{m}},3048$, ce qui donne 59 850 chandelles placées à 1 mètre. Ces deux déterminations sont assez concordantes, et nous pouvons admettre, pour l'intensité du soleil, celle d'une lumière de 6000 becs de carcel placée à 1 mètre, en supposant qu'une flamme de carcel vaille environ 10 bougies ou chandelles. Mais cette lumière solaire a traversé toute l'épaisseur de l'atmosphère, et il faut tenir compte de la perte qu'elle a éprouvée. On peut admettre que l'absorption de lumière par l'atmosphère terrestre ne diffère pas beaucoup de ce qu'elle serait si cette atmosphère était condensée de manière à présenter, sur toute sa hauteur, la même pression et la même température qu'à la surface de la mer. Sa hauteur serait, dans cette hypothèse, de 8 kilomètres environ, et, en supposant que les observations aient été faites au moment de la plus grande élévation qu'atteint le soleil dans nos latitudes, on peut évaluer à 9 kilomètres l'épaisseur d'air traversée par les rayons lumineux. De plus, comme le

ciel était pur et l'air transparent, on peut admettre pour le coefficient de transparence de l'atmosphère la valeur $a = 0,966$ par kilomètre, qui correspond, comme on le verra plus loin, à ce que nous appelons le temps clair dans l'évaluation des portées des phares. Ce coefficient, appliqué à 9 kilomètres, donne pour la proportion de lumière que l'atmosphère laisse arriver à la terre $(0,966)^9$, et comme l'intensité lumineuse observée est de 6000 becs placés à 1 mètre, on peut évaluer approximativement à $\frac{6000}{(0,966)^9}$, ou à 8200 becs placés à 1 mètre, l'intensité de la lumière solaire avant l'absorption par l'atmosphère. Or une petite sphère placée à cette distance, et sous-tendant un angle de 32 minutes comme le soleil, aurait une surface apparente de $0^{\text{cm}^2},6805$, et il est facile de voir d'après cela que l'intensité lumineuse de la surface solaire est $\frac{8200}{0,6805}$, ou environ 12050 becs par centimètre carré. C'est 47 fois celle de la lumière électrique et plus de 26000 fois celle de la flamme à 5 mèches.

Mais ce sont surtout les intensités spécifiques par centimètre cube qu'il est intéressant de comparer. L'intensité spécifique est donnée par la formule $i = \frac{1}{V} \cdot \frac{1}{K}$; dans le cas d'une sphère, on peut remplacer V par $\frac{2}{3} dS$, d étant le diamètre et S la surface d'un grand cercle; on a alors $i = \frac{1}{S} \cdot \frac{3}{2d} \cdot \frac{1}{K}$. Pour la lumière électrique, on a trouvé $\frac{1}{S} = 255$; on a $d = 1$, et, en mettant à la place de K sa valeur pour $d = 1$, on a

$$i = 382 \cdot \frac{\log^3 a}{1 - a + a \log a - \frac{1}{2} \log^2 a}.$$

Pour le soleil, la formule se simplifie. Lorsque d croît indéfiniment, l'expression

$$\frac{3}{2d} \cdot \frac{1}{K} \quad \text{ou} \quad \frac{d^2 \log^3 a}{2(1 - a^d + d a^d \log a - \frac{1}{2} d^2 \log^2 a)}$$

converge, comme il est facile de s'en assurer, vers une limite fixe, qui est $-\log a$; de sorte que la formule pour le soleil devient

$$i = \frac{1}{S} (-\log a) \quad \text{ou} \quad i = 12050 (-\log a).$$

Cette formule est la même que celle que nous avons trouvée pour exprimer la limite de l'intensité d'un cylindre ou d'un prisme lumineux, $I = \frac{\omega i}{-\log a}$, seulement la surface ω de la section du prisme est remplacée par la surface S du grand cercle du soleil. Nous avons vu que cette intensité limite est produite à peu près en entier par une faible longueur du prisme, et que les parties du prisme qui se trouvent au delà de cette longueur n'ont qu'une influence insensible sur l'intensité observée. Il en est de même ici pour le soleil, de sorte que la formule dont nous nous servons ne suppose pas nécessairement que le soleil continue à être gazeux au delà d'une faible profondeur à partir de la surface.

Nous ne connaissons ni la transparence de la lumière électrique, ni celle du gaz incandescent qui se trouve à la surface du soleil. Nous ne pouvons donc que faire des hypothèses sur la valeur du coefficient a , et calculer pour chacune d'elles les intensités spécifiques par centimètre cube, au moyen des deux formules ci-dessus.

Coefficient de transparence a . . .	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99;
Intensité spécifique de la lumière électrique	458	434	411	396	390	382;
Intensité spécifique du soleil . . .	6155	4298	2689	1270	641	121;
Rapport	13,4	9,9	6,5	3,2	1,6	0,3.

On voit que, dans l'hypothèse d'une transparence à peu près égale à celle des flammes de lampe dont le coefficient est $a = 0,80$, l'intensité spécifique de la flamme solaire serait égale à 6 fois $\frac{1}{2}$ celle de la lumière électrique et vaudrait 24 000 fois celle de la lampe à 5 mèches. Mais il est très-possible que la transparence de la flamme solaire soit plus grande, et alors il suffirait, pour expliquer les phénomènes, de lui attribuer une intensité spécifique plus petite, suivant les indications du tableau précédent. Ainsi, dans le cas où on aurait $a = 0,90$ ou $a = 0,95$, cette intensité spécifique du soleil ne devrait être que 3 fois ou 1 fois $\frac{1}{2}$ celle de la lumière électrique; il suffirait qu'elle lui fût égale ou qu'elle n'en fût que le tiers si on supposait $a = 0,97$ ou $a = 0,99$.

Il ne faut pas attribuer à ces calculs plus d'importance qu'ils n'en ont.

Les notions qu'on possède sur la constitution du soleil sont encore incertaines; et, quant à la source lumineuse produite par l'électricité, en la supposant formée d'une petite sphère de gaz incandescent, on s'éloigne beaucoup de la réalité, puisque les pointes des charbons polaires constituent la partie la plus brillante de cette source. Les résultats obtenus ne s'appliquent réellement qu'aux hypothèses qu'on a faites; ils n'en donnent pas moins une idée de la grandeur relative des quantités qu'on cherche à comparer.

II

INTENSITÉS LUMINEUSES DES APPAREILS.

Les intensités lumineuses des appareils optiques s'obtiennent en général au moyen d'expériences photométriques suffisamment répétées pour qu'on puisse prendre des moyennes. Mais, ainsi que nous l'avons dit à l'occasion des lampes, les circonstances qui peuvent faire varier l'intensité de l'appareil ou celle de la lumière unité sont si nombreuses, qu'on arrive difficilement à des résultats concordants. Il est indispensable de contrôler ces résultats et de les comparer entre eux pour les soumettre à la loi de continuité.

Il faut d'abord remarquer qu'il est, jusqu'à un certain point, possible de prévoir les résultats que doit donner un appareil optique. On peut en effet déterminer la quantité de lumière émise par la lampe focale dans chaque direction, tenir compte de la perte qu'elle éprouve en traversant les lentilles, et en conclure la quantité totale de lumière émise par chaque partie de l'appareil. Ce calcul, appliqué aux différentes lentilles de feu fixe et de feu à éclats, permet de contrôler et de corriger, au besoin, les chiffres donnés par l'expérience. Puis, en comparant entre eux les résultats relatifs à différentes combinaisons d'appareils et de lampes, on peut, comme nous l'avons déjà fait pour les flammes de lampes, les relier par des formules ou par des courbes, de manière à faire disparaître les anomalies qu'ils peuvent présenter.

QUANTITÉS DE LUMIÈRE ÉMISES PAR LES APPAREILS.

La lumière émise par une lampe à mèches circulaires présente dans toutes les directions horizontales la même intensité; mais si on considère

des directions plus ou moins inclinées dans un même plan vertical, on obtient des résultats qui varient beaucoup. En s'élevant au-dessus du plan horizontal, l'intensité va en diminuant, soit parce que la surface apparente de la flamme diminue, soit parce que les parties supérieures sont moins chaudes et par conséquent moins brillantes. Cette décroissance de l'intensité est encore plus rapide au-dessous du plan horizontal, parce que le sommet du bec masque des portions de flamme de plus en plus considérables. La loi de ces variations n'est sans doute pas tout à fait la même pour les différentes lampes, puisqu'elle dépend de la forme et de la hauteur de la flamme; mais les différences doivent être peu considérables d'une lampe à l'autre. Le tableau n° 2 donne les résultats qui ont été déduits de quelques expériences faites sur une lampe à 4 mèches, au moyen d'anneaux à réflexion totale. L'intensité de la lampe étant représentée par 1, les chiffres de la seconde colonne du tableau indiquent ce que devient cette intensité dans les différentes directions données par les chiffres de la première colonne. Ces variations d'intensité sont représentées graphiquement par la figure 10 de la planche I.

Si maintenant nous considérons une sphère dont la flamme occupe le centre, et si nous la supposons partagée en un certain nombre de zones horizontales d'une faible largeur, chaque zone sera uniformément éclairée dans tout son développement, mais l'intensité lumineuse variera d'une zone à l'autre conformément à la loi que nous venons d'indiquer. Si nous calculons la surface de chacune de ces zones, et si nous multiplions cette surface par l'intensité moyenne de la lumière qu'elle reçoit, nous aurons, en ajoutant tous les résultats, une évaluation de la quantité totale de lumière émise par la lampe.

Nous prendrons pour unité de surface le petit carré ayant pour côté la longueur de l'arc d'un degré, et, au lieu de considérer la lumière émise tout autour de l'horizon, nous ne calculerons que celle qui se trouve comprise entre deux plans verticaux passant par l'axe et faisant un angle de 1 degré; il suffira ensuite de multiplier par 360 les résultats obtenus, si on veut avoir ceux qui concernent la circonférence entière. La troisième colonne du tableau n° 2 indique les surfaces des différentes portions de zones sphériques qui sont comprises entre ces deux plans, et dont l'en-

semble forme ce qu'on appelle un fuseau. Ces zones sont calculées de 10 en 10 degrés. En multipliant leurs surfaces par le coefficient moyen d'intensité lumineuse qui leur correspond dans la deuxième colonne, on obtient les chiffres inscrits dans la quatrième colonne. Ces chiffres, représentés par la figure 11, sont les coefficients par lesquels il faudra multiplier l'intensité de la lampe placée au foyer pour avoir les quantités de lumière envoyées par cette lampe sur chacune des 18 zones considérées.

TABLEAU N° 2.

Quantités de lumière émises par les lampes.

DIRECTIONS AU-DESSUS ET AU-DESSOUS de l'horizon.	COEFFICIENT DE L'INTENSITÉ produite dans chaque direction.	SURFACES DES ZONES DU FUSEAU DE 1 DEGRÉ comprises entre ces directions.	COEFFICIENT DE LA QUANTITÉ DE LUMIÈRE sur chaque zone.
Degrés.		Carrés de 1 degré.	
90	0,600	0,870	0,533
80	0,625	2,585	1,693
70	0,685	4,221	3,018
60	0,745	5,728	4,482
50	0,820	7,062	6,043
40	0,890	8,181	7,506
30	0,945	9,052	8,735
20	0,985	9,647	9,550
10	0,995	9,949	9,924
0	1,000	9,949	9,850
10	0,980	9,647	9,237
20	0,935	9,052	7,807
30	0,790	8,181	5,236
40	0,490	7,062	2,436
50	0,200	5,728	0,831
60	0,090	4,221	0,253
70	0,030	2,585	0,039
80	0,000	0,870	0,000
90	0,000		

Cette quatrième colonne du tableau n° 2 va nous servir à calculer la quantité de lumière reçue par chacune des trois parties qui composent un appareil. Il suffit en effet de rechercher, pour les différents ordres, la

position et l'amplitude de l'angle occupé par chacune de ces parties et de calculer le coefficient total qui correspond à cet angle. En multipliant ce coefficient par l'intensité de la lampe, on obtient la quantité de lumière dont il s'agit. Ainsi, par exemple, la coupole catadioptrique du premier ordre s'étendant de 29 degrés 2 dixièmes à 76 degrés, on prend d'abord la somme des quatre coefficients de 30 à 70 degrés au-dessus de l'horizon, ce qui donne 21,049; on y ajoute d'une part les 8 centièmes du coefficient 8,735, correspondant à l'angle de 20 à 30 degrés, et d'autre part les 6 dixièmes du coefficient 1,693 relatif à l'angle de 70 à 80 degrés. Le coefficient total pour la coupole est donc 22,76, et, en le multipliant par l'intensité de la lampe à 5 mèches, qui est de 36 becs, on obtient 819 pour la quantité de lumière reçue par la coupole de premier ordre dans un angle de 1 degré formé par deux plans verticaux. Il ne faut pas oublier que l'unité adoptée dans cette évaluation est, comme nous l'avons dit, la quantité de lumière émise horizontalement par une lampe unité sur un carré de 1 degré de côté. En faisant le même calcul pour les différentes parties d'appareils, on arrive aux résultats consignés dans le tableau n° 3. La cinquième colonne de ce tableau fait connaître pour les différents ordres les quantités de lumière reçues par les trois parties de l'appareil.

Il s'agit maintenant d'évaluer les pertes que subit cette quantité de lumière en traversant l'appareil optique. Elles sont de trois sortes. Il y a d'abord celle qui est due aux réflexions sur les faces du verre à l'entrée et à la sortie. Cette perte dépend de l'angle d'incidence et peut être évaluée à

0,050 0,052 0,058 0,075 0,120 0,230,

suivant que l'angle d'incidence est de

0° 15° 30° 45° 60° 75°.

Dans les anneaux catadioptriques le rayon lumineux subissant 3 déviations au lieu de 2, ces chiffres doivent être multipliés par $\frac{3}{2}$. La seconde perte est due à l'absorption de la lumière par le verre qu'elle traverse. Elle est donnée par une formule exponentielle, mais on peut sans grande erreur la supposer proportionnelle à l'épaisseur et l'évaluer à raison de 0,03

par centimètre de verre traversé. Enfin la perte due, soit aux joints horizontaux des lentilles dioptriques, soit à l'intervalle des anneaux, varie de 0,02 à 0,03 ou de 0,01 à 0,04 en allant du premier au cinquième ordre.

Si on fait pour chaque appareil le calcul aussi exact que possible de ces différentes pertes, on reconnaît que les lentilles dioptriques conduisent toutes à peu près au même résultat, et que la perte éprouvée par la lumière qui les traverse peut être fixée à 13 centièmes. Quant aux anneaux catadioptriques, ils présentent, suivant l'ordre de l'appareil, de légères différences; la perte qu'ils occasionnent peut être évaluée à 30 centièmes pour les deux premiers ordres, à 29 centièmes pour le troisième et le quatrième ordre et à 27 centièmes pour le cinquième ordre.

En réduisant dans ces proportions les chiffres de la cinquième colonne du tableau n° 3, on obtient les quantités de lumière émises par les différents appareils. Ces quantités sont inscrites dans les septième et huitième colonnes du même tableau.

TABLEAU N° 3.

Quantités de lumière émises par les appareils de feu fixe.

INDICATION DES APPAREILS.	ANGLE occupé par chaque partie.	COEFFICIENT de la quantité de lumière émise dans cet angle.	INTEN- SITÉ de la lampe.	QUANTITÉ de lumière reçue par chaque partie.	COEFFI- CIENT de réduction en passant à travers la lentille.	QUANTITÉ DE LUMIÈRE émise par l'appareil,		
						partielle.	totale.	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1 ^{er} ordre.	Coupole	de 29°,2 à 76°.	22,76	36 ^b	819	0,70	573	2 377
	Tambour	2 × 28°.	51,80		1 865	0,87	1 623	
	Couronne inférieure.	de 30°,2 à 48°,5.	7,20		259	0,70	181	
2 ^e ordre.	Coupole	de 31°,6 à 79°,6.	21,47	24	515	0,70	361	1 653
	Tambour	2 × 31°,3.	56,76		1 362	0,87	1 185	
	Couronne inférieure.	de 32°,7 à 51°,6.	6,39		153	0,70	107	
3 ^e ordre.	Coupole	de 35°,1 à 82°,1.	19,03	14,3	272	0,71	193	981
	Tambour	2 × 33°,3.	59,31		848	0,87	738	
	Couronne inférieure.	de 36° à 54°,2.	4,88		70	0,71	50	
4 ^e ordre.	Coupole	de 34°,1 à 80°,1.	19,67	6,9	136	0,71	97	464
	Tambour	2 × 30°,8.	56,12		387	0,87	337	
	Couronne inférieure.	de 34°,8 à 63°,4.	6,08		42	0,71	30	
5 ^e ordre. (D=0 ^m .30)	Coupole	de 34°,1 à 80°,6.	19,70	2,2	43	0,73	31	147
	Tambour	2 × 30°,8.	56,12		123	0,87	107	
	Couronne inférieure.	de 34°,8 à 62°,8.	6,06		13	0,73	9	

Nous connaissons donc la quantité totale de lumière que chaque appareil doit émettre dans un angle de 1 degré compris entre deux plans verticaux, et nous avons ainsi un moyen de contrôler les résultats des mesures photométriques.

INTENSITÉS DES FEUX FIXES.

Considérons un appareil de feu fixe illuminé par la lampe qui lui correspond, et imaginons qu'il soit entouré à une distance convenable par un vaste écran cylindrique ayant même axe que l'appareil. La lumière reçue sur cet écran formera une bande circulaire dont tous les points situés sur un même cercle horizontal seront également éclairés. Si on partage cette bande par des lignes verticales en 360 parties égales, chacune de ces parties correspondra à 1 degré, et devra contenir une quantité de lumière précisément égale à celle que nous avons calculée dans la dernière colonne du tableau n° 3. Si donc, au moyen d'un photomètre, nous mesurons, de degré en degré, dans le sens vertical, les intensités lumineuses fournies par l'appareil, chacune de ces intensités étant applicable à un carré de 1 degré, le chiffre qui la représente donnera, d'après nos conventions, la quantité de lumière correspondante à ce carré, et la somme de toutes ces intensités devra reproduire les chiffres du tableau n° 3. Si, pour plus d'exactitude, nous mesurons les intensités de demi en demi-degré, chacune d'elles s'appliquant alors à la moitié du carré de 1 degré devra être multipliée par $\frac{1}{2}$, ce qui revient à dire qu'il faudra dans ce cas prendre la moitié de la somme pour retrouver les chiffres du tableau. Les expériences photométriques doivent être répétées un certain nombre de fois afin d'éliminer les causes d'erreur; en combinant ensuite les résultats obtenus, on parvient à établir des chiffres d'intensité qui représentent aussi bien que possible les expériences, et qui satisfont en même temps à la condition de donner à peu près la quantité totale de lumière calculée théoriquement. Ce sont ces chiffres qui sont inscrits dans le tableau n° 4.

Ce tableau contient les intensités de demi en demi-degré pour les trois premiers ordres, et de degré en degré pour les deux derniers. Il fait

en outre connaître, pour le premier ordre, les résultats séparés fournis par les trois parties de l'appareil. Ce renseignement a été supprimé pour les autres appareils, afin de ne pas compliquer le tableau. En faisant la somme des intensités et en la multipliant par l'intervalle des observations, on retrouve bien, comme nous l'avions annoncé, les chiffres du tableau n° 3, sauf quelques différences insignifiantes. La figure 17 de la planche I donne, pour le premier ordre, une représentation graphique de l'intensité totale.

TABLEAU n° 4.

Intensités des appareils de feu fixe.

ANGLE.	1 ^{er} ORDRE.				2 ^e ORDRE.	3 ^e ORDRE.	ANGLE.	4 ^e ORDRE.	5 ^e ORDRE.
	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE INFÉ- RIÈRE.	TOTAL.					
4°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	8°	.....	1 ^b ,0
3 $\frac{1}{2}$	.....	.....	.....	.....	.....	10 ^b	7	.....	1,5
3	.....	.....	.....	.....	20 ^b	20	6	3 ^b	2,5
2 $\frac{1}{2}$	20 ^b	.....	5 ^b	25 ^b	50	35	5	9	4,0
2	60	20 ^b	10	90	100	65	4	17	6,5
1 $\frac{1}{2}$	110	80	20	210	180	115	3	28	9,5
1	160	250	35	445	330	190	2	44	12,5
$\frac{1}{2}$	200	560	80	840	510	250	1	67	16,0
0	225	760	105	1 090	600	280	0	74	17,5
$\frac{1}{2}$	185	590	75	850	540	265	1	70	17,0
1	115	370	25	510	360	225	2	56	15,0
1 $\frac{1}{2}$	50	240	10	300	240	165	3	40	12,0
2	20	160	.....	180	160	120	4	25	9,5
2 $\frac{1}{2}$	.....	110	.....	110	100	85	5	15	7,5
3	.....	70	.....	70	60	60	6	9	5,5
3 $\frac{1}{2}$	.....	30	.....	30	30	40	7	5	4,0
4	.....	.....	.....	.....	20	20	8	2	2,5
4 $\frac{1}{2}$	.....	.....	.....	.....	.....	10	9	.....	1,5
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10	.....	1,0
TOTAUX. . . .	1 145	3 240	365	4 750	3 300	1 955	TOTAUX. . . .	464	146,5
Intervalles des observations. }	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Intervalles des observations. }	1	1
Quantité de lumière. }	572,5	1620	182,5	2 375	1 650	977,5	Quantité de lumière. }	464	146,5

Les chiffres placés, dans ce tableau, sur la ligne correspondant au zéro ou à l'axe de l'appareil représentent l'intensité du feu fixe dans le plan de l'horizon. C'est cette intensité qui est aperçue par le navigateur et qui détermine la portée du feu.

La proportion dans laquelle les trois parties de l'appareil concourent à produire l'intensité totale n'est donnée que pour le premier ordre. Ce renseignement, en ce qui concerne l'intensité dans l'axe, nous sera également utile pour les autres ordres, lorsque nous calculerons les intensités des feux à éclats. Il se trouve dans le tableau suivant, qui contient en outre divers résultats intéressants, ainsi que nous allons l'expliquer.

TABLEAU n° 5.

Relations des intensités des appareils avec celles des lampes.

ORDRE DE L'APPAREIL.	QUANTITÉ DE LUMIÈRE,		INTENSITÉ DANS L'AXE,		RAPPORT DE L'INTENSITÉ à la quantité de lumière		PROPOR- TION de l'intensité des trois parties d'un même appareil.	INTEN- SITÉ de la lampe.	RAPPORT DE L'INTENSITÉ de l'appareil à celle de la lampe,		DIVER- GENGE ver- ticale.	COEFFI- CIENT calculé par la formule indiquée ci-après.	
	par partie.	totale.	par partie.	totale.	par partie.	totale.			par partie.	totale.			
1 ^{er} ordre	573	2 377	225 ^b	1 090 ^b	0,393	0,458	0,207	36 ^b	6,25	30,28	5°,63	30,47	
	1 623		760		0,468				0,697				21,11
	181		105		0,580				0,096				2,92
2 ^e ordre...	361	1 653	120	600	0,332	0,363	0,200	24	5,04	25,00	6,70	24,95	
	1 185		430		0,363				0,717				17,92
	107		50		0,467				0,083				2,04
3 ^e ordre...	193	981	58	280	0,301	0,285	0,207	14,3	4,06	19,58	8,27	19,58	
	738		200		0,271				0,714				13,98
	50		22		0,440				0,079				1,54
4 ^e ordre...	97	464	15,3	74	0,158	0,160	0,207	6,9	2,22	10,72	13,99	10,71	
	337		52,8		0,157				0,714				7,65
	30		5,9		0,197				0,079				0,85
5 ^e ordre...	31	147	3,5	17,5	0,113	0,119	0,200	2,2	1,59	7,96	18,07	7,98	
	107		12,6		0,118				0,720				5,73
	9		1,4		0,156				0,080				0,64

A côté de l'intensité produite dans l'axe par chaque partie de l'appareil, on a reproduit dans ce tableau les quantités totales de lumière émises par ces mêmes parties et précédemment calculées. En divisant l'un par l'autre les nombres correspondants de ces deux colonnes, on obtient, dans la colonne suivante, le rapport de l'intensité dans l'axe à la quantité totale de lumière émise, ou, en d'autres termes, le rapport de la quantité de lumière comprise dans une bande horizontale de 1 degré de hauteur dont le plan focal forme le milieu, à la quantité de lumière répandue sur la zone totale qu'éclaire l'appareil. On reconnaît ainsi que l'appareil de premier ordre concentre dans cette bande centrale de 1 degré de hauteur les 46 centièmes ou près de la moitié de la lumière totale, et que cette concentration se réduit à 36, 29, 16, 12 centièmes, suivant qu'il s'agit de l'appareil de deuxième, de troisième, de quatrième ou de cinquième ordre.

La colonne suivante fait connaître la proportion dans laquelle chaque partie du même appareil concourt à former l'intensité totale. Cette proportion varie de 0,200 à 0,207 pour la coupole, de 0,697 à 0,720 pour le tambour, et de 0,079 à 0,096 pour la couronne inférieure. On peut dire approximativement que l'appareil entier et les trois parties produisent des intensités qui sont entre elles comme les nombres 10, 2, 7, 1.

COEFFICIENTS DES DIFFÉRENTS APPAREILS DE FEU FIXE.

Les dernières colonnes du tableau n° 5 sont relatives à la détermination du coefficient de chaque appareil; c'est ainsi qu'on appelle le rapport dans lequel se trouve augmentée l'intensité de la lampe placée au foyer. On reconnaît que l'appareil entier de premier ordre produit une intensité lumineuse égale à plus de trente fois celle de la lampe à 5 mèches placée à son foyer, et que ce rapport devient à peu près 25, 20, 11, 8 pour les ordres suivants.

Si l'on rapproche ces chiffres de ceux qui représentent la divergence verticale et qui sont inscrits dans la colonne voisine, on reconnaît qu'ils sont d'autant plus petits que cette divergence est plus grande, et on peut admettre qu'ils doivent varier en raison inverse d'une certaine puissance de

cette divergence. Or, la hauteur de la flamme étant, comme nous l'avons vu, proportionnelle à la racine carrée du diamètre, la divergence verticale sera proportionnelle à $\frac{\sqrt{d}}{f}$, en appelant d le diamètre et f la distance focale. On pourra donc représenter le coefficient m de l'appareil par une formule de la forme

$$m = A \left(\frac{f}{\sqrt{d}} \right)^n,$$

et en déterminant A et n de manière à satisfaire le mieux possible aux résultats de l'expérience, on trouve :

$$m = \frac{2}{3} \left(\frac{f}{\sqrt{d}} \right)^{1,15}.$$

Si on veut avoir ce coefficient en fonction de h au lieu de d , on peut, en vertu de la relation $h = 2,73 \sqrt{d}$, l'écrire

$$m = 2,12 \left(\frac{f}{h} \right)^{1,15}.$$

Les valeurs calculées par cette formule et inscrites dans la dernière colonne du tableau sont d'accord avec celles qui résultent des intensités obtenues. Elles sont représentées par la courbe de la figure 13, planche I.

Dans certaines circonstances on est conduit à illuminer les appareils avec des lampes différentes de celles qui leur sont habituellement affectées. Ainsi un de nos phares de deuxième ordre est éclairé par une lampe à 5 mèches, et un appareil de quatrième ordre a reçu une lampe à 3 mèches. La formule précédente, déterminée empiriquement pour des cas spéciaux, n'est pas nécessairement applicable à ces nouveaux systèmes. Cependant les différentes combinaisons de lampes et d'appareils qui ont pu être soumises à l'expérience ont donné des résultats tendant à faire admettre que la formule est généralement applicable, pourvu qu'on ne sorte pas de certaines limites et qu'on se borne, par exemple, à remplacer la lampe habituelle de l'appareil par celle qui la précède ou qui la suit immédiatement dans l'ordre des numéros.

Le tableau suivant fait connaître les coefficients calculés d'après cette formule pour les différentes combinaisons d'appareils et de lampes, y compris la lumière électrique. Nous y avons introduit un second appareil de

cinquième ordre, qui a $0^m,375$ de diamètre et qui est souvent employé, et même un petit appareil de $0^m,20$ utilisé dans quelques cas rares. Nous avons en outre complété la série par un appareil de $0^m,75$ de diamètre, qui est intermédiaire entre le troisième et le quatrième ordre et qui pourrait être employé dans certaines circonstances. Le tableau comprend les résultats donnés par la formule pour toutes les combinaisons qu'on peut faire en associant chaque lampe avec chacun des appareils considérés; mais les chiffres renfermés entre parenthèses répondent à des systèmes qui n'ont pas été soumis à l'expérience et qui d'ailleurs ne sont pas, pour la plupart, susceptibles d'application. Les autres coefficients sont les seuls dont il y ait lieu de se servir dans la pratique.

TABLEAU N° 6.

Coefficients des appareils de feu fixe.

LAMPE. — NOMBRE de mèches.	DIAMÈTRE DU BEC et de la flamme, <i>d.</i>	HAUTEUR DE LA FLAMME, <i>h.</i>	COEFFICIENTS POUR UN DIAMÈTRE DE L'APPAREIL <i>2f</i> , ÉGAL À							
			$1^m,84$	$1^m,40$	$1^m,00$	$0^m,75$	$0^m,50$	$0^m,375$	$0^m,30$	$0^m,20$
6	13^{cm}	$9^{cm},84$	27,65	[20,20]	[13,72]	[9,85]	[6,18]	[4,44]	[3,43]	#
5	11	9,05	30,47	22,23	[15,10]	[10,85]	[6,80]	[4,89]	[3,78]	#
4	9	8,19	34,16	24,95	16,94	[12,27]	[7,64]	[5,48]	[4,24]	#
3	7	7,22	[39,48]	28,83	19,58	[14,06]	8,82	[6,34]	[4,90]	#
2	5	6,10	[47,90]	[34,98]	23,76	[17,07]	10,71	7,69	5,95	[3,73]
1	3	4,73	[64,26]	[46,93]	[31,87]	[22,89]	14,36	10,32	7,98	5,01
Électrique.	1	1,50	[227]	[166]	[113]	[81]	51	36	28	#

INTENSITÉS DES DIFFÉRENTS APPAREILS DE FEU FIXE.

En multipliant les intensités des lampes par les coefficients ainsi déterminés, on obtient les intensités lumineuses de chaque système, et on peut ensuite répartir cette intensité entre les trois parties du même appareil dans la proportion précédemment indiquée. On forme ainsi le tableau suivant, qui renferme tous les résultats relatifs aux appareils de feu fixe.

TABLEAU N° 7.

Intensités données par différentes combinaisons d'appareils de feu fixe et de lampes.

ORDRE ET DIAMÈTRE DE L'APPAREIL.	LAMPE. — NOMBRE de mèches.	INTENSITÉ DE LA LAMPE.	COEFFICIENT DE L'APPAREIL.	INTENSITÉ LUMINEUSE DE L'APPAREIL.				
				TOTALE.	GOUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE INFÉRIEURE.	
1 ^{er} ordre. 1 ^m ,84	6	50 ^b	27,65	1 382 ^b	285 ^b	963 ^b	134 ^b	
	5	36	30,47	1 097	226	765	106	
	4	24	34,16	820	169	571	80	
2 ^e ordre. 1 ^m ,40	5	36	22,23	800	160	574	66	
	4	24	24,95	599	120	430	49	
	3	14,3	28,83	412	83	295	34	
3 ^e ordre. 1 ^m ,00	4	24	16,94	407	84	291	32	
	3	14,3	19,58	280	58	200	22	
	2	6,9	23,76	164	34	117	13	
4 ^e ordre. 0 ^m ,50	3	14,3	8,82	126	26	90	10	
	2	6,9	10,71	74	15,3	52,8	5,9	
	1	2,2	14,36	32	6,6	22,9	2,5	
5 ^e ordre.	0 ^m ,375	2	6,9	7,69	53	10,6	38,2	4,2
	1	2,2	10,32	23	4,6	16,6	1,8	
	0 ^m ,30	2	6,9	5,95	41	8,2	29,5	3,3
	1	2,2	7,98	17,5	3,5	12,6	1,4	
Phares électriques.	0 ^m ,20	1	2,2	5,01	11	2,2	7,9	0,9
	0 ^m ,75	Lumière électrique.	200	81	16 200	„	„	„
	0 ^m ,50			51	10 200	„	„	„
	0 ^m ,375			36	7 200	„	„	„
0 ^m ,30	28			5 600	„	„	„	

Il est intéressant de remarquer que la même formule s'applique très-bien aux appareils illuminés par les anciennes lampes à huile de colza. Si nous prenons, en effet, dans le mémoire de M. l'inspecteur général Reynaud, les intensités et les diamètres des anciens becs, nous arrivons aux résultats suivants :

Diamètre des appareils	$2f =$	1 ^m ,84	1 ^m ,40	1 ^m ,00	0 ^m ,50	0 ^m ,375	0 ^m ,30
Diamètre des becs	$d =$	9 ^{cm} ,0	7 ^{cm} ,4	4 ^{cm} ,4	3 ^{cm} ,7	2 ^{cm} ,9	2 ^{cm} ,6
Coefficient calculé par la							
formule $m = \frac{2}{3} \left(\frac{f}{\sqrt{d}} \right)^{1,15}$		34,16	27,92	25,57	12,73	10,52	8,67
Intensité de la lampe	$i =$	23 ^b	15 ^b	5 ^b	3 ^b	1 ^b ,6	1 ^b ,3
Intensité calculée des appa- reils	$0,8 mi =$	628 ^b	335 ^b	102 ^b	30 ^b	14 ^b	9 ^b
Intensité donnée dans le mé- moire		630 ^b	335 ^b	90 ^b	30 ^b	13 ^b	9 ^b

On voit que l'accord est à peu près complet, sauf pour le troisième ordre, dont l'intensité avait été évaluée un peu trop bas.

INTENSITÉS DES LENTILLES ANNULAIRES.

Les intensités des feux fixes étant ainsi déterminées, il va être facile de calculer celles des feux à éclats produits soit par des lentilles annulaires, soit par des lentilles à éléments verticaux. Occupons-nous d'abord des lentilles annulaires, et prenons pour exemple une lentille de tambour dioptrique de premier ordre occupant $\frac{1}{8}$ de l'horizon ou 43°,3, déduction faite de l'épaisseur du cadre.

Si nous recevons sur un écran vertical suffisamment éloigné les rayons lumineux émis par cette lentille, nous obtiendrons une image renversée de la flamme, à 5 mèches, placée à son foyer, et nous pourrons, au moyen du photomètre, mesurer les intensités lumineuses des différents points de cette image. Choisissons des points placés en échiquier de demi en demi-degré à partir de l'axe dans le sens vertical et dans le sens horizontal, et additionnons toutes les intensités obtenues. Chacune de ces intensités correspondant à une surface égale au quart du carré de 1 degré, le quart de la somme représentera la quantité de lumière émise par la lentille; en divisant cette quantité par le nombre 43,3, qui représente l'angle embrassé par la lentille, on aura la quantité de lumière correspondant à un degré, et on devra retrouver celle qui a déjà été indiquée pour le tambour de feu fixe. C'est en effet ce qu'on vérifie. Le tableau suivant donne les intensités des différents points de l'image, mais seulement

de degré en degré, afin de simplifier. La somme des intensités est de 70 340, ce qui donne 1624 pour la quantité de lumière correspondant à 1 degré, et c'est à peu près le même chiffre que pour le tambour de feu fixe.

TABLEAU N° 8.

*Intensités des différents points de l'image produite par une lentille annulaire
 $\frac{1}{8}$ de tambour de 1^{er} ordre.*

DEGRÉS.	3°	2°	1°	0°	1°	2°	3°	SOMME	
								TOTALE.	POUR 1°.
2	"	70 ^b	230 ^b	280 ^b	230 ^b	70 ^b	"	880 ^b	20 ^b
1	370 ^b	1 550	2 220	2 460	2 220	1 550	370 ^b	10 740	248
0	1 630	4 700	6 550	7 150	6 550	4 700	1 630	32 910	760
1	750	2 280	3 200	3 530	3 200	2 280	750	15 990	369
2	"	950	1 560	1 770	1 560	950	"	6 790	157
3	"	250	810	910	810	250	"	3 030	70
4	"	"	"	"	"	"	"	"	"
TOTAUX.....								70 340	1 624

La figure 16 représente la forme de l'image éclairée. Sur cette image sont tracées les lignes d'égalité d'intensité, de 1000 en 1000 becs, depuis la courbe qui limite la figure et dont l'intensité est nulle, jusqu'à la petite courbe intérieure relative aux points qui ont 7000 becs. Au-dessus et à gauche de cette image se trouvent (fig. 14 et 15) les courbes des intensités prises sur la ligne horizontale et sur la ligne verticale qui correspondent à l'axe optique de la lentille. Toutes ces courbes résultent de moyennes calculées sur un certain nombre de résultats, et ont été plus ou moins modifiées de manière à présenter une forme régulière; c'est ainsi que la courbe des intensités dans le plan focal a la forme d'une parabole. On doit donc les considérer comme des courbes théoriques satisfaisant le mieux possible aux expériences.

La vérification que nous avons indiquée sur la quantité totale de lumière contenue dans l'image peut également se faire sur la quantité de

lumière donnée par une tranche horizontale. Ainsi, dans le plan focal, la somme des intensités est de 32 910, et ce nombre, divisé par 43,3, donne 760, qui représente bien l'intensité du tambour de feu fixe.

Cette remarque est importante et va nous permettre d'établir une relation entre l'intensité d'un feu fixe et celle du feu à éclats correspondant. Nommons A l'intensité de l'éclat dans l'axe, y l'intensité en un autre point du plan focal situé à x degrés de l'axe, α la demi-divergence horizontale; la forme parabolique étant celle qui convient le mieux pour représenter ces intensités, nous aurons la relation

$$y = A \left(1 - \frac{x^2}{\alpha^2} \right).$$

La somme des intensités ou la quantité de lumière correspondante sera représentée par la surface de cette parabole qui est égale à $\frac{4}{3} A \alpha$. D'un autre côté, appelons a l'intensité du feu fixe et φ l'angle sous-tendu par la lentille annulaire; la quantité de lumière émise par le feu fixe dans cet angle φ sera φa , et elle devra être égale à celle que la lentille annulaire concentre dans l'angle de la divergence horizontale. On devra donc avoir

$$\frac{4}{3} A \alpha = \varphi a, \text{ d'où } A = a \frac{3 \varphi}{4 \alpha}.$$

Ainsi l'intensité d'une lentille annulaire s'obtiendra en multipliant l'intensité du feu fixe correspondant par un coefficient $\frac{3 \varphi}{4 \alpha}$, qu'il est facile de calculer dans chaque cas. Cette formule est générale; elle s'applique aux lentilles annulaires de la coupole ou de la couronne inférieure comme à celles du tambour; mais il faut calculer pour chaque partie la véritable valeur moyenne de la divergence 2α . Cette divergence diminue à mesure qu'augmente la distance du foyer à l'élément de lentille que l'on considère, et on doit en calculer la moyenne en tenant compte de la quantité de lumière que reçoit chacun de ces éléments de lentille.

Si nous désignons par D la distance d'un élément lenticulaire au foyer, et par m le coefficient de la quantité de lumière qui, dans le tableau n° 2, correspond à l'angle vertical occupé par cet élément, la distance moyenne sera $\frac{\sum mD}{\sum m}$, la somme Σ s'étendant à tous les éléments de la lentille dont

il s'agit, et si d est le diamètre de la flamme, la divergence pourra se calculer par la formule

$$2\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot d \cdot \frac{\Sigma m}{\Sigma m D}.$$

La divergence moyenne étant déterminée, le reste du calcul s'achève sans difficulté. Le tableau suivant en donne les éléments et les résultats. Il comprend à peu près toutes les largeurs de lentilles qu'on peut avoir à employer dans chaque ordre. Les lentilles annulaires, complètes, de cinquième ordre, qui y sont indiquées comme embrassant la moitié de l'horizon, sont celles qui servent à donner des feux de direction.

On pourrait aussi avoir une formule donnant directement l'intensité d'une lentille annulaire en fonction de celle de la lampe; il suffit de remarquer que l'intensité du feu fixe a est proportionnelle à $\left(\frac{f}{\sqrt{d}}\right)^{1,15}$, comme nous l'avons vu, et que la divergence 2α est proportionnelle à $\frac{d}{f}$. La formule précédente devient alors, en appelant K une constante à déterminer,

$$A = K \frac{f^{2,15}}{d^{1,575}};$$

mais il est aussi simple de se servir de l'intensité du feu fixe pour calculer celle de l'éclat.

TABLEAU N° 9.

Intensités dans l'axe des différentes lentilles annulaires.

INDICATION DES LENTILLES.	ANGLE DE LA LENTILLE, φ.	DIVERGENCE HORIZONTALE MOYENNE, 2α.			COEFFICIENT, $\frac{3\phi}{4\alpha}$.			INTENSITÉ DU FEU FIXE.			INTENSITÉ DE L'ÉCLAT.				
		COU- POLE.	TAM- BOUR.	GOU- RONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.	
1 ^{er} ORDRE, 6 mèches.	$\frac{1}{8}$	43°,3	6°,4	7°,7	6°,7	10,15	8,43	9,69	285 ^b	963 ^b	134 ^b	2893 ^b	8118 ^b	1298 ^b	12309 ^b
	$\frac{1}{12}$	28,2				6,61	5,49	6,31				1884	5287	846	8017
	$\frac{1}{16}$	20,9				4,90	4,07	4,68				1394	3919	627	5940
	$\frac{1}{24}$	13,5				3,17	2,63	3,02				903	2533	405	3841
1 ^{er} ORDRE, 5 mèches.	$\frac{1}{8}$	43°,3	5°,4	6°,5	5°,7	12,03	9,99	11,40	226	765	106	2719	7642	1208	11569
	$\frac{1}{12}$	28,2				7,83	6,51	7,42				1770	4980	787	7537
	$\frac{1}{16}$	20,9				5,81	4,82	5,50				1313	3687	583	5583
	$\frac{1}{24}$	13,5				3,75	3,12	3,55				848	2387	376	3611

INDICATION DES LENTILLES.	ANGLE DE LA LENTILLE. φ.	DIVERGENCE HORIZONTALE MOYENNE, 2α.			COEFFICIENT, $\frac{3\phi}{4\alpha}$.			INTENSITÉ DU FEU FIXE.			INTENSITÉ DE L'ÉCLAT.				
		COU- POLE.	TAM- BOUR.	COU- RONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.	
1 ^{er} ORDRE, 4 mèches.	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{34}$	43°,3	4°,4	5°,3	4°,7	14,76	12,25	13,82	169 ^b	571 ^b	80 ^b	2 494 ^b	6 995 ^b	1 106 ^b	10 595 ^b
		13,5				4,60	3,82	4,31				777	2 181	345	3 303
2 ^e ORDRE, 5 mèches.	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{12}$ $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{20}$	42,8	7,0	8,4	7,3	9,17	7,64	8,79	160	574	66	1 467	4 385	580	6 432
		27,6				5,91	4,93	5,67				946	2 830	374	4 150
		20,6				4,41	3,68	4,23				706	2 112	279	3 097
2 ^e ORDRE, 4 mèches.	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{12}$ $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{20}$	42,8	5,7	6,9	6,0	11,26	9,30	10,70	120	430	49	1 351	4 000	524	5 875
		27,6				7,26	6,00	6,90				871	2 580	338	3 789
		20,6				5,42	4,48	5,15				650	1 926	252	2 828
2 ^e ORDRE, 3 mèches.	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{20}$	42,8	4,3	5,3	4,6	14,93	12,11	13,96	83	295	34	1 239	3 572	475	5 286
		15,9				5,55	4,50	5,18				461	1 328	176	1 965
		57,5				11,20	8,98	10,27				941	2 613	329	3 883
3 ^e ORDRE, 4 mèches.	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{12}$ $\frac{1}{16}$	42,3	7,7	9,6	8,4	8,24	6,61	7,55	84	291	32	692	1 924	242	2 858
		33,2				6,47	5,19	5,93				543	1 510	190	2 243
		27,2				5,30	4,25	4,86				445	1 237	156	1 838
		19,7				3,84	3,08	3,52				323	896	113	1 332
3 ^e ORDRE, 3 mèches.	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{12}$ $\frac{1}{16}$	57,5	6,0	7,5	6,5	14,38	11,50	13,27	58	200	22	834	2 300	292	3 426
		42,3				10,58	8,46	9,76				614	1 692	215	2 521
		33,2				8,30	6,64	7,66				481	1 328	169	1 978
		27,2				6,80	5,44	6,28				394	1 088	138	1 620
3 ^e ORDRE, 2 mèches.	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{16}$	57,5	4,3	5,4	4,6	20,05	15,97	18,75	34	117	13	682	1 868	244	2 794
		19,7				6,87	5,47	6,42				234	640	83	957
4 ^e ORDRE, 3 mèches.	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{10}$	56,0	13,2	15,1	14,1	6,36	5,56	5,96	26	90	10	165	500	60	725
		31,7				3,60	3,15	3,37				94	284	34	412
4 ^e ORDRE, 2 mèches.	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{12}$	56,0	9,4	10,8	10,1	8,94	7,78	8,32	15,3	52,8	5,9	137	411	49	597
		31,7				5,06	4,40	4,71				77	232	28	337
4 ^e ORDRE, 1 mèche.	$\frac{1}{6}$ $\frac{1}{10}$	56,0	5,6	6,5	6,1	15,00	12,92	13,84	6,6	22,9	2,5	99	296	35	430
		31,7				8,49	7,32	7,80				56	162	19	237
5 ^e ORDRE, 0 ^m ,375, 2 mèches.	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{10}$	165,0	12,5	14,4	13,4	19,80	17,19	18,47	10,6	38,2	4,2	210	657	78	945
		55,0				6,60	5,73	6,16				70	219	26	315
5 ^e ORDRE, 0 ^m ,375, 1 mèche.	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{10}$	165,0	7,5	8,6	8,1	33,00	28,78	30,56	4,6	16,6	1,8	152	478	55	685
		55,0				11,00	9,59	10,18				51	159	18	228
5 ^e ORDRE, 0 ^m ,30, 1 mèche.	$\frac{1}{6}$	55,0	9,4	10,8	10,1	8,33	7,64	8,17	3,5	12,6	1,4	29	96	11	136

INTENSITÉS DES LENTILLES À ÉLÉMENTS VERTICAUX.

Pour les lentilles à éléments verticaux, la même formule est applicable; seulement la divergence 2α doit être calculée en tenant compte de la distance focale, qui est plus grande que pour les lentilles annulaires, et cette divergence reste la même dans toute la hauteur de l'appareil. Dans le cas de la lumière électrique, les lentilles verticales sont ordinairement calculées de manière à augmenter la divergence horizontale et par suite la durée des éclats; c'est évidemment la divergence effective qui doit entrer dans le calcul. Il faut d'ailleurs tenir compte de la perte que la lumière éprouve en traversant cette nouvelle lentille, ce qui revient à multiplier les résultats par le coefficient de réduction indiqué dans le tableau n° 3 pour le tambour dioptrique. Le tableau suivant donne les intensités des éclats produits par les lentilles verticales placées devant chacune des trois parties d'un appareil de feu fixe; dans la pratique on ne les emploie généralement que devant le tambour, surtout pour les premiers ordres.

TABEAU N° 10.

Intensités des éclats produits par les lentilles à éléments verticaux.

INDICATION DES APPAREILS.	DISTANCE focale.	NOMBRE D'ÉLÉ- MENTS de la lentille verticale.	ANGLE SOUS-TENDU par la lentille. φ.	DIVER- GENCE horizon- tale, 2α.	COEFFICIENT, $0,87 \frac{3\phi}{4\alpha}$.	INTENSITÉ DU FEU FIXE.			INTENSITÉ DE L'ÉCLAT.			
						COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	
1 ^{er} ordre, {	Mèches. 6 5 4	1 ^m ,00	7	34°,2	7°,4	6,03	285 ^b	963 ^b	134 ^b	1 719 ^b	5 807 ^b	808 ^b
					6°,3	7,08	226	765	106	1 600	5 416	750
					5°,2	8,58	169	571	80	1 450	4 899	686
2 ^e ordre, {	5 4 3	0 ^m ,80	9	43°,7	7°,9	7,22	160	574	66	1 155	4 144	477
					6°,5	8,77	120	430	49	1 052	3 771	430
					5°,4	10,56	83	295	34	876	3 115	359
3 ^e ordre, {	4 3 2	0 ^m ,58	7	44°,5	8°,9	6,52	84	291	32	548	1 897	209
					6°,9	8,42	58	200	22	488	1 684	185
					4°,9	11,85	34	117	13	403	1 386	154
4 ^e ordre, {	3 2 1	0 ^m ,32	5	50°,0	12°,6	5,22	26	90	10	136	470	52
					9°,0	7,25	15,3	52,8	5,9	111	383	43
					5°,4	12,08	6,6	22,9	2,5	80	277	30

INDICATION DES APPAREILS.	DISTANCE focale.	NOMBRE D'ÉLÉ- MENTS de la lentille verticale.	ANGLE SOUS-TENDU par la lentille, φ .	DIVER- GENCE horizon- tale, 2α .	COEFFICIENT, $0,87 \frac{3\varphi}{4\alpha}$.	INTENSITÉ DU FEU FIXÉ.			INTENSITÉ DE L'ÉCLAT.			
						COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	
Mèches.												
5 ^e ordre, $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right.$	$0^m,25$	5	$61^{\circ},6$	$\left\{ \begin{array}{l} 11^{\circ},5 \\ 6,9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 6,99 \\ 11,65 \end{array} \right.$	$10^b,6$	$38^b,2$	$4^b,2$	74^b	267^b	29^b	
$0^m,375$						$4,6$	$16,6$	$1,8$	54	193	21	
5 ^e ordre, $\left\{ \begin{array}{l} 1 \\ 1 \end{array} \right.$	$0^m,21$	5	$43,9$	$8,2$	$6,99$	$3,5$	$12,6$	$1,4$	24	88	10	
$0^m,30$												
Électrique, $0^m,75$	$0^m,45$	1	$21,5$	$3,7$	$7,58$	$16\ 200^b$			$122\ 800^b$			
Électrique, $0^m,50$	$0^m,31$	1	$21,5$	$3,7$	$7,58$	$10\ 200$			$77\ 300$			
Électrique, $0^m,30$	$0^m,21$	3	$44,0$	$18,0$	$3,19$	$5\ 600$			$17\ 800$			

INTENSITÉS PRATIQUES DES LENTILLES EMPLOYÉES DANS LES PHARES.

Les différents résultats que nous venons d'indiquer permettent de déterminer les intensités lumineuses produites par toutes les combinaisons de lentilles qu'on peut être conduit à employer. Nous allons les résumer dans le tableau suivant; mais il y a lieu préalablement de leur faire subir une certaine réduction.

Nous avons en effet supposé que les flammes des lampes avaient tout leur développement et que les lentilles étaient dans un parfait état d'entretien. Or, dans la pratique, les flammes ne donnent point constamment le maximum d'effet dont elles sont susceptibles, et les lentilles perdent quelquefois avec le temps un peu de leur poli et de leur transparence, indépendamment des petites erreurs de forme ou de montage qu'elles peuvent présenter. Il ne faut donc pas attribuer à la lumière fournie par les appareils des phares une intensité aussi élevée que celle qui résulte des expériences ou des calculs. De plus cette lumière éprouve une perte en traversant les glaces de la lanterne, et cette perte est assez importante, eu égard à ce que les glaces exposées aux injures de l'atmosphère ne conservent pas un poli parfait et sont souvent ternies par la poussière ou la vapeur.

Ces différentes causes de réduction ne peuvent être calculées exac-

tement; elles varient d'ailleurs suivant les circonstances. Il y a lieu de penser qu'on en tiendra suffisamment compte en diminuant de $\frac{1}{5}$ ou multipliant par 0,8 les valeurs précédemment indiquées.

Le tableau suivant contient les intensités ainsi réduites; ce sont celles qu'on peut raisonnablement admettre dans la pratique.

TABLEAU N° 11.

Intensités pratiques des différentes lentilles.

INDICATION DES LENTILLES.	INTENSITÉ.				INDICATION DES LENTILLES.	INTENSITÉ.					
	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.		COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.		
LENTILLES DE FEU FIXE.					LENTILLES ANNULAIRES.						
	Mèches.										
1 ^{er} ordre, 1 ^m ,84	6	228 ^b	770 ^b	107 ^b	1105 ^b	1 ^{er} ordre, 6 mèches.	$\frac{1}{8}$	2314 ^b	6495 ^b	1038 ^b	9847 ^b
	5	181	612	85	878		$\frac{1}{12}$	1507	4230	677	6414
	4	135	457	64	656		$\frac{1}{16}$	1115	3135	502	4752
2 ^e ordre, 1 ^m ,40	5	128	459	64	640	$\frac{1}{24}$	722	2027	324	3073	1 ^{er} ordre, 5 mèches.
	4	96	344	39	479	$\frac{1}{8}$	2175	6114	966	9255	
	3	66	236	27	329	$\frac{1}{12}$	1416	3984	630	6030	
3 ^e ordre, 1 ^m ,00	4	67	233	26	326	$\frac{1}{16}$	1050	2950	466	4466	1 ^{er} ordre, 4 mèches.
	3	46	160	18	224	$\frac{1}{24}$	678	1910	301	2889	
	2	27	94	10	131	$\frac{1}{8}$	1995	5596	885	8476	
4 ^e ordre, 0 ^m ,50	3	21	72	8	101	$\frac{1}{24}$	621	1745	276	2642	2 ^e ordre, 5 mèches.
	2	12,2	42,3	4,7	59,2	$\frac{1}{8}$	1174	3508	464	5146	
	1	5,3	18,3	2,0	25,6	$\frac{1}{12}$	757	2264	299	3320	
5 ^e ordre,	2	8,5	30,5	3,4	42,4	$\frac{1}{16}$	565	1690	223	2478	2 ^e ordre, 4 mèches.
	1	3,7	13,3	1,4	18,4	$\frac{1}{20}$	437	1304	173	1914	
	2	6,6	23,6	2,6	32,8	$\frac{1}{8}$	1081	3200	419	4700	
	1	2,8	10,1	1,1	14,0	$\frac{1}{12}$	697	2064	270	3031	
	1	1,8	6,3	0,7	8,8	$\frac{1}{16}$	520	1541	202	2263	
Phares élec- triques,	0 ^m ,75				12900	$\frac{1}{20}$	402	1190	156	1748	2 ^e ordre, 3 mèches.
	0 ^m ,50				8100	$\frac{1}{8}$	991	2858	380	4229	
	0 ^m ,375				5700	$\frac{1}{20}$	369	1062	141	1572	
	0 ^m ,30				4500						

INDICATION DES LENTILLES.	INTENSITÉ.				INDICATION DES LENTILLES.	INTENSITÉ.			
	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.		COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.
3 ^e ordre, 4 mèches. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{10} \\ \frac{1}{12} \end{array} \right.$	753 ^b	2 090 ^b	263 ^b	3 106 ^b	LENTILLES À ÉLÉMENTS VERTICAUX.				
	553	1 539	194	2 286					
	434	1 208	152	1 794					
	356	990	125	1 471					
3 ^e ordre, 3 mèches. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{10} \\ \frac{1}{12} \end{array} \right.$	258	717	90	1 065	Mèches.				
	667	1 840	234	2 741	1 ^{er} ordre, 7 élém ^{ts} , $\left\{ \begin{array}{l} 6 \\ 5 \\ 4 \end{array} \right.$	1 375 ^b	4 646 ^b	646 ^b	6 667 ^b
	491	1 354	172	2 017		1 280	4 333	500	6 213
	385	1 062	135	1 582		1 160	3 919	549	5 628
3 ^e ordre, 2 mèches. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{10} \\ \frac{1}{12} \end{array} \right.$	315	870	110	1 296	2 ^e ordre, 9 élém ^{ts} , $\left\{ \begin{array}{l} 5 \\ 4 \\ 3 \end{array} \right.$	924	3 315	382	4 621
	229	630	80	939		842	3 017	344	4 203
	546	1 494	195	2 235		701	2 492	287	3 480
	187	512	66	765	3 ^e ordre, 7 élém ^{ts} , $\left\{ \begin{array}{l} 4 \\ 3 \\ 2 \end{array} \right.$	438	1 518	167	2 123
4 ^e ordre, 3 mèches. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{10} \end{array} \right.$	132	400	48	580		390	1 347	148	1 885
	75	227	27	329		322	1 109	123	1 554
4 ^e ordre, 2 mèches. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \\ \frac{1}{10} \end{array} \right.$	110	329	39	478	4 ^e ordre, 5 élém ^{ts} , $\left\{ \begin{array}{l} 3 \\ 2 \\ 1 \end{array} \right.$	109	376	42	527
	62	186	22	270		89	306	34	429
	50	150	18	218		64	222	24	310
4 ^e ordre, 1 mèche. $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{6} \\ \frac{1}{8} \end{array} \right.$	79	237	28	344	5 ^e ordre, 0 ^m ,375, $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right.$	59	211	23	296
	45	130	15	190	5 éléments.	43	154	17	214
5 ^e ordre, $\left\{ \begin{array}{l} 0^m,375 \\ 2 \text{ mèches.} \\ 0^m,375 \\ 1 \text{ mèche.} \\ 0^m,30 \\ 1 \text{ mèche.} \end{array} \right.$	168	526	62	756	5 ^e ordre, 0 ^m ,30, $\left\{ \begin{array}{l} 2 \\ 1 \end{array} \right.$	19	70	8	97
	56	175	21	252	Électrique, 0 ^m ,75; len- tille $\frac{1}{16}$; diverg. 3°.				98 200
	31	98	12	141	Électrique, 0 ^m ,50; len- tille $\frac{1}{16}$; diverg. 3°.				61 800
	122	382	44	548	Électrique, 0 ^m ,30; len- tille $\frac{1}{8}$; diverg. 18°.				14 200
	41	127	14	182					
	23	72	8	103					
	23	77	9	109					

L'application, aux différents phares du littoral, des chiffres contenus dans ce tableau exige quelques explications. D'une part, les intensités ont été calculées pour les lentilles telles qu'on les construit aujourd'hui; elles doivent par conséquent subir certaines réductions si on veut les appliquer aux anciens appareils encore utilisés dans un assez grand nombre de cas. D'un autre côté, plusieurs appareils imaginés dans ces derniers temps présentent des dispositions spéciales ou des caractères nouveaux, et il y a un calcul à faire pour conclure leurs intensités de celles qui figurent dans le tableau. Quant aux chiffres que contient ce tableau sur

l'intensité des appareils lenticulaires éclairés par l'électricité, ils n'ont été contrôlés par l'expérience que pour les appareils de cinquième ordre. Ceux qui concernent les appareils plus grands ont été déduits de la formule théorique et ne sont donnés qu'à titre de renseignement provisoire.

INTENSITÉS DES APPAREILS LENTICULAIRES.

Beaucoup d'appareils des trois premiers ordres, construits dans les années qui ont suivi l'invention de Fresnel, se composent d'un tambour de lentilles polygonales et de plusieurs cours de miroirs placés au-dessus et au-dessous du tambour. Ces miroirs, lorsqu'ils sont en bon état, donnent une intensité qui dépasse à peine la moitié de celle que produisent les anneaux catadioptriques; comme il y en a beaucoup qui sont plus ou moins détériorés, on peut admettre une réduction moyenne de moitié. On peut de même fixer à $\frac{1}{5}$ la perte moyenne due à la forme polygonale des anciennes lentilles. Une autre cause de réduction tient à ce que les tambours lenticulaires n'avaient pas autrefois la hauteur qu'on leur donne aujourd'hui; ainsi, plusieurs lentilles de premier ordre n'ont que 0^m,81 ou 0^m,86 de hauteur au lieu de 1 mètre, et dans le troisième ordre la hauteur est quelquefois de 0^m,58 au lieu de 0^m,68. On tiendra compte de cette circonstance avec une exactitude suffisante, en réduisant l'intensité dans le rapport des hauteurs, et, comme les miroirs occupent alors la place que la lentille laisse libre, il faudra ajouter au chiffre qui représente leur intensité la moitié de ce qu'on a retranché du chiffre de la lentille.

Dans la plupart des phares qui n'éclairent pas tout l'horizon, l'angle mort est occupé par des réflecteurs métalliques de forme sphérique. Ces réflecteurs, qui sont depuis longtemps en service, ne renvoient vers le foyer qu'une faible proportion de lumière; d'ailleurs l'image qu'ils produisent est renversée et une partie des rayons se trouve arrêtée par le bec de la lampe; en définitive le surcroît d'intensité qu'ils ajoutent à celle du tambour ne doit pas atteindre $\frac{1}{10}$. Nous n'en avons pas tenu compte dans le tableau général qui est donné plus loin, afin de ne pas multiplier les subdivisions.

Il n'en est pas de même des réflecteurs catadioptriques employés dans

quelques nouveaux appareils. Ces réflecteurs se composent d'anneaux de verre de section triangulaire qui produisent deux réflexions totales intérieures et renvoient les rayons aux points d'où ils émanent. L'image qu'ils donnent est droite et a la même forme que la flamme réelle, à laquelle elle se superpose en augmentant l'intensité produite. Nous avons indiqué, à l'occasion de l'étude précédente sur la transparence des flammes, que cette augmentation d'intensité atteint environ 38 p. o/o. Nous en tiendrons compte lorsque nous déterminerons l'intensité des appareils qui comprennent de semblables réflecteurs.

Plusieurs appareils présentent des dispositions spéciales qui exigent un calcul particulier pour l'évaluation des intensités. Nous en citerons quelques exemples.

Le phare des Triagoz produit un feu fixe blanc varié par des éclats alternativement blancs et rouges sans éclipses. L'appareil est de troisième ordre, avec lampe à 3 mèches; la zone catadioptrique du bas et la partie inférieure du tambour sur 0^m,436 de hauteur, y compris l'élément central, produisent un feu fixe dont l'intensité est

$$18 + \frac{436}{660} \cdot 160 = 124 \text{ becs.}$$

La coupole et la partie supérieure du tambour sur 0^m,224 de hauteur sont disposées en lentilles annulaires destinées à produire des éclats; mais, afin d'augmenter l'intensité de ceux qui doivent être colorés en rouge, les quatre lentilles annulaires qui les produisent occupent chacune un espace angulaire de 60 degrés, tandis que les quatre autres lentilles, dont les éclats doivent rester blancs, n'occupent que 30 degrés chacune. Ces deux espèces de lentilles se succèdent, et, pour qu'elles puissent se raccorder par leurs bords, les plus étroites ont une distance focale un peu plus grande que les autres, 0^m,558 au lieu de 0^m,50. L'intensité de l'éclat pour les lentilles annulaires occupant 60 degrés ou $\frac{1}{6}$ de l'horizon sera

$$667 + \frac{224}{660} \cdot 1840 = 1291.$$

Les lentilles qui occupent 30 degrés ou $\frac{1}{12}$ de l'horizon auraient pour intensité, si elles avaient la même distance focale,

$$315 + \frac{224}{660} \cdot 870 = 610.$$

Mais si l'on veut tenir compte de leur distance focale, il faut multiplier cette intensité, d'un côté par $\left(\frac{0,558}{0,500}\right)^{1,15}$, conformément à la formule qui donne le coefficient des appareils de feu fixe, et d'un autre côté par $\frac{0,558}{0,500}$, pour tenir compte de la diminution de divergence horizontale; on arrive ainsi à une intensité de $610 \times 1,266 = 772$.

Le phare de troisième ordre établi sur le Grand-Jardin présente des dispositions analogues. Le feu fixe est produit par la zone inférieure et par les $\frac{49}{66}$ du tambour; il a pour intensité

$$18 + \frac{49}{66} \cdot 160 = 137 \text{ becs.}$$

La partie mobile se compose de 10 lentilles annulaires égales, comprenant la coupole et les $\frac{17}{66}$ du tambour; l'intensité de chaque éclat est donc

$$385 + \frac{17}{66} \cdot 1062 = 659 \text{ becs.}$$

Ces éclats sont colorés alternativement en rouge et en vert.

Le phare de la Palmyre doit éclairer uniformément un espace angulaire de 45 degrés. On a employé un appareil de feu fixe de 0^m,50 de diamètre, éclairant un peu moins de la moitié de l'horizon, soit 80 degrés de chaque côté de l'axe; un réflecteur catadioptrique occupe l'angle opposé de 160 degrés; une lampe à 3 mèches est placée au foyer. L'intensité du feu fixe est de 101 becs, plus une augmentation de 38 p. o/o due au réflecteur, soit 139 becs. Une partie de cette lumière est comprise dans l'angle de 45 degrés qu'il s'agit d'éclairer, mais les rayons qui se dirigent en dehors de cet angle, et qui occupent de chaque côté un espace angulaire de 57 degrés $\frac{1}{2}$, doivent être ramenés dans l'angle central de 45 degrés. On y parvient au moyen de prismes verticaux disposés dans chacun des angles de 57 degrés $\frac{1}{2}$, et calculés de manière à réfléchir la lumière en la répartissant uniformément dans la moitié correspondante de l'angle à éclairer. L'intensité se trouvera augmentée dans le rapport inverse des angles, et elle subira en passant à travers les prismes une réduction représentée, comme nous l'avons vu, par le coefficient 0,71; on aura donc

$$139 \times \frac{57,5}{22,5} \times 0,71 = 252 \text{ becs,}$$

de sorte que l'intensité totale du feu fixe dans l'angle de 45 degrés sera

$$139 + 252 = 391 \text{ becs.}$$

Cet appareil de la Palmyre, qui a été installé en 1870, est représenté par les figures 1, 2 et 3 de la planche II.

Quant aux phares des Triagoz et du Grand-Jardin, ils remontent à une époque un peu antérieure et ils ont été décrits dans le mémoire de M. l'inspecteur général Reynaud sur l'éclairage et le balisage des côtes de France (le premier, page 105 et figure 24 du texte, le second, figures 7, 8 et 9 de la planche 5).

Ces exemples suffisent pour faire comprendre comment ont été calculées les intensités des différents appareils employés dans les phares. On trouvera, du reste, dans les tableaux nos 27 et 28, le résumé complet de ces calculs.

JOINTS INCLINÉS ET AUGMENTATION DE HAUTEUR DU TAMBOUR.

Nous avons vu que plusieurs appareils anciennement établis comprenaient un tambour d'une hauteur moindre que dans les phares plus récents. Un appareil de deuxième ordre actuellement en construction présente au contraire une plus grande hauteur de tambour, et voici à quoi cela tient.

Dans le calcul des appareils lenticulaires qui a été imprimé en 1864 à la suite du mémoire de M. l'inspecteur général Reynaud, nous avons proposé de remplacer les joints horizontaux qui séparent les différents éléments des lentilles, par des joints inclinés suivant la direction du rayon réfracté. Ce changement présente plusieurs avantages : le poids de la lentille est diminué, l'angle extérieur des éléments devient moins aigu et par conséquent moins fragile, la perte de lumière due au joint disparaît presque entièrement. Mais en outre l'adoption de ce joint incliné conduit à une autre modification, l'accroissement de hauteur du tambour dioptrique. Fresnel avait d'abord fixé à 45 degrés l'angle vertical occupé par les lentilles annulaires ; cet angle a été ensuite porté successivement

jusqu'à 57 degrés pour le premier ordre et 60 ou 65 degrés pour les autres ordres. On avait deux motifs pour ne pas l'étendre au delà de cette limite. D'abord, à mesure qu'on augmente la hauteur de la lentille, l'angle des rayons lumineux avec la face d'incidence va en diminuant et les pertes par réflexion augmentent sensiblement; ensuite l'angle extérieur des éléments à base horizontale devient de plus en plus aigu et forme une saillie croissante, comme on le voit sur la figure 18 de la planche I pour l'élément MPA'. On ne pourrait remédier à ce dernier inconvénient qu'en diminuant la hauteur des éléments, mais on multiplierait en même temps les joints et par suite les causes d'absorption de lumière. Le système des joints inclinés fait, comme nous l'avons dit, disparaître ces angles aigus et en saillie, puisqu'il réduit l'élément A'MP à la forme A'MN; il permet donc d'augmenter la hauteur de la lentille centrale, s'il doit en résulter quelque avantage.

Or il faut remarquer que, si la lentille dioptrique est réduite à occuper un angle d'environ 30 degrés de chaque côté de l'axe, l'angle FAL du rayon extrême avec la face d'incidence est de 60 degrés environ; tandis que l'anneau catadioptrique BAC, qui vient immédiatement après, reçoit ce même rayon sur la face d'incidence CA sous un angle FAC, qui n'est que de 47 degrés et qui produit par conséquent une plus grande perte par réflexion. A mesure qu'on augmente la hauteur LA de la lentille, l'angle FAL diminue, l'angle FAC augmente, et il arrive un moment où ces deux angles sont égaux. C'est alors qu'il convient de terminer la lentille pour passer aux anneaux. Si l'on nomme σ et α les angles d'incidence sur l'extrémité de la lentille et sur le premier anneau, c'est-à-dire les compléments des angles FAL et FAC, la théorie des anneaux catadioptriques conduit à la relation (page 396 du mémoire précité)

$$\sin \alpha = l \sin (2\alpha + \sigma - 90^\circ),$$

et si l'on veut que α et σ soient égaux, il faut satisfaire à la relation

$$\sin \alpha + l \cos 3\alpha = 0,$$

laquelle donne

$$\alpha = 37^\circ 49' 20'' \text{ ou } \alpha = 38^\circ 1' 32''$$

suivant que l'indice de réfraction est

$$l = 1,54 \text{ ou } l = 1,51.$$

C'est donc une amplitude de 38 degrés environ au-dessus de l'axe qu'il faut donner à la lentille dioptrique au lieu de 30 degrés. Il y aurait même avantage sous ce rapport à l'étendre plus loin; car l'absorption de lumière due à l'épaisseur du verre est plus grande dans les anneaux que dans les lentilles; mais, d'un autre côté, il faut tenir compte des effets que produit le phénomène de la dispersion colorée. Dans les éléments de la lentille dioptrique les dispersions qui se produisent à l'entrée et à la sortie du rayon lumineux s'ajoutent parce qu'elles sont dans le même sens, et leur somme va en augmentant à mesure qu'on s'éloigne de l'axe horizontal; aussi les derniers éléments de ces lentilles donnent-ils des colorations très-sensibles, qui constituent une petite perte d'intensité lumineuse. Dans les anneaux catadioptriques, au contraire, la réflexion intérieure ne donne aucune dispersion; les réfractions à l'entrée et à la sortie en produisent deux qui sont à peu près égales et de sens contraire, de sorte que les rayons émergents n'ont aucune coloration sensible. Il y aurait donc, à ce point de vue, quelque inconvénient à trop augmenter l'amplitude verticale de la lentille dioptrique, et, en tenant compte de tous les éléments de la question, on peut admettre comme limite raisonnable l'angle de 38 ou de 40 degrés au plus.

Ainsi donc, dans les nouveaux appareils qu'on aura à construire, il y aura tout avantage à adopter les joints inclinés, comme cela a déjà été fait plusieurs fois, et à augmenter la hauteur de la lentille dioptrique de manière à lui faire embrasser un angle total d'au moins 76 degrés, ainsi que cela a été admis pour l'appareil du Pilier actuellement en construction.

Les intensités précédemment calculées ne s'appliqueront à ces nouveaux appareils qu'avec quelques modifications, principalement en ce qui concerne la répartition de l'intensité totale entre les trois parties du même appareil. Pour les feux fixes, l'intensité totale devrait être un peu augmentée puisque les parties ajoutées à la lentille absorbent moins de lumière que les anneaux qu'elles remplacent; mais la différence peut être

négligée. Dans les feux à éclats, l'intensité totale pourra également être conservée si les trois lentilles annulaires superposées sont dans la même direction; mais si les éclats sont produits seulement par la lentille annulaire du tambour ou par une lentille à éléments verticaux, l'intensité de cet éclat devra subir une augmentation facile à calculer approximativement.

Nous devons signaler une imperfection que présentent les parties inférieures des anciens appareils, depuis qu'on a augmenté le diamètre des becs de lampes. Les profils qui ont servi à construire ces appareils ont été calculés en tenant compte, pour les éléments inférieurs, de la largeur des becs alors en usage. Les nouvelles lampes ayant une et quelquefois deux mèches de plus, et portant en outre un cylindre extérieur pour diriger le courant d'air, il en résulte que le bord du bec masque, pour les éléments inférieurs de l'appareil, une plus grande partie du volume de la flamme, et que la portion de cette flamme qui reste visible pour ces éléments se trouve plus rapprochée de la lentille qu'avec les anciens becs. Il y a donc diminution relative de la quantité de lumière reçue et déviation des rayons lumineux, qui n'émergent plus dans la direction convenable. Pour diminuer le premier de ces inconvénients, on a essayé de construire un bec étagé, c'est-à-dire dans lequel chaque mèche se trouve un peu au-dessous de celle qui la précède du côté du centre. Cette disposition, qui est indiquée en traits ponctués sur la figure 4 de la planche VII, a pour but d'abaisser autant que possible le bord du bec par rapport au centre de la flamme et de diminuer ainsi l'occultation qu'il produit. Les résultats obtenus ont été satisfaisants, et, s'ils sont confirmés par une expérience plus prolongée, le système sera appliqué à tous les becs qu'on aura à construire dans l'avenir. Quant à l'erreur qui se produit dans la direction des rayons émergents, on ne peut la corriger qu'en modifiant le profil des nouveaux appareils à construire; il faut calculer ce profil en déterminant, pour chaque élément, un foyer particulier pris dans la zone la plus brillante de la portion de flamme visible de cet élément, au lieu de le prendre sur l'axe du volume total de la flamme. Ce mode de calcul vient d'être appliqué, en même temps que l'augmentation de hauteur du tambour, au nouvel appareil de deuxième

ordre que l'on construit pour le phare du Pilier et qui doit figurer aux expositions de Philadelphie et de Londres.

Les figures 1 et 2 de la planche III représentent l'élévation générale et le plan de cet appareil du Pilier, lequel doit produire un feu fixe varié par des éclats de 4 en 4 minutes. On voit qu'il consiste en un appareil de feu fixe, dont deux secteurs, occupant chacun $\frac{1}{8}$ d'horizon et opposés l'un à l'autre, sont remplacés par des lentilles annulaires complètes. Afin que les deux espèces de lentilles se raccordent par les bords et puissent avoir deux crémaillères de même forme, la distance focale, qui est de 700 millimètres pour les lentilles de feu fixe, a été réduite à 646^{mm},7 pour les lentilles annulaires. Les profils de ces deux espèces de lentilles sont donnés sur les figures 3 et 4; les parties dioptriques présentent, comme on le voit, des joints inclinés et s'étendent jusqu'à 38 degrés environ de chaque côté de l'axe, conformément à la théorie que nous venons d'exposer. Le bec de la lampe (fig. 5) est à 5 mèches et a une forme étagée, chaque mèche se trouvant à 2 millimètres au-dessous de celle qui la précède du côté du centre. Les foyers successifs, adoptés pour le calcul des différents éléments, sont indiqués sur cette même figure, du côté gauche pour la lentille de feu fixe, et à droite pour la lentille annulaire.

Il n'est pas inutile d'indiquer sommairement comment ces points ont été déterminés. D'abord, en ce qui concerne les anneaux catadioptriques du haut, et les éléments de la partie supérieure de la lentille dioptrique, desquels on aperçoit la flamme entière, on a conservé les foyers précédemment adoptés sur l'axe de la flamme, à 35 et 25 millimètres au-dessus de la partie centrale du bec. Pour les éléments situés au-dessous de l'axe, la flamme est plus ou moins masquée par le bord du bec et le problème à résoudre consiste à déterminer, sur l'image de la portion de flamme qui reste visible, quelle est la position la plus convenable à assigner au foyer spécial de chaque élément. Il est d'abord facile de tracer la forme apparente de la flamme. On mène par le milieu de l'élément deux lignes droites, l'une BA passant par le bord B du bec, l'autre TM tangente au profil de la flamme, supposé de forme elliptique; ces deux lignes, dans l'étendue de la figure, peuvent être considérées comme parallèles. Du

centre O de la flamme, et du centre C du bord du bec, on abaisse les perpendiculaires OT et CD . On prend (fig. 6) $KI=CB$ et $KP=CD$; la demi-ellipse construite sur ces deux lignes comme axes est évidemment la perspective du bord du bec. On prend ensuite $PH=EO$, $HL=OG$ et $HQ=OT$; la demi-ellipse construite sur HQ et HL comme axes donne la perspective du contour de la flamme. La surface en forme de croissant $PRQS$, comprise entre ces deux ellipses, représente par conséquent la perspective de la portion de flamme qui reste visible pour l'élément considéré. La figure 6 est relative à l'élément dioptrique n° 11 du profil de feu fixe; la figure 7 donne la même perspective $P'R'Q'S'$ pour l'anneau catadioptrique n° 4 ou dernier, et il serait facile de construire des figures analogues pour tous les éléments du profil. Il reste à déterminer sur quelle ligne horizontale de chacune de ces surfaces doit être pris le foyer. Or, dans la figure 5, qui représente la flamme vue du centre de la lentille, la ligne focale NF partage la surface apparente de la flamme dans le rapport de 2 à 1, c'est-à-dire qu'elle laisse au-dessous d'elle les 0,33 de cette surface; lorsque la surface apparente se réduit à un croissant étroit, comme dans la figure 7, l'intensité est à peu près uniformément répartie, et il est naturel de prendre le foyer sur une ligne nf' qui partage la surface du croissant en deux parties égales, c'est-à-dire qui en laisse au-dessous d'elle les 0,50. Pour les éléments intermédiaires, on est conduit à faire varier régulièrement de 0,33 à 0,50 la proportion de surface apparente située au-dessous de la ligne focale, et en appliquant cette règle on arrive pour la figure 6 au chiffre 0,41, ce qui permet de déterminer la position de la ligne focale nf . Si maintenant on prend $Of_1=Hf$, et si par f_1 on mène une ligne gh parallèle à BA , le foyer devra être sur cette ligne et pourra être pris au milieu de la corde gh , c'est-à-dire au point F ; on trouverait F'_1 pour foyer de l'élément catadioptrique n° 4, et en agissant ainsi pour tous les éléments, on obtiendra une série de foyers situés sur une courbe régulière $FF_1F'_1$. La courbe tracée de l'autre côté est relative au profil de la lentille annulaire et a été déterminée de la même manière.

Comme la position de ces différents foyers varie peu d'un élément à l'autre, et comme le changement de foyer entraîne une certaine complication dans les calculs, on a cru pouvoir se dispenser d'attribuer un foyer

distinct à chaque élément. Ainsi, pour les éléments dioptriques n^{os} 2 et 3, on a conservé le foyer de la partie supérieure; pour les trois éléments n^{os} 4, 5 et 6, on a adopté le foyer relatif à l'élément n^o 5, et ainsi de suite. Quant aux anneaux catadioptriques du bas, qui embrassent un plus grand angle, ils ont été calculés avec des foyers distincts.

Les données et les résultats des calculs relatifs aux profils de cet appareil sont indiqués dans le tableau n^o 22, qui se trouve à la fin de ce mémoire. Les figures 8 et 9 de la planche III font connaître les notations employées dans les titres des différentes colonnes de ce tableau.

INTENSITÉS DES APPAREILS CATOPTRIQUES.

Il nous reste à parler des appareils catoptriques, c'est-à-dire des réflecteurs paraboliques, que l'on nomme *photophores* lorsqu'ils ont une seule nappe, ou *sidéraux* lorsqu'ils en ont deux. On peut faire pour ces appareils le calcul des quantités de lumière émises par la lampe et renvoyées par le réflecteur, ainsi que nous l'avons dit pour les lentilles; mais les résultats qu'on obtient sont plus incertains, à cause de la grande divergence et de la forte proportion de lumière absorbée par le réflecteur. Nous ne donnerons pas ces calculs, et nous nous bornerons à faire connaître les intensités fournies par l'expérience.

Les sidéraux ne sont plus employés que dans quelques fanaux. Ils doivent être successivement remplacés par des appareils dioptriques. L'intensité qu'ils donnent avec le nouveau bec à huile minérale peut être évaluée à 5 becs carcel.

Les réflecteurs paraboliques à une nappe qui sont le plus souvent employés dans le service sont de trois grandeurs et présentent les dimensions suivantes :

Diamètre de l'ouverture	0 ^m , 85	0 ^m , 50	0 ^m , 29
Distance focale	0 , 131	0 , 080	0 , 042
Profondeur	0 , 345	0 , 195	0 , 125
Angle du rayon extrême avec l'axe.	117°	115°	120°

Ce dernier angle, d'après un calcul de Fresnel, doit être de 117 de-

grés environ pour réaliser les conditions les plus avantageuses; on voit qu'on s'est peu écarté de cette limite. Il en résulte que tous les réflecteurs employés sont à peu près semblables et que leurs intensités peuvent être reliées entre elles par une formule comprenant seulement la divergence, comme dans le cas des lentilles. Cette formule doit être analogue à celle des lentilles annulaires, c'est-à-dire que le coefficient K, par lequel il faut multiplier l'intensité de la lampe, doit varier en raison inverse d'une certaine puissance du produit des deux divergences,

$$K = A \left(\frac{f}{\sqrt{d}} \cdot \frac{f}{d} \right)^m.$$

On trouve que les valeurs les plus convenables pour représenter les résultats de l'expérience sont $A = 18,5$, $m = 0,8$, de sorte qu'on a

$$K = 18,5 \frac{f^{1,6}}{d^{1,2}}.$$

Le tableau suivant contient les chiffres déduits de cette formule pour différentes combinaisons de réflecteurs et de becs de lampes. Les résultats ont été, comme pour les lentilles, réduits de $\frac{1}{5}$, afin de tenir compte des imperfections que peuvent présenter dans la pratique les réflecteurs ou les lampes.

TABLEAU N° 12.

Intensités dans l'axe des réflecteurs paraboliques.

OUVERTURE DU RÉFLECTEUR.	DISTANCE FOCALE, <i>f.</i>	DIAMÈTRE DU BEC, <i>d.</i>	COEFFICIENT, <i>m.</i>	INTENSITÉ DE LA LAMPE, <i>i.</i>	INTENSITÉ DANS L'AXE DU RÉFLECTEUR, $I = 0,8 mi.$
RÉFLECTEURS AVEC LES NOUVEAUX BECS.					
0 ^m ,85	13 ^{cm} ,1	5 ^{cm}	164,5	6 ^h ,9	908 ^h
0,50	8,0	5	74,5	6,9	412
0,50	8,0	3	137,9	2,2	243
0,40	6,2	3	91,7	2,2	161
0,29	4,2	3	49,2	2,2	86
RÉFLECTEURS AVEC LES ANCIENS BECS.					
0 ^m ,85	13 ^{cm} ,1	4 ^{cm} ,4	191,7	5 ^h ,0	767 ^h
0,50	8,0	2,9	143,6	1,6	184
0,29	4,2	2,6	58,4	1,3	61

La même formule, appliquée aux réflecteurs de $0^m,85$, $0^m,50$ et $0^m,29$ munis des anciennes lampes, donne 767 becs, 184 becs et 61 becs, comme l'indique la seconde partie du tableau. Les intensités admises dans le mémoire sur l'éclairage des côtes étaient 760, 200 et 60 becs. On voit que les différences sont peu considérables.

Les intensités que présentent les réflecteurs avec les nouvelles lampes dans différentes directions à droite ou à gauche de l'axe sont indiquées dans le tableau suivant; elles ont été, comme les précédentes, réduites de $\frac{1}{5}$.

TABLEAU n° 13.

Intensités des réflecteurs dans différentes directions.

ANGLE AVEC L'AXE.	RÉFLECTEUR DE $0^m,85$ AVEC LAMPE À 2 MÉCHES.	RÉFLECTEUR DE $0^m,50$ AVEC LAMPE À 2 MÉCHES.	RÉFLECTEUR DE $0^m,50$ AVEC LAMPE À 1 MÉCHE.	RÉFLECTEUR DE $0^m,29$ AVEC LAMPE À 1 MÉCHE.
0°	908 ^b	412 ^b	243 ^b	86 ^b
2	880	405	230	84
4	750	380	190	81
6	430	340	110	75
8	160	270	40	64
10	35	180	10	50
12	0	100	0	35
14	"	50	"	24
16	"	20	"	15
18	"	0	"	8
20	"	"	"	3
22	"	"	"	0
Divergence.....	22°	34°	20°	40°

INTENSITÉS DES APPAREILS DE FEUX FLOTTANTS.

Les feux flottants sont ordinairement munis d'appareils catoptriques. Le calcul de l'intensité qu'ils présentent se déduit des résultats précédents, mais exige quelques explications.

Les feux fixes s'obtiennent en général au moyen de 10 réflecteurs de $0^m,29$ d'ouverture disposés circulairement dans une lanterne qui entoure le mât. Les lampes de ces réflecteurs sont décentrées intérieurement,

c'est-à-dire placées à $0^m,032$ du sommet au lieu de $0^m,042$, qui est la distance focale. Cette disposition diminue, sans la faire disparaître, l'inégalité de répartition de la lumière autour de l'horizon; il y a toujours un maximum d'intensité dans l'axe de chaque réflecteur et un minimum dans les directions intermédiaires; mais comme le ponton n'est jamais complètement immobile, la direction des rayons change plus ou moins d'un instant à l'autre, et l'observateur aperçoit ainsi successivement différentes intensités. Pour calculer la portée d'un pareil feu, il paraît naturel de lui attribuer une intensité moyenne, que l'on peut obtenir en représentant par des courbes les intensités des réflecteurs de degré en degré et en divisant par 360 la somme des surfaces de ces courbes. Si n est le nombre des réflecteurs, I leur intensité dans l'axe, 2α leur divergence et i l'intensité moyenne du feu, on aura, en supposant une forme parabolique à la courbe des intensités,

$$i = \frac{n}{360} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2\alpha I = I \frac{n\alpha}{270}.$$

Les mouvements de roulis et de tangage qu'éprouve le ponton font, il est vrai, osciller plus ou moins les axes des réflecteurs au-dessus et au-dessous de l'horizon, mais l'observateur n'en reçoit pas moins, à chaque oscillation, l'impression de l'intensité maximum correspondant à la direction dans laquelle il se trouve. L'intensité moyenne donnée par la formule précédente peut donc être admise comme représentant l'intensité du feu flottant.

Ainsi, par exemple, les feux flottants de Dyck, des Minquiers, de Rochebonne et du Grand-Banc ont 10 réflecteurs de $0^m,29$, avec d'anciennes lampes gros bec à huile de colza. Ces réflecteurs donnent une intensité $I=50$ becs et une divergence $2\alpha=52^\circ$; on en conclut une intensité moyenne $i=48$ becs. Si la lampe est à petit bec, comme pour les feux de Talais, de By et de Snouw, on a $I=47$ becs, $2\alpha=46^\circ$, et l'on trouve $i=40$ becs. Enfin, si on n'a que 8 réflecteurs avec des becs carcel, comme à Mapon, il vient $I=44$ becs, $2\alpha=39^\circ$ et $i=25$ becs. Un feu flottant établi à Marseille se compose de trois appareils dioptriques de $0^m,30$ de diamètre suspendus autour du mât aux sommets d'un triangle équilatéral. L'observateur aperçoit toujours deux de ces feux et quelquefois trois;

chacun d'eux valant 9 becs, l'intensité moyenne peut être portée à 23 becs. Pour le feu flottant à éclipses de Ruytingen, on a employé un réflecteur de 0^m,37 d'ouverture, 0^m,185 de profondeur et 0^m,047 de distance focale, avec une lampe gros bec placée exactement au foyer. L'intensité dans l'axe est d'environ 115 becs. Ces intensités devront être modifiées lorsque les feux flottants seront éclairés à l'huile minérale.

APPAREILS PRÉSENTANT DES CARACTÈRES NOUVEAUX. — FEUX SCINTILLANTS.

Quelques appareils lenticulaires ou à réflecteurs ont été récemment imaginés dans le but de produire des caractères nouveaux. Quoique les intensités qu'ils donnent se déduisent sans difficulté des tableaux précédents, nous croyons devoir en dire ici quelques mots, à cause de l'intérêt qu'ils présentent au point de vue de la distinction des feux.

Le nombre des phares s'étant beaucoup multiplié depuis Fresnel, on conçoit qu'il devient de plus en plus difficile de varier leurs caractères et de les faire nettement distinguer les uns des autres. Après avoir épuisé les combinaisons de feux fixes simples ou variés par des éclats, et de feux à éclipses plus ou moins espacées, on a eu recours à la coloration de la lumière, qui avait été d'abord écartée comme entraînant une trop grande perte d'intensité. Dans ces derniers temps, des appareils à rotation rapide ont pu être employés, grâce aux perfectionnements de l'industrie mécanique, et ils ont fourni des caractères nouveaux.

On a donné le nom de feux scintillants à ceux dont les éclipses ou les éclats se succèdent rapidement, à 4 ou 5 secondes d'intervalle, par exemple. Il y en a de deux espèces. Les uns présentent des éclats dont la durée est moindre que celle des éclipses; ce sont les feux scintillants proprement dits. Les autres ont au contraire des éclipses très-courtes par rapport à la durée d'apparition du feu; on a voulu donner une idée de l'effet qu'ils produisent, en leur attribuant le nom de feux clignotants.

L'appareil de Biarritz, composé de 24 panneaux lenticulaires, tourne en 8 minutes et produit des éclats de 20 en 20 secondes; l'intervalle est déjà moindre que dans les anciens feux; mais si on imprime à cet appareil un mouvement cinq fois plus rapide, c'est-à-dire si on lui fait faire

un tour entier en 1 minute 36 secondes, l'intervalle des éclats ne sera plus que de 4 secondes au lieu de 20, et l'on aura un feu scintillant de premier ordre. C'est un appareil de ce genre qui fonctionne au phare des Roches-Douvres. On a de même des feux scintillants de quatrième ordre à Berck et à la pointe des Poulains de Belle-Île; dans ces derniers phares, l'appareil, de 0^m,50 de diamètre, est formé de 6 panneaux annulaires complets; il tourne en 30 secondes et produit par conséquent des éclats de 5 en 5 secondes.

En combinant ce caractère de feu scintillant avec celui de feu fixe, on obtient encore un moyen très-précieux de diversifier les phares. C'est un caractère mixte de cette espèce que M. l'inspecteur général Reynaud a eu l'idée de proposer et a fait adopter pour le phare de troisième ordre récemment établi sur le rocher du Four, près des côtes du Finistère. L'appareil, de 1 mètre de diamètre, se compose de deux parties, occupant chacune une moitié de la circonférence. L'une de ces parties est un appareil de feu fixe ordinaire; l'autre comprend 8 panneaux annulaires complets occupant chacun $\frac{1}{16}$ de la circonférence et destinés à produire 8 éclats. La rotation s'effectuant en 1 minute, on aperçoit pendant 30 secondes un feu fixe, et pendant les 30 secondes suivantes 8 éclats se succédant à 3 secondes $\frac{3}{4}$ d'intervalle. Les figures 4 et 5 de la planche II représentent l'appareil du Four.

Ce caractère est évidemment de nature à fournir de nombreuses variétés, puisqu'on peut modifier le nombre des éclats qui se succèdent et le rapport de leur durée totale à celle du feu fixe. On comprend même qu'il puisse servir à donner aux navigateurs des indications télégraphiques, par exemple sur la hauteur de l'eau dans le chenal.

C'est en effet ce qui vient d'être réalisé. On sait que les signaux de marée, destinés à faire connaître aux navigateurs les hauteurs de l'eau dans un port ou dans un chenal, se font, pendant le jour, au moyen de ballons qui se hissent sur un appareil composé d'un mât et d'une vergue. Les indications ne commencent que lorsque la hauteur dépasse 2 mètres; un ballon placé à l'intersection du mât et de la vergue, ainsi que tout ballon placé sur le mât au-dessous de celui-ci, ajoutent 1 mètre à la hauteur primitive de 2 mètres, et tout ballon placé au-dessus en ajoute 2.

Les fractions de mètre sont indiquées par des ballons hissés à une extrémité de la vergue ou à l'autre; quand le ballon paraît à gauche du mât, il indique 25 centimètres; quand il est vu à droite, il indique 50 centimètres; les deux ballons indiquent ensemble 75 centimètres.

On complète ces renseignements en faisant connaître le mouvement de la marée au moyen d'un pavillon blanc avec croix noire et d'une flamme noire en forme de guidon. On les hisse dès qu'il y a 2 mètres d'eau; pendant que la mer monte, la flamme est au-dessus du pavillon; pendant la durée de l'étalement, la flamme est amenée; elle est hissée au-dessous du pavillon pendant que la mer descend; enfin la flamme et le pavillon sont amenés dès que la hauteur de l'eau est redescendue à 2 mètres.

Jusqu'à présent ces indications n'ont pas été données pendant la nuit. Mais à la suite de réclamations des pilotes de la basse Seine, et eu égard au développement considérable qu'a pris la navigation de la Seine dans ces derniers temps, il a été décidé qu'un appareil serait installé dans le port de Honfleur, pour donner aux pilotes les indications de hauteur que le mât de signaux leur fournit pendant le jour.

Pour arriver à ce résultat, il suffit de produire une série d'éclats dont on fait varier le nombre à volonté, d'attribuer à une partie de ces éclats une couleur qui représente les mètres, et à l'autre partie une couleur différente représentant les quarts de mètre, enfin de séparer par une lumière fixe le signal ainsi produit du signal suivant. Le système qui, d'après ce principe, a été adopté pour le port de Honfleur, est représenté par les figures 1 à 6 de la planche IV. Il se compose d'un appareil de feu fixe, de 0^m,375 de diamètre, éclairant la moitié de l'horizon, illuminé par une lampe à huile minérale à 2 mèches, et autour duquel on fait tourner un tambour de 50 centimètres de diamètre. Ce tambour comprend 8 lentilles verticales de 95 millimètres de largeur environ, embrassant chacune $22^{\circ} \frac{1}{2}$ et occupant ainsi 180 degrés en tout. L'autre moitié de circonférence est libre et ne présente aucun obstacle à la lumière émanée de l'appareil de feu fixe.

Les huit lentilles sont colorées, cinq en rouge et trois en vert; elles sont disposées de manière à pouvoir être à volonté enlevées et remises en

place, ou plutôt, afin d'éviter ces déplacements, elles peuvent tourner autour d'un axe vertical de manière à venir se placer dans un plan diamétral de l'appareil; dans cette position elles ne produisent plus sur la lumière du feu fixe qu'une légère occultation, qui est à peu près insensible, lorsqu'on emploie, comme dans l'appareil de Honfleur, une lampe à 2 mèches. Ces lentilles sont, du reste, maintenues par des taquets à ressort, dans l'une ou l'autre des deux positions qu'elles doivent prendre. La rotation s'effectue en 80 secondes et pourrait au besoin être accélérée. Le sens du mouvement est tel que les lentilles rouges paraissent avant les vertes.

Voici maintenant quelle est la manœuvre de cet appareil. Comme tous les feux de marée, on l'allume dès que la mer atteint une hauteur de 2 mètres au-dessus des plus basses eaux; toutes les lentilles sont enlevées ou du moins placées dans les plans diamétraux, de sorte qu'on a l'apparence d'un feu fixe ordinaire. Dès que l'eau atteint 2^m,25, le gardien met en place la lentille verte, qui se présente la première dans le sens du mouvement; on voit alors toutes les 80 secondes un éclat vert précédé et suivi d'une petite éclipse, puis un feu fixe blanc durant 75 secondes entre chaque éclat et le suivant. La seconde lentille verte est mise en place lorsqu'il y a 2^m,50 d'eau, et la troisième lorsqu'il y en a 2^m,75. On voit alors deux, puis trois éclats verts se succédant à 5 secondes d'intervalle, suivis d'un feu fixe blanc pendant 70 ou 65 secondes, et se reproduisant toutes les 80 secondes. Lorsqu'il y a 3 mètres d'eau, le gardien enlève ou retourne les trois lentilles vertes, et met en place la dernière lentille rouge dans le sens du mouvement, c'est-à-dire celle qui confine à la première lentille verte. Cette lentille rouge ajoute 1 mètre aux deux mètres primitifs, et représente ainsi 3 mètres de hauteur. En remettant successivement en place la première, la deuxième et la troisième lentille verte, qui suivent immédiatement cette lentille rouge, on indique 3^m,25, 3^m,50 et 3^m,75. Pour 4 mètres on retourne encore les trois lentilles vertes et on met en place l'avant-dernière lentille rouge, de sorte qu'on aperçoit deux éclats rouges qui ajoutent 2 mètres à la hauteur primitive et représentent par conséquent 4 mètres. En continuant ainsi, on peut arriver jusqu'à produire cinq éclats rouges et trois éclats verts, lesquels se succèdent

à 5 secondes d'intervalle et sont suivis d'un feu fixe blanc durant 40 secondes. Ce signal représente une hauteur de 7^m,75, qui dépasse les besoins ordinaires de la pratique. Lorsque la mer descend, on reproduit les mêmes signaux dans l'ordre inverse, et le feu est éteint dès que la hauteur s'est abaissée à 2 mètres. Les figures 2 à 6 donnent différents exemples des signaux qu'on peut ainsi produire, et les figures 2 *bis* à 6 *bis* représentent les positions qu'on donne aux ballons du mât de signaux pour indiquer les mêmes hauteurs pendant le jour.

Dans cet appareil, le feu fixe blanc a une intensité de 42 becs et une portée de 11 milles $\frac{7}{10}$; l'intensité des éclats est de 93 becs de lumière blanche; leur portée est de 9 milles $\frac{7}{10}$ pour les rouges, et elle peut être supposée à peu près la même pour les verts, en admettant une coloration un peu claire, qui, dans ce cas, n'a pas d'inconvénient.

Le système que nous venons de décrire laisse de côté deux indications que fournit le mât de signaux pendant le jour, et qui sont relatives, l'une à la durée de l'étale, l'autre au sens dans lequel marche la marée. Il est facile d'imaginer des combinaisons propres à fournir ces renseignements, et elles pourront être appliquées, surtout en ce qui concerne le sens de la marée, dès que le besoin s'en fera sentir.

Les feux scintillants de seconde espèce, nommés feux clignotants, sont obtenus au moyen de feux fixes dont on intercepte périodiquement la lumière pendant un temps très-court. La première application de ce système a été faite au phare de troisième ordre de la pointe de Grave; il s'agissait d'empêcher ce feu fixe d'être confondu avec les lumières des navires mouillés sur la rade du Verdon. Après un premier essai qui avait pour but d'occulter le feu seulement dans l'angle correspondant à la rade, on a jugé préférable de lui donner la même apparence dans toutes les directions, et on a adopté le système qui fonctionne actuellement. Il consiste à faire tourner autour de l'appareil, au moyen d'une machine de rotation, quatre écrans verticaux équidistants, soutenus par une armature mobile. Ces écrans ont toute la hauteur de l'appareil et leur largeur est de 0^m,22; ils se trouvent à 60 centimètres de l'axe et embrassent par conséquent un angle de 21 degrés chacun. La rotation se fait en 20 secondes, de sorte que les éclipses se succèdent de 5 en 5 secondes et durent 1 seconde $\frac{1}{6}$.

Le feu qui vient d'être établi sur l'îlot du Tévenec, au milieu du Raz de Sein, joue un rôle important dans l'éclairage de ce dangereux passage, et il est indispensable qu'il soit nettement distingué des feux voisins. On a pensé que le meilleur moyen d'y parvenir était de lui donner le caractère de feu clignotant. A cet effet, quatre petits écrans verticaux équidistants, ayant la hauteur de l'appareil et occupant chacun $\frac{1}{4}$ d'angle droit, tournent en 16 secondes autour du feu fixe; ils produisent ainsi des occultations qui durent 1 seconde et se succèdent de 4 en 4 secondes.

Le même système a été appliqué à des feux obtenus au moyen de réflecteurs paraboliques, tels que le feu de Patiras dans la Gironde et les deux feux de direction de l'embouchure du Trieux. Un seul écran, un peu plus large que le réflecteur, tourne autour d'un axe vertical situé derrière le sommet du paraboloïde, de manière à passer périodiquement devant l'ouverture; il produit ainsi de courtes occultations qui se succèdent de 4 en 4 secondes. Ce caractère est très-saisissant et très-facile à reconnaître à première vue, même pour un observateur peu attentif. Il est très-apprécié des marins et est appelé à rendre des services. On conçoit qu'on peut, comme le précédent, le diversifier beaucoup en faisant succéder un nombre variable d'occultations successives à une période de feu fixe non interrompu. Les figures 6, 7 et 8 de la planche II représentent l'un des appareils du Trieux.

Les becs de gaz offrent quelquefois une apparence semblable à celle des feux clignotants, quand, par suite d'un dérangement quelconque, ils s'éteignent ou s'affaiblissent à des intervalles très-rapprochés, pour se rallumer presque immédiatement. Lorsque l'extrémité d'un môle, ou un point important dans un port, est signalé par un candélabre portant un bec de gaz, comme cela se présente quelquefois, il est nécessaire de caractériser ce bec de manière à le faire distinguer des lumières voisines. L'emploi de vitres colorées a l'inconvénient d'affaiblir beaucoup la lumière. M. l'inspecteur général Reynaud a pensé qu'on atteindrait le but d'une manière plus satisfaisante si on parvenait à produire, par un procédé certain et agissant d'une manière continue, l'effet accidentel de clignotement dont nous venons de parler. La question est à l'étude, et il est probable qu'on pourra tirer de cette idée des applications intéressantes. Il n'est

pas impossible qu'on en vienne à introduire le gaz dans quelques appareils de feux de port et qu'on leur donne le caractère de feux clignotants ou de feux télégraphiques, par une interruption périodique de l'arrivée du gaz. On peut remarquer que ce procédé a, sur le système des écrans, un avantage économique, puisque les obscurités successives sont obtenues par une cessation de la combustion et, par suite, de la dépense.

ÉTUDE THÉORIQUE DE LA VISION DES FEUX SCINTILLANTS.

L'effet que les feux scintillants produisent sur l'organe de la vue peut donner lieu à une étude intéressante, dans laquelle intervient le phénomène connu sous le nom de persistance des impressions sur la rétine. On pourrait croire, au premier abord, qu'en faisant tourner assez rapidement un appareil de feu scintillant, l'impression produite par un des éclats, persistant pendant $\frac{1}{10}$ de seconde, viendrait se confondre avec le commencement de l'impression due à l'éclat suivant, de sorte qu'on éprouverait la sensation d'un feu fixe beaucoup plus intense que celui qu'on pourrait obtenir de la même lampe avec l'appareil ordinaire. Une proposition dans ce sens avait été faite à l'Administration et a dû être expérimentée au Dépôt des phares. Le résultat annoncé ne fut pas obtenu, et on reconnut que l'intensité du feu fixe dont la rotation rapide des éclats donnait la sensation avait à peine l'intensité de celui qu'on produit avec un appareil immobile.

Nous allons chercher à expliquer ce qui se passe dans un cas semblable, en étudiant théoriquement la question.

Lorsque l'œil est soumis à l'action d'une source lumineuse d'intensité constante I , la partie de la rétine qu'atteignent les rayons émanés de cette source éprouve une impression dont l'intensité est proportionnelle à celle de la lumière et dont la mesure peut être prise égale à I . Si la source lumineuse vient à s'anéantir subitement, l'impression sur la rétine ne cesse pas de suite, mais elle diminue suivant une certaine loi et devient bientôt assez faible pour ne plus être perceptible. La loi de cette décroissance n'est pas connue, mais il est naturel de supposer qu'elle est analogue à celle que Newton a indiquée pour le refroidissement d'un corps

de petites dimensions. On peut donc admettre que la vitesse avec laquelle l'impression diminue est à chaque instant proportionnelle à la grandeur de cette impression, ce qui conduit à l'équation

$$\frac{di}{dt} = -mi, \quad \text{d'où} \quad i = Ie^{-mt},$$

I étant l'impression au moment où la source lumineuse s'anéantit, c'est-à-dire pour $t = 0$, i l'impression après le temps t , e la base des logarithmes népériens et m une constante.

Si on appelle j la plus petite impression perceptible, la valeur de θ tirée de l'équation

$$j = Ie^{-m\theta}$$

sera la durée de la sensation lumineuse qui suit la disparition de la lumière. Cette durée variera avec I , mais la variation sera d'autant moindre que m sera plus grand. Au delà de la durée θ , les valeurs de l'impression ne deviennent jamais théoriquement nulles, mais elles sont extrêmement petites et ne produisent aucune sensation.

L'équation précédente donne, pour $t=0$,

$$di = -mI dt;$$

c'est la perte que l'impression éprouve dans le premier instant dt qui suit l'extinction de la lumière, et comme l'impression que fait éprouver une lumière constante est elle-même uniforme, cette quantité $mI dt$ doit aussi représenter l'impression élémentaire que la lumière I produit pendant chaque instant dt . Cette remarque va nous servir dans la question suivante.

Supposons maintenant qu'une lumière I commence subitement à frapper la rétine. L'impression n'atteindra pas tout de suite sa valeur définitive I , mais elle y parviendra en augmentant à partir de zéro suivant une certaine loi qu'il est facile de déterminer. Soit en effet i la valeur de l'impression au bout du temps t . Supposons qu'à ce moment la lumière s'anéantisse : l'impression diminuera suivant la loi précédemment admise, et, dans l'instant dt qui suivra l'extinction de la lumière, la perte sera $-mid t$. Mais si la source lumineuse, au lieu de disparaître, continue à agir, elle ajoutera pendant ce même instant dt une impression élémen-

taire qui, comme nous l'avons remarqué ci-dessus, aura pour valeur $mI dt$; de sorte que l'accroissement effectif de l'impression sera

$$di = m(I - i) dt, \quad \text{d'où} \quad i = I(1 - e^{-mt}).$$

La courbe correspondant à cette équation est évidemment symétrique de celle qui représente l'affaiblissement de l'impression. La figure 19 de la planche I donne une idée de leur forme. AB est la courbe d'accroissement de l'impression, BQ ou A'P la valeur I que présente cette impression tant que dure la lumière, A'B' la courbe d'affaiblissement, qui est symétrique de AB, c'est-à-dire telle que, si l'on prend $Pp = Aa$, on a $Np = Mb$ ou $Np + Ma = I$. L'équation différentielle ci-dessus est représentée sur la figure par $cM' = M'd - cd$, A''MB'' étant une courbe égale et parallèle à A'B' passant par le point M.

Si j' représente la différence que peuvent présenter deux impressions lumineuses sans que le sens de la vue cesse de les juger égales, la lumière I arrivera à produire sensiblement l'impression I au bout du temps θ' tiré de l'équation

$$j' = I e^{-m\theta'}.$$

Si $j' = j$, on aura $\theta' = \theta$ pour la même valeur de I.

Nous allons maintenant considérer le cas où la lumière I, au lieu d'être constante, varie avec le temps suivant une certaine loi. L'impression totale éprouvée à chaque instant par la rétine sera encore facile à calculer. Soient i la valeur de l'impression au bout du temps t , I l'intensité de la source lumineuse au bout du même temps; pendant l'instant suivant dt , l'impression perdra, comme nous l'avons dit ci-dessus, $m i dt$, et elle gagnera $m I dt$, de sorte qu'on aura encore

$$di = m(I - i) dt;$$

mais ici I est une fonction du temps au lieu d'être une constante. Cette équation peut s'écrire

$$\frac{di}{dt} + m i = m I.$$

C'est une équation différentielle linéaire dont l'intégrale est de la forme

$$i = e^{-mt} \left[\int m I e^{mt} dt + c \right].$$

Supposons que la lumière I soit l'éclat d'un phare dont l'intensité varie suivant une loi parabolique,

$$I = A \left(\frac{2t}{\alpha} - \frac{t^2}{\alpha^2} \right),$$

t étant le temps compté à partir de l'origine de l'éclat, 2α la divergence totale, exprimée en temps, ou la durée totale de l'éclat, et A l'intensité maximum qui se produit au bout du temps α . En portant cette valeur de I dans celle de i et effectuant l'intégrale, on trouve

$$i = \frac{A}{\alpha^2 m^2} \left[2(\alpha m + 1)(e^{-mt} + mt - 1) - m^2 t^2 \right]$$

pour la valeur de l'impression produite sur l'œil au bout du temps t . La direction de la tangente à la courbe que représente cette équation est donnée par

$$\frac{di}{dt} = \frac{2A}{\alpha^2 m} \left[(\alpha m + 1)(1 - e^{-mt}) - mt \right].$$

Pour $t=0$ la tangente est horizontale; elle l'est aussi pour la valeur t_1 tirée de l'équation

$$e^{-mt_1} = 1 - \frac{mt_1}{\alpha m + 1}.$$

C'est à ce moment t_1 qu'a lieu l'impression maximum, et la valeur i_1 de ce maximum, qui constitue l'effet produit par l'éclat, s'obtiendrait en portant la valeur de t_1 dans la valeur générale de i . Mais si, au lieu de faire cette substitution qui est impossible, on se borne à porter dans i la valeur de $e^{-m t_1}$, on trouve

$$i_1 = A \left(\frac{2t_1}{\alpha} - \frac{t_1^2}{\alpha^2} \right),$$

ce qui prouve que le point $i_1 t_1$ appartient à la courbe des intensités de l'éclat. Ce point, qui donne le maximum de l'impression, est donc à l'intersection de la courbe des intensités avec celle des impressions.

Dans les mouvements lents, comme ceux de la pratique, $e^{-m t_1}$ peut être négligé; on a alors

$$t_1 = \alpha + \frac{1}{m} \quad \text{et} \quad i_1 = A \left(1 - \frac{1}{\alpha^2 m^2} \right).$$

Au moment où l'éclat finit, l'impression a dépassé son maximum, et elle a une valeur qu'on obtient en faisant $t = 2\alpha$:

$$i = \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-\alpha m \alpha} + \alpha m - 1].$$

A partir de ce moment, la source lumineuse cessant d'agir, l'impression va en s'affaiblissant suivant la loi que nous avons admise; sa valeur au bout du temps τ , compté à partir de la fin de l'éclat, est

$$i' = \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-\alpha m \alpha} + \alpha m - 1] e^{-m\tau}.$$

On peut remarquer que l'aire totale de la courbe des impressions, y compris la période d'affaiblissement, est égale à l'aire de la courbe des intensités. On a bien en effet

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{A}{\alpha^2 m^2} \int_0^{2\alpha} [2(\alpha m + 1) (e^{-mt} + mt - 1) - m^2 t^2] dt \\ & + \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-\alpha m \alpha} + \alpha m - 1] \int_0^{\infty} e^{-m\tau} d\tau = \frac{4}{3} A\alpha. \end{aligned} \right.$$

Cette relation n'est vraie que lorsqu'on prend, comme nous venons de le faire, la surface de la courbe des affaiblissements jusqu'à l'infini, au lieu de ne la prendre que jusqu'à la limite θ des impressions perceptibles. Si on s'arrêtait à cette dernière limite où finit la sensation, il y aurait entre les deux membres de l'égalité une très-petite différence, qui représenterait la somme des impressions non perçues.

Ce que nous venons de dire s'applique à un éclat isolé. Nous allons maintenant examiner le cas où plusieurs éclats identiques se succèdent à des intervalles égaux 2β .

Nous avons trouvé que l'impression produite par un éclat devient, au bout du temps τ , après la fin de cet éclat,

$$i' = \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-\alpha m \alpha} + \alpha m - 1] e^{-m\tau}.$$

Pour l'éclat qui a précédé celui que nous considérons, l'intervalle écoulé depuis qu'il est fini est $\tau + 2\beta$; l'impression qu'il a produite est devenue

$$i'' = \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-\alpha m \alpha} + \alpha m - 1] e^{-m(\tau + 2\beta)}.$$

En général, en remplaçant τ par $\tau + 2n\beta$, on aura la valeur actuelle de

l'impression produite par l'éclat qui précède de n rangs. On a donc, pour l'impression totale éprouvée au moment dont nous nous occupons,

$$\left\{ \begin{aligned} i &= i' + i'' + \dots \\ &= \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-2m\alpha} + \alpha m - 1] e^{-m\tau} (1 + e^{-2m\beta} + e^{-4m\beta} + e^{-6m\beta} + \dots); \\ i &= \frac{2A}{\alpha^2 m^2} [(\alpha m + 1) e^{-2m\alpha} + \alpha m - 1] \frac{e^{-m\tau}}{1 - e^{-2m\beta}}. \end{aligned} \right.$$

Cette formule représente les valeurs de l'impression dans la période comprise entre deux éclats. Pendant le temps qui correspond au passage d'un éclat, il faut ajouter aux valeurs qu'elle donne celles qui sont dues à l'éclat et qui ont été déjà calculées. On obtient ainsi la série complète des impressions produites par un feu scintillant. Nous donnerons plus loin le calcul de quelques cas particuliers.

Des expériences ont été faites au Dépôt des phares sur les effets produits par les feux scintillants à rotation rapide; elles peuvent servir à vérifier les formules précédentes et à déterminer la valeur de la constante m . L'appareil dont on se servait se composait d'un tambour de 12 lentilles à éléments verticaux, auquel on imprimait un mouvement de rotation au moyen d'une manivelle. Lorsque le mouvement était uniforme, on comptait le nombre de tours de la manivelle et on en concluait la durée du passage d'un éclat. Un photomètre permettait de mesurer l'intensité de l'effet lumineux obtenu. En comparant les résultats moyens de ces expériences avec ceux que donnent les formules précédentes pour différentes hypothèses faites sur la constante m , on trouve que la valeur $m = 0,2$ est celle qui donne l'accord le plus satisfaisant.

La formule qui donne les impressions produites par un seul éclat devient alors

$$i = \frac{10(\alpha + 5)}{\alpha^2} [e^{-0,2t} + 0,2t - 1] - \frac{t^2}{\alpha^2}.$$

En faisant quelques hypothèses sur la durée 2α du passage de l'éclat, on peut calculer les valeurs de l'impression i pour différentes valeurs de t comprises entre 0 et 2α . Ces valeurs sont indiquées dans la première partie du tableau suivant. La seconde partie est relative à la période de persistance ou d'affaiblissement; les chiffres qui la composent s'obtien-

nent en multipliant l'impression qui existe au moment où l'éclat finit par les différentes valeurs de $e^{-0,2t}$, le temps étant compté à partir de la fin de l'éclat.

TABLEAU N° 14.

Impressions produites par un éclat lumineux.

DURÉE DE L'ÉCLAT } $2\alpha = \dots$ EN CENTIÈMES DE SECONDE.		64	32	16	8	4	2	1
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Impressions produites pendant la durée de l'éclat, pour	$\frac{t}{\alpha} = 0,0 \dots \dots \dots$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	0,5.	0,560	0,408	0,256	0,145	0,078	0,040	0,021
	1,0.	0,952	0,838	0,629	0,402	0,231	0,124	0,065
	" (maximum).	0,974	0,917	0,780	"	"	"	"
	1,5.	0,857	0,874	0,778	0,569	0,354	0,199	0,106
	" (maximum).	"	"	"	0,585	0,379	0,220	0,121
Impressions produites pendant la période de persistance, pour	$t = 1$ cent° de sec..	0,216	0,353	0,452	0,419	0,297	0,179	0,098
	2.	0,177	0,289	0,370	0,342	0,243	0,147	0,080
	4.	0,119	0,194	0,248	0,229	0,163	0,098	0,054
	8.	0,053	0,087	0,112	0,103	0,073	0,044	0,024
	16.	0,011	0,018	0,023	0,021	0,015	0,009	0,005
	32.	0,004	0,007	0,009	0,009	0,006	"	"

Ces résultats sont représentés graphiquement sur la figure 20, dans laquelle les abscisses sont les valeurs de $\frac{t}{\alpha}$ à l'échelle de 16 millimètres par unité, et les ordonnées les valeurs de i à l'échelle de 2 centimètres par unité. Les courbes des impressions pendant le passage de l'éclat portent les mêmes numéros que les colonnes du tableau. La parabole représente les intensités de l'éclat immobile ou passant avec une vitesse très-faible. La courbe n° 1 est relative au cas où l'éclat passe en 0,64 de seconde; elle diffère peu de la courbe des intensités; son ordonnée maximum est 0,974, c'est-à-dire que la rotation fait perdre un peu moins des 0,03 de l'éclat. Les courbes suivantes, n° 2, n° 3. . . , s'éloignent

de plus en plus de la courbe des intensités; leur maximum s'abaisse, c'est-à-dire que l'impression produite diminue à mesure que la vitesse augmente. Lorsque l'éclat ne met que 0,04, 0,02 ou 0,01 de seconde à passer devant l'œil, l'impression n'est plus que 0,38, 0,22 ou 0,12 de ce qu'elle serait si l'éclat passait très-lentement.

Les impressions de la période de décroissance qui suit la fin de l'éclat ne sont pas représentées sur la figure 20, pour éviter la confusion. Mais en traçant séparément quelques-unes des courbes qui se trouvent réunies sur cette figure, les n^{os} 3 et 5 par exemple, on se rend plus facilement compte de l'effet complet produit par un éclat. Ces deux courbes sont reproduites sur les figures 21 et 22. On a pris pour le temps une même échelle de 4 millimètres par unité, afin de faire saisir la différence de durée des éclats.

Calculons maintenant les impressions produites par une série d'éclats égaux et équidistants. En prenant $\frac{\beta}{\alpha} = n = 4$, la formule qui donne l'impression au temps τ , compté à partir de la fin d'un éclat, devient

$$i = \frac{10}{\alpha^2} \left[(\alpha + 5) e^{-0,4\alpha} + \alpha - 5 \right] \frac{e^{-0,2\tau}}{1 - e^{-1,6\alpha}}$$

Cette impression va en s'affaiblissant depuis $\tau = 0$ jusqu'au commencement de l'éclat suivant, c'est-à-dire jusqu'à $\frac{\tau}{2\alpha} = 3$. A partir de ce moment il faut y ajouter l'impression produite par le nouvel éclat dont les valeurs sont calculées dans le tableau précédent. L'impression reprend à la fin de ce dernier éclat la valeur qu'elle avait pour $\tau = 0$, et elle passe ensuite périodiquement par les mêmes valeurs. Le tableau suivant contient trois colonnes pour chacune des hypothèses faites sur 2α ; dans la première se trouvent les valeurs de i données par la formule précédente pour une période entière, c'est-à-dire depuis $\tau = 0$ jusqu'à $\tau = 8\alpha$; la deuxième reproduit les valeurs de l'impression due au passage de l'éclat depuis $\tau = 6\alpha$ jusqu'à $\tau = 8\alpha$; les chiffres de la troisième s'obtiennent en ajoutant ceux des deux premières; ils représentent les impressions totales réellement produites.

TABLEAU N° 15.

Impressions produites par une série d'éclats.

$\frac{\tau}{2\alpha}$	(1) $2\alpha=16$. IMPRESSION			(2) $2\alpha=8$. IMPRESSION			(3) $2\alpha=4$. IMPRESSION			(4) $2\alpha=2$. IMPRESSION			(5) $2\alpha=1$. IMPRESSION		
	de la période de persistance.	DE L'ÉCLAT suivant.	TOTALE.	de la période de persistance.	DE L'ÉCLAT suivant.	TOTALE.	de la période de persistance.	DE L'ÉCLAT suivant.	TOTALE.	de la période de persistance.	DE L'ÉCLAT suivant.	TOTALE.	de la période de persistance.	DE L'ÉCLAT suivant.	TOTALE.
0	0,552	"	0,552	0,511	"	0,511	0,379	"	0,379	0,274	"	0,274	0,219	"	0,219
1	0,022	"	0,022	0,103	"	0,103	0,163	"	0,163	0,134	"	0,134	0,180	"	0,180
2	0,009	"	0,009	0,021	"	0,021	0,076	"	0,076	0,123	"	0,123	0,147	"	0,147
3	"	0,000	0,000	0,004	0,000	0,004	0,034	0,000	0,034	0,083	0,000	0,083	0,120	0,000	0,120
3,5	"	0,629	0,629	"	0,402	0,402	0,023	0,231	0,254	0,068	0,124	0,192	0,109	0,065	0,174
Max ^m .	"	0,780	0,780	"	0,585	0,585	0,017	0,379	0,396	0,057	0,220	0,277	0,100	0,121	0,221
4	"	0,552	0,552	"	0,511	0,511	0,015	0,364	0,379	0,055	0,219	0,274	0,099	0,120	0,219

On voit dans ce tableau que, pour l'hypothèse $2\alpha=16$, l'impression d'un des éclats est devenue nulle ou tout à fait négligeable lorsque commence l'éclat suivant, de sorte que chacun d'eux produit le même effet que s'il était seul et se trouve séparé du suivant par une éclipse. Les deux hypothèses $2\alpha=64$ et $2\alpha=32$, qu'on a jugé inutile de reproduire, conduisent *a fortiori* à la même conséquence. Il en est à peu près de même des cas où $2\alpha=8$ et $2\alpha=4$; cependant l'éclipse n'est plus complète et on a l'apparence d'un feu agité d'un tremblement rapide. Dans les cas suivants, l'impression se continue sans interruption, en présentant un minimum au commencement de chaque éclat et un maximum à la fin; la différence entre ce maximum et ce minimum diminue à mesure que la vitesse augmente, l'effet de tremblement disparaît et on finit par avoir la sensation d'un feu fixe continu. Les figures 23 et 24 représentent les courbes des impressions pour les hypothèses n° 5 et n° 7, c'est-à-dire pour des éclats qui durent 0,04 et 0,01 de seconde, et qui se succèdent à 0,16 et à 0,04 de seconde d'intervalle.

Les ondulations que présentent ces deux courbes vont en diminuant de l'une à l'autre, et on vérifierait qu'elles continuent à s'affaiblir pour les courbes relatives à des vitesses de plus en plus grandes. A la limite, la

courbe devient une ligne droite parallèle à l'axe. On peut le voir sur l'équation générale

$$i = \frac{2A}{\alpha^2 m^2} \left[(\alpha m + 1) e^{-2m\alpha} + \alpha m - 1 \right] \frac{e^{-m\tau}}{1 - e^{-2m\beta}}.$$

Supposons, en effet, que α converge vers 0; la quantité entre parenthèses devient, en développant l'exponentielle,

$$(\alpha m + 1) \left(1 - 2\alpha m + 2\alpha^2 m^2 - \frac{4}{3}\alpha^3 m^3 + \dots \right) + \alpha m - 1 = \frac{2}{3}\alpha^3 m^3 - \frac{2}{3}\alpha^4 m^4 + \dots$$

De plus, si l'on pose $\beta = n\alpha$, on a

$$1 - e^{-2m\beta} = 2mn\alpha - 2m^2 n^2 \alpha^2 + \dots;$$

alors il vient

$$i = \frac{2A(1 - \alpha m + \dots)}{3n(1 - mn\alpha + \dots)} e^{-m\tau}.$$

Si maintenant on fait $\alpha = 0$ et si on remarque que τ , ne dépassant pas β , converge aussi vers 0, de sorte que $e^{-m\tau}$ doit être remplacé par 1, il vient

$$i = \frac{2A}{3n}.$$

D'ailleurs, la quantité qu'il faut ajouter à cette valeur pendant le passage d'un éclat converge elle-même vers zéro comme nous l'avons vu. La courbe devient donc bien une ligne droite parallèle à l'axe et à la hauteur $\frac{2A}{3n}$.

Or nous avons trouvé que, si a est l'intensité d'un feu fixe, l'intensité d'un éclat d'amplitude 2α produit par une lentille annulaire occupant un angle ϕ est donnée par la formule

$$A = \frac{3\phi}{4\alpha} a.$$

En remplaçant a par i et ϕ par 2β ou $2n\alpha$, on reconnaît que ces deux formules sont identiques.

Ainsi, lorsqu'on fait tourner avec une rapidité croissante un appareil de feu scintillant, on doit éprouver à la limite la sensation d'un feu fixe équivalent à celui qu'on obtiendrait avec l'appareil immobile de feu fixe.

L'impression maximum que produit un feu scintillant varie, comme nous venons de le voir, avec la vitesse de rotation de l'appareil; ces va-

riations sont représentées par la courbe de la figure 25. En prenant pour unité la vitesse qui correspond à $2\alpha = 64$, les autres vitesses sont égales à $\frac{64}{2\alpha}$; les impressions maximum sont indiquées dans les tableaux précédents; nous donnons ici leurs valeurs;

$2\alpha = \infty \dots$	64	32	16	8	4	2	1...	0
$V = 0 \dots$	1	2	4	8	16	32	64...	∞
$i = 1,000.$	0,974	0,917	0,780	0,585	0,396	0,277	0,221...	0,167

La courbe de la figure 25, qui a pour abscisses les vitesses V et pour ordonnées les impressions i , présente une tangente horizontale à son point de départ; elle s'abaisse ensuite rapidement quand on passe par les vitesses 4, 8, 16; puis elle diminue plus lentement en se rapprochant d'une asymptote horizontale située à la hauteur $\frac{2}{3n}$ ou 0,167 pour $n = 4$.

L'expérience confirme en général les résultats que nous venons de déduire des formules. Cependant le feu fixe dont on a la sensation quand la rotation d'un feu scintillant devient très-rapide a toujours une intensité un peu moindre que ne l'indique la théorie; le rapport varie de 8 à 9 dixièmes. Cela peut tenir à des causes physiologiques, ou à ce que, pour établir la formule relative à une série d'éclats, on additionne les impressions affaiblies qui proviennent de tous les éclats antérieurs, admettant ainsi que ces impressions, quoique insensibles par elles-mêmes, peuvent s'ajouter de manière à devenir sensibles par leur somme. L'expérience paraît indiquer qu'il n'en est pas tout à fait ainsi, et, si les résultats qu'elle donne pouvaient être assez précis, il en résulterait peut-être un moyen de déterminer, dans chaque cas, la durée pendant laquelle l'impression sur la rétine reste sensible.

Il n'existe pas sur les côtes de feux scintillants tournant avec les vitesses que nous venons de considérer. Il n'y a donc pas lieu de craindre qu'ils ne soient confondus avec des feux fixes. Mais on peut se demander si l'impression maximum qu'ils produisent n'est pas un peu diminuée par la rotation. Nous prendrons pour exemple le phare de premier ordre des Roches-Douvres, pour lequel on a $2\alpha = 180$ et $A = 2889$. On peut appliquer ici la formule approximative

$$i_1 = A \left(1 - \frac{1}{\alpha^2 m^2} \right),$$

et, comme $m = 0,2$, on trouve

$$i_1 = 2889(1 - 0,00308) = 2889 - 9 = 2880.$$

Nous prendrons encore, parmi les phares de quatrième ordre, celui de Berck, pour lequel $2\alpha = 94$ et $A = 478$, ce qui donne

$$i_1 = 478(1 - 0,01132) = 478 - 5 = 473.$$

Ainsi la rotation fait perdre au premier 9 becs ou environ $\frac{1}{3}$ p. o/o de sa valeur; elle diminue l'intensité du second de 1 p. o/o ou de 5 becs. On voit que ces quantités sont assez faibles, sans être cependant tout à fait négligeables. On peut, dans la plupart des cas de la pratique, se dispenser d'en tenir compte.

III

TRANSPARENCE NOCTURNE DE L'ATMOSPHÈRE.

ABSORPTION DE LA LUMIÈRE PAR L'ATMOSPHÈRE.

L'intensité des rayons émis par une source lumineuse varie, dans le vide, en raison inverse du carré de la distance ; mais, lorsque les rayons traversent un milieu matériel, l'intensité subit une autre diminution, due à l'absorption de la lumière. Si on appelle a le coefficient de transparence, c'est-à-dire la proportion de lumière que laisse passer l'unité de longueur du milieu, la loi des intensités en fonction de la distance sera exprimée par la formule

$$y = L \frac{a^x}{x^2},$$

L étant l'intensité qu'aurait la lumière émise par la source à la distance 1 dans le vide, et y l'intensité de cette lumière à la distance x dans un milieu absorbant.

Pour l'air atmosphérique, le coefficient de transparence a varie entre des limites très-étendues. Il résulte d'expériences faites par Bouguer que, dans l'air, un intervalle horizontal de 189 toises fait perdre la centième partie de la lumière, et que 7469 toises en dissipent le tiers. En prenant pour unité de distance le kilomètre, ces expériences conduisent aux deux équations

$$a^{0,3681} = 0,99 \quad \text{et} \quad a^{14,5574} = \frac{2}{3},$$

qui donnent l'une et l'autre $a = 0,973$. C'est la valeur du coefficient de transparence de l'air, lors des expériences de Bouguer. D'un autre côté, on comprend que les temps de brouillard font descendre ce coefficient à des

valeurs extrêmement faibles ; ainsi, par exemple, dans la soirée du 29 janvier 1861, à Paris, un brouillard rendait une lampe carcel unité invisible à 25 mètres, ce qui suppose $a = (0,62)^{1000}$, c'est-à-dire que le coefficient de transparence était réduit à 0,62 par mètre.

ÉQUATION DES PORTÉES LUMINEUSES.

L'intensité d'une lumière décroissant suivant la loi que nous venons d'indiquer présente, à une distance suffisante, une valeur trop faible pour être aperçue. Il existe en effet, pour chaque observateur, une limite λ d'intensité lumineuse au-dessous de laquelle l'œil n'est plus affecté. En posant

$$L \frac{a^x}{x^2} = \lambda,$$

la valeur de x tirée de cette équation fait connaître la portée lumineuse de la lumière L .

Le coefficient λ peut se déterminer par l'expérience. Il suffit de mesurer les distances x, x', x'', \dots auxquelles on cesse d'apercevoir différentes lumières d'intensités L, L', L'', \dots . Pour chacune de ces observations on a, en prenant les logarithmes des deux membres de l'équation précédente,

$$\log \frac{L}{x^2} = (-\log a)x + \log \lambda.$$

Si l'on construit des points ayant pour ordonnées les valeurs de $\log \frac{L}{x^2}$ et pour abscisses celles de x , tous ces points devront se trouver sur une ligne droite dont l'inclinaison donnera $-\log a$ et dont l'ordonnée à l'origine sera $\log \lambda$.

Le compte rendu des expériences qui ont été faites sur ce sujet au Champ de Mars a été donné dans le mémoire de M. l'inspecteur général Reynaud sur l'éclairage des côtes, pages 13 et suivantes. On trouve que le nombre λ varie selon les observateurs, et que, pour une bonne vue comme celle qu'ont en général les marins, on peut adopter $\lambda = 0,01$, le kilomètre étant pris pour unité de longueur. C'est de ce coefficient que l'on se sert dans les calculs relatifs aux portées des phares.

COEFFICIENT DE TRANSPARENCE.

Le coefficient de transparence peut être rapporté à une unité de longueur quelconque. Si a_k, a_h, a_d, a_m désignent les coefficients d'une même atmosphère rapportés au kilomètre, à l'hectomètre, au décamètre ou au mètre, on aura les relations

$$a_k = a_h^{10} = a_d^{100} = a_m^{1000},$$

$$\log a_k = 10 \log a_h = 100 \log a_d = 1000 \log a_m,$$

ce qui permettra de passer de l'un à l'autre. Il serait impossible de représenter par des coefficients rapportés à la même unité la série des états atmosphériques que l'on a à considérer. Ainsi le brouillard dont nous avons parlé plus haut conduit à une valeur $a_k = (0,62)^{1000}$ dont il serait très-difficile d'écrire la valeur calculée; mais en prenant le mètre pour unité, le coefficient devient $a_m = 0,62$. Il faudrait donc employer le kilomètre pour les temps clairs, le mètre pour les temps de brouillard et le décamètre ou l'hectomètre pour les temps intermédiaires; mais on conçoit qu'il en résulterait quelque confusion, et l'on est amené à définir autrement l'état de l'atmosphère. On peut adopter, par exemple, la portée p de la lumière unité, laquelle est liée aux coefficients a et λ par la relation

$$a^p = p^2 \lambda.$$

Si on suppose $\lambda = 0,01$, les deux exemples précédents, dans lesquels on a $a_k = 0,973$ et $a_m = 0,62$, donnent pour p les valeurs 8860 et 25 mètres. Ces nombres n'offrent aucun embarras d'écriture et ils ont en outre l'avantage de représenter très-bien à l'esprit l'état de l'atmosphère qu'on veut définir, puisqu'ils indiquent que, dans l'une, l'observateur verrait une lampe carcel jusqu'à 8860 mètres, et que, dans l'autre, il cesserait de la voir au delà de 25 mètres. Cette nouvelle manière de définir l'atmosphère a, il est vrai, un inconvénient qui ne se rencontre pas dans le coefficient a , c'est d'être relative à un observateur particulier et de changer pour la même atmosphère lorsque λ varie. On ne peut donc pas laisser de côté la défi-

dition plus scientifique que donne le coefficient a ; mais, dans la pratique, il sera souvent plus commode d'employer la portée de la lumière unité.

TABLEAU GRAPHIQUE POUR LA RÉOLUTION DE L'ÉQUATION DES PORTÉES.

Toutes les questions relatives à la transparence de l'atmosphère ou à la portée des phares conduisent à la résolution d'équations de la forme

$$L a^d = \lambda d^2,$$

et il est utile d'avoir un moyen pratique de trouver rapidement la valeur de la quantité qui est inconnue. On pourrait y arriver au moyen de tables numériques. Nous verrons plus loin que, lorsqu'on n'a à considérer qu'un petit nombre de valeurs du coefficient a , on peut, pour chacune de ces valeurs, calculer une table donnant la portée d'une lumière au moyen de son intensité ou réciproquement; mais lorsqu'on a à résoudre l'équation pour des valeurs très-diverses de a , comme nous aurons à le faire dans l'étude des observations sur la visibilité des phares, il faut recourir à un moyen plus général.

L'équation qu'il s'agit de résoudre contient quatre quantités; mais λ peut être supposé constant et égal à 0,01, ou plutôt on peut considérer $\frac{L}{\lambda}$ comme une seule quantité, et si, après avoir donné dans les calculs une valeur déterminée à λ , par exemple 0,01, on veut lui donner une autre valeur, comme 0,02, il suffira de multiplier les intensités par un facteur constant, qui serait ici 0,5. L'équation peut donc être considérée comme ne contenant que trois variables, $\frac{L}{\lambda}$, a et d ; elle représente ainsi une surface. Si on porte $\frac{L}{\lambda}$ et a sur deux axes situés dans un plan horizontal, d sera l'ordonnée verticale, et les courbes de niveau de la surface, pour différentes valeurs de d , auront une forme hyperbolique $yx^d = d^2$.

Le tracé de ces différentes courbes ne constituerait pas une solution pratique; mais il est facile de transformer la surface dont il s'agit de telle sorte que les courbes de niveau deviennent des droites. En prenant, en effet, les logarithmes des deux membres, on a

$$\log \frac{L}{\lambda} = (-\log a) d + 2 \log d;$$

si l'on pose

$$\log \frac{L}{\lambda} = y \quad \text{et} \quad -\log a = x,$$

il vient

$$y = d \cdot x + 2 \log d.$$

On voit que, d étant l'ordonnée verticale, cette nouvelle surface est telle que ses courbes de niveau, à différentes hauteurs d , sont des droites faciles à construire. On conçoit que, si ces droites sont tracées sur le plan horizontal, il sera très-simple de trouver la portée d'une lumière L dans une atmosphère dont le coefficient de transparence est a ; il suffira, en effet, de chercher sur le plan horizontal le point qui a $(-\log a)$ pour abscisse et $\log \frac{L}{\lambda}$ pour ordonnée; la droite de niveau qui passera par ce point aura pour hauteur la portée cherchée d .

Le tableau graphique planche V réalise cette combinaison. Les abscisses représentent, à l'échelle de 1 millimètre pour 0,00075, les valeurs de $(-\log a)$, qui sont positives, puisqu'on a toujours $a < 1$. L'axe des x , qui a 200 millimètres de longueur, est partagé en 100 parties de 2 millimètres. On prend les logarithmes négatifs variant par différence de 0,00150 à partir de 0, savoir :

$$0,00000 \quad \bar{1},99850 \quad \bar{1},99700, \quad \dots \quad \text{jusqu'à} \quad \bar{1},85000;$$

on cherche les nombres correspondants, qui sont

$$1,000 \quad 0,997 \quad 0,993, \quad \dots \quad 0,708,$$

et on les inscrit en face des différents points de division de l'axe des x .

Les ordonnées du tableau représentent, à l'échelle de 40 millimètres par unité, les valeurs de $\log \frac{L}{100\lambda}$, ou de $\log L$ lorsque $\lambda = 0,01$. La hauteur du cadre étant de 300 millimètres, on la partage en 150 parties de 2 millimètres; on prend ensuite des logarithmes variant de 0,05 en 0,05, ainsi qu'il suit :

$$\bar{1},50000 \quad \bar{1},55000 \quad \bar{1},60000 \dots 0,00000 \quad 0,05000 \quad 0,10000 \dots \text{jusqu'à} \quad 7,00000;$$

les nombres correspondants

$$0,32 \quad 0,35 \quad 0,40 \dots 1,00 \quad 1,12 \quad 1,26 \dots 10\,000\,000$$

sont inscrits en face des 150 divisions de l'axe des y .

Par les différents points de division de chacun des deux axes on mène des lignes parallèles à l'autre axe, et on forme ainsi sur le tableau un réseau quadrillé.

Il s'agit maintenant de construire les lignes de niveau qui ont pour équation générale

$$y = d \cdot x + 2 \log d.$$

Pour que x et y soient exprimés en millimètres et rapportés à l'angle du tableau comme origine, il faut, d'après les échelles admises, poser les deux relations :

$$-\log a = 0,00075 x \quad \text{et} \quad \log \frac{L}{100\lambda} = 0,025 (y - 20);$$

d'où

$$\log \frac{L}{\lambda} = 0,025 y + 1,5.$$

L'équation générale

$$\log \frac{L}{\lambda} = (-\log a) d + 2 \log d$$

devient alors

$$y = 0,03 d \cdot x + 80 \log d - 60.$$

Pour construire les différentes lignes que représente cette équation, il suffit de calculer les intersections de chacune d'elles avec les lignes du cadre. Ces intersections sont données par les formules suivantes :
avec l'axe des y ,

$$x = 0, \quad y = 80 \log d - 60;$$

avec l'axe des x ,

$$y = 0, \quad x = \frac{6000 - 8000 \log d}{3 d};$$

avec la parallèle à l'axe des y (côté droit du cadre),

$$x = 200, \quad y = 80 \log d - 60 + 6 d;$$

avec la parallèle à l'axe des x (côté supérieur du cadre),

$$y = 300, \quad x = \frac{36000 - 8000 \log d}{3 d}.$$

En donnant à la portée d , exprimée en kilomètres, des valeurs successives

variant par degrés tels que les lignes du tableau soient suffisamment distinctes, on calcule les différents points d'intersection avec le cadre et on trace les lignes obliques sur lesquelles on inscrit la valeur de d correspondante.

L'usage du tableau ainsi composé est facile à comprendre : lorsqu'on demande la portée d'un feu pour une valeur déterminée de la transparence, on cherche son intensité dans la colonne de gauche, 100 becs par exemple; on cherche également, dans la ligne horizontale du bas la plus rapprochée du cadre, la valeur de a , 0,871 par exemple, et, en remontant verticalement jusqu'à la ligne horizontale qui passe par 100, on arrive à un point d'intersection par lequel passe la ligne oblique, qui est marquée 22; la portée demandée est donc 22 kilomètres. Ces trois nombres, 100, 0,871 et 22, se trouvent, comme on voit, liés de telle sorte qu'on peut de suite trouver l'un d'eux au moyen des deux autres; on résout donc ainsi toutes les questions qui peuvent être posées. Il faut remarquer qu'on a souvent à interpoler à vue d'œil, lorsque le chiffre qu'on a à considérer ne se trouve pas parmi les chiffres inscrits sur les côtés du cadre, ou lorsque les deux lignes horizontale et verticale ne se coupent pas sur une des lignes obliques.

A chacun des coefficients a , inscrits le long de l'axe des x , correspond une valeur de la portée p de la lumière unité. Ces portées, qui servent aussi, comme nous l'avons dit, à définir la transparence de l'atmosphère, se trouvent inscrites le long de la ligne supérieure du cadre :

$$10^{\text{km}},00 \quad 9^{\text{km}},83 \quad 9^{\text{km}},67 \dots \text{ jusqu'à } 4^{\text{km}},56.$$

Les valeurs du coefficient a inscrites dans la première ligne au-dessous de l'axe des x ne vont que jusqu'à $a = 0,708$; mais le tableau peut s'appliquer à des valeurs plus petites, comme nous allons l'expliquer. L'équation générale

$$\log \frac{L}{\lambda} = (-\log a) d + 2 \log d$$

peut s'écrire

$$\log \frac{100L}{\lambda} = \left(-\frac{1}{10} \log a\right) 10 d + 2 \log (10 d).$$

Elle s'applique donc encore lorsqu'on multiplie l'intensité par 100, la

portée par 10 et $\log a$ par $\frac{1}{10}$. Prenons donc des logarithmes dont le dixième soit égal aux différentes longueurs déjà marquées sur l'axe des x ; ces logarithmes varieront de 0,01500 et seront :

$$0,00000 \quad \bar{1},98500 \quad \bar{1},97000 \dots \text{ jusqu'à } \bar{2},50000.$$

Les valeurs correspondantes de a sont

$$1,000 \quad 0,966 \quad 0,933 \dots \quad 0,032;$$

elles sont inscrites sur une seconde ligne, en face des divisions de l'axe des x correspondant à la valeur du dixième de leur logarithme. Les portées p de la lumière unité qui définissent la même atmosphère sont également inscrites à la partie supérieure du tableau, en face des mêmes divisions :

$$10^{\text{km}},00 \quad 8^{\text{km}},62 \quad 7^{\text{km}},67 \dots \quad 1^{\text{km}},22.$$

Lorsqu'on aura à considérer une atmosphère dont les coefficients a ou p se trouveront dans cette seconde ligne, on cherchera dans la colonne de gauche le centuple de l'intensité du feu, et le chiffre de la ligne oblique sur laquelle on arrivera représentera le décuple de la portée, ou cette portée elle-même exprimée en hectomètres.

Pour les valeurs de a plus petites que 0,032, ou pour celles de p plus petites que $1^{\text{km}},22$, on agira de même; on écrira l'équation sous la forme

$$\log \frac{10\,000\,L}{\lambda} = \left(-\frac{1}{100} \log a\right) 100\,d + 2 \log(100\,d);$$

on prendra des logarithmes dont le centième corresponde aux divisions déjà tracées, c'est-à-dire

$$0,00000 \quad \bar{1},85000 \quad \bar{1},70000 \dots \text{ jusqu'à } \bar{15},00000;$$

mais ici les valeurs correspondantes de a comprennent un trop grand nombre de zéros pour pouvoir être inscrites sur le tableau, et il faut se borner à écrire au haut du cadre les valeurs de p qui représentent le même état de l'atmosphère,

$$10^{\text{km}},00 \quad 4^{\text{km}},56 \quad 3^{\text{km}},25 \dots \quad 0^{\text{km}},22.$$

Lorsqu'on aura à considérer une de ces valeurs de p comprises au haut du tableau, dans la troisième ligne en remontant, il faudra prendre dans la colonne de gauche 10 000 fois l'intensité du feu, et la portée écrite sur la ligne oblique sera exprimée en décamètres.

Enfin on calculera tout à fait de la même manière une quatrième ligne des valeurs de p , et, lorsqu'on se servira d'une de ces valeurs, il faudra multiplier par 1 000 000 l'intensité du feu; la portée sur la ligne oblique sera exprimée en mètres. Mais le tableau n'est pas assez prolongé vers le haut pour pouvoir être utilisé dans ce cas au delà d'une intensité de 10 becs.

Les chiffres inscrits dans la colonne de gauche supposent, comme nous l'avons dit, que le coefficient λ est égal à 0,01. Lorsqu'il s'agit d'un observateur dont la vue correspond à un autre coefficient, $\lambda' = 0,016$ par exemple, il faut diviser l'intensité du feu par $100 \lambda'$, soit par 1,6, et c'est le quotient qu'il faut chercher dans la colonne des intensités. Il y a une remarque importante à faire, c'est que, dans ce cas, on ne doit pas se servir, pour définir l'atmosphère, des valeurs de p inscrites au haut du tableau, parce que ces valeurs sont relatives au coefficient $\lambda = 0,01$ et ne conviennent pas pour $\lambda = 0,016$. C'est un inconvénient du coefficient p que nous avons déjà signalé et qui ne se rencontre pas dans le coefficient de transparence a . Si cependant on ne connaît la transparence de l'atmosphère que pour une valeur de p relative à $\lambda = 0,016$, on pourra encore résoudre la question, le tableau fournissant le moyen de déterminer la valeur de a correspondant à cette valeur de p . Il suffit, en effet, de chercher dans la colonne de gauche le nombre $\frac{1}{1,6} = 0,69$; la ligne horizontale donnera les différentes portées de l'unité. Si celle qu'on a à considérer est $p = 6^{\text{km}}, 00$, on reconnaît facilement qu'elle correspond à $a = 0,900$ environ, et on peut alors se servir du tableau comme à l'ordinaire.

OBSERVATION SUR LA VISIBILITÉ DES PHARES.

La détermination du coefficient de transparence que présente chaque nuit l'atmosphère constitue un renseignement qui ne serait pas sans intérêt pour les météorologistes, mais qui serait surtout utile dans la pra-

tique du service des phares; car il permettrait de résoudre diverses questions, comme par exemple celle de l'état moyen ou le plus habituel de la transparence atmosphérique, celle de la portée des phares dans les différentes saisons, et plusieurs autres. Malheureusement l'observation directe de ce coefficient est à peu près impossible. Il faudrait, en effet, que l'observateur eût chaque nuit une lumière d'intensité connue, et qu'à un moment fixé, il pût s'en éloigner assez pour la perdre de vue; la formule $La^d = \lambda d^2$ permettrait alors de déterminer a . On conçoit tous les obstacles que rencontrerait la pratique continue de cette expérience.

Mais il est possible de suppléer jusqu'à un certain point à cette détermination directe du coefficient a , en utilisant les observations que les gardiens de phares enregistrent chaque nuit sur la visibilité des feux voisins. Ces observations consistent simplement à constater trois fois par nuit si tel phare est ou n'est pas visible. Or, connaissant la distance et l'intensité de ce phare, on sait, d'après la formule précédente, quel est l'état de l'atmosphère pour lequel il cesse d'être visible; de sorte que le renseignement consigné sur les registres des gardiens apprend seulement si le coefficient de transparence de l'atmosphère, au moment de l'observation, est supérieur ou inférieur à une certaine valeur. Cette notion isolée n'aurait pas grande importance; mais en réunissant les observations de plusieurs phares, on peut parvenir à se faire une idée assez précise des différents états de transparence nocturne par lesquels passe l'atmosphère pendant le courant d'une année.

Supposons, en effet, qu'on réunisse les observations d'un certain nombre d'années et qu'on calcule la proportion de visibilité de chaque phare observé, c'est-à-dire le rapport n entre le nombre de fois que ce phare a été vu et le nombre total d'observations. On saura ainsi, pour le lieu dont on s'occupe, pendant combien de temps, dans le cours d'une année, la transparence nocturne de l'atmosphère a été supérieure à une valeur représentée par le coefficient a , ou par la portée correspondante de la lumière unité p . Si maintenant on considère tous les phares situés dans une certaine région, on aura une série de valeurs de n et de p , et, en construisant les points qui ont ces valeurs pour coordonnées, on obtiendra

une courbe plus ou moins régulière qui pourra conduire à des conséquences intéressantes.

Les observations sur la visibilité des phares, qui se faisaient depuis longtemps sur quelques points, ont été organisées d'une manière régulière en 1859. A partir de 1863, elles ont été étendues à presque tous les phares dont les gardiens sont obligés de surveiller le feu pendant la nuit. Les moyennes ont été calculées d'abord pour les quatre premières années 1859-62, puis pour deux périodes successives de six années 1863-68 et 1869-74. Le tableau n° 23, reproduit plus loin, parmi les documents, contient, pour chaque feu observé, les résultats moyens déduits des six années 1863-68. Ce tableau ne comprend pas les feux rouges, qui constituent un cas spécial. Il ne contient pas non plus les observations faites soit sur les feux de marée, qui ne sont pas allumés constamment, soit sur les feux de direction, qui ne peuvent être aperçus avec toute leur intensité que par un observateur situé dans l'axe. Nous avons enfin supprimé un petit nombre d'observations évidemment erronées. Voici comment ce tableau a été composé : les deux premières colonnes contiennent les noms du lieu d'observation et des différents feux observés. La troisième fait connaître la transparence de l'atmosphère pour laquelle le lieu d'observation est à la limite de la portée du feu observé ; ainsi, par exemple, le feu de Gravelines, observé du phare de Dunkerque, en est éloigné de 18 570 mètres ; il a une intensité de 90 becs ; pour qu'il cesse d'être vu de Dunkerque, il faut que le coefficient de transparence de l'atmosphère soit inférieur à la valeur de a tirée de l'équation

$$90 a^{18,57} = 0,01 (18,57)^2,$$

laquelle donne $a = 0,839$, et, comme il est plus commode de définir l'état de l'atmosphère au moyen de la portée p de la lumière unité, nous résoudrons l'équation

$$(0,839)^p = 0,01 p^2,$$

de laquelle on tire $p = 5^{\text{km}},95$. C'est ce nombre qui figure dans la troisième colonne du tableau. Le relevé des observations faites à Dunkerque indiquant que le feu de Gravelines y a été vu 68 fois sur 100, ce nombre

68 se trouve inscrit dans la colonne suivante; il indique que l'atmosphère entre Gravelines et Dunkerque a eu 68 fois sur 100 une transparence nocturne supérieure à celle dans laquelle la lumière unité n'est vue que jusqu'à 5950 mètres. Les mêmes calculs doivent être faits pour tous les autres feux observés, et, comme la résolution des équations précédentes serait très-laborieuse, on peut obtenir approximativement les solutions au moyen du tableau graphique ou abaque des portées, qui est représenté par la planche V et dont nous avons indiqué la construction et l'usage.

COURBES DE VISIBILITÉ OU DE TRANSPARENCE POUR LES DIFFÉRENTES SECTIONS
DU LITTORAL.

Les chiffres qui, pour chaque feu observé, font connaître la transparence limite et la proportion de visibilité, peuvent, comme nous l'avons dit, donner lieu à une représentation graphique. La figure 1, planche VI, contient tous les résultats relatifs à la Manche et à l'Océan, de Dunkerque à Biarritz : les valeurs de p sont portées sur l'axe des x à l'échelle de 2 centimètres par kilomètre, et les valeurs de n forment les ordonnées à l'échelle de 1 millimètre par unité. On obtient ainsi plus de 200 points disséminés d'une manière assez irrégulière. Si l'atmosphère dans laquelle se font toutes ces observations avait partout une transparence obéissant à la même loi de répartition annuelle, si tous les observateurs avaient la même vue et mettaient le même soin à enregistrer leurs observations, si les feux observés conservaient une intensité constante, tous les points que nous venons de construire devraient se trouver sur une seule courbe plus ou moins sinueuse; mais on conçoit que la réalité diffère beaucoup de ces hypothèses, et les variations des divers éléments qui interviennent dans l'observation se manifestent par le déplacement des points au-dessus ou au-dessous de la position qu'ils occuperaient si tout était régulier. On reconnaît cependant, à l'inspection de la figure, qu'il est possible de tracer une courbe continue occupant une position moyenne. En groupant d'une manière convenable les points tracés sur la figure et calculant le centre de gravité de chaque groupe, on parvient à déterminer d'une manière assez précise le tracé de cette courbe.

Les observations faites dans la Méditerranée sont représentées de la même manière sur la figure 5, dont l'échelle a été réduite à moitié. Le nombre des points est beaucoup plus petit que pour l'Océan; il est néanmoins possible de tracer une courbe moyenne, et on reconnaît qu'elle diffère notablement de la précédente, la proportion de visibilité y étant beaucoup plus grande.

On est conduit à supposer qu'il doit aussi y avoir quelques différences dans la transparence de l'atmosphère depuis Dunkerque jusqu'à Biarritz; et, en effet, en partageant ce littoral en trois parties, on forme les trois courbes des figures 2, 3 et 4, qui représentent les observations de chacune de ces parties. La première s'étend depuis Dunkerque jusqu'à l'embouchure de la Seine inclusivement, la seconde va jusqu'à Lorient, et la troisième comprend le reste du littoral jusqu'à Biarritz. Ces points de séparation ne sont pas tout à fait arbitraires; ainsi nous avons d'abord voulu étendre la première partie jusque vers Saint-Malo, mais nous avons reconnu qu'au delà de la Seine, les observations s'accordaient beaucoup mieux avec celles de la seconde partie qu'avec celles de la première. Quoique le petit nombre d'observations pour une ou deux de ces figures laisse un peu d'arbitraire dans le tracé de la courbe moyenne, on voit clairement que la proportion de visibilité a une tendance à s'accroître à mesure qu'on descend vers le Midi. La courbe de la seconde partie, c'est-à-dire du Cotentin et de la Bretagne, ne diffère pas sensiblement de la courbe générale représentée sur la figure 1, à grande échelle; la courbe du nord de la Manche reste évidemment au-dessous, et celle du sud de l'Océan passe au-dessus, tout en restant bien inférieure à celle de la Méditerranée. Ces quatre courbes, relatives aux quatre parties du littoral français, sont représentées ensemble sur la figure 8, qui permet de les comparer.

La signification qu'il faut attribuer à ces différentes courbes est facile à comprendre. Si on place un observateur à l'origine des coordonnées, et une lampe unité en un point quelconque de l'axe des x , supposé de grandeur naturelle, l'ordonnée qui correspondra à la lampe indiquera combien de fois sur 100 cette lampe sera vue par l'observateur, et par suite le prolongement de l'ordonnée jusqu'au cadre supérieur marquera combien de fois sur 100 elle ne sera pas aperçue. On reconnaît ainsi sur la grande

courbe de la figure 1 qu'une lampe unité placée à 4650 mètres sera vue 9 fois sur 10, à 7150 mètres 5 fois sur 10, et à 8400 mètres 1 fois sur 10.

Le tableau n° 16 ci-dessous fait connaître les ordonnées de ces cinq courbes pour différentes valeurs correspondantes de p et de a . Si on prend les différences des ordonnées consécutives, on obtient des nombres qui représentent la proportion du temps pendant lequel la transparence de l'atmosphère se trouve comprise entre deux limites déterminées; ces différences sont inscrites dans les cinq dernières colonnes du tableau. On y voit, par exemple, que la transparence nocturne de l'atmosphère reste comprise entre les valeurs de p , $7^{\text{km}},5$ et $8^{\text{km}},0$, ou bien entre les valeurs de a , $0,926$ et $0,946$, pendant la moitié du temps dans la Méditerranée, pendant près du quart dans le sud de l'Océan, pendant le cinquième dans la Bretagne, et pendant moins du sixième dans le nord de la Manche.

TABLEAU N° 16.

Coordonnées des courbes de transparence pour les différentes sections du littoral.

PORTÉE DE LA LUMIÈRE UNITÉ, p .	COEFFI- CIENT de transpa- rence correspon- dant, a .	PROPORTION DU TEMPS PENDANT LEQUEL LE COEFFICIENT DE TRANSPARENCE NOCTURNE est supérieur à a .					DIFFÉRENCES OU PROPORTION DU TEMPS pendant lequel la transparence est comprise entre deux valeurs consécutives de a .				
		Moyenne de la Manche et de l'Océan. (1)	Nord de la Manche. (2)	Bretagne et Cotentin. (3)	Sud de l'Océan. (4)	Méditer- ranée. (5)	Moyenne de la Manche et de l'Océan. (1)	Nord de la Manche. (2)	Bretagne et Cotentin. (3)	Sud de l'Océan. (4)	Méditer- ranée. (5)
		$0^{\text{km}},0$	0,000	100,0	100	100	100	100			
$4^{\text{km}},0$	0,632	93,0	92	93	94	97	7,0	8	7	6	3
$5^{\text{km}},0$	0,758	87,0	84	87	90	96	6,0	8	6	4	1
$5^{\text{km}},5$	0,804	81,3	79	82	86	95	5,7	5	5	4	1
$6^{\text{km}},0$	0,843	74,8	71	75	81	94	6,5	8	7	5	1
$6^{\text{km}},5$	0,876	66,5	60	66	73	92	8,3	11	9	8	2
$7^{\text{km}},0$	0,903	54,5	48	54	60	86	12,0	12	12	13	6
$7^{\text{km}},5$	0,926	37,0	33	37	42	70	17,5	15	17	18	16
$8^{\text{km}},0$	0,946	18,5	18	18	19	20	18,5	15	19	23	50
$8^{\text{km}},5$	0,962	8,0	8	8	8	9	10,5	10	10	11	11
$9^{\text{km}},0$	0,977	3,0	3	3	3	4	5,0	5	5	5	5
$9^{\text{km}},5$	0,990	0,0	0	0	0	1	3,0	3	3	3	3
$10^{\text{km}},0$	1,000	0,0	0	0	0	0	0,0	0	0	0	1

Les différences inscrites dans ce tableau peuvent être représentées graphiquement, ainsi qu'on le voit sur la figure 9 pour la Méditerranée et pour la moyenne de la Manche et de l'Océan. Au milieu de chaque intervalle, entre les valeurs de p , on élève une ordonnée égale à la différence correspondante, en ayant soin de réduire convenablement les différences relatives à des intervalles plus grands que $0^{\text{km}},5$. Ces deux courbes font voir combien la répartition de la transparence nocturne se modifie quand on passe de l'Océan dans la Méditerranée. Le coefficient maximum est à peu près le même et correspond à $p=7,75$ environ. Mais il se produit bien plus fréquemment dans la Méditerranée que dans l'Océan; les coefficients qui correspondent aux valeurs de p comprises entre 4^{km} et 7^{km} sont au contraire plus fréquents dans l'Océan.

TABLEAU n° 17.

États de transparence qui correspondent à différentes proportions de visibilité dans les quatre sections du littoral.

PROPORTION DE VISIBILITÉ, <i>n.</i>	TRANSPARENCE CORRESPONDANTE.							
	NORD DE LA MANCHE,		BRETAGNE ET COTENTIN OU MOYENNE DE L'OcéAN ET DE LA MANCHE,		SUD DE L'OcéAN,		MÉDITERRANÉE,	
	<i>p.</i>	<i>a.</i>	<i>p.</i>	<i>a.</i>	<i>p.</i>	<i>a.</i>	<i>p.</i>	<i>a.</i>
0	10,00	1,000	10,00	1,000	10,00	1,000	10,00	1,000
$\frac{1}{12}$ ou 0,083	8,48	0,962	8,48	0,962	8,48	0,962	8,55	0,964
$\frac{2}{12}$ 0,167	8,06	0,948	8,06	0,948	8,09	0,949	8,13	0,950
$\frac{3}{12}$ 0,250	7,75	0,936	7,79	0,938	7,84	0,940	7,88	0,941
$\frac{4}{12}$ 0,333	7,48	0,925	7,58	0,929	7,69	0,934	7,78	0,937
$\frac{5}{12}$ 0,417	7,22	0,914	7,38	0,921	7,51	0,926	7,71	0,935
$\frac{6}{12}$ 0,500	6,93	0,900	7,15	0,910	7,31	0,918	7,65	0,932
$\frac{7}{12}$ 0,583	6,58	0,880	6,88	0,897	7,07	0,906	7,60	0,930
$\frac{8}{12}$ 0,667	6,24	0,860	6,50	0,876	6,80	0,893	7,54	0,928
$\frac{9}{12}$ 0,750	5,77	0,826	5,98	0,842	6,40	0,870	7,40	0,922
$\frac{10}{12}$ 0,833	5,12	0,770	5,35	0,791	5,77	0,826	7,12	0,909
$\frac{11}{12}$ 0,917	4,08	0,644	4,33	0,678	4,67	0,722	6,55	0,879
$\frac{12}{12}$ 1,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000

On peut former un autre tableau des coordonnées des mêmes courbes,

faisant connaître les abscisses qui correspondent à des ordonnées déterminées, c'est-à-dire les transparences qui correspondent à des proportions données de visibilité. Nous considérerons des proportions de visibilité représentées par des fractions du temps variant de $\frac{1}{12}$, parce qu'elles s'accorderont ainsi avec la durée du mois ou de 30 nuits moyennes. La courbe moyenne de l'Océan et de la Manche différant très-peu de celle de la Bretagne, nous les avons réunies dans le tableau précédent n° 17.

Les chiffres de ce tableau font très-bien comprendre comment se répartit la transparence nocturne dans le courant d'une année. On y voit, par exemple, que dans la Méditerranée la transparence reste supérieure à $a = 0,964$ ou $p = 8^{\text{km}},55$ pendant un douzième du temps ou pendant la durée de 30 nuits moyennes, qu'elle reste pendant la moitié du temps au-dessus de $a = 0,932$ ou $p = 7^{\text{km}},65$, et pendant l'autre moitié au-dessous de ces mêmes chiffres; enfin, qu'elle est inférieure à $a = 0,879$ ou $p = 6^{\text{km}},55$ pendant un douzième du temps. On aurait des conséquences analogues pour les autres parties du littoral. Ces résultats nous seront utiles lorsque nous nous occuperons de déterminer les portées des phares. Il y a peut-être lieu de prévenir une confusion possible, en faisant remarquer que l'état de transparence qui, dans ce tableau, correspond à la moitié du temps, n'est pas nécessairement le même que l'état le plus fréquent donné par l'ordonnée maximum des courbes de la figure 9. Les valeurs de p dans le dernier tableau, $p = 7^{\text{km}},15$ pour l'Océan, et $p = 7^{\text{km}},65$ pour la Méditerranée, sont celles qui, dans la figure 9, donneraient une ordonnée partageant en deux parties égales la surface de la courbe, et cette ordonnée n'est pas nécessairement la même que l'ordonnée maximum.

COURBES DE VISIBILITÉ OU DE TRANSPARENCE PAR SAISON.

Après avoir étudié la transparence nocturne de l'atmosphère au point de vue de la répartition géographique, nous allons nous occuper des variations qu'elle éprouve suivant les saisons. Le tableau général n° 23, qui donne pour tous les feux observés la proportion de visibilité annuelle, fait également connaître cette proportion pour chacune des quatre saisons mé-

téorologiques, le printemps commençant au 1^{er} mars. Les quatre dernières colonnes contiennent, en effet, les différences additives ou soustractives qu'il faut ajouter à la proportion de visibilité annuelle pour avoir celle de chaque saison. Si on groupe ensemble toutes les différences qui correspondent à une même valeur de p , ou plutôt toutes celles qui sont comprises entre les mêmes limites de p , et si on prend les moyennes, on obtient les résultats consignés dans le tableau suivant, pour l'ensemble des feux de la Manche et de l'Océan. Si ensuite on ajoute ces différences moyennes aux ordonnées de la courbe annuelle, on obtient les ordonnées des courbes des saisons.

TABLEAU N° 18.

Coordonnées des courbes de transparence de chaque saison, dans l'Océan et la Manche.

VALEURS DE p .			DIFFÉRENCES MOYENNES.				ORDONNÉES DE LA COURBE ANNUELLE.	ORDONNÉES DES COURBES DES SAISONS.			
LIMITES.		MOYENNES.	PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	HIVER.		PRINTEMPS.	ÉTÉ.	AUTOMNE.	HIVER.
km.	km.	km.									
De 0,00 à 4,00		2,00	+ 1,0	+ 1,1	+ 1,4	— 3,5	95,5	96,5	96,6	96,9	92,0
De 4,00 à 6,00		5,00	+ 2,6	+ 4,1	+ 2,3	— 9,0	87,0	89,6	91,1	89,3	78,0
De 6,00 à 7,00		6,50	+ 2,3	+ 4,2	+ 4,5	— 11,0	66,5	68,8	70,7	71,0	55,5
De 7,00 à 7,50		7,25	+ 1,7	+ 2,1	+ 5,0	— 8,8	46,2	47,9	48,3	51,2	37,4
De 7,50 à 8,00		7,75	+ 1,4	+ 1,1	+ 4,0	— 6,5	28,2	29,6	29,3	32,2	21,7
De 8,00 à 9,50		8,75	+ 0,2	+ 0,2	+ 3,2	— 3,6	5,5	5,7	5,7	8,7	1,9

Les chiffres de ces dernières colonnes permettent de construire les courbes de transparence de chacune des quatre saisons. La figure 6 représente ces quatre courbes en même temps que celle de l'année entière. La courbe de l'hiver, comme on devait s'y attendre, se trouve notablement au-dessous de la courbe annuelle, et celles des trois autres saisons sont un peu au-dessus. Ces trois dernières présentent entre elles de très-faibles différences. On peut cependant remarquer que l'automne paraît l'emporter un peu sur l'été en transparence.

Il est intéressant de rechercher si cette diminution de transparence pendant l'hiver varie beaucoup le long des côtes françaises. En répétant

le même calcul pour chacune des quatre parties du littoral que nous avons déjà considérées, on arrive aux résultats consignés dans le tableau suivant.

TABLEAU N° 19.

Coordonnées des courbes de transparence pour l'hiver, dans les quatre sections du littoral.

VALEURS DE p .			DIFFÉRENCES DE LA COURBE DE L'HIVER AVEC LA COURBE ANNUELLE.				ORDONNÉES DES COURBES ANNUELLES.				ORDONNÉES DES COURBES DE L'HIVER.			
LIMITES.		MOYENNES.	Nord de la Manche.	Bre- tagne et Co- tentin.	Sud de l'Océan.	Méditer- ranée.	Nord.	Bre- tagne.	Sud.	Méditer- ranée.	Nord.	Bre- tagne.	Sud.	Médi- ter- ranée.
km.	km.	km.												
De 0,00 à 4,00		2,00	- 4,2	- 1,1	- 5,4	0,0	95,0	95,0	95,0	98,0	90,8	93,9	90,6	98,0
De 4,00 à 6,00		5,00	- 10,7	- 3,8	- 12,2	- 0,8	84,0	87,0	90,0	96,0	73,3	83,2	77,8	95,2
De 6,00 à 7,00		6,50	- 15,2	- 5,9	- 16,2	- 0,8	60,0	66,0	73,0	92,0	44,8	60,1	56,8	91,2
De 7,00 à 7,50		7,25	- 13,4	- 5,9	- 12,2	- 3,4	40,5	45,5	51,0	78,0	27,1	39,6	38,8	74,6
De 7,50 à 8,00		7,75	- 9,0	- 3,0	- 14,5	- 8,2	25,5	27,5	30,0	45,0	16,5	24,5	15,5	36,8
De 8,00 à 9,00		8,75	"	- 2,3	"	- 1,6	"	5,5	"	6,5	"	3,2	"	4,9

On voit par ce tableau que les différences entre la courbe de l'hiver et la courbe annuelle varient beaucoup d'une section à l'autre du littoral. Dans la Méditerranée, l'écart est moins grand que dans l'Océan, et, parmi les trois sections de l'Océan, c'est dans celle de la Bretagne que la courbe de l'hiver s'éloigne le moins de celle de l'année. La section du sud de l'Océan est, au contraire, celle qui donne les plus grandes différences. La proportion dans laquelle l'hiver diminue la transparence moyenne de l'année varierait à peu près comme les chiffres 4, 2, 5, 1 pour les sections du littoral, lorsqu'on passe du nord de la Manche à la Bretagne, au sud de l'Océan et à la Méditerranée. Ce résultat n'est pas tout à fait celui qu'on aurait pu prévoir.

Les différences inscrites dans le tableau doivent être retranchées des ordonnées de la courbe annuelle relative à chaque section; on obtient alors les ordonnées des courbes de transparence pendant l'hiver. Ces quatre courbes sont représentées sur la figure 7. La courbe de l'été dans l'Océan, si on la reproduisait sur la même figure, se trouverait bien au-dessous de celle de l'hiver de la Méditerranée.

UTILITÉ DES OBSERVATIONS DE VISIBILITÉ POUR LA SURVEILLANCE DU SERVICE.

Les deux dernières colonnes du tableau général n° 23 permettent de reconnaître si les observations enregistrées dans chaque phare sont faites avec soin ; elles fournissent en même temps un moyen de vérifier, jusqu'à un certain point, si les feux observés sont entretenus par les gardiens avec toute l'intensité qu'ils doivent avoir. Prenons en effet, sur la courbe de visibilité annuelle, l'ordonnée qui correspond à chacun des coefficients de transparence p inscrits dans la troisième colonne du tableau ; nous aurons la proportion de visibilité annuelle qui aurait dû être observée, si toutes les circonstances avaient été celles qu'on a supposées. Ces ordonnées sont inscrites dans l'avant-dernière colonne du tableau n° 23, et les différences qu'elles présentent avec les résultats de l'observation composent la dernière colonne ; une différence positive signifie que le feu a été vu plus souvent que ne l'indique la courbe moyenne de visibilité ; c'est le contraire pour une différence négative.

Lorsque tous les feux observés d'un même phare sont vus plus souvent que ne l'indique la courbe moyenne, on peut regarder comme probable que les gardiens de ce phare ont une vue plus perçante que celle qui correspond au coefficient $\lambda = 0,01$, ou bien qu'ils mettent plus de soin à découvrir les feux lorsqu'ils sont peu visibles ; c'est le contraire lorsque l'ensemble des feux observés est vu moins souvent qu'il ne faudrait.

Si on réunit les chiffres relatifs à un même feu observé, et si on reconnaît que ce feu est généralement vu plus souvent ou moins souvent que ne l'indique la courbe moyenne, on peut en conclure avec une certaine probabilité que ce feu présente habituellement une intensité supérieure ou inférieure à celle qu'on a supposée.

On conçoit que si, à la suite de remarques de cette espèce, on parvient à faire faire les observations sur la visibilité avec un peu plus de soin et surtout avec plus d'uniformité, on arrivera à des résultats assez concordants pour permettre d'exercer un certain contrôle sur la manière dont sont habituellement tenues les flammes qui illuminent les différents phares.

FEUX ROUGES.

Nous ne nous sommes occupé jusqu'ici que des observations faites sur les feux blancs. Celles qui concernent les feux rouges sont moins nombreuses et donnent des résultats encore moins concordants que ceux qui sont relatifs aux feux blancs. Cela tient aux nombreuses causes d'erreur que nous avons déjà signalées, aux différences de teinte que présentent les verres employés pour colorer les feux et surtout à l'action très-variable des brouillards sur une lumière colorée.

La question principale qu'il s'agit de résoudre consiste à calculer la portée lumineuse des feux rouges, ou à déterminer le coefficient de réduction qu'il faut appliquer à l'intensité de la flamme, pour tenir compte de l'absorption par le verre coloré.

Des expériences ont été faites au Dépôt des phares pour obtenir directement ce coefficient, en mesurant au photomètre une lumière, d'abord blanche, et ensuite colorée par l'interposition d'un verre rouge. Ces mesures sont difficiles à prendre et présentent un peu d'incertitude, à cause de la différence des teintes dont il s'agit de comparer l'intensité. Les résultats de ces expériences ont été déjà insérés dans le mémoire publié en 1864 par M. l'inspecteur général Reynaud sur l'éclairage des côtes de France. Les chiffres suivants font connaître les rapports moyens entre la lumière colorée en rouge par un verre et la même lumière blanche; ils varient beaucoup avec la nature du verre.

Verre rouge à l'or, donnant une teinte rose carminé	0,26
Verre rouge à l'argent ordinaire, donnant une teinte rouge orangé.	0,19
Verre rouge à l'argent plus foncé.	0,09
Verre rouge au cuivre ordinaire, donnant une teinte rouge pourpre.	0,05
Verre rouge au cuivre très-foncé.	0,02

Les mesures ont été prises par le procédé photométrique ordinaire, l'observateur regardant la plaque du photomètre à 0^m,20 environ de distance. On a constaté à cette occasion un fait qui est intéressant au point de vue physiologique, mais qui jette de l'incertitude sur les résultats pho-

tométriques obtenus. Lorsque l'observateur s'éloigne du photomètre, les deux teintes, l'une rouge et l'autre blanche, dont les intensités avaient été égalisées, ne restent pas équivalentes, la bande rouge l'emportant de plus en plus sur l'autre à mesure que la distance augmente. Si l'observateur égalise de nouveau les teintes en se plaçant à différentes distances du photomètre, les coefficients qu'il obtient pour représenter l'intensité relative de la lumière colorée vont en augmentant. Voici, par exemple, ce que donnent les verres rouges ordinaires à l'argent et au cuivre :

L'observateur étant, comme ci-dessus, à 0 ^m ,20 du photomètre	0,19	0,05
L'observateur s'éloignant à	2 ^m ,00	0,25 0,07
	4 ^m ,00	0,32 0,09
	6 ^m ,00	0,40 0,12
	8 ^m ,00	0,41 0,15

Les expériences photométriques conduisent donc à des résultats très-variables suivant les circonstances dans lesquelles on opère. Le verre rouge désigné ci-dessus comme verre au cuivre ordinaire est celui qu'on emploie le plus habituellement; le coefficient de réduction qui lui est applicable varie de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{7}$ environ, selon la distance de l'observateur au photomètre. Il est difficile de conclure de là l'effet que produira une lumière rouge vue à grande distance, à 20 ou 30 kilomètres par exemple.

D'autres expériences, faites à l'extérieur du Dépôt, ont fait reconnaître que, si plusieurs lumières, l'une blanche, les autres colorées en rouge et en vert, ont été préparées de manière à donner au photomètre des intensités sensiblement égales, l'effet qu'elles produisent sur un observateur qui s'en éloigne jusqu'à 1 ou 2 kilomètres varie beaucoup de l'une à l'autre; l'intensité du feu rouge paraît supérieure à celle de la lumière blanche, le vert lui paraît au contraire inférieur; et la différence est d'autant plus sensible qu'on s'éloigne davantage. Ce résultat s'accorde avec le fait bien connu que, dans une atmosphère légèrement brumeuse, les feux blancs paraissent quelquefois un peu rougeâtres, et on les explique l'un et l'autre en supposant que l'atmosphère absorbe un peu moins les rayons rouges que les autres. Il y a donc lieu de croire que le coefficient par lequel il faut multiplier l'intensité d'une lumière blanche pour tenir

compte de sa coloration en rouge doit être, pour une grande distance, supérieur à celui qu'on trouve par le photomètre. Les observations faites dans les phares sur la visibilité des feux rouges vont nous donner quelques renseignements sur ce sujet.

Ces observations font connaître, comme pour les feux blancs, combien de fois sur 100 chaque feu rouge a été vu dans le cours d'une année. Supposons qu'un feu rouge, produit par une lumière blanche d'intensité L , soit à la distance d de l'observateur et qu'il ait été vu n fois sur 100. En consultant la courbe de visibilité des feux blancs pour la région dans laquelle on se trouve, on reconnaît que cette proportion de visibilité n correspond à un état de transparence de l'atmosphère défini par une certaine valeur de p , ou par la valeur correspondante de a tirée de l'équation $a^p = 0,01 p^2$. Il est alors facile de déterminer l'intensité l d'un feu blanc qui, placé à la même distance d , serait vu le même nombre de fois n ; il suffit que ce feu blanc ait, dans l'atmosphère dont la transparence est a , une portée égale à d ; on a donc

$$l = \frac{0,01 d^2}{a^a};$$

le coefficient de réduction cherché est alors égal à $\frac{l}{L}$.

Ainsi par exemple, l'éclat rouge du phare de Fatouville a été vu 82 fois sur 100 par les observateurs des phares de la Hève. Ce nombre 82 correspond, sur la courbe de la figure 2, à $p = 5,25$; la distance de Fatouville à la Hève est de 21 460 mètres. En résolvant les deux équations ci-dessus indiquées, ou mieux en se servant du tableau des portées, planche V, dont nous avons donné la composition, on trouve 890 becs pour l'intensité d'un feu blanc qui aurait une portée de 21 460 mètres dans une atmosphère définie par $p = 5,25$; et ce feu blanc, placé à la même distance que Fatouville, serait vu le même nombre de fois, d'après la courbe de visibilité des feux blancs. L'intensité du feu blanc qui, à l'époque dont il s'agit, produisait l'éclat de Fatouville étant de 3800 becs, le coefficient de réduction est $\frac{890}{3800} = 0,23$.

Les coefficients calculés ainsi pour chacune des observations faites sur les feux rouges présentent de telles différences qu'il est difficile d'en rien conclure de précis; nous les reproduisons cependant, à titre de renseigne-

ment, dans le tableau n° 24, qui se trouve parmi les documents. Leur moyenne générale est 0,22 ou environ $\frac{1}{5}$, mais on ne doit considérer ce chiffre que comme une indication provisoire. On peut espérer que les observations qui se poursuivent donneront dans l'avenir des résultats plus concordants, surtout si on parvient à faire disparaître quelques-unes des causes d'erreur. Mais en attendant il faut adopter un chiffre pour calculer les portées des feux rouges, et le coefficient $\frac{1}{5}$ paraît être le plus convenable.

Quant aux feux verts, nous savons que leur portée est moindre que celle des feux rouges dont la lumière blanche a la même intensité, et nous avons adopté un coefficient de réduction de $\frac{1}{8}$, qui paraît résulter de quelques observations.

IV

PORTÉE DES PHARES.

DÉFINITION DES DIFFÉRENTES PORTÉES.

La plus grande distance à laquelle une lumière peut être aperçue dépend de l'état de transparence de l'atmosphère, puisqu'elle s'obtient en résolvant, par rapport à d , l'équation

$$La^d = \lambda d^2.$$

Le coefficient λ représente la limite d'intensité lumineuse perceptible par l'observateur à l'unité de distance, dans le vide; il peut être supposé égal à 0,01. Quant au coefficient de transparence a , nous venons de voir qu'il varie, dans le cours d'une année, entre des limites très-étendues. La portée d'un phare est donc une expression tout à fait relative, et lorsque, dans les renseignements fournis aux navigateurs, on lui assigne une valeur déterminée, c'est qu'on a fait une convention en choisissant un certain coefficient de transparence pour lequel cette portée est calculée.

Reprenons les coefficients de transparence qui, d'après le tableau n° 17, correspondent à différentes fractions de l'année, variant par douzièmes, et calculons, pour chacun de ces coefficients, les portées de différentes intensités lumineuses, en choisissant, par exemple, les feux fixes des cinq ordres de phares, un feu fixe électrique et un éclat électrique. Nous obtenons les chiffres compris dans le tableau suivant, et représentés par les figures 10 et 11 de la planche VI.

TABLEAU N° 20.

Portées relatives à différentes fractions de l'année.

FRACTIONS DE L'ANNÉE.	COEFFICIENTS,		PORTÉES, EN MILLES MARINS, DES FEUX AYANT UNE INTENSITÉ DE						
	<i>a</i>	<i>p</i>	14 ^b	59 ^b	224 ^b	463 ^b	978 ^b	4500 ^b	60 000 ^b
OCÉAN.									
0	1,000	10,00	20,2	41,5	80,9	116,3	160,0	363,0	1324,0
$\frac{1}{12}$	0,962	8,48	12,8	20,0	28,4	34,0	38,9	52,9	78,3
$\frac{2}{12}$	0,948	8,06	11,6	17,7	24,6	28,9	32,9	44,0	62,6
$\frac{3}{12}$	0,938	7,79	10,8	16,2	22,1	25,9	29,2	38,6	54,5
$\frac{4}{12}$	0,929	7,58	10,1	15,0	20,1	23,5	26,4	34,6	48,6
$\frac{5}{12}$	0,921	7,38	9,7	14,1	18,9	22,1	24,7	32,1	44,8
$\frac{6}{12}$	0,910	7,15	9,1	13,2	17,4	20,0	22,5	28,8	40,2
$\frac{7}{12}$	0,897	6,88	8,6	12,2	15,9	18,4	20,5	26,3	36,4
$\frac{8}{12}$	0,876	6,50	7,8	10,9	14,2	16,1	17,9	22,6	30,7
$\frac{9}{12}$	0,842	5,98	6,8	9,4	11,8	13,5	14,9	18,6	24,8
$\frac{10}{12}$	0,791	5,35	5,7	7,7	9,6	10,9	11,9	14,7	19,5
$\frac{11}{12}$	0,678	4,33	4,3	5,6	6,9	7,7	8,3	10,0	12,9
$\frac{12}{12}$	0,000	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MÉDITERRANÉE.									
0	1,000	10,00	20,2	41,5	80,9	116,3	160,0	363,0	1324,0
$\frac{1}{12}$	0,964	8,55	13,0	20,8	29,4	35,4	40,5	55,1	83,7
$\frac{2}{12}$	0,950	8,13	11,7	17,9	24,8	29,4	33,8	44,8	64,8
$\frac{3}{12}$	0,941	7,88	11,0	16,5	22,7	26,4	30,1	39,7	56,7
$\frac{4}{12}$	0,937	7,78	10,7	16,0	21,9	25,5	28,8	38,2	54,5
$\frac{5}{12}$	0,935	7,75	10,5	15,7	21,4	25,1	28,1	37,0	51,8
$\frac{6}{12}$	0,932	7,65	10,4	15,3	20,8	24,3	27,1	35,6	50,2
$\frac{7}{12}$	0,930	7,60	10,3	15,1	20,4	23,8	26,8	35,1	49,1
$\frac{8}{12}$	0,928	7,54	10,2	14,8	19,9	23,2	26,0	34,0	47,5
$\frac{9}{12}$	0,922	7,40	9,9	14,3	19,2	22,5	25,0	32,6	45,4
$\frac{10}{12}$	0,909	7,12	9,1	13,1	17,3	19,9	22,3	28,6	39,7
$\frac{11}{12}$	0,879	6,55	7,8	11,1	14,3	16,3	18,1	22,8	25,9
$\frac{12}{12}$	0,000	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pour donner une idée exacte de ce que signifient les chiffres de ce tableau, on peut dire qu'ils indiquent à quelle distance de chaque feu la

probabilité de l'apercevoir est égale à une fraction donnée. Considérons, par exemple, un feu fixe de premier ordre ayant une intensité de 878 becs et situé dans l'Océan; à une distance de 8 milles $\frac{3}{10}$, la probabilité qu'il sera visible est de $\frac{11}{12}$, c'est-à-dire que, dans le cours d'une année, on l'apercevra à cette distance 11 fois sur 12 en moyenne; à une distance de 11^{mil},9, la probabilité deviendra $\frac{10}{12}$, c'est-à-dire qu'on l'apercevra 10 fois sur 12, et ainsi de suite; à 20^{mil},5, on le verra 7 fois sur 12; à 22^{mil},5, 6 fois sur 12; à 38^{mil},9, 1 fois sur 12 en moyenne. Il en serait de même pour les autres feux.

Cela posé, il paraît naturel de prendre, pour la portée ordinaire ou moyenne d'un phare, la distance à laquelle les navigateurs ont une probabilité de l'apercevoir égale à $\frac{1}{2}$ en moyenne, ce qui veut dire, en d'autres termes, que, sur 100 navigateurs qui se trouveront, dans le cours d'une année, à une distance du phare égale à la portée moyenne, il y en a environ 50 qui verront le feu et 50 qui ne le verront pas.

Cette portée est la seule qu'on indique dans le livret des phares, parce que c'est la plus importante à connaître; mais il est souvent utile de considérer celles qui correspondent à d'autres fractions de l'année, c'est-à-dire à d'autres états de transparence de l'atmosphère; on peut être bien aise, par exemple, de savoir à quelles distances le feu est visible par un temps clair ou par un temps brumeux. Mais pour donner à ces expressions un sens précis, il faut indiquer les états de transparence qu'elles représentent, et nous avons admis qu'on pouvait choisir ceux qui, dans le tableau n° 17, correspondent aux fractions de l'année $\frac{1}{12}$ et $\frac{11}{12}$. Ainsi, dans l'Océan, nous appellerons temps clair celui qui est défini par les coefficients $p=8,48$ ou $a=0,962$, et qui est tel que la transparence de l'atmosphère reste supérieure à cette valeur pendant $\frac{1}{12}$ de l'année; la portée de chaque feu, calculée pour ce temps clair, représente la distance à laquelle le feu n'est visible qu'une fois sur 12 en moyenne. De même nous appellerons temps brumeux celui qui est défini par $p=4,33$ ou $a=0,678$, parce que la transparence de l'air reste supérieure à ces chiffres pendant les $\frac{11}{12}$ de l'année; à la distance que représente la portée calculée pour ce temps brumeux, le feu est visible 11 fois sur 12 en

moyenne dans le courant de l'année. L'état général des phares dont nous parlerons plus loin contient, outre la portée moyenne, celles qui correspondent à ces deux hypothèses.

COEFFICIENTS DE TRANSPARENCE ADOPTÉS POUR LE CALCUL DES PORTÉES.

A la suite des premières années d'observation sur la visibilité des phares, nous avons tracé approximativement la courbe de transparence pour l'ensemble du littoral et déterminé les valeurs suivantes des coefficients propres à représenter ces trois états de l'atmosphère :

Pour le temps brumeux	$p = 4,9$
Pour le temps ordinaire ou moyen	$p = 7,0$
Pour le temps clair	$p = 8,6$

C'est au moyen de ces coefficients qu'ont été calculées jusqu'à présent les portées des phares.

Les nouvelles valeurs déterminées au moyen d'un plus grand nombre d'observations varient, comme nous l'avons vu, pour les différentes sections du littoral; nous les reproduisons ici, d'après le tableau n° 17 :

Pour le nord de la Manche	$p = 4,08$	6,93	8,48
Pour la Bretagne	$p = 4,33$	7,15	8,48
Pour le sud de l'Océan	$p = 4,67$	7,31	8,48
Pour la Méditerranée	$p = 6,55$	7,65	8,55

Il y aurait quelque inconvénient à adopter des nombres différents pour chacune de ces sections du littoral. Les trois premières surtout diffèrent trop peu entre elles, et la question ne comporte pas d'ailleurs assez de précision pour qu'il soit nécessaire de les distinguer dans la pratique. Si on adoptait pour ces trois parties, qui composent le littoral de l'Océan, les coefficients anciennement déterminés, on aurait l'avantage, en conservant les calculs déjà faits, de rendre plus facile la comparaison entre le nouveau système d'éclairage et l'ancien. L'adoption de ces trois coefficients, $p = 4,9$, $p = 7,0$, $p = 8,6$, aurait pour conséquence de modifier un peu les fractions du temps que nous avons admises pour définir les trois états de

l'atmosphère. Ainsi les portées calculées avec le coefficient $p=7,0$, au lieu de correspondre exactement à une proportion de visibilité 0,50, donneraient 0,48 pour le nord de la Manche, 0,55 pour la Bretagne, 0,61 pour le sud de l'Océan; de sorte qu'à la distance de ces portées les feux seraient vus un peu moins souvent que la moitié du temps dans le nord, un peu plus souvent dans la Bretagne et le sud; mais les différences sont peu importantes, et nous ne voyons pas d'inconvénient à conserver les anciens coefficients pour tout l'Océan.

Il n'en est pas de même pour la Méditerranée, dont les coefficients présentent des différences assez considérables. Nous avons déjà constaté ces différences lors des anciens calculs; mais le peu d'observations dont on disposait à ce moment n'avait pas permis de tracer convenablement la courbe relative à la Méditerranée, et on avait adopté partout les mêmes coefficients. Cette courbe est aujourd'hui assez bien déterminée, et il paraît convenable de calculer pour cette partie du littoral des portées spéciales. Le coefficient relatif aux portées moyennes ayant été fixé pour l'Océan à $7^{\text{km}},0$ au lieu de $7^{\text{km}},15$, qui est sa véritable valeur, nous prendrons de même dans la Méditerranée une valeur un peu inférieure, soit $7^{\text{km}},50$ au lieu de $7^{\text{km}},65$. Quant aux deux autres coefficients, ils peuvent être fixés à $6^{\text{km}},5$ et $8^{\text{km}},6$, ce dernier étant le même que dans l'Océan. Le tableau n° 21, ci-après, réunit ces différents coefficients.

CALCUL DES PORTÉES AU MOYEN DE TABLES NUMÉRIQUES.

Le calcul des trois portées de chacun des feux du littoral peut se faire au moyen du tableau graphique de la planche V; mais comme ici le nombre des valeurs du coefficient de transparence est très-restreint, il est préférable d'employer des tables numériques calculées d'avance. Ces tables sont données ci-après parmi les documents, tableau n° 25. Les deux premières font connaître l'intensité en fonction de la portée; l'une est relative aux temps de brouillard, pour lesquels les valeurs du coefficient p varient de 25 mètres à 3 kilomètres; l'autre comprend les états de l'atmosphère qui viennent d'être définis, pour l'Océan et la Méditerranée, sous les noms de temps brumeux, temps moyen, temps clair, et

qui correspondent aux cinq valeurs de p : $4^{\text{km}},9$, $6^{\text{km}},5$, $7^{\text{km}},0$, $7^{\text{km}},5$, $8^{\text{km}},6$. Cette seconde table est celle dont on se sert lorsqu'il s'agit de calculer l'intensité d'un feu qui doit avoir une portée déterminée. La première peut être utile pour résoudre certaines questions, et elle fait voir dans quelle énorme proportion il faudrait augmenter l'intensité lumineuse si l'on voulait dépasser une certaine limite de portée dans les temps de brouillard. Ainsi, par exemple, dans une atmosphère qui empêche d'apercevoir une lampe unité au delà de 500 mètres, une flamme de 1600 becs a une portée de 1000 mètres. Si on voulait augmenter cette portée de $\frac{1}{5}$ ou de $\frac{3}{5}$, il faudrait employer une lumière de 25 000 becs ou de 370 000 becs; pour la doubler il faudrait plus de 1 milliard de becs.

La troisième table donne la portée en fonction de l'intensité; elle a été calculée, comme la seconde, pour les états de l'atmosphère désignés sous les noms de temps brumeux, temps moyen, temps clair, dans l'Océan et dans la Méditerranée; elle sert à déterminer les portées des phares dont l'intensité est connue.

TABLEAU N° 21.

Coefficients de transparence adoptés pour le calcul des tables.

ÉTATS DE TRANSPARENCE DE L'ATMOSPHÈRE.			FRACTION DE L'ANNÉE pendant laquelle la transparence de l'atmosphère est supérieure à celle qui est définie ci-contre.	
— log a .	COEFFICIENT DE TRANSPARENCE nocturne, a .	PORTÉE DE LA LUMIÈRE unité, p .	Océan.	MÉDITERRANÉE.
0,000 00	1,000	$10^{\text{km}},0$	0,00	0,00
0,015 02	0,966	8 ,6	0,07 temps clair.	0,10 temps clair.
0,033 32	0,926	7 ,5	0,37	0,70 temps moyen.
0,044 31	0,903	7 ,0	0,55 temps moyen.	0,86
0,057 56	0,876	6 ,5	0,66	0,92 temps brumeux.
0,126 68	0,747	4 ,9	0,88 temps brumeux.	0,96
0,348 59	0,448	3 ,0	0,94	0,97
0,698 97	0,200	2 ,0	0,95	0,98
2,000 00	0,010	1 ,0	0,97	0,99
5,204 12	"	0 ,5	0,98	"
40,000 00	"	0 ,1	0,99	"
208,164 80	"	0 ,025	"	"

Les valeurs de $-\log a$ qui ont servi à calculer les tables sont indiquées dans le tableau précédent n° 21, avec les valeurs correspondantes des coefficients a et p , exprimées à moins d'un millième près pour le premier, et à moins d'un hectomètre près pour le second. Les dernières colonnes indiquent, pour l'Océan et la Méditerranée, les fractions de l'année pendant lesquelles la transparence nocturne de l'atmosphère est supérieure à celles que représentent ces coefficients. Pour les trois états principaux de l'atmosphère, temps clair, temps moyen, temps brumeux, ces fractions diffèrent un peu, ainsi que nous l'avons expliqué, des fractions $\frac{1}{12}$, $\frac{6}{12}$, $\frac{11}{12}$, qui avaient été admises comme définissant ces trois états.

COMPOSITION DU TABLEAU GÉNÉRAL DONNANT LES INTENSITÉS ET LES PORTÉES
DES PHARES DU LITTORAL.

Le tableau général qui termine ce travail et qui en forme la conclusion donne l'énumération de tous les phares allumés sur le littoral de la France. Ces phares sont groupés selon l'ordre auquel ils appartiennent et la nature de l'appareil qui les illumine. Pour chaque groupe, le tableau comprend la description sommaire de l'appareil optique, l'intensité lumineuse produite par l'ensemble de cet appareil, ou, s'il y a lieu, par chacune de ses parties, et enfin les portées qui correspondent à ces intensités.

Nous donnons, dans un tableau spécial, les phares de l'Algérie qui figurent sur l'état général de l'éclairage et du balisage des côtes de France publié par l'Administration des travaux publics. Ces phares sont encore illuminés à l'huile de colza; pour déterminer leurs intensités, nous avons dû reprendre les résultats que nous avons précédemment calculés par la méthode indiquée dans ce mémoire. Le tableau n° 26, placé ci-après parmi les documents, donne les intensités pratiques des lentilles éclairées à l'huile de colza; il forme le complément du tableau n° 11, relatif à l'huile minérale.

Les intensités des appareils se déduisent de ces deux tableaux au moyen de calculs assez simples, dont on a vu précédemment des exemples, et dont nous croyons devoir présenter un résumé complet dans les tableaux n°s 27 et 28, relatifs, l'un à l'huile minérale, l'autre à l'huile de

colza. Ces intensités calculées sont celles qui figurent dans les deux derniers tableaux n^{os} 29 et 30.

La première colonne de ces tableaux fait connaître le caractère du feu et les particularités que présente l'appareil quand il n'est pas conforme au type habituel. La colonne suivante est consacrée aux intensités lumineuses. Quelques phares ne produisent qu'une seule intensité, comme les feux fixes, les feux à éclipses complètes, les feux scintillants. D'autres en présentent deux, comme les feux dits à éclipses, dans lesquels un feu fixe persiste entre les éclats; ces deux intensités sont alors inscrites l'une au-dessus de l'autre, la première s'appliquant à l'éclat et la seconde au feu fixe. D'autres phares présentent trois intensités; ce sont les feux fixes variés par des éclats précédés et suivis de courtes éclipses. Ces trois intensités sont inscrites dans la même colonne, et il est facile de reconnaître que la plus forte s'applique à l'éclat, celle qui vient ensuite au feu fixe produit par l'appareil entier, et la plus faible au petit feu fixe qui paraît pendant les courtes éclipses.

Les trois colonnes suivantes contiennent les portées optiques qui correspondent à chacune des intensités inscrites dans la précédente, et ces portées sont calculées pour les trois états de l'atmosphère déjà définis.

C'est enfin dans la dernière colonne que se trouvent les noms de tous les phares qui ont le même appareil, et auxquels s'appliquent les chiffres d'intensités et de portées inscrits en regard.

DOCUMENTS.

NOTE

LES LES CARTES EMPLOYERS DES LES PHARES

DOCUMENTS.

DOCUMENTS.

NOTE

SUR LES LAMPES EMPLOYÉES DANS LES PHARES.

Les phares sont actuellement partagés en cinq ordres, suivant le diamètre de l'appareil optique qui leur est affecté. Les phares de

5° 4° 3° 2° 1^{er} ordre

sont ceux dont les appareils ont un diamètre de

0^m,30 0^m,50 1^m,00 1^m,40 1^m,84.

Le cinquième ordre comprend aussi des appareils de 0^m,375 de diamètre et, par exception, quelques petits appareils de 0^m,25 et 0^m,20.

Les dimensions des flammes doivent en général croître avec la distance focale des lentilles au foyer desquelles elles sont placées, afin de maintenir la divergence dans des limites convenables. On a donc affecté à chacun des cinq ordres d'appareils des becs de lampe dont le diamètre extérieur et le nombre de mèches vont en augmentant depuis le cinquième jusqu'au premier. Les diamètres de ces becs sont de

3 5 7 9 11 centimètres,

et le nombre des mèches circulaires qu'ils contiennent est

1 2 3 4 5.

Les mèches de même rang à partir du centre ont, dans tous les becs,

le même diamètre. Chaque mèche est contenue entre deux cylindres de cuivre mince espacés de 5 millimètres, et elle est séparée de la mèche voisine par un vide annulaire de 5 millimètres de largeur, destiné à l'ascension de l'air froid; l'épaisseur du métal est prise du côté de la mèche. Le diamètre moyen des mèches est ainsi de

105 85 65 45 25 millimètres,

et la somme des longueurs développées des mèches dans chaque bec est de

1021 691 424 220 78 millimètres.

Les becs à une mèche sont placés, soit sur des lampes à niveau constant, soit sur des lampes à réservoir inférieur.

Les lampes à niveau constant sont généralement employées pour les réflecteurs photophores ou sidéraux; leur réservoir se place naturellement derrière le photophore ou dans l'angle mort du sidéral. Les lampes pour l'huile minérale dont on se sert aujourd'hui sont les mêmes que les anciennes, si ce n'est que le réservoir est disposé de manière que le niveau de l'huile se maintienne à 4 centimètres environ au-dessous du sommet du bec au lieu de s'élever jusqu'à 5 millimètres en contre-bas de ce sommet, comme cela avait lieu pour l'huile de colza.

La lampe à réservoir inférieur est fondée sur la propriété que présente l'huile minérale d'être aspirée par l'action capillaire de la mèche plus abondamment et à une plus grande hauteur que l'huile de colza. La première lampe de cette espèce dont on ait fait usage se nommait lampe Maris, du nom du constructeur; elle a été successivement modifiée et améliorée au Dépôt des phares. Celle dont on se sert aujourd'hui est représentée par la figure 2 de la planche VII. Elle se compose d'un réservoir cylindro-conique disposé de manière à rapprocher autant que possible la masse d'huile du sommet du bec, sans cependant arrêter la marche des rayons lumineux que la flamme envoie vers les anneaux inférieurs de l'appareil optique. Ce réservoir a 0^m,156 de diamètre maximum, et sa contenance est d'environ 1^{lit},2. Il est porté sur un pied dont la base a un diamètre de 0^m,109, et dont l'intérieur creux reçoit les gouttes ou les

suintements d'huile. La hauteur totale de la lampe jusqu'au disque, dont nous parlerons plus loin, est de $0^m,240$.

La mèche plonge dans l'huile du réservoir ; elle est montée sur un tube en cuivre auquel elle est fixée par son extrémité inférieure. Une crémaillère et un bouton extérieur placé au-dessous du réservoir servent à élever ou abaisser ce tube et par suite la mèche elle-même. Pour faciliter la mise en place de la mèche, il a été ménagé dans son conduit une petite coulisse destinée à guider la crémaillère du porte-mèche.

Le bec est à double courant d'air. Le courant extérieur, qui passe entre la cheminée et le bec, est divisé en deux par un tube cylindrique fixe, le long duquel glisse la robe de la cheminée. Ce tube descend, à travers le réservoir d'huile, jusque dans la cavité qui est formée par le pied de la lampe et dans laquelle l'air extérieur pénètre librement ; il se termine en haut par une partie recourbée intérieurement, de manière à rejeter plus complètement l'air sur l'origine de la flamme. Le courant d'air intérieur passe par le tube creux qu'enveloppe la mèche, et qui descend comme le premier jusque dans le pied de la lampe. Il est surmonté d'un petit disque horizontal qui a, comme le tube, $0^m,02$ de diamètre et qui est maintenu à 13 millimètres au-dessus du bec par une tige occupant l'axe du tube. Ce disque a pour but de diriger l'air sur la flamme que produit la mèche et d'activer la combustion. On a cherché à lui faire remplir plus complètement cet objet en le perceant d'un trou central, et en employant une tige creuse, de manière à donner au-dessus du disque un petit courant d'air destiné à compléter la combustion de la partie centrale du haut de la flamme. Dans ce cas, la tige du disque a toute la hauteur du tube et se termine en bas par une partie évasée qui facilite l'introduction de l'air, et qui a aussi pour but de nettoyer la paroi intérieure du tube chaque fois qu'on enlève le disque ou qu'on le remet en place. Cette disposition paraît donner des résultats avantageux et est appliquée dans les lampes qu'on construit maintenant. Une autre modification a été essayée ; elle consiste à placer un deuxième disque, plus étroit que le premier, à 10 ou 12 millimètres au-dessus, en le soutenant par une tige creuse percée de trous. Ce système, qui est indiqué à côté de la figure 2, améliore la partie supérieure de la flamme et en augmente un

peu l'intensité; mais dans les appareils optiques, le disque supérieur produirait un effet nuisible si la flamme venait à baisser, et cette disposition n'est point encore entrée dans la pratique.

Pour les becs à deux mèches, le système des lampes à niveau constant est le plus généralement employé. Cependant, lorsqu'il s'agit d'un appareil éclairant tout l'horizon, le réservoir latéral produirait une occultation, et l'on a recours aux lampes à réservoir inférieur, dont on augmente convenablement la capacité. Ces lampes, à deux mèches, ont $0^m,315$ de hauteur, y compris le disque, et leur base a $0^m,130$ de diamètre. Le réservoir, dont la forme cylindro-conique est calculée de manière à ne pas masquer les anneaux inférieurs des appareils, a $0^m,200$ de diamètre et une contenance de 3 litres; le disque placé à l'intérieur de la flamme se trouve à $0^m,015$ au-dessus du bec.

Les lampes à réservoir inférieur sans mécanisme, avec bec à 1 et à 2 mèches, peuvent aussi être utilisées avec les réflecteurs. Le réservoir est alors placé derrière le réflecteur et présente des dimensions horizontales aussi grandes que possible par rapport à la hauteur; il communique avec le bec par un tube recourbé muni d'un robinet à trois voies.

Dans ce système de lampes, le niveau s'abaissant à mesure que l'huile est consommée, l'intensité lumineuse de la flamme va un peu en diminuant; mais, d'un autre côté, la flamme est plus tranquille et reste plus régulière qu'avec les lampes à niveau constant; cela tient peut-être à ce que, dans ces dernières, le jeu du vase de Mariotte qui entretient le niveau produit à chaque instant une petite oscillation qui a pour effet d'agiter un peu la flamme. Les lampes à réservoir inférieur employées dans le service des phares sont fabriquées par M. Luchaire, lampiste à Paris.

Les becs à 3, 4 et 5 mèches à huile minérale sont employés sur les anciennes lampes à mouvement d'horlogerie ou à poids intérieur. La figure 3 représente l'élévation générale d'une lampe de premier ordre, et la figure 4 la coupe d'un bec à 5 mèches; ceux de deuxième et de troisième ordre, qui ont 4 et 3 mèches, offrent des dispositions tout à fait semblables.

Le bec se visse par sa partie inférieure sur le tube de la lampe, par

lequel le mécanisme d'horlogerie ou le poids du piston fait monter l'huile, qui arrive alors dans le petit réservoir cylindrique de faible hauteur formant la base du bec. Dans les lampes qui brûlaient de l'huile de colza, ce réservoir communiquait directement par des tubes verticaux avec les enveloppes annulaires des mèches, et l'huile en surabondance se déversait par-dessus le bec pour retomber dans le corps de lampe. Le même système ne peut plus s'appliquer à l'huile minérale, dont le niveau doit rester à 4 ou 5 centimètres au-dessous de la couronne du bec. Aussi, lorsque M. Doty, citoyen américain, vint offrir à l'Administration le moyen de brûler de l'huile minérale dans les grands phares, il avait adopté une combinaison différente : un grand réservoir, dans lequel le niveau était maintenu constant par l'appareil ordinaire connu sous le nom de vase de Mariotte, communiquait par un tube avec le bec, qui pouvait être placé à une distance plus ou moins grande, et dont le sommet était établi à la hauteur voulue au-dessus du niveau constant. Cette disposition donnait de bons résultats et convenait pour faire des expériences, mais elle était évidemment inadmissible dans la pratique. M. Doty eut alors l'idée d'adapter aux lampes ordinaires un tube latéral communiquant avec le bec et ouvert par la partie supérieure au niveau convenable; l'huile en surabondance se déversait par cet orifice et retombait dans le corps de lampe par un autre tube enveloppant le premier. Mais cet appendice latéral, uniquement destiné à maintenir le niveau constant, pouvait être remplacé avec avantage par un orifice quelconque établi dans l'intérieur du bec au niveau voulu et donnant issue à l'huile. Les premières lampes furent donc établies, conformément à cette idée, avec un tube placé dans l'axe du courant d'air intérieur, communiquant par le bas avec l'intérieur du bec, et ouvert par le haut à 4 ou 5 centimètres en contre-bas du sommet. Ces becs réussirent très-bien dans les expériences du Dépôt et furent appliqués dans quelques phares. On reconnut qu'ils fonctionnaient convenablement toutes les fois que la marche de la lampe ne laissait rien à désirer, mais que, si le mécanisme présentait une légère imperfection, ou s'il y avait quelque inégalité dans les valvules des pompes, la vitesse d'ascension de l'huile éprouvait des variations plus ou moins brusques, qui rendaient la flamme difficile à régler. Pour remédier à cet inconvé-

nient, on a supprimé la communication directe entre le réservoir et le bec, et on a fait passer l'huile par un appendice latéral, disposé de manière à maintenir le niveau constant. Cette idée, due à M. le conducteur principal Dénéchaux, faisant fonctions d'ingénieur ordinaire, a fait disparaître les inconvénients que présentait le système primitif.

La pièce latérale destinée à produire le niveau constant comprend trois tubes juxtaposés, ouverts par le haut à un niveau déterminé et entourés d'une enveloppe qui s'élève un peu au-dessus. Le tube central a son point de départ dans le petit réservoir dont nous avons parlé; l'huile, qui n'a pas d'autre issue, monte par ce tube et, arrivée au sommet, tombe dans le deuxième tube, qui la conduit au bec, dont elle remplit toute la capacité intérieure jusqu'au niveau qu'elle a dans l'appendice latéral. Comme la quantité d'huile que fournit la lampe dépasse la consommation, l'excédant coule dans le troisième tube par-dessus un déversoir un peu plus élevé que celui que franchit l'huile pour se rendre au bec. Ce troisième tube conduit la surabondance d'huile jusque dans le grand réservoir de la lampe; il reçoit également, par un petit tube latéral, les égouts d'huile de la cuvette dont nous avons parlé.

Un disque horizontal de 20 millimètres de diamètre surmonte le tube du courant d'air central, à une hauteur de 17, 19 ou 21 millimètres, suivant l'ordre du bec. Ce disque et la tige qui le supporte sont d'ailleurs disposés de la même manière que dans les lampes à 1 et à 2 mèches. Un cylindre extérieur partage en deux le courant d'air qui s'établit entre le bec et la cheminée, et c'est sur ce cylindre que glisse le porte-cheminée.

Les becs des trois premiers ordres construits comme nous venons de l'indiquer donnent de très-bons résultats. Les flammes sont faciles à régler et conservent une forme à peu près constante, sans éprouver d'oscillations sensibles. Les bulles d'air qui peuvent être entraînées par le liquide s'échappent par le tube latéral et ne peuvent plus nuire à la régularité de la flamme. Si, par une cause quelconque, le mécanisme de la lampe cesse momentanément de fonctionner, il n'y a pas d'extinction immédiate, parce que l'appendice latéral et le bec, formant réservoir, fournissent pendant quelques instants l'huile nécessaire à la combustion. Un autre avantage de ce système, c'est que l'huile de surabondance, ne

passant plus dans les conduits d'air, n'en diminue plus la section, et que, n'ayant pas été en contact avec les mèches, elle n'a rien perdu de sa qualité et n'altère pas celle de l'huile du réservoir à laquelle elle vient se mêler.

Outre les 5 becs qui viennent d'être indiqués, nous en avons fait construire un plus grand dont le diamètre extérieur est 0^m, 13 et qui a 6 mèches. Quoiqu'il n'ait pas encore reçu d'application, nous donnerons les résultats qui le concernent, afin de compléter la série. Les figures 5 et 6 représentent le plan et la coupe de la partie supérieure de ce bec à 6 mèches. En supposant qu'on enlève la mèche extérieure et qu'on rétablisse autour de la suivante le tube d'air extérieur ainsi que la cheminée, on aura la figure du bec à 5 mèches et on pourra, par une opération semblable, avoir successivement la représentation des autres becs. La figure 7 fait connaître la forme des six cheminées de cristal destinées à surmonter les différentes lampes.

L'augmentation de diamètre du bec dans chaque ordre d'appareil et l'addition du cylindre extérieur destiné à guider le courant d'air ont, comme nous l'avons dit, l'inconvénient que le bord du bec masque, pour les éléments inférieurs de l'appareil optique, une plus grande portion du volume de la flamme, et que la partie visible de cette flamme, se trouvant plus rapprochée de la lentille, donne des rayons divergents. Ce dernier défaut peut être corrigé par une modification du profil de l'appareil, ainsi que nous l'avons expliqué page 49; quant au premier, on est parvenu à l'atténuer beaucoup en donnant au bec une forme étagée, c'est-à-dire telle que chaque mèche est à quelques millimètres au-dessous de celle qui la précède vers le centre. Cette disposition est indiquée en traits ponctués sur la figure 4 de la planche VII. Elle vient d'être appliquée à l'appareil du nouveau phare du Pilier, que représente la planche III.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que toutes les lampes, à l'exception de celles qui ont une ou deux mèches avec réservoir inférieur, sont disposées de manière à pouvoir au besoin brûler de l'huile de colza, si une cause quelconque obligeait d'en reprendre momentanément l'emploi dans un phare. On arrive à ce résultat en relevant à la hauteur convenable le

réservoir des lampes à niveau constant, au moyen d'un cran établi le long de l'enveloppe, et, pour les lampes des trois premiers ordres, en fermant l'orifice supérieur de l'appendice latéral, ainsi que le tube par lequel l'huile en surabondance descend au réservoir; on oblige ainsi l'huile à monter dans le bec jusqu'au sommet, par-dessus lequel elle se déverse.

Lorsque les lampes fonctionnent bien et que les flammes sont en plein effet, les consommations d'huile de ces six espèces de becs sont de

55 175 370 645 1000 et 1450 grammes par heure,

et les intensités qu'ils donnent sont respectivement de

2,2 6,9 14,3 24 36 50 becs carcel.

Ces intensités sont en général des maxima, lorsqu'on maintient les flammes à une hauteur convenable. Si, pour obtenir un accroissement d'intensité, on leur donne un plus grand développement, elles deviennent plus difficiles à diriger. D'ailleurs les appareils optiques illuminés par de très-hautes flammes produisent une grande divergence verticale et envoient des rayons lumineux en dehors de l'angle utile, de sorte que l'excès de consommation qu'entraîne ce développement de flamme est presque entièrement en pure perte.

Nous devons dire cependant qu'en étudiant avec soin les différents détails de la lampe à réservoir inférieur avec bec à une mèche, on est parvenu à lui faire produire une intensité de 2^b,5 au lieu de 2^b,2, et il est possible qu'on arrive aussi, par quelques modifications de détail, à augmenter les intensités des becs à plusieurs mèches. C'est ainsi qu'on a déjà cru reconnaître qu'il y aurait avantage à accroître un peu la largeur des espaces annulaires réservés aux courants d'air, aux dépens des espaces occupés par les mèches, et à donner, par exemple, 5^{mm},5 aux premiers et 4^{mm},5 aux seconds, au lieu de les faire à peu près égaux.

Quoi qu'il en soit, les chiffres précédents peuvent être considérés comme donnant, dans l'état actuel des becs, les intensités des différentes flammes, lorsqu'elles sont bien réglées et en plein effet. Les photographies que reproduit exactement la planche VIII ont été prises sur les

flammes des cinq becs de une à cinq mèches ; elles donnent une idée de la forme que ces flammes doivent présenter dans la pratique.

Toute cette partie du service de l'éclairage offre, comme on le voit, un caractère de simplicité et d'uniformité. M. le conducteur principal Dénéchaux, qui remplit les fonctions d'ingénieur ordinaire dans le service central, a beaucoup contribué à ce résultat, ainsi qu'aux différents perfectionnements qu'ont reçus les lampes depuis l'introduction de l'huile minérale dans les phares.

Les figures 1 et 8 de la planche VII complètent les renseignements relatifs à l'emploi de ce nouveau combustible. La première représente une petite lampe à mèche circulaire de 15 millimètres de diamètre, brûlant 20 grammes d'huile par heure et donnant une intensité de près de deux tiers de bec carcel ; elle est destinée au service des gardiens, et est en outre utilisée dans un très-petit nombre de fanaux qui n'ont pas besoin d'avoir une grande portée.

Les grandes caisses doublées en fer-blanc qui servaient, dans les phares, à la conservation de l'huile de colza, ont pu sans inconvénient être affectées au même usage depuis l'adoption de l'huile minérale ; seulement on a presque partout supprimé les robinets, qui pourraient donner lieu à des fuites, et, pour la consommation courante, on soutire l'huile au moyen de pompes dans des bidons à bascules, que représente la figure 8. Dans la plupart des fanaux, ce bidon est le seul récipient employé à la conservation de l'huile. Il a une forme cylindrique et est mobile autour de deux tourillons placés vers le milieu de sa longueur. Il se tient ordinairement dans la position verticale ; son fond supérieur est un peu conique, en forme d'entonnoir, et permet de le remplir facilement ; lorsqu'on veut y prendre de l'huile, on l'incline dans la position indiquée par les lignes ponctuées, et on ouvre le robinet ainsi que le trou d'air supérieur. On le relève ensuite verticalement, et on est sûr de ne pas avoir de suintement par le robinet, lequel se trouve alors à la partie supérieure.

TABLEAU N° 22.

Résultats des calculs relatifs à un nouveau profil d'appareil de deuxième ordre, exécuté pour le phare du Pilier (Vendée).

[Voir les figures 8 et 9 de la planche III.]

1° LENTILLES DIOPTRIQUES À JOINTS INCLINÉS.

DÉSIGNATION DES LENTILLES.	NUMÉ- ROS des élé- ments.	COORDONNÉES DU FOTER par rapport à celui de la lentille centrale.		HAUTEUR		COORDONNÉES DU POINT E.		COORDONNÉES DU POINT D.		RAYON	COORDONNÉES DU CENTRE.	
		Ab- scisses.	Ordon- nées.	de chaque élément, $h-h_0$.	depuis l'axe de la lentille centrale, h .	Épaisseur des joints, e .	h'	$e+e'$	$h'+h''$	DE	Abscisses, a .	Ordon- nées, b .
										COUBURE, ρ .		
LENTILLE	12	mm. 0	mm. 0	mm. 27	mm. 548	mm. 4	mm. 1,74	mm. 28,40	mm. 11,92	mm. 1220,73	mm. 675,01	mm. 466,46
CYLINDRIQUE,	11	0	0	29	521	4	1,68	29,71	11,93	1132,24	648,41	404,37
POUR FEU FIXE,	10	0	0	32	492	4	1,61	31,70	12,07	1042,94	620,64	343,19
de 700 ^{mm} de distance focale.	9	0	0	33	460	4	1,52	31,70	11,36	953,59	592,46	284,02
—	8	0	0	34	427	4	1,43	31,46	10,51	859,93	558,85	222,14
1° Éléments supérieurs...	7	0	0	35	393	5	1,67	31,95	9,85	789,02	536,63	180,75
	6	0	0	36	358	5	1,54	31,12	8,74	714,79	510,09	137,59
	5	0	0	39	322	5	1,40	31,21	7,80	645,11	483,45	99,41
	4	0	0	43	283	5	1,25	31,03	6,66	578,69	456,67	65,92
	3	0	0	50	240	5	1,07	30,93	5,32	515,42	429,37	37,44
	2	0	0	63	190	5	0,86	30,06	3,49	454,84	401,21	14,65
2° Élément central....	1	0	0	127	127	6	0,70	0,00	0,00	399,60	372,89	0,00
	2	0	0	63	190	5	0,86	30,06	3,49	454,84	401,21	14,65
	3	0	0	50	240	5	1,07	30,93	5,32	515,42	429,37	37,44
	4	0	0	43	283	5	1,29	31,71	7,04	590,32	460,23	80,37
	5	3	8	39	322	5	1,44	31,76	8,18	659,02	487,61	115,77
	6	0	0	36	358	5	1,58	31,57	9,10	730,85	514,73	155,83
3° Éléments inférieurs...	7	0	0	35	393	5	1,73	32,62	10,46	818,84	543,93	214,59
	8	7	13	34	427	4	1,48	32,03	11,09	893,13	566,70	260,01
	9	0	0	33	460	4	1,57	32,19	11,92	991,23	601,20	325,03
	10	0	0	32	492	4	1,67	32,28	12,81	1101,13	633,55	405,79
	11	10	18	29	521	4	1,74	30,18	12,60	1196,18	662,40	472,36
	12	0	0	27	548	4	1,80	28,78	12,52	1289,47	689,59	539,04

DÉSIGNATION DES LENTILLES.	NUMÉ- ROS des élé- ments.	COORDONNÉES DU Foyer par rapport à celui de la lentille centrale.		HAUTEUR		COORDONNÉES DU POINT E.		COORDONNÉES DU POINT D.		RAYON DE COURBURE,	COORDONNÉES DU CENTRE.		
		Ab- scisses.	Ordon- nées.	de chaque élément, $h-h_0$.	depuis l'axe de la lentille centrale, h .	Épaisseur des joints, e .	h'	$e+e'$	$h'+h''$	ρ .	Abscisses, a .	Ordon- nées, b .	
													mm.
LENTILLE ANNULAIRE, POUR FEU À ÉCLIPSES.	14	0	0	28	610	4	1,99	30,70	14,77	1505,92	725,50	707,43	
	13	0	0	29	582	4	1,93	31,35	14,56	1392,47	695,23	622,18	
	12	0	0	30	553	4	1,86	31,89	14,23	1281,61	664,73	540,31	
	11	0	0	31	523	4	1,79	32,31	13,78	1174,75	634,53	463,06	
	10	0	0	32	492	4	1,71	32,60	13,21	1072,73	604,93	391,15	
	9	0	0	33	460	4	1,62	32,69	12,49	974,79	575,32	323,96	
	1° Éléments supérieurs...	8	0	0	34	427	4	1,53	32,56	11,62	872,82	540,41	255,23
		7	0	0	35	393	5	1,78	33,15	10,94	795,21	517,03	206,88
		6	0	0	36	358	5	1,65	32,41	9,76	714,47	489,31	157,87
		5	0	0	39	322	5	1,51	32,65	8,77	638,78	461,45	114,41
		4	0	0	43	283	5	1,34	32,61	7,53	566,59	433,27	76,08
		3	0	0	50	240	5	1,15	32,66	6,05	497,97	404,45	43,41
		2	0	0	63	190	5	0,93	31,90	4,00	432,26	374,44	17,06
	2° Éléments centraux.....	1	0	0	127	127	6	0,75	0,00	0,00	0,00	344,02	0,00
	2	0	0	63	190	5	0,93	31,90	4,00	432,26	374,44	17,06	
	3	0	0	50	240	5	1,15	32,66	6,05	497,97	404,45	43,41	
	4	0	0	43	283	5	1,39	33,41	8,03	580,93	437,31	93,62	
	5	4	9	39	322	5	1,55	33,29	9,24	656,11	466,26	134,50	
	6	0	0	36	358	5	1,69	32,93	10,21	734,41	494,58	180,32	
	7	0	0	35	393	5	1,86	33,90	11,70	834,11	526,41	249,93	
3° Éléments inférieurs...	8	8	15	34	427	4	1,59	33,20	12,34	915,61	550,13	301,89	
	9	0	0	33	460	4	1,68	33,22	13,17	1023,70	586,33	376,35	
	10	0	0	32	492	4	1,78	33,18	14,06	1143,17	619,41	466,22	
	11	12	19	31	523	4	1,86	32,81	14,59	1253,10	650,56	545,56	
	12	0	0	30	553	4	1,93	32,30	14,98	1366,35	681,42	629,00	
	13	0	0	29	582	4	2,00	31,74	15,37	1498,06	715,07	722,20	
	14	15	21	28	610	4	2,06	31,04	15,53	1620,33	746,73	825,92	

2° PANNEAUX CATADIOPTRIQUES.

DÉSIGNATION DES PANNEAUX.	NUMÉROS DES ANNEAUX.	COORDONNÉES DU Foyer par rapport à celui de la lentille centrale.		COORDONNÉES DU SOMMET A par rapport au foyer de la lentille centrale.		COORDONNÉES DES SOMMETS C ET B par rapport au point A.				LONGUEUR DES CÔTÉS.			RAYON DE COURBURE,	COORDONNÉES DU CENTRE par rapport au foyer de la lentille centrale.		
		Abscisses.	Ordonnées.	Abscisses.	Ordonnées.	C.		B.		AC.	AB.	BC.	r.	Abscisses.	Ordonnées.	
						AD.	CD.	AE.	BE.							
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	
PANNEAUX DE FEU FIXE.	13	0	10	298,51	1240,31	71,05	4,41	12,72	71,51	71,18	72,64	107,33	5957,53	3993,85	3371,17	
	12	0	10	351,63	1171,87	68,45	5,27	15,10	68,44	68,65	70,09	104,74	5837,73	3845,78	3447,47	
	11	0	10	399,81	1106,21	66,21	6,08	17,34	65,66	66,49	67,91	102,61	5748,46	3712,78	3538,08	
	10	0	10	443,59	1043,08	64,30	6,88	19,46	63,14	64,66	66,07	100,90	5688,01	3592,63	3643,44	
	9	0	10	483,42	982,23	62,67	7,66	21,51	60,85	63,14	64,54	99,58	5654,30	3482,91	3763,45	
	8	0	10	519,72	923,46	61,32	8,45	23,50	58,77	61,90	63,29	98,62	5648,37	3382,85	3900,46	
	7	0	10	552,83	866,58	60,22	9,24	25,46	56,88	60,92	62,32	98,03	5668,51	3290,11	4054,29	
	6	0	10	583,07	811,41	59,35	10,06	27,40	55,17	60,20	61,60	97,78	5715,80	3203,71	4227,10	
	5	0	10	610,71	757,80	58,71	10,92	29,36	53,61	59,71	61,12	97,87	5792,73	3123,05	4422,19	
	4	0	10	636,01	705,59	58,28	11,81	31,34	52,20	59,47	60,89	98,31	5898,25	3045,79	4639,65	
1° Coupole supérieure.	3	0	10	659,19	654,67	58,07	12,76	33,38	50,93	59,46	60,89	99,10	6037,00	2971,76	4884,64	
	2	0	10	680,45	604,89	58,07	13,78	35,50	49,77	59,69	61,14	100,26	6210,06	2898,99	5159,03	
	1	0	10	700,00	556,15	58,29	14,87	37,71	48,74	60,16	61,62	101,79	6421,02	2826,18	5466,98	
	2° Couronne inférieure.	1	13	20	700,00	548,00	63,08	15,52	39,76	53,55	64,96	66,69	109,64	6254,42	2857,52	5283,43
		2	16	22	700,00	623,00	64,97	14,64	38,21	56,69	66,60	68,36	111,42	6231,46	3038,17	5111,80
		3	20	24	700,00	707,53	67,53	13,85	36,77	60,44	68,94	70,75	114,24	6273,61	3242,94	4983,31
		4	23	25	700,00	804,09	71,00	13,20	35,58	64,99	72,22	74,09	118,50	6405,35	3481,38	4917,90
	PANNEAUX ANNULAIRES.	12	0	5	257,80	1240,85	66,31	3,55	10,25	66,87	66,40	67,65	99,35	5868,42	3969,81	3245,88
		11	0	5	309,22	1176,77	63,89	4,31	12,37	64,09	64,04	65,27	96,90	5743,58	3826,70	3309,20
		10	0	5	356,09	1115,21	61,78	5,02	14,36	61,55	61,99	63,21	94,84	5647,05	3698,36	3385,49
9		0	5	398,87	1055,97	59,95	5,72	16,25	59,24	60,22	61,43	93,12	5570,62	3579,05	3469,69	
8		0	5	437,98	988,83	58,37	6,39	18,05	57,14	58,72	59,92	91,73	5522,37	3472,78	3570,18	
7		0	5	476,66	939,16	61,58	7,70	21,60	59,67	62,06	63,46	90,08	5491,56	3366,25	3684,31	
6		0	5	511,86	881,54	60,27	8,49	23,59	57,63	60,87	62,27	97,19	5489,58	3268,50	3821,71	
5		0	5	543,94	825,77	59,22	9,30	25,55	55,77	59,94	61,34	96,67	5514,13	3178,04	3976,56	
4		0	5	573,20	771,68	58,40	10,12	27,50	54,09	59,27	60,68	96,49	5565,79	3093,57	4150,53	
3		0	5	599,92	719,12	57,81	10,99	29,46	52,56	58,84	60,26	96,67	5648,53	3015,09	4348,31	
1° Coupole supérieure.	2	0	5	624,35	667,94	57,44	11,90	31,47	51,18	58,65	60,08	97,20	5760,98	2939,96	4569,70	
	1	0	5	646,72	618,00	57,28	12,86	33,53	49,94	58,71	60,15	98,08	5905,29	2866,92	4817,58	
	2° Couronne inférieure.	1	17	22	646,72	610,00	52,56	11,34	29,72	46,25	53,77	54,98	89,38	5790,23	2897,11	4691,21
		2	22	24	646,72	680,62	54,43	10,78	28,67	48,95	55,49	56,73	91,45	5832,95	3068,31	4589,95
		3	26	25	646,72	760,26	56,90	10,31	27,79	52,16	57,83	59,10	94,47	5944,36	3265,18	4537,71
		4	30	26	646,72	851,54	60,06	9,90	27,01	56,02	60,87	62,19	98,52	6124,72	3497,11	4527,57

TABLEAU N° 23.

Observations sur la visibilité des feux blancs.

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans le lieu d'observation est à la limite de la portée du feu observé, p.	PROPORTION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON.				ORDONNÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉRENCE ENTRE L'OBSERVATION et la courbe moyenne, n - m.
				DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.	Prin- temps.	Été.	Aut- tomne.			Hiver.
DUNKERQUE.	Gravelines.	5,95	68	+ 8	+ 9	+ 1	- 18	72	- 4
	Calais, éclat.	6,25	52	+ 8	+ 8	0	- 16	66	- 14
GRAVELINES.	Dunkerque, éclat. ...	4,30	83	+ 5	+ 8	0	- 13	90	- 7
	Calais, éclat.	4,40	83	+ 5	+ 8	+ 1	- 14	90	- 7
RUYTINGEN.	Calais, éclat.	4,75	87	+ 4	+ 7	+ 2	- 13	87	0
	Gravelines.	3,05	95	+ 2	+ 3	+ 2	- 7	94	+ 1
MARDICK.	Dunkerque, éclat. ...	4,15	94	+ 4	+ 4	+ 1	- 9	91	+ 3
	Dunkerque, éclat. ...	2,60	97	+ 1	+ 2	+ 2	- 5	95	+ 2
WALDE.	Gravelines.	4,50	93	+ 2	+ 5	+ 2	- 9	89	+ 4
	Calais, éclat.	5,60	73	+ 4	+ 10	+ 3	- 17	78	- 5
CALAIS.	Dunkerque, éclat. ...	5,70	85	+ 4	+ 6	+ 2	- 12	76	+ 9
	Gravelines.	4,80	85	+ 3	+ 6	+ 2	- 11	86	- 1
LA CANCHE.	Calais, éclat.	2,00	96	+ 2	0	0	- 2	95	+ 1
	Dunkerque, éclat. ...	6,15	70	+ 4	+ 10	+ 1	- 15	68	+ 2
CAYEUX.	Gravelines.	5,90	72	+ 4	+ 10	0	- 14	73	- 1
	Berck.	6,00	76	+ 11	+ 2	0	- 13	71	+ 5
LA HÈVE.	Cayeux, éclat.	7,10	30	+ 21	+ 15	- 20	- 16	45	- 15
	L'Ailly, éclat.	6,95	48	+ 4	+ 9	+ 3	- 16	49	- 1
FATOUVILLE.	Berck.	7,85	37	+ 9	+ 8	+ 4	- 21	22	+ 15
	La Canche.	7,00	51	+ 6	+ 11	+ 4	- 21	48	+ 3
LA HÈVE.	Fanal du Havre.	2,30	96	0	+ 2	+ 2	- 4	95	+ 1
	Fatouville.	5,40	82	+ 3	+ 8	+ 2	- 13	80	+ 2
FATOUVILLE.	Honfleur.	5,20	84	+ 3	+ 8	+ 2	- 13	82	+ 2
	Ver. ... { éclat.	7,70	17	- 3	+ 8	+ 1	- 6	27	- 10
HONFLEUR.	Ver. ... { fixe.	9,00	10	+ 1	+ 2	+ 2	- 5	3	+ 7
	La Hève, électrique.	4,80	83	+ 3	+ 5	+ 3	- 11	86	- 3
HONFLEUR.	La Roque.	4,70	88	+ 3	+ 3	+ 1	- 7	87	+ 1
	Honfleur.	3,10	95	+ 1	+ 2	0	- 3	94	+ 1
HONFLEUR.	La Hève, électrique.	3,90	93	+ 2	+ 3	0	- 5	92	+ 1
	Fanal du Havre.	5,10	86	+ 3	- 1	+ 2	- 4	83	+ 3
HONFLEUR.	Le Hoc.	4,50	88	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	89	- 1
	La Roque.	6,40	76	+ 2	+ 7	+ 2	- 11	63	+ 13
HONFLEUR.	Berville.	4,30	90	+ 3	+ 3	- 1	- 5	90	0
	Fatouville.	2,60	96	+ 1	+ 2	+ 1	- 4	95	+ 1

LIEU	FEU BLANC	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le lieu d'observation est à la limite de la portée du feu observé. p.	PROPORTION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON.				ORDONNÉES DE LA COURBE MOYENNE de visibilité annuelle, m.	DIFFÉRENCE ENTRE L'OBSERVATION et la courbe moyenne, n - m.
				DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.					
D'OBSERVATION.	OBSERVÉ.			Prin-temps.	Été.	Au-tomme.	Hiver.		
VER.	Courseulles	2,60	96	+ 1	0	+ 1	- 2	95	+ 1
	La Hève, électrique.	6,90	66	- 4	- 1	+ 8	- 3	57	+ 9
	Oyestreham	7,80	24	0	- 11	+ 16	- 5	25	- 1
BARFLEUR.	Saint-Marcouf.	8,20	21	- 1	+ 1	+ 4	- 4	13	+ 8
	La Hougue.	6,20	83	- 2	+ 9	+ 2	- 9	72	+ 11
	Réville.	5,00	87	+ 1	+ 4	- 1	- 4	87	0
	Fanaux de Barfleur.	3,20	98	0	0	+ 1	- 1	94	+ 4
CAP LÉVI.	Cap la Hague.	7,85	27	- 4	+ 1	+ 8	- 5	23	+ 4
	Barfleur { éclat.	4,00	93	0	+ 2	+ 2	- 4	93	0
	{ fixe.	5,20	86	+ 1	+ 3	+ 2	- 6	85	+ 1
	Île Pelée.	4,00	93	- 1	+ 2	+ 2	- 3	93	0
CAP LA HAGUE.	Fort central { éclat.	4,50	89	0	+ 3	+ 2	- 5	91	- 2
	{ fixe.	5,65	78	- 1	+ 2	+ 5	- 6	80	- 2
	Querqueville.	6,15	78	+ 2	+ 3	+ 3	- 8	72	+ 6
SÉNÉQUET.	Cap la Hague.	6,90	64	- 2	+ 3	+ 7	- 8	57	+ 7
	Barfleur, éclat.	7,25	31	- 4	+ 4	+ 9	- 9	46	- 15
CHAUSEY.	Carteret, éclat.	6,30	54	+ 2	+ 3	+ 4	- 9	70	- 16
	Régneville.	5,20	84	+ 2	+ 3	+ 2	- 7	85	- 1
	Granville.	7,60	42	0	+ 6	+ 5	- 11	33	+ 11
GRANVILLE.	Chausey.	7,20	58	+ 1	+ 5	+ 5	- 11	48	+ 10
	Carteret, éclat.	7,65	9	+ 2	0	+ 2	- 4	31	- 22
	Granville.	5,55	89	0	+ 3	+ 3	- 6	81	+ 8
	Cap Fréhel, éclat.	6,75	68	- 1	+ 3	+ 5	- 7	61	+ 7
MINQUIERS.	Carteret, éclat.	7,90	2	+ 1	0	0	- 1	21	- 19
	Cap Fréhel, éclat.	7,40	40	- 1	+ 5	+ 5	- 9	40	0
	Régneville.	7,20	65	0	+ 2	+ 6	- 8	48	+ 17
CAP FRÉHEL.	Cap Fréhel, éclat.	5,20	94	+ 2	+ 1	+ 1	- 4	85	+ 9
	Chausey.	8,00	7	+ 5	0	- 4	- 1	18	- 11
	Chausey.	8,40	4	0	+ 1	+ 1	- 2	10	- 6
	Granville.	9,35	3	0	+ 1	+ 1	- 2	1	+ 2
SEPT-ÎLES.	Saint-Malo.	7,60	38	- 1	+ 1	+ 7	- 7	33	+ 5
	Binic.	9,40	6	+ 10	- 3	- 3	- 4	0	+ 6
	Île Harbour.	9,60	5	0	+ 2	0	- 2	0	+ 5
HÉAUX DE BRÉHAT.	Héaux.	8,35	11	+ 1	+ 1	0	- 2	10	+ 1
	Grand-Jardin.	5,70	72	- 7	- 4	+ 12	- 1	79	- 7
	Cap Fréhel, éclat.	7,75	14	+ 3	+ 4	- 3	- 4	27	- 13
	Sept-Îles { éclat.	6,15	66	- 2	+ 3	+ 5	- 6	72	- 6
SEPT-ÎLES.	{ fixe.	7,45	44	- 3	+ 2	+ 8	- 7	39	+ 5
	Héaux.	6,40	77	- 2	- 1	+ 5	- 2	68	+ 9
	Île de Bas, éclat.	6,60	54	- 4	0	+ 7	- 3	64	- 10

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le lieu d'observation est à la limite de la portée du feu observé, p.	PROPOR- TION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON.				ORDON- NÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉ- RENCE ENTRE L'OBSER- VATION et la courbe moyenne, n - m.
				DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.					
				Prin- temps.	Été.	Au- tomne.	Hiver.		
SEPT-ÎLES (Suite.)	Île de Bas, fixe.	8,35	7	-4	-3	+7	0	10	-3
	Triagoz, fixe.	5,60	88	0	+2	+3	-5	80	+8
TRIAGOZ	Sept-Îles { éclat.	3,55	94	0	-1	+1	0	94	0
	{ fixe.	4,40	93	+1	-1	+1	-1	91	+2
ÎLE DE BAS	Île de Bas, éclat.	5,70	80	+2	-1	0	-1	79	+1
	Sept-Îles { éclat.	7,10	45	+2	-2	+4	-4	52	-7
	{ fixe.	8,40	27	+4	+1	-2	-3	10	+17
	Île Noire { éclat.	4,90	84	-2	-1	+3	0	88	-4
ÎLE VIERGE	{ fixe.	6,30	69	0	-5	+6	-1	70	-1
	Île Louët.	5,70	78	0	-3	+3	0	79	-1
	Île de Bas { éclat.	6,55	41	-2	-3	+7	-2	65	-24
	{ fixe.	8,30	30	-2	-2	+5	-1	11	+19
STIFF	Plouguerneau	3,10	93	0	-2	+2	0	94	-1
	Stiff.	7,25	40	-2	-2	+6	-2	46	-6
	Créac'h.	7,10	38	-3	-3	+7	-1	52	-14
	Île Vierge.	8,35	3	-1	-1	+1	+1	10	-7
CRÉAC'H	Kermorvan.	7,25	58	+1	-1	+7	-7	46	+12
	St-Mathieu { éclat.	5,65	72	+2	0	+4	-6	80	-8
	{ fixe.	7,60	46	+1	-1	+8	-8	33	+13
	Île de Sein { éclat.	7,05	32	-3	-1	+9	-5	53	-21
SAINT-MATHIEU	{ fixe.	7,85	12	-3	-1	+3	+1	23	-11
	Bec du Raz.	8,00	24	-3	-2	+8	-3	18	+6
	Créac'h.	1,95	92	0	-3	+2	+1	96	-4
	Île de Sein { éclat.	7,05	31	-4	-1	+6	-1	53	-22
KERMORVAN	{ fixe.	7,90	11	-2	-3	+3	+2	21	-10
	Stiff.	2,10	93	-1	-3	+2	+2	95	-2
	Île Vierge.	8,60	5	-3	-4	+3	+4	7	-2
	Kermorvan.	7,70	49	+3	-7	+6	-2	29	+20
SAINT-MATHIEU	St-Mathieu { éclat.	5,90	68	-1	-1	+5	-3	76	-8
	{ fixe.	7,90	23	0	-2	+2	0	21	+2
	Bec du Raz.	8,10	26	-3	-1	+5	-1	16	+10
	Créac'h.	5,60	68	-1	-3	+7	-3	80	-12
SAINT-MATHIEU	Stiff.	5,70	68	+1	-4	+7	-4	79	-11
	Saint-Mathieu, éclat.	1,50	97	0	-2	+2	0	96	+1
	Bec du Raz.	7,00	46	-2	-7	+13	-4	55	-9
	Kermorvan.	2,05	97	0	-2	+2	0	95	+2
SAINT-MATHIEU	Stiff.	6,10	74	-1	-2	+7	-4	73	+1
	Créac'h.	5,85	75	-1	0	+6	-5	77	-2
SAINT-MATHIEU	Île de Sein { éclat.	5,90	70	-1	+2	+5	-6	76	-4
	{ fixe.	6,70	40	-2	0	+7	-5	62	-22

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le feu d'observa- tion est à la limite de la portée du feu observé, p.	PROPOR- TION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON.				ORDON- NÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉ- RENCE ENTRE L'OBSER- VATION et la courbe moyenne, n - m.
				DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.					
				Pri- temps.	Été.	Au- tomne.	Hiver.		
SAINT-MATHIEU .. (Suite.)	Bec du Raz.	6,70	62	- 1	0	+ 6	- 5	62	0
	Portzic. . . { éclat. . .	2,20	93	+ 1	+ 1	0	- 2	95	- 2
PETIT-MINOU.	Portzic. . . { fixe. . .	2,60	92	+ 1	+ 1	0	- 2	95	- 3
	Bec du Raz.	6,80	51	+ 4	- 9	+ 10	- 5	60	- 9
PORTZIC.	Île de Sein { éclat. . .	6,35	48	- 3	0	+ 10	- 7	69	- 21
	Portzic. . . { fixe. . .	7,15	46	- 3	0	+ 9	- 6	50	- 4
ILE DE SEIN.	Petit-Minou.	2,90	95	0	0	+ 2	- 2	95	0
	Créac'h.	7,35	36	- 3	- 2	+ 6	- 1	42	- 6
BEC DU RAZ.	Stiff.	7,85	22	- 1	- 6	+ 7	0	23	- 1
	Kermorvan.	8,60	14	- 4	- 1	+ 6	- 1	7	+ 7
ILE DE SEIN.	S'-Mathieu { éclat. . .	6,20	66	+ 1	0	+ 4	- 5	72	- 6
	Île de Sein { fixe. . .	8,20	15	- 2	- 1	+ 5	- 2	13	+ 2
BEC DU RAZ.	Petit-Minou.	8,20	26	+ 1	+ 1	+ 10	- 12	13	+ 13
	Bec du Raz.	3,40	92	+ 1	0	+ 2	- 3	94	- 2
PENMARC'H.	Penmarc'h. { éclat. . .	7,05	47	- 1	+ 3	+ 6	- 8	53	- 6
	Penmarc'h. { fixe. . .	8,60	1	0	0	+ 1	- 1	7	- 6
BEC DU RAZ.	Penmarc'h. { éclat. . .	6,55	63	+ 1	+ 1	+ 4	- 6	65	- 2
	Penmarc'h. { fixe. . .	8,10	25	0	- 1	+ 7	- 6	16	+ 9
ILE DE SEIN.	Île de Sein { éclat. . .	3,00	92	+ 1	- 1	+ 3	- 3	94	- 2
	Île de Sein { fixe. . .	3,40	90	+ 1	- 1	+ 3	- 3	94	- 4
BEC DU RAZ.	S'-Mathieu { éclat. . .	6,25	67	+ 1	- 1	+ 5	- 5	71	- 4
	Île de Sein { fixe. . .	8,20	28	0	- 2	+ 6	- 4	13	+ 15
BEC DU RAZ.	Petit-Minou.	7,90	36	0	- 3	+ 9	- 6	21	+ 15
	Créac'h.	7,60	23	- 3	- 1	+ 5	- 1	33	- 10
BEC DU RAZ.	Stiff.	8,00	21	- 3	- 2	+ 6	- 1	18	+ 3
	Kermorvan.	8,60	19	- 2	- 2	+ 5	- 1	7	+ 12
PENMARC'H.	Penfret. . . { éclat. . .	6,60	43	+ 3	+ 1	+ 5	- 9	64	- 21
	Penfret. . . { fixe. . .	7,95	2	0	0	+ 1	- 1	20	- 18
PENMARC'H.	Île de Sein { éclat. . .	6,80	46	0	- 1	+ 8	- 7	60	- 14
	Île de Sein { fixe. . .	7,65	3	+ 1	- 2	+ 1	0	31	- 28
PENMARC'H.	Bec du Raz.	7,10	41	- 1	0	+ 8	- 7	52	- 11
	Penmarc'h. { éclat. . .	6,10	71	+ 1	+ 1	+ 7	- 9	73	- 2
PENMARC'H.	Penmarc'h. { fixe. . .	7,80	7	- 2	- 2	+ 4	0	25	- 18
	Loctudy.	7,35	48	+ 5	- 4	+ 9	- 10	42	+ 6
PENFRET.	Bénodet.	7,75	43	+ 4	- 4	+ 8	- 8	27	+ 16
	Concarneau.	6,95	56	+ 3	- 4	+ 10	- 9	56	0
GROIX.	Groix.	6,80	64	+ 2	+ 2	+ 5	- 9	60	+ 4
	Belle-Île. . { éclat. . .	6,55	68	+ 2	+ 6	+ 1	- 9	72	- 4
GROIX.	Belle-Île. . { fixe. . .	8,85	11	+ 1	+ 1	+ 7	- 9	4	+ 7
	Penfret. . . éclat. . .	6,75	54	+ 3	+ 4	+ 4	- 11	61	- 7

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le lieu d'observa- tion est à la limite de la portée du feu observé. p.	PROPOR- TION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o) n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON. — DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.				ORDON- NÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉ- RENCE ENTRE L'OBSER- VATION et la courbe moyenne, n - m.
				Prin- temps.	Été.	Au- tomne.	Hiver.		
GROIX. (Suite).	Douélan.	6,40	71	+ 5	+ 5	+ 4	- 14	75	- 4
	Groix.	7,50	53	+ 6	+ 5	+ 4	- 15	42	+ 11
BELLE-ÎLE.	Teignouse, éclat.	5,85	63	+ 6	+ 6	+ 2	- 14	83	- 20
	Crac'h.	9,55	5	0	+ 1	+ 1	- 2	0	+ 5
	Le Four, éclat.	7,10	30	+ 7	- 4	+ 1	- 4	57	- 27
	Belle-Île, éclat.	6,65	48	+ 8	+ 2	- 2	- 8	70	- 22
LE FOUR.	Pilier, éclat.	6,15	69	+ 5	+ 11	+ 4	- 20	79	- 10
	Commerce, éclat.	6,10	68	+ 6	+ 11	+ 1	- 18	80	- 12
	Teignouse, éclat.	7,40	22	+ 9	+ 2	- 4	- 7	46	- 24
	Commerce. } éclat.	1,20	97	+ 1	+ 3	+ 1	- 5	97	0
	Commerce. } fixe.	1,65	96	0	+ 3	+ 2	- 5	96	0
AIGUILLON.	Pilier, éclat.	5,05	85	+ 5	+ 5	+ 1	- 11	89	- 4
	Saint-Nazaire.	2,85	95	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	95	0
COMMERCE.	Le Four, éclat.	5,90	78	+ 6	+ 11	0	- 17	82	- 4
	Pilier, éclat.	5,35	78	+ 7	+ 10	0	- 17	87	- 9
	Aiguillon.	6,60	79	+ 5	+ 8	+ 1	- 14	71	- 8
PILIER.	Commerce, éclat.	5,70	78	+ 6	+ 9	0	- 15	84	- 6
	Le Four, éclat.	6,40	71	+ 4	+ 10	+ 3	- 17	75	- 4
ÎLE D'YEU.	Île d'Yeu.	7,00	67	+ 7	+ 10	+ 1	- 18	61	+ 6
	Pornic.	7,65	53	+ 4	+ 12	+ 3	- 19	35	+ 18
	Port-Breton.	1,70	96	+ 1	+ 2	+ 2	- 5	96	0
BARGES.	Île d'Yeu.	7,80	12	+ 7	+ 6	- 7	- 6	27	- 15
	La Chaume.	2,20	97	+ 2	+ 2	0	- 4	95	+ 2
	Haut-Banc du Nord.	7,70	48	+ 9	+ 13	+ 2	- 24	33	+ 15
	Baleines.								
	Baleines.	6,25	74	+ 8	+ 11	+ 1	- 20	77	- 3
	Baleines.	8,20	37	+ 10	+ 12	- 5	- 17	13	+ 24
	Baleines, éclat.	1,20	98	+ 1	+ 1	0	- 2	97	+ 1
HAUT-BANC DU NORD.	Chassiron.	6,20	81	+ 5	+ 10	+ 2	- 17	78	+ 3
	Grouin-du-Cou.	6,40	77	+ 5	+ 12	+ 4	- 21	75	+ 2
	Haut-Banc du Nord.	1,55	97	+ 1	+ 2	+ 2	- 5	96	+ 1
BALEINES.	Chassiron.	5,95	86	+ 5	+ 8	+ 2	- 15	81	+ 5
	Grouin-du-Cou.	6,40	79	+ 6	+ 12	+ 4	- 22	75	+ 4
	Baleines, éclat.	5,30	91	+ 4	+ 4	+ 2	- 10	88	+ 3
CHAUVEAU.	La Rochelle.	5,10	91	+ 4	+ 5	+ 2	- 11	89	+ 2
	Chassiron.	4,40	92	+ 4	+ 5	+ 2	- 11	93	- 1
	Baleines.								
	Baleines.	5,30	88	+ 4	+ 3	+ 1	- 8	88	0
	Baleines.	7,20	60	+ 3	+ 3	+ 7	- 13	54	+ 6
CHASSIRON.	Haut-Banc du Nord.	7,20	62	+ 8	+ 9	+ 3	- 20	54	+ 8
	Cordouan, éclat.	7,20	60	+ 5	+ 9	+ 3	- 17	54	+ 6
LA COUBRE.	Cordouan, éclat.	3,50	94	+ 2	+ 4	+ 1	- 7	94	0

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le lieu d'observa- tion est à la limite de la portée du feu observé, p.	PROPOR- TION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON. DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.				ORDON- NÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉ- RENCE ENTRE L'OBSER- VATION et la courbe moyenne, n - m.
				Prin- temps.	Été.	Au- tomne.	Hiver.		
LA COUBRE (Suite.)	Grave	6,20	79	+ 4	+ 11	+ 4	- 19	78	+ 1
	Pontailiac	5,30	91	+ 3	+ 6	+ 1	- 10	88	+ 3
TERRE-NÈGRE	Grave	4,05	93	+ 2	+ 4	+ 2	- 8	94	- 1
	La Coubre	4,65	89	+ 5	+ 7	+ 1	- 13	92	- 3
	Chassiron	8,00	8	+ 1	+ 4	+ 1	- 6	19	- 11
CORDOUAN	La Coubre	4,85	93	+ 2	+ 5	+ 2	- 9	91	+ 2
	Royan	6,25	61	+ 6	+ 8	+ 6	- 20	77	- 16
	Grave	3,60	96	+ 1	+ 3	+ 2	- 6	94	+ 2
	Hourtin	7,70	38	+ 10	+ 13	+ 5	- 28	33	+ 5
GRAVE	Terre-Nègre	4,00	95	+ 1	+ 4	+ 2	- 7	94	+ 1
	La Coubre	6,20	83	+ 4	+ 10	+ 4	- 18	78	+ 5
	Terre-Nègre	4,55	92	+ 2	+ 5	+ 2	- 9	92	0
RICHARD	Cordouan, éclat	3,10	97	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	94	+ 3
	Royan	4,10	90	+ 4	+ 6	+ 2	- 12	94	- 4
	Cordouan, éclat	5,10	85	+ 4	+ 11	+ 3	- 18	89	- 4
PONTAILLAC	Grave	6,05	85	+ 5	+ 10	+ 3	- 18	80	+ 5
	Grave	3,40	96	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	94	+ 2
	Terre-Nègre	2,20	96	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	95	+ 1
TALAIS	La Coubre	5,54	90	+ 4	+ 6	+ 2	- 12	81	+ 9
	Grave	3,80	96	+ 2	+ 3	+ 1	- 6	94	+ 2
	Terre-Nègre	6,75	77	+ 4	+ 10	+ 4	- 18	67	+ 10
BIARRITZ	Royan	7,30	35	- 3	+ 3	+ 8	- 8	50	- 15
	Contis, éclat	7,95	2	+ 1	- 1	0	0	21	- 19
	Socoa	6,35	81	+ 2	+ 4	0	- 6	76	+ 5
CAP BÉARN	Port-Vendres	1,80	97	- 1	0	0	+ 1	98	- 1
	Mont d'Agde, éclat	8,40	14	- 2	+ 1	+ 3	- 2	14	0
	Cette	6,05	92	+ 1	+ 1	- 1	- 1	94	- 2
MONT D'AGDE	Brescou	2,60	93	+ 1	+ 1	- 1	- 1	98	- 5
	Agde	3,55	95	+ 1	0	- 1	0	97	- 2
	Aignes-Mortes, fixe	9,40	2	- 1	+ 1	+ 1	- 1	1	+ 1
	La Nouvelle	9,95	4	- 1	+ 1	- 1	+ 1	0	+ 4
CETTE	Mont d'Agde, éclat	4,50	91	+ 1	- 6	+ 3	+ 2	97	- 6
	Brescou	7,65	46	+ 2	+ 1	- 3	0	52	- 6
	Aignes-Mortes, fixe	8,35	7	+ 1	+ 2	- 3	0	15	- 8
AIGUES-MORTES	Mont d'Agde { éclat	7,65	26	+ 8	+ 8	- 7	- 9	52	- 26
	{ fixe	9,55	5	+ 3	+ 1	- 2	- 2	1	+ 4
	Cette	8,65	3	- 1	- 1	- 2	+ 4	9	- 6
FARAMAN	Planier, éclat	7,60	24	+ 3	+ 16	- 7	- 12	61	- 37
	Fort de Bouc	8,10	46	+ 7	+ 10	- 4	- 13	21	+ 25
PLANIER	Faraman	7,75	17	+ 4	+ 11	- 5	- 10	37	- 20

LIEU D'OBSERVATION.	FEU BLANC OBSERVÉ.	TRANSPARENCE de l'atmosphère dans laquelle le lieu d'observation est à la limite de la portée du feu observé, p.	PROPORTION DE VISIBILITÉ pendant l'année (p. o/o), n.	PROPORTION DE VISIBILITÉ PENDANT CHAQUE SAISON. — DIFFÉRENCE AVEC L'ANNÉE.				ORDONNÉES DE LA COURBE moyenne de visibilité annuelle, m.	DIFFÉRENCE ENTRE L'OBSERVATION et la courbe moyenne, n - m.
				Printemps.	Été.	Autonne.	Hiver.		
PLANIER (Suite.)	Château d'If	5,20	85	- 1	+ 2	+ 1	- 2	96	- 11
	Grand-Rouveau	8,75	12	+ 3	- 6	+ 6	- 3	8	+ 4
GRAND-ROUVEAU	Planier, éclat	7,05	74	0	+ 6	+ 3	- 9	85	- 11
	Ciotat	6,65	92	+ 1	+ 1	0	- 2	91	- 1
CAP SÉPET	Porquerolles, éclat	5,00	97	- 1	+ 1	+ 1	- 1	96	- 1
PORQUEROLLES	Cap Sépet	7,45	37	- 1	0	+ 5	- 4	93	- 36
ÎLE DU LEVANT	Camarat, éclat	4,80	97	- 1	+ 1	+ 1	- 1	96	- 1
GAMARAT	Garoupe	8,00	72	- 1	- 5	+ 4	+ 2	24	+ 48
	Île du Levant	6,65	88	- 3	+ 1	+ 1	+ 1	91	- 3
	Villefranche, éclat	8,30	16	+ 2	+ 4	- 2	- 4	16	0
GAROUPPE	Camarat { éclat	7,25	86	- 2	+ 2	+ 1	- 1	80	+ 6
	{ fixe	9,00	2	+ 1	- 1	0	0	5	- 3
	{ éclat	4,80	99	0	+ 1	0	- 1	96	+ 3
	{ fixe	6,55	97	- 1	+ 2	0	- 1	92	+ 5
	Nice	7,35	85	- 5	+ 3	+ 4	- 2	77	+ 8
VILLEFRANCHE	Antibes { éclat	5,85	95	- 2	+ 2	+ 2	- 2	94	+ 1
	{ fixe	7,35	55	- 7	- 1	+ 9	- 1	77	- 22
	Garoupe	5,20	98	0	+ 1	0	- 1	96	+ 2
	Camarat, éclat	7,95	26	0	+ 12	- 2	- 10	25	+ 1

TABLEAU n° 24.

Observations sur la visibilité des feux rouges.

LIEU D'OBSERVATION.	FEU ROUGE OBSERVÉ.	INTENSITÉ		PROPOR- TION DE VISIBILITÉ observée (p. o/o), n.	TRANSPA- RENCE CORRESPON- DANT à n d'après la courbe de visibilité, p.	INTENSITÉ D'UNE LUMIÈRE BLANCHE donnant à la distance d la même proportion de visibilité que le feu rouge, i.	RAPPORT DE CETTE LUMIÈRE blanche à celle qui produit le feu rouge ou coefficient de réduction, $\frac{i}{I}$.
		DE LA LUMIÈRE du feu observé, l.	DISTANCE, d.				
DUNKERQUE.....	Mardick.....	30 ^b	5 ^{km} ,11	67	6,22	0 ^b ,6	0,02
	Ruytingen.....	80	12,40	53	6,81	6,4	0,08
	Walde.....	100	13,35	28	7,67	4,4	0,04
GRAVELINES.....	Ruytingen.....	80	5,81	87	4,75	2,1	0,03
	Mardick.....	30	10,89	33	7,50	2,7	0,09
RUYTINGEN.....	Walde.....	100	16,28	71	5,99	4,4	0,44
	Mardick.....	30	7,43	90	4,35	9,0	0,30
MARDICK.....	Ruytingen.....	80	7,43	93	3,70	28,0	0,35
WALDE.....	Calais, jetée ouest...	5	6,40	44	7,15	0,7	0,11
CALAIS.....	Walde.....	100	5,95	93	3,75	7,4	0,07
	Calais, jetée ouest...	5	1,43	96	1,70	0,4	0,08
GRIS-NEZ.....	Alpreck.....	190	18,97	43	7,18	21,0	0,11
	Boulogne.....	36	15,23	41	7,25	8,9	0,25
LA CANCHE.....	Alpreck.....	190	19,62	18	8,00	11,3	0,06
LA HÈVE.....	Fatouville.....	3 800	21,46	82	5,25	890,0	0,23
FATOUVILLE.....	Épi de la Roque.....	11	9,20	65	6,30	3,3	0,30
BARFLEUR.....	Cap Lévi.....	260	14,88	85	5,20	94,0	0,36
CAP LÉVI.....	Cherbourg, mûsoir O.	36	12,50	77	5,85	15,0	0,42
CAP LA HAGUE....	Cap Lévi.....	260	34,69	18	8,00	80,0	0,31
	Sénéquet.....	94	33,04	5	8,75	31,0	0,33
CARTERET.....	Chausey.....	750	56,00	2	9,10	100,0	0,13
SÉNÉQUET.....	Chausey.....	750	27,32	60	6,80	160,0	0,22
CHAUSEY.....	Sénéquet.....	94	27,32	34	7,57	55,0	0,58
	Granville, fanal....	16	15,84	35	7,55	8,0	0,50
GRANVILLE.....	Sénéquet.....	94	28,77	14	8,18	34,0	0,36
	Chausey.....	750	15,84	36	7,52	8,2	0,01
CAP FRÉHEL.....	Chausey.....	750	41,82	21	7,91	200,0	0,27
	Grand-Jardin.....	700	17,38	80	5,62	106,0	0,15
MINQUIERS.....	Chausey.....	750	34,38	7	8,57	42,0	0,06
HÉAUX DE BRÉHAT..	Paon.....	16	7,29	65	6,57	1,3	0,08

LIEU D'OBSERVATION.	FEU ROUGE OBSERVÉ.	INTENSITÉ	DISTANCE, <i>d.</i>	PROPOR-	TRANSPA-	INTENSITÉ	RAPPORT
		DE LA LUMIÈRE du feu observé, <i>I.</i>		TION DE VISIBILITÉ observée (p. o/o), <i>n.</i>	RENCE CORRESPON- DANT à <i>n</i> d'après la courbe de visibilité, <i>p.</i>	D'UNE LUMIÈRE BLANCHE donnant à la distance <i>d</i> la même proportion de visibilité que le feu rouge, <i>i.</i>	DE CETTE LUMIÈRE blanche à celle qui produit le feu rouge ou coefficient de réduction, $\frac{i}{I}$
SEPT-ÎLES	Ploumanac'h	16 ^b	4 ^{km} ,50	94	3,50	2 ^b ,8	0,17
	Triagoz	1 370	11 ,47	92	4,27	120,0	0,09
TRIAGOZ	Ploumanac'h	16	12 ,54	71	6,25	10,0	0,62
ÎLE DE BAS	Île Vierge	900	41 ,36	26	7,77	250,0	0,28
ÎLE VIERGE	Créac'h	2 770	45 ,50	38	7,46	710,0	0,25
	Vrac'h	20	2 ,72	95	2,50	1,4	0,07
STIFF	Île Vierge	900	40 ,38	19	7,97	160,0	0,18
	Créac'h	2 770	5 ,30	95	2,50	100,0	0,04
CRÉAC'H	Île Vierge	900	45 ,50	8	8,50	120,0	0,13
KERMORVAN	Créac'h	2 770	27 ,00	57	6,92	130,0	0,05
SAINTE-MATHIEU	Créac'h	2 770	29 ,60	52	7,08	155,0	0,06
PETIT-MINOUE	Toulinguet	20	7 ,00	88	4,90	3,6	0,18
ÎLE DE SEIN	Créac'h	2 770	50 ,00	14	8,18	280,0	0,10
BEC-DU-RAZ	Créac'h	2 770	55 ,00	21	7,91	710,0	0,25
BELLE-ÎLE	Fort de la Croix	120	38 ,00	7	8,57	56,0	0,47
LE FOUR	La Banche	94	19 ,20	79	6,15	75,0	0,79
	La Banche	94	16 ,50	84	5,72	68,0	0,72
AIGUILLON	Ville-ès-Martin, éclat	400	3 ,10	96	1,70	63,0	0,16
	Ville-ès-Martin, fixe	10	3 ,10	93	4,30	0,4	0,04
COMMERCE	La Banche	94	18 ,40	77	6,27	50,0	0,53
PILIER	La Banche	94	18 ,70	77	6,27	58,0	0,62
	Ville-ès-Martin, éclat	400	26 ,00	35	7,66	41,0	0,10
ÎLE D'YEU	Pilier, éclat	2 600	36 ,00	40	7,55	185,0	0,07
	Barges	1 160	49 ,28	3	9,00	78,0	0,07
HAUT-BANC DU NORD	Saint-Martin	20	18 ,48	38	7,58	13,0	0,65
	Barges	1 160	32 ,34	52	7,26	175,0	0,15
BALEINES	Saint-Martin	20	15 ,70	38	7,58	8,0	0,40
	Barges	1 160	34 ,65	52	7,26	280,0	0,24
TERRE-NÈGRE	Cordouan, éclat	4 700	8 ,43	94	3,50	110,0	0,02
CONTIS	Biarritz	1 740	69 ,20	1	9,20	155,0	0,09
FARAMAN	Cap Couronne	450	30 ,50	15	8,35	34,0	0,08
PLANIER	Joliette	36	15 ,19	71	7,49	7,8	0,22
	Cap Couronne	450	20 ,40	64	7,57	19,0	0,04
PORQUEROLLES	Cap Sèpet	220	23 ,24	37	7,75	24,0	0,11

TABLEAU N° 25.

TABLES DES PORTÉES LUMINEUSES.

- 1° Table donnant l'intensité en fonction de la portée, pour les temps de brouillard ;
- 2° Table donnant l'intensité en fonction de la portée, pour trois états de l'atmosphère ;
- 3° Table donnant la portée en fonction de l'intensité, pour trois états de l'atmosphère.

PREMIÈRE TABLE,
donnant l'intensité en fonction de la portée, pour les temps de brouillard.

PORTÉE EN MÈTRES.	INTENSITÉ POUR UNE ATMOSPHÈRE DANS LAQUELLE LA PORTÉE DE LA LUMIÈRE UNITÉ EST :					
	$p=0^{km},025.$	$p=0^{km},100.$	$p=0^{km},500.$	$p=1^{km},000.$	$p=2^{km},000.$	$p=3^{km},000.$
10	0 ^b ,0001					
15	0,0030					
20	0,0583					
25	1,0					
30	15,8	0 ^b ,0001				
40	3 394	0,0006				
50	640 000	0,0025				
60	111 220 000	0,0090	0 ^b ,0001			
80		0,1014	0,0002			
100		1,0	0,0003			
120		9,1	0,0006			
140		78	0,0010			
160		643	0,0017			
180		5 135	0,0028			
200		40 000	0,0044	0 ^b ,001		
250		6 250 000	0,0125	0,002		
300		900 000 000	0,0328	0,006		
400			0,1931	0,010		
500			1,00	0,025		
600			4,77	0,057	0 ^b ,01	
800			93	0,255	0,02	0 ^b ,01
1 000			1 600	1,00	0,05	0,02
1 200			25 300	3,62	0,10	0,04
1 400			378 000	12,37	0,19	0,06
1 600			5 430 000	40,57	0,34	0,09
1 800			75 500 000	129	0 ^b ,59	0,14
2 000			1 024 000 000	400	1,00	0,20
2 500				6 250	3,49	0,46
3 000				90 000	11,2	1,00
3 500				1 225 000	34,2	2,03
4 000				16 000 000	100	3,97
5 000					781	13,8
6 000					5 625	44,4
8 000					250 000	394
10 000					9 765 600	3 061
12 000					946 200 000	21 951
14 000						148 773
16 000						967 560
18 000						6 097 500
20 000						37 485 000
22 000						225 800 000

DEUXIÈME TABLE,

donnant l'intensité en fonction de la portée, pour trois états de l'atmosphère.

PORTÉE		INTENSITÉ NÉCESSAIRE POUR DONNER CETTE PORTÉE PAR UN TEMPS					PORTÉE		INTENSITÉ NÉCESSAIRE POUR DONNER CETTE PORTÉE PAR UN TEMPS				
		BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.			BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.
en kilo- mètres.	en milles marins.	Océan. <i>p</i> =4 ^{km} ,9.	Méditer- ranée. <i>p</i> =6 ^{km} ,5.	Océan. <i>p</i> =7 ^{km} ,0.	Méditer- ranée. <i>p</i> =7 ^{km} ,5.	Océan et Méditer- ranée. <i>p</i> =8 ^{km} ,6.	en kilo- mètres.	en milles marins.	Océan. <i>p</i> =4 ^{km} ,9.	Méditer- ranée. <i>p</i> =6 ^{km} ,5.	Océan. <i>p</i> =7 ^{km} ,0.	Méditer- ranée. <i>p</i> =7 ^{km} ,5.	Océan et Méditer- ranée. <i>p</i> =8 ^{km} ,6.
		h.	h.	h.	h.	h.			h.	h.	h.	h.	h.
0,2	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0	10,80	1 367	56,7	30,8	18,6	8,0
0,5	0,27	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	20,5	11,07	1 661	63,6	34,0	20,3	8,5
1,0	0,54	0,013	0,011	0,011	0,011	0,010	21,0	11,34	2 017	71,3	37,6	22,1	9,1
1,5	0,81	0,035	0,027	0,026	0,025	0,024	21,5	11,61	2 446	79,9	41,4	24,1	9,7
2,0	1,08	0,07	0,052	0,049	0,047	0,043	22,0	11,88	2 963	89,4	45,7	26,2	10,4
2,5	1,35	0,13	0,087	0,081	0,076	0,068	22,5	12,15	3 586	99,9	50,3	28,5	11,0
3,0	1,62	0,22	0,13	0,12	0,11	0,10	23,0	12,42	4 336	111,5	55,3	30,9	11,7
3,5	1,89	0,34	0,20	0,18	0,16	0,14	23,5	12,69	5 237	124,4	60,7	33,5	12,3
4,0	2,16	0,51	0,27	0,24	0,22	0,18	24,0	12,96	6 300	138,6	66,7	36,3	12,9
4,5	2,43	0,75	0,37	0,32	0,29	0,24	24,5	13,23	7 621	154,4	73,1	39,3	14,0
5,0	2,70	1,08	0,49	0,42	0,37	0,30	25,0	13,50	9 181	171,7	80,1	42,6	14,8
5,5	2,97	1,51	0,63	0,53	0,46	0,37	25,5	13,77	11 052	190,9	87,7	46,0	15,7
6,0	3,24	2,07	0,80	0,66	0,57	0,44	26,0	14,04	13 293	212,1	95,9	49,7	16,6
6,5	3,51	2,82	1,00	0,82	0,70	0,53	26,5	14,31	15 978	235,4	104,9	53,6	17,6
7,0	3,78	3,78	1,24	1,00	0,84	0,62	27,0	14,58	19 190	261,1	114,6	57,9	18,6
7,5	4,05	5,02	1,52	1,21	1,00	0,73	27,5	14,85	23 034	289,4	125,1	62,4	19,6
8,0	4,32	6,60	1,85	1,45	1,18	0,84	28,0	15,12	27 629	320,6	138,5	67,2	20,6
8,5	4,59	8,62	2,23	1,72	1,39	0,97	28,5	15,39	33 118	354,9	148,8	72,3	21,8
9,0	4,86	11,18	2,67	2,03	1,62	1,11	29,0	15,66	39 675	392,7	162,1	77,8	22,9
9,5	5,13	14,41	3,18	2,38	1,87	1,25	29,5	15,93	47 501	434,2	176,5	83,7	24,1
10,0	5,40	18,48	3,76	2,77	2,15	1,41	30,0	16,20	56 838	479,8	192,1	89,9	25,4
10,5	5,67	23,58	4,43	3,22	2,47	1,59	30,5	16,47	67 973	529,9	208,5	96,6	26,7
11,0	5,94	29,94	5,20	3,72	2,81	1,77	31,0	16,74	81 246	584,9	227,2	103,7	28,1
11,5	6,21	37,86	6,07	4,28	3,20	1,97	31,5	17,01	97 060	645,3	246,8	111,2	29,5
12,0	6,48	47,70	7,06	4,90	3,62	2,18	32,0	17,28	115 890	711,6	268,1	119,3	31,0
12,5	6,75	59,88	8,19	5,59	4,08	2,41	32,5	17,55	138 310	784,3	291,0	127,8	32,5
13,0	7,02	74,94	9,47	6,37	4,58	2,65	33,0	17,82	164 990	864,0	315,7	137,0	34,1
13,5	7,29	93,51	10,91	7,23	5,13	2,91	33,5	18,09	196 720	951,3	342,3	146,7	35,8
14,0	7,56	116,4	12,53	8,18	5,74	3,18	34,0	18,36	234 470	1047	371,1	157,0	37,5
14,5	7,83	144,4	14,37	9,23	6,40	3,47	34,5	18,63	279 320	1152	402,1	167,9	39,3
15,0	8,10	178,8	16,43	10,40	7,11	3,78	35,0	18,90	332 620	1267	435,5	179,6	41,1
15,5	8,37	220,9	18,74	11,68	7,89	4,11	35,5	19,17	395 910	1393	471,5	192,0	43,0
16,0	8,64	272,4	21,34	13,10	8,74	4,45	36,0	19,44	471 070	1520	510,2	205,2	45,0
16,5	8,91	335,1	24,25	14,66	9,66	4,82	36,5	19,71	560 270	1651	551,9	219,2	47,1
17,0	9,18	411,6	27,51	16,38	10,65	5,20	37,0	19,98	666 130	1845	596,9	234,0	49,2
17,5	9,45	504,6	31,14	18,26	11,73	5,61	37,5	20,25	791 700	2026	645,2	249,8	51,4
18,0	9,72	617,7	35,21	20,33	12,89	6,04	38,0	20,52	940 600	2222	697,2	266,5	53,7
18,5	9,99	755,0	39,74	22,60	14,15	6,49	38,5	20,79	1 117 130	2438	753,1	284,3	56,1
19,0	10,26	921,3	44,79	25,08	15,51	6,96	39,0	21,06	1 326 300	2673	813,2	303,1	58,0
19,5	10,53	1 122,9	50,41	27,80	16,97	7,46	39,5	21,33	1 574 200	2930	877,9	323,1	61,2
20,0	10,80	1 366,7	56,66	30,78	18,56	7,99	40,0	21,60	1 867 740	3210	947,4	344,3	63,8

PORTÉE		INTENSITÉ NÉCESSAIRE POUR DONNER CETTE PORTÉE PAR UN TEMPS					PORTÉE		INTENSITÉ NÉCESSAIRE POUR DONNER CETTE PORTÉE PAR UN TEMPS				
		BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.			BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.
		Océan.	Méditerranée.	Océan.	Méditerranée.				Méditerranée.	Océan.	Méditerranée.		
						en kilo-mètres.						en milles marins.	en kilo-mètres.	en milles marins.	en kilo-mètres.	en milles marins.
		$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$			$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$	
		b.	b.	b.	b.	b.			b.	b.	b.	b.	
40,0	21,60	1 867 740	3 210	947	344	63,8	60	32,40	102 305	16 402	3 593	287	
40,5	21,87	2 215 450	3 516	1 022	367	66,6	61	32,94	120 730	18 770	4 011	307	
41,0	22,14	2 626 900	3 851	1 102	391	69,4	62	33,48	142 400	21 480	4 473	328	
41,5	22,41	3 114 000	4 215	1 188	416	72,4	63	34,02	167 900	24 560	4 987	351	
42,0	22,68	3 690 300	4 614	1 281	442	75,4	64	34,56	197 800	28 070	5 557	375	
42,5	22,95	4 372 000	5 048	1 380	471	78,6	65	35,10	232 900	32 060	6 189	400	
43,0	23,22	5 178 200	5 521	1 487	501	81,8	66	35,64	274 200	36 600	6 890	427	
43,5	23,49	6 131 400	6 037	1 601	533	85,2	67	36,18	322 600	41 770	7 666	456	
44,0	23,76	7 258 000	6 600	1 724	566	88,7	68	36,72	379 400	47 650	8 527	486	
44,5	24,03	8 589 800	7 213	1 856	602	92,3	69	37,26	446 000	54 340	9 479	518	
45,0	24,30	10 163 000	7 882	1 997	640	96,0	70	37,80	524 100	61 930	10 534	552	
45,5	24,57	12 022 000	8 610	2 148	679	99,9	71	38,34	615 600	70 550	11 700	587	
46,0	24,84	14 217 000	9 403	2 311	722	103,9	72	38,88	722 700	80 350	12 990	625	
46,5	25,11	16 808 000	10 267	2 485	766	108,0	73	39,42	848 200	91 470	14 420	665	
47,0	25,38	19 868 000	11 208	2 672	813	112,2	74	39,96	995 200	104 090	16 000	708	
47,5	25,65	23 479 000	12 231	2 871	863	116,6	75	40,50	1 167 200	118 400	17 750	753	
48,0	25,92	27 741 000	13 346	3 086	916	121,2	76	41,04	1 368 300	124 640	19 680	800	
48,5	26,19	32 769 000	14 559	3 315	972	125,9	77	41,58	1 603 600	153 050	21 810	850	
49,0	26,46	38 701 000	15 880	3 560	1 031	130,7	78	42,12	1 878 700	173 920	24 160	903	
49,5	26,73	45 696 000	17 316	3 824	1 093	135,7	79	42,66	2 200 400	197 580	26 760	959	
50,0	27,00	53 944 000	18 877	4 106	1 159	140,9	80	43,20	2 576 200	224 380	29 650	1 018	
50,5	27,27	63 668 000	20 576	4 408	1 228	146,3	82	44,28	3 028 100	289 100	36 290	1 146	
51,0	27,54	75 122 000	22 423	4 731	1 302	151,8	84	45,36	3 566 100	372 000	44 410	1 289	
51,5	27,81	88 642 000	24 432	5 076	1 379	157,5	86	46,44	4 200 200	478 300	54 260	1 448	
52,0	28,08	104 560 000	26 615	5 446	1 461	163,3	88	47,52	5 000 000	614 100	66 240	1 625	
52,5	28,35	123 320 000	28 988	5 842	1 548	169,4	90	48,60	5 971 000	787 700	80 780	1 821	
53,0	28,62	145 410 000	31 560	6 266	1 639	175,8	92	49,68	7 115 000	1 009 500	98 400	2 039	
53,5	28,89	171 430 000	34 368	6 719	1 735	182,1	94	50,76	8 546 000	1 292 000	119 800	2 281	
54,0	29,16	202 070 000	37 413	7 203	1 837	188,7	96	51,84	10 184 000	1 653 000	145 600	2 550	
54,5	29,43	238 140 000	40 721	7 721	1 944	195,6	98	52,92	12 009 000	2 113 000	176 900	2 847	
55,0	29,70	280 620 000	44 312	8 275	2 057	202,7	100	54,00	14 016 000	2 698 000	214 800	3 177	
55,5	29,97	330 620 000	48 212	8 867	2 177	210,0	110	59,40	16 250 000	3 455 000	279 700	3 532	
56,0	30,24	389 450 000	52 449	9 500	2 303	217,5	120	64,80	18 890 000	4 434 700	366 000	3 936	
56,5	30,51	458 690 000	57 047	10 177	2 436	225,3	130	70,20	22 310 000	5 686 000	475 000	4 350	
57,0	30,78	540 140 000	62 039	10 900	2 576	233,3	140	75,60	26 800 000	7 259 000	610 000	4 780	
57,5	31,05	635 970 000	67 459	11 672	2 724	241,5	150	81,00	32 500 000	9 397 000	797 000	5 230	
58,0	31,32	748 680 000	73 340	12 498	2 880	250,1	160	86,40	39 600 000	12 280 000	1 040 000	5 700	
58,5	31,59	881 270 000	79 722	13 380	3 045	258,8	180	97,20	48 300 000	16 000 000	1 380 000	6 200	
59,0	31,86	"	86 644	14 322	3 218	267,9	200	108,00	58 800 000	20 800 000	1 800 000	6 750	
59,5	32,13	"	94 158	15 328	3 401	277,2	250	135,00	71 400 000	27 600 000	2 400 000	7 350	
60,0	32,40	"	102 305	16 402	3 593	286,8	300	162,00	87 000 000	36 600 000	3 200 000	8 000	

TROISIÈME TABLE.

donnant la portée en fonction de l'intensité, pour trois états de l'atmosphère.

INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS					INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS				
	BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.		BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.
	Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.		Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.
	$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$		$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$
0,10	1,22	1,43	1,48	1,53	1,62	1,0	3,64	3,51	3,78	4,05	4,65
0,11	1,26	1,49	1,55	1,60	1,70	1,1	2,79	3,63	3,91	4,20	4,85
0,12	1,30	1,55	1,61	1,66	1,77	1,2	2,79	3,74	4,03	4,34	5,03
0,13	1,34	1,60	1,67	1,72	1,84	1,3	2,85	3,84	4,15	4,47	5,21
0,14	1,38	1,65	1,72	1,78	1,90	1,4	2,91	3,94	4,26	4,60	5,38
0,15	1,42	1,70	1,77	1,84	1,96	1,5	2,97	4,03	4,37	4,72	5,54
0,16	1,46	1,75	1,82	1,89	2,02	1,6	3,02	4,12	4,47	4,84	5,69
0,17	1,49	1,79	1,87	1,94	2,08	1,7	3,07	4,20	4,57	4,95	5,84
0,18	1,52	1,83	1,92	1,99	2,14	1,8	3,12	4,28	4,66	5,06	5,98
0,19	1,55	1,87	1,96	2,04	2,19	1,9	3,17	4,36	4,75	5,16	6,12
0,20	1,58	1,91	2,00	2,08	2,24	2,0	3,21	4,43	4,84	5,26	6,25
0,21	1,61	1,95	2,04	2,13	2,29	2,1	3,25	4,50	4,92	5,36	6,38
0,22	1,63	1,99	2,08	2,17	2,34	2,2	3,29	4,57	5,00	5,45	6,50
0,23	1,66	2,02	2,12	2,21	2,39	2,3	3,33	4,64	5,08	5,54	6,62
0,24	1,68	2,06	2,16	2,25	2,44	2,4	3,37	4,70	5,15	5,62	6,74
0,25	1,70	2,09	2,20	2,29	2,49	2,5	3,40	4,76	5,22	5,71	6,85
0,26	1,73	2,13	2,24	2,33	2,54	2,6	3,44	4,82	5,29	5,79	6,96
0,27	1,75	2,16	2,28	2,37	2,59	2,7	3,47	4,88	5,36	5,86	7,07
0,28	1,77	2,19	2,31	2,40	2,63	2,8	3,51	4,93	5,42	5,93	7,18
0,29	1,79	2,22	2,34	2,44	2,67	2,9	3,54	4,99	5,48	6,00	7,28
0,30	1,81	2,25	2,37	2,48	2,71	3,0	3,57	5,04	5,54	6,07	7,38
0,32	1,85	2,31	2,43	2,55	2,79	3,2	3,63	5,14	5,66	6,21	7,58
0,34	1,89	2,36	2,49	2,61	2,87	3,4	3,69	5,24	5,77	6,34	7,77
0,36	1,93	2,41	2,55	2,68	2,95	3,6	3,74	5,33	5,88	6,47	7,95
0,38	1,96	2,46	2,61	2,74	3,02	3,8	3,79	5,42	5,98	6,59	8,12
0,40	1,99	2,51	2,66	2,80	3,09	4,0	3,83	5,50	6,08	6,71	8,28
0,42	2,02	2,56	2,71	2,86	3,16	4,2	3,88	5,58	6,18	6,82	8,44
0,44	2,05	2,61	2,76	2,91	3,23	4,4	3,92	5,66	6,27	6,92	8,59
0,46	2,08	2,65	2,81	2,96	3,30	4,6	3,97	5,73	6,36	7,03	8,74
0,48	2,11	2,69	2,86	3,02	3,36	4,8	4,01	5,80	6,44	7,13	8,89
0,50	2,14	2,73	2,90	3,07	3,42	5,0	4,05	5,87	6,52	7,23	9,04
0,55	2,21	2,83	3,01	3,19	3,57	5,5	4,14	6,04	6,71	7,46	9,38
0,60	2,27	2,92	3,12	3,31	3,71	6,0	4,23	6,19	6,89	7,67	9,70
0,65	2,33	3,01	3,22	3,42	3,85	6,5	4,31	6,33	7,06	7,87	10,00
0,70	2,38	3,09	3,31	3,52	3,98	7,0	4,38	6,47	7,22	8,06	10,28
0,75	2,43	3,17	3,40	3,62	4,10	7,5	4,45	6,59	7,37	8,24	10,55
0,80	2,48	3,25	3,48	3,71	4,22	8,0	4,51	6,71	7,51	8,41	10,81
0,85	2,52	3,32	3,56	3,80	4,33	8,5	4,57	6,82	7,64	8,57	11,06
0,90	2,56	3,39	3,64	3,89	4,44	9,0	4,63	6,93	7,77	8,72	11,30
0,95	2,60	3,45	3,71	3,97	4,55	9,5	4,69	7,03	7,89	8,87	11,51
1,00	2,64	3,51	3,78	4,05	4,65	10,0	4,74	7,12	8,01	9,01	11,73

INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS					INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS				
	BRUEUX.		MOYEN.		CLAIR.		BRUEUX.		MOYEN.		CLAIR.
	Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.		Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.
	$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$		$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$
10	4,74	7,12	8,01	9,01	11,73	100	7,37	12,15	14,16	16,60	24,58
11	4,85 ¹¹	7,31 ¹⁹	8,23 ²²	9,27 ²⁶	12,14 ³⁸	110	7,49 ¹²	12,38 ²³	14,45 ²⁹	16,97 ³⁷	25,24 ⁶⁶
12	4,94 ⁹	7,49 ¹⁸	8,43 ³⁰	9,52 ²⁵	12,52 ³⁶	120	7,60 ¹¹	12,60 ²²	14,72 ²⁷	17,31 ³⁴	25,85 ⁶¹
13	5,02 ⁸	7,65 ¹⁶	8,62 ¹⁹	9,75 ²³	12,88 ³⁴	130	7,70 ¹⁰	12,80 ²⁰	14,97 ²⁵	17,62 ³¹	26,42 ⁵⁷
14	5,10 ⁸	7,79 ¹⁴	8,80 ¹⁸	9,97 ²²	13,22 ³⁴	140	7,79 ⁹	12,99 ¹⁹	15,20 ²³	17,91 ²⁹	26,95 ⁵³
15	5,17 ⁷	7,93 ¹⁴	8,97 ¹⁷	10,17 ²⁰	13,55 ³³	150	7,88 ⁹	13,16 ¹⁷	15,42 ²²	18,18 ²⁷	27,45 ⁵⁰
16	5,24 ⁷	8,06 ¹³	9,13 ¹⁶	10,36 ¹⁹	13,86 ³¹	160	7,96 ⁸	13,32 ¹⁶	15,62 ²⁰	18,44 ²⁶	27,93 ⁴⁸
17	5,31 ⁶	8,18 ¹²	9,25 ¹⁵	10,54 ¹⁸	14,15 ²⁹	170	8,04 ⁸	13,48 ¹⁶	15,81 ¹⁹	18,68 ²⁴	28,38 ⁴⁵
18	5,37 ⁶	8,29 ¹¹	9,42 ¹⁴	10,71 ¹⁷	14,43 ²⁷	180	8,11 ⁷	13,62 ¹⁴	15,99 ¹⁸	18,91 ²³	28,80 ⁴²
19	5,43 ⁶	8,40 ¹¹	9,55 ¹³	10,87 ¹⁶	14,70 ²⁶	190	8,18 ⁷	13,76 ¹⁴	16,16 ¹⁷	19,13 ²²	29,21 ⁴¹
20	5,49 ⁶	8,51 ¹¹	9,68 ¹³	11,03 ¹⁶	14,96 ²⁶	200	8,25 ⁷	13,89 ¹³	16,33 ¹⁷	19,34 ²¹	29,60 ³⁹
21	5,54 ⁵	8,61 ¹⁰	9,80 ¹²	11,18 ¹⁵	15,21 ²⁵	210	8,31 ⁶	14,01 ¹²	16,49 ¹⁶	19,54 ²⁰	29,97 ³⁷
22	5,59 ⁵	8,70 ⁹	9,92 ¹²	11,33 ¹⁵	15,45 ²⁴	220	8,37 ⁶	14,13 ¹²	16,64 ¹⁵	19,73 ¹⁹	30,33 ³⁶
23	5,64 ⁵	8,80 ¹⁰	10,03 ¹¹	11,47 ¹⁴	15,68 ²³	230	8,43 ⁶	14,25 ¹²	16,78 ¹⁴	19,91 ¹⁸	30,68 ³⁵
24	5,69 ⁵	8,89 ⁹	10,14 ¹¹	11,61 ¹⁴	15,90 ²²	240	8,48 ⁵	14,36 ¹¹	16,92 ¹⁴	20,09 ¹⁸	31,02 ³⁴
25	5,74 ⁵	8,98 ⁹	10,25 ¹¹	11,74 ¹³	16,12 ²¹	250	8,53 ⁵	14,46 ¹⁰	17,05 ¹³	20,26 ¹⁷	31,32 ³²
26	5,78 ⁴	9,06 ⁸	10,35 ¹⁰	11,86 ¹²	16,33 ²¹	260	8,58 ⁵	14,57 ¹¹	17,18 ¹³	20,42 ¹⁶	31,65 ³¹
27	5,82 ⁴	9,14 ⁸	10,45 ¹⁰	11,98 ¹²	16,53 ²⁰	270	8,63 ⁵	14,67 ¹⁰	17,30 ¹²	20,58 ¹⁶	31,95 ³⁰
28	5,86 ⁴	9,22 ⁸	10,55 ¹⁰	12,10 ¹²	16,73 ²⁰	280	8,68 ⁵	14,76 ⁹	17,42 ¹²	20,73 ¹⁵	32,23 ²⁸
29	5,90 ⁴	9,30 ⁸	10,64 ⁹	12,21 ¹¹	16,92 ¹⁹	290	8,73 ⁵	14,85 ⁹	17,54 ¹²	20,87 ¹⁴	32,50 ²⁷
30	5,94 ⁴	9,37 ⁷	10,73 ⁹	12,32 ¹¹	17,10 ¹⁸	300	8,77 ⁴	14,94 ⁹	17,65 ¹¹	21,01 ¹⁴	32,76 ²⁶
32	6,01 ⁷	9,51 ¹⁴	10,90 ¹⁷	12,54 ²²	17,46 ³⁴	320	8,85 ⁸	15,11 ¹⁶	17,87 ²⁰	21,29 ²⁶	33,28 ⁴⁹
34	6,08 ⁷	9,64 ¹³	11,06 ¹⁶	12,74 ¹⁹	17,80 ³³	340	8,93 ⁷	15,27 ¹⁵	18,07 ¹⁹	21,55 ²⁴	33,77 ⁴⁷
36	6,15 ⁶	9,77 ¹²	11,22 ¹⁵	12,93 ¹⁸	18,13 ³¹	360	9,00 ⁷	15,42 ¹⁵	18,26 ¹⁸	21,79 ²³	34,24 ⁴⁴
38	6,21 ⁶	9,89 ¹¹	11,37 ¹⁴	13,11 ¹⁸	18,44 ³⁰	380	9,07 ⁷	15,57 ¹⁴	18,44 ¹⁷	22,02 ²²	34,68 ⁴²
40	6,27 ⁶	10,00 ¹¹	11,51 ¹⁴	13,29 ¹⁸	18,74 ²⁹	400	9,14 ⁶	15,71 ¹³	18,61 ¹⁶	22,24 ²¹	35,10 ⁴⁰
42	6,33 ⁶	10,11 ¹¹	11,65 ¹³	13,46 ¹⁶	19,03 ²⁸	420	9,20 ⁶	15,84 ¹²	18,77 ¹⁶	22,45 ²⁰	35,50 ³⁸
44	6,39 ⁶	10,22 ¹⁰	11,78 ¹²	13,62 ¹⁵	19,31 ²⁷	440	9,26 ⁶	15,96 ¹²	18,93 ¹⁵	22,65 ²⁰	35,88 ³⁷
46	6,44 ⁵	10,32 ¹⁰	11,90 ¹²	13,77 ¹⁵	19,58 ²⁶	460	9,32 ⁶	16,08 ¹²	19,08 ¹⁵	22,85 ¹⁹	36,25 ³⁶
48	6,49 ⁵	10,42 ¹⁰	12,02 ¹¹	13,92 ¹⁴	19,84 ²⁴	480	9,38 ⁶	16,20 ¹²	19,23 ¹⁴	23,04 ¹⁷	36,61 ³⁵
50	6,54 ⁵	10,51 ⁹	12,13 ¹¹	14,06 ¹⁴	20,08 ²⁴	500	9,44 ⁶	16,31 ¹¹	19,37 ¹⁴	23,21 ¹⁷	36,96 ³⁵
55	6,65 ¹¹	10,73 ²⁰	12,40 ²⁷	14,40 ³²	20,66 ³⁵	550	9,56 ¹²	16,57 ²⁶	19,69 ³²	23,63 ⁴²	37,77 ⁸¹
60	6,75 ¹⁰	10,93 ¹⁹	12,65 ²⁵	14,72 ²⁹	21,21 ⁵¹	600	9,68 ¹¹	16,81 ²⁴	19,99 ³⁰	24,02 ³⁹	38,52 ⁷⁵
65	6,85 ⁹	11,12 ¹⁸	12,88 ²³	15,01 ²⁹	21,72 ⁴⁸	650	9,79 ¹⁰	17,03 ²²	20,27 ²⁸	24,38 ³⁶	39,21 ⁶⁹
70	6,94 ⁸	11,30 ¹⁶	13,10 ²¹	15,28 ²⁷	22,20 ⁴⁵	700	9,89 ⁹	17,24 ¹⁹	20,53 ²⁶	24,71 ³³	39,86 ⁶¹
75	7,02 ⁸	11,46 ¹⁴	13,31 ¹⁹	15,53 ²⁴	22,65 ⁴²	750	9,98 ⁹	17,43 ¹⁸	20,77 ²³	25,02 ²⁹	40,47 ⁵⁷
80	7,10 ⁷	11,60 ¹⁶	13,50 ¹⁸	15,77 ²²	23,07 ⁴⁰	800	10,07 ⁸	17,61 ¹⁷	21,00 ²²	25,31 ²⁷	41,04 ⁵⁴
85	7,17 ⁷	11,76 ¹⁴	13,68 ¹⁷	15,99 ²¹	23,47 ³⁹	850	10,15 ⁸	17,78 ¹⁶	21,22 ²⁰	25,58 ²⁶	41,58 ⁵¹
90	7,24 ⁷	11,90 ¹³	13,85 ¹⁶	16,20 ²¹	23,86 ³⁷	900	10,23 ⁷	17,94 ¹⁴	21,42 ¹⁹	25,84 ²⁵	42,09 ⁴⁹
95	7,31 ⁷	12,03 ¹²	14,01 ¹⁵	16,41 ¹⁹	24,23 ³⁵	950	10,30 ⁷	18,08 ¹⁴	21,61 ¹⁸	26,09 ²³	42,58 ⁴⁶
100	7,37	12,15	14,16	16,60	24,58	1000	10,37	18,22	21,79	26,32	43,04

INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS					INTENSITÉ LUMINEUSE en becs carcel.	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS				
	BRUEUX.		MOYEN.		CLAIR.		BRUEUX.		MOYEN.		CLAIR.
	Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.		Océan.	Méditer- ranée.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan et Méditer- ranée.
	p=4 ^{km} ,9.	p=6 ^{km} ,5.	p=7 ^{km} ,0.	p=7 ^{km} ,5.	p=8 ^{km} ,6.		p=4 ^{km} ,9.	p=6 ^{km} ,5.	p=7 ^{km} ,0.	p=7 ^{km} ,5.	p=8 ^{km} ,6.
1 000	10,37 ¹⁴	18,22 ²⁸	21,79 ³⁴	26,32 ⁴⁴	43,04 ⁸⁵	10 000	13,63 ¹⁵	25,03 ²⁹	30,44 ³⁸	37,53 ⁴⁹	65,77 ⁹⁹
1 100	10,51 ¹²	18,50 ²⁵	22,13 ³¹	26,76 ⁴¹	43,89 ⁷⁹	11 000	13,78 ¹³	25,32 ²⁷	30,82 ³⁴	38,02 ⁴⁵	66,76 ⁹²
1 200	10,63 ¹¹	18,75 ²³	22,44 ²⁹	27,17 ³⁷	44,68 ⁷⁴	12 000	13,91 ¹¹	25,59 ²⁵	31,16 ³²	38,47 ⁴¹	67,68 ⁸⁶
1 300	10,74 ¹⁰	18,98 ²¹	22,73 ²⁷	27,54 ³⁵	45,42 ⁷⁰	13 000	14,02 ¹⁰	25,84 ²³	31,48 ³⁰	38,88 ³⁹	68,54 ⁸⁰
1 400	10,84 ⁹	19,19 ²⁰	23,00 ²⁵	27,89 ³²	46,12 ⁶⁵	14 000	14,12 ⁹	26,07 ²¹	31,77 ²⁸	39,27 ³⁶	69,34 ⁷⁵
1 500	10,93 ⁹	19,39 ¹⁸	23,25 ²³	28,21 ³⁰	46,77 ⁶¹	15 000	14,22 ⁸	26,28 ²⁰	32,04 ²⁶	39,63 ³³	70,09 ⁷⁰
1 600	11,02 ⁸	19,57 ¹⁸	23,48 ²²	28,51 ²⁹	47,38 ⁵⁷	16 000	14,31 ⁸	26,48 ¹⁹	32,29 ²⁵	39,96 ³²	70,79 ⁶⁶
1 700	11,10 ⁸	19,75 ¹⁸	23,78 ²²	28,80 ²⁹	47,95 ⁵⁴	17 000	14,40 ⁸	26,67 ¹⁸	32,53 ²⁴	40,28 ³⁰	71,45 ⁶²
1 800	11,18 ⁸	19,91 ¹⁶	23,91 ²¹	29,07 ²⁷	48,49 ⁵²	18 000	14,48 ⁸	26,85 ¹⁷	32,76 ²³	40,58 ²⁸	72,07 ⁵⁹
1 900	11,25 ⁷	20,06 ¹⁵	24,11 ²⁰	29,32 ²⁵	49,01 ⁴⁹	19 000	14,56 ⁸	27,02 ¹⁶	32,98 ²²	40,86 ²⁷	72,66 ⁵⁶
2 000	11,32 ⁷	20,21 ¹⁴	24,30 ¹⁹	29,57 ²³	49,50 ⁴⁷	20 000	14,64 ⁷	27,18 ¹⁵	33,19 ²¹	41,13 ²⁵	73,22 ⁵⁴
2 100	11,39 ⁷	20,35 ¹⁴	24,48 ¹⁸	29,80 ²²	49,97 ⁴⁵	21 000	14,71 ⁷	27,33 ¹⁴	33,39 ²⁰	41,38 ²⁴	73,76 ⁵¹
2 200	11,46 ⁶	20,49 ¹³	24,65 ¹⁷	30,02 ²¹	50,42 ⁴³	22 000	14,78 ⁷	27,48 ¹⁴	33,58 ¹⁹	41,63 ²³	74,27 ⁴⁹
2 300	11,52 ⁶	20,62 ¹³	24,82 ¹⁷	30,23 ²¹	50,85 ⁴²	23 000	14,85 ⁶	27,62 ¹³	33,76 ¹⁸	41,86 ²²	74,76 ⁴⁷
2 400	11,58 ⁶	20,74 ¹²	24,98 ¹⁶	30,44 ²⁰	51,27 ⁴⁰	24 000	14,91 ⁶	27,75 ¹³	33,93 ¹⁷	42,08 ²¹	75,23 ⁴⁵
2 500	11,64 ⁶	20,86 ¹²	25,13 ¹⁵	30,64 ²⁰	51,67 ³⁸	25 000	14,97 ⁶	27,88 ¹³	34,09 ¹⁶	42,30 ²⁰	75,68 ⁴³
2 600	11,70 ⁵	20,98 ¹²	25,28 ¹⁵	30,83 ¹⁹	52,05 ³⁷	26 000	15,03 ⁶	28,01 ¹²	34,25 ¹⁵	42,51 ¹⁹	76,11 ⁴²
2 700	11,75 ⁵	21,09 ¹¹	25,42 ¹⁴	31,01 ¹⁸	52,42 ³⁵	27 000	15,09 ⁵	28,13 ¹¹	34,40 ¹⁴	42,71 ¹⁸	76,53 ⁴⁰
2 800	11,80 ⁵	21,20 ¹¹	25,55 ¹³	31,18 ¹⁷	52,77 ³⁴	28 000	15,14 ⁵	28,24 ¹¹	34,55 ¹³	42,90 ¹⁷	76,93 ³⁸
2 900	11,85 ⁵	21,30 ¹⁰	25,68 ¹³	31,35 ¹⁷	53,11 ³³	29 000	15,19 ⁵	28,35 ¹¹	34,69 ¹²	43,09 ¹⁶	77,32 ³⁶
3 000	11,90 ⁵	21,40 ¹⁰	25,81 ¹³	31,52 ¹⁷	53,44 ³³	30 000	15,24 ⁵	28,46 ¹¹	34,83 ¹¹	43,27 ¹⁵	77,70 ³⁴
3 100	11,99 ⁹	21,59 ¹⁹	26,05 ²⁴	31,83 ³¹	54,07 ⁶³	32 000	15,33 ⁹	28,66 ²⁰	35,09 ²⁶	43,61 ³²	78,42 ⁷²
3 200	11,99 ⁸	21,59 ¹⁸	26,05 ²³	31,83 ³⁰	54,07 ⁶⁰	34 000	15,33 ⁹	28,66 ¹⁹	35,09 ²⁵	43,61 ³¹	78,42 ⁶⁸
3 400	12,07 ⁸	21,77 ¹⁷	26,28 ²²	32,13 ²⁸	54,67 ⁵⁷	36 000	15,42 ⁹	28,85 ¹⁸	35,34 ²³	43,93 ²⁹	79,10 ⁶⁴
3 600	12,15 ⁸	21,94 ¹⁶	26,50 ²¹	32,41 ²⁷	55,24 ⁵⁴	38 000	15,51 ⁸	29,03 ¹⁷	35,57 ²²	44,24 ²⁷	79,74 ⁶¹
3 800	12,23 ⁸	22,10 ¹⁵	26,71 ²⁰	32,68 ²⁵	55,78 ⁵²	40 000	15,59 ⁸	29,20 ¹⁶	35,79 ²¹	44,53 ²⁶	80,35 ⁵⁸
4 000	12,30 ⁷	22,25 ¹⁵	26,90 ¹⁹	32,93 ²⁴	56,30 ⁵⁰	42 000	15,67 ⁷	29,37 ¹⁵	36,00 ²⁰	44,80 ²⁵	80,93 ⁵⁵
4 200	12,37 ⁷	22,40 ¹⁴	27,08 ¹⁸	33,17 ²³	56,80 ⁴⁷	44 000	15,74 ⁷	29,53 ¹⁴	36,20 ¹⁹	45,06 ²⁴	81,48 ⁵²
4 400	12,44 ⁷	22,54 ¹³	27,26 ¹⁷	33,40 ²²	57,27 ⁴⁵	46 000	15,81 ⁷	29,68 ¹⁴	36,39 ¹⁸	45,31 ²³	82,00 ⁴⁹
4 600	12,50 ⁶	22,67 ¹³	27,43 ¹⁷	33,62 ²¹	57,72 ⁴³	48 000	15,88 ⁷	29,82 ¹³	36,57 ¹⁷	45,55 ²²	82,49 ⁴⁷
4 800	12,56 ⁶	22,80 ¹²	27,59 ¹⁶	33,83 ²⁰	58,15 ⁴¹	50 000	15,95 ⁶	29,95 ¹³	36,75 ¹⁶	45,78 ²¹	82,96 ⁴⁶
5 000	12,62 ⁶	22,92 ¹²	27,75 ¹⁵	34,03 ¹⁹	58,56 ³⁹	55 000	16,01 ⁶	30,08 ¹²	36,92 ¹⁵	46,00 ²⁰	83,42 ⁴⁴
5 500	12,76 ¹⁴	23,21 ²⁹	28,12 ³²	34,51 ⁴⁴	59,53 ⁹⁷	60 000	16,15 ¹⁴	30,39 ³¹	37,31 ³⁶	46,51 ⁴⁷	84,53 ¹⁰¹
6 000	12,89 ¹³	23,47 ²⁴	28,45 ³¹	34,95 ⁴⁰	60,43 ⁹⁰	65 000	16,28 ¹²	30,67 ²⁶	37,67 ³³	46,98 ⁴⁴	85,54 ⁹²
6 500	12,89 ¹²	23,47 ²⁴	28,45 ³¹	34,95 ⁴⁰	60,43 ⁸³	70 000	16,38 ¹²	30,93 ²⁵	38,00 ³¹	47,29 ⁴¹	86,46 ⁸⁴
7 000	13,01 ¹⁰	23,71 ²³	28,76 ²⁹	35,35 ³⁸	61,26 ⁷⁷	75 000	16,51 ¹¹	31,18 ²³	38,31 ²⁹	47,83 ³⁸	87,30 ⁷⁹
7 500	13,11 ¹⁰	23,94 ²¹	29,05 ²⁷	35,73 ³⁵	62,03 ⁷²	80 000	16,62 ¹¹	31,41 ²³	38,60 ²⁸	48,21 ³⁵	88,09 ⁷⁵
8 000	13,21 ⁹	24,15 ²⁰	29,32 ²⁵	36,08 ³²	62,75 ⁶⁷	85 000	16,72 ¹⁰	31,62 ²¹	38,86 ²⁶	48,56 ³³	88,84 ⁷⁰
8 500	13,30 ⁹	24,35 ¹⁸	29,57 ²⁴	36,40 ³¹	63,42 ⁶³	90 000	16,81 ⁹	31,81 ¹⁹	39,11 ²⁴	48,89 ³¹	89,54 ⁶⁶
9 000	13,39 ⁸	24,53 ¹⁷	29,81 ²²	36,71 ²⁹	64,05 ⁶⁰	95 000	16,89 ⁸	31,99 ¹⁷	39,33 ²³	49,20 ²⁹	90,20 ⁶³
9 500	13,47 ⁸	24,70 ¹⁷	30,03 ²¹	37,00 ²⁷	64,65 ⁵⁷	100 000	16,98 ⁸	32,16 ¹⁶	39,58 ²¹	49,49 ²⁸	90,83 ⁶⁰
10 000	13,55 ⁸	24,87 ¹⁶	30,24 ²⁰	37,27 ²⁶	65,22 ⁵⁵						
10 000	13,63	25,03	30,44	37,53	65,77						

INTENSITÉ	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS					INTENSITÉ	PORTÉE EN MILLES MARINS, POUR UN TEMPS				
	BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.		BRUMEUX.		MOYEN.		CLAIR.
	en becs carcel.	Océan.	Méditer- ranée.	Océan.			Méditer- ranée.	en becs carcel.	Océan.	Méditer- ranée.	
					$p=4^{km},9.$						$p=6^{km},5.$			$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$	$p=4^{km},9.$	$p=6^{km},5.$	$p=7^{km},0.$	$p=7^{km},5.$	$p=8^{km},6.$
100 000	17,06	32,32	39,79	49,77	91,43	1 000 000	20,62	39,97	49,64	62,72	119,12
110 000	17,21	32,63	40,19	50,30	92,54	1 100 000	20,77	40,30	50,05	63,27	120,30
120 000	17,34	32,91	40,55	50,78	93,56	1 200 000	20,91	40,60	50,43	63,77	121,38
130 000	17,46	33,17	40,89	51,22	94,50	1 300 000	21,04	40,87	50,78	64,23	122,37
140 000	17,57	33,41	41,20	51,63	95,37	1 400 000	21,15	41,12	51,10	64,66	123,29
150 000	17,67	33,64	41,49	52,01	96,18	1 500 000	21,26	41,35	51,40	65,06	124,15
160 000	17,77	33,85	41,76	52,37	96,94	1 600 000	21,36	41,57	51,69	65,43	124,96
170 000	17,86	34,05	42,02	52,71	97,66	1 700 000	21,45	41,77	51,96	65,78	125,72
180 000	17,95	34,24	42,26	53,03	98,34	1 800 000	21,54	41,97	52,21	66,11	126,44
190 000	18,03	34,42	42,49	53,33	98,98	1 900 000	21,63	42,16	52,45	66,43	127,12
200 000	18,11	34,59	42,71	53,61	99,59	2 000 000	21,71	42,34	52,68	66,73	127,76
210 000	18,19	34,75	42,92	53,88	100,17	2 100 000	21,79	42,50	52,90	67,01	128,36
220 000	18,26	34,90	43,12	54,14	100,72	2 200 000	21,86	42,67	53,11	67,28	128,94
230 000	18,33	35,05	43,31	54,39	101,25	2 300 000	21,93	42,82	53,31	67,54	129,50
240 000	18,40	35,19	43,49	54,63	101,76	2 400 000	22,00	42,96	53,50	67,79	130,04
250 000	18,46	35,32	43,66	54,86	102,25	2 500 000	22,07	43,10	53,68	68,03	130,56
260 000	18,52	35,45	43,83	55,08	102,72	2 600 000	22,13	43,23	53,85	68,26	131,06
270 000	18,58	35,58	43,99	55,29	103,17	2 700 000	22,19	43,36	54,01	68,48	131,54
280 000	18,64	35,70	44,14	55,49	103,61	2 800 000	22,24	43,49	54,17	68,69	132,00
290 000	18,69	35,82	44,29	55,68	104,03	2 900 000	22,30	43,61	54,32	68,89	132,44
300 000	18,74	35,94	44,44	55,87	104,44	3 000 000	22,35	43,73	54,47	69,09	132,87
320 000	18,84	36,17	44,72	56,24	105,22	3 200 000	22,45	43,95	54,75	69,47	133,69
340 000	18,93	36,38	44,98	56,59	105,95	3 400 000	22,55	44,16	55,02	69,83	134,45
360 000	19,02	36,57	45,22	56,92	106,64	3 600 000	22,64	44,36	55,27	70,16	135,17
380 000	19,10	36,74	45,45	57,23	107,29	3 800 000	22,72	44,55	55,51	70,47	135,86
400 000	19,18	36,90	45,67	57,52	107,90	4 000 000	22,80	44,73	55,74	70,77	136,52
420 000	19,26	37,06	45,88	57,79	108,48	4 200 000	22,88	44,90	55,96	71,05	137,14
440 000	19,33	37,21	46,08	58,05	109,04	4 400 000	22,96	45,06	56,17	71,32	137,73
460 000	19,40	37,36	46,27	58,30	109,58	4 600 000	23,03	45,21	56,37	71,59	138,30
480 000	19,47	37,50	46,45	58,53	110,10	4 800 000	23,10	45,35	56,56	71,85	138,84
500 000	19,53	37,64	46,63	58,76	110,61	5 000 000	23,17	45,48	56,74	72,10	139,36
550 000	19,68	37,96	47,04	59,30	111,78	5 500 000	23,32	45,81	57,16	72,65	140,57
600 000	19,82	38,25	47,42	59,80	112,84	6 000 000	23,46	46,11	57,55	73,16	141,68
650 000	19,95	38,52	47,77	60,26	113,82	6 500 000	23,59	46,39	57,91	73,63	142,71
700 000	20,06	38,77	48,09	60,69	114,73	7 000 000	23,71	46,65	58,24	74,07	143,67
750 000	20,17	39,00	48,39	61,09	115,58	7 500 000	23,82	46,89	58,55	74,48	144,56
800 000	20,27	39,22	48,67	61,46	116,37	8 000 000	23,92	47,11	58,84	74,87	145,39
850 000	20,36	39,43	48,93	61,81	117,11	8 500 000	24,01	47,32	59,11	75,23	146,17
900 000	20,45	39,62	49,18	62,13	117,82	9 000 000	24,10	47,52	59,27	75,57	146,90
950 000	20,54	39,80	49,42	62,43	118,49	9 500 000	24,19	47,71	59,61	75,89	147,59
1 000 000	20,62	39,97	49,64	62,72	119,12	10 000 000	24,27	47,89	59,84	76,19	148,25

TABLEAU N° 26.

Intensités pratiques de quelques lentilles éclairées à l'huile de colza.

INDICATION DES APPAREILS ET DES BECS.	INTENSITÉ EN BECS CARCEL.				INDICATION DES APPAREILS ET DES BECS.	INTENSITÉ EN BECS CARCEL.				
	COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.		COUPOLE.	TAMBOUR.	COURONNE infé- rieure.	TOTAL.	
LENTILLES DE FEU FIXE.					LENTILLES ANNULAIRES.					
1 ^{er} ordre, $d=1^m,84$. 4 mèches, $d=90^{mm}$	129	441	62	632	1 ^{er} ordre, $d=1^m,84$. 4 mèches, $d=90^{mm}$	$\frac{1}{8}$	1902	5015	874	7791
2 ^e ordre, $d=1^m,40$. 3 mèches, $d=74$	68	241	27	336		$\frac{1}{16}$	939	2476	432	3847
3 ^e ordre, $d=1^m,00$. 2 mèches, $d=44$	20	67	7	94		$\frac{1}{24}$	607	1598	278	2483
4 ^e ordre, $d=0^m,50$. Petit bec double, $d=37$	6,5	23	2,5	32	2 ^e ordre, $d=1^m,40$. 3 mèches, $d=74^{mm}$	$\frac{1}{10}$	733	2001	285	3019
5 ^e ordre {	$d=0^m,375$. Gros bec, $d=29$	2,8	10,1	1,1		14	$\frac{1}{20}$	351	961	137	1449
	$d=0^m,375$. Petit bec, $d=26$	2,2	7,8	1	11	$\frac{1}{6}$	427	1136	154	1717
	$d=0^m,375$. Bec carcel, $d=24$	1,6	5,7	0,7	8		$\frac{1}{12}$	204	543	74	821
$d=0^m,30$. Gros bec, $d=29$	"	"	"	11	LENTILLES À ÉLÉMENTS VERTICAUX.					
$d=0^m,30$. Petit bec, $d=26$	"	"	"	9	5 ^e ordre, $d=0^m,375$. Petit bec, $d=26^{mm}$	$\frac{1}{10}$	23	86	10	119

TABLEAU N° 27.

Calcul des intensités des phares de France éclairés à l'huile minérale.

CARACTÈRE DU FEU.	NATURE DE L'APPAREIL.	INDICATION SOMMAIRE DES CALCULS.	INTEN- SITÉS EN BECS CARCEL.
APPAREILS DIOPTRIQUES.			
1^{ER} ORDRE.			
Feu fixe.....	Miroirs, et lentilles poly- gonales de 0 ^m ,81 de hau- teur.	$\left. \begin{array}{l} \text{Intensité du tambour.....} \frac{4}{5} \times \frac{0,81}{1,00} \times 612 = 396 \\ \text{Coupole.....} 181 \\ \text{Couronne inférieure.....} 85 \end{array} \right\} 359 \times \frac{1}{2} = 180$ $\text{Supprimé sur le tambour.....} \frac{4}{5} \times \frac{0,19}{1,00} \times 612 = 93$	576 576
	Anneaux, et lentilles cylin- driques de 1 m. de hauteur.	Comme au tableau n° 11.....	878
Feu à éclipses de minute en minute.	Miroirs, et lentilles annu- laires $\frac{1}{8}$ de 0 ^m ,81 de hau- teur.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{8} \dots\dots\dots \frac{0,81}{1,00} \times 6114 = 4952 \\ \text{Feu fixe comme ci-dessus.....} 180 \end{array} \right\} 5132$	5132 180
	Miroirs, et lentilles annu- laires $\frac{1}{8}$ de 1 m. de hauteur.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{8} \dots\dots\dots 6114 \\ \text{Coupole.....} 181 \\ \text{Couronne inférieure.....} 85 \end{array} \right\} 266 \times \frac{1}{2} = 133$	6247 133
	Anneaux inférieurs fixes, su- périeurs déviés.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{8} \dots\dots\dots 6114 \\ \text{Feu fixe de la couronne inférieure.....} 85 \end{array} \right\} 6199$	6199 85
Feu à éclipses de 30 en 30 secondes.	Miroirs, et lentilles annu- laires de 0 ^m ,81. Coupole de 8 grands miroirs déviés.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{16} \dots\dots\dots \frac{0,81}{1,00} \times 2950 = 2390 \\ \text{Feu fixe de la couronne inférieure.....} \frac{1}{2} \times 85 = 42 \end{array} \right\} 2432$	2432 42
	Miroirs, et lentilles annu- laires de 0 ^m ,86 de hauteur.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{16} \dots\dots\dots \frac{0,86}{1,00} \times 2950 = 2537 \\ \text{Coupole.....} 181 \\ \text{Couronne inférieure.....} 85 \end{array} \right\} 334 \times \frac{1}{2} = 167$	2704 167
	Feu fixe.	Supprimé sur le tambour..... $\frac{4}{5} \times \frac{0,14}{1,00} \times 612 = 68$	
	Miroirs, et lentilles annu- laires de 1 mètre de hauteur.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{16} \dots\dots\dots 2950 \\ \text{Feu fixe.....} (181 + 85) \times \frac{1}{2} = 133 \end{array} \right\} 3083$	3083 133
	Anneaux inférieurs fixes, su- périeurs déviés.....	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat du tambour} \frac{1}{16} \dots\dots\dots 2950 \\ \text{Feu fixe de la couronne inférieure.....} 85 \end{array} \right\} 3035$	3035 85

CARACTÈRE DU FEU.	NATURE DE L'APPAREIL.	INDICATION SOMMAIRE DES CALCULS.	INTEN- SITÉS EN BECS CARGEL.
Feu à éclipses de 30 en 30 secondes.	Anneaux inférieurs fixes, su- périeurs dans le même axe.	Éclat { de la coupole $\frac{1}{16}$ 1050 } { du tambour $\frac{1}{16}$ 2950 } 4000 } Feu fixe de la couronne inférieure..... 85 } 4085	4085 85
Feu à éclipses de 20 en 20 secondes.	Coupole de 12 lentilles annu- laires rouges; le reste, 24 lentilles annulaires, alter- nativement blanches et rouges (Biarritz).	Coupole $\frac{1}{12}$ 1416 } Tambour $\frac{1}{24}$ 1910 } 3627 } Couronne inférieure $\frac{1}{24}$ 301 } 2211	É. B. 2211 É. R. 3627
		Coupole $\frac{1}{8}$ 2175 } Tambour $\frac{1}{24}$ 1910 } 4386 } Couronne inférieure $\frac{1}{24}$ 301 } 2211	É. B. 2211 É. R. 4386
		24 lentilles, annulaires dans toute la hauteur (les Roches- Douvres).....	Lentille $\frac{1}{24}$ 2889 } À déduire par suite de la rotation..... 9 } 2880	2880
Feu fixe varié par des éclats.	Miroirs, et lentilles polygo- nales de 0 ^m ,81 de hauteur. Lentilles verticales à 7 élé- ments.	Éclat $\frac{4}{5} \times 0,81 \times 4333 = 2808$ } Feu fixe { partiel, coupole et couronne comme ci-avant..... 280 } 2988 } { total comme ci-avant..... 576 } 2988	2988 576 180
	Anneaux, et lentilles cylin- driques de 1 mètre de hau- teur.	Éclat..... 4333 } Feu fixe { partiel..... 266 } 4599 } { total..... 878 } 4599	4599 878 266
2 ^e ORDRE.			
Feu à éclipses de 30 en 30 secondes.	Miroirs, et lentilles annu- laires $\frac{1}{12}$	Éclat du tambour $\frac{1}{12}$ 2064 } Feu fixe { coupole..... 96 } 2131 } { couronne inférieure..... 39 } 2131	2131 67
	Anneaux inférieurs fixes, su- périeurs déviés.....	Éclat du tambour $\frac{1}{12}$ 2064 } Feu fixe de la couronne inférieure..... 39 } 2103	2103 39
Feu fixe varié par des éclats.	Miroirs, et lentilles polygo- nales. Lampe à 5 mèches (le Pilier, ancien).	Éclat de la lentille à éléments verticaux..... $\frac{4}{5} \times 3315 = 2652$ } { Coupole..... $\frac{1}{2} \times 128$ } 2748 } Feu fixe total, { Feu fixe partiel, { Couronne inférieure..... $\frac{1}{2} \times 64$ } 96 } { Tambour..... $\frac{4}{5} \times 459 = 367$ } 463	2748 463 96

CARACTÈRE DU FEU.	NATURE DE L'APPAREIL.	INDICATION SOMMAIRE DES CALCULS.	INTEN- SITÉS EN BECS CARCEL.
4 ^e ORDRE.			
Feu fixe alterna- tivement rouge et vert, éclair- rant un angle de 45°.	Appareil de feu fixe sur 160°, avec réflecteur catadiop- trique et lampe à 3 mèches. Prismes verticaux rame- nant dans l'angle central, de 45°, les rayons des angles extrêmes de 57° $\frac{1}{2}$ (la Pal- myre).	$\left. \begin{array}{l} \text{Feu fixe} \dots\dots\dots 101 \\ \text{Réflecteur} \dots\dots\dots 101 \times 0,38 = 38 \\ \text{Feu fixe direct} \dots\dots\dots 139 \end{array} \right\} 139 \times \frac{57,5}{22,5} \times 0,71 = 252$	$\left. \begin{array}{l} 391 \\ 391 \end{array} \right\} 391$
Feu fixe.....	Appareil ordinaire avec ré- flecteur catadioptrique...	$\left. \begin{array}{l} \text{Feu fixe} \dots\dots\dots 59 \\ \text{Réflecteur} \dots\dots\dots 59 \times 0,38 = 22 \end{array} \right\} 81$	$\left. \begin{array}{l} 81 \\ 81 \end{array} \right\} 81$
	Appareil ordinaire, avec len- tilles à éléments verticaux devant le tambour.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat, comme au tableau n° 11} \dots\dots\dots 306 \\ \text{Feu fixe } \left\{ \begin{array}{l} \text{partiel} \dots\dots\dots 12,2 + 4,7 = 17 \\ \text{total comme au tableau n° 11} \dots\dots\dots 59 \end{array} \right. \end{array} \right\} 323$	$\left. \begin{array}{l} 323 \\ 59 \\ 17 \end{array} \right\} 323$
Feu fixe blanc varié par des éclats rouges.	Appareil en verre moulé, dans lequel la moitié supé- rieure du tambour est com- posée de 12 lentilles annu- laires de 0 ^m ,31 de dis- tance focale, et le reste, fixe, de 0 ^m ,46 de diamètre (Walde).	$\left. \begin{array}{l} \text{Feu fixe, moins la moitié du tambour} \dots\dots\dots (59 - 21) \times \left(\frac{46}{50}\right)^{1,15} \times \frac{5}{6} = 29 \\ \text{Éclat, moitié du tambour, lentille } \frac{1}{12} \dots\dots\dots \frac{1}{2} \times 150 \times \left(\frac{62}{50}\right)^{1,15} \times \frac{5}{6} = 99 \end{array} \right\} 128$	$\left. \begin{array}{l} 128 \\ 29 \end{array} \right\} 128$
Feu rouge à éclipses de 30 en 30 se- condes.	Coupole de feu fixe. Le reste annulaire $\frac{1}{6}$ (Ville-ès-Mar- tin).	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat, tambour et couronne inférieure} \dots\dots\dots 329 + 39 = 368 \\ \text{Feu fixe, coupole} \dots\dots\dots 12 \end{array} \right\} 380$	$\left. \begin{array}{l} 380 \\ 12 \end{array} \right\} 380$
Feu scintillant.	Lentilles annulaires $\frac{1}{6}$ com- plètes (Berck).....	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat, comme au tableau n° 11} \dots\dots\dots 478 \\ \text{A déduire par suite de la rotation} \dots\dots\dots 5 \end{array} \right\} 473$	$\left. \begin{array}{l} 473 \\ 473 \end{array} \right\} 473$
5 ^e ORDRE.			
Feu fixe de di- rection.....	Deux appareils de direction de 0 ^m ,375, composés d'une lentille annulaire occupant une demi-circonférence et d'un réflecteur catadiop- trique. Lampe à 2 mèches.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclat d'une lentille } \frac{1}{2} \dots\dots\dots 756 \\ \text{Réflecteur} \dots\dots\dots 756 \times 0,38 = 287 \\ \text{Deux appareils semblables} \dots\dots\dots \end{array} \right\} 1043$	$\left. \begin{array}{l} 1043 \\ 2086 \end{array} \right\} 2086$
	Un appareil semblable ren- forçant un appareil de 0 ^m ,50, à 2 mèches.	$\left. \begin{array}{l} \text{Appareil de direction comme ci-dessus} \dots\dots\dots 1043 \\ \text{Appareil de 0m,50, à 2 mèches, comme au tableau n° 11} \dots\dots\dots 59 \end{array} \right\} 1102$	$\left. \begin{array}{l} 1102 \\ 1102 \end{array} \right\} 1102$
Feu fixe rouge.	Appareil de feu fixe de 0 ^m ,375, à 2 mèches; réflec- teur catadioptrique occu- pant 166° et dont la lu- mière est concentrée dans un angle de 18°. Feu fixe latéral occupant 26° (em- bouchure de la Charente).	$\left. \begin{array}{l} \text{Intensité dans la direction de l'île d'Aix, déterminée par expériences} \dots\dots\dots 500 \\ \text{Intensité dans le reste de l'angle, déterminée par expériences} \dots\dots\dots 180 \\ \text{Intensité du feu fixe, comme au tableau n° 11} \dots\dots\dots 42 \end{array} \right\}$	$\left. \begin{array}{l} 500 \\ 180 \\ 42 \end{array} \right\}$

CARACTÈRE DU FEU.	NATURE DE L'APPAREIL.	INDICATION SOMMAIRE DES CALCULS.	INTEN- SITÉS EN BECS CARCEL.	
Feu fixe varié par des éclats	Appareil de 0 ^m ,375, à 2 mè- ches; lentille verticale, de 0 ^m ,40 de hauteur, devant le tambour et les deux tiers des anneaux du haut et du bas.	Feu fixe { total, comme au tableau n° 11..... 42 partiel, coupole et couronne..... $(8,5+3,4) \times \frac{1}{3} = 4$ } 270 Éclat... { Tambour, comme au tableau n° 11..... 211 Coupole et couronne..... $(59+23) \times \frac{2}{3} = 55$ } 266	270 42 4	
		Lentille annulaire de 0 ^m ,375, avec lampe de gardien...	Intensité déterminée par expériences.....	16
Feu fixe.....	Appareil de direction en verre moulé, comprenant une lentille annulaire de 1 mètre de diamètre, une lentille conique et un ré- flecteur métallique.	Évalué à la moitié de l'appareil de direction de 0 ^m ,375 avec lampe à 1 mèche..... $\frac{1}{2} \times 548 = 274$	274	
		Deux appareils semblables.....	548	
Feu fixe varié par des éclats.	Appareil de 0 ^m ,375, à 1 mè- che; lentille verticale, de 0 ^m ,31 de hauteur, devant le tambour et un tiers des an- neaux.	Feu fixe { total, comme au tableau n° 11..... 18,4 partiel, coupole et couronne..... $(3,7+1,4) \times \frac{2}{3} = 3,4$ } 177 Éclat... { Tambour, comme au tableau n° 11..... 154 Coupole et couronne..... $(43+17) \times \frac{1}{3} = 20$ } 174 } 177	177 18,4 3,4	
		Feu fixe partiel..... 3	3,4	
		Appareil de 0 ^m ,30; lentille à éléments verticaux, de 0 ^m ,31 de hauteur, devant le tambour et les deux tiers des anneaux.	Feu fixe { total, comme au tableau n° 11..... 14 partiel..... $(2,8+1,1) \times \frac{1}{3} = 1,3$ } 89 Éclat... { Tambour, comme au tableau n° 11..... 70 Coupole et couronne..... $(19+8) \times \frac{2}{3} = 18$ } 88 } 89	89 14 1,3
Feu fixe.....	Appareils de 0 ^m ,30, hissés sur triangle, en verre taillé ou en verre moulé, et ap- pareils de petits diamètres.	Les intensités de ces différents appareils, qui sont dans des conditions particulières, ont été déterminées par expériences.....	"	
APPAREILS CATOPTRIQUES.				
Feu fixe.....	Réflecteur de 0 ^m ,50, à 2 mè- ches, renforçant un appa- reil de feu fixe.	Appareil de 3° ordre, à miroirs..... 143 } 555 Réflecteur seul, comme au tableau n° 12..... 412 } Appareil de 0 ^m ,30, comme au tableau n° 11..... 14 } 426	555 426	
		Réflecteur de 0 ^m ,50, à 1 mè- che, renforçant un appa- reil de feu fixe.	Réflecteur seul, comme au tableau n° 12..... 243 } 261 Appareil de 0 ^m ,375, à 1 mèche..... 18 }	261
		Réflecteur de 0 ^m ,29, renfor- çant un appareil de feu fixe.	Réflecteur seul, comme au tableau n° 12..... 86 } 145 Appareil de 0 ^m ,50, à 2 mèches..... 59 }	145
	Cinq réflecteurs de 0 ^m ,29, dont les axes font des angl ^{es} de 13° (la Lande).	Intensité dans l'axe d'un réflecteur..... 86 } Moyenne, Intensité dans la bissectrice de l'angle des deux axes $2 \times 86 \left[1 - \left(\frac{6,5}{20} \right)^2 \right] = 154$ } 120	120	
	Sidéraux et réverbères.....	Les intensités des sidéraux et réverbères ont été déterminées par expériences.....	"	
Feu fixe et feu à éclipses...	Feux flottants.....	Les intensités des feux flottants ont été calculées en détail dans le texte.....	"	

CARACTÈRE DU FEU.	NATURE DE L'APPAREIL.	INDICATION SOMMAIRE DES CALCULS.	INTEN- SITÉS EN BECS CARCEL.																																	
3^e ORDRE.																																				
(ANCIEN BEC À 2 MÈCHES.)																																				
Feu fixe blanc varié par des éclats alternati- vement blancs et rouges.	Feu fixe, anneaux inférieurs et $\frac{4,36}{660}$ du tambour; le reste, lentille annulaire $\frac{1}{6}$, de $0^m,525$ de foyer, pour le rouge, et lentille annulaire $\frac{1}{12}$, de $0^m,585$ de foyer, pour le blanc.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; vertical-align: top;">Éclat blanc.</td> <td style="width: 5%; vertical-align: middle;">{</td> <td style="width: 45%;">Coupole $\frac{1}{12}$ 204</td> <td style="width: 10%; vertical-align: middle;">}</td> <td style="width: 15%; vertical-align: middle;">$388 \times \left(\frac{585}{500}\right)^{1,15} = 465$</td> <td rowspan="2" style="width: 5%; vertical-align: middle;">} 516</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Tambour $\frac{1}{12}$ $\frac{224}{660} \times 543 = 184$</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Feu fixe.</td> <td style="vertical-align: middle;">{</td> <td>Couronne..... 7</td> <td style="vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">$\frac{436}{660} \times 67 = 44$</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">} 51</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Tambour.....</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="vertical-align: top;">Éclat rouge.</td> <td style="vertical-align: middle;">{</td> <td>Coupole $\frac{1}{6}$ 427</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">$813 \times \left(\frac{525}{500}\right)^{1,15} = 860$</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">} 911</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Tambour $\frac{1}{6}$ $\frac{224}{660} \times 1136 = 386$</td> </tr> </table>	Éclat blanc.	{	Coupole $\frac{1}{12}$ 204	}	$388 \times \left(\frac{585}{500}\right)^{1,15} = 465$	} 516			Tambour $\frac{1}{12}$ $\frac{224}{660} \times 543 = 184$			Feu fixe.	{	Couronne..... 7	}	$\frac{436}{660} \times 67 = 44$	} 51			Tambour.....				Éclat rouge.	{	Coupole $\frac{1}{6}$ 427	$813 \times \left(\frac{525}{500}\right)^{1,15} = 860$	} 911					Tambour $\frac{1}{6}$ $\frac{224}{660} \times 1136 = 386$	É. B. 516 É. R. 911 51
		Éclat blanc.	{	Coupole $\frac{1}{12}$ 204	}	$388 \times \left(\frac{585}{500}\right)^{1,15} = 465$	} 516																													
				Tambour $\frac{1}{12}$ $\frac{224}{660} \times 543 = 184$																																
Feu fixe.	{	Couronne..... 7	}	$\frac{436}{660} \times 67 = 44$	} 51																															
		Tambour.....																																		
		Éclat rouge.	{	Coupole $\frac{1}{6}$ 427	$813 \times \left(\frac{525}{500}\right)^{1,15} = 860$	} 911																														
				Tambour $\frac{1}{6}$ $\frac{224}{660} \times 1136 = 386$																																
5^e ORDRE (0^m,375).																																				
(ANCIEN PETIT BEC.)																																				
Feu fixe blanc varié par des éclats verts.	Lentille à 3 éléments verti- caux devant le tambour et le tiers des anneaux.	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Feu fixe total, comme au tableau n^o 26.....</td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 45%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: right;">11</td> <td rowspan="3" style="width: 5%;"></td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Éclat vert.....</td> <td style="vertical-align: middle;">{</td> <td>Tambour..... 86</td> <td style="vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">97</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Coupole et couronne inférieure..... $\frac{1}{3} \times 33 = 11$</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Feu fixe partiel, coupole et couronne inférieure..... $\frac{2}{3} \times 3,2 = 2$</td> <td></td> <td style="text-align: right;">99</td> <td style="vertical-align: middle;">} 2</td> </tr> </table>	Feu fixe total, comme au tableau n ^o 26.....				11		Éclat vert.....	{	Tambour..... 86	}	97			Coupole et couronne inférieure..... $\frac{1}{3} \times 33 = 11$				Feu fixe partiel, coupole et couronne inférieure..... $\frac{2}{3} \times 3,2 = 2$		99	} 2	É. V. 99 2												
		Feu fixe total, comme au tableau n ^o 26.....				11																														
		Éclat vert.....	{	Tambour..... 86	}	97																														
		Coupole et couronne inférieure..... $\frac{1}{3} \times 33 = 11$																																		
		Feu fixe partiel, coupole et couronne inférieure..... $\frac{2}{3} \times 3,2 = 2$		99	} 2																															

TABLEAU N° 29.

Intensités et portées des phares allumés sur le littoral de la France.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.		
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.			
APPAREILS DIOPTRIQUES.							
1^{er} ORDRE.							
Feu fixe	Miroirs, et tambour polygonal de 0 ^m ,81 de hauteur.	576	9,6	19,9	38,2	Fécamp. — Cap la Hague. — Héaux de Bréhat. — Le Stiff. — Bec du Raz de Sein. — Île de Groix. — Île d'Yeu. — Chassiron. — Cap Ferret (Arca-chon).	
			16,7	23,8	38,2		
	Anneaux, et tambour cylindrique de 1 mètre de hauteur.	878	10,2	21,3	41,9	Cap Béarn. — Faraman. — La Garoupe. — Punta-Revellata. — Alistro. La Canche nord. — La Canche sud. — Hourtin nord. — Hourtin sud.	
			12,7	27,8	58,8		
Feu à éclipses de minute en minute, à 8 lentilles.	Miroirs, et { lentille annulaire de 0 ^m ,81 de hauteur.	5132	8,1	16,0	28,8	Île de Bas.	
			180	23,0	34,1		58,8
		Miroirs, et { lentille annulaire de 1 mètre de hauteur.	6247	12,9	28,6	60,8	Agde. — Camarat. — Mont Pertusato. Dunkerque.
				133	13,6	18,9		28,8
		Anneaux inférieurs fixes, supérieurs déviés.	6199	12,9	28,5	60,7	Ailly. — Belle-Île. — Cordouan (secteur blanc). Cordouan (secteur rouge).
				85	7,2	13,7		23,5
			6199	10,7	22,6	45,0	
				85	5,3	9,3		14,1
	Feu à éclipses de 30 en 30 secondes, à 16 lentilles.	Miroirs, et { lentille annulaire de 0 ^m ,81 de hauteur; coupole de 8 miroirs déviés.	2432	20,8	30,5	51,4	Planier.
				42	10,1	13,5		19,0
		Miroirs, et { lentille annulaire de 0 ^m ,86 de hauteur.	2704	11,8	25,4	52,4	Barfleur. — Penmarc'h.
				167	8,0	15,7		28,2
		Miroirs, et { lentille annulaire de 1 mètre de hauteur.	3083	11,9	25,9	53,7	Cap Fréhel. Cap Corse (île de Giraglia).
				133	7,7	15,0		26,6
		Anneaux { inférieurs fixes, supérieurs déviés.	3035	11,9	25,8	53,5	Les Baleines.
				85	7,2	13,7		23,5
		Anneaux { inférieurs fixes, supérieurs dans le même axe	4085	12,3	27,0	56,5	Contis.
				85	7,2	13,7		23,5

Les intensités données dans ce tableau et dans le suivant sont évaluées en prenant pour unité la lumière d'une lampe carcel brûlant 40 grammes d'huile de colza par heure. Elles ont été prises dans les tableaux n^{os} 11 et 26, ou calculées comme l'indiquent les tableaux n^{os} 27 et 28. La fraction $\frac{1}{5}$, qui, dans le cas des feux rouges, précède l'intensité, signifie qu'il faut prendre le cinquième de cette intensité pour calculer la portée. La fraction $\frac{1}{8}$, qui précède l'intensité des feux verts, a une signification semblable.

Les portées sont exprimées en milles marins de 1851^m,85; elles ont été prises dans la troisième table des portées, tableau n^o 25. Elles sont données pour trois états de l'atmosphère, qui sont définis dans le texte sous les noms de : *temps brumeux*, *temps moyen*, *temps clair*. Les portées des phares de la Méditerranée diffèrent de celles des phares de l'Océan pour les deux premiers états de l'atmosphère et sont les mêmes pour le dernier, ainsi que cela est expliqué dans le texte.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.	
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.		
Feu à éclipses de 20 en 20 secondes, à 24 lentilles.	$\left. \begin{array}{l} 12 \text{ lentilles rouges à la coupole; le reste, 24 lentilles, alternativement blanches et rouges.} \\ \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Éclats blancs.} \\ \text{Éclats rouges.} \end{array}$	2211	11,5	24,7	50,5	Biarritz.
		$\frac{1}{5}$ 3627	9,9	20,7	40,2	
Feu scintillant de 4 en 4 secondes, à 24 lentilles.	$\left. \begin{array}{l} 8 \text{ lentilles rouges à la coupole; le reste, 24 lentilles, dont 16 blanches et 8 rouges.} \\ \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Éclats blancs.} \\ \text{Éclats rouges.} \end{array}$	2211	11,5	24,7	50,5	Créac'h, à Ouessant.
		$\frac{1}{5}$ 4386	10,2	21,3	41,8	
Feu fixe varié par des éclats, lentilles à 7 élém ^{ts} verticaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Lentilles annulaires dans toute la hauteur.} \\ \dots \end{array} \right\}$	2880	11,8	25,7	53,0	Les Roches-Douvres.
		$\left. \begin{array}{l} \text{Miroirs, et tambour polygonal de } 0^m,81 \text{ de hauteur. Éclats à 4 minutes d'intervalle.} \\ \dots \end{array} \right\}$	2088	11,9	25,8	53,4	Île de Sein.
576	9,6		19,9	38,2		
Feu fixe varié par des éclats, lentilles à 7 élém ^{ts} verticaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclats blancs à 4 minutes d'intervalle.} \\ \dots \end{array} \right\}$	180	8,1	16,0	28,8	Porquerolles. — Grande Île Sanguinaire. — Porto-Vecchio.
		4599	21,4	31,5	53,4	
Anneaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclats blancs à 4 minutes d'intervalle.} \\ \dots \end{array} \right\}$	878	16,7	23,8	41,9	Calais.
		266	13,6	18,9	28,8	
Anneaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Éclats rouges à 3 minutes d'intervalle.} \\ \dots \end{array} \right\}$	$\frac{1}{5}$ 4599	12,5	27,4	57,7	Fatouville.
		878	10,2	21,3	41,9	
		266	8,6	17,2	31,8	
1 ^{er} ORDRE (électrique).						
Feu fixe.....	$\left. \begin{array}{l} \text{Appareil de } 0^m,30 \text{ de diamètre. Machine magnéto-électrique, à 6 disques.} \\ \dots \end{array} \right\}$	4500	12,5	27,3	57,5	La Hève nord. — La Hève sud.
Feu à éclipses de 30 en 30 secondes.	$\left. \begin{array}{l} \text{Tambour de 10 lentilles verticales, décentrées, tournant autour d'un appareil à feu fixe de } 0^m,30, \text{ même machine.} \\ \dots \end{array} \right\}$	14200	14,1	31,8	69,5	Gris-Nez.
2 ^e ORDRE.						
Feu à éclipses de 30 en 30 seconde, à 12 lentilles annulaires.	$\left. \begin{array}{l} \text{Miroirs.} \\ \dots \end{array} \right\}$	2131	11,4	24,5	50,1	Carteret. — Saint-Mathieu.
		67	6,9	13,0	21,9	
Feu fixe varié par des éclats. Lentilles à 9 élém ^{ts} verticaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Anneaux inférieurs fixes, supérieurs déviés.} \\ \dots \end{array} \right\}$	2103	20,4	29,9	50,1	Villefranche.
		39	11,2	15,1	21,9	
Feu fixe varié par des éclats. Lentilles à 9 élém ^{ts} verticaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Anneaux inférieurs fixes, supérieurs déviés.} \\ \dots \end{array} \right\}$	2748	11,4	24,5	50,0	Le Four (Loire-Inférieure).
		463	6,2	11,4	18,6	
Feu fixe varié par des éclats. Lentilles à 9 élém ^{ts} verticaux.	$\left. \begin{array}{l} \text{Miroirs, et tambour polygonal. Lampe à 5 mèches. Éclats à 4 minutes d'intervalle.} \\ \dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Secteur blanc.} \\ \text{Secteur rouge.} \end{array}$	463	11,8	25,5	52,6	Le Pilier.
		96	9,3	19,1	36,3	
Anneaux. Éclats à 3 minutes d'intervalle....	$\left. \begin{array}{l} \text{Secteur blanc.} \\ \text{Secteur rouge.} \end{array} \right\}$	$\frac{1}{5}$ 2748	7,3	14,0	24,3	Le Pilier.
		463	9,6	19,7	37,8	
Anneaux. Éclats à 3 minutes d'intervalle....	$\left. \begin{array}{l} \text{Secteur blanc.} \\ \text{Secteur rouge.} \end{array} \right\}$	96	7,3	13,9	24,1	Le Pilier.
		$\frac{1}{5}$ 3152	5,4	9,6	14,7	
Anneaux. Éclats à 3 minutes d'intervalle....	$\left. \begin{array}{l} \text{Secteur blanc.} \\ \text{Secteur rouge.} \end{array} \right\}$	479	12,0	26,0	53,9	Portzic.
		135	9,4	19,2	36,6	
			7,7	15,1	26,7	
3 ^e ORDRE.						
Feu fixe.....	$\left. \begin{array}{l} \text{Miroirs, et tambour polygonal de } 0^m,50 \text{ de hauteur.} \\ \dots \end{array} \right\}$	143	7,8	15,3	27,1	Granville. — Chauveau. Île du Levant.
			13,0	18,0	27,1	
Anneaux, et tambour de 0 ^m ,68 de hauteur..	$\left. \begin{array}{l} \text{Anneaux, et tambour de } 0^m,68 \text{ de hauteur.} \\ \dots \end{array} \right\}$	224	8,4	16,7	30,5	Gravelines. — Honfleur. — Le Petit-Minou. — Aiguillon. — Haut-Banc du Nord. — La Coubre.
			14,2	19,8	30,5	
			14,2	19,8	30,5	Cette. — Le Grand-Rouveau.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.	
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.		
Feu fixe rouge... Anneaux.....	$\frac{1}{5}$ 224	6,4	11,8	19,4	Le Sénéquet. — La Banche.	
	841	10,1	21,2	41,5		
Feu fixe varié par des éclats blancs. Lentille à 7 élé- ments verticaux.	Miroirs, et tambour de 0 ^m ,50 de hauteur. Éclats à 4 minutes d'intervalle.....	143 49	7,8 6,5	15,3 12,1	27,1 20,0	Cayeux. — Ver. — Penfret.
		1411	10,8	23,0	46,2	
Feu fixe blanc, va- rié de 4 en 4 mi- nutes par des éclats rouges.	Anneaux, et tambour de 0 ^m ,68 de hauteur. Éclats à 3, 2 et 4 minutes d'intervalle....	224 64	8,4 6,8	16,7 12,8	30,5 21,6	Les Sept-Îles. — Le Commerce.
		1411	19,2	27,9	46,2	
Feu fixe blanc, va- rié par des éclats rouges avec éclipses totales.	Lentilles à 7 éléments verticaux, de 0 ^m ,68 de hauteur.....	$\frac{1}{5}$ 1411 224 64	8,7 8,4 6,8	17,4 16,7 12,8	32,3 30,5 21,6	Îles Chausey. — Île Vierge.
		1885	9,1	18,4	34,6	
Feu fixe blanc, va- rié de 30 en 30 secondes par des éclats alternati- vement blancs et rouges, sans éclipses.	Lentilles à 7 éléments verticaux dans toute la hauteur de l'appareil. Tambour de 0 ^m ,68..	$\frac{1}{5}$ 1885 224	9,1 8,4	18,4 16,7	34,6 30,5	Les Barges d'Olonne.
		988	10,4	21,7	42,9	
Feu fixe blanc, va- rié de 20 en 20 secondes par des éclats alternati- vement rouges et verts, sans éclipses.	Feu fixe produit par la zone inférieure et les du tambour. Éclats produits par le reste du tambour et la coupole; lentilles $\frac{1}{12}$ pour le blanc, $\frac{1}{6}$ pour le rouge.....	$\frac{1}{5}$ 988 1415 124	8,7 7,6	17,4 14,8	32,3 26,1	Les Triagoz.
		796	7,9	15,6	27,9	
Feu blanc alterna- tivement fixe et scintillant.	Feu fixe produit par la zone inférieure et les du tambour. Éclats produits par le reste du tambour et la coupole. Lentilles annulaires $\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$ 796 $\frac{1}{8}$ 796 137	7,4 7,8	14,2 15,1	24,6 26,8	Le Grand-Jardin.
		939	10,3	21,6	42,5	
Feu rouge à éclipses totales.	La moitié, feu fixe complet durant 30 secondes; l'autre moitié, 8 lentilles annulaires $\frac{1}{16}$ com- plètes. Éclats à 3 secondes $\frac{3}{4}$ d'intervalle....	224 224	8,4	16,7	30,5	Le Four (Finistère).
		939	8,2	16,1	29,1	
Feu blanc, cligno- tant de 5 en 5 secondes.	16 lentilles annulaires $\frac{1}{16}$ complètes. Éclats de 10 en 10 secondes.....	$\frac{1}{5}$ 939	8,2	16,1	29,1	Les Pierres-Noires.
	Appareil ordinaire avec anneaux. Éclipses pro- duites par des écrans tournant autour de l'appareil.....	224	8,4	16,7	30,5	Grave.

4^e ORDRE.

Appareils de 0^m,50 avec lampe à 3 mèches.

Feu alternativem ^t rouge et vert pendant des in- tervalles de 20 secondes.	Feu fixe avec réflecteur catadioptrique, occu- pant 160°, et dont la lumière est ramenée par des prismes verticaux dans un angle de 45°.....	$\frac{1}{5}$ 391	7,1	13,4	22,9	La Palmyre.
		$\frac{1}{8}$ 391	6,5	12,1	20,0	

Appareils de 0^m,50 avec lampe à 2 mèches.

Feu fixe blanc.....	59	6,7	12,6	21,1	Kermorvan. — Terre-Nègre.	
		10,9	14,7	21,1	Fort de Bouc. — Lavezzi. — Bastia (citadelle).	
Feu fixe rouge...	Appareil ordinaire.....	$\frac{1}{5}$ 59	4,9	8,4	12,4	Digue de Cherbourg, musoir ouest. — Richard.
	Appareil ordinaire avec réflecteur catadiop- trique.....	$\frac{1}{5}$ 81	7,5	9,5	12,4	Fort de Bouc (secteur rouge). — La Joliette. — Lavezzi (secteur rouge).
			5,3	9,2	13,9	Deauville.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.	
Feu fixe vert.	$\frac{1}{5}$ 59	4,4 6,6	7,3 8,2	10,5 10,5	Digue de Cherbourg, musoir est. Lavezzi (secteur vert).
Feu fixe blanc, varié par des éclats rouges de 3 en 3 minutes. } Lentille à 5 éléments verticaux, devant le tambour.	$\frac{1}{5}$ 323 59 17	6,8 6,7 5,3	12,9 12,6 9,3	21,7 21,1 14,1	Cap Lévi.
		11,1 10,9 8,2	15,0 14,7 10,5	21,7 21,1 14,1	
Feu fixe blanc, varié par des éclats rouges de 20 en 20 secondes. } Appareil en verre moulé, de 0 ^m ,46 de diamètre; la moitié de la hauteur du tambour en lentilles annulaires $\frac{1}{12}$; le reste de l'appareil fixe.	$\frac{1}{5}$ 128 29	5,8 5,9	10,3 10,6	16,2 16,9	Walde.
Feu rouge, à éclipses de 30 en 30 secondes. } Coupole de feu fixe, le reste annulaire $\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$ 380 12	7,0 3,4	13,3 5,2	22,7 6,7	Ville-ès-Martin.
Feu blanc, scintillant de 5 en 5 secondes. } Lentilles annulaires $\frac{1}{6}$ complètes.	473	9,4	19,2	36,5	Berk. — Les Poulains.
Feu rouge, scintillant de 20 en 20 secondes. } Lentilles annulaires $\frac{1}{6}$ complètes.	$\frac{1}{5}$ 478	7,3	14,0	24,3	Cap Couronne.
Feu blanc, clignotant de 4 en 4 secondes. } Éclipses produites par des écrans tournant autour de l'appareil de feu fixe. } Secteur blanc... Secteur rouge...	$\frac{1}{5}$ 59 59	6,7 4,9	12,6 8,4	21,1 12,4	Le Tévenec.
<i>Appareils de 0^m,50 avec lampe à 1 mèche.</i>					
Feu fixe blanc.	25,6	5,8	10,3	16,2	Quillebeuf. — Hédic. — La Chaume.
Feu fixe rouge.	$\frac{1}{5}$ 25,6	4,1	6,6	9,1	Boulogne, jetée nord-est. — Le Paon, à Bréhat.
5^e ORDRE.					
<i>Appareils de 0^m,375 avec lampe à 2 mèches.</i>					
Feu fixe blanc.	42	6,3	11,7	19,0	Pontusval.
Feu fixe rouge... } Deux appareils de direction, composés chacun d'une lentille annulaire occupant une demi-circumférence et d'un réflecteur catadioptrique.	$\frac{1}{5}$ 2086	9,2	18,7	35,4	Saint-Georges. — Suzac.
Feu fixe rouge... } Un appareil de direction comme ci-dessus, renforçant un appareil de 0 ^m ,50, à 2 mèches. ...	$\frac{1}{5}$ 1102	8,4	16,6	30,3	Richard (direction de Talais).
Feu fixe rouge... } Appareil de feu fixe et réflecteur catadioptrique occupant 166° et dont la lumière est concentrée dans un angle de 18° avec maximum dans la direction de l'île d'Aix. Feu fixe latéral occupant 26°.	$\frac{1}{5}$ 500 180 42	7,4 6,2 4,6	14,2 11,2 7,6	24,6 18,1 11,0	Charente, rive droite, amont.
Feu fixe vert.	$\frac{1}{8}$ 42	4,1	6,6	9,2	Trouville, jetée est.
Feu fixe varié par des éclats. } Lentilles à 5 éléments verticaux et de 0 ^m ,40 de hauteur.	$\frac{1}{5}$ 270 42 4	8,6 6,3 3,8	17,3 11,6 6,1	31,9 19,0 8,3	La Teignouse.
Feu fixe varié par des éclats. } Éclats blancs de 3 en 3 minutes. } Éclats rouges de 2 en 2 minutes.	$\frac{1}{5}$ 270 42 4	6,6 6,3 3,8	12,3 11,6 6,1	20,5 19,0 8,3	Alpreck.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.	
<i>Appareils de 0^m,375 avec lampe à 1 mèche.</i>					
Feu fixe blanc.	18,4	5,4	9,5	14,5	Dieppe, jetée ouest. — Havre, jetée nord. — Le Hoc. — Oyestreham, église. — Morsalines. — Île Pelée. — Querqueville. — Régneville. — Saint-Malo. — Le Légué - Saint-Brieuc. — Binic. — Saint-Quay (île Harbour). — Île Louët. — Odet amont. — Concarneau aval. — Pont-Aven. — Port-Navalo. — Le Tréhic. — Pornic. — Port-Breton amont. — Port des Sables — La Flotte. — La Rochelle amont. — Île d'Aix. — Socoa.
Feu fixe blanc. Lentille annulaire de 0 ^m ,375 et lampe de gardien.	16	8,3	10,8	14,5	
Feu fixe rouge.	$\frac{1}{5}$ 18,4	5,2	9,1	13,9	La Nouvelle. — Canal Saint-Louis. — Le Grand-Ribaud. — Cannes. — Citadelle d'Ajaccio. — La Madonetta. — Saint-Antoine de l'Abervrach.
Feu fixe rouge.	$\frac{1}{5}$ 18,4	3,8	5,9	8,0	Honfleur. — Houle-sous-Cancalle. — Île Vrac'h. — Le Toulguet. — Audierne aval. — Pont-Aven (secteur rouge). — Étel. — Le Tréhic (secteur rouge). — L's Corbeaux. — Saint-Gilles. — Saint-Martin. — Socoa (secteur rouge).
Feu fixe rouge. ...	$\frac{1}{5}$ 27,4	5,4	6,5	8,0	Embouchure de l'Hérault, jetée ouest. — Cette, brise-lames. — Le Frioul. — Île Rousse.
Feu fixe rouge. ...	$\frac{1}{5}$ 54,8	6,6	12,4	20,7	Le Chay, à Royan.
Feu fixe vert.	$\frac{1}{8}$ 18,4	7,5	14,4	25,2	Saint-Pierre, à Royan.
Feu fixe blanc varié par des éclats. ...	$\frac{1}{5}$ 177,0	6,2	11,3	18,3	Pierre-à-l'OEil.
	$\frac{1}{5}$ 18,4	3,3	5,1	6,6	Pont-Aven (secteur vert).
	$\frac{1}{5}$ 18,4	4,6	5,5	6,6	Jetée de Frontignan, à Cette.
	$\frac{1}{5}$ 177,0	8,1	15,9	28,7	Île Noire.
	$\frac{1}{5}$ 3,4	5,4	9,5	14,5	
	$\frac{1}{5}$ 177,0	3,7	5,8	7,8	Fort de la Croix, à l'île de Groix.
	$\frac{1}{5}$ 18,4	6,1	11,2	18,0	
	$\frac{1}{5}$ 3,4	5,4	9,5	14,5	Nice.
	$\frac{1}{5}$ 177,0	3,7	5,8	7,8	
	$\frac{1}{5}$ 18,4	9,7	12,8	18,0	
	$\frac{1}{5}$ 18,4	8,3	10,8	14,5	
	$\frac{1}{5}$ 3,4	5,2	6,3	7,8	
<i>Appareils de 0^m,30.</i>					
Feu fixe blanc.	14	5,1	8,8	13,2	Camiers aval. — Tréport, jetée ouest. — La Roque. — Berville. — Trouville, jetée ouest. — Saint-Marcouf. — La Hougue. — Réville. — Barfleur aval. — Barfleur amont. — Diélette aval. — Port de la Chaîne. — Quéclern. — Île Tristan. — Falaise du Raz de Sein. — Loctudy. — Douélan aval. — Douélan amont. — Port-Haliguen. — La Crac'h amont. — Le Palais. — Penlan. — Saint-Nazaire. — Paimboeuf. — Pointe des Dames. — Port-Breton aval. — Grouin-du-Cou. — L'Aiguillon. — Château d'Oleron aval. — Château d'Oleron amont. — Musde-Loup. — Royan. — Adour.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN DEG CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.	
Feu fixe blanc.....	14	7,8	10,0	13,2	Port-Vendres, fort. — Embouchure de l'Hérault, jetée orientale. — Fort Brescou. — Faraman, feu accessoire. — Bouc, môle. — Fort Saint-Jean, Marseille. — Château d'If. — Cassis. — La Ciotat, môle Bérourard. — Toulon, grosse tour. — Islette.
Feu fixe blanc. Deux appareils de 0 ^m ,30.....	28	5,9	10,6	16,7	Boulogne, jetée sud-ouest.
Feu fixe rouge.....	1/5 14	3,5	5,4	7,2	Trouville, jetée ouest (secteur rouge). — Saint-Vaast. — Cherbourg, commerce. — Diélette aval (secteur rouge). — Granville. — Mont Saint-Michel. — Portrieux. — Coatmer aval. — Ploumanach. — Château du Taureau. — Brest, jetée sud. — Le Guilvinec aval. — Sauzon. — Adour rouge.
		4,9	5,9	7,2	
Feu fixe vert.....	1/8 14	3,1	4,6	5,9	Aigues-Mortes, jetée nord. — La Ciotat, môle neuf. — Bandol. — Saint-Tropez. — Islette (secteur rouge). Brest, jetée ouest. Darse de Villefranche.
		4,2	5,0	5,9	
Feu fixe varié par des éclats. Lentille à éléments verticaux, de 0 ^m ,31 de hauteur.	89 14 1,3	7,2	13,8	23,8	Fécamp, jetée nord. — Cherbourg, fort central.
		5,1	8,8	13,2	
		2,8	4,2	5,2	
		89 14 1,3	11,9 7,8 3,8	16,2 10,0 4,5		23,8 13,2 5,2
Éclats à 3 minutes d'intervalle.....					Tête-de-More, Marseille. — Antibes.

Appareils de 0^m,30 hissés sur tringles.

Feu fixe blanc.....	8	4,5	10,8	10,8	Calais, jetée est. — Saint-Valery-en-Caux, jetée ouest. — Basse Seine, digue du Nord. — Le Mesnil. — Caudebecquet. — La Vaquerie. — Vieux-Port. — Épi de la Roque. — Carentan amont. — Becquet aval. — Port-Bail aval. — Fier d'Arz aval. — La Perrotine. — Fouras. — Mousset. — Gaët. — Pauillac, débarcadère.
		6,7	8,4	10,8	
Feu fixe rouge.....	1/5 8	3,0	4,5	5,7	Aigues-Mortes, jetée sud. — Saint-Raphaël. — Calvi, citadelle. Saint-Valery-sur-Somme. — Tréport, jetée est. — Fécamp, jetée sud. — La Rille. — Douarnenez. — Port-Louis. — Le Pouliguen. — Méan aval. — Cap-Breton.
		4,1	4,8	5,7	
Feu fixe rouge de direction.....	1/5 53 1/5 38	12,0	8,1	4,8	Marseille, traverse de la Pinède (2 feux). — Cap Blanc. — Villefranche, la Santé. — Saint-Jean. — Bastia, jetée du Dragon. — Bastia, jetée Saint-Nicolas. Mousset. — Gaët.
		10,6	7,4	4,5	
Feu fixe vert.....	1/8 8	2,6	3,8	4,7	Pauillac, débarcadère. Dunkerque, jetée est. — Orne, jetée est. — Courselles, jetée est. — Cale de Pauillac.
		3,5	4,1	4,7	
					Bastia, môle.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.		INTEN- SITÉ EN DEG CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.
			BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.	
Feu fixe blanc...	Appareil de 0 ^m ,20.	{ Lampe ordinaire. 4 { Lampe de gar- dien. 2	5,5	6,7	8,3	Port-Vendres, redoute. — Île Rousse, musoir. Méan amont.
			2	3,2	4,8		6,3
Feu fixe rouge...	Appareil de 0 ^m ,25, en verre moulé.	1/5	6	2,8	4,0	Le Havre, jetée sud. Saint-Valery-en-Caux, jetée est.
			4	2,5	3,5		4,2
	Appareil de 0 ^m ,20.	{ Lampe ordinaire. 1/5 { Lampe de gar- dien. 1/5	4	2,5	3,5	Barfleur, musoir est. — Barfleur, mu- soir ouest.
			2	2,0	2,7		3,1

APPAREILS CATOPTRIQUES.

Réflecteurs de 0^m,85 avec lampe à 2 mèches.

Feu fixe rouge.	1/5	908	8,1	16,0	28,9	Rochebonne, Saint-Malo.
----------------------	-----	-----	-----	------	------	-------------------------

Réflecteurs de 0^m,50 avec lampe à 2 mèches.

Feu fixe blanc..	{ Réflecteur renforçant un appareil dioptrique de 0 ^m ,30.	426	9,2	18,8	35,6	La Roque. — Berville.	
							1/5	412	7,1	13,6	23,3	Sainte-Barbe amont. — Sainte-Barbe aval.
Feu fixe rouge...	{ Réflecteur renforçant un appareil dioptrique de 0 ^m ,30.	426	7,2	13,7	23,5	Pointe des Dames (secteur rouge).	
							1/5	555	7,5	14,5	25,3	Chauveau (secteur rouge).
Feu fixe vert.		1/8	412	6,6	12,2	20,3	Charente, rive droite, aval. — Saint- Nicolas (Gironde).

Réflecteurs de 0^m,50 avec lampe à 1 mèche.

Feu fixe blanc...	{ Réflecteur renforçant un appareil dioptrique de 0 ^m ,375.	261	8,6	17,2	31,7	Port-Navalo, direction de la Teignouse.	
Feu fixe vert.		1/5	243	6,0	10,8	17,2	La Ballue, Saint-Malo. — Saint-Jean- de-Luz amont.
Feu clignotant, de 4 en 4 secondes, par la rotation d'un écran...		243	8,5	17,0	31,1	Bodic. — Patiras.	

Réflecteurs de 0^m,40.

Feu fixe blanc.		161	8,0	15,6	28,0	Leugenaer.
----------------------	--	-----	-----	------	------	------------

Réflecteurs de 0^m,29.

Feu fixe blanc.		86	7,2	13,7	23,6	Port-en-Bessin amont. — Isigny amont. — Isigny aval. — Nantouar. — Ker- jean. — Colombier. — Kerprigent. — Lanvaon. — Audierne amont. — Concarneau amont. — La Per- rière. — Eglise de Lorient. — Bas- tion de Port-Louis. — Kerbel. — Croisic aval.
Feu fixe blanc...	{ Réflecteur renforçant un appareil dioptrique de 0 ^m ,50, avec lampe à 2 mèches.	145	7,8	15,3	27,2	Terre-Nègre, direction de la Coubre.
Feu fixe blanc...	5 réflecteurs dont les axes font des angles de 13°.	120	7,6	14,7	25,8	La Lande.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTENSITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.	
Feu fixe rouge.....	$\frac{1}{5}$ 86	5,3	9,3	14,2	Camiers amont. — Dives supérieur. — Dives inférieur. — Port-en-Bessin amont, à basse mer. — Carentan aval. — Becquet amont. — Diélette amont. — Port-Bail amont. — Rosédo. — Coatmer amont. — Saint-Antoine de Tréguier. — Le Guilvinec amont. — Odet aval. — Lanrjeu. — Crac'h aval. — Pointe de l'Ève. — Les Sables, potence. — Les Sables, estacade. — La Rochelle aval — Charente, rive gauche, aval. — Charente, rive gauche, amont. — Saint-Lambert.
Feu fixe rouge, 2 réflecteurs de 0 ^m ,29 d'ouverture ayant même direction.....	$\frac{1}{5}$ 172	8,2	10,6	14,2	
Feu fixe vert.....	$\frac{1}{8}$ 86	6,1	11,1	17,9	
Feu clignotant, de 4 en 4 secondes, par la rotation d'un écran...	86	4,8	8,2	12,0	
		7,2	13,7	23,6	Port-Vendres supérieur. La Falaise de Terre-Nègre. Bas-Sablons, Saint-Malo. — La Palue de l'Aberrac'h. — Fier d'Ars amont. — Saint-Jean-de-Luz aval. La Croix, embouchure du Trieux.
<i>Sidéraux.</i>					
Feu fixe blanc.....	5	4,0	6,5	9,0	Gravelines amont. — Gravelines aval. — Le Crotot. — Le Hourdel. — Cayeux. — Villequier. — Courval. — Dunes d'Oyestreham. — Courseulles ouest. — Port-en-Bessin aval. — Grandcamp. — Débarcadère de Lorient. — Croisic amont. Dunkerque, jetée ouest. — Calais, jetée ouest. — Embouchure de l'Orne, ouest. La Joliette, passe sud (2 feux). — Margonajo. Jetée de la citadelle d'Ajaccio (provisoire).
Feu fixe rouge.....	$\frac{1}{5}$ 5	2,6	3,8	4,6	
Feu fixe vert.....	$\frac{1}{8}$ 5	3,5	4,0	4,6	
		3,0	3,4	3,8	
<i>Réverbères.</i>					
Feu fixe blanc... { Réverbère de 0 ^m ,15 de diamètre, avec lampe à mèche plate.....	3	3,6	5,5	7,4	Dieppe, 3 feux du mât de signaux. — Blaye. Marseille, 2 feux du passage de l'Abattoir.
Feu fixe rouge... Réverbère à bougie.....	$\frac{1}{5}$ 3	2,9	3,3	3,7	
<i>Feux flottants.</i>					
Feu fixe blanc... { 10 réflecteurs de 0 ^m ,29 d'ouverture, avec lampe ancien petit bec.....	39	6,2	11,4	18,6	Talais. — By. Mapon.
{ 8 réflecteurs de 0 ^m ,29 d'ouverture, avec lampe ancien bec carcel.....	25	5,7	10,2	16,1	
Feu fixe rouge... { 10 réflecteurs de 0 ^m ,29 d'ouverture, avec lampe ancien petit bec.....	$\frac{1}{5}$ 39	4,5	7,4	10,7	Snouw.
{ 3 appareils lenticulaires de 0 ^m ,30 de diamètre, avec lampe ancien gros bec.....	$\frac{1}{5}$ 23	5,7	7,0	8,7	Marseille.
Deux feux fixes blancs..... { Sur chaque mât, 10 réflecteurs de 0 ^m ,29 d'ouverture, avec lampe ancien gros bec.....	48	6,5	12,0	19,8	Dyck. — Les Minquiers. — Rochebonne. — Le Grand-Banc.
Feu rouge à éclipses de 30 en 30 secondes. { 8 réflecteurs de 0 ^m ,37 d'ouverture, avec lampe ancien gros bec.....	$\frac{1}{5}$ 115	5,6	10,0	15,7	Ruytingen.

TABLEAU N° 30.

Intensités et portées des phares allumés sur le littoral de l'Algérie.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BEGS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CÉS APPAREILS.		
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.			
APPAREILS DIOPTRIQUES.							
1^{er} ORDRE.							
Feu fixe.....	{ Appareil ordinaire, éclairant $\frac{5}{8}$ de l'horizon, avec réflecteur catadioptrique occupant $\frac{3}{8}$ }	Sans réflecteur.	63 ₂	16,9	24,3	39,0	Cap Bougareni.
		Avec réflecteur.	87 ₂	17,8	25,7	41,8	
Feu à éclipses de minute en minutes, à 8 lentilles.	{ Anneaux inférieurs fixes, supérieurs dans le même axe..... }		69 ₁₇	23,9	35,7	61,9	Cap Ténez. — Cap Carbon.
			6 ₂	11,0	14,8	21,4	
Feu à éclipses de 30 en 30 secondes, à 16 lentilles.	{ Anneaux inférieurs fixes, supérieurs déviés.. }		34 ₇₉	21,8	32,2	54,9	Cap Caxine.
			6 ₂	11,0	14,8	21,4	
	{ Anneaux inférieurs fixes, supérieurs dans le même axe..... }		44 ₁₈	22,6	33,4	57,3	Cap Falcon.
			6 ₂	11,0	14,8	21,4	
Feu scintillant de 4 en 4 secondes, à 24 lentilles.	{ Lentilles annulaires dans toute la hauteur... }		24 ₈₃	20,8	30,6	51,6	Cap Ivi.
2^e ORDRE.							
Feu à éclats alternatifs ⁴ blancs et rouges, se succédant de 10 en 10 secondes.	{ Lentilles annulaires du tambour et de la couronne inférieure occupant $\frac{1}{20}$, alternativement blanches et rouges, et lentilles annulaires de la coupole occupant $\frac{1}{10}$, toutes rouges..... }		109 ₈	18,5	26,8	43,9	Île Raschgoun.
		$\frac{1}{5}$	183 ₁	15,5	21,9	34,4	
Feu scintillant de 4 en 4 secondes, à 20 lentilles.	{ Lentilles annulaires dans toute la hauteur... }		14 ₄₉	19,3	28,0	46,4	Cap Afia.
3^e ORDRE.							
(1 mètre de diamètre.)							
Feu fixe.....	Appareil ordinaire.....		9 ₄	12,0	16,4	24,2	Cherchell.
Feu fixe blanc varié de 30 en 30 secondes par des éclats alternativement blancs et rouges.	{ Feu fixe produit par les anneaux inférieurs et les $\frac{2,3}{6,6,9}$ du tambour; éclats produits par le reste du tambour et par la coupole. Lentilles annulaires $\frac{1}{6}$ avec 0 ^m ,525 de distance focale pour le rouge, et $\frac{1}{12}$ avec 0 ^m ,585 de distance focale pour le blanc..... }		5 ₁₆	16,4	23,3	37,2	Cap de Fer.
		$\frac{1}{5}$	9 ₁₁	13,6	19,0	28,9	
			5 ₁	10,6	14,1	20,2	
4^e ORDRE.							
(0 ^m ,50 de diamètre.)							
Feu fixe.....	Appareil ordinaire avec lampe à petit bec double		3 ₂	9,5	12,5	17,5	Îlot d'Arzew.

CARACTÈRE DU FEU ET NATURE DE L'APPAREIL.	INTEN- SITÉ EN BECS CARCEL.	PORTÉE EN MILLES MARINS, pour un temps			NOMS DES PHARES MUNIS DE CES APPAREILS.	
		BRU- MEUX.	MOYEN.	CLAIR.		
5^e ORDRE.						
(0 ^m ,375 et 0 ^m ,30 de diamètre.)						
Fixe blanc.....	} 0 ^m ,375 de diamètre, avec lampe gros bec...	14	7,8	10,0	13,2	Nemours. — Cap Matifou. — Cap Rosa. — Port de la Calle.
Fixe rouge.....		$\frac{1}{5}$ 14	4,9	5,9	7,2		Alger, jetée nord.
Fixe vert.....	} 0 ^m ,375 de diamètre, avec lampe bec carcel...	$\frac{1}{8}$ 14	4,2	5,0	5,9	Alger, jetée sud. — Tipaza.
Fixe blanc.....		8	6,7	8,4	10,8	Île Srigina (Stora).
Fixe blanc varié par des éclats verts.	} 0 ^m ,375 de diamètre, avec lampe petit bec... Lentille à 3 éléments verticaux, devant le tambour et le tiers des anneaux.....	$\frac{1}{5}$ 99	7,8	9,6	12,7	} Cap Collo.
		11	7,3	9,3	12,1	
Fixe blanc.....	} 0 ^m ,30 de diamètre, avec lampe gros bec...	11	7,3	9,3	12,1	} Mostaganem. — Alger, îlot de la Ma- rine. — Pointe du Lion.
Fixe rouge.....		$\frac{1}{5}$ 11	4,6	5,4	6,5		Port d'Arzew.
Fixe blanc.....	} 0 ^m ,30 de diamètre, avec lampe petit bec...	9	6,9	8,7	11,3	} Mers-el-Kebir.
Fixe rouge.....		$\frac{1}{5}$ 9	4,3	5,1	6,0		Bône, jetée Bab-Ayaud.
Fixe vert.....	$\frac{1}{8}$ 9	3,7	4,2	4,9	Bône, jetée sud.	
APPAREILS CATOPTRIQUES.						
Feu à éclipses de 30 en 30 se- condes.	} 8 réflecteurs de 0 ^m ,50, avec appareil diop- trique de feu fixe de 0 ^m ,30 et lampe gros bec.....	200	13,9	19,3	29,6	} Cap de Garde.
		11	7,3	9,3	12,1	
Feu fixe blanc...	} Réflecteur de 0 ^m ,29.....	60	10,9	14,7	21,2	} Cherchell, jetée Joinville.
Feu fixe rouge...		$\frac{1}{5}$ 60	7,5	9,5	12,5		Philippeville... { Château-Vert. Mamelon Skikida.
Feu fixe blanc...	} Sidéral.....	5	5,9	7,2	9,0	} Port de Ténéz. — Port de Dellys. — Cap Bouac. — Djidjelli. — Îlot des Singes. — Fort Génôis.
Feu fixe rouge...		$\frac{1}{5}$ 5	3,5	4,0	4,6		Oran, ancienne jetée. — Bougie.
Feu fixe vert.....	$\frac{1}{5}$ 5	"	3,4	"	Oran, jetée ouest. — Oran, jetée est.	
Feu fixe rouge... Petit sidéral.....	$\frac{1}{5}$ 3	"	3,3	"	Cherchell, bassin.	

LISTE
DES TABLEAUX NUMÉRIQUES.

NUMEROS.	OBJET DES TABLEAUX.	PAGES DU TEXTE.
1	Résumé des renseignements sur les flammes.	17
2	Quantités de lumière émises par les lampes.	24
3	Quantités de lumière émises par les appareils de feu fixe.	26
4	Intensités des appareils de feu fixe.	28
5	Relations des intensités des appareils avec celles des lampes.	29
6	Coefficients des appareils de feu fixe.	32
7	Intensités données par différentes combinaisons d'appareils de feu fixe et de lampes.	33
8	Intensités des différents points de l'image produite par une lentille annulaire $\frac{1}{8}$ de tambour de 1 ^{er} ordre.	35
9	Intensités dans l'axe des différentes lentilles annulaires.	37
10	Intensités des éclats produits par les lentilles à éléments verticaux.	39
11	Intensités pratiques des différentes lentilles.	41
12	Intensités dans l'axe des réflecteurs paraboliques.	53
13	Intensités des réflecteurs dans différentes directions.	54
14	Impressions produites par un éclat lumineux.	68
15	Impressions produites par une série d'éclats.	70
16	Coordonnées des courbes de transparence pour les différentes sections du littoral.	87
17	États de transparence qui correspondent à différentes proportions de visibilité dans les quatre sections du littoral.	88
18	Coordonnées des courbes de transparence de chaque saison dans l'Océan et la Manche.	90
19	Coordonnées des courbes de transparence pour l'hiver, dans les quatre sections du littoral.	91
20	Portées relatives à différentes fractions de l'année.	98
21	Coefficients de transparence adoptés pour le calcul des tables.	102

NUMÉROS.	OBJET DES TABLEAUX.	PAGES DU TEXTE.
22	Résultats des calculs relatifs à un nouveau profil d'appareil de deuxième ordre, exécuté pour le phare du Pilier (Vendée).....	117
23	Observations sur la visibilité des feux blancs.....	121
24	Observations sur la visibilité des feux rouges.....	129
25	Tables des portées lumineuses : Première table, donnant l'intensité en fonction de la portée, pour les temps de brouillard..... Deuxième table, donnant l'intensité en fonction de la portée, pour trois états de l'atmosphère..... Troisième table, donnant la portée en fonction de l'intensité, pour trois états de l'atmosphère.....	132 133 135
26	Intensités pratiques de quelques lentilles éclairées à l'huile de colza.....	139
27	Calcul des intensités des phares de France éclairés à l'huile minérale.....	141
28	Calcul des intensités des phares d'Algérie, éclairés à l'huile de colza.....	147
29	Intensités et portées des phares allumés sur le littoral de la France.....	149
30	Intensités et portées des phares allumés sur le littoral de l'Algérie.....	157

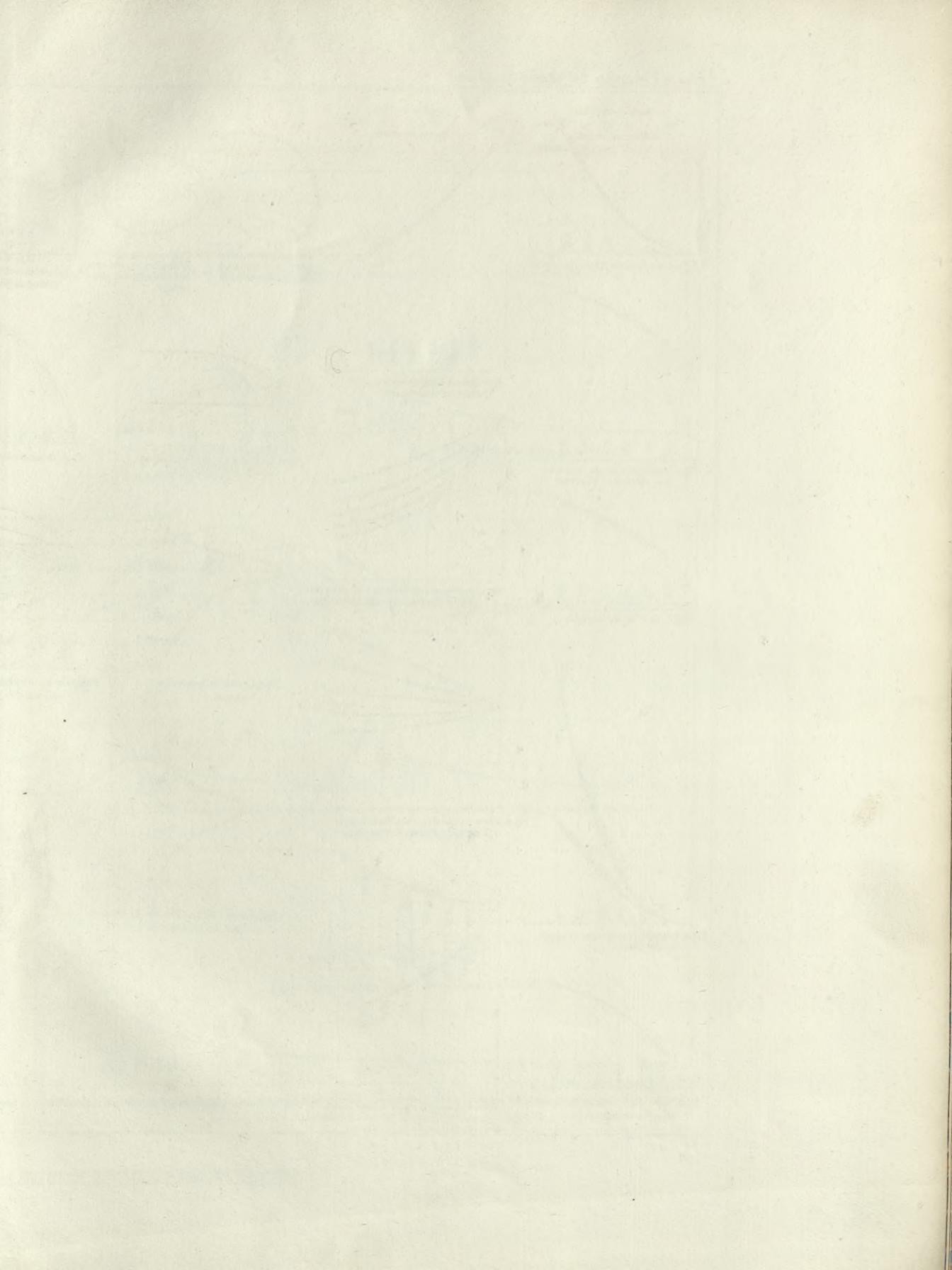
LISTE DES FIGURES.

NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES PLANCHES ET OBJET DES FIGURES.	PAGES DU TEXTE.
PLANCHE I.		
INTENSITÉS DES LAMPES ET DES APPAREILS. — VISION DES FEUX SCINTILLANTS.		
1	Consommation d'huile par heure; les abscisses représentent les diamètres des becs à l'échelle de $2^{\text{mm}},5$ par centimètre ou $\frac{1}{4}$, et les ordonnées donnent la consommation à l'échelle de 2 centimètres par kilogramme.	4 et 17
2	Consommation d'huile par heure et par centimètre de mèche; même échelle que ci-dessus, pour les diamètres, et échelle de 4 millimètres par gramme pour les consommations.	5 et 17
3	Hauteur des flammes; échelle de $\frac{1}{4}$.	
4	Intensités lumineuses absolues et effectives; échelle de $\frac{1}{2}$ millimètre par bec de carcel.	6, 16 et 17
5	Intensité par centimètre carré de surface apparente de flamme; échelle de 5 millimètres pour $\frac{1}{10}$ de bec.	
6	Intensité par centimètre cube de volume de flamme; échelle de 5 millimètres pour $\frac{1}{100}$ de bec.	7
7	Coefficients de réduction de l'intensité pour différentes hypothèses de transparence; même échelle que ci-dessus pour les diamètres des becs; les ordonnées représentent les coefficients de réduction en prenant 4 centimètres pour l'unité.	14 et 17
8	Intensité spécifique des flammes pour différentes hypothèses de transparence; échelle de 2 décimètres par unité.	
9	Consommations d'huile par unité d'intensité effective et d'intensité absolue; échelle de 2 millimètres par gramme.	16 et 17
10	Coefficients des intensités lumineuses d'une lampe dans un plan vertical; ces coefficients sont portés, à l'échelle de 25 millimètres pour l'unité, sur des rayons tracés de 10 en 10 degrés au-dessus et au-dessous de l'horizon.	23
11	Coefficients des quantités de lumière émises par une lampe dans un plan vertical; même échelle que le n° 10.	24
12	Intensité d'un cylindre lumineux dans le sens de son axe; les abscisses donnent la longueur du cylindre à l'échelle de $\frac{1}{8}$, et les ordonnées représentent les intensités à l'échelle de 5 millimètres par unité.	8
13	Coefficients des appareils de feu fixe en fonction de la divergence verticale; échelles de 2 millimètres par degré pour les abscisses et de 1 millimètre par unité pour les ordonnées.	31
14	Image produite par une lentille annulaire $\frac{1}{8}$, de 1 ^{er} ordre; intensités dans le plan horizontal et dans le plan vertical; échelles de 6 millimètres par degré et de 4 millimètres par 1000 becs; la figure 16 donne les courbes	
15		
16		d'égale intensité de 1000 en 1000 becs.

NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES PLANCHES ET OBJET DES FIGURES.	PAGES DU TEXTE.	
17	Intensités d'un feu fixe de 1 ^{er} ordre dans un plan vertical; échelle de 2 centimètres par 1000 becs.	28	
18	JointS inclinés et augmentation de hauteur du tambour.	47	
19	Courbe des impressions produites au commencement et à la fin de l'apparition d'un feu fixe.	64	
20	Courbes des impressions produites par un éclat lumineux qui passe avec différentes vitesses.	68 et 69	
21	Éclat durant $\frac{4}{100}$ de seconde.	69	
22	Éclat durant $\frac{16}{100}$ de seconde.		
23	Courbes des impressions produites par une série d'éclats qui se succèdent à $\frac{16}{100}$ de seconde d'intervalle.	70	
24	Éclats se succédant à $\frac{4}{100}$ de seconde d'intervalle.	72	
25	Courbe des impressions maximum que produit successivement un feu scintillant dont l'appareil tourne avec différentes vitesses.		
PLANCHE II.			
APPAREILS PRÉSENTANT DES CARACTÈRES NOUVEAUX.			
1	Appareil de feu fixe, alternativement rouge et vert, renforcé dans un angle donné.	46	
2			Élévation à l'échelle de 2 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{50}$
3			Coupe verticale à l'échelle de 5 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{20}$
4	Appareil de feu fixe et scintillant.	57	
5			Coupe horizontale (indiquant la direction des rayons déviés) à l'échelle de 5 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{20}$
6	Appareil de feu clignotant. . .	61	
7			Élévation à l'échelle de 2 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{50}$
8			Coupe verticale. . . } à l'échelle de 5 cent. Coupe horizontale. } pour 1 mètre, ou $\frac{1}{20}$.
PLANCHE III.			
APPAREIL DE 2 ^e ORDRE, NOUVEAU PROFIL.			
1	Elévation générale. } à l'échelle de 2 centimètres pour 1 mètre, Plan. } ou $\frac{1}{50}$	50 et 113	
2			Profil des lentilles de feu fixe. } à l'échelle de 5 centimètres pour 1 mètre, Profil des lentilles annulaires. } ou $\frac{1}{20}$
3			
4			

NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES PLANCHES ET OBJET DES FIGURES.	PAGES DU TEXTE.
5	Coupe verticale du bec étagé à 5 mèches à l'échelle de 25 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{4}$. On voit sur cette figure les points qui ont été successivement pris pour foyers dans le calcul des différents éléments des profils; ceux des lentilles de feu fixe sont à gauche, et ceux des lentilles annulaires à droite.....	50 et 113
6	Le bec et la flamme vus de l'élément } dioptrique inférieur n° 11. } Échelle de 25 centimètres pour	
7	Le bec et la flamme vus du dernier an- } neau catadioptrique inférieur. } 1 mètre, ou $\frac{1}{4}$	51 et 113
8	Profil d'un élément dioptrique..... } pour l'intelligence des titres du	
9	Profil d'un anneau catadioptrique.... } tableau n° 22.....	52 et 113
PLANCHE IV.		
APPAREIL NOUVEAU POUR SIGNAUX DE MARÉE PENDANT LA NUIT.		
1	Coupe verticale à l'échelle de 5 centimètres pour 1 mètre, ou $\frac{1}{20}$	
2	Coupe horizontale donnant le signal de nuit qui représente une hauteur d'eau de 7 ^m ,75.....	
2 bis.	Signal de jour de 7 ^m ,75 de hauteur d'eau.....	
3	Signal de nuit de 2 mètres de hauteur d'eau.....	58 et 60
3 bis.	Signal de jour de 2 mètres de hauteur d'eau, et au-dessous.....	
4 et 4 bis.	Signaux de nuit et de jour de 4 ^m ,25 de hauteur d'eau.....	
5 et 5 bis.	Signaux de nuit et de jour de 5 ^m ,50 de hauteur d'eau.....	
6 et 6 bis.	Signaux de nuit et de jour de 6 mètres de hauteur d'eau.....	
PLANCHE V.		
TABLEAU GRAPHIQUE DES PORTÉES LUMINEUSES.....		78, 85 et 101
PLANCHE VI.		
TRANSPARENCE NOCTURNE DE L'ATMOSPHÈRE ET PORTÉE DES PHARES.		
1	Courbe de transparence pour tout le littoral de l'Océan. Les abscisses représentent, à l'échelle de 2 centimètres par kilomètre, les portées de la lumière unité qui servent à définir la transparence nocturne de l'atmosphère. Les ordonnées des points isolés sont, à l'échelle de 1 millimètre par centième, les proportions de visibilité résultant des observations faites dans les phares, et les ordonnées de la courbe donnent les proportions moyennes de visibilité; de sorte que, en supposant un observateur à l'origine des coordonnées et plaçant une lampe unité en un point de l'axe des abscisses, l'ordonnée correspondante indique le nombre de fois sur 100 que cette lampe sera vue dans une année.....	85 à 87
2	Courbe de transparence pour la Manche. Les abscisses et les ordonnées de cette figure ont la même signification que celles de la figure 1, et sont à une échelle moitié moindre. Cette observation s'applique aux figures suivantes jusqu'au n° 8 inclusivement.....	86

NUMÉROS.	DÉSIGNATION DES PLANCHES ET OBJET DES FIGURES.	PAGES DU TEXTE.
3	Courbe de transparence pour la Bretagne.	86
4	Courbe de transparence pour le sud de l'Océan.	
5	Courbe de transparence pour la Méditerranée.	
6	Courbes de transparence pour chaque saison, dans l'Océan.	
7	Courbes de transparence pendant l'hiver, dans les quatre sections du littoral.	
8	Courbes de transparence annuelle des quatre sections du littoral.	86
9	Courbes donnant la proportion annuelle de chaque état de transparence dans l'Océan et dans la Méditerranée. Les abscisses sont, à l'échelle de 1 centimètre par kilomètre, les portées de la lumière unité qui définissent la transparence nocturne de l'atmosphère; les ordonnées représentent, à l'échelle de 1 millimètre par centième, la fréquence relative de ces différents états de transparence.	88 et 89
10 et 11	Courbes des portées relatives à différentes fractions de l'année, c'est-à-dire à différentes probabilités d'apercevoir le feu dans l'Océan et dans la Méditerranée. Les abscisses représentent les fractions de l'année ou les probabilités de vision, à l'échelle de 5 millimètres pour $\frac{1}{10}$. Les ordonnées donnent, pour différents feux et à l'échelle de 1 millimètre par mille marin, la distance à laquelle la probabilité d'apercevoir le feu est égale à l'abscisse correspondante.	97
PLANCHE VII.		
LAMPES ET BECS POUR HUILE MINÉRALE.		
1	Coupe d'une lampe de gardien; échelle $\frac{1}{2}$	3 et 115
2	Coupe d'une lampe de 5 ^e ordre, à 1 mèche; échelle $\frac{1}{2}$	3 et 108
3	Élévation d'une lampe et d'un bec de 1 ^{er} ordre; échelle $\frac{1}{10}$	3 et 110
4	Coupe d'un bec à 5 mèches, 1 ^{er} ordre; échelle $\frac{1}{5}$	3, 49, 110 et 113
5 et 6	Plan et coupe du bec à 6 mèches; échelle $\frac{1}{5}$	3 et 113
7	Forme des six cheminées correspondant aux becs de 1 à 6 mèches; échelle $\frac{1}{5}$.	
8	Bidon métallique à bascule pour huile minérale; échelle $\frac{1}{10}$	115
PLANCHE VIII.		
1 à 5	IMAGES PHOTOGRAPHIQUES DES FLAMMES DE 1 À 5 MÈCHES, GRANDEUR NATURELLE.	114



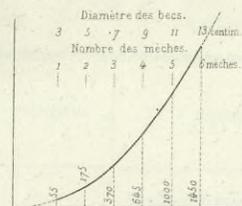


Fig. 1. Consommation d'huile par heure.

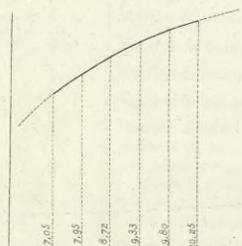


Fig. 2. Consommation par heure et par centimètre de mèche.

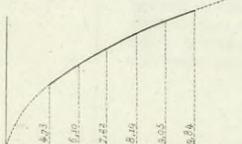


Fig. 3. Hauteur des flammes.

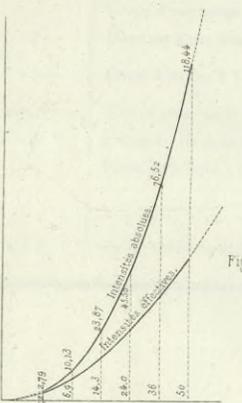


Fig. 4. Intensités lumineuses absolues et effectives.

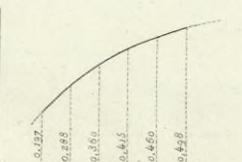


Fig. 5. Intensité par centimètre carré de surface apparente de flamme.

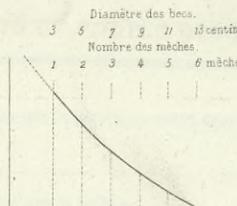


Fig. 6. Intensité par centimètre cube de volume de flamme.

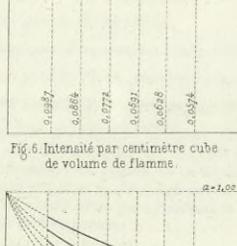


Fig. 7. Coefficients de réduction de l'intensité pour différentes hypothèses de transparence.

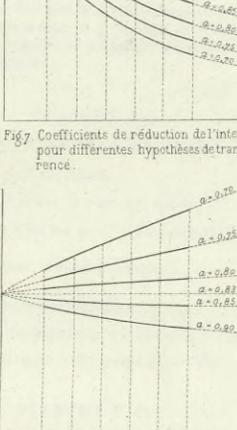


Fig. 8. Intensité spécifique des flammes pour différentes hypothèses de transparence.

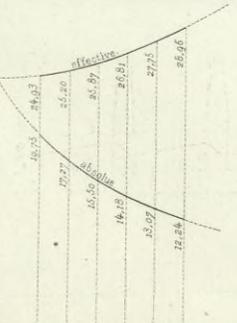
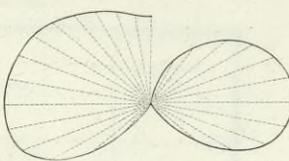
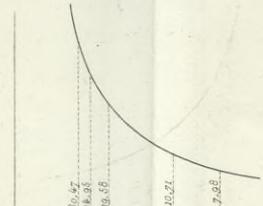


Fig. 9. Consommations d'huile par unité d'intensité effective et d'intensité absolue.



F. 10. Coefficients des intensités lumineuses d'une lampe dans un plan vertical.



F. 11. Coefficients des quantités de lumière émises par une lampe dans un plan vertical.

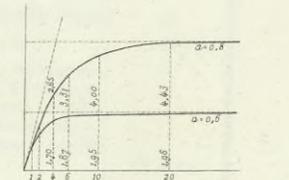


Fig. 12. Intensité d'un cylindre lumineux dans le sens de son axe.

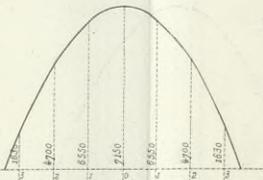


Fig. 13. Coefficients des appareils de feu fixe en fonction de la divergence verticale.

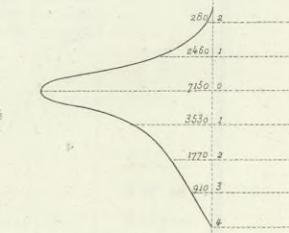


Fig. 14. Intensités dans le plan horizontal.

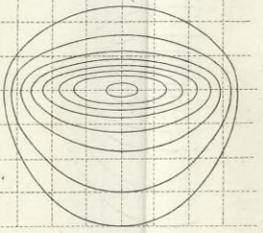


Fig. 15. Intensités dans le plan vertical.

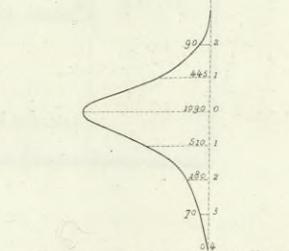


Fig. 16. Image produite par une lentille annulaire 7/8, de 1^{er} ordre.

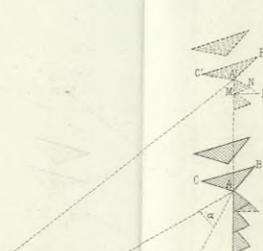


Fig. 17. Intensités d'un feu fixe de 1^{er} ordre dans un plan vertical.

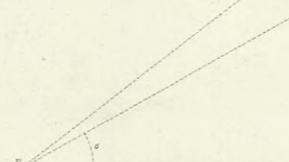


Fig. 18. Joints inclinés et augmentation de hauteur du tambour.

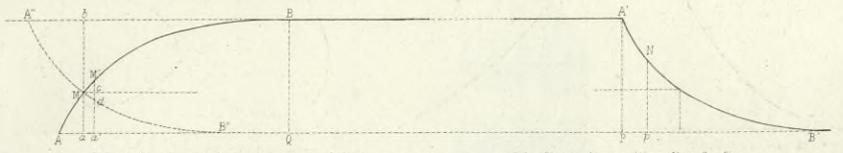


Fig. 19. Courbe des impressions produites au commencement et à la fin de l'apparition d'un feu fixe.

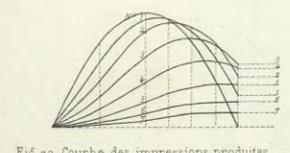


Fig. 20. Courbe des impressions produites par un éclat lumineux qui passe avec différentes vitesses.

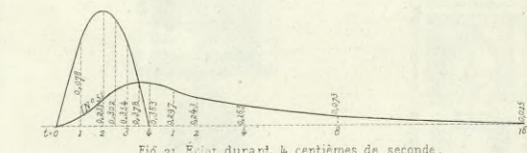


Fig. 21. Éclat durant 4 centièmes de seconde.



Fig. 22. Éclat durant 16 centièmes de seconde.

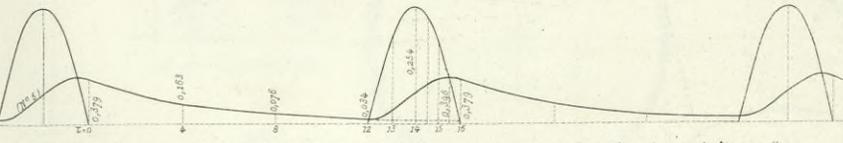


Fig. 23. Courbes des impressions produites par une série d'éclats qui se succèdent à 16 centièmes de seconde d'intervalle.

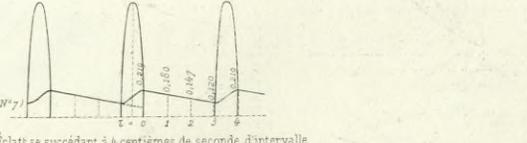


Fig. 24. Éclats se succédant à 4 centièmes de seconde d'intervalle.

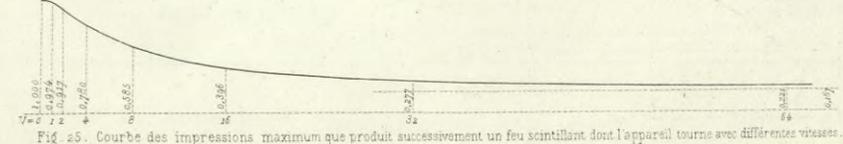


Fig. 25. Courbe des impressions maximum que produit successivement un feu scintillant dont l'appareil tourne avec différentes vitesses.

Appareil de feu fixe et scintillant.

Appareil de feu fixe, alternativement rouge et vert.

Appareil de feu clignotant.

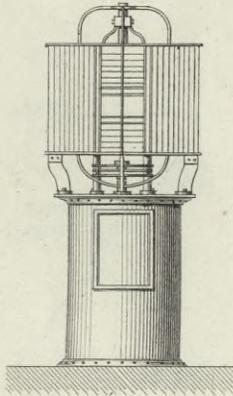


Fig. 1. Elevation.

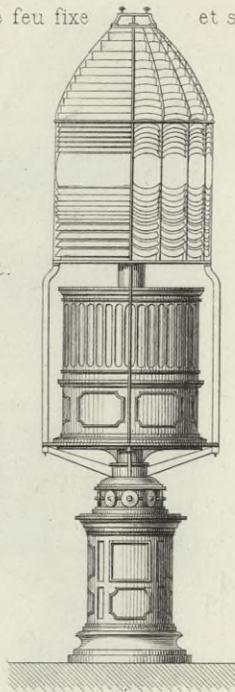


Fig. 4. Elevation.

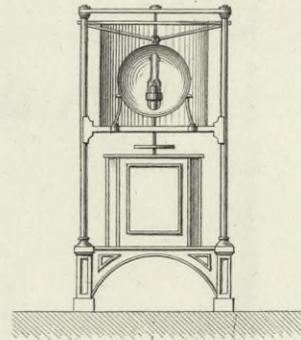


Fig. 6. Elevation.

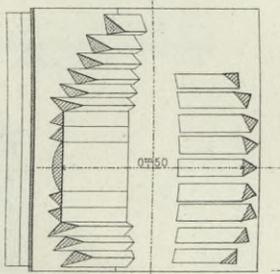


Fig. 2. Coupe verticale.

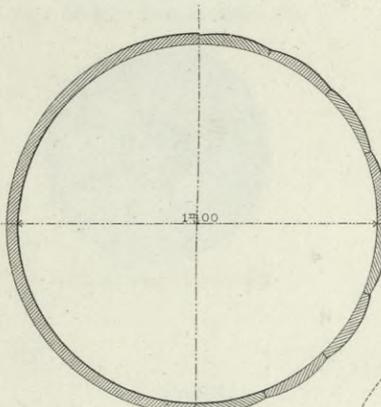


Fig. 5. Coupe horizontale.

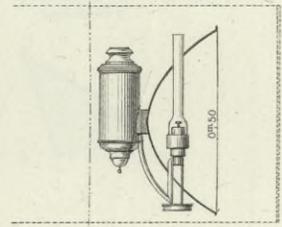


Fig. 7. Coupe verticale.

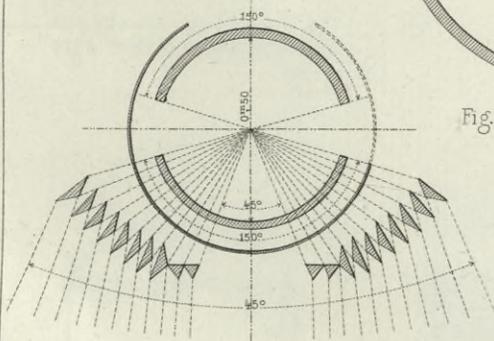


Fig. 3. Coupe horizontale.

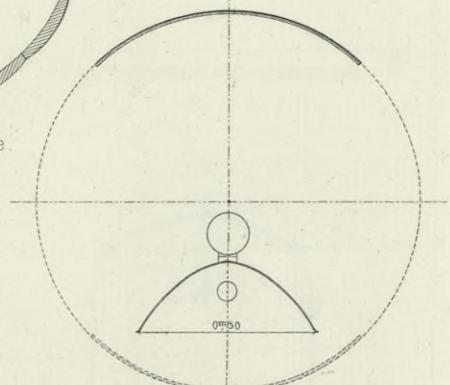


Fig. 8. Coupe horizontale.

Échelle des fig. { 1, 4 et 6 (5/8), 2, 3, 5, 7 et 8 (1/2) } Mètre.

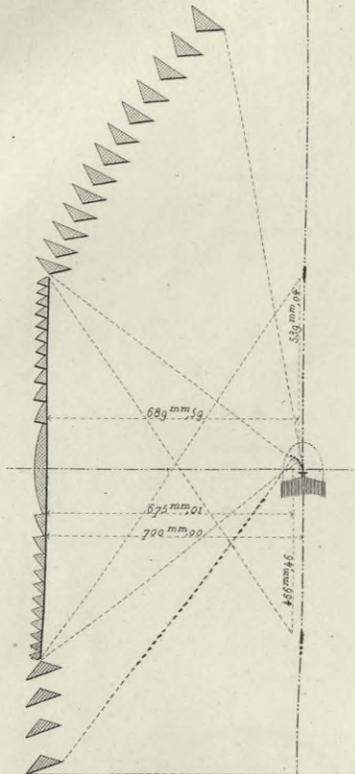


Fig. 3. Profil des lentilles de feu fixe (échelle $\frac{1}{50}$).

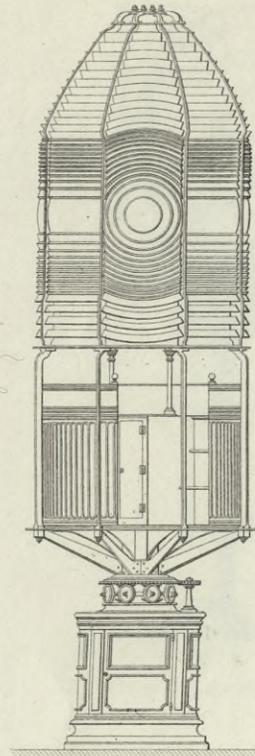


Fig. 1. Élévation générale (échelle $\frac{1}{50}$).

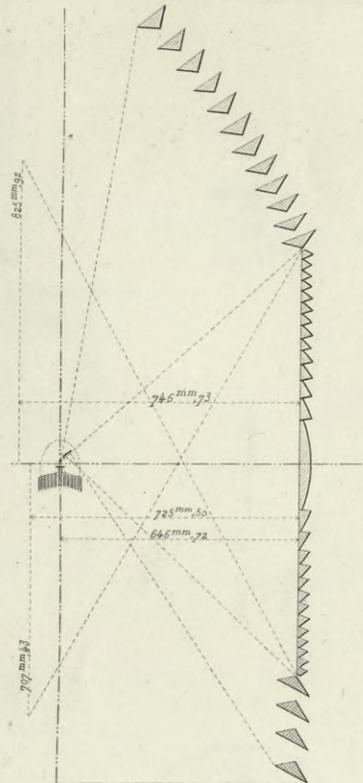


Fig. 4. Profil des lentilles annulaires (échelle $\frac{1}{50}$).

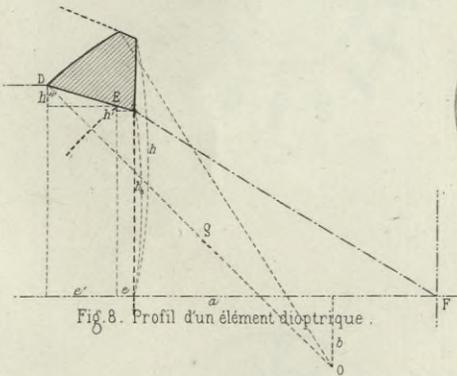


Fig. 8. Profil d'un élément dioptrique.

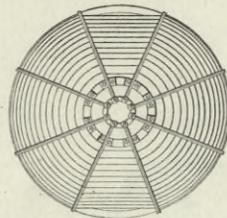


Fig. 2. Plan (échelle $\frac{1}{50}$).

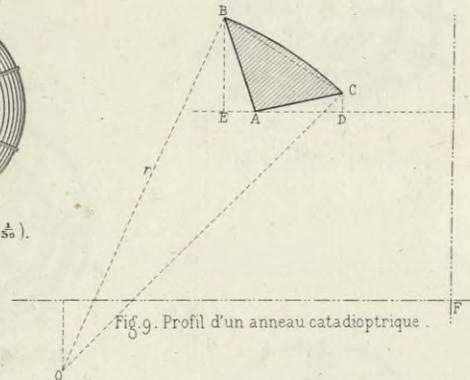


Fig. 9. Profil d'un anneau catadioptrique.

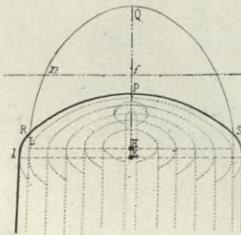


Fig. 6. Le bec et la flamme vus de l'élément dioptrique inférieur N° II (échelle $\frac{1}{4}$).

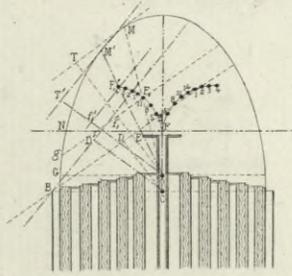


Fig. 5. Coupe verticale du bec étagé à 5 mèches (échelle $\frac{1}{2}$).

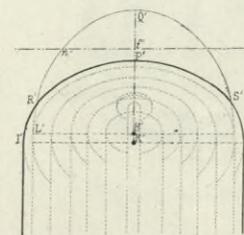


Fig. 7. Le bec et la flamme vus du dernier anneau catadioptrique inférieur (échelle $\frac{1}{4}$).

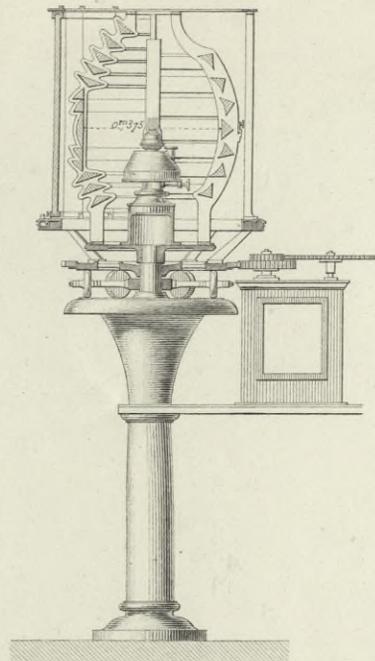


Fig. 1. Coupe verticale.

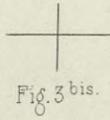


Fig. 3 bis.

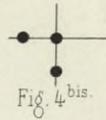


Fig. 4 bis.

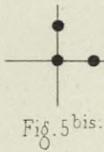


Fig. 5 bis.

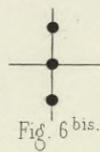


Fig. 6 bis.

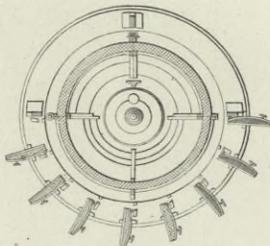


Fig. 3. Signal de 2^m00.

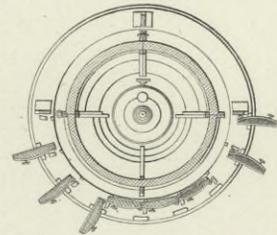


Fig. 4. Signal de 4^m25.

Coupe horizontale.

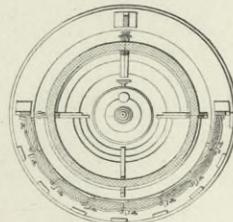


Fig. 2. Signal de 7^m75.

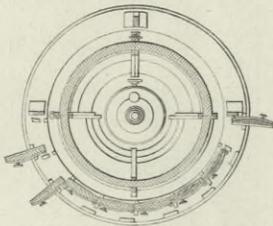


Fig. 5. Signal de 5^m50.

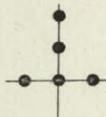


Fig. 2 bis.

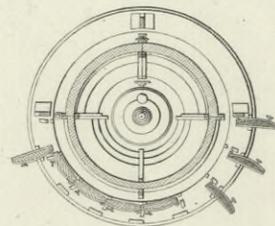
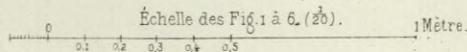
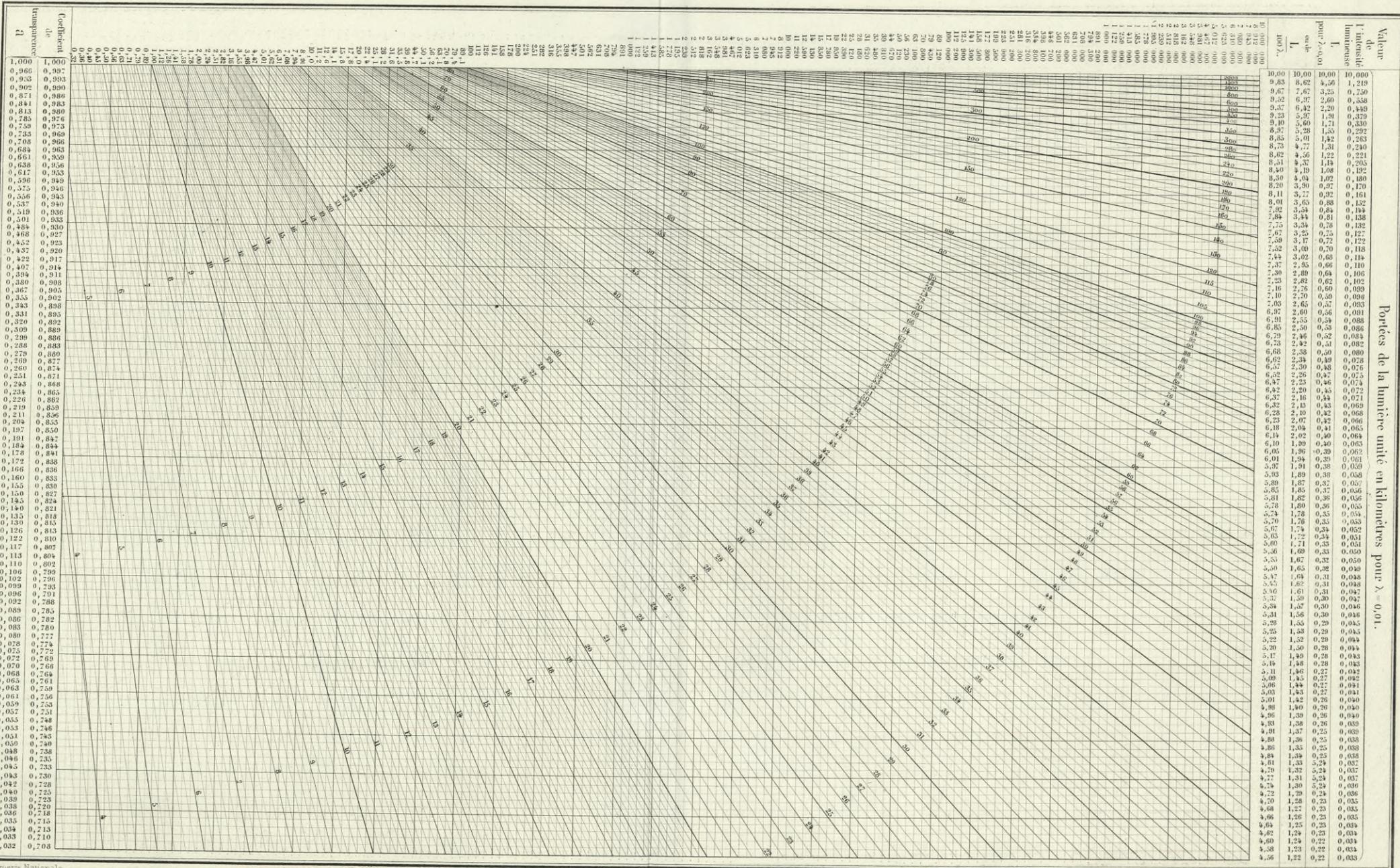


Fig. 6. Signal de 6^m00.



Portées de la lumière unité en kilomètres pour $\lambda = 0,01$.



TABEAU GRAPHIQUE DES PORTÉES LUMINEUSES.

Fig. 1. Courbe de transparence pour tout le littoral de l'Océan.

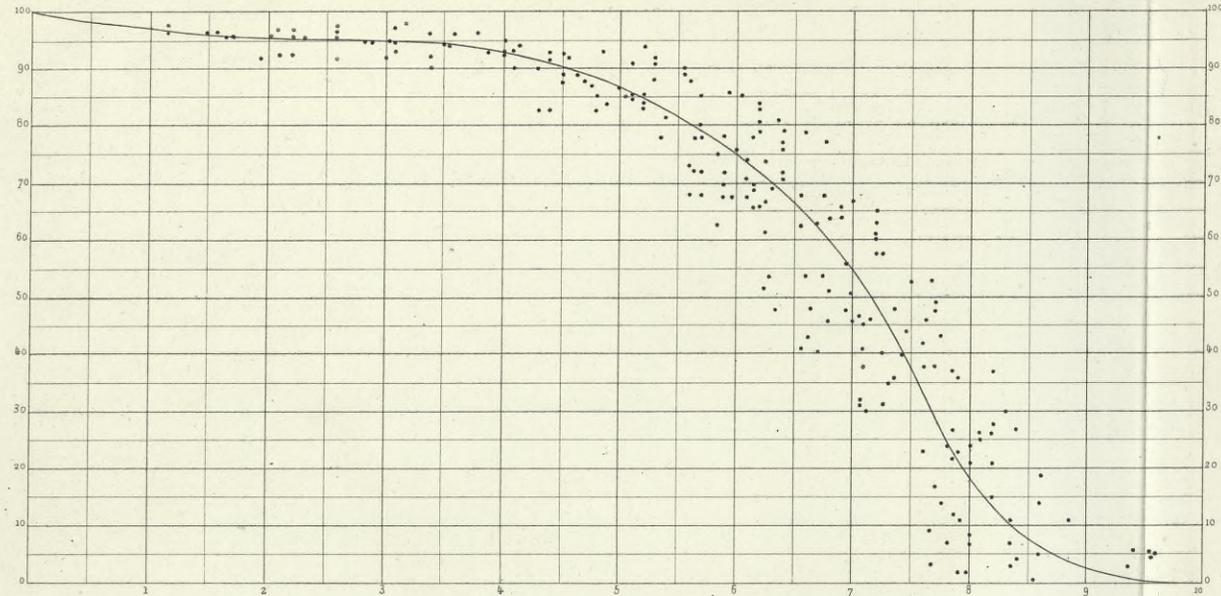


Fig. 2. Courbe de transparence pour la Manche.

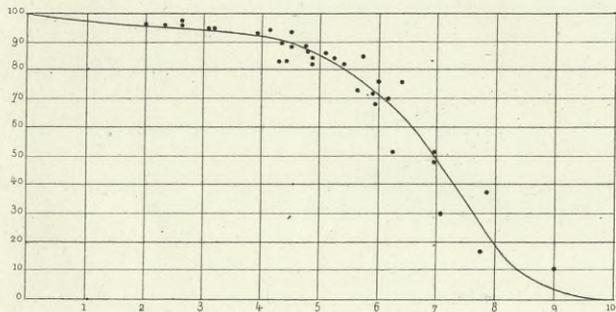


Fig. 3. Courbe de transparence pour la Bretagne.

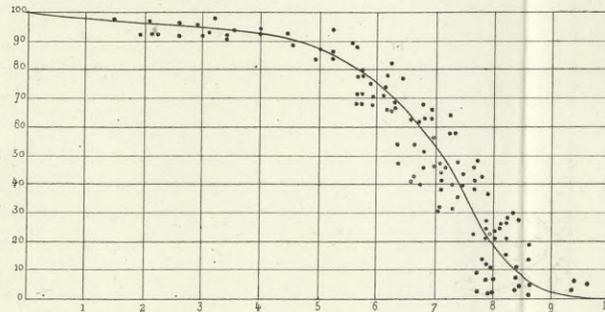


Fig. 4. Courbe de transparence pour le sud de l'Océan.

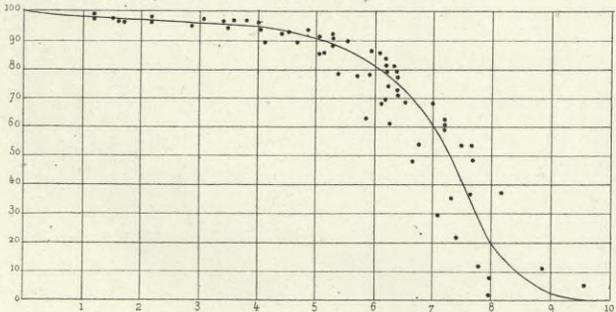


Fig. 5. Courbe de transparence pour la Méditerranée.



Fig. 6. Courbes de transparence pour chaque saison, dans l'Océan.

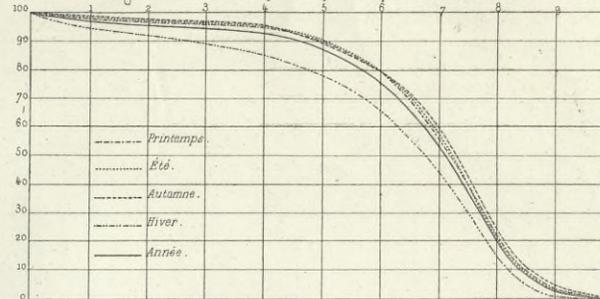


Fig. 7. Courbes de transparence pendant l'hiver, dans les 4 sections du littoral.

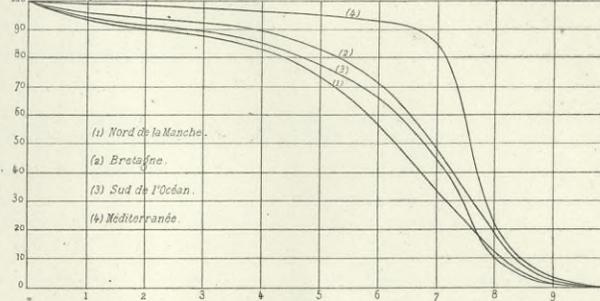


Fig. 8. Courbes de transparence annuelle des 4 sections du littoral.

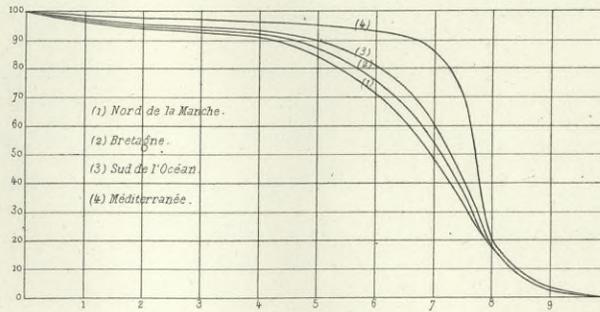
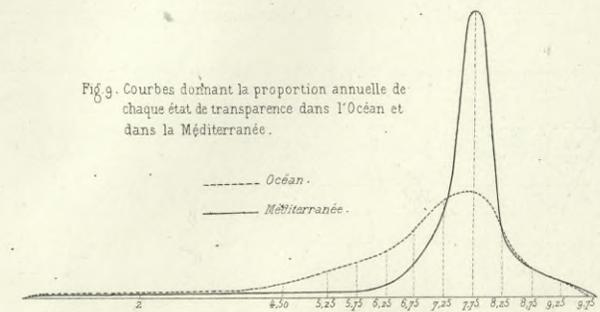


Fig. 9. Courbes donnant la proportion annuelle de chaque état de transparence dans l'Océan et dans la Méditerranée.



Courbes des portées relatives à différentes fractions de l'année.

- (1) Feu fixe de 5^e ordre.
- (2) ——— 4^e ———
- (3) ——— 3^e ———
- (4) ——— 2^e ———
- (5) ——— 1^{er} ———
- (6) Feu fixe électrique.
- (7) Éclat électrique.

Fig. 10. Océan.

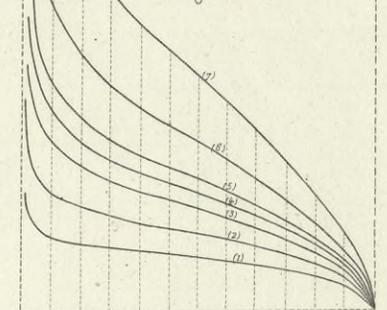
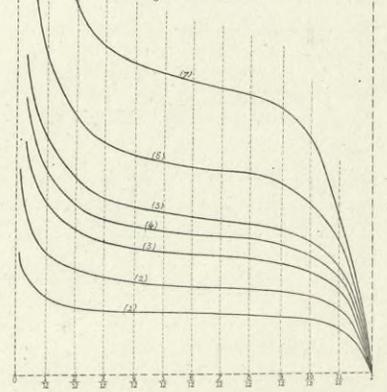


Fig. 11. Méditerranée.



195

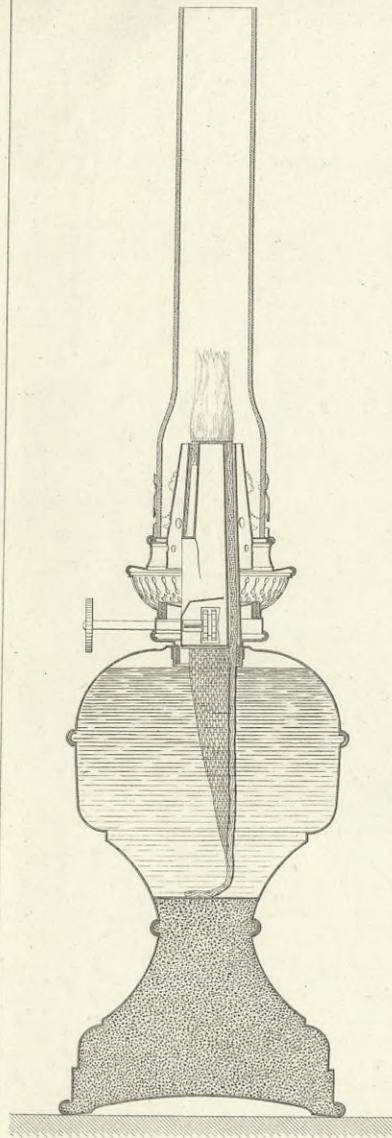


Fig. 1. Coupe d'une lampe de gardien (échelle 1/2).

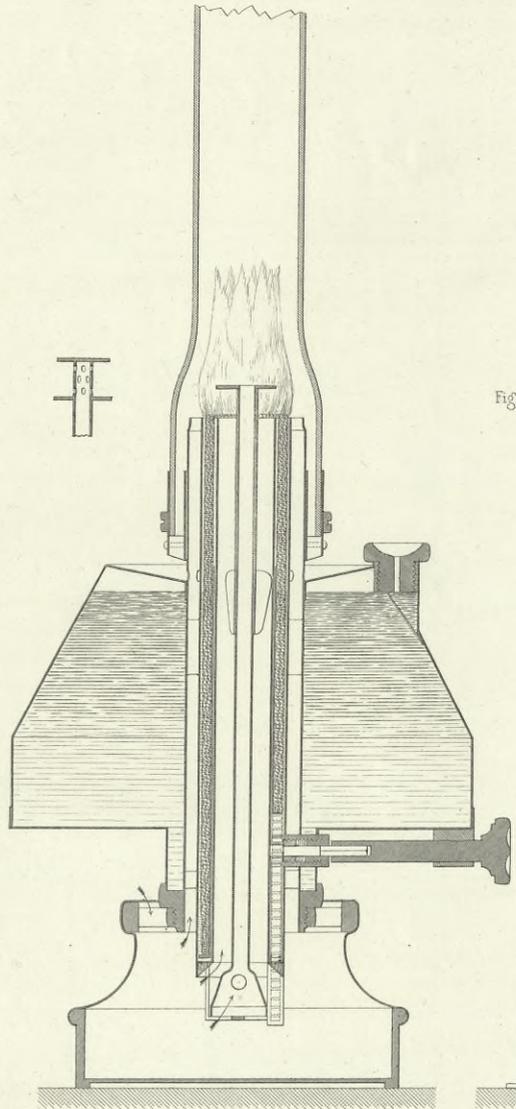


Fig. 2. Coupe d'une lampe de 5° ordre, à 1 mèche (échelle 1/2).

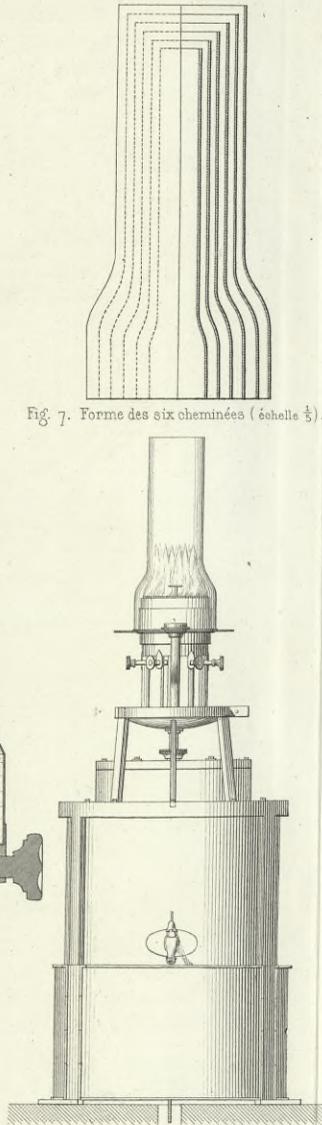


Fig. 3. Élévation d'une lampe et d'un bec de 1er ordre (échelle 1/2).

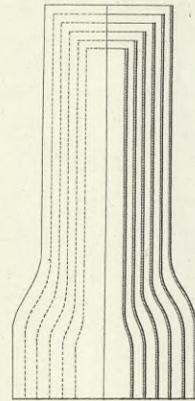


Fig. 7. Forme des six cheminées (échelle 1/2).

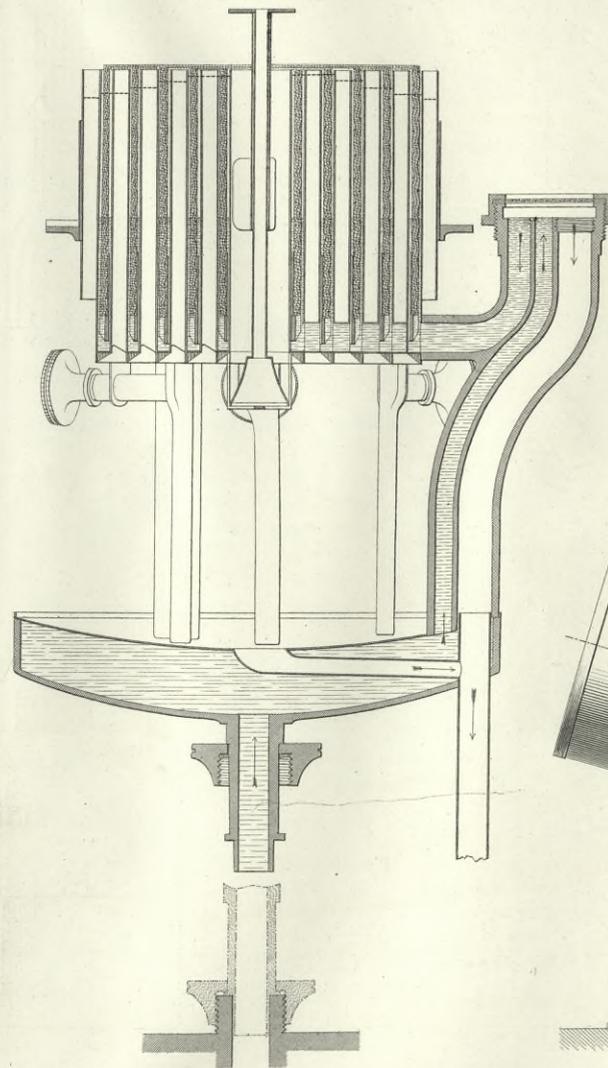


Fig. 4. Coupe d'un bec à 5 mèches, 1er ordre (échelle 1/2).

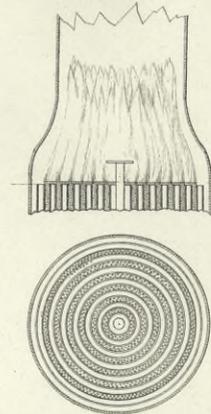


Fig. 5 et 6. Plan et coupe du bec à 6 mèches (échelle 1/2).

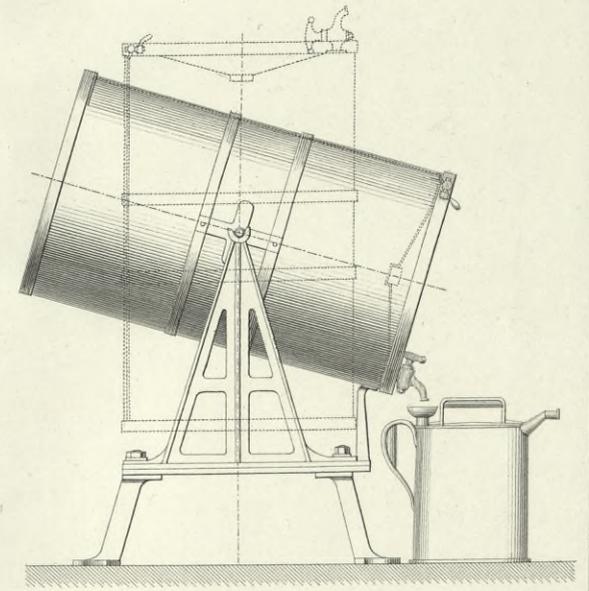
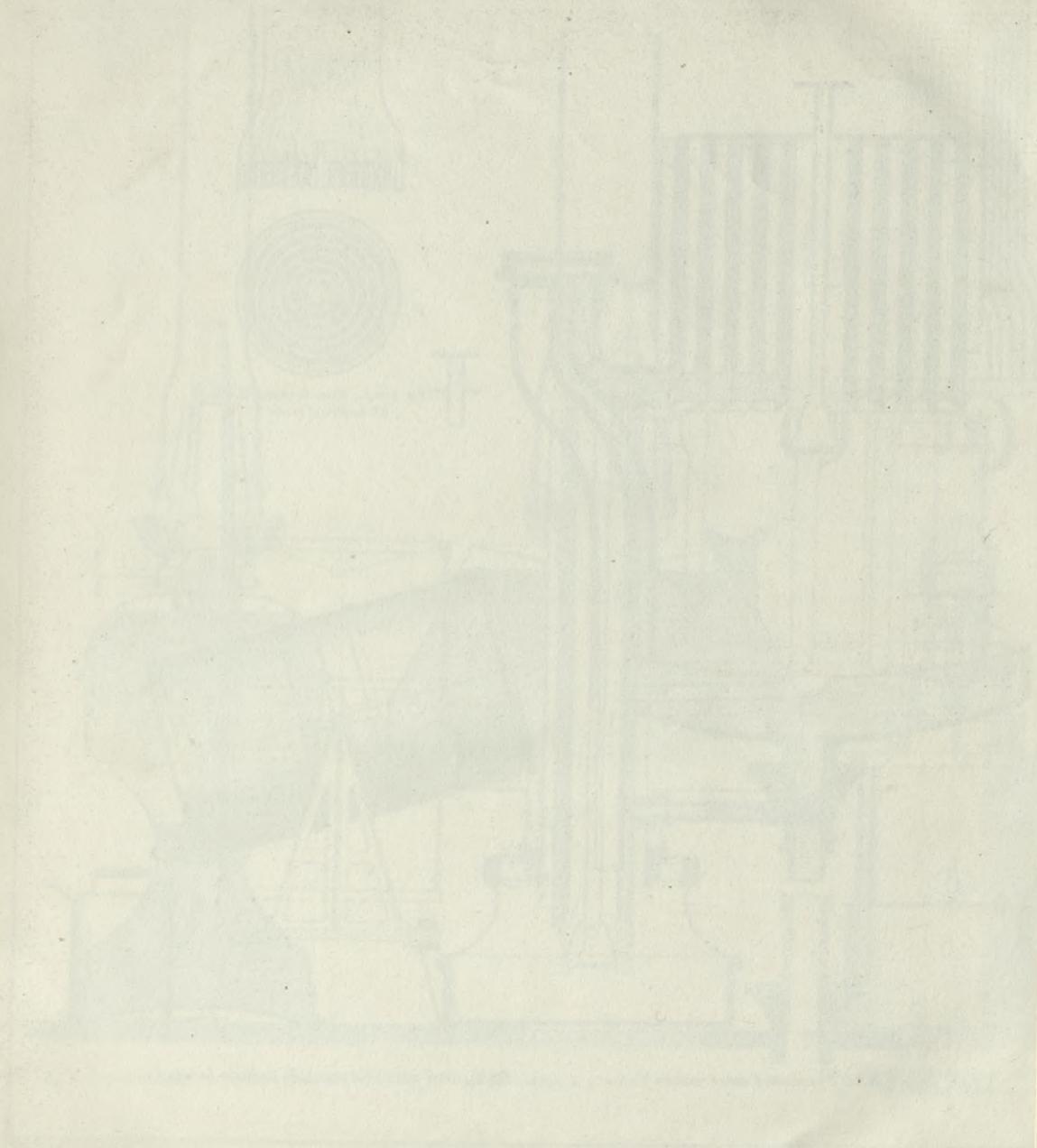


Fig. 8. Bidon métallique pour huile minérale (échelle 1/2).



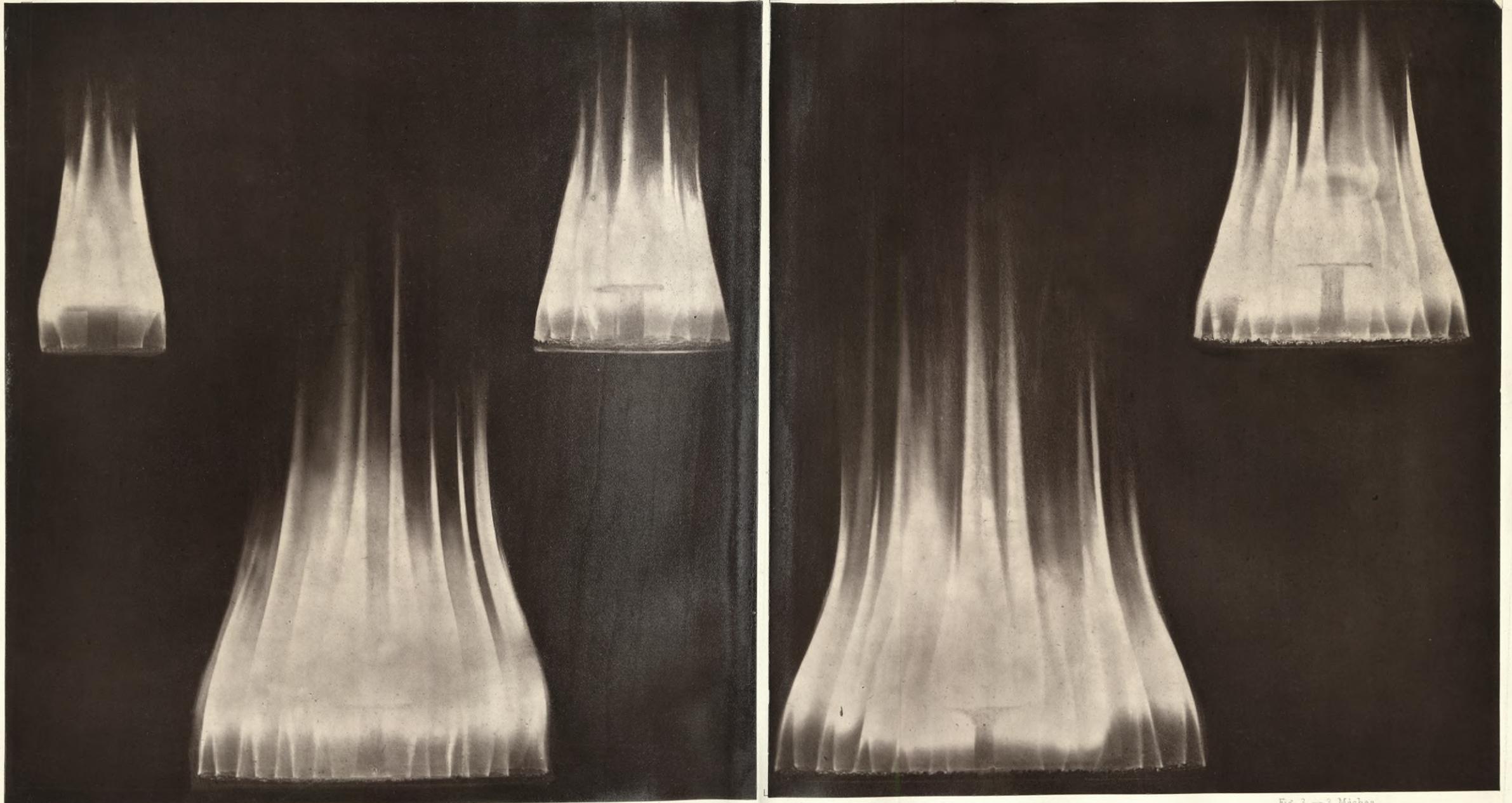


Fig. 1.—1 Mèche.

Fig. 4.—4 Mèches.

Fig. 2.—2 Mèches.

Fig. 5.—5 Mèches.

Fig. 3.—3 Mèches.

IMAGES PHOTOGRAPHIQUES DES FLAMMES DE 1 À 5 MÈCHES, GRANDEUR NATURELLE.



TABLE DES MATIÈRES.

PRÉAMBULE.	Pages. 1
--------------------	----------

CHAPITRE PREMIER.

INTENSITÉ DES FLAMMES D'HUILE MINÉRALE.

Renseignements préliminaires	1
Consommation d'huile.	4
Hauteur et volume des flammes.	5
Intensités lumineuses.	6
Étude théorique de la transparence des flammes.	7
Coefficient de transparence.	11
Calcul théorique de l'intensité des flammes.	13
Intensité de la lumière électrique et de la lumière solaire.	18

CHAPITRE II.

INTENSITÉS LUMINEUSES DES APPAREILS.

Quantités de lumière émises par les appareils.	22
Intensités des feux fixes.	27
Coefficients des différents appareils de feu fixe.	30
Intensités des différents appareils de feu fixe.	32
Intensités des lentilles annulaires.	34
Intensités des lentilles à éléments verticaux.	39
Intensités pratiques des lentilles employées dans les phares.	40
Intensités des appareils lenticulaires.	43
Joins inclinés et augmentation de hauteur du tambour.	46
Intensités des appareils catoptriques.	52
Intensités des appareils de feux flottants.	54
Appareils présentant des caractères nouveaux. — Feux scintillants	56
Étude théorique de la vision des feux scintillants.	62

CHAPITRE III.

TRANSPARENCE NOCTURNE DE L'ATMOSPHÈRE.

Absorption de la lumière par l'atmosphère.	74
Équation des portées lumineuses.	75

	Pages.
Coefficient de transparence.....	76
Tableau graphique pour la résolution de l'équation des portées.....	77
Observations sur la visibilité des phares.....	82
Courbes de visibilité ou de transparence pour les différentes sections du littoral.....	85
Courbes de visibilité ou de transparence par saison.....	89
Utilité des observations de visibilité pour la surveillance du service.....	92
Feux rouges.....	93

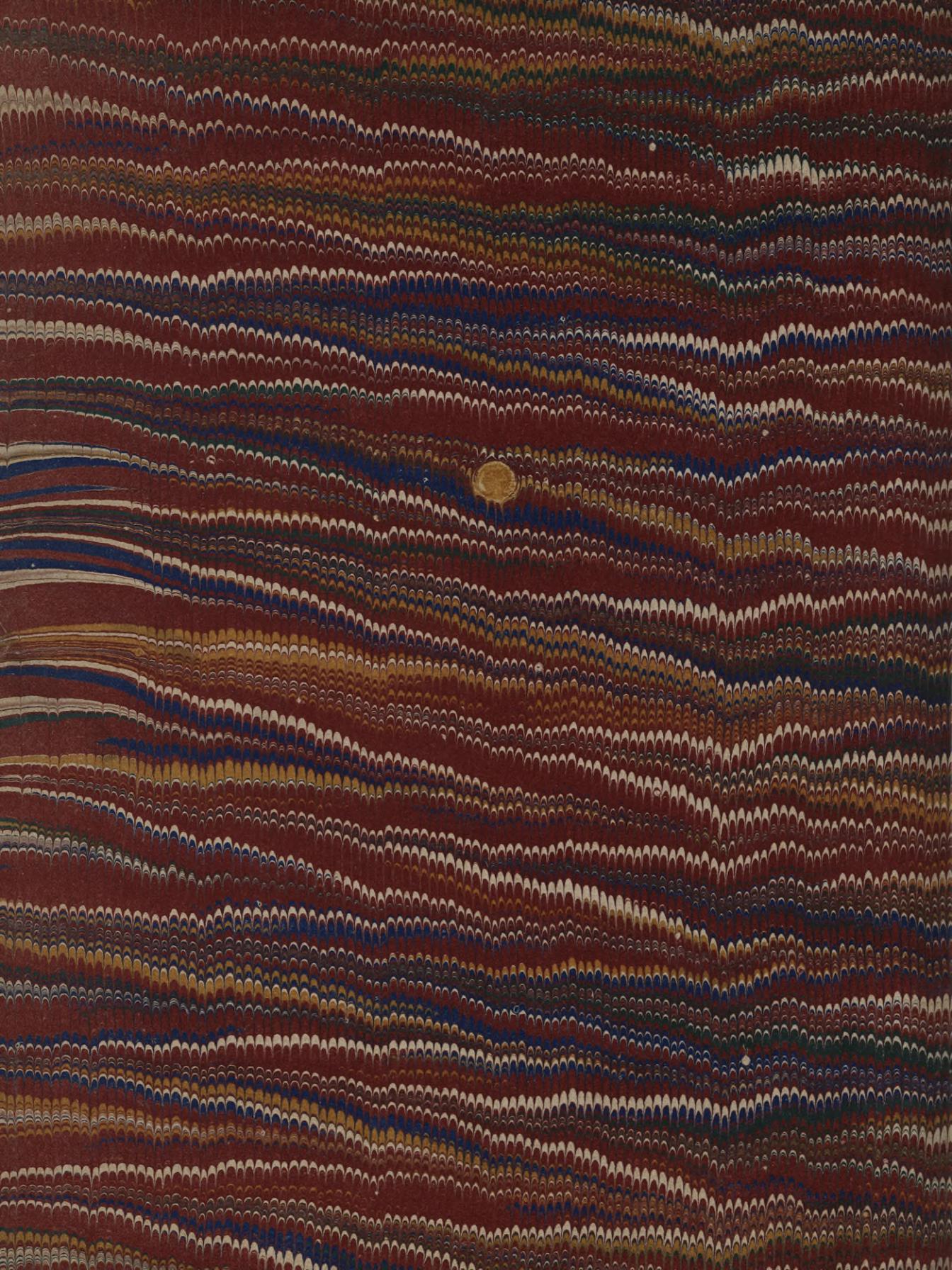
CHAPITRE IV.

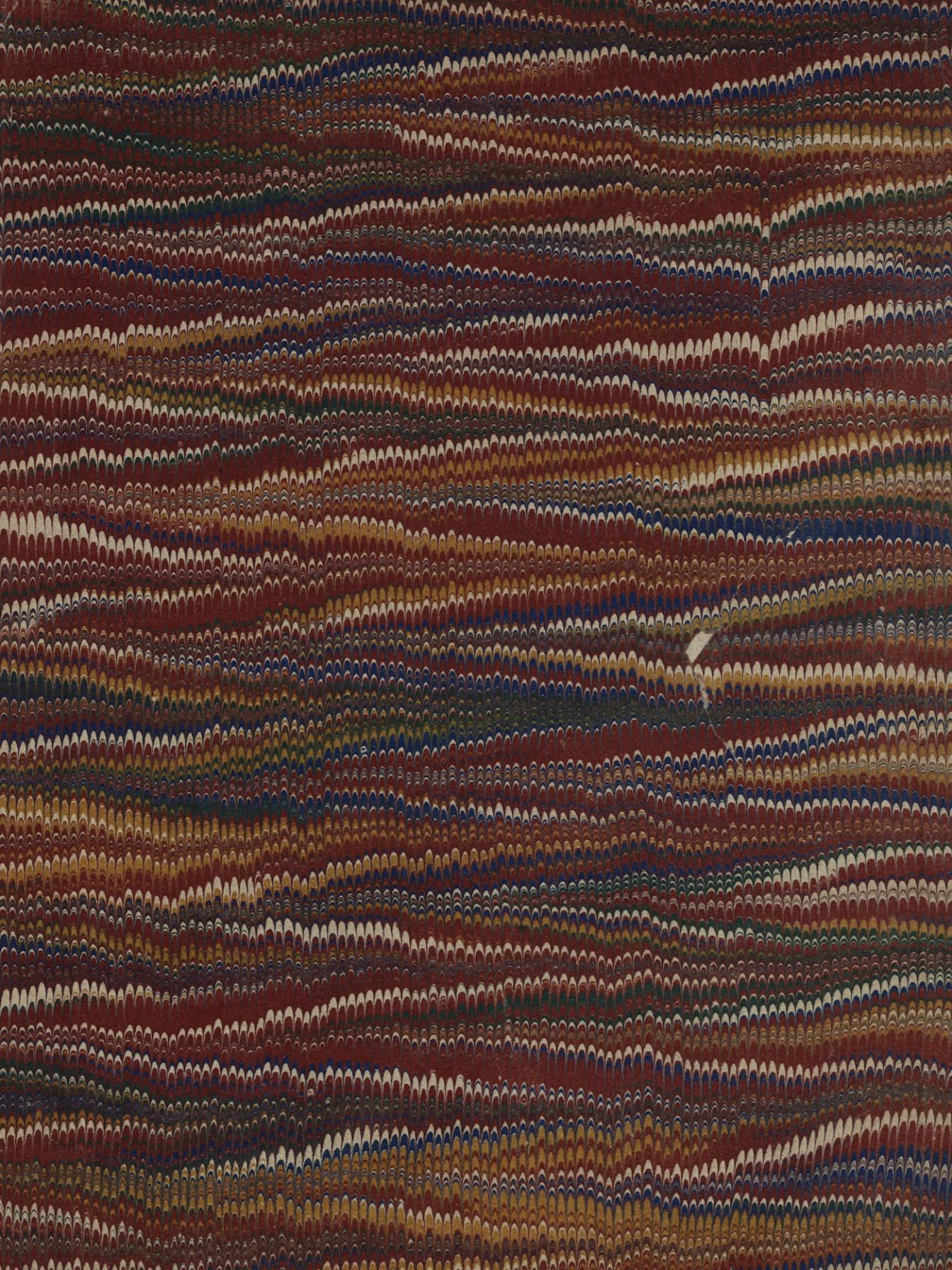
PORTÉE DES PHARES.

Définition des différentes portées.....	97
Coefficients de transparence adoptés pour le calcul des portées.....	100
Calcul des portées au moyen de tables numériques.....	101
Composition du tableau général donnant les intensités et les portées des phares du littoral.....	103

DOCUMENTS.

Note sur les lampes employées dans les phares.....	107
Tableau des calculs relatifs à un nouveau profil d'appareil de deuxième ordre, exécuté pour le phare du Pilier (Vendée).....	117
Tableau des observations sur la visibilité des feux blancs.....	121
Tableau des observations sur la visibilité des feux rouges.....	129
Tables des portées lumineuses :	
Première table, donnant l'intensité en fonction de la portée, pour les temps de brouillard.....	132
Deuxième table, donnant l'intensité en fonction de la portée, pour trois états de l'atmosphère.....	133
Troisième table, donnant la portée en fonction de l'intensité, pour trois états de l'atmosphère.....	135
Tableau des intensités pratiques de quelques lentilles éclairées à l'huile de colza.....	139
Tableau du calcul des intensités des phares de France éclairés à l'huile minérale.....	141
Tableau du calcul des intensités des phares d'Algérie, éclairés à l'huile de colza.....	147
Tableau des intensités et des portées des phares allumés sur le littoral de la France.....	149
Tableau des intensités et des portées des phares allumés sur le littoral de l'Algérie.....	157
Liste des tableaux numériques.....	159
Liste des figures.....	161



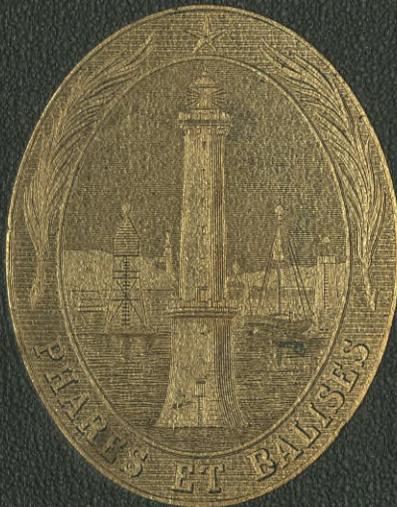


WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

III 17969
L. inw.

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300731