

Atenção pg. 25 m

EEP18/INF/3



BULLETIN de l'

# 14 AISM ★ IALA

BULLETIN

ASSOCIATION INTERNATIONALE DE SIGNALISATION MARITIME  
INTERNATIONAL ASSOCIATION OF LIGHTHOUSE AUTHORITIES

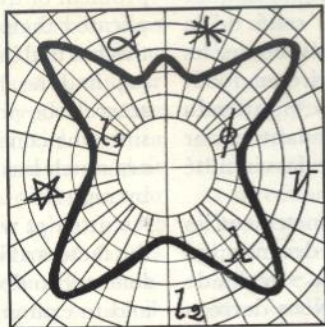
43, Avenue du Président Wilson – Paris 16ème

AVRIL 1971 47 APRIL 1971





## ÉTUDES TECHNIQUES • TECHNICAL PAPERS



# LES MARQUES DE JOUR EN SIGNALISATION MARITIME

# DAYMARKS AS AIDS TO MARINE NAVIGATION

par/by M. P. BLAISE, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Service des Phares et Balises, Paris

I

### INTRODUCTION

Le développement explosif des moyens de communication, qui caractérise notre époque et qui se présente à la fois comme la conséquence et la condition du progrès technique, entraîne une demande croissante et impérieuse de signalisations de tous genres. A de bien rares exceptions près, ces signalisations ont recours aux moyens visuels.

Les problèmes posés lors de l'élaboration d'un système de signalisation sont, pour la plupart, de nature opérationnelle; néanmoins la visibilité des signaux employés doit naturellement être assurée. Les conditions de visibilité sont spécialement critiques à grande distance et c'est surtout en signalisation maritime que l'on a été conduit à développer des études systématiques à ce sujet, et cela dès l'avènement des phares modernes, c'est-à-dire depuis un siècle et demi environ.

L'effort a toutefois porté presque exclusivement sur la visibilité des feux de nuit, application majeure du Service des Phares et Balises; Augustin FRESNEL (1788-1827), André BLONDEL (1863-1938) et surtout Emile ALLARD (1818-1897) ont apporté des contributions décisives dans ce domaine.

L'étude de la visibilité de jour n'a pas dans l'ensemble fait l'objet de la même attention. Les marques de jour ne sont souvent pas d'une nécessité aussi impérieuse que les

### INTRODUCTION

The explosive development of means of communication which characterizes our age and appears both as the consequence and as a condition of technical progress, has brought with it an increasing and imperious demand for navigational aids of all kinds. With a few rare exceptions, these aids take the form of visual devices.

The problems arising in the design of a navigational aid system are for the most part of an operational nature, but the visibility of the signals must naturally be ensured. Visibility conditions are particularly critical at long range, and it is in lighthouse work in particular that it has been necessary to develop systematic studies of this subject, since the appearance of the modern lighthouse, that is, about one hundred and fifty years.

Efforts have, however, been almost exclusively directed to the visibility of lights at night, which has been a major concern of the French Lighthouse Service; Augustin FRESNEL (1788-1827), André BLONDEL (1863-1938) and, above all, Emile ALLARD (1818-1897) made decisive contributions to this field of study.

The study of visibility by day has not in general been the subject of so much attention. Daymarks are often not so important a necessity to the seaman as are lighthouses, in





phares pour le marin devant la multiplicité des repères naturels qui se présentent à lui. D'autre part, il faut bien le dire, le problème de la visibilité des marques de jour est extraordinairement plus complexe que celui de la visibilité des phares de nuit et il y a là de quoi rebuter les chercheurs. RIBIÈRE [1] n'hésitait pas à écrire en 1908: «On ne saurait établir de règle en ces matières, attendu que les conditions de visibilité des objets pendant le jour sont beaucoup moins précises que celles de la visibilité des feux pendant la nuit».

Nous allons essayer ci-après d'analyser succinctement les facteurs influant sur la distance de visibilité des marques de jour. Nous tenterons d'en déduire quelques règles de base pour la conception de ces marques. Nous devons constater certaines limitations dans leur emploi et nous examinerons les mesures susceptibles de les pallier.

## 1 - FACTEURS INFLUANT SUR LA DISTANCE DE VISIBILITÉ

### 1.1 - Éclairage diurne

Les marques de jour ne sont lumineuses que par l'éclairage naturel qu'elles reçoivent. Dès l'abord de ce premier point on entre dans une extrême complexité. L'éclairage varie selon la saison, le moment de la journée, la couverture nuageuse et aussi en fonction de l'ensemble des objets environnants. Force est donc de simplifier radicalement. On est conduit à considérer deux cas types extrêmes qui encadrent convenablement toute la multiplicité des situations intermédiaires. Ce sont, d'une part, la couverture nuageuse uniforme et, d'autre part, le temps clair. On peut étudier ces cas types, soit par le calcul, soit par une expérimentation directe. Les calculs font appel à des répartitions-types de la luminance du ciel proposées, en ce qui concerne le ciel couvert, par MOON et SPENCER et, pour le temps clair, par KITTLER. Ces formules sont basées sur les mesures de divers physiciens; on peut citer en France celles de Jean PEYRE (1924) relatives au ciel clair [2].

La formule de MOON et SPENCER peut s'écrire:

$$L_e = L_z \left( \frac{1 + 2 \cos \theta}{3} \right)$$

où  $L_z$  est la luminance zénithale du ciel et  $\theta$  la distance zénithale du point  $\Gamma$  du ciel où la luminance est  $L_e$ . Il y a répartition de révolution des luminances autour de la verticale avec diminution de trois fois lorsque l'on passe du zénith à l'horizon.

La formule de KITTLER, plus complexe, s'écrit:

$$L_e = L_z \frac{1 - e^{-0,32 \sec \theta}}{0,274} \frac{0,91 + 10 e^{-3\alpha} + 0,45 \cos^2 \alpha}{0,91 + 10 e^{-3\sigma} + 0,45 \cos^2 \sigma}$$

$L_e$ ,  $L_z$  et  $\theta$  ayant les mêmes significations que ci-dessus,  $\alpha$  étant l'angle de la direction du soleil avec celle du

view of the multitude of natural landmarks which are available to him. Moreover, it must be admitted that the problem of the visibility of daymarks is vastly more complicated than that of the visibility of lights by night and this has had its effect in discouraging investigators. RIBIÈRE [1] had no hesitation in writing, in 1908: 'It would scarcely be possible to establish any rules on this matter since the conditions of visibility of objects during the day are much less definite than those of the visibility of lights by night'.

An attempt will be made in this article to analyse briefly the factors affecting the visual range of daymarks and we shall try to deduce from this some limitations in their use and to examine means for reducing these.

## 1 - FACTORS AFFECTING THE VISUAL RANGE

### 1.1 - Daytime illumination

Daymarks are only seen by the natural light which they receive and it is from this point that we encounter extreme complications. The illumination varies with the season, time of day, cloud cover and background. We are therefore obliged to make radical simplifications. We are led to consider two extreme typical cases which conveniently bracket between them all the vast number of intermediate conditions. These are, on the one hand, a uniform cloud cover, and, on the other, cloudless weather. These typical cases may be studied either by calculation or by direct experiment. Calculations are based on the typical distributions of sky luminance, proposed for an overcast sky by MOON and SPENCER and for a clear sky by KITTLER. These formulae are based on measurements made by various physicists; in the case of France, we may mention the measurements of Jean PEYRE (1924) for a clear sky. [2]

MOON and SPENCER's formula may be written

$$L_e = L_z \left( \frac{1 + 2 \cos \theta}{3} \right)$$

where  $L_z$  is the zenith luminance of the sky and  $\theta$  the zenith distance of the point  $\Gamma$  of the sky at which the luminance is  $L_e$ . There is a symmetrical distribution of the luminance about the vertical, with a decrease by a factor of three from the zenith to the horizon.

KITTLER's formula, which is more complex, is

$$L_e = L_z \frac{1 - e^{-0,32 \sec \theta}}{0,274} \frac{0,91 + 10 e^{-3\alpha} + 0,45 \cos^2 \alpha}{0,91 + 10 e^{-3\sigma} + 0,45 \cos^2 \sigma}$$

where  $L_e$ ,  $L_z$  and  $\theta$  have the same significance as before and  $\alpha$  is the angle between the direction of the sun and





point  $\Gamma$  du ciel et  $\sigma$  la distance zénithale du soleil (angles en radians). La luminance du ciel présente un net maximum dans la direction du soleil.

Les formules ci-dessus ne donnent que des distributions relatives. Les valeurs absolues pratiques sont très variables. Dans le cas du ciel couvert  $L_z$  peut s'abaisser aux environs de 100  $\text{cd/m}^2$  ou atteindre, ou même dépasser, 10 000  $\text{cd/m}^2$ . Dans le cas du ciel clair la luminance de référence  $L_z$  ainsi que l'éclairement produit par le soleil sur une surface normale à sa direction sont fonction principalement de la hauteur du soleil; on les déduit généralement de mesures d'éclairement sur les surfaces blanches horizontales pratiquées dans divers observatoires, mesures faites, d'une part avec le soleil, d'autre part en retranchant l'effet du soleil par des écrans convenables.

that of the point  $\Gamma$  in the sky and  $\sigma$  the zenith distance of the sun (angles in radians). The sky luminance has a definite maximum in the direction of the sun.

The above formulae only give relative distributions. The practical absolute values vary widely. In the case of the overcast sky  $L_z$  may fall to the neighbourhood of 100  $\text{cd/m}^2$  or reach, or even exceed, 10,000  $\text{cd/m}^2$ . When the sky is clear, the reference luminance  $L_z$  as well as the illuminance produced by the sun on a surface normal to its direction are functions mainly of the sun's altitude. They can usually be deduced from measurements of illuminance on horizontal white surfaces, as made by various observatories. Such measurements are made either in direct sunlight or with the effects of direct sunlight removed by suitable screening.

TABLE 1 - TABLEAU I

$\sigma$	degrés	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$E_H$	lux	86920	84950	79180	70050	58850	44800	30500	15650	3250	
$L_z$	$\text{cd/m}^2$	20749	13038	8346	5452	3632	2457	1667	1098	624	52,6
$E'_H$	lux	19502	19252	18505	17275	15581	13500	10900	7968	4607	360

Voici, dans le tableau I, en fonction de la distance zénithale  $\sigma$  du soleil, les valeurs des éclairagements  $E_H$  et  $E'_H$  produits par le soleil et le ciel sur une surface horizontale ainsi que celles de la luminance zénithale  $L_z$  du ciel. Ces valeurs au delà de  $\sigma = 20$  degrés sont extraites des travaux de R. Dogniaux [3] et, pour les plus petites valeurs zénithales, elles sont extrapolées.

Pour la couleur de la lumière émise, il était convenu de se référer à l'étalon B de la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.) pour l'éclairage solaire direct et à l'étalon C pour l'éclairage dû au ciel; la récente source D fournit maintenant une gamme plus fidèle et aussi plus souple de couleurs de l'éclairage naturel.

Sur ces bases on peut calculer d'abord l'éclairage du sol, puis l'éclairage de la marque, d'où, connaissant ses propriétés superficielles du point de vue de la diffusion et de la réflexion, l'on déduit sa luminance dans les différentes directions. Pour aboutir, il faut consentir de nombreuses simplifications. On suppose par exemple que les objets sont des diffuseurs orthotropes. On néglige les interactions réciproques des objets voisins, etc. . . . Mentionnons que certaines de ces simplifications risquent d'être abusives: un sol couvert de végétation ou la mer ne sont absolument pas assimilables à des diffuseurs orthotropes; la mer spécialement a d'intenses réflexions spéculaires en incidence rasante, qui sont la source d'effets d'éblouissement fort gênants. Malgré ces simplifications, les calculs comportent l'évaluation d'intégrales multiples qui, sauf cas très particuliers, nécessitent le recours à de puissants ordinateurs.

In Table I are shown, as a function of the zenith distance  $\sigma$  of the sun, the values of illuminance  $E_H$  and  $E'_H$  produced by sun and sky light on a horizontal surface, as well as the values of the zenith luminance  $L_z$  of the sky. The values of  $\sigma$  above 20 degrees have been taken from the work of R. Dogniaux [3], while for smaller values of zenith distance the results have been extrapolated.

With regard to the colour of the emitted light, it had been agreed to refer to the C.I.E. (International Commission on Illumination) Standard B for direct sunlight and to Standard C for illumination due to the sky; the recently introduced source D now gives a more faithful and also more flexible range of colours of natural light.

On these bases, we can first calculate the ground illumination and then that of the mark, whence, using knowledge of its surface properties of diffusion and reflection, we can deduce its luminance in various directions. Many simplifications must be accepted to achieve this end. We assume, for example, that objects are uniform diffusers; we neglect the reciprocal interactions of neighbouring objects, etc. . . . It should be mentioned that some of these simplifications may be excessive: ground covered with vegetation or the sea itself are not truly uniform diffusers; the sea in particular gives intense mirror reflections at glancing incidence, which cause very disturbing glare effects. Despite these simplifications, the calculations require the evaluation of multiple integrals which, except in very special cases, call for the use of powerful computers.





Les mesures directes ne sont pas d'une grande difficulté intrinsèque, l'appareillage pouvant être élaboré à partir d'appareils de mesure et d'enregistrement courants auxquels on adjoint un téléphotomètre, éventuellement doté d'une série de filtres pour une colorimétrie simplifiée. La principale difficulté est de conjuguer un site favorable avec des conditions atmosphériques propices. Une campagne de mesures a été effectuée en utilisant les plateformes supérieures des sémaphores de la Marine Nationale au Cap Camarat (Méditerranée), à la Coubre (Atlantique) et au Cap Lévi (Manche).

Les résultats des mesures ont été en bonne concordance avec ceux des calculs. Voici quelques résultats choisis pour leur importance particulière.

- Par temps uniformément couvert et sur sol sombre, un panneau blanc vertical a pratiquement la même luminance et la même couleur que le ciel près de l'horizon. Si le sol devient parfaitement blanc, par temps de neige par exemple, la luminance du panneau double.
- Par temps clair, sous nos latitudes, un panneau vertical blanc, éclairé directement par le soleil, présente une luminance environ quadruple de celle du ciel voisin près de l'horizon pour l'observateur le regardant normalement et cela à peu près indépendamment de la hauteur du soleil (les résultats expérimentaux sont encadrés par les valeurs de 2,8 et 5,6) (Fig. 1).

4

On trouvera au tableau II, à titre de comparaison, les valeurs du rapport de la luminance du panneau blanc vertical éclairé directement par le soleil à celle du ciel, l'observateur étant placé en face du panneau. Les valeurs du rapport sont données en fonction du facteur de luminance du sol supposé réflecteur parfait.

Direct measurements are not of great intrinsic difficulty: the apparatus can be made up from ordinary measuring and recording equipment, with the addition of a telephotometer, possibly fitted with a series of filters for simplified colorimetry. The main difficulty is that of combining a suitable site with favourable atmospheric conditions. A series of measurements was carried out using the upper platforms of the naval signal stations at Cape Camarat (Mediterranean), La Coubre (Atlantic) and Cape Lévi (English Channel).

The results of these measurements agreed well with those of the calculations. We give here some results chosen for their special importance.

- In uniformly overcast weather and on a dark background, a vertical white panel has practically the same luminance and the same colour as the sky near the horizon. If the ground is perfectly white, under snow for example, the luminance of the panel is doubled.
- In clear weather, in our latitudes, a vertical white panel, lighted directly by the sun, presents a luminance four times that of the sky near the horizon to an observer looking along a line normal to it, and this luminance is almost independent of the height of the sun (the experimental results lie between the values of 2.8 and 5.6) (Fig. 1).

In Table II are shown for comparison the values of the ratio of the luminance of the vertical white panel illuminated directly by the sun to the luminance of the sky, the observer being placed in front of the panel. The values of the ratio are given as a function of the luminance factor of the ground, assuming a perfect reflector.

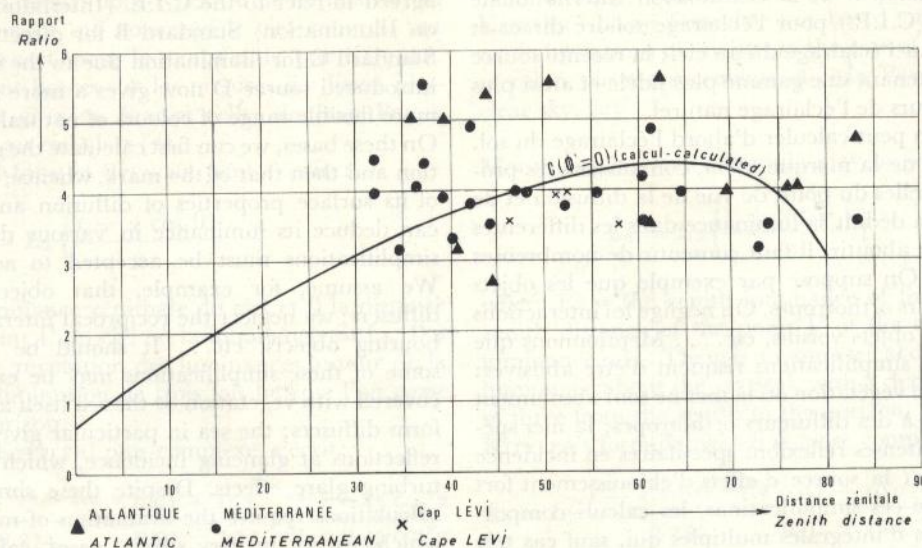


Fig. 1 - Rapport de la luminance du voyant en éclairage direct à celle du ciel voisin en fonction de la distance zénithale du soleil.  
Ratio of the luminance of a mark with direct illumination to that of the neighbouring sky, as a function of the sun's zenith distance.



TABLEAU II - TABLE II

Rapport de la luminance d'un panneau blanc vertical éclairé directement par le soleil à celle du ciel dans la direction d'observation - Observation de face

(Le soleil et le panneau ont des relèvements opposés; le panneau est au soleil)

Ratio of the luminance of a vertical white panel illuminated directly by the sun to the luminance of the sky in the direction of observation - Frontal observation

(The sun and the panel have opposing bearings; the panel is in sunlight)

		Distance zénithale $\sigma$ en degrés- Zenith distance $\sigma$ in degrees									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Facteur de luminance du sol, $\beta'$  Luminance factor of the ground, $\beta'$	0,03	0,49	1,35	2,21	2,92	3,54	3,96	4,26	4,20	2,96	0,73
	0,10	0,67	1,53	2,39	3,08	3,68	4,07	4,35	4,27	2,99	0,74
	0,30	1,18	2,06	2,90	3,55	4,09	4,41	4,62	4,45	3,08	0,79
	0,60	1,94	2,86	3,68	4,25	4,70	4,92	5,02	4,72	3,22	0,86
	1,00	2,97	3,92	4,72	5,19	5,53	5,60	5,55	4,94	3,40	0,95

Un panneau vertical blanc, placé en contre-jour franc, présente à l'observateur le regardant une luminance qui n'est qu'une fraction de celle du ciel près de l'horizon dans la direction d'observation, luminance qui se révèle sensible à la plus ou moins grande leucie du sol et qui diminue notablement en valeur relative quand le soleil baisse sur l'horizon. Pour un sol blanc, le rapport des luminances du ciel et du panneau passe de 2 environ pour une hauteur de soleil de  $70^\circ$  à des valeurs voisines de 10 vers le coucher du soleil. Avec un sol sombre ce rapport passe dans les mêmes conditions de 5 à 20 (Fig. 2).

A vertical white panel placed squarely against the light presents to the observer a luminance only a fraction of that of the sky near the horizon in the direction of observation, and this luminance is found to be sensitive to the lighter or darker colour of the ground, and diminishes greatly in relative value as the sun sinks towards the horizon. In the case of a white ground the ratio between the luminance of the sky and that of the panel changes from about 2 with the sun at a height of about  $70^\circ$  to values of about 10 near sunset; with a dark ground this ratio changes in the same conditions from 5 to about 20 (Fig. 2)

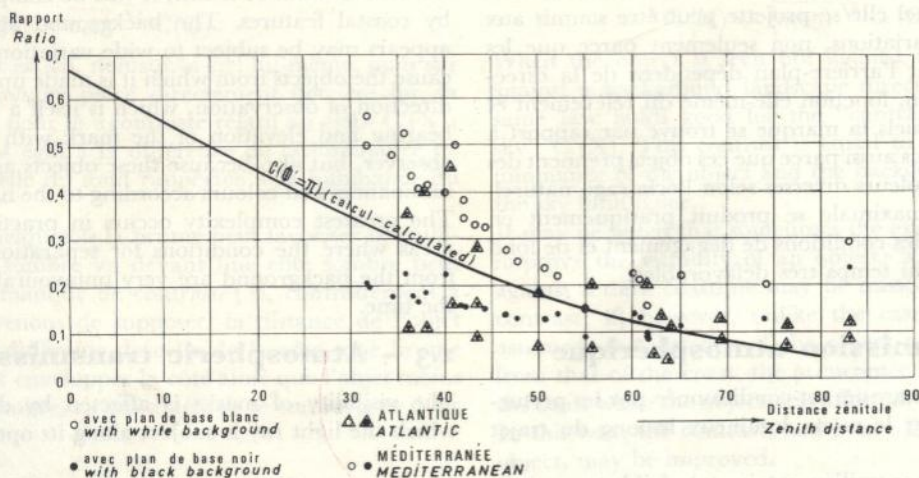


Fig. 2 - Rapport de la luminance du voyant en contre-jour à celle du ciel voisin en fonction de la distance zénithale du soleil.  
Ratio of the luminance of a mark seen against the light to that of the neighbouring sky, as a function of the sun's zenith distance.





TABLEAU III - TABLE III

Rapport de la luminance d'un panneau blanc en contre-jour franc  
à celle du ciel dans la direction d'observation - Observation de face - Contre-jour

(Le soleil et le panneau ont le même relèvement; le panneau est dans l'ombre)

*Ratio of the luminance of a white panel in against-the-light conditions  
to that of the sky in the direction of observation - Frontal observation - Against the light.*

*(The sun and the panel have the same bearing; the panel is in shadow)*

		Distance zénithale $\sigma$ du soleil en degrés - Zenith distance $\sigma$ of the sun in degrees									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Facteur de luminance du sol, $\beta'$	0,03	0,49	0,39	0,31	0,24	0,18	0,13	0,09	0,06	0,04	0,04
	0,10	0,67	0,55	0,45	0,35	0,26	0,18	0,12	0,08	0,04	0,04
Luminance factor of the ground, $\beta'$	0,30	1,18	1,01	0,83	0,64	0,47	0,32	0,20	0,12	0,06	0,05
	0,60	1,94	1,69	1,40	1,08	0,79	0,53	0,33	0,18	0,08	0,06
	1,00	2,97	2,60	2,16	1,67	1,21	0,80	0,49	0,26	0,11	0,07

Le calcul fournit des chiffres de même ordre de grandeur. Voici, au tableau III, les valeurs du rapport de luminance du panneau en contre-jour franc à celle du ciel dans la même direction d'observation.

### 1.2 - Site

Dans la visibilité des marques de jour le site intervient par le dégagement qu'il est possible de donner à la marque; une marque ne doit être occultée dans toute la zone d'utilisation ni par le relief du terrain, ni par un bâtiment ou de la végétation, ni même par un véhicule, ni non plus par une autre marque. Le site intervient encore dans l'arrière-plan qu'il procure à la marque. Sur une crête la marque peut se détacher entièrement sur le ciel; au bas d'une éminence ou d'une falaise au contraire elle sera complètement englobée dans le relief de la côte. Le fond sur lequel elle se projette peut être soumis aux plus extrêmes variations, non seulement parce que les objets constituant l'arrière-plan dépendent de la direction d'observation, fonction elle-même du relèvement et du site dans lesquels la marque se trouve par rapport à l'observateur, mais aussi parce que ces objets prennent des luminances et couleurs diverses selon l'éclairage naturel. La complexité maximale se produit pratiquement en zone urbaine où les conditions de dégagement et de fond sont la plupart du temps très défavorables.

### 1.3 - Transmission atmosphérique

La visibilité des marques est conditionnée par les perturbations subies par le rayon lumineux le long du trajet optique.

L'absorption est, en milieu marin, très faible et ne joue pratiquement qu'au voisinage d'agglomérations ou d'industries émettant des fumées.

Calculated values have about the same order of magnitude. In Table III are shown the values of the ratio of the panel luminance in against-the-light conditions to that of the sky in the same direction of observation.

### 1.2 - Site

The visibility of daymarks is affected by the site because of the extent to which the mark can be distinguished from the background; the mark must not be obscured anywhere within the whole zone of utilization by irregularity of the terrain, by buildings, vegetation or even a vehicle, and still less by another mark. The site also has an influence as regards the background against which the mark is seen. If a mark is sited on a ridge it may stand out completely against the sky, while, on the contrary, if it is located at the foot of a hill or a cliff, it will be completely engulfed by coastal features. The background against which it appears may be subject to wide variations, not only because the objects from which it is made up depend on the direction of observation, which is itself a function of the bearing and elevation of the mark with respect to the observer, but also because these objects assume different luminances and colours according to the natural lighting. The greatest complexity occurs in practice in built-up areas where the conditions for separation of the mark from the background are very unfavourable for most of the time.

### 1.3 - Atmospheric transmission

The visibility of marks is affected by disturbances to which the light ray is subject along its optical path.

In marine conditions, absorption is very small and plays practically no part except near urban areas or industrial installations which emit smoke.





La diffusion est, par contre, d'une grande importance et constitue le phénomène de la «brume». A la mer elle n'a de sélectivité chromatique notable qu'à de grandes distances auxquelles il n'est plus question d'utiliser les marques de jour. On caractérise le phénomène de brume par la «visibilité météorologique» normalisée par l'Organisation Météorologique Mondiale (O.M.M.). En première et très grossière approximation, les objets situés à une distance supérieure à la visibilité météorologique sont noyés dans la brume, tandis qu'on peut les distinguer à une distance inférieure ou égale à cette visibilité. Plus précisément la brume agit sur la visibilité des objets d'une double manière. D'une part elle affaiblit les flux lumineux qui proviennent d'un objet situé à une distance  $X$

dans le rapport  $(0,05) \frac{X}{V}$  lorsque la visibilité météorologique est  $V$ ; d'autre part elle superpose à la luminance résiduelle parvenant à l'observateur une luminance sensiblement égale à celle du ciel dans la direction d'ob-

servation réduite dans le rapport  $\left[1 - (0,05) \frac{X}{V}\right]$ . La luminance et la couleur d'un objet se rapprochent donc de celles du ciel lorsqu'on s'éloigne.

Les lois de la visibilité s'expriment le plus simplement en termes de contraste. On appelle ainsi la différence de la luminance de l'objet et de celle du fond rapportée à cette dernière, soit:

$$C = \frac{L - L_0}{L_0}$$

$L$  étant la luminance de l'objet,  $L_0$  celle du fond et  $C$  le contraste.

Si un objet a un contraste  $C(O)$  sur le ciel à courte distance, il aura, à une distance  $X$ , le contraste  $C(X)$

$$\text{donné par: } C(X) = \frac{X}{0,05 V} C(O).$$

Lorsque l'objet est vu, non sur le ciel lui-même, mais sur un fond de paysage placé directement derrière lui, la même loi vaut pour le «contraste relatif au ciel»  $C'(X)$ ; ce contraste est égal à la différence de la luminance de l'objet et de celle du fond rapportée à la luminance du ciel.

Notons que quelquefois la brume peut favoriser la visibilité: un objet sombre vu devant une côte sombre peut échapper par manque de contraste; si, contrairement à ce que nous venons de supposer, la distance de l'objet est nettement différente de celle de la côte, une brume survenant peut envelopper la côte alors que l'objet moins affecté reste sombre, ce qui améliore le contraste et donc la visibilité.

Pour un objet placé à mi-distance d'une côte par exemple, l'effet maximal se produit pour une visibilité météorologique de l'ordre de deux fois la distance à la côte et le

On the contrary, scattering is of great importance and constitutes the phenomenon of "fog". At sea, it has no great chromatic selectivity except at great distances, where there is no question of using daymarks. The phenomenon of fog is described by the "meteorological visibility" standardized by the World Meteorological Organization (W.M.O.). In the first place, and as a very rough approximation, objects at a distance greater than the meteorological visibility are lost in the fog, while they can be distinguished at any distance equal to or less than this distance. To be more exact, fog affects the visibility of objects in two ways. On the one hand, it weakens the luminous flux arriving from an object situated at a

distance  $X$  in the ratio  $(0,05) \frac{X}{V}$  when the meteorological visibility is  $V$ , and, on the other, it superimposes upon the residual luminance reaching the observer a luminance practically equal to that of the sky in the direction of

observation, reduced in the ratio  $\left[1 - (0,05) \frac{X}{V}\right]$ . The luminance and the colour of an object therefore approach those of the sky as the distance increases.

The laws of visibility are most simply expressed in terms of contrast. Contrast is the difference in luminance of the object and the background divided by the luminance of the background, i.e.

$$C = \frac{L - L_0}{L_0}$$

where  $L$  is the luminance of the object,  $L_0$  the luminance of the background and  $C$  the contrast.

If an object has a contrast  $C(O)$  against the sky when viewed at short distance, it will have, at a distance  $X$ , the contrast  $C(X)$  given by:

$$C(X) = \frac{X}{(0,05) V} C(O)$$

When the object is seen not against the sky itself but against a background landscape directly behind it, the same law holds good for the "contrast relative to the sky"  $C'(X)$ . This contrast is equal to the difference in luminance of the object and the background divided by the sky luminance.

It may be noted that sometimes the existence of fog may improve the visibility of an object: a dark object seen against a dark coastline may be missed through lack of contrast; if, however, unlike the case we have so far assumed, the distance of the object differs appreciably from that of the coast, the occurrence of a fog may hide the coast while the object, less affected, still appears dark. In this way, the contrast, and hence the visibility of the object, may be improved.

For an object midway between the observer and the coast, for example, the maximum effect is produced for a meteorological visibility of the order of twice the distance





contraste relatif au ciel de l'objet noir sur la côte sombre embrumée s'élève alors à 0,25.

La turbulence atmosphérique est responsable du scintillement des étoiles et d'autres sources ponctuelles la nuit; bien que quelquefois perceptible, elle ne cause en général aucune gêne notable dans les observations de jour à l'œil nu. Elle peut, par contre, détériorer notablement la vision lorsqu'on utilise des instruments d'optique de fort grossissement.

#### 1.4 - Les performances visuelles des observateurs

Les marques de jour doivent être distinguées et reconnues. La perception nécessite une taille suffisante et des contrastes de luminance et de couleur sur le fond. L'identification utilise les diverses caractéristiques de forme, couleur et position dans le paysage.

Les physiologistes de la vision ont consacré de nombreuses études au problème de la *perception*, mais le plus souvent pour en rechercher le mécanisme ou la pathologie. On s'est volontiers attaché au cas simple d'un petit objet de couleur uniforme, noir en général, vu sur un fond beaucoup plus grand, lui-même de couleur uniforme, blanc en général. Dans le cas d'objets sans teinte les conditions de luminance sont suffisamment caractérisées par le «contraste» défini ci-dessus.

8 La loi de visibilité est assez différente selon le diamètre apparent de l'objet.

- Pour de petits diamètres apparents, inférieurs à un milliradian, la visibilité est fonction du produit du contraste par l'angle solide sous lequel on voit l'objet.
- Pour de grands diamètres apparents dans les limites applicables aux marques de jour, on pourra admettre, en première approximation, que le contraste juste décelable est indépendant du diamètre apparent.

Nous pouvons admettre, comme en météorologie, que le contraste juste discernable sur le ciel est de 0,05. Cette dernière condition fournit immédiatement l'équation donnant la distance de visibilité X d'un objet vu sur le ciel avec un contraste à courte distance égal à C(O) (on dit quelquefois contraste intrinsèque), lorsque la visibilité météorologique est V. On a :

$$C(O) \frac{X}{0,05 V} = 0,05$$

$$\text{soit : } X = V \left( 1 + \frac{\log C(O)}{1,3} \right)$$

(log désigne le logarithme décimal).

Pour les objets de faible diamètre apparent on pourra caractériser leur dimension, s'ils n'ont pas une forme trop allongée, par le «côté moyen», c'est-à-dire le côté du carré ayant une surface égale à celle de la projection de l'objet sur le plan perpendiculaire à la direction d'observation. Si l'on désigne par d ce côté moyen en mètres et par X

to the coast, and the contrast relative to the sky of the dark object against the fog-shrouded coast can reach 0.25. Atmospheric turbulence is responsible for the twinkling of the stars and of other point sources at night; although this is sometimes perceptible, it does not normally cause any serious difficulty in observations with the naked eye by day. On the other hand, it may adversely affect vision to a considerable degree when optical instruments of high magnification are used.

#### 1.4 - Visual performance of observers

Daymarks must be distinguished and recognized. Perception calls for adequate size and contrast of luminance and colour against the background. Identification utilizes the various characteristics of shape, colour and position in the landscape.

Physiologists concerned with vision have devoted many studies to the problem of *perception* but chiefly with the object of investigating the mechanism or the pathology of the eye. The favorite field of investigation has been the simple case of a small object of uniform colour, usually black, seen against a much larger background of uniform colour, usually white. In the case of objects without colour, the conditions of luminance are sufficiently characterized by the "contrast" defined above.

The law of visibility is rather dependent on the apparent diameter of the object.

- For small apparent diameters, less than one milliradian, the visibility is a function of the product of the contrast and the solid angle subtended by the object at the observer.
- For large apparent diameters within the limits applicable to daymarks, one may assume as a first approximation, that the just discernible contrast is independent of apparent diameter.

We may assume, as in meteorology, that the just discernible contrast against the sky is about 0.05. This last assumption yields immediately the equation giving the visual range X of an object seen against the sky with a contrast C(O) at short distance (this is sometimes called the intrinsic contrast), for a meteorological visibility V:

$$C(O) \frac{X}{0,05 V} = 0,05$$

$$\text{or : } X = V \left( 1 + \frac{\log C(O)}{1,3} \right)$$

For objects of small apparent diameter, provided they are not too elongated in shape, it is possible to describe their size by the "mean side", i.e. the side of the square having the same area as the projection of the object on the plane perpendicular to the direction of observation. If d be this mean side in metres and X the distance of observation in





la distance d'observation en kilomètres, l'angle solide sous lequel est vu l'objet est  $10^{-6} \frac{d^2}{X^2}$  stéradian. La distance de visibilité sera alors donnée par une équation de la forme:

$$C(O) \frac{X}{0,05 V} \frac{d^2}{X^2} = K$$

En prenant un coefficient de sécurité voisin de celui adopté par les météorologistes on peut admettre que  $K = 0,038$ .  $V$  sera alors, comme  $X$ , exprimé en kilomètres. Pour des objets très voisins de la ligne d'horizon mais vus sur le paysage, on peut admettre que le contraste relatif au ciel, décelable entre l'objet et le paysage, est le même que le contraste décelable sur le ciel.

Si l'objet et le paysage sur lequel il se détache n'ont entre eux qu'une distance faible devant la distance d'observation les équations ci-dessus demeurent valables à condition de remplacer le contraste sur le ciel par le contraste relatif au ciel.

On trouvera, en Annexes I et II, des abaques de visibilité traduisant les équations ci-dessus.

Le niveau de luminance du ciel n'a qu'un effet assez faible sur la visibilité et on peut généralement en négliger l'incidence dans les questions de signalisation maritime. Si toutefois on désirait en évaluer l'ordre de grandeur on pourrait utiliser la fonction de sensibilité relative au contraste étudiée par Blackwell dans le cadre d'un Comité d'experts de la Commission Internationale de l'Eclairage. Il suffirait pour cela de multiplier la valeur  $C(O)$  par un «coefficient d'ambiance»  $A$  donné par le tableau IV.

kilometres, the solid angle subtended by the object is about  $10^{-6} \frac{d^2}{X^2}$  steradians. The visual range of the object will then be given by an equation of the form:

$$C(O) \frac{X}{0,05 V} \frac{d^2}{X^2} = K$$

Allowing for a similar safety factor to that used by meteorologists, a value of  $K = 0.038$  may be taken.  $V$  is then given, like  $X$ , in kilometres.

For objects very close to the horizon but seen against the landscape, it may be assumed that the contrast relative to the sky, which is just discernible between the object and the landscape, is the same as the just discernible contrast against the sky.

If the object and the landscape against which it is seen are only separated by a short distance compared with the distance of observation, the above equations hold good provided the contrast against the sky is replaced by the contrast relative to the sky.

In Appendices I and II are given nomograms of visibility based on the above equations.

The level of the sky luminance has only a small effect in visibility and it can generally be neglected in problems of sea-marking. If nevertheless it was desired to estimate the order of magnitude of the effect, one could make use of the contrast sensitivity function studied by Blackwell for an experts' Committee of the International Commission on Illumination. For this purpose it would suffice to multiply the value  $C(O)$  by an "ambient light coefficient"  $A$ , given by Table IV.

TABLEAU IV - TABLE IV

Coefficient d'ambiance  $A$  - Ambient light coefficient  $A$

Si la luminance du ciel diffère de 3500 cd/m<sup>2</sup>, multiplier  $C(O)$  par le coefficient correcteur  $A$  donné en fonction de la luminance  $L_c$  du ciel exprimée en candelas par mètre carré.

(N.B. - Cette correction est négligeable dans la plupart des situations usuelles).

If the sky luminance is different from 3500 cd/m<sup>2</sup>, multiply  $C(O)$  by the correction coefficient  $A$ , given as a function of sky luminance  $L_c$  in candelas per square metre.

(N.B. - This correction is negligible in the majority of normal situations)

$L_c$ (cd/m <sup>2</sup> )	10 000	7 000	6 000	5 000	4 000	3 500	3 000
$A$	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01	1	0,99

$L_c$ (cd/m <sup>2</sup> )	2 000	1 500	1 000	900	800	700	600
$A$	0,95	0,92	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84

$L_c$ (cd/m <sup>2</sup> )	500	400	300	250	200	150	100
$A$	0,82	0,80	0,77	0,75	0,73	0,70	0,66





*L'identification* est un processus plus complexe que la simple perception; elle est conditionnée par les informations dont dispose l'observateur et, en particulier, par l'éventail des choix qui lui sont offerts. Il faut reconnaître l'environnement, la forme, la ou les teintes et souvent des détails caractéristiques, tels que voyants ou inscriptions. On se trouve devant de multiples influences difficiles à dissocier et n'ayant fait que rarement l'objet d'études systématiques. Mentionnons que, pour un choix de formes simples – rond, carré, triangle équilatéral – noirs sur fond blanc, on reconnaît le triangle lorsque son côté est vu sous un angle de 0,9 mrd, et le carré et le cercle pour un côté ou un diamètre vu sous un angle de 1,2 mrd. Les lettres d'imprimerie noires sur fond blanc, avec épaisseur de jambages de l'ordre du cinquième de la hauteur, sont distinguées si leur hauteur est vue sous un angle de 2 mrd.

L'emploi des teintes et les incidences de la coloration sur la reconnaissance des formes ayant une importance spéciale en signalisation maritime, une expérimentation systématique a été organisée. Il a fallu réduire le problème en des termes très simples. On a retenu seulement des couleurs particulièrement vives, sélectionnées après une longue enquête. Les couleurs recouvraient des carrés de 5 cm de côté et l'épreuve de la reconnaissance de la forme consistait à identifier l'une des deux positions: côtés horizontaux et verticaux ou diagonales horizontale et verticale. Les essais ont eu lieu en plein air sur une base de 250 m orientée sensiblement est-ouest, ce qui permettait au cours de la journée de disposer de toute la variété possible des éclairages naturels. Le fond était soit le ciel, soit un écran noir. 124 séries d'observations ont été effectuées avec 39 observateurs différents.

10 Le dépouillement des résultats a consisté à établir des graphiques de fréquence de reconnaissance de la forme ou de la couleur en fonction de la distance d'observation, d'après les conditions d'éclairage direct ou contre-jour et de fond de ciel ou fond noir. L'examen de ces graphiques montre tout d'abord que les fonctions de répartition de la reconnaissance de la forme diffèrent peu d'un graphique à l'autre, montrant que l'acuité visuelle joue alors un rôle déterminant et que les conditions d'éclairage et de contraste n'ont qu'une incidence modérée. La valeur médiane se situe dans l'ensemble un peu en deçà de 65 m (Fig. 3). Les couleurs sont souvent reconnues à des distances supérieures et même nettement supérieures. Toutefois les résultats obtenus se montrent très variables d'une couleur à l'autre et sensibles aux conditions d'éclairage et de fond. Des confusions se produisent qui sont mises en évidence sur les graphiques par le tracé des courbes de fréquences cumulées, non seulement pour les réponses exactes, mais aussi pour les réponses erronées. La plupart des couleurs sont correctement reconnues aux distances où la forme est identifiée. Le fond noir est dans l'ensemble très favorable à la reconnaissance de la couleur, sauf évidemment pour le noir qui passe inaperçu;

*Identification* is a more complicated process than mere perception; it is conditioned by the data available to the observer and in particular by the variety of choices offered to him. He must recognize the environment, the shape, the colour or colours, and often characteristic features such as marks or inscriptions. Here we are faced with a multiplicity of effects which are difficult to separate and have only rarely been the subject of systematic study. It may be remarked that out of a selection of simple forms – circle, square, equilateral triangle – all black on a white background, it is possible to recognize the triangle when its side subtends an angle of 0.9 mrd, and the square and the circle when the side or diameter subtends an angle of 1.2 mrd. Black capital letters on a white ground, with vertical strokes of a width of about one-fifth of the height, are distinguished when their height subtends an angle of 2 mrd.

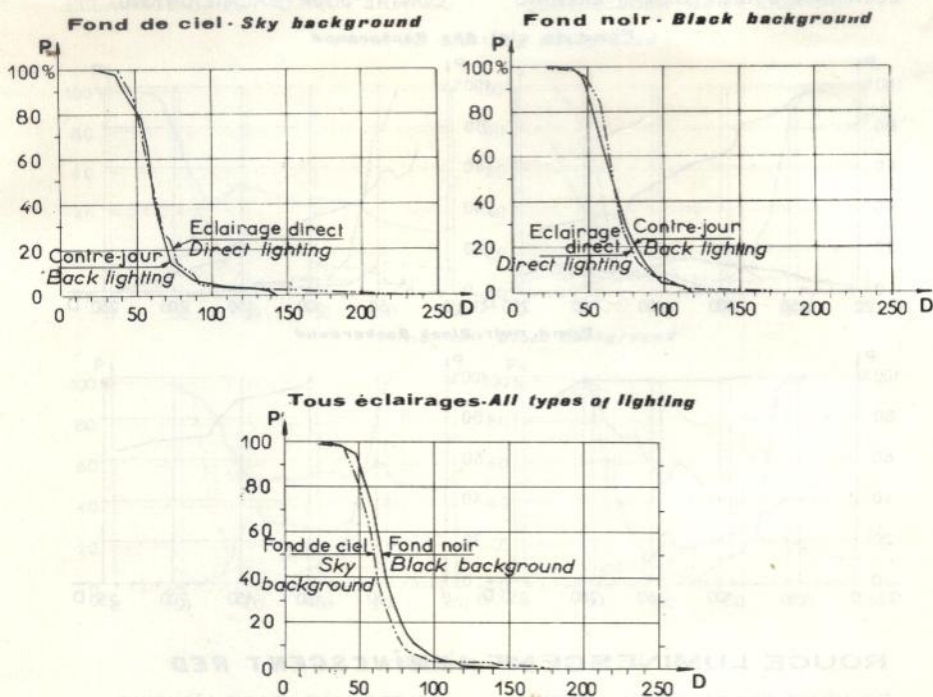
The use of colours and the effects of colour on the recognition of shape have special importance in sea-marking, and systematic experiments have therefore been carried out. It was necessary to reduce the problem to very simple terms. Only particularly bright colours were adopted, and these were chosen after long investigation. The colours were applied to squares of 5 cm side, and the shape-recognition tests consisted in identifying one of two positions, with horizontal and vertical sides or with horizontal and vertical diagonals. The tests were made in the open air on a base-line 250 m long, running approximately East to West; during the course of the day, every possible variety of natural lighting was thus obtainable. The background was either the sky or a black screen. 124 sets of observations were made with 39 different observers.

From the results, graphs of the frequency of shape or colour recognition as a function of the distance of observation were made according to the lighting conditions, whether direct or back-lighting, and to the background, whether sky or black screen. An examination of these graphs shows in the first place that the distribution functions of shape-recognition differ little from one graph to another, showing that visual acuity plays a determining part and that the conditions of lighting and contrast have only a moderate effect. The median value for the whole is a little below 65 m (Fig. 3). Colours are often recognized at greater, and even much greater distances. However, the results obtained will be seen to vary greatly from one colour to another, and to be sensitive to lighting and background conditions. Confusions occur, which are shown on the graphs by the form of the cumulative-frequency curves, not only for the correct answers but also for erroneous ones. Most colours are correctly recognized at distances at which the shape is identified. The black background is in general very favourable to colour recognition, except, obviously, for the case of black which is not perceived; yellow is especially easily perceptible in this case. Back-lighting con-





## TOUTES COULEURS - ALL COLOURS



*Des  
attention*

Fig. 3 - Graphiques récapitulatifs de la proportion P de reconnaissance des formes en fonction de la distance D en mètres.  
Summary curves of proportion P of recognition of shapes as a function of distance D in metres.

II

la couleur jaune y est particulièrement sensible. Les conditions de contre-jour détériorent assez nettement la probabilité de reconnaissance et d'ailleurs, par le double effet de la diminution d'éclairage et de la coloration bleue de l'éclairage des ombres, les rouges y sont naturellement les plus sensibles.

Le rouge (Fig. 4 et 5) apparaît néanmoins et, de loin, le plus satisfaisant, tant par les portées réalisées que par la rareté de la confusion avec les autres couleurs. La courbe de fréquence cumulée concernant les rouges luminescents n'a d'ailleurs pu être tracée faute de recul suffisant sur notre base de mesure limitée à 250 m; à cette distance la probabilité de reconnaissance dépassait encore, dans certains cas, 90%.

Au delà de la distance où la forme est reconnue, le blanc (Fig. 6) donne lieu à diverses confusions qui semblent s'expliquer, d'une part, par le contraste sur le bleu du ciel auquel une certaine proportion de réponses jaunes est attribuable, d'autre part, par les propriétés de trivariance visuelle, spécialement en contre-jour. Dans ce dernier cas les réponses semblent hésiter entre le blanc, le jaune, le vert et le bleu qui, en cas de faiblesse d'éclairage, excitent dans des conditions à peu près semblables le seul récepteur élémentaire des longueurs d'ondes intermédiaires.

siderably reduces the probability of recognition; by the double effect of weaker lighting and of the blue hue of the shadow illumination, reds are naturally most affected in this case.

Red (Fig. 4 and 5) is nevertheless the most satisfactory by far, both for the ranges obtained and for the rarity of confusion with other colours. The cumulative-frequency curve for luminescent reds could not even be drawn because there was not enough distance available on our 250-metre base-line; at this distance, the probability of recognition was still more than 90% in some cases.

Beyond the distance at which shape is recognized, white (Fig. 6) causes a good deal of confusion, which seems to be explicable, on the one hand, by the contrast with the blue sky, giving rise to a certain number of yellow identifications, and, on the other hand, by the properties of visual tri-variance, especially against the light. In this case, replies seemed to hesitate between white, yellow, green and blue, which, under weak lighting, excite in nearly similar conditions the only retinal receptor element of intermediate wavelengths.



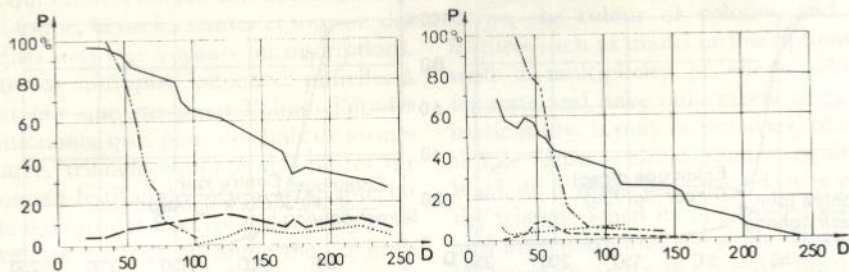


## ROUGE BALISE - BEACON RED

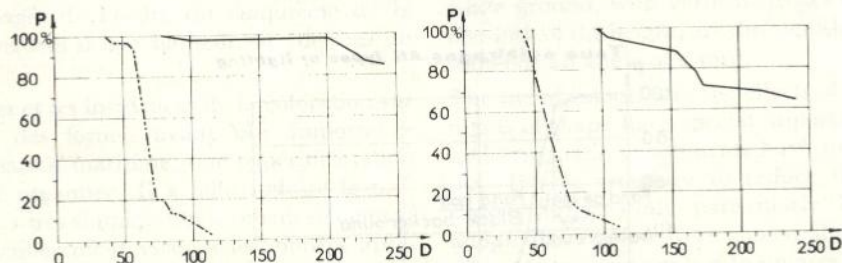
ECLAIRAGE DIRECT - DIRECT LIGHTING

CONTRE-JOUR - BACK LIGHTING

Fond de ciel - Sky Background



Fond noir - Black Background

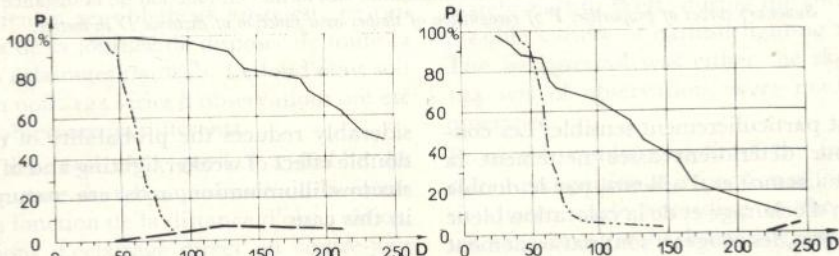


## ROUGE LUMINESCENT - LUMINESCENT RED

ECLAIRAGE DIRECT - DIRECT LIGHTING

CONTRE-JOUR - BACK LIGHTING

Fond de ciel - Sky Background



Fond noir - Black Background

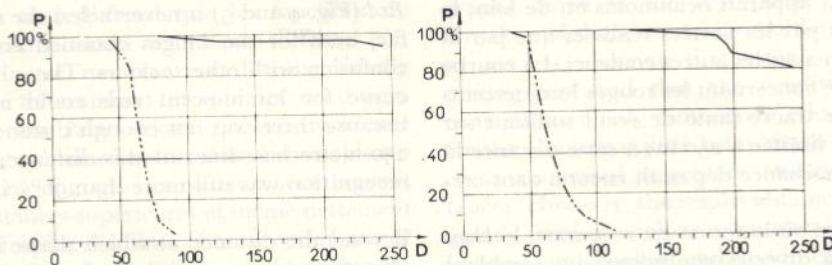


Fig. 4 & 5 - Graphiques récapitulatifs de la proportion P de reconnaissance des formes et des couleurs «rouge balise n° 0» et «rouge luminescent» en fonction de la distance D en mètres.

Summary curves of proportion P of recognition of shapes and colours "n° 0 beacon red" and "luminescent red" as a function of distance D in metres.

.....	Forme - Shape	-----	Vision noire - Seen as black
-----	Vision exacte	-----	Vision bleue - Seen as blue
-----	Seen correctly	-----	Vision verte - Seen as green



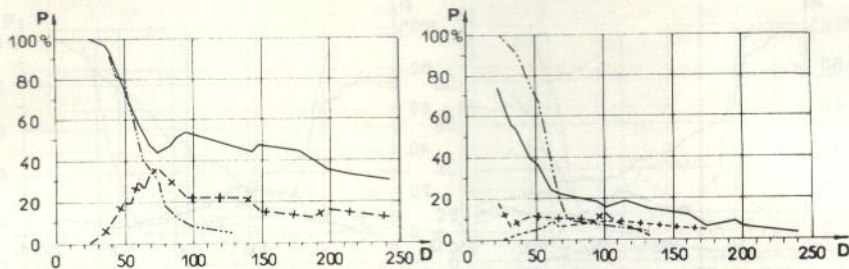


## BLANC - WHITE

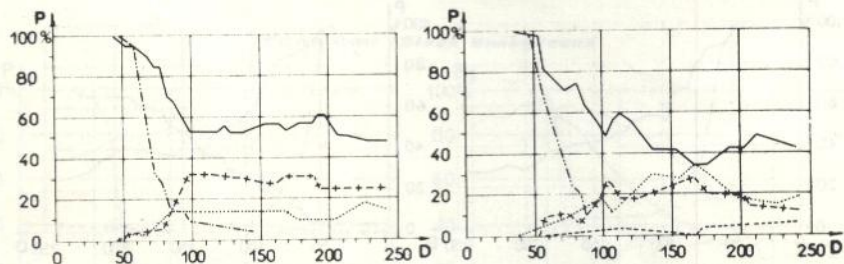
ECLAIRAGE DIRECT - DIRECT LIGHTING

CONTRE-JOUR - BACK LIGHTING

Fond de ciel - Sky Background



Fond noir - Black Background

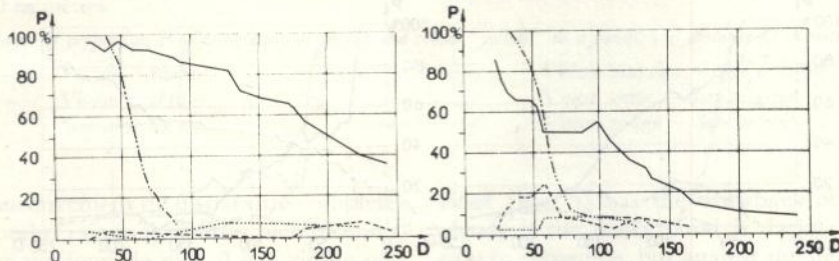


## NOIR - BLACK

ECLAIRAGE DIRECT - DIRECT LIGHTING

CONTRE-JOUR - BACK LIGHTING

Fond de ciel - Sky Background



Fond noir - Black Background

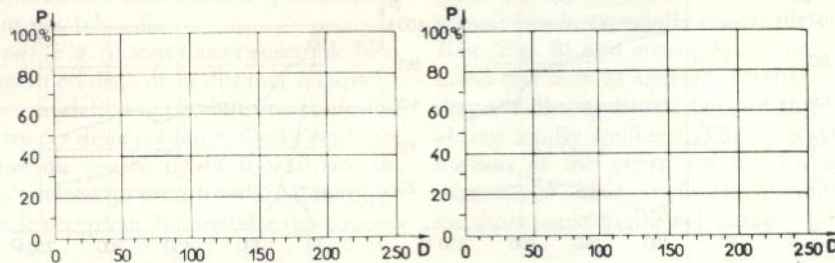


Fig. 6 & 7 - Graphiques récapitulatifs de la proportion P de reconnaissance des formes et des couleurs « blanc » et « noir » en fonction de la distance D en mètres.

Summary curves of proportion P of recognition of shapes and colours "white" and "black" as a function of distance D in metres.

— · — · — · — · — · — · —	Forme - Shape	+ - + - + - + - + -	Vision jaune - Seen as yellow
—————	Vision exacte	-----	Vision bleue - Seen as blue
—————	Seen correctly	.....	Vision verte - Seen as green

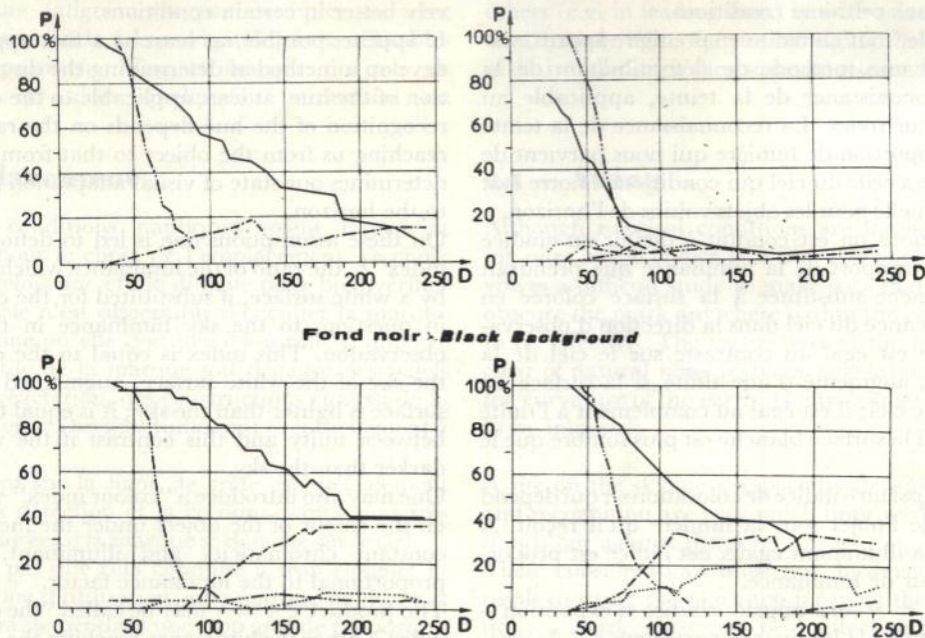






### CONTRE-JOUR - BACK LIGHTING

**Fond de ciel - Sky Background**



15

Summary curves of proportion  $P$  of recognition of shapes and colour "yellow" as a function of distance  $D$  in metres.

— .. — .. — ..    *Forme – Shape*  
 —————    *Vision exacte –*  
                       *Seen correctly*

..... Vision blanche - *Seen as white*  
 ..... Vision verte - *Seen as green*  
 ..... Vision rouge - *Seen as red*

*Black* (Fig. 7) has the drawback of disappearing completely if the background is dark, otherwise it is fairly easy to recognize, but against the light and with a background of sky there is a danger that other colours will also appear black, especially reds if these are not very bright. *Blue* (Fig. 8) and *green* (Fig. 9) are usually easily recognized but only at shorter distances than that at which shape is distinguished; beyond this, the two colours are almost totally confused. This is explained by the dichromatism of the centre of the fovea: over an angular diameter of about 30 minutes of arc, the receptor element for short wavelengths is lacking.

*Yellow* (Fig. 10) is somewhat sensitive to observation against the light and is quite often confused with white; it seems better to enclose it in a black border if the distance for shape-recognition is to be exceeded. Luminescent yellow gives rise to marked confusion with white, except at very short ranges; there is not doubt that it must be rejected as a colour which is to be distinguished from white.

Le jaune (Fig. 10) est assez sensible aux conditions de contre-jour et donne lieu à une proportion assez importante de confusions avec le blanc; il paraît préférable de l'encadrer de noir dès que l'on veut dépasser la distance de reconnaissance de la forme. Le jaune luminescent donne lieu à des confusions prépondérantes avec le blanc sauf à très courte distance; il faut sans doute renoncer à l'employer en tant que couleur distincte du blanc.





Les performances relatives de portée entre la couleur et la forme, décrites ci-dessus, paraissent valables dans le cas de formes compactes; par contre il est vraisemblable qu'en valeur relative la perception des formes élancées soit meilleure dans certaines conditions.

Il semble possible, tout au moins en première approximation, d'élaborer une méthode de détermination de la distance de reconnaissance de la teinte, applicable au moins à la couleur rouge. La reconnaissance de la teinte dépend de la proportion de lumière qui nous parvient de l'objet rapportée à celle du ciel qui conditionne notre état d'adaptation visuelle pour les objets voisins de l'horizon.

Dans ces conditions on est conduit à définir un «indice d'exposition»  $\xi$ , rapport de la luminance que prendrait une surface blanche substituée à la surface colorée en cause, à la luminance du ciel dans la direction d'observation. Cet indice est égal au contraste sur le ciel de la surface blanche, augmenté d'une unité si la surface est plus claire que le ciel; il est égal au complément à l'unité de ce contraste si la surface blanche est plus sombre que le ciel.

On introduira aussi un «indice de coloration»  $\tau$  qui dépend de la couleur de l'objet sous la lumière qu'il reçoit. A chromaticité et à illuminant égaux cet indice est proportionnel au facteur de luminance.

Le produit  $\xi \tau = \gamma$  sera appelé «indice d'exposition - coloration». Comme la luminance parvenant à l'observateur subit la même loi d'affaiblissement que le contraste relatif au ciel, on pourra calculer la distance de reconnaissance de la couleur avec le même abaque avec lequel on calcule la distance de visibilité, en substituant dans cet abaque l'indice d'exposition-coloration  $\gamma$  au contraste relatif au ciel  $C(O)$ .

Pour la teinte rouge on pourra admettre les valeurs suivantes de l'indice de coloration pour une probabilité de 50% de reconnaissance de la teinte:

Couleur	$\tau$
Rouge luminescent (Minnesota 3484)	0,7
Rouge balise n° 0* ( $\beta = 0,13$ )	0,26
Rouge courant ( $\beta$ voisin de 0,08)	0,16

\* Couleur à l'étude au Service des Phares et Balises.

## 2 - CONCEPTION DES MARQUES DE JOUR

La conception des marques de jour n'est pas seulement fonction des considérations ci-dessus développées; elle dépend en premier lieu du rôle nautique qui leur est assigné. Ce point de vue dépasse notre propos et nous supposons qu'il a fait l'objet d'une étude distincte dont les résultats sont acquis. Ils consisteront en général en des

The relative performances described above, in terms of the range of recognition of colour and shape, seem to be valid in the case of compact shapes; on the other hand, it is probable that perception of elongated shapes is relatively better in certain conditions.

It appears possible, at least as a first approximation, to develop a method of determining the distance of recognition of the hue, at least applicable to the colour red. The recognition of the hue depends on the ratio of the light reaching us from the object to that from the sky, which determines our state of visual adaptation for objects close to the horizon.

On these assumptions one is led to define an "exposure index"  $\xi$ , the ratio of the luminance which would be given by a white surface, if substituted for the coloured surface in question, to the sky luminance in the direction of observation. This index is equal to the contrast against the sky of the white surface, augmented by unity if the surface is lighter than the sky; it is equal to the difference between unity and this contrast if the white surface is darker than the sky.

One may also introduce a "colour index"  $\tau$  which depends on the colour of the object under the incident light. For constant chromaticity and illuminant, this index is proportional to the luminance factor.

The product  $\xi \tau = \gamma$  may be called "the colour-exposure index". Since the luminance reaching the observer is subject to the same law of attenuation as for the contrast relative to the sky, it is possible to calculate the distance of colour recognition with the same nomogram as is used for calculation of the visual range, by substituting in the nomogram the colour-exposure index  $\gamma$  in place of the contrast relative to the sky  $C(O)$ .

For the colour red, the following values of colour-index may be assumed, for a 50% probability of hue recognition:

Colour	$\tau$
Luminescent red (Minnesota 3484)	0.7
Beacon red n° 0* ( $\beta = 0.13$ )	0.26
Ordinary red ( $\beta$ nearly equal to 0.08)	0.16

\* This colour is being tested by the French Lighthouse Service

## 2 - DESIGN OF DAYMARKS

The design of daymarks does not depend only on the considerations described above; it depends primarily on the navigational rôle assigned to them. This point of view is outside the scope of this article and we shall assume that it has been the subject of a separate study, the results of which have been obtained. These will, in





conditions assez strictes d'emplacement, de domaine de visibilité, avec d'éventuelles prescriptions conventionnelles de forme et de coloration; d'autres restrictions s'introduisent si la marque doit être conjuguée avec d'autres marques (alignements par exemple) ou avec d'autres dispositifs d'aide à la navigation, feux utilisables de nuit principalement; l'aspect marque de jour de l'établissement est alors quelquefois secondaire ou accessoire.

## 2.1 - Emplacement

Bien que les conditions nautiques soient largement déterminantes pour le choix de l'emplacement, ce choix requiert quelquefois une étude difficile pour bien vérifier qu'aucun obstacle n'est susceptible d'occulter la marque dans toute la zone où elle doit jouer son rôle. Il importe que la partie utile de la marque soit dégagée des reliefs naturels, de la végétation, des constructions et aussi de la courbure de la terre. Des servitudes sont éventuellement à prévoir.

Un emplacement sur la ligne de crête est spécialement favorable car la détection et la reconnaissance sont très nettement améliorées si la marque se détache sur le ciel.

Mais il ne faut pas que cela conduise à trop éloigner la marque de la zone d'utilisation; une marque ne doit pas se révéler inopérante pendant une trop grande proportion du temps par suite d'une distance maximale d'utilisation correspondant à une visibilité météorologique réalisée pendant une proportion insuffisante du temps.

## 2.2 - Forme

**2.2.1** - Il faut distinguer si la marque doit être vue dans un large secteur ou spécialement au voisinage d'une direction particulière. Dans le premier cas, il convient que la marque présente sensiblement le même aspect dans toutes les directions et que sa forme soit donc sensiblement de révolution à axe vertical, ou polygonale régulière en plan. Dans le second cas il n'en est plus de même, mais d'autres conditions peuvent apparaître, dans le cas d'alignements par exemple.

**2.2.2** Divers impératifs conduisent en général à des formes élancées, hautes et étroites, spécialement dans le cas de marques à observer sur un large secteur.

- Le principal intérêt est souvent d'obtenir la portée géographique désirée au moindre prix de construction. Il y a avantage à donner au sommet de la marque une dimension latérale relativement importante: à hauteur dégagée égale, un phare avec galerie au sommet sera plus visible qu'un clocher effilé.
- La hauteur d'une marque permet encore de la dégager du relief de façon qu'elle se découpe sur le ciel, ce qui est susceptible d'améliorer considérablement sa visibilité, spécialement à contre-jour.

general, consist of somewhat strict conditions of siting and of the régime of visibility, with possible standardized specifications as to shape and colour. Other limitations will occur if the mark must be seen in conjunction with others (e.g. in leading lines) or with other aids to navigation, mainly lights for use by night; the daymark aspect of the installation is then sometimes secondary or auxiliary.

## 2.1 - Siting

Although nautical conditions are largely the determining ones in the choice of a site, this choice sometimes involves a difficult study to make sure that no obstacle can obscure the mark anywhere within the zone in which it is to be effective. The useful part of the mark must stand clear of natural relief features, vegetation, structures and the curvature of the earth. Controls may sometimes have to be imposed.

A site on the skyline is especially desirable, as detection and recognition are very much improved when the mark stands out against the sky.

These considerations must not, however, be allowed to result in siting the mark too far from the zone of utilization; a mark must not be ineffective for too great a proportion of the time because the range of utilization is greater than the prevailing meteorological visibility.

## 2.2 - Shape

**2.2.1** - A distinction must be drawn between the case in which the mark must be seen over a wide angle and that in which it is to be observed in the neighbourhood of a certain bearing. In the former case, the mark should show practically the same aspect in all directions and its shape should therefore be practically one surrounding a vertical axis, or it should have the form of a regular polygon in a plan view. In the latter case this requirement will not apply but other conditions may arise, e.g. in the case of leading marks.

**2.2.2** - Various requirements will in general lead to the use of slender, high and narrow shapes, especially for marks to be observed over a wide angle.

- The principal requirement is often the required geographical range at a minimum cost of construction. It is advantageous to make the top of the mark relatively wide: for the same clear height, a lighthouse with a gallery at the top will be more easily seen than a tapering steeple.
- The height of the mark also makes it possible to carry it up above the ground relief, so that it stands out against the sky; this greatly increases visibility, especially against the light.





- Un autre motif de donner aux marques une ligne élancée est la recherche d'une meilleure distinction avec les objets environnants.
- Les formes élancées ont encore l'avantage de faciliter les visées pour prises de relèvement; pour les levés de précision il peut être utile de placer au sommet de la marque un appendice ad hoc: boule, tige de paratonnerre, etc. . .

**2.2.3** - La forme de la marque n'est souvent perceptible que par son contour apparent, à contre-jour par exemple pour une marque se détachant sur le ciel; ce contour devra donc, si possible, posséder lui-même quelque trait caractéristique.

**2.2.4** - La forme des marques peut aussi être conçue pour créer des contrastes d'ombre et de lumière très favorables à la visibilité par temps clair, ceci dans le cas d'une marque de couleur blanche ou à la rigueur très claire. Très efficaces sur des tours rondes blanches, ces jeux de lumière sont exclus dans le cas de marques sombres ou ne présentant à l'observateur qu'une forme plane.

**2.3.5** - Mentionnons encore que la forme peut être déterminée par les règles de balisage, dans le cas de marques de chenal ou de danger isolé.

- Another reason for constructing marks with a slender form is that they are then more easily distinguished from surrounding objects.
- Slender forms have the additional advantage that they are easier to sight on when taking bearings; where these must be of high accuracy it may be useful to attach some special object to the top of the mark, such as a ball, a lightning conductor, etc. . .

**2.2.3** - The shape of the mark is often perceptible only by its apparent outline, e.g. in against-the-light conditions for a mark seen against the sky; this outline should therefore, where possible, have some characteristic feature.

**2.2.4** - The shapes of marks may also be chosen to cause such contrasts of light and shade as are very favourable to visibility in clear weather, as in the case of a white, or at least very light-coloured, mark. Though very effective on round white towers, the lighting effects are not possible for dark marks or those which show a flat surface to the observer.

**2.2.5** - It should also be mentioned that the shape may be determined by buoyage rules, in the case of channel marks, or isolated danger marks.

## **2.3 - Couleur**

### **2.3.1 - Leucie**

Une marque très claire, soit pratiquement blanche, pourra fournir les meilleures distances de visibilité par temps clair mais seulement avec un éclairage favorable, de face ou, à la rigueur, latéral. Elle sera mieux vue si elle se projette sur le contour apparent de la côte en général sombre. Elle risque d'être difficile à percevoir par temps couvert sur le ciel ou la mer au voisinage de l'horizon. En contre-jour elle apparaîtra sombre sur le ciel clair, ce qui a l'inconvénient de changer notablement son aspect; dans le contour apparent de la côte elle risque d'être peu visible. Une marque sombre, soit pratiquement noire ou en matériau naturel foncé, donnera toujours sur le ciel un bon contraste, sans toutefois assurer une portée égale à celle des marques blanches bien éclairées par le soleil. La marque ne changera pas d'aspect selon l'éclairage, mais sa visibilité sera problématique si elle se projette à l'intérieur du contour apparent de la côte souvent sombre, et cela spécialement en contre-jour.

Une leucie intermédiaire entre le très clair et le très foncé ne sera justifiée que par l'adoption d'une teinte.

### **2.3.2 - Teinte**

C'est un attribut précieux pour l'identification mais on ne peut y recourir que de façon limitée en signalisation, car

## **2.3 - Colour**

### **2.3.1 - Lightness**

A very light-coloured, practically white, mark may give better visibility ranges in clear weather but only when the lighting is favourable, i.e. frontal or, at worst, lateral. It will be seen best if it stands out against the apparent outline of a generally dark coast. It may be difficult to see in dull weather against sky or sea near the horizon. In against-the-light conditions, it will appear dark in contrast with the light sky, and this has the drawback of changing its aspects very considerably; there is a danger that it will be scarcely visible against the apparent outline of the coast. A mark which is dark, either practically black or of a dark-coloured natural material, always shows up well against the sky, but does not always give as great a range as a white one well lit by the sun. The mark does not change in aspect with change in illumination, but its visibility will be doubtful if it lies within the apparent outline of the coast, which is often dark, and especially so in against-the-light conditions.

A lightness intermediate between a very light and a very dark one is only justified if a special hue is required.

### **2.3.2 - Hue**

This is a valuable feature in identification, but it can only be used within limits for sea-marking, since hue





la reconnaissance de la teinte exige un bon éclairage. On devra s'arrêter à une gamme très limitée de teintes distinctes et assurer un compromis optimal de saturation et de leucie.

Seul le *rouge* est en fait largement utilisé en signalisation maritime: c'est la teinte identifiable le plus loin, elle est peu courante dans la nature et l'industrie fournit d'excellents coloris. La reconnaissance de la couleur rouge est nettement réduite en contre-jour en raison de la pauvreté de l'éclairage des ombres en radiations de grande longueur d'onde. Avec un facteur de luminance de 0,07 à 0,09, qui est celui des peintures rouges courantes, il y a le plus souvent confusion avec le noir en contre-jour; il convient d'adopter en balisage maritime un facteur de luminance de 0,13 à 0,14 (calculé avec les illuminants C ou D<sub>65</sub> de la C.I.E.) pour les peintures du type classique. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les revêtements luminescents; ces revêtements transforment en rouge les rayons de courte longueur d'onde du spectre visible qui sont en proportion notable dans les ombres; leur facteur de luminance apparent varie de 0,35 à 0,50.

On utilise encore, mais exceptionnellement, le *vert*, le *jaune*, le *bleu* et le *pourpre*. Le *vert* a l'inconvénient d'être la teinte de la végétation et le *bleu*, celle de la mer et du ciel par temps clair. En vision quasi ponctuelle le *vert* et le *bleu* ne sont pas distingués. L'industrie fournit des peintures bleues lumineuses et bien saturées; il n'en est pas de même pour le *vert*; seuls les *verts* luminescents paraissent satisfaisants pour le balisage, mais ces produits manqueraient de longévité. Le *jaune* n'est bien reconnu qu'encadré de noir et les *jaunes* luminescents sont à écarter en raison des risques de confusion avec le blanc. Le *pourpre* donne de bonnes oppositions mais il n'est pas lumineux et change d'aspect avec la température de couleur de l'éclairage, risquant de se confondre soit avec le rouge, soit avec le bleu.

### 2.3.3 - Marques unicolores

Le *noir* peut être utilisé seul chaque fois que la plus grande partie de la marque est toujours vue sur fond de ciel ou de mer.

Des marques complètement *blanches* seront bien visibles lorsqu'en très grande partie elles se détachent, en toutes circonstances, sur le fond sombre d'une côte et lorsque les situations de contre-jour ne sont pas extrêmes.

La couleur *rouge* utilisée seule convient pour les marques isolées en mer, mais elle n'est pas recommandable à terre sauf emploi de revêtements luminescents.

Les couleurs *verte*, *bleue* et *jaune* ne sont pas à utiliser seules; les bouées d'épave peintes complètement en *vert* sont très peu visibles.

### 2.3.4 - Marques bicolores

L'utilisation de marques bicolores permet de profiter des avantages complémentaires de deux couleurs - ce sera le

recognition calls for good illumination. We must restrict ourselves to a very small range of well-defined hues and provide an optimal compromise between saturation and lightness.

In practice, only *red* is extensively used for seamarks, because it can be identified at a greater range than any other, it is comparatively rare in nature and excellent paints are available on the market. Recognition of red is sharply reduced against the light because of the lack of long wavelength light in the shadows. With a luminance factor of 0.07 to 0.09, which is that of ordinary red paints, there is frequently confusion with black in against-the-light conditions and for seamarks it is better to adopt a luminance factor of 0.13 to 0.14 (calculated with C.I.E. illuminants C or D<sub>65</sub>) for paints of traditional type. The best results are obtained with luminescent coatings, which convert the radiations of short wavelength in the visible spectrum into red; these radiations are in good supply in the shadows. The apparent luminance factor of these coatings varies from 0.35 to 0.50.

*Green*, *yellow*, *blue* and *purple* are also used but only exceptionally. *Green* has the disadvantage of being the hue of vegetation, and *blue* that of the sea and of the sky in clear weather. In nearly point vision, *green* and *blue* cannot be distinguished from one another. Industry supplies well-saturated luminous *blue* paints, but this is not the case with *green*: only luminescent *greens* seem to be satisfactory for seamarks, though they may lack durability. *Yellow* is only recognized easily when framed in black, and luminescent *yellows* must not be used because of the danger of confusion with white. *Purple* gives good contrast but is not luminous and changes in aspect with the colour temperature of the lighting, with a danger of confusion either with red or with blue.

### 2.3.3 - Single-colour marks

*Black* can only be used alone when the greater part of the mark is always seen against sky or sea.

Completely *white* marks are clearly visible when the greater part of them stands out against the dark background of the coast in all circumstances, and when against-the-light conditions are not extreme.

*Red* used alone is suitable for isolated off-shore marks, but is not to be recommended for those on land unless luminescent coatings are used.

*Green*, *blue* and *yellow* must not be used alone; wreck buoys painted green all over are very hard to see.

### 2.3.4 - Two-colour marks

The use of two-colour marks enables advantage to be taken of the complementary effects of two colours, chiefly





plus souvent le blanc associé soit au noir soit au rouge – qui donnent de fortes oppositions de luminance ou de teinte; on peut encore envisager l'opposition noir-rouge luminescent.

L'inconvénient de la double coloration est que l'angle solide sous lequel apparaît chaque partie colorée n'est qu'une fraction de celui sous lequel apparaît l'ensemble de la marque; il y a lieu d'éviter les doubles colorations compliquées telles que damiers à nombreux carreaux, mires à traits parallèles ou chevrons nombreux qui donnent bien d'excellentes identifications à courte distance mais ne sont reconnaissables que d'assez près.

Les marques bicolores s'imposent si elles sont vues – selon les circonstances: relèvement, hauteur de marée, etc. – sur un arrière-plan alternativement clair ou sombre. Il convient d'assurer l'interprétation de la marque quelle que soit la couleur qui risque de se confondre avec l'arrière-plan. Sur fond clair la partie sombre est à placer à la partie supérieure ou sur le contour; sur fond sombre le blanc constituera l'encadrement.

## 2.4 – Cas particuliers des marques d'alignement

**2.4.1** – La visibilité des marques d'alignement obéit aux mêmes critères que celle des marques de jour classiques mais des particularités sont à considérer du fait que ces marques sont utilisées en association (par deux en général, exceptionnellement par trois), qu'elles sont quelquefois exclusivement utilisées au voisinage d'un relèvement déterminé et qu'elles doivent se prêter à la prise d'alignement avec plus ou moins grande précision.

**2.4.2** – En ce qui concerne leur association, il est indispensable que la marque antérieure n'occulte jamais la partie utile de la marque postérieure quelle que soit la position du navigateur sur le segment d'utilisation et la zone d'acquisition et quels que soient l'état de la marée et la hauteur de l'oeil de l'observateur dans les conditions habituelles d'exploitation. Ceci n'exclut pas toutefois qu'une partie basse de la marque postérieure soit occultée par la marque antérieure, du moment qu'une partie suffisante de la marque postérieure reste dégagée; on pourra souvent tolérer une occultation presque totale au point le plus rapproché du segment d'utilisation à marée basse.

**2.4.3** – Pour une bonne précision de l'alignement il convient, par contre, que l'écart de site entre les marques soit aussi faible que possible quelle que soit la position de l'observateur dans les limites précisées au précédent paragraphe.

Toutefois, lorsque les marques ont un «côté moyen» vu sous un angle inférieur à un milliradian, il y a avantage, pour la précision de l'alignement, à ce qu'elles ne se fon-

white in combination with black or with red, which gives strong contrasts of luminance or colour; a combination of black and luminescent red may also be considered.

The drawback of a two-colour system is that the solid angle subtended by each coloured part is only a fraction of that of the whole mark; complicated double colorations such as small checks, parallel lines or numerous chevrons which ensure very easy identification at short ranges, but are also only recognizable at short ranges, should be avoided.

Two-colour marks are essential if they are seen, according to circumstances of bearing, height of tide, etc. against a background which may be either light or dark. One must make sure that the mark will be identified, whichever colour is in danger of confusion with the background. With a light background, the dark portion should be in the upper part or on the outline; with a dark background the white part should form a frame for the dark portion.

## 2.4 – Special cases of leading marks

**2.4.1** – The visibility of leading marks obeys the same criteria as those applicable to ordinary seamarks, but special consideration is needed because these marks are viewed together (usually in pairs, sometimes in threes), because they are sometimes viewed only close to a given direction, and because they must be capable of being brought into alignment with a certain degree of accuracy.

**2.4.2** – As regards their use together, it is essential that the front mark should never obscure the useful part of the rear mark for any position of the navigator within the utilisation segment or the zone of acquisition or for any state of the tide or height of eye of the observer under normal conditions of use. This does not exclude, however, the possibility that a lower section of the rear mark may be hidden by the front mark, so long as a sufficiently large part of the rear mark can still be seen. It is often possible to accept almost total obscuration when observed from the nearest point of the utilization segment at low tide.

**2.4.3** – For good alignment accuracy, it is on the other hand necessary that the vertical angle between the marks should be as small as possible for any position of the observer within the limits described in the previous paragraph.

However, when the "mean side" of the marks subtends an angle of less than one milliradian there is an improvement in the alignment accuracy if they do not coalesce





dent pas en une image unique et donc de ménager entre elles un écart que l'on précisera à propos de la sensibilité de l'alignement.

**2.4.4** – Il faut encore éviter que, vues de l'alignement, les deux marques ne paraissent se confondre en une marque unique; le navigateur risque alors de ne plus savoir s'il est bien sur l'alignement ou s'il en est tellement éloigné qu'il ne voit plus une des marques.

**2.4.5** – Pour les marques qui ne servent que secondairement de marque d'alignement aucune condition de ressemblance ne s'impose. Au contraire, pour les marques conçues spécialement pour constituer un alignement de jour, il faut rechercher autant que possible une identité ou une complémentarité de forme et de couleur qui ne laissent aucun doute au navigateur quant aux deux marques à associer pour prendre l'alignement.

L'inversion systématique de couleur entre marques associées ne paraît pas à recommander; elle ne réalise pas toujours l'optimum pour la visibilité et la reconnaissance de la teinte; elle n'est pas toujours favorable à l'association des marques dans l'esprit du navigateur et peut amener des méprises dans certaines conditions d'éclairage et de fond.

**2.4.6 – Sensibilité** – Considérons le cas de marques de formes ramassées, vues au delà de la distance à laquelle on peut distinguer la forme. Il est logique d'admettre que la forme n'a pas d'influence notable sur la prise d'alignement.

Dans ce cas, si la visibilité est suffisamment assurée et lorsque le rapport  $\frac{X}{d}$  avec  $X$  en kilomètres et  $d$  en mètres

dépasse 1,3, l'écart de relèvement décelable devient uniquement fonction de l'écart de site et on a trouvé que l'écart-type  $\theta$  en milliradians du relèvement, lorsque l'observateur se croit sur l'alignement, s'exprime en fonction de l'écart de site  $\delta$  en milliradians par:

$$\theta = 0,06 + 0,02 \delta \quad \text{pour } 1 \leq \delta \leq 10 \text{ mrd}$$

Lorsque le rapport  $\frac{X}{d}$  est inférieur à 1,3, l'écart-type s'améliore et on peut obtenir des écarts-types de relèvement qui ne dépassent pas:

$$\theta = 0,04 + 0,0125 \delta \quad \text{pour } 1 < \delta < 15 \text{ mrd}$$

Ces formules indiquent qu'il faut réduire l'écart de site pour améliorer la sensibilité de l'alignement; c'est effectivement le cas lorsque  $X < 1,3 d$ . Par contre, lorsque  $X > 1,3 d$ , l'œil tend à fondre les deux images des mires si elles sont trop rapprochées; on a alors avantage à écarter les mires l'une de l'autre. Dans les cas étudiés – cercle, rectangle ayant une hauteur double de la longueur – l'optimum de sensibilité était réalisé par un écart entre mires égal à leur hauteur.

into a single image; therefore it is an advantage to arrange between them a separation which will be specified later when dealing with the alignment sensitivity.

**2.4.4** – It is necessary to ensure that, when viewed along the leading line, the two marks do not appear to coalesce into a single mark; in such a case the navigator may not know whether he is indeed on the line or whether he is so far off it that he cannot see one of the marks.

**2.4.5** – For marks which only serve incidentally as leading marks it is not necessary to require similarity of appearance. On the other hand where these marks have been designed expressly to form a leading line, they should have similar or complementary shapes and colours to show clearly to the navigator which two marks to associate in order to determine the line.

The regular use of complementary colours for associated marks is not to be recommended; it does not always give the best visibility or recognition of hue and it is not always a help to the navigator in associating the marks in his mind. It may even be misleading in some conditions of lighting and background.

**2.4.6 – Sensitivity** – Let us consider the case of marks of compact shape, seen at distances beyond that at which the shape can be recognized. It is logical to suppose that the shape has no important influence on alignment.

In this case, if the visibility is sufficiently good, and for a ratio  $\frac{X}{d}$  ( $X$  in kilometres and  $d$  in metres) exceeding 1,3,

the just discernible bearing difference becomes a function only of the vertical angle. It has been found that the RMS bearing difference  $\theta$  in milliradians when the observer considers himself to be on the line, may be expressed as a function of the vertical angle  $\delta$  in milliradians by:

$$\theta = 0,06 + 0,02 \delta \quad \text{for } 1 \leq \delta \leq 10 \text{ mrd}$$

When the ratio  $\frac{X}{d}$  is less than 1,3, the RMS bearing difference is improved and may not exceed

$$\theta = 0,04 + 0,0125 \delta \quad \text{for } 1 < \delta < 15 \text{ mrd}$$

These formulae suggest that it is necessary to reduce the vertical angle in order to improve the sensitivity of the line. This is indeed the case when  $X < 1,3 d$ . On the other hand when  $X > 1,3 d$  the eye tends to run the two target images into one if they are too close together; there is then an advantage in spacing the targets further apart. In the cases studied – a circle, or a rectangle of height twice its width – the greatest sensitivity is obtained for a separation equal to target height.





Pour des mires verticales très allongées on peut, dans une certaine mesure, profiter de l'«acuité vernier» mise en évidence par les physiologistes. Pour des mires rectangulaires de 5 mrd de hauteur apparente on a pu observer un écart-type des relèvements de 0,03 mrd environ lorsqu'elles sont à l'affleurement.

Rappelons ici que, tout au moins pour les alignements de feux, les navigateurs considèrent comme convenable un alignement dont la sensibilité est telle que la zone de cinq fois l'écart-type de relèvement est libre de dangers.

### 3 - LIMITATION DANS L'EMPLOI DES MARQUES DE JOUR - MOYENS D'Y REMÉDIER

Les marques de jour, comme toutes les aides à la navigation, ne présentent pas une sécurité totale. Dans bien des cas d'éclairage ou à grande distance on peut toutefois améliorer la perception par l'emploi de jumelles.

#### 3.1 - Emploi des jumelles

Les jumelles-types recommandables pour l'usage de jour, dites  $10 \times 50$ , ont un grossissement de 10 et un diamètre d'objectif de 50 mm. Des grossissements supérieurs ne sont pas recommandables en raison de la diminution du champ et de la gêne due aux mouvements du navire. Sur les navires de faibles dimensions où ces mouvements sont particulièrement sensibles, on pourra se contenter, pour l'usage de jour, de jumelles  $7 \times 50$  recommandées pour l'usage de nuit.

L'image vue aux jumelles présente une augmentation apparente des dimensions par rapport à l'objet dans le rapport du grossissement.

\* Lorsque la pupille de sortie des jumelles est inférieure ou égale à la pupille de l'œil\*, la luminance de l'image est affaiblie dans le rapport du coefficient de transparence de l'instrument et il s'y superpose une luminance parasite pouvant atteindre une fraction importante du produit de la luminance moyenne pénétrant dans les jumelles par le complément à l'unité du coefficient de transparence de l'instrument.

Le coefficient de transparence des jumelles à prismes est de l'ordre de 0,5 lorsque les surfaces optiques n'ont pas reçu de traitement «anti-reflets»; il peut atteindre et dépasser 0,8 avec le traitement anti-reflets.

\* Le cas d'égalité est sensiblement réalisé, le jour, pour les jumelles  $10 \times 50$ ; dans ce cas le diamètre commun est de l'ordre de 5 mm. Les jumelles  $7 \times 50$  ont, elles, une pupille de sortie de 7 mm de diamètre environ. La pupille de l'œil qui, la nuit, atteint sensiblement cette dimension n'a plus, le jour, qu'environ 5 mm de diamètre; il en résulte une perte de lumière un peu inférieure à la moitié.

For very elongated vertical targets, some advantage may be taken of the "alignment acuity" described by physiologists. For rectangular targets of 5 mrd apparent height, a RMS bearing difference of about 0.03 mrd has been found when they appear to be touching each other.

It may be noted here that, at least for leading lights, navigators consider as satisfactory a line for which the accuracy is such that no danger exists within a zone of width five times the RMS bearing difference.

### 3 - LIMITATIONS IN THE USE OF DAY-MARKS - REMEDIES

Like all aids to navigation, daymarks do not give complete safety. In many types of illumination, or at long range, perception can, however, be improved by the use of binoculars.

#### 3.1 - Use of binoculars

The type of binocular to be recommended for use by day, viz.  $10 \times 50$ , has a magnification of 10 and an object-glass diameter of 50 mm. Higher magnifications are not advisable because of the reduction in the size of the field and the difficulty in use caused by the movement of the ship. In small vessels, where this is particularly felt, it may be better to use  $7 \times 50$  binoculars, i.e. night glasses.

The image seen in binoculars shows an apparent increase in the dimensions of the object which is proportional to the magnification.

When the exit pupil of the binoculars is equal to or less than the pupil of the eye in size\* the luminance of the image is attenuated in the ratio of the coefficient of transparency of the instrument, and a parasitic luminance is imposed upon it, which may be a large fraction of the product of the mean luminance entering the binoculars and the complement to unity of the coefficient of transparency of the instrument.

The coefficient of transparency of prismatic binoculars is of the order of 0.5 when the optical surfaces have not been "bloomed"; with this treatment it may reach, or even exceed, 0.8.

\* With  $10 \times 50$  binoculars, in daytime, equality is almost attained, as in this case the common diameter is of the order of 5 mm.  $7 \times 50$  binoculars have exit pupils about 7 mm in diameter. The pupil of the eye, which approximately reaches this dimension at night, is only about 5 mm in diameter by day. This means a loss of light of little less than one-half.





Les jumelles sont particulièrement utiles de jour pour l'observation, par temps clair, d'objets présentant un bon contraste sur le fond mais vus sous de très petits angles, par exemple dans le cas d'un petit objet sombre se détachant sur le ciel ou d'inscriptions bien éclairées; dans de tels cas la distance de perception ou de reconnaissance peut être multipliée par un facteur voisin du grossissement de l'instrument.

Par contre, lorsque la difficulté de perception d'un objet provient non de ses faibles dimensions apparentes mais du peu de contraste qu'il présente sur le fond, l'usage des jumelles peut se révéler de faible intérêt; la perception peut même être détériorée par rapport à la vision à l'œil nu. Il peut en être ainsi par temps brumeux à la limite de visibilité. Un cas très défavorable est celui d'objets vus dans le contour apparent de la côte en situation de contre-jour. La luminance parasite qui provient du ciel très clair peut alors dépasser considérablement les luminances des objets; toutefois cet effet peut être dans une certaine mesure compensé par l'effet de grossissement qui éloigne les sources lumineuses éblouissantes, causes de la gêne, et par la stricte limitation du champ qui peut entraîner l'occultation de tout ou partie de ces sources.

Dans de telles circonstances l'utilité de l'instrument dépend principalement de la qualité du traitement anti-reflets qu'il a reçu; on devra donc, lors de l'achat de jumelles, se montrer très attentif à la qualité de ce traitement. On devra de même assurer une propreté rigoureuse des surfaces optiques car toute salissure, gouttes de pluie, etc., compromet la clarté de l'instrument en diminuant son coefficient de transparence.

### 3.2 - Cas de la brume

Les jumelles, malgré tout leur intérêt, ne peuvent donc reculer l'écran disposé à distance par la brume. Lorsqu'un amer est noyé dans la brume une trop forte proportion du temps il n'y a pas d'autre moyen que de jalonner au plus près le chenal ou l'obstacle par d'autres amers éventuellement moins faciles à utiliser, mais plus proches et donc plus souvent visibles.

### 3.3 - Dispositifs de contre-jour

Si la disparition des marques de jour dans la brume semble inéluctable, il ne paraît pas impossible de surmonter les difficultés de perception ressenties dans les conditions de contre-jour pour les marques incluses dans le contour apparent de la côte.

La lumière que reçoit la marque sur sa face éclairée peut en effet être utilisée par divers moyens pour illuminer sa face dans l'ombre. On peut obtenir ce résultat grâce à des dispositifs réfléchissants ou réfringents. Un essai de dispositif à réflexion diffuse en vraie grandeur a été effectué sur le littoral méditerranéen; on avait adopté le

Binoculars are especially useful in day time for the observation in clear weather of objects contrasting well with the background but seen over a very small angle, e.g. in the case of a small dark object against the sky, or that of well lighted inscriptions. In such cases the perception or recognition range may be multiplied by a factor nearly equal to the magnification of the instrument.

On the contrary, when the difficulty of perceiving an object arises not from its small apparent size but from the lack of contrast which it shows with the background the use of binoculars may be of little value; perception may even be worse than with the naked eye. The same may occur in foggy weather at the limit of visibility. A very unfavourable case is that of objects seen against the light and below the apparent outline of the coast. The scattered luminance derived from a very light sky may then considerably exceed the luminance of the object, though this may be to some extent compensated by the effect of magnification, which makes the glare sources responsible for the trouble appear more remote, and by the close limitation of the field of view, which may conceal all or part of such sources from view.

In such circumstances, the utility of the instrument depends mainly on the quality of the anti-dazzle treatment which has been applied to it, and this should therefore be the subject of close attention when buying binoculars. The cleanliness of the optical surfaces should be carefully ensured, since any dirt, raindrops, etc., reduce the clarity of the glasses by lowering their coefficient of transparency.

### 3.2 - Fog conditions

Despite their advantages, binoculars cannot reduce the effect of fog at long ranges. When a mark is wreathed in fog for too great a proportion of the time, there is nothing to do but to approach the channel or the obstacle as closely as possible by means of other marks which may be more difficult to utilize but are nearer and therefore more often visible.

### 3.3 - Devices using back-lighting

While there seems to be no prospect of preventing day-marks being obscured by fog, it does not appear to be impossible to overcome the difficulty of perception experienced when marks lying below the apparent outline of the coast are seen against the light.

The light which the mark receives on its illuminated face may in fact be utilized by various methods to light the face which is in the shadow. This result may be obtained by the use of reflecting or refracting devices. A full-scale test was made on a diffuse-reflection device on the Mediterranean coast, in which the principle of a central bar



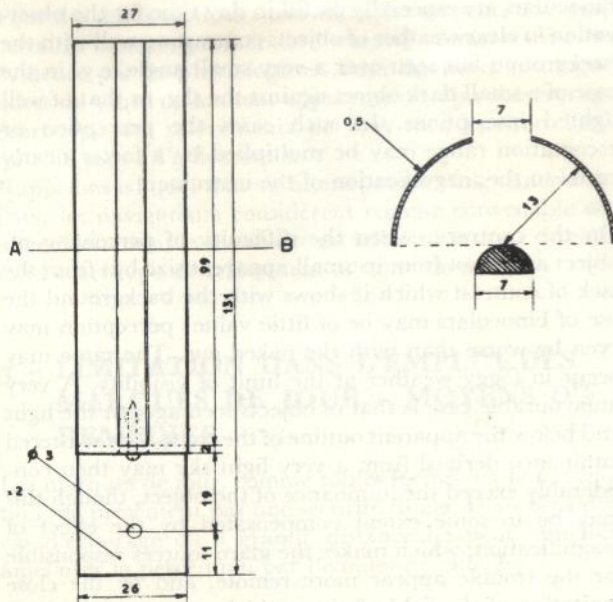


Fig. 11 - Modèle réduit d'amer à tige centrale.  
Model of a daymark with central bar.

24

principe de la tige centrale éclairée par des volets latéraux (Fig. 11). L'effet d'éclairage obtenu est excellent si le soleil n'est pas trop proche de la marque; il est bien moins satisfaisant si le soleil est tout proche car la luminance du ciel au voisinage du soleil est très supérieure à la moyenne des luminances du ciel qui éclairent la marque. Pour de très faibles distances angulaires avec le soleil la solution est de recourir soit à la réflexion spéculaire, soit à la réfringence de façon que la surface de l'amer vue à contre-jour présente une luminance empruntée à une partie voisine du ciel située immédiatement au-dessus; si cette partie devient très lumineuse, la luminance de l'amer augmente d'autant et sa visibilité auprès des parties voisines très lumineuses se maintient en valeur relative. On peut imaginer, pour réaliser la condition ainsi posée, des dispositifs très divers; parmi les plus simples, et sans doute les plus efficaces, on peut proposer l'amer à persiennes à faces réfléchissantes inclinées d'environ  $45^\circ$  sur l'horizontale, mais avec une ouverture de quelques degrés entre faces opposées pour relever le rayon lumineux au passage. Le dispositif équivalent utilisant la réfringence est le panneau de contre-jour (Fig. 12) à prismes multiples de petit angle et arêtes horizontales inférieures. Ce dernier dispositif a été appliqué pour la première fois à Portsal (Finistère) sur l'amer antérieur de l'alignement de Croix-Reun (Fig. 13).

illuminated by lateral reflectors was adopted (Fig. 11). The lighting effect obtained is excellent if the direction of the sun is not too close to that of the mark. It is much less satisfactory if the direction of the sun is very close, since the sky luminance in directions close to that of the sun is very much greater than the mean sky luminance lighting up the mark.

For very small angular deviations from the sun's direction, the solution is to resort either to specular reflection or to refraction, so that the surface of the mark seen against the light shows a luminance derived from a near-by region of the sky situated immediately above. If this region becomes highly luminous, the luminance of the mark increases correspondingly and its visibility with respect to very luminous adjacent parts is maintained at the same relative value. A great variety of means can be devised to produce this effect; among the simplest, and certainly the most effective, is a mark with shutters having reflecting faces inclined at about  $45^\circ$  to the horizontal, but with an opening of few degrees between the opposite faces to deviate the ray of light upwards. The equivalent refracting device is the back-lighting panel (Fig. 12), with many prisms of small angle with horizontal lower apices. This latter device was used for the first time at Portsal (Finistère) on the front mark of the Croix-Reun leading line (Fig. 13).

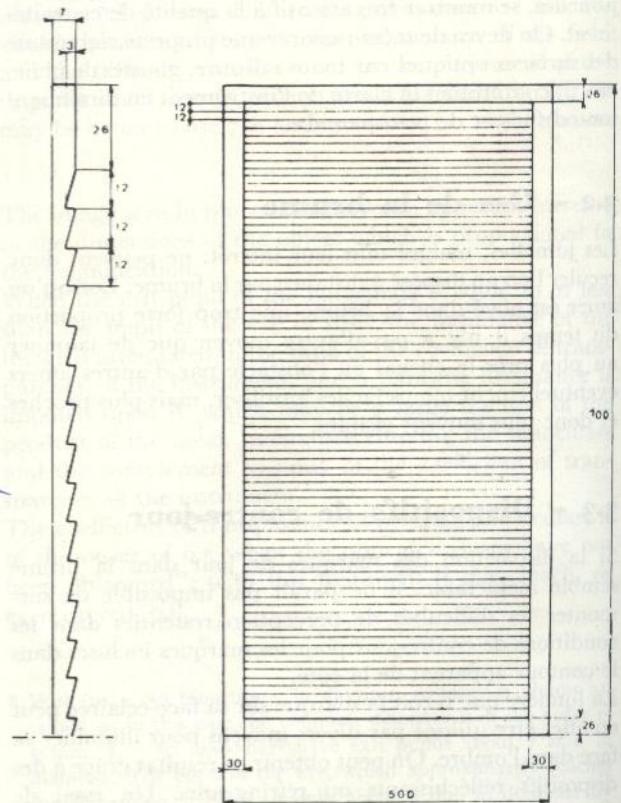


Fig. 12 - Panneau de contre-jour.  
Backlighting panel.



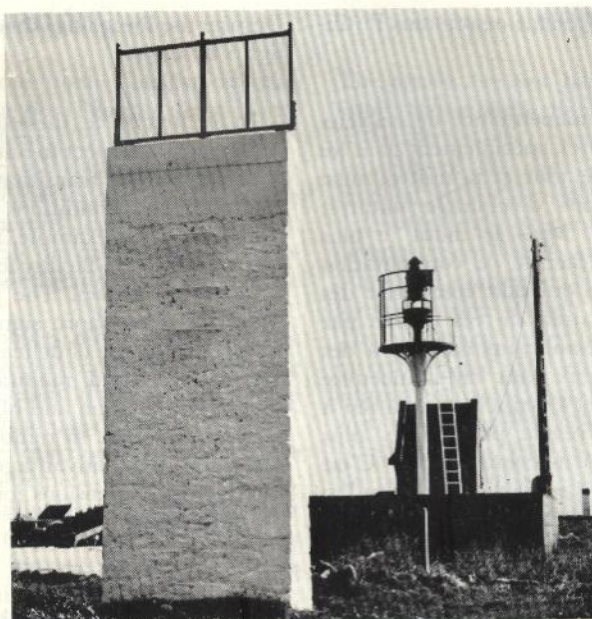


Fig. 13

Amer avec panneaux de contre-jour.  
(Amer antérieur de Croix-Reun à Portsall, Finistère).

Fig. 13

Daymark with back-lighting panels.  
(Croix-Reun front mark at Portsall, Finistère).

### 3.4 - Emploi des feux de jour

Il reste, malgré ces perfectionnements, que l'irrégularité de l'éclairage naturel peut encore être suppléée par l'éclairage artificiel.

Il y a toujours une difficulté majeure; c'est que la portée des feux qui, la nuit, peut être importante, même pour des intensités lumineuses modestes, se trouve considérablement réduite par le haut niveau d'éclairage naturel que dispense le soleil (voir Tableau V).

TABLEAU V

Ordres de grandeur de la portée des feux de jour dans différentes conditions diurnes comparée à la portée de nuit

(Visibilité météorologique: 10 milles)

Intensité Lumineuse (cd)	Portée en kilomètres			
	de nuit	de jour <sup>1</sup>	de jour <sup>2</sup>	de jour <sup>3</sup>
100	9,8	2,5	1,0	0,34
1 000	17	5,8	2,6	1,05
10 000	26	12	6,2	2,7
100 000	36	19,2	12	6,3
1 000 000	46	27	20	12
10 000 000	58	39	27	20

Légende:

<sup>1</sup> Fond de 100 cd/m<sup>2</sup> : temps couvert très sombre

<sup>2</sup> Fond de 1 000 cd/m<sup>2</sup> : temps couvert moyen et feux visibles sur la côte par temps clair.

<sup>3</sup> Fond de 10.000 cd/m<sup>2</sup> : ciel lumineux.

### 3.4 - Use of lights by day

Despite these improvements, there is still the possibility that the irregularity of natural lighting may be supplemented by artificial lighting.

There is one major difficulty, namely that the range of a light, which may be large at night, even with moderate luminous intensities, is considerably reduced by the high level of natural illumination from the sun (see Table V).

TABLE V

Orders of magnitude of range of lights by day in day-time conditions, compared with the range by night.

(Meteorological visibility: 10 miles)

Luminous Intensity (cd)	Range in kilometres			
	Night	Day <sup>1</sup>	Day <sup>2</sup>	Day <sup>3</sup>
100	9,8	2,5	1,0	0,34
1 000	17	5,8	2,6	1,05
10 000	26	12	6,2	2,7
100 000	36	19,2	12	6,3
1 000 000	46	27	20	12
10 000 000	58	39	27	20

Notes:

<sup>1</sup> Background 100 cd/m<sup>2</sup>: overcast, very dark weather

<sup>2</sup> Background 1,000 cd/m<sup>2</sup>: moderate cloud cover, and lights visible on the coast in clear weather

<sup>3</sup> Background 10,000 cd/m<sup>2</sup>: bright sky.





Malgré cela diverses raisons appellent néanmoins l'utilisation des feux de jour.

- C'est d'abord une certaine indépendance de ces feux par rapport à l'éclairage naturel, spécialement dans les périodes de transition entre le jour et la nuit et aussi dans de mauvaises conditions d'éclairage naturel: voies urbaines par exemple. Mais le motif le plus impérieux est sans doute la facilité de commutation pour un signal d'exploitation qui doit comporter des phases successives. La réalisation de ces phases par voyants mobiles toujours encombrants conduit à des mécanismes fragiles et coûteux tant en manœuvre qu'en entretien. L'allumage et l'extinction d'un feu à incandescence électrique se révèle plus fiable, plus économique et plus facile à télécommander. C'est d'autant plus avantageux qu'il suffit de donner au feu des dimensions modestes pour le rendre visible s'il brille d'un éclat suffisant.

- Il y a encore pour les mâts de signaux à feux une bien plus grande liberté d'implantation que pour les mâts de signaux sémaphoriques à voyants qui n'ont leur pleine efficacité que s'ils se détachent sur le ciel.

26

- Notons enfin, et c'est peut-être souvent un critère décisif, qu'une signalisation à feux est aussi utilisable de nuit.

Pour obvier dans une certaine mesure à l'insuffisance de portée, les feux utilisés de jour à petite et moyenne distances sont en général entourés d'écrans noirs. On ne peut en attendre que des augmentations de portée dans l'ensemble modestes; ils sont toutefois spécialement utiles dans les applications à courte distance où leur diamètre angulaire peut être appréciable pour des encombrements encore acceptables. On peut espérer, semble-t-il, réaliser la même portée pour des intensités lumineuses diminuées de dix fois à courte distance et de trois fois environ à moyenne distance.

L'utilité des écrans peut dépasser le simple abaissement du seuil de visibilité; ils constituent en effet par eux-mêmes une marque facilitant la détection et l'identification du feu ou du groupe de feux associés dans une signalisation. A cet égard ils peuvent être pleinement justifiés bien que leur coût puisse ne pas être amortissable par la seule diminution d'intensité qu'ils permettent pour une portée donnée.

Pour les feux de jour utilisables à grande distance l'emploi d'écrans devient anti-économique; le coût de construction d'écrans de grande taille est en effet prohibitif et il est moins cher d'augmenter l'intensité lumineuse.

Despite the foregoing, there are various reasons for using lights by day.

- In the first place, these lights have a degree of independence with respect to natural lighting, especially during the periods of transition between day and night, and also in bad conditions of natural lighting, on town highways, for example. But the most important reason is certainly the facility for switching a signal to exhibit successive phases. The production of such phases by moving semaphore signals, which are always bulky, calls for the use of delicate mechanisms which are costly to operate and maintain. An incandescent electric light switched on and off is more reliable, cheaper and easier to adapt to remote control. Moreover, there is the additional advantage that the light need only be of moderate dimensions for it to be visible if the flash is bright enough.

- Another advantage is that masts carrying lights offer much greater scope in regard to siting than semaphore-signal masts, which are only fully effective when they can be made to stand out against the sky.

- Finally, and this may often be a determining feature, a light can be also used by night.

To overcome the problem of short range to some extent, lights shown by day are usually surrounded by black screens. Generally, only small increases in range may be expected from these screens; they are, however, useful for short range applications, where their angular diameter may be appreciable while still remaining within acceptable limits of overall screen size. It appears that we may expect to obtain the same range with luminous intensities ten times less at short range, and about three times less at middle range.

The use of screens may do more than merely lower the threshold of visibility; they form in themselves a mark which facilitates the detection and identification of the light or group of associated lights in a seamark. In this respect they may be fully justified even if their cost cannot be compensated by the mere reduction of intensity which they offer for a given range.

For day lights to be viewed at great distances the use of screens becomes uneconomical; the cost of construction of the very large screens is indeed prohibitive. It is less costly to increase the luminous intensity of the light.





## CONCLUSION

Le précédent exposé n'a pu que donner un rapide aperçu des multiples problèmes que pose l'emploi des marques de jour en signalisation maritime.

Malgré une complexité réelle, qui a fait reculer bien des chercheurs, on a pu mettre en évidence un faisceau de circonstances favorables permettant, dans les cas simples, une évaluation numérique facile des distances de visibilité et même des distances de reconnaissance de la forme et de la couleur.

Les valeurs numériques proposées n'ont encore que le support d'une expérience limitée; nous souhaitons que les ajustages nécessaires résultent d'une confrontation plus généralisée avec les observations directes.

On pourra peut-être regretter que l'on ne propose pas de types de marques particulièrement recommandables. C'est intentionnellement que nous nous sommes abstenus sur ce point; d'une part les conditions d'adaptation au site sont souvent si variées et impérieuses qu'aucun type de marque ne peut les satisfaire en toutes circonstances; d'autre part il faut éviter la généralisation de types normalisés de marques susceptibles de créer de dangereuses confusions.

## CONCLUSION

The above account has been able to give only a brief appreciation of the many problems arising from the use of daymarks as aids to marine navigation.

In spite of the very real complications, which have repelled many investigators, it has been possible to demonstrate the existence of a combination of favourable circumstances which permit, in simple cases, an easy numerical evaluation of visual ranges and even of ranges for recognition of form and colour.

The numerical values proposed are at present supported by only limited experimentations; we hope that necessary adjustments may result from a more general comparison with direct observations.

It may perhaps be regretted that no proposals are made for particularly recommended types of marks. It is by design that we have refrained from this: on the one hand, the particular conditions to be met at the site are often so varied and so significant that no type of mark could satisfy them in all circumstances; on the other hand, one should avoid generalising about standardized types of marks in such a way as to create dangerous confusions.

## BIBLIOGRAPHIE – BIBLIOGRAPHY

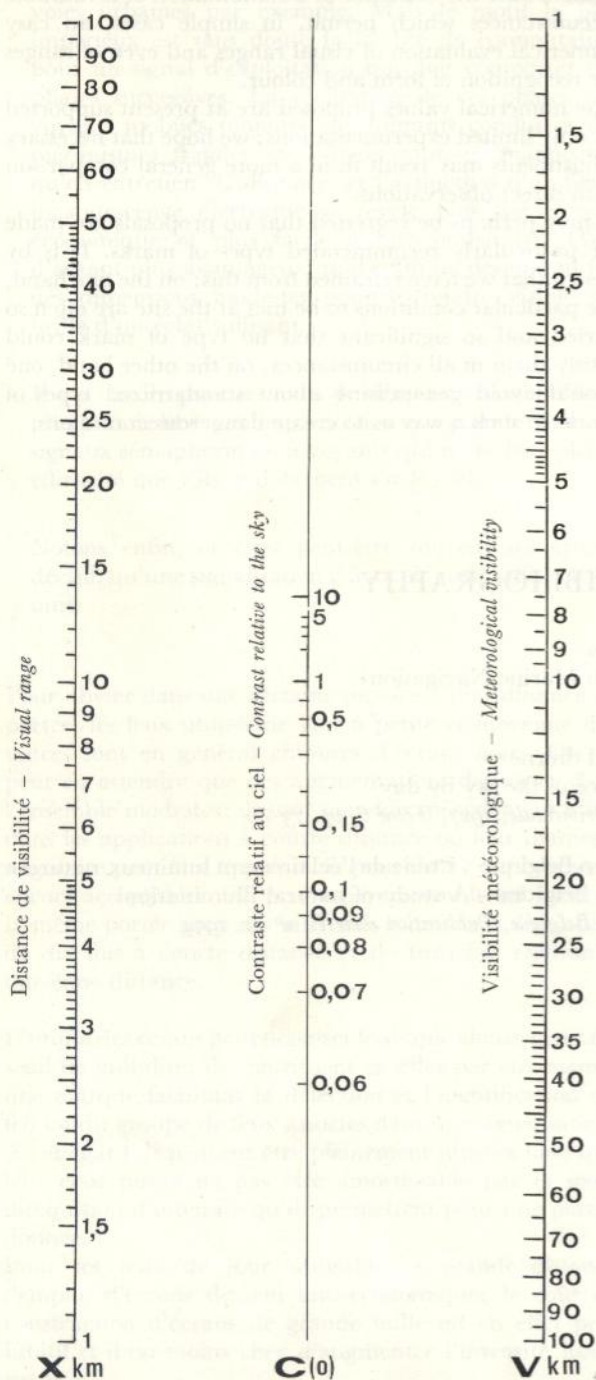
- [1] RIBIÈRE CH. «Phares et Signaux maritimes»  
(Lighthouses and other Aids to Marine Navigation)  
*Octave Doin, Paris 1908*
- [2] PEYRE J. «Mesure de la brillance du ciel diurne»  
(Measurement of the luminance of the sky by day)  
*Revue d'Optique théorique et expérimentale, 1927, Tome 6, pp. 73-80*
- [3] DOGNAUX R. «Ensoleillement et orientation en Belgique – Etude de l'éclairement lumineux naturel»  
(Insolation and orientation in Belgium – A study of natural illumination)  
*Institut Royal Météorologique de Belgique, Publication série B, n° 12, 1954*



## ANNEXE I – APPENDIX I

### Abaque à points alignés pour le calcul des distances de visibilité des marques de jour vues sous un grand angle

#### Nomogram for the calculation of visual ranges of daymarks subtending a large angle



**X et V** en même unité de longueur

**X and V** are expressed in the same units of lengths

#### Emploi de l'abaque:

Joindre par une droite les points correspondants aux valeurs connues; l'intersection avec la troisième échelle donne l'inconnue.

#### Use of the nomogram:

Draw a straight line through the points corresponding to the values of the two known quantities; the intersection of this line with the third scale gives the values of the unknown quantity.

**Validité:**  $X \text{ (km)} \leq d \text{ (m)}$

**d** étant le "côté moyen" de la surface élémentaire

**Range of validity:**  $X \text{ (km)} \leq d \text{ (m)}$

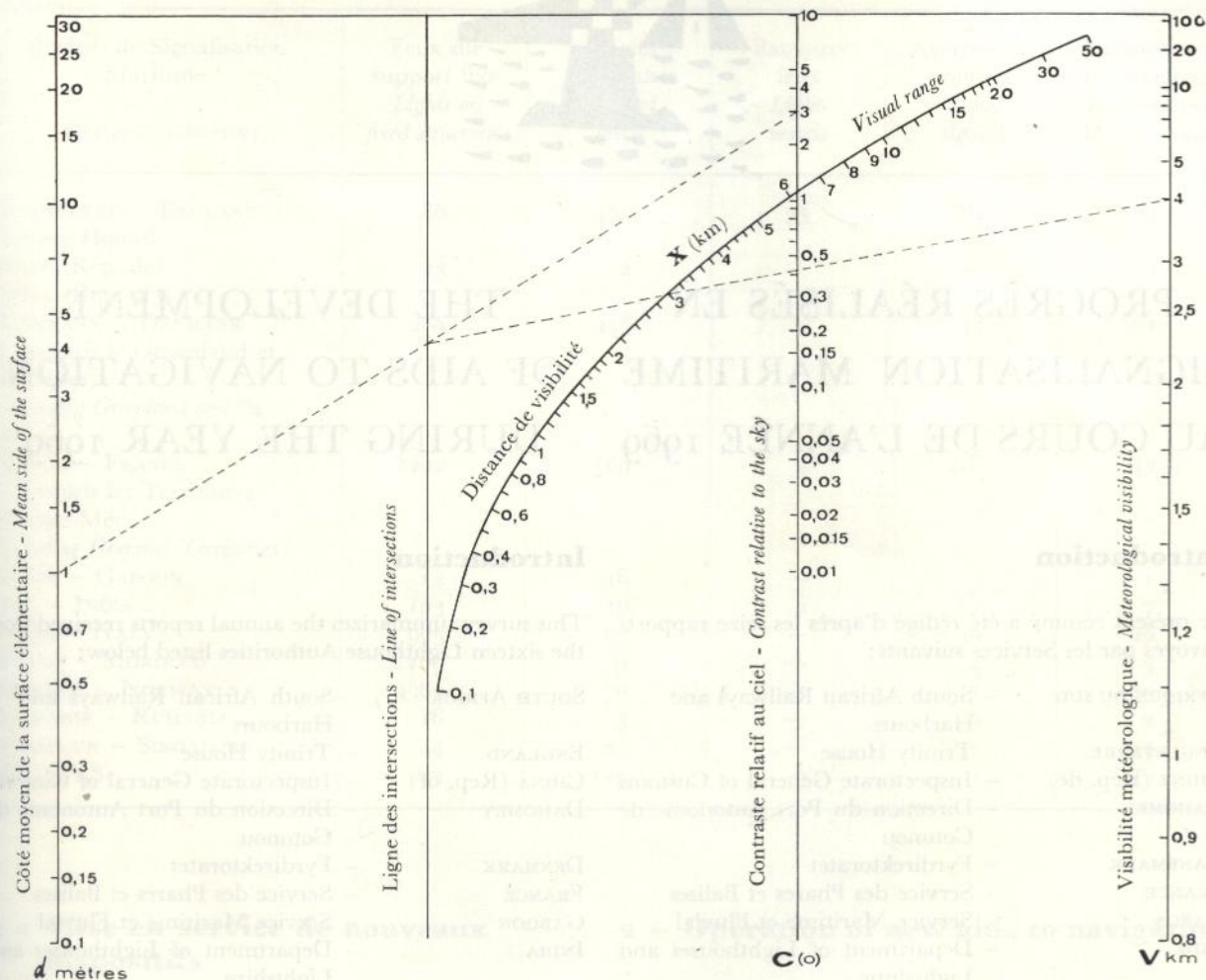
**d** is the "mean side" of the element of surface



## ANNEXE II - APPENDIX II

### Abaque à points alignés pour le calcul des distances de visibilité des marques de jour

#### Nomogram for the calculation of visual ranges of daymarks



#### Emploi de l'abaque:

Joindre respectivement les points des échelles **d** et **C** et les points des échelles **V** et **X**. Les deux droites obtenues se coupent sur la ligne des intersections.

Validité:  $X \text{ (km)} \geq d \text{ (m)}$

Exemple: Côté moyen **d**: 1 m  
Contraste **C(o)**: 3  
Visibilité météorologique **V**: 4 km  
Distance de visibilité **X**: 3 km

#### Use of the nomogram:

Draw a straight line through the points on scales **d** and **C** and another through the points on scales **V** and **X**. The two lines must cross on the line of intersections.

Range of validity:  $X \text{ (km)} \geq d \text{ (m)}$

Exemple: "Mean side" **d**: 1 m  
Contrast **C(o)**: 3  
Meteorological visibility **V**: 4 km  
Visual range **X**: 3 km