

Guide AISM

N°1094

Sur

Les Marques de jour comme Aide à la Navigation

Édition 1

Octobre 2012

Traduction avril 2013



10, rue des Gaudines
78100 Saint Germain en Laye, France
Telephone: +33 1 34 51 70 01 Fax: +33 1 34 51 82 05
e-mail: contact@iala-aism.org Internet: www.iala-aism.org

Historique des versions du document

L'historique des versions du document doit être noté dans le tableau suivant avant toute mise en circulation du document révisé.

Date	Page / Section révisée	Commentaires
Décembre 2012	Validation du document par l'AIMS	
Avril 2013	Traduction en français par le CETMEF/Pôle Equipements	
Août 2013	Correction par CETMEF/Mission Affaires Nautiques	

Table des matières

HISTORIQUE DES VERSIONS DU DOCUMENT	1
TABLE DES MATIERES	3
INDEX DES ILLUSTRATIONS	5
INDEX DES TABLEAUX	6
1 INTRODUCTION	7
2 PORTÉE DU DOCUMENT	7
3 DÉFINITIONS	8
4 PRINCIPES DE BASE	8
4.1 Degré de perception et portée	8
4.2 Processus de transmission de l'information	9
4.3 But	10
5 MARQUE DE JOUR – L'ÉMISSION DU SIGNAL	10
5.1 Profil	10
5.1.1 Marque de jour plane	11
5.1.2 Les marques de jour compactes	11
5.1.3 Panneaux croisés	12
5.1.4 Construction charpentée	12
5.1.5 Comparaison des différents profils 3D	13
5.2 Luminance de l'objet	14
5.3 Couleur de surface	14
5.3.1 Spécification	14
5.3.2 Vieillessement de la couleur	17
5.3.3 Films rétro réfléchissants	17
5.4 Taille	18
5.5 Combinaison de couleurs	18
6 CONDITIONS DE VISIBILITÉ	19
6.1 Portée géographique	19
6.2 Visibilité météorologique	20
6.3 Loi de Koschmieder	21
6.4 Arrière-plan	22
6.4.1 Ciel d'arrière-plan	23
6.4.2 Cas où le soleil se situe derrière la marque de jour (contre-jour, à l'aube et au crépuscule):	23
6.4.3 Plan d'eau d'arrière-plan	23
6.4.4 Arrière-plan de rivage	23
7 L'OBSERVATEUR – LE RÉCEPTEUR DE L'INFORMATION	24
7.1 Résolution de l'œil et les angles principaux	24
7.2 Marques de jour non uniformes	24
7.3 Reconnaissance de forme	26

7.4	Contraste minimum	27
7.5	Reconnaissance des couleurs	27
8	CONCEPTION D'UNE MARQUE DE JOUR	29
8.1	Aides flottantes	29
8.1.1	Profil tridimensionnel	29
8.1.2	Couleur	29
8.1.3	Taille des bouées d'une seule couleur	29
8.1.4	Bouées cardinales	30
8.1.5	Marques d'eau saine et de nouveau danger	32
8.1.6	Obstructions visuelles par les équipements	32
8.1.7	Panneaux solaires	33
8.1.8	Voyants	34
8.2	Aides fixes	37
8.2.1	Phares	37
8.2.2	Autres considérations sur les structures utilisées comme marques de jour	40
8.2.3	Marques de jour de couleur blanche	41
8.2.4	Marques de jour d'alignement	42
8.2.5	Signalisation des ponts	43
8.2.6	Conception des pictogrammes	44
8.3	Méthodologie de conception	45
8.4	Limitations et facteurs de service	46
8.4.1	Structure porteuse	46
8.4.2	Décoloration	46
8.4.3	Déjections d'oiseaux	46
8.4.4	Conditions environnementales locales	47
8.5	Exemples d'application	47
	RÉFÉRENCES	53
	ANNEXES	54

Index des illustrations

Figure 1	processus de transmission de l'information	10
Figure 2	Perception d'un objet étendu	10
Figure 3	Marque de jour plane et angle entre la normale à la surface et la direction d'observation	11
Figure 4	Forme projetée	11
Figure 5	Profils à symétrie de rotation	12
Figure 6	Profils avec des panneaux croisés	12
Figure 7	Construction charpentée similaire aux panneaux croisés	13
Figure 8	Bouée latérale en construction charpentée	13
Figure 9	Diagramme de chromaticité standard CIE	15
Figure 10	Application typique d'un film rétro réfléchissant sur une bouée	17
Figure 11	Dimension latérale et portée d'une marque de jour	18
Figure 12	Marques de jour unicolores et multicolores	19
Figure 13	Illustration simplifiée de la dispersion de la lumière par l'atmosphère	21
Figure 14	Ciel d'arrière-plan	23
Figure 15	Plan d'eau d'arrière-plan	23
Figure 16	Influence de l'angle de vision avec différentes marques de jour	25
Figure 17	Marque de jour directement éclairée (panneau, cône, panneaux croisés)	25
Figure 18	Reconnaissance de formes simples	26
Figure 19	Bouées avec ailes dessinant la silhouette en rapport avec le type de marque	30
Figure 20	Bouées cardinales	30
Figure 21	Meilleure conception de bouée optimisant la performance visuelle	31
Figure 22	Corps de base et superstructure	31
Figure 23	Comparaison entre ancienne et nouvelle génération de bouée	31
Figure 24	Arrangement de bandes verticales utilisées pour des bouées de marques d'eaux saines	32
Figure 25	Exemple de marque d'eaux saines avec des ailes additionnelles	32
Figure 26	Équipements additionnels sur une bouée	33
Figure 27	Conflit de perception entre marque cardinale et panneaux solaires	33
Figure 28	Exemple de bouée cardinale optimisée	34
Figure 29	Implantation des panneaux solaires sur une marque d'eau saine	34
Figure 30	Proportions des voyants	36
Figure 31	Exemple de structure porteuse utilisée comme marque de jour	37
Figure 32	Exemple d'utilisation de bandes horizontales rouges et blanches	38
Figure 33	Utilisation de motif en losange pour une conception de marque de jour sur un phare	38
Figure 34	Autres couleurs possibles pour la marque de jour d'un phare	39
Figure 35	Peinture blanche augmentant le contraste d'une marque de jour latérale fixe	40
Figure 36	Influence de la position du soleil sur la reconnaissance des couleurs et la reconnaissance de forme	41
Figure 37	Exemple d'une aide fixe à la navigation utilisant des ailes additionnelles unidirectionnelles	41
Figure 38	Marques de jour blanches sur le rivage	42
Figure 39	Géométrie d'un panneau d'alignement	43
Figure 40	Marques de jour définies par la recommandation AISM O-113	43

Figure 41	Conception de marque de jour à préférer	44
Figure 42	Signal : meilleur endroit pour passage	44
Figure 43	Flèches de direction	44
Figure 44	Résultat de conception de la bouée pour l'exemple 1	48
Figure 45	Résultat de la conception de la bouée pour l'exemple 2	49
Figure 46	Résultat de la conception de la tourelle pour l'exemple 3	50
Figure 47	Résultat de la conception de la bouée pour l'exemple 4 (unités : mm)	51
Figure 48	Résultat de la conception de la marque de jour pour l'exemple 5	52
Figure 49	Distribution de la luminance du ciel observé dans la mer Baltique (2003)	55
Figure 50	Distribution de la luminance de l'eau observée dans la mer Baltique (2003)	55
Figure 51	Modèle simplifié de l'œil	56
Figure 52	Modèle simplifié de la fovéa	57
Figure 53	Cônes stimulés par des formes simples	57
Figure 54	Théorie de Blaise	58
Figure 55	Marques de jour canadiennes standardisées	59
Figure 56	Dimensions des marques de jour canadiennes	59

Index des tableaux

Table 1	Comparaison des profils	14
Table 2	Valeurs du facteur de luminance β et numéro d'échantillon recommandé avec l'utilisation des nuanciers	16
Table 3	Portée géographique en mille nautique (M)	20
Table 4	Réflectance de différents sols	24
Table 5	Portée et angles de vision minimum de différentes organisations	26
Table 6	Portées des marques de jour	27
Table 7	Dimensions d'un panneau d'alignement et portée en kilomètre	43
Table 8	Dimensions à adopter en fonction de la portée	59

Guide n° 1094 sur les marques de jour comme aide à la navigation – édition 1

1 INTRODUCTION

Il est souvent considéré que la construction d'un établissement de signalisation maritime consiste à installer un projecteur sur un support sans prendre le soin d'étudier préalablement la portée, la couleur et les autres caractéristiques de la marque de jour.

Pourtant, il ne faut pas oublier que la majeure partie du trafic maritime se fait en journée et que la marque de jour doit être identifiée clairement par les navigateurs à une certaine distance sans ambiguïté.

Les documents existants de l'AISM donnent des éléments sur le dimensionnement des marques de jour, mais fournissent peu de renseignements sur la distance à laquelle celles-ci peuvent être efficacement détectées, reconnues et identifiées.

Ce guide propose une vue d'ensemble des principaux facteurs qui affectent l'évidence des marques de jour comme aides à la navigation maritime. Il donne aussi quelques éléments pour concevoir de manière optimale une marque de jour sous l'angle de la perception visuelle.

Étant entendu l'importance des côtés technique et financier de tout projet d'infrastructure, il convient de souligner que ce qui est présenté ici doit être vu comme un but à atteindre et non une fin en soi.

Remarque :

Ce guide contient beaucoup de photos et d'illustrations. Les limites dans la représentation des couleurs par les écrans d'ordinateurs ou par les imprimantes font que ces images ne sont pas totalement représentatives de la réalité. Il est donc demandé de ne pas utiliser ces représentations pour des tests visuels ou pour l'estimation des performances de visibilité des marques de jour.

2 PORTÉE DU DOCUMENT

Ce document s'applique à toutes les aides à la navigation telles que définies par le système de balisage maritime de l'AISM. Le guide ne s'applique pas aux signaux lumineux, aux lettres et aux autres signalétiques utilisés comme aide à la navigation de jour.

Pour plus d'informations sur les feux de signalisation maritime de jour, se référer aux recommandations AISM de la série 200 [7].

Pour plus d'informations sur les lettres et la signalétique pour un usage de signalisation maritime, se référer à la présentation de la conférence AISM de 1990 [4].

Les structures utilisées comme marques de jour de signalisation maritime doivent s'efforcer d'être conformes avec le système de balisage défini par l'AISM et le présent guide.

Pour les autres structures se situant dans un voisinage proche de l'espace maritime, il faut veiller à éviter tout conflit avec les marques de signalisation maritime telles que définies par l'AISM.

3 DÉFINITIONS

Les termes suivants sont définis par le dictionnaire de l'AISM :

2-6-030 Marque de jour

Marque de navigation sans feu de signalisation maritime.

D'autres descriptions : 'balises non éclairées' ou 'balise de jour'.

Remarque : on trouve aussi en France le terme 'aide passive'.

Exemples : forme ou couleur d'une bouée, structure d'un phare ou d'une tourelle.

2-6-255 : Voyant

Un voyant est un objet relativement petit de forme et de couleur caractéristiques, placé sur la partie supérieure d'une marque de navigation, permettant de l'identifier.

4 PRINCIPES DE BASE

Le but est de fournir une signalisation de jour, en accord avec le système de balisage maritime de l'AISM, qui pourra être facilement identifiée à une distance déterminée et selon un arrière-plan et une luminosité donnée.

Ceci implique que le navigateur identifie la forme, la couleur ou la combinaison de couleurs de la marque de jour.

La portée visuelle à laquelle doit satisfaire la marque de jour doit être déterminée par l'autorité compétente en fonction du besoin nautique.

La portée visuelle de la marque de jour n'est pas nécessairement liée à la portée lumineuse de nuit de l'ESM, la plupart du temps, elle sera inférieure. Toutefois, l'utilisation de jumelles augmente significativement la portée à laquelle la marque de jour peut être identifiée. Typiquement, l'utilisation de jumelles peut multiplier la portée avec un rapport de 7 à 10, selon le matériel utilisé.

Une marque de jour est définie par sa taille, sa luminance, sa couleur, sa forme et sa hauteur au-dessus du niveau de la mer. Pour évaluer la portée visuelle de la marque de jour, il faut prendre en compte l'arrière-plan de la marque de jour et l'éclairage dû au soleil. L'arrière-plan et l'éclairage du soleil changent selon la géographie du site, l'heure, les conditions météorologiques, la hauteur du pont du navire et la direction d'observation.

4.1 Degré de perception et portée

Quand un navigateur approche d'un établissement de signalisation maritime, par exemple une bouée, la première chose qu'il va reconnaître est la forme ou la couleur de la marque de jour, selon les conditions d'observation. Ensuite, il va reconnaître le voyant. Enfin, il va lire son nom si celui-ci est inscrit sur la marque de jour.

Ainsi, le processus d'identification de jour d'un ESM passe par différents stades de la perception.

Il existe trois degrés de perception des marques de jour :

La détection :

L'observateur perçoit un objet, il le voit, mais il n'est généralement pas en mesure d'en déduire sa forme ou sa couleur, il ne sait pas que c'est un ESM.

La reconnaissance :

L'observateur prend conscience qu'il s'agit d'un ESM.

L'identification :

L'observateur prend conscience de quel ESM il s'agit. À cette distance, le navigateur peut parfaitement discerner le type de marque dont il s'agit.

La portée de la marque de jour est la distance maximale à laquelle la marque de jour peut être vue en fonction d'un certain degré de perception.

Idéalement, la portée doit être définie pour le degré de perception 'identification'. Néanmoins, pour de nombreuses marques de jour, on peut concevoir d'utiliser une définition de portée associée au degré de perception 'reconnaissance'. L'utilisation du degré de perception 'détection' pour le calcul de portée est à éviter.

Remarque :

Contrairement aux marques de jour, la portée lumineuse des feux est définie précisément. Celle-ci est basée sur la loi d'Allard et des seuils d'éclairement définis par convention internationale.

4.2 Processus de transmission de l'information

En considérant le processus de perception des marques de jour, nous avons :

- L'émetteur qui crée le signal (interaction de la lumière du soleil sur l'objet),
- Le canal de communication qui conduit le signal (l'atmosphère),
- Le récepteur, capteur qui reçoit le signal (l'œil de l'observateur).

Si l'on rentre dans le détail, l'observation diurne est soumise à un grand nombre de paramètres qui influencent la perception (voir Figure 1).

L'objet :

L'objet qui émet le signal peut prendre différentes formes et peut être éclairé directement, indirectement, ou les deux par le soleil. L'arrière-plan peut être différent selon les endroits et peut varier au cours du temps (météo, position du soleil).

Le canal de transmission / conditions de visibilité :

Le canal de transmission atmosphérique présente des caractéristiques de visibilité météorologique pouvant dégrader le signal lumineux lors de son trajet entre l'objet et l'observateur (brume ou brouillard par exemple).

L'observateur :

En général, l'observateur est limité par la physiologie.

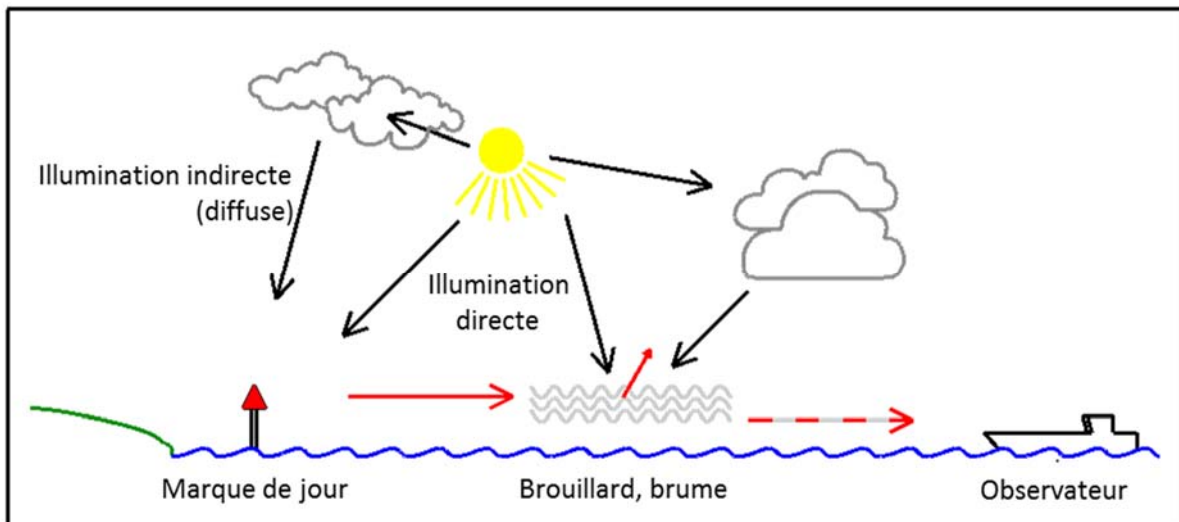


Figure 1 *processus de transmission de l'information*

4.3 But

Il y a deux choses à prendre en compte lors de la conception d'une marque de jour :

- (1) La marque de jour doit être identifiée par un observateur distant. La qualité de la marque de jour peut être décrite par sa portée : la distance maximale à laquelle elle peut être identifiée (dans des conditions données).
- (2) Les considérations locales doivent être prises en compte afin que la marque de jour puisse être identifiée avec une scène d'arrière-plan complexe.

5 MARQUE DE JOUR – L'ÉMISSION DU SIGNAL

5.1 Profil

La marque de jour est un objet en 3 dimensions, mais l'observateur le perçoit comme une forme à 2 dimensions.

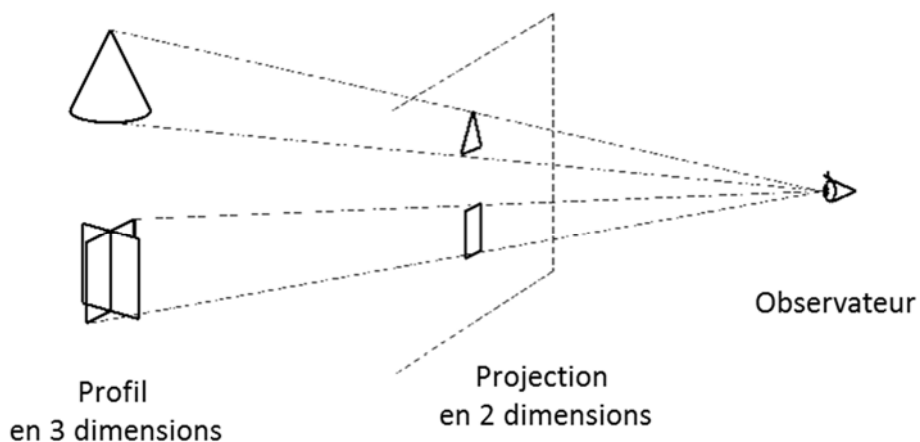


Figure 2 *Perception d'un objet étendu*

Selon sa position, l'observateur peut percevoir différemment la marque de jour.

On utilise généralement un des types de construction qui suit pour construire une marque de jour de jour.

5.1.1 Marque de jour plane

On peut utiliser une marque de jour plane lorsque l'observateur se situe à une position proche de la normale à la surface.

Comme il y a seulement un élément de surface orienté dans une seule direction, la surface paraît uniforme dans toutes les situations.

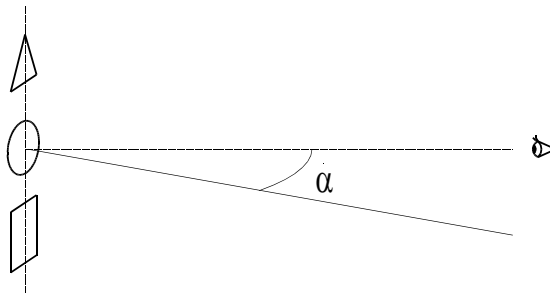


Figure 3 *Marque de jour plane et angle entre la normale à la surface et la direction d'observation*

La projection 2D de la forme change selon la situation de l'observateur (figure 4). Mais même pour des angles d'observation de 15° ou 30° par rapport à la normale, la forme continue à être identifiable.

Il est recommandé d'utiliser une marque de jour plane pour les alignements ou pour les marques de jour grande portée, avec des angles d'observation inférieurs à 60° (+/- 30°).

Dans ces situations, il convient de faire attention à la bonne orientation de la marque de jour (plane) au regard du trafic maritime.

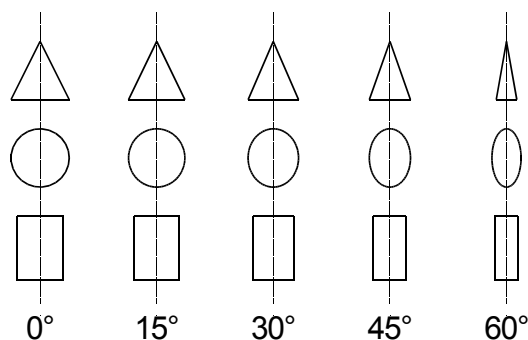


Figure 4 *Forme projetée*

5.1.2 Les marques de jour compactes

Une marque de jour qui garde une même projection 2D selon toutes les directions horizontales d'observation doit avoir une symétrie de rotation par rapport à son axe vertical.

Les 3 formes préconisées par le système de balisage de l'AIMS sont les cylindres, les cônes ou les sphères.

Selon l'angle d'observation dans un plan vertical, la marque de jour pourra présenter une projection 2D d'aspect différent.

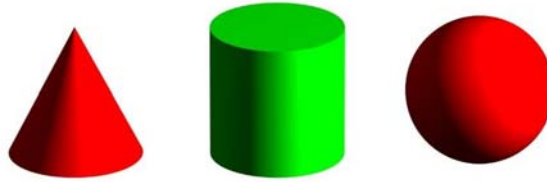


Figure 5 *Profils à symétrie de rotation*

Les marques de jour compactes sont utilisées pour de petites portées.

Pour les portées plus grandes, la taille et le poids des marques de jour compactes limitent leur utilisation.

Un compromis peut être l'utilisation de panneaux croisés ou de lattes entrecroisées.

Les recherches sont en cours pour l'utilisation de matériaux alternatifs pour les marques de jour compactes. À titre d'exemple, l'administration suédoise cherche à utiliser du caoutchouc ou des fibres plastiques flexibles pour des marques de jour plus résistantes aux glaces.

5.1.3 Panneaux croisés

Des panneaux croisés sont utilisés pour les voyants et pour améliorer la forme des bouées.

Les panneaux croisés nécessitent moins de matière, ont un poids plus faible et sont plus faciles à fabriquer.

Quand le matériau utilisé est le métal, les panneaux croisés peuvent aussi être utilisés comme réflecteur radar.

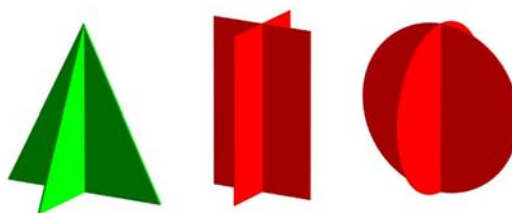


Figure 6 *Profils avec des panneaux croisés*

5.1.4 Construction charpentée

Les formes induites par les constructions charpentées sont similaires aux formes des panneaux croisés ci-dessus, mais les panneaux sont ajourés.

Les constructions charpentées sont généralement utilisées pour les grandes marques de jour pour réduire le poids et la charge au vent.

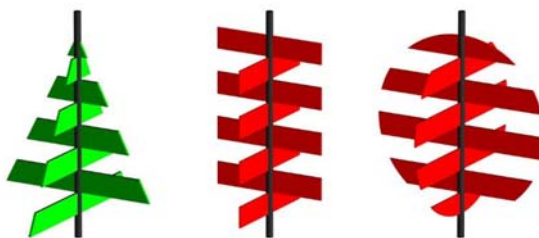


Figure 7 *Construction charpentée similaire aux panneaux croisés*

Le vide réduit le contraste de la marque de jour vue à grande distance (lorsque la perception de l'alternance de vide et de plein disparaît sous la résolution de l'œil).

La figure 7 montre des panneaux croisés charpentés. Mais la construction charpentée peut aussi être utilisée pour les marques de jour planes ou qui présentent une symétrie rotationnelle (cf. Figure 8).



Figure 8 *Bouée latérale en construction charpentée*

En règle générale, la surface projetée des éléments de charpente d'une marque de jour doit être plus grande que les vides.

5.1.5 Comparaison des différents profils 3D

La conception à préférer est la marque de jour plane. C'est celle qui garde la même couleur et la même luminance sur toute sa surface. Toutefois, on peut seulement l'utiliser sur un petit arc d'observation.

La surface projetée d'une marque de jour 3D n'apparaîtra pas uniforme, et portera des ombres. Les panneaux croisés montreront plus d'ombres portées et la construction charpentée induira un moindre contraste.

Profil 3D	Performance visuelle	Limites
Plane	La meilleure	Pour les ESM fixes uniquement
Compacte	Bonne	C'est le meilleur design pour les bouées
Panneaux croisés	Acceptable	
Construction charpentée	Acceptable	Contraste moindre

Table 1 Comparaison des profils

5.2 Luminance de l'objet

La luminance est l'intensité lumineuse d'une source lumineuse étendue, émettant dans une direction donnée divisée par l'aire apparente de cette source dans la même direction (voir la recommandation AISM E-200 Recommandation sur les feux de signalisation maritime, Partie 3, mesure). Son unité est le cd/m².

Cette quantité décrit l'impression de luminosité que nous ressentons lorsque nous regardons les divers éléments lumineux présents dans notre champ visuel.

Elle dépend de la position de l'élément sur la surface et de la position de l'observateur.

La luminance d'une marque de jour dépend donc du profil, de la couleur, de l'éclairage de l'objet et de l'orientation des éléments de surface.

Certaines parties de la marque de jour peuvent montrer différentes luminances dues à une orientation différente des surfaces ou à la présence de nuages.

La luminance peut aussi changer à cause du vieillissement des surfaces.

Dans la plupart des cas, les couleurs non fluorescentes (ordinaires) ont tendance à ne pas saturer, impliquant une meilleure luminance. Pour les couleurs fluorescentes, la luminance peut varier en fonction du matériau support utilisé.

5.3 Couleur de surface

5.3.1 Spécification

Une couleur de surface est décrite par un facteur de luminance β et deux coordonnées chromatiques x , y (voir la recommandation AISM E-108 sur les couleurs de surface).

Le système de balisage maritime de l'AIMS utilise 6 couleurs : le blanc, le rouge, le jaune, le vert, le bleu et le noir.

La figure ci-dessous montre la localisation des couleurs sur le diagramme chromatique standard CIE 1931 (le noir et le blanc sont sur le point achromatique).

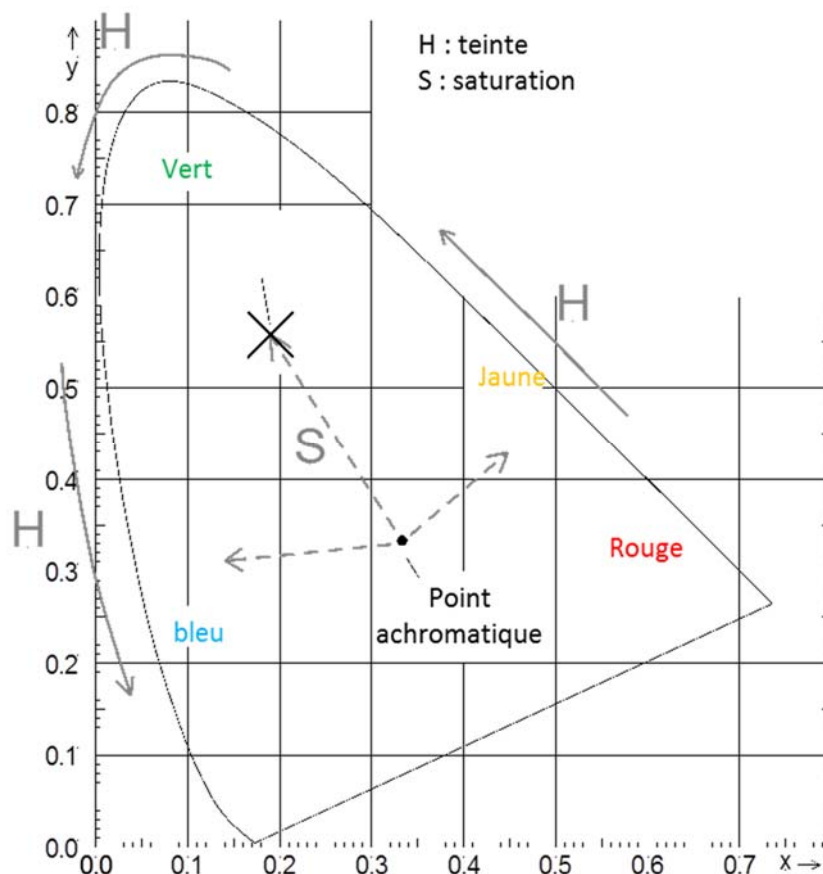


Figure 9 Diagramme de chromaticité standard CIE

Note : bien qu'il y ait une zone de couleur recommandée par l'AIMS orange, celle-ci n'est pas recommandée par l'administration française pour une utilisation dans le domaine des phares et balises. La raison est une confusion possible de la couleur avec le jaune ou le rouge.

Le facteur de luminance β et les coordonnées chromatiques x , y doivent répondre aux spécifications de la Recommandation AISM E-108 afin d'être conformes au système de balisage maritime défini par l'AIMS.

Ces spécifications permettent d'ajuster librement la couleur aux conditions particulières d'observation de la marque de jour.

Une couleur non fluorescente (couleur ordinaire) ne peut réfléchir la lumière que si celle-ci est incidente à la surface.

Pour produire une couleur déterminée, la partie complémentaire du spectre de la lumière incidente doit être absorbée. Pour arriver à faire une couleur très saturée, la partie du spectre qui est réfléchi est étroite, le reste du spectre qui représente une large partie du flux lumineux incident, est absorbé.

Rappel :

La saturation est le degré d'éloignement entre une teinte et le gris neutre de même clarté sur l'échelle des gris.

Une couleur saturée est donc une couleur pure ne contenant ni blanc, ni noir, ni gris, ni couleur complémentaire.



Ainsi une forte saturation des couleurs n'est obtenue qu'avec une faible luminance. Pour les couleurs ordinaires, il faut donc trouver un compromis entre luminance et niveau de saturation.

Pour les couleurs fluorescentes, il est possible d'atteindre un niveau plus élevé pour la luminance et la saturation.

Pour des raisons pratiques, il est intéressant de décrire les couleurs grâce à des nuanciers. L'AIMS soutient deux types de nuanciers utilisés universellement :

- Le système suédois colorimétrique (Natural Colour System NCS),
- Le système allemand du comité national pour les conditions de livraison RAL (Reichsausschuß für Lieferbedingungen).

Le tableau ci-dessous montre les références des couleurs recommandées par l'AIMS selon ces deux nuanciers. Pour plus d'informations, voir la recommandation AISM E-108 sur les surfaces de couleur.

Couleur	Recommandation AISM E-108					Préconisation française	Maximum (fluorescent)
	Normal			Fluorescent			
	β	NCS	RAL	β	RAL	RAL	β
Rouge	> 0.07	S 1085-Y80R	3028	> 0.25	3024	3020	≈ 0.50
Jaune	> 0.50	S 1080-Y	1023	> 0.60	-	1003	≈ 1.00
Vert	> 0.10	S 2070-G10Y	6037	> 0.25	6038	6024	≈ 0.50
Bleu	> 0.07	S 4050-R90B	5017	-	-	5017	-
Blanc	> 0.75	S 0500-N	9016	-	-	9016	-
Noir	< 0.03	S 9000-N	9017	-	-	9005	-

Table 2 Valeurs du facteur de luminance β et numéro d'échantillon recommandé avec l'utilisation des nuanciers

Les couleurs de surface peuvent être réalisées par :

- Un film
- Une peinture
- Le plastique coloré dans la masse

5.3.2 Vieillessement de la couleur

Le vieillissement de la couleur peut être dû à différents facteurs :

- La décoloration du pigment sous l'influence des rayons ultraviolets,
- L'abrasion mécanique de la surface,
- Les salissures - notamment causées par les oiseaux (la couleur est cachée sous une pellicule naturelle).

La décoloration du pigment amène une désaturation de la couleur. Cela se traduit dans le diagramme chromatique CIE 1931, par un déplacement du point de coordonnées x, y vers le point achromatique.

5.3.3 Films rétro réfléchissants

Une surface rétro réfléchissante ne doit pas être utilisée sur toute la marque de jour.

Le principe de la surface rétro réfléchissante ne fonctionne que lorsque la surface est éclairée la nuit avec un projecteur. Pendant la journée, les couleurs rétro réfléchissantes ont une faible luminance et ne sont pas très visibles.

Pour ces propriétés intéressantes, l'industrie propose à la vente des films rétro réfléchissants. Toutefois, les couleurs disponibles sont pour le trafic routier. Il n'existe pas de film rétro réfléchissant dont la gamme couvre l'ensemble des couleurs du système de balisage maritime de l'AISM.

On peut utiliser les films rétro réfléchissants pour quelques petites pièces sur les bouées non lumineuses. Ainsi, le navigateur pourra repérer sa position et sa couleur par l'emploi de projecteur de recherche.

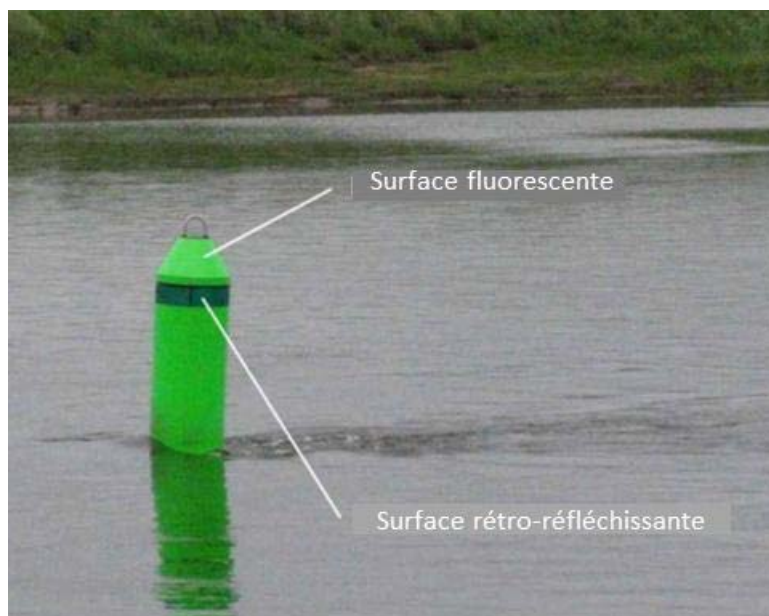


Figure 10 Application typique d'un film rétro réfléchissant sur une bouée

5.4 Taille

La taille d'une marque de jour et sa portée sont directement liées.

Comme indiqué au 5.1, l'estimation de la portée de l'objet est déterminée par la projection en 2 dimensions de l'objet sur une surface normale à la direction d'observation.

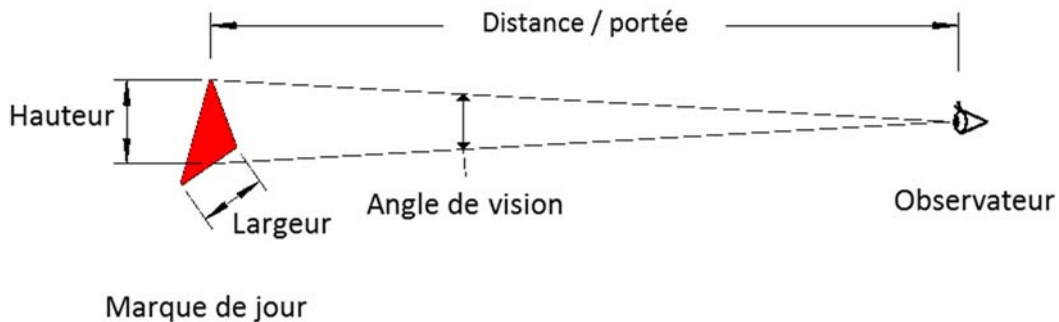


Figure 11 Dimension latérale et portée d'une marque de jour

L'angle apparent α (angle de vision) de la marque de jour peut être calculé par :

- α [radian] \approx hauteur / distance (pour l'angle vertical)
- α [radian] \approx largeur / distance (pour l'angle horizontal)

Avec ces formules, on montre que la portée de la marque de jour dépend de l'angle apparent de la marque de jour minimum α_{\min} .

Portée \approx (dimension latérale) / α_{\min} [radian]

Dimension latérale : hauteur ou largeur.

L'angle apparent de vision minimale pour une marque de jour spécifique dépend de l'ensemble des paramètres mentionnés en 4.2.

Pour les lettres et la signalétique, une publication AISM présentée à la conférence de 1990 fournit une valeur d'angle apparent de vision pour un grand nombre de panneaux du CEVNI (Code Européen des Voies de la Navigation Intérieure) et du SIGNI (SIGnalisation des voies de Navigation Intérieure).

5.5 Combinaison de couleurs

Beaucoup de marques de jour du système de balisage maritime de l'AIMS se composent d'une combinaison de couleurs – c'est le cas des marques de danger isolé ou des marques cardinales par exemple.

L'agencement de la combinaison des couleurs doit être reconnu dans son ensemble pour être identifié.

Dans l'exemple ci-dessous (Figure 12) on considère la dimension verticale de l'objet comme étant le facteur limitant pour déterminer la portée de la marque de jour.

Pour une marque de jour de couleur uniforme, on peut déterminer une portée d vue pour un angle de vision de l'observateur α .

Lorsque la marque de jour comporte plusieurs bandes colorées, l'observateur reconnaît chacune d'entre elles comme un simple objet unicolore. Chacune de celles-ci doit être vue sous le même angle de vision vertical α pour avoir la portée d voulue.

Ce principe conduit alors à avoir des bandes colorées de mêmes dimensions.

Ceci amène donc à ce qu'une marque de danger isolé - par exemple - ait une portée divisée par 3 par rapport à une marque latérale de mêmes dimensions.

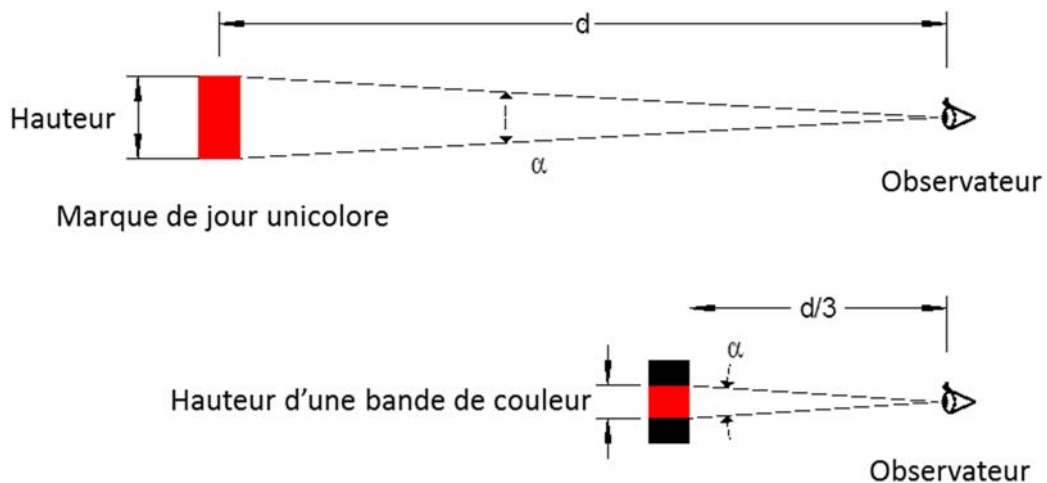


Figure 12 *Marques de jour unicolores et multicolores*

Bien que ce raisonnement ne soit pas totalement exact parce que la dimension horizontale n'a pas été prise en compte, on peut établir d'une manière générale que :

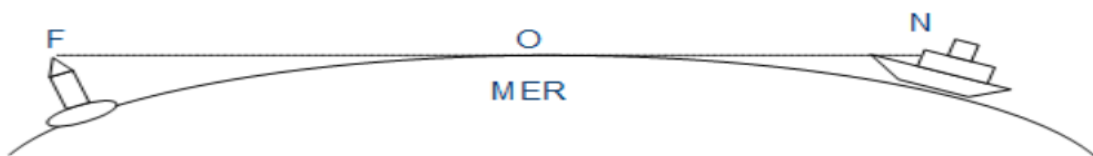
La portée d'une marque de jour comportant une combinaison de couleurs est inférieure à celle d'une marque de jour unicolore de la même dimension.

6 CONDITIONS DE VISIBILITÉ

6.1 Portée géographique

La portée géographique est la première donnée à prendre en compte pour ce qui concerne les conditions de visibilité.

En raison de la courbure de la Terre, la marque de jour doit avoir une certaine hauteur pour être vue au-dessus de l'horizon par un observateur.



La portée géographique R_g d'une marque de jour est donnée par la formule :

$$R_g = 2.03 \times (\sqrt{h_o} + \sqrt{h_{b,\min}})$$

Où :

R_g = Portée géographique (M)

h_o = Hauteur de l'œil de l'observateur (m)

h_b = Hauteur de la base de la marque de jour (m)

La constante de 2,03 permet de tenir compte de la courbure de la Terre et des conditions atmosphériques. Les variations climatiques observables à travers le monde peuvent conduire à recommander des facteurs différents, mais ces facteurs varient en général entre 2,03 et 2,12. En France, le coefficient recommandé est de 2,08.

S'il y a des obstacles réels ou potentiels entre l'observateur et la marque de jour, la hauteur doit être modifiée pour tenir compte de cette obstruction.

Le tableau 3 montre quelques exemples de portées géographiques calculées en fonction de la hauteur de l'observateur et la hauteur de la base de la marque de jour observée.

Hauteur de l'œil de l'observateur (m)	Hauteur de base de la marque de jour (m)							
	1	2	3	4	5	10	15	20
5	6.6	7.4	8.1	8.6	9.1	11.0	12.4	13.6
10	8.4	9.3	9.9	10.5	11.0	12.8	14.3	15.5
20	11.1	11.9	12.6	13.1	13.6	15.5	16.9	18.2
30	13.1	14.0	14.6	15.2	15.7	17.5	19.0	20.2
40	14.9	15.7	16.4	16.9	17.4	19.3	20.7	21.9
50	16.4	17.2	17.9	18.4	18.9	20.8	22.2	23.4

Table 3 Portée géographique en mille nautique (M)

Cependant, la portée de la marque de jour est dans la plupart des cas plus petite que la portée lumineuse de nuit et la plupart des marques de jour sont utilisées pour des plus courtes portées.

La portée géographique d'une marque de jour est donc souvent beaucoup plus importante que la portée réelle.

6.2 Visibilité météorologique

La visibilité météorologique est une manière de décrire l'extinction de la lumière au travers de l'atmosphère.

Définition (Dictionnaire AISM) :

La visibilité météorologique peut être définie comme étant la plus grande distance à laquelle un objet noir de dimension ad hoc peut être repéré et identifié de jour, avec en arrière-plan le ciel proche de l'horizon.

La définition peut être étendue aux conditions d'observation de nuit en admettant que la visibilité météorologique de nuit est la même que celle qui existerait de jour avec des conditions météorologiques identiques.

L'objet doit être noir pour assurer le maximum de contraste avec le ciel de jour et il doit être suffisamment grand pour être vu par l'observateur sous un angle d'observation suffisant. En pratique, on peut utiliser une montagne avec une forêt ou un immeuble noir par exemple.

Une marque de jour d'aide à la navigation a une couleur recommandée par le système de signalisation maritime de l'AISM et a donc un plus petit contraste que le noir seul.

La portée d'une marque de jour non éclairée est toujours inférieure à la visibilité météorologique.

6.3 Loi de Koschmieder

Un autre paramètre important pour la visibilité est le contraste apparent d'un objet vu de la position de l'observateur (contraste observé).

Le contraste C est défini par (voir le dictionnaire AISM):

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

Où :

L_o Luminance de l'objet

L_b Luminance de l'arrière-plan

La figure 13 montre comment la lumière se diffuse dans l'atmosphère. Une certaine quantité de lumière qui est émise dans la direction de l'observateur est diffusée par l'atmosphère dans une direction différente et se perd (1). Parallèlement, un peu de lumière (de l'arrière-plan ou du soleil) est diffusée en direction de l'observateur (2).

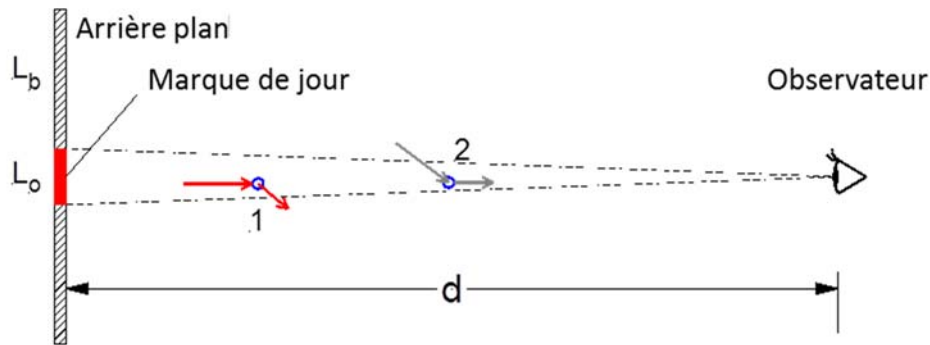


Figure 13 *Illustration simplifiée de la dispersion de la lumière par l'atmosphère*

Le contraste photométrique est le contraste obtenu sans tenir compte de l'extinction atmosphérique

Il peut être mesuré directement à proximité de la marque de jour. Le contraste observé est le contraste vu par un observateur distant, il prend en compte l'extinction atmosphérique.

La loi de Koschmieder dit que le contraste observé à une distance d est la suivante :

$$C(d) = C(0) * e^{-z*d}$$

Où:

z est le facteur exponentiel tenant compte de la diffusion et de l'absorption,

d est la distance.

Selon la recommandation AISM E-200-2, la formule peut s'exprimer à l'aide du coefficient de transmission atmosphérique T_M :

$$C(d) = C(0) * T_M^d$$

Où:

T_M est la transmissivité pour 1 mille nautique,
 d est la distance d'observation en mille nautique.

En utilisant la visibilité V , la formule devient :

$$C(d) = C(0) * 0.05^{d/V}$$

Où :

V est la visibilité météorologique en mille nautique,
 d est la distance en mille nautique.

Bien que la loi de Koschmieder soit acceptée comme principe fondamental pour la plupart des calculs, il faut souligner qu'elle est basée sur un modèle physique très simple : l'atmosphère est considérée comme homogène et les luminances sont uniformes et diffuses.

Dans le cas particulier où le soleil est visible par exemple, la loi de Koschmieder est biaisée, car la quantité de lumière diffusée en direction de l'observateur dépend de la position du soleil.

L'annexe 1 présente une description physique de la loi de Koschmieder.

6.4 Arrière-plan

Le contraste C dépend de la luminance de la marque de jour et de son proche arrière-plan. La détection visuelle d'une marque de jour dépend donc fortement de son arrière-plan.

On peut classer un arrière-plan en 3 groupes principaux :

- Le plan d'eau sous l'horizon,
- Le ciel juste au-dessus de l'horizon,
- le rivage avec différents paysages ou bâtiments.

Les arrière-plans peuvent changer selon le temps ou la saison.

Par exemple, on peut avoir les différents facteurs :

Pour les plans d'eau :

- Vents et vagues,
- Glace en hiver,
- Réflexions du soleil.

Pour le ciel :

- Ciel bleu ou rouge,
- Nuages,
- Soleil placé derrière la marque de jour.

Pour le rivage:

- Végétation en été ou en hiver,
- Neige.

Pour concevoir une marque de jour, il faut donc faire des hypothèses sur les conditions d'arrière-plans qui seront dominantes au cours du temps.

6.4.1 Ciel d'arrière-plan

Pour les petits navires, une marque de jour peut apparaître sous un ciel d'arrière-plan.

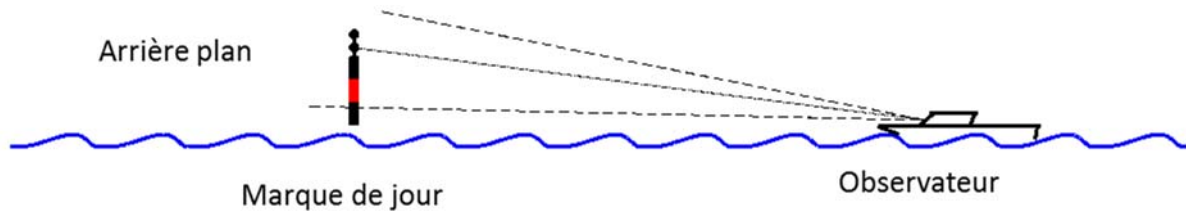


Figure 14 Ciel d'arrière-plan

Malgré leur taille limitée, selon l'avis général, les voyants noirs des bouées cardinales ou de danger isolé apparaissent comme ayant le meilleur contraste (voyant noir sur ciel clair).

La luminance du ciel varie le jour entre 100 et 50 000 cd/m² (voir la recommandation AISM E 200 partie 2 et ANNEXE 2).

6.4.2 Cas où le soleil se situe derrière la marque de jour (contre-jour, à l'aube et au crépuscule):

La reconnaissance d'une marque de jour en contre-jour est difficile. Les couleurs ne peuvent pas être reconnues. Cependant, la forme (contour) de la marque de jour peut être détectée.

6.4.3 Plan d'eau d'arrière-plan

Pour les plus gros navires, la hauteur sur l'eau de l'observateur est nettement plus élevée que celle de la marque de jour. La marque de jour apparaît alors à l'observateur avec le plan d'eau comme arrière-plan.

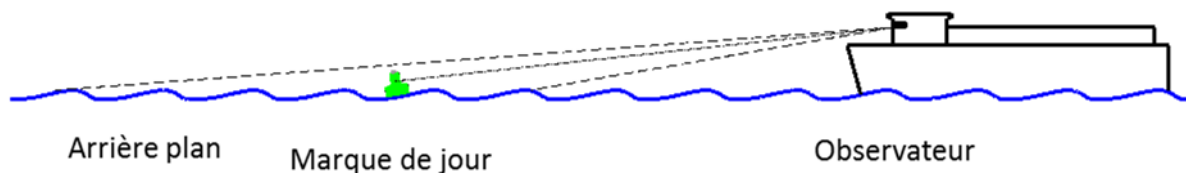


Figure 15 Plan d'eau d'arrière-plan

La surface de l'eau est éclairée par le ciel près de l'horizon. Pour les petits angles d'incidence, une surface d'eau plane apparaît comme un miroir. Cependant, à cause des états de mer dus au vent et aux vagues, la luminance du plan d'eau est plus faible que celle du ciel proche de l'horizon.

Une série de mesures faites en mer Baltique a montré que la luminance d'un plan d'eau est d'à peu près 50% la luminance du ciel juste au-dessus de l'horizon (voir annexe 2).

6.4.4 Arrière-plan de rivage

Lorsque l'arrière-plan de la marque de jour est le rivage, le contraste dépend de la réflectance ou facteur de luminance (grandeur sans dimension, rapport entre l'énergie solaire réfléchi par une surface à l'énergie solaire incidente).

Comme pour le plan d'eau, le rivage apparaît plus sombre que le ciel dans la plupart des cas, en général la réflectance est identique au facteur de luminance.

Surface	Réflectance
Asphalte	0.04 - 0.12
Forêt	0.08 - 0.15
Sol nu	0.17
Herbe verte	0.25
Désert	0.40
Béton récent	0.55
Banquise	0.5 - 0.7
Neige fraîche	0.8 - 0.9

Table 4 Réflectance de différents sols

7 L'OBSERVATEUR – LE RÉCEPTEUR DE L'INFORMATION

7.1 Résolution de l'œil et les angles principaux

Un modèle simplifié de l'œil humain est présenté en annexe 3.

Les observateurs qui ont une bonne vision sont capables de deviner des objets qui apparaissent sous un angle utile de vision inférieur à 1'. Pour l'identification, cet angle doit être supérieur.

Ceci signifie :

La limite inférieure de l'angle de vision utile d'une marque de jour est 1 minute d'arc.
--

7.2 Marques de jour non uniformes

Une conséquence de la limitation de la capacité de résolution de l'œil humain est la perception visuelle des constructions à lattes des marques de jour bicolores.

Comme indiqué ci-dessus, la bonne qualité d'une marque de jour utilisée comme aide à la navigation dépend de comment elle peut être détectée à longue distance.

Plus l'observateur est loin, plus la marque apparaîtra petite.

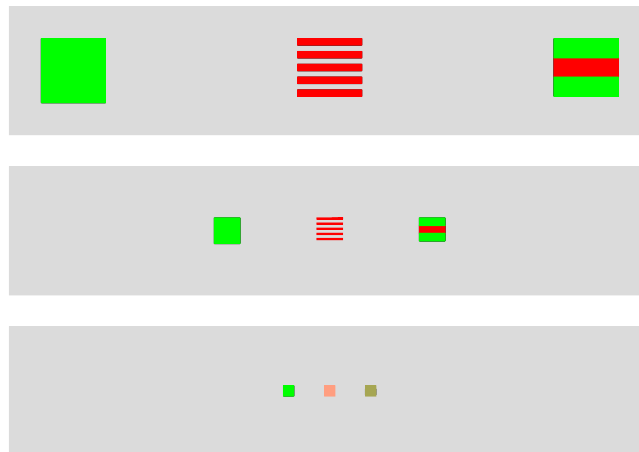


Figure 16 *Influence de l'angle de vision avec différentes marques de jour*

La figure 16 illustre ce principe sur 3 marques de jour différentes : un carré vert plein, un carré construit avec des lattes et un carré plein bicolore vert et rouge.

À grande distance, les bandes de la construction avec des lattes vont se fondre avec l'arrière-plan gris. Pour la marque de jour bicolore, les 2 couleurs verte et rouge vont aussi se mélanger.

Le contraste observé à grande distance devient la valeur moyenne de l'ensemble de la projection de la marque de jour. Ainsi, pour la marque de jour construite avec des lattes et des vides de même épaisseur, le contraste est réduit de moitié par rapport à une marque de jour pleine.

La couleur de la marque de jour vue à longue distance est un mélange des couleurs des éléments individuels qui la composent. Pour la construction avec des lattes, la couleur rouge se mélange avec la couleur d'arrière-plan grise pour donner un rouge plus sombre. De même pour la marque bicolore, le vert et le rouge vont produire une couleur kaki.

Selon sa construction, une marque de jour en 3 dimensions éclairée directement par la lumière du soleil peut présenter des propriétés de luminance différentes (voir Figure 17).



Figure 17 *Marque de jour directement éclairée (panneau, cône, panneaux croisés)*

Tandis que la marque de jour plane présente une surface uniforme à l'observateur, les surfaces projetées des autres constructions montrent différentes régions présentant des valeurs de luminance inférieure et supérieure.

L'œil tend à préférer les surfaces brillantes, ainsi la surface projetée sera plus faible pour le cône et les panneaux croisés.

7.3 Reconnaissance de forme

Pour la reconnaissance de formes simples, l'angle de vision doit être plus grand que 1' (résolution œil).

En règle générale, la projection d'une forme simple devrait apparaître à un angle minimum d'environ 3' (= 0,873 mrad) pour être reconnue. Pour des raisons de sécurité, cette valeur peut être augmentée.

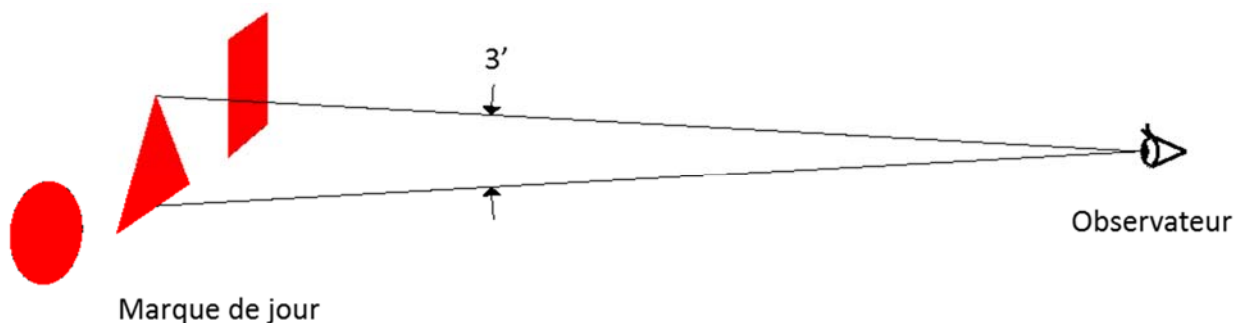


Figure 18 Reconnaissance de formes simples

Le tableau ci-dessous recense les portées applicables aux marques de jour de formes simples pour différentes organisations.

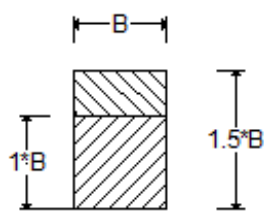

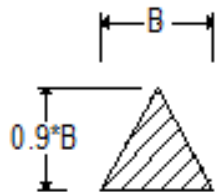
Objet	Dimension	1 (Brésil)	2 (AISM 1983)	3 (Allemagne)
Cylindrique		4,1' DR = 833 *B	6,9' DR = 500*B	3' DR = 1146*B
Sphérique		4,1' DR = 833 *B	6,9' DR = 500*B	3' DR = 1146*B
Conique		2,75' DR = 1250 * B	6,9' DR = 500*B	3' DR = 1146*B

Table 5 Portée et angles de vision minimum de différentes organisations

- 1: Manuel de signalisation nautique du service brésilien des phares et balises.
- 2: Guide AISM de 1983 sur le système de balisage et le Navguide de l'AISM.
- 3: Article allemand 1987.

Le tableau ci-dessous montre les dimensions latérales des marques de jour qui peuvent être obtenues pour un angle de vision donné et pour certaines portées.

Portée opérationnelle		Dimensions latérales (m)				
		Angle de vision				
[km]	[M]	1' (0.291 m rad)	2' (0.582 m rad)	3' (0.873 m rad)	4' (1.16 m rad)	5' (1.45 m rad)
1	0.54	0.29	0.58	0.87	1.16	1.45
2	1.08	0.58	1.16	1.75	2.32	2.91
3	1.62	0.87	1.75	2.62	3.48	4.36
4	2.16	1.16	2.33	3.49	4.64	5.82
5	2.70	1.45	2.91	4.37	5.80	7.27
10	5.40	2.91	5.82	8.73	11.64	14.54
15	8.10	4.36	8.72	13.09	17.45	21.82

Table 6 Portées des marques de jour

7.4 Contraste minimum

Pour un objet unique, le contraste est défini par (voir 6.3)

L_o Luminance de l'objet

L_b Luminance de l'arrière-plan

Dans des conditions idéales, un contraste de 0,02 est suffisant pour détecter un gros objet noir sous fond de ciel d'horizon (voir le dictionnaire AISM).

Dans la pratique, il a été communément admis d'utiliser une valeur de contraste minimum de 0,05.

Mais pour une observation à grande distance, pour des marques de jour de couleur qui sont vues sur autre chose qu'un ciel au-dessus de l'horizon, le contraste nécessaire doit être bien supérieur à cette valeur.

M. Blaise a élaboré une théorie pour déterminer le contraste nécessaire à la détection des petits objets en fonction de l'angle de vue. Cette théorie a été publiée dans le bulletin AISM d'avril 1971. Cependant, cette théorie est basée uniquement sur la détection des objets et pas sur leur reconnaissance. Elle n'inclut pas non plus la différence de la couleur par rapport à l'arrière-plan.

7.5 Reconnaissance des couleurs

La reconnaissance des couleurs dépend de :

- La luminosité de la couleur,
- La teinte,
- Le contraste à l'arrière-plan,
- La différence de couleur par rapport à l'arrière-plan.

Dans la plupart des situations, l'arrière-plan apparaît proche du gris, de sorte que la différence de couleur dépend seulement de la saturation de la couleur de la marque de jour.

La reconnaissance des couleurs est meilleure quand l'arrière-plan est sombre. Quand l'arrière-plan est lumineux (par exemple au lever du soleil), la reconnaissance des couleurs est plus difficile.

La teinte recommandée et la saturation des couleurs sont définies par les régions chromatiques figurant dans la recommandation AISM E 108. Ces régions ont été déterminées par des études basées sur les caractéristiques physiologiques de l'œil humain.

8 CONCEPTION D'UNE MARQUE DE JOUR

8.1 Aides flottantes

Pour les aides flottantes (principalement les bouées), il est nécessaire d'intégrer les aspects suivants:

8.1.1 Profil tridimensionnel

Les profils tridimensionnels les meilleurs ont une symétrie de rotation autour d'un axe vertical (voir 9), de sorte que leur forme projetée apparaît comme étant la même, quelle que soit la position de l'observateur autour de la bouée. On utilise souvent les panneaux croisés ou à construction avec des lattes pour réduire le poids et le coût de construction, mais les formes engendrées sont moins efficaces pour la perception visuelle.

8.1.2 Couleur

Pour les bouées, l'arrière-plan varie : ce peut être un plan d'eau, le ciel d'horizon, ou le rivage. De ce fait, il n'y a pas de raison de définir une luminosité pour la couleur à utiliser. Toutes les couleurs des bouées doivent donc être standardisées avec soit des couleurs saturées, soit des couleurs fluorescentes.

Le standard peut inclure deux qualités. Par exemple, on peut employer des couleurs normales pour les zones moyennement difficiles et des couleurs fluorescentes pour fournir une meilleure évidence pour les zones plus difficiles.

Les couleurs normalisées à utiliser sur des bouées peuvent être trouvées dans la recommandation AISM E-108 et la spécification française sur les couleurs de surface.

8.1.3 Taille des bouées d'une seule couleur

Une bouée colorée peut être vue, même sans contraste avec son arrière-plan.

L'angle de visibilité minimum pour une bouée d'une seule couleur peut être fixé à 3'. Pour des raisons de sécurité, on peut choisir de prendre les angles de visibilité de 4' ou 5' pour définir la portée de jour et pour calculer la taille minimum de la bouée.

La plupart du temps, la hauteur d'une marque de jour est supérieure à sa largeur. Pour donner une proportion, 3 pour 1 est un chiffre communément accepté. C'est un rapport qu'on retrouve sur les bouées traditionnelles.

On peut trouver dans le tableau 6 un certain nombre de données liant hauteur et largeur de la bouée ainsi que la portée atteinte, en fonction de l'angle de visibilité. Les portées réelles sont bien celles-là, pour peu qu'il y ait assez de contraste et de différence de couleur entre la bouée et son arrière-plan. Le tableau montre que la plupart du temps, la portée réelle des bouées est bien inférieure à 2.7 M (dimensions latérales < 4 m).

Des ailes additionnelles peuvent être rajoutées à la structure de la bouée pour améliorer la reconnaissance de forme (voir figure 19). Dans ce cas, la forme doit être en accord avec le voyant associé. Toutefois, si ceci n'est pas possible, il faut essayer d'obtenir la forme la plus proche de celle définie par le système de balisage de l'AISM.

La portée de la marque de jour peut être déterminée avec le tableau 6, chapitre 7.3.



Figure 19 *Bouées avec ailes dessinant la silhouette en rapport avec le type de marque*

8.1.4 Bouées cardinales

La reconnaissance d'une bouée cardinale est basée soit sur la reconnaissance des bandes jaune-noir, soit sur la reconnaissance du voyant (formé de deux cônes). La plupart du temps, le corps de la bouée est plus grand que celui du voyant, de ce fait, la portée est imposée par la reconnaissance des bandes.

Comme il a été écrit au 5.5, la portée d'une bouée bicolore est plus faible que celle d'une bouée monochrome de mêmes dimensions.

Les formes typiques des bouées cardinales sont montrées avec la figure suivante. Les bandes apparaissent avec différentes tailles selon leur position sur la bouée (celles du flotteur de la bouée sont significativement plus grosses que celles du pylône).

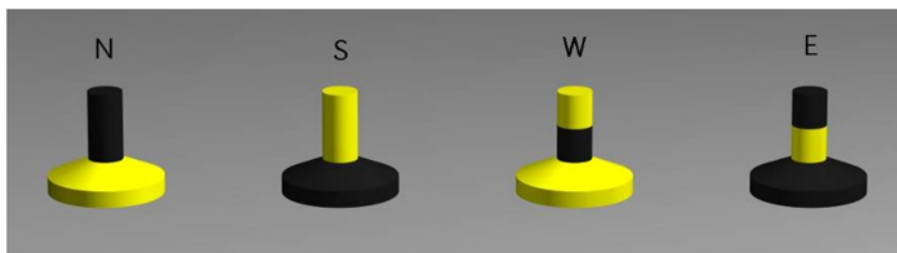


Figure 20 *Bouées cardinales*

Quand l'observateur s'éloigne de la bouée, les bandes deviennent plus fines et vont disparaître en limite de résolution de l'œil humain. Comme les bandes ont des tailles différentes, elles ont leurs propres portées. À ces distances d'observation, l'identification de la marque de jour peut être trompeuse, par exemple l'observateur verra seulement un point jaune pour la bouée cardinale Nord et Ouest et pourra l'identifier comme une marque spéciale.

Pour éviter cette situation, on peut conseiller d'utiliser des bouées cardinales ayant des bandes de même taille comme il est montré à la Figure 20.

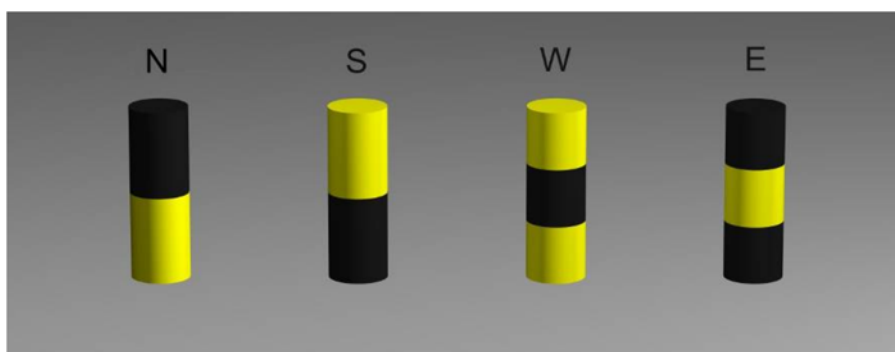


Figure 21 *Meilleure conception de bouée optimisant la performance visuelle*

La superstructure qui est la marque de jour peut être installée sur un flotteur de couleur neutre. Pour éviter toute confusion avec les autres couleurs, il peut être conseillé d'utiliser des flotteurs gris clair.

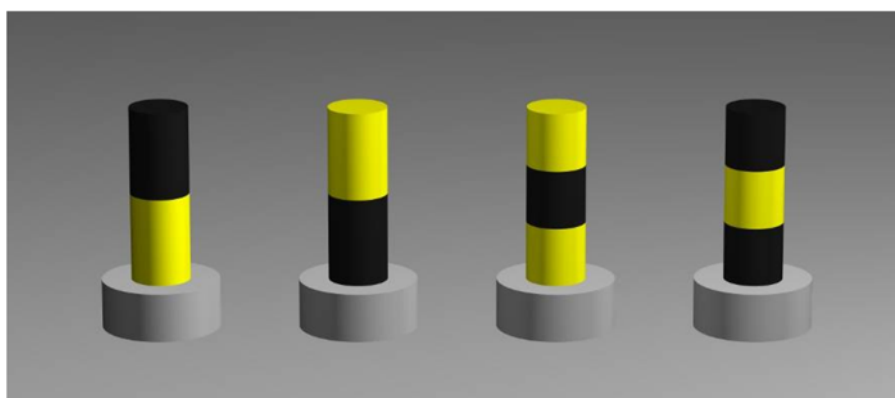


Figure 22 *Corps de base et superstructure*

L'influence de la forme des bouées de marques cardinales a été étudiée par l'administration française quand elle est passée des formes traditionnelles aux formes cylindriques de type BNG (Figure 23).



Figure 23 *Comparaison entre ancienne et nouvelle génération de bouée*

Les essais visuels ont confirmé que les pylônes de forme cylindrique améliorent significativement la portée des marques de jour des bouées.

8.1.5 Marques d'eau saine et de nouveau danger

Dans le système de balisage de l'AISM, ces marques présentent des rayures verticales. Le nombre de ces rayures n'est pas fixé, mais 3 combinaisons sont principalement utilisées.

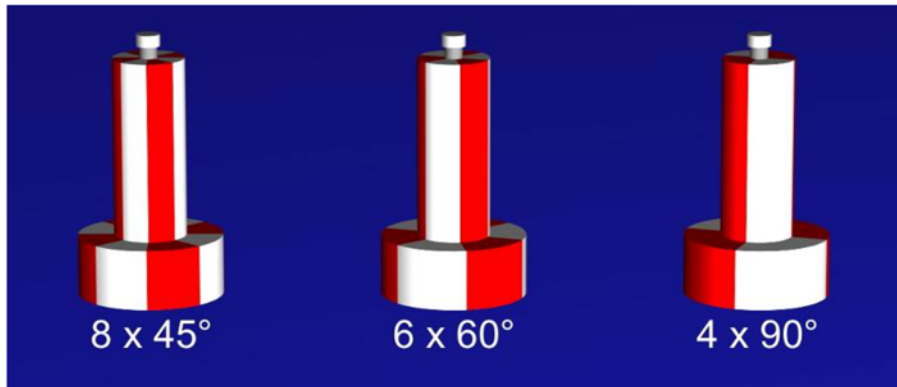


Figure 24 Arrangement de bandes verticales utilisées pour des bouées de marques d'eaux saines

La combinaison '8 x 45°' est la meilleure pour la reconnaissance de la marque à courte portée. Pour la combinaison '4 x 90°', une seule bande est visible dans son entier dans une direction d'observation. Pour '6 x 60°', il y a toujours une partie rouge et une partie blanche visible. Au regard de la portée à atteindre, c'est ce dernier arrangement qui est à privilégier.

La figure qui suit montre un bon exemple sur l'utilisation d'ailes additionnelles pour augmenter la reconnaissance d'une marque d'eaux saines.



Figure 25 Exemple de marque d'eaux saines avec des ailes additionnelles

8.1.6 Obstructions visuelles par les équipements

Dans la pratique, une bouée a besoin d'équipements qui sont susceptibles d'entrer en conflit avec sa fonction de marque de jour. C'est le cas des échelles, des lanternes ou des panneaux solaires par exemple.

Le jeu consiste à minimiser les effets négatifs de ces pièces d'ajout.

Ceci peut être obtenu en prenant les mesures suivantes :

- Dans la mesure du possible, il faut que ces pièces supplémentaires aient la même couleur que la bouée. En cas contraire (impossibilité ...), on peut choisir un gris clair pour celles-ci (RAL 7042 par exemple).
- Quand ces pièces peuvent être déplacées, celles-ci doivent être mises à un endroit qui ne gêne pas la fonction de marque de jour de la bouée.

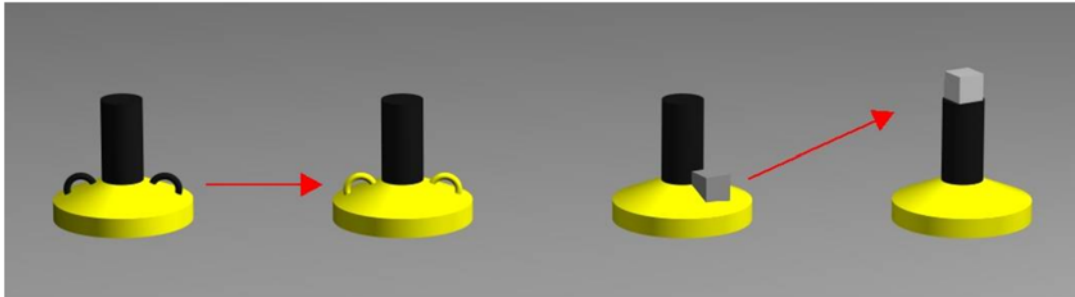


Figure 26 Équipements additionnels sur une bouée

8.1.7 Panneaux solaires

Les panneaux solaires constituent les équipements supplémentaires handicapant le plus la fonction de marque de jour des bouées. La couleur des panneaux solaires est souvent bleu foncé apparaissant noire à une distance lointaine. Des panneaux colorés ont été testés pour contourner ce problème, mais leur efficacité est faible en tant que production d'énergie.

Les panneaux bleu foncé peuvent corrompre le message visuel de jour porté par une bouée cardinale. Par exemple, si un arrangement de panneaux est placé sur le dessus d'une bouée cardinale Sud, la bouée peut apparaître comme une cardinale Est. Pour éviter cela, les panneaux solaires doivent être installés - dans la mesure du possible - sur la partie noire de la bouée cardinale.

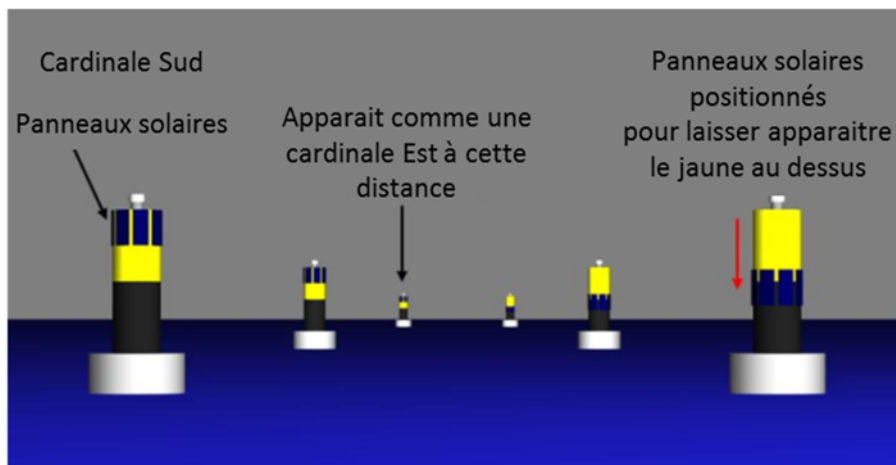


Figure 27 Conflit de perception entre marque cardinale et panneaux solaires

La figure ci-dessous montre des exemples de bouées cardinales intégrant ces remarques.

Sur la photo de gauche, la forme de la marque de jour est cylindrique et les bandes noires et jaunes sont de mêmes dimensions. Les panneaux solaires sont montés sur la partie noire de la marque de jour de la bouée. La partie basse est grise ce qui lui donne un caractère neutre. Le pylône est construit avec des lattes pour minimiser les efforts dus au vent.

La photo de droite montre une bouée présentant des ailes pour augmenter la surface visible de la marque de jour.



Figure 28 Exemple de bouée cardinale optimisée

Les panneaux solaires ne doivent pas être arrangés uniformément sur toute la surface visible de la bouée, la raison en est une moindre visibilité de la marque de jour tout entière. Il est préférable de concentrer les panneaux en un seul endroit, le reste de la bouée pouvant être utilisé pour dessiner une marque de jour de portée maximale.

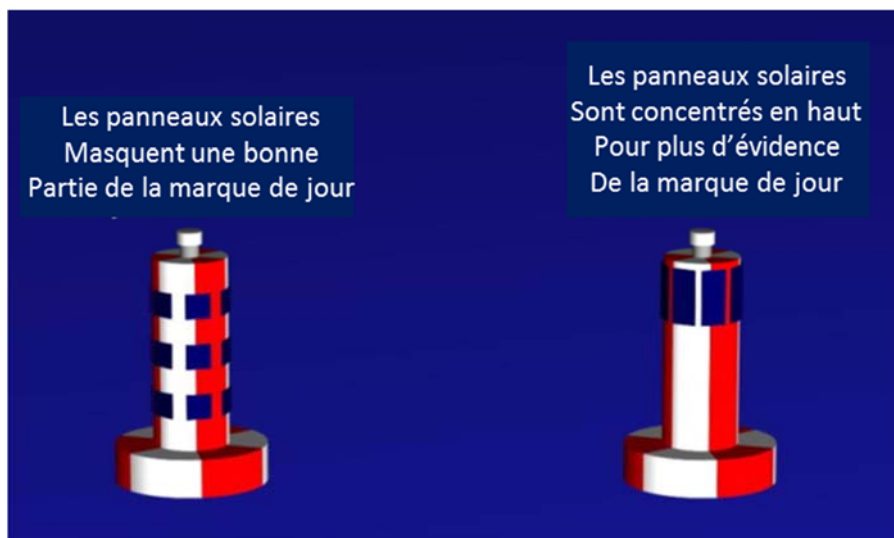


Figure 29 Implantation des panneaux solaires sur une marque d'eau saine

8.1.8 Voyants

Les voyants des bouées sont en général plus petits que la bouée elle-même. Ainsi, la portée du voyant est inférieure à la marque de jour. Ceci peut conduire à l'utilisation d'ailes comme présenté ci-dessus.

Pour autant, les voyants jouent un rôle important dans la confirmation du message porté par l'ESM grâce à l'utilisation des jumelles.

Dans le système de balisage maritime de l'AIMS, l'utilisation des voyants sur les bouées est optionnelle, mais elle est très fortement recommandée pour les bouées cardinales.

Les bouées peuvent être utilisées dans les endroits exposés à la dérive d'icebergs qui peuvent être massifs et qui peuvent entraîner la destruction de leurs équipements. Dans cette situation, l'utilisation de voyants additionnels peut alors ne pas être réalisable.

8.1.8.1 Forme

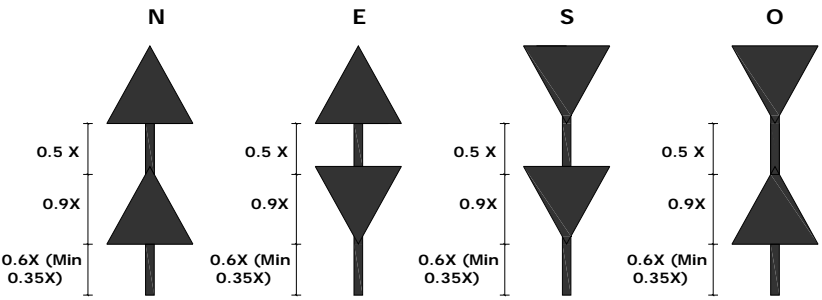
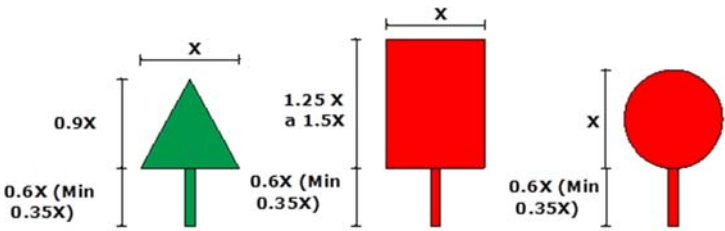
Les formes utilisées dans le système de balisage maritime de l'AIMS appartiennent aux familles des cônes, sphères, cylindres, croix de Saint-André ou croix de type "+" (marque de nouveau danger). Elles peuvent être fabriquées selon les techniques présentées au 5.1.

En cas d'utilisation, il convient de bien faire attention à ce que les voyants n'altèrent pas la flottabilité de la bouée.

8.1.8.2 Dimensions

Les voyants doivent être aussi grands que possible, en prenant en compte l'impact sur la stabilité des bouées qui les portent.

Les guides sur le système de balisage maritime de l'AIMS donnent des indications sur les proportions à adopter entre les dimensions des voyants et de la bouée. Ainsi, la dimension X telle que montrée figure 30 est définie comme étant 25% à 30% du diamètre de la bouée. Toutefois, on utilise plutôt 15% à 25% dans la pratique.

<p>Marques cardinales</p>	 <p style="text-align: center;">Voyants cardinaux N / E / S / W</p>
<p>Marques latérales et eaux saines</p>	 <p style="text-align: center;">Voyants latéraux (Région A)</p>

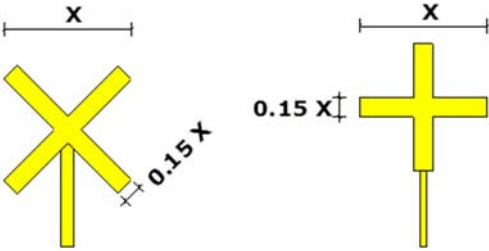
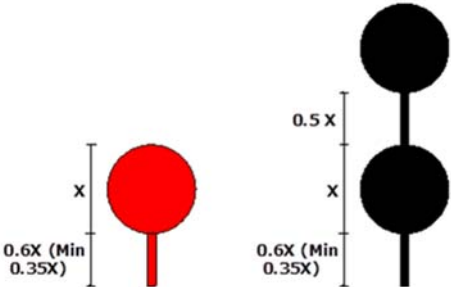
<p>Marques de nouveaux dangers et marques spéciales</p>	 <p>Marque spéciale Epave</p>
<p>Marques de danger isolé et marque d'eaux saines</p>	 <p>Marques d'eaux saines Danger isolé</p>

Figure 30 Proportions des voyants

8.2 Aides fixes

Presque toutes les marques définies pour les bouées par le système de balisage de l'AISM sont aussi utilisées pour les aides fixes. Ainsi, les informations données ci-dessus pour les bouées peuvent être étendues aux aides fixes à la navigation.

Toutefois, la conception des aides flottantes est limitée par les besoins de maintenance et de comportement à la mer.

Il y a plus de liberté à concevoir les marques de jour fixes.

Par exemple :

- Une marque de jour fixe peut être plus large et plus haute, amenant une portée visuelle de jour plus importante,
- Il peut être utilisé une combinaison de couleur spécifique pour permettre l'identification d'une marque de jour particulière,
- Elle peut être plane,
- Elle peut être conçue pour un arrière-plan particulier,
- Elle peut inclure un panneau d'arrière-plan pour augmenter le contraste,
- La conception des marques de jour peut prendre en compte les conditions environnementales comme l'action des vagues ou des glaces,
- La structure portante de la marque de jour peut en devenir une composante à part entière pour augmenter son évidence (Figure 30),



Figure 31 Exemple de structure porteuse utilisée comme marque de jour

8.2.1 Phares

L'utilisation de bandes de couleurs est une méthode traditionnelle pour augmenter l'évidence des phares comme marque de jour.

Au regard de la portée des marques de jour, les bâtiments doivent avoir une seule couleur pour avoir une portée aussi grande que possible. Pour autant, une combinaison de couleur rouge et blanche peut être utilisée pour augmenter l'évidence de la marque, si l'on accepte une baisse de la portée. À noter que ce type de combinaison de couleur rouge et blanche est fréquemment utilisé en aéronautique et en signalisation routière.



Figure 32 *Exemple d'utilisation de bandes horizontales rouges et blanches*

Une combinaison de couleurs peut également être utilisée pour identifier une marque de jour. Pour cette raison, la conception géométrique particulière (par exemple, losange) ou une combinaison de couleurs différentes (vert-blanc) peut être utilisée.



Figure 33 *Utilisation de motif en losange pour une conception de marque de jour sur un phare*



Figure 34 *Autres couleurs possibles pour la marque de jour d'un phare*

Le système de balisage de l'AIMS a déjà défini des combinaisons de couleurs pour marquer des configurations nautiques spécifiques. Les combinaisons de couleurs ne doivent donc pas être utilisées arbitrairement.

Ainsi, on a les combinaisons de couleurs :

- Bandes horizontales rouges et vertes, utilisées pour la division des chenaux,
- Bandes horizontales rouges et noires, utilisées pour les marques de danger isolé,
- Bandes horizontales jaunes et noires, utilisées pour les marques cardinales,
- Bandes verticales rouges et blanches, utilisées pour les marques d'eaux saines,
- Bandes verticales jaunes et bleues, utilisées pour les marques de dangers nouveaux.

Les combinaisons de couleurs doivent être utilisées pour les aides fixes, si et seulement si la marque de jour a la même signification d'information nautique que la bouée correspondante.

8.2.2 Autres considérations sur les structures utilisées comme marques de jour

Afin de faciliter la reconnaissance des couleurs, principalement dans le cas des marques latérales, il peut être utile de peindre la partie inférieure du bâtiment en blanc. De cette manière, on peut améliorer le contraste avec l'environnement et la partie supérieure de l'édifice.

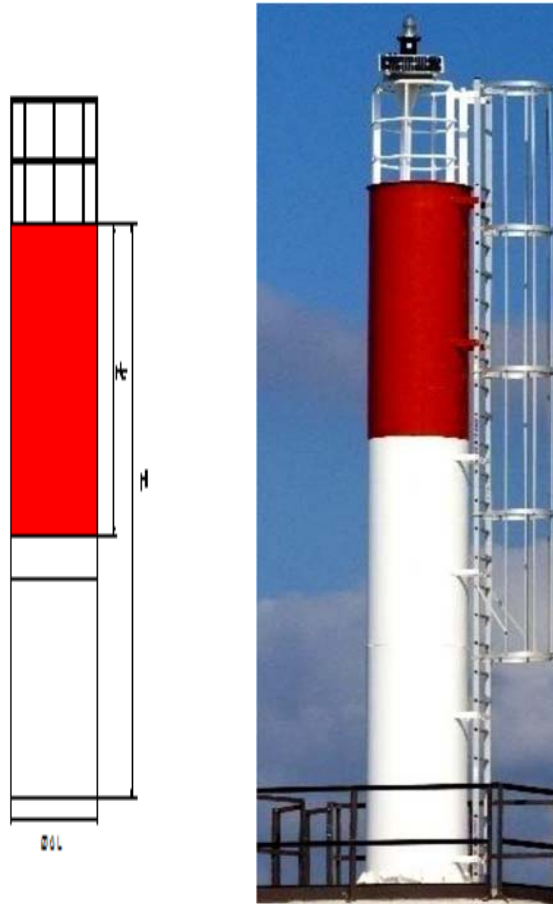


Figure 35 Peinture blanche augmentant le contraste d'une marque de jour latérale fixe

Seules les dimensions de la partie peinte dans la couleur correspondant au type de signalisation doivent être utilisées pour le calcul de l'aire de la surface utile.

L'installation d'un voyant ou un dessin spécifique de la forme du bâtiment en relation avec le système de balisage de l'AIMS permet d'augmenter grandement la reconnaissance de la marque de jour.

La reconnaissance de forme est très importante dans les situations de contre-jour dans lesquelles la reconnaissance des couleurs est difficile (voir Figure 34).

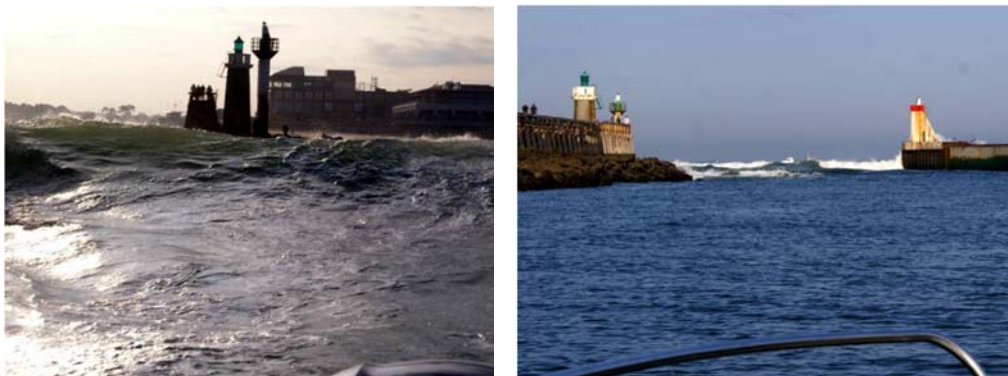


Figure 36 *Influence de la position du soleil sur la reconnaissance des couleurs et la reconnaissance de forme*

Dans certains cas, la structure peut porter une marque de jour issue du système de balisage maritime de l'AISM. Ceci peut être obtenu par l'ajout d'ailes ou de panneaux (voir figure 37).



Figure 37 *Exemple d'une aide fixe à la navigation utilisant des ailes additionnelles unidirectionnelles*

8.2.3 Marques de jour de couleur blanche

Le facteur de luminance ou albédo (voir 6.4.4) de l'arrière-plan (rochers, forêt) est compris entre 0,05 et 0,2 dans la plupart des cas. En conséquence, à l'exception du blanc, les couleurs rouge ou verte standard ont environ les mêmes valeurs et impliquent donc un faible contraste lumineux (voir 5.3.1).

Pour cette raison, une marque de jour blanche est préférable dans les situations où l'arrière-plan est le rivage et la conception peut être libre des contraintes induites par le système de balisage de l'AISM.



Figure 38 *Marques de jour blanches sur le rivage*

Toutefois, une marque de jour blanche montre un très faible contraste dans des conditions de brouillard ou quand l'arrière-plan est composé de neige ou de glace.

8.2.4 Marques de jour d'alignement

Les marques de jour des alignements sont décrites dans le guide AISM 1023. Ces marques de jour peuvent être planes, car elles sont utilisées directionnellement. Le guide AISM propose une marque de jour plane avec des bandes verticales blanches et rouges ($W = L/2$).

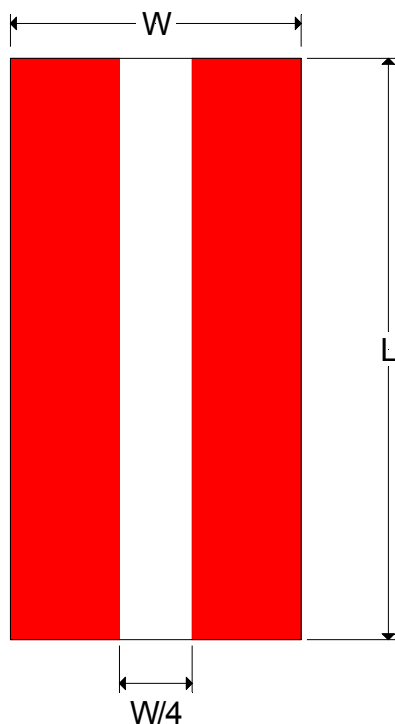


Figure 39 Géométrie d'un panneau d'alignement

Le guide AISM définit une portée opérationnelle en fonction de la hauteur verticale de la marque (L). La portée de la marque de jour est alors cette portée opérationnelle pour cet arrangement spécifique.

Dans de bonnes conditions de visibilité (visibilité météorologique de 10 M), la portée opérationnelle dépend uniquement de la taille du panneau de la marque.

Taille du panneau L x W [m x m]	Portée opérationnelle [M]	Portée opérationnelle [km]	Angle de vision pour une hauteur L	Angle de vision pour une largeur W (= L / 2)
1.6 x 0.8	1	1.9	2.9'	1.5'
2.1 x 1.05	2	3.7	2.0'	1.0'
3.1 x 1.55	3	5.6	1.9'	1.0'
4.2 x 2.1	4	7.4	2.0'	1.0'
6.3 x 3.15	5	9.3	2.3'	1.2'
8.6 x 4.3	6	11.1	2.7'	1.3'
12.2 x 6.1	7	13.0	3.2'	1.6'

Table 7 Dimensions d'un panneau d'alignement et portée en kilomètre

Les angles de vision des dimensions verticales et horizontales des marques de jour d'alignement, ainsi que les portées associées peuvent être comparées avec les valeurs obtenues Table 6.

En raison des longues portées requises pour ces équipements, et donc des panneaux de grandes dimensions nécessaires, les angles minimums de vision sont plus petits que ceux demandés pour les voyants des bouées.

Toutefois, le panneau d'un alignement n'a pas besoin d'avoir une reconnaissance de forme. À grande distance, l'observateur percevra la marque de jour comme une petite barre rouge verticale. La bande blanche disparaîtra, car elle sera en dessous de la résolution de l'œil.

8.2.5 Signalisation des ponts

Un autre exemple présentant des marques de jour planes sont les marques de signalisation de jour des ponts telles que définies par la recommandation AISM O-113.

Pour augmenter le contraste entre la signalisation et l'arrière-plan, il est recommandé d'utiliser un panneau d'arrière-plan de fond blanc.

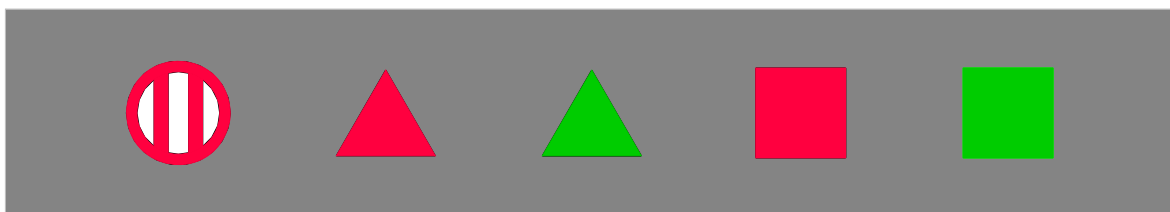


Figure 40 Marques de jour définies par la recommandation AISM O-113

Du point de vue de la perception visuelle, un panneau d'arrière-plan blanc n'augmente pas la portée visuelle de la marque de jour, mais elle permet une meilleure évidence des signes.

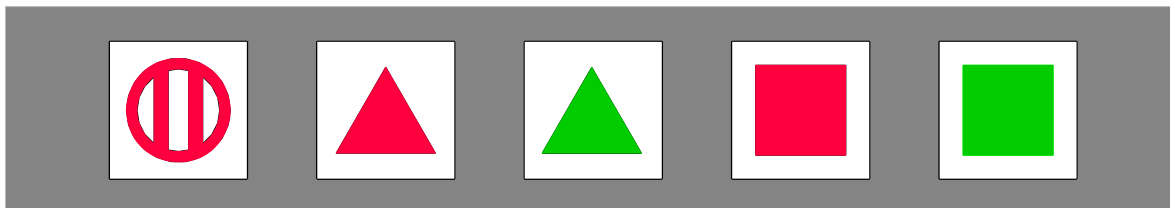


Figure 41 Conception de marque de jour à préférer

8.2.6 Conception des pictogrammes

La conception des pictogrammes doit tenir compte des limites du pouvoir de résolution de l'œil.

Exemple 1 :

La recommandation AISM O-113 sur la signalisation des ponts recommande un cercle avec des bandes verticales rouges et blanches. Elle ne définit pas le dessin exact de la marque de jour ou son nombre de bandes. De ce fait, tous les pictogrammes présentés Figure 42 sont valides.

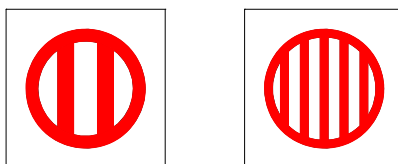


Figure 42 Signal : meilleur endroit pour passage

Au regard du pouvoir de résolution de l'œil, le pictogramme de droite propose des bandes verticales plus fines induisant une portée de la marque de jour significativement plus petite que celle du pictogramme de gauche.

Il est donc recommandé d'utiliser le dessin de gauche.

S'il est possible d'avoir une portée plus petite, le pictogramme de gauche peut être utilisé avec des dimensions plus petites que le pictogramme de droite.

Exemple 2 :

Une flèche de direction est utilisée dans une situation de division d'un chenal, quand un chenal est fermé, pour indiquer une direction obligatoire.

La Figure 43 propose deux dessins d'une flèche de direction.

La pointe de la flèche dessinée à gauche est très petite et deviendra invisible même à courte distance d'observation. L'information de direction est alors perdue, l'observateur ne percevant plus qu'une barre horizontale noire à longue distance.

Le dessin de la pointe de la flèche de droite est plus que deux fois plus grand. Ceci va accroître la portée de la marque de jour d'un facteur supérieur à deux. Ce dessin sera donc préféré.



Figure 43 Flèches de direction

8.3 Méthodologie de conception

Pour concevoir une marque de jour, les aspects visuels doivent être examinés en premier lieu. En effet, ceux-ci dérivent directement du besoin nautique.

La procédure suivante montre les étapes à suivre pour concevoir une marque de jour approprié au besoin nautique. La procédure peut changer selon le savoir-faire empirique des autorités ou selon les conditions locales.

Dans la plupart des cas, il ne convient pas de concevoir les marques de jour séparément. Il est plus efficace de créer des classes de marques de jour couvrant l'ensemble des applications d'une région, en relation avec la procédure présentée.

Le résultat de la procédure peut varier en fonction de l'évaluation que fait le concepteur de la marque de jour ou des conventions adoptées par les autorités compétentes.

La procédure commence par la collecte des paramètres d'entrée nécessaires. La conception (taille, profil, couleur) peut alors suivre les différentes étapes.

Paramètres d'entrée :

- Type de la marque de jour (Système de balisage de l'AIMS, bouée, aide fixe à la navigation...),
- But du projet et portée à atteindre,
- Pour les aides fixes à la navigation : secteur horizontal d'utilisation omnidirectionnel/unidirectionnel)
- Arrière-plan : rivage (albédo), ciel, surface de l'eau, neige, glace

Étape 1 :

- Position et hauteur au-dessus du niveau de la mer (remarque : la position ne peut pas tout le temps être modifiée en fonction de la marque de jour).

Étape 2 :

- Dimensions minimales des différentes formes (taille des bouées, voyants, panneaux) (Remarque : pour la taille voir 8.1.3).

Étape 3 :

- Choisir un profil comme décrit au 5.1 : plat, à symétrie de rotation, panneaux croisés, avec une construction charpentée,
- L'utilisation d'un voyant est-elle nécessaire ?

Étape 4 :

- Choisir une couleur selon les recommandations, les guides et les règles utilisés dans le système de balisage, les alignements, les couleurs ordinaires ou fluorescentes, les combinaisons de couleurs proposées par l'AIMS,
- Déterminer le contraste souhaité, et la taille des bandes colorées des marques de jour bicolores,
- Déterminer le contraste souhaité de la marque de jour à l'arrière-plan.

Étape 5 :

- Considérer les autres aspects de conception (ex. conception hydrostatique des bouées, accès sécurisé pour l'entretien, coûts, structure porteuse, charge du vent et des vagues)
- Vérifier les règles pratiques issues des retours d'expérience

À l'issue de l'étape 5, il peut arriver que la réalisation de la marque de jour apparaisse trop coûteuse ou que la conception ne soit pas adaptée compte tenu de la charge du vent ou de la force des vagues. Dans ce cas, il faut revenir au début du processus de conception en modifiant les paramètres d'entrée, puis suivre de nouveau les étapes de conception.

En général, s'il n'est pas possible d'atteindre la portée voulue, il est recommandé d'utiliser des marques de jour plus petites sur de plus courtes distances.

8.4 Limitations et facteurs de service

8.4.1 Structure porteuse

Les moyens d'optimisation des performances visuelles des marques de jour sont principalement limités à agir sur le dimensionnement ou le contraste.

Il faut construire des marques de jour avec de grandes largeurs pour obtenir des portées importantes.

Toutefois, on ne peut pas augmenter la taille des marques de jour en raison des limitations suivantes :

- Le poids
- La force du vent
- Les charges dues au vent et à la neige

Ces trois contraintes peuvent rendre les structures fixes ou flottantes à devenir trop grandes avec un coût trop important. Pour cette raison, il est nécessaire de trouver un compromis acceptable entre les caractéristiques visuelles d'une marque de jour et sa mise en œuvre pratique.

8.4.2 Décoloration

La décoloration des marques de jour est le résultat de l'action combinée du soleil, de l'humidité, des pluies acides, et de l'abrasion mécanique.

La sélection du système de peinture, des films colorés ou du matériau plastique doit être faite avec attention pour garder une stabilité temporelle maximum de la couleur.

Les fournisseurs doivent procéder à des essais périodiques pour confirmer la tenue dans le temps des couleurs et la continuité du respect des recommandations AISM. Au besoin, il peut être nécessaire d'augmenter la fréquence de la peinture pour garantir sa qualité.

8.4.3 Déjections d'oiseaux

Les déjections d'oiseaux peuvent masquer la couleur d'une marque de jour et empêcher son identification. Les effets corrosifs des déjections peuvent causer des dommages sur les peintures entraînant une réduction rapide de leur durée de vie.

La conception des marques de jour doit donc intégrer cette considération et chercher à éviter que la structure devienne un nichoir à oiseau. À cet effet, l'emploi de pics anti-volatiles peut s'avérer utile. Cependant, il convient de s'assurer que ces équipements ne constituent pas un danger nouveau pour le personnel chargé de la gestion de ces ESM.

8.4.4 Conditions environnementales locales

Les conditions environnementales locales peuvent engendrer une conception particulière des marques de jour qui pourrait ne pas être en accord avec les considérations avancées par le guide. Ces conditions environnementales couvrent les icebergs, les débris charriés par les rivières, les bouées de sites difficiles par exemple.

Les bouées situées dans les zones exposées aux glaces peuvent voir leurs équipements détruits par celles-ci. Pour résister à ces conditions, les bouées de ces régions sont généralement conçues élancées, avec un minimum d'excroissance et complètement étanches. Dans ces situations, il n'est pas toujours possible d'utiliser des voyants ou des ailes supplémentaires. Ceci nuit à la reconnaissance de forme des bouées latérales.

8.5 Exemples d'application

EXEMPLE 1 :

Bouée latérale standard avec une portée de la marque de jour de 3 M

Étape 1 :

La position est donnée par les exigences nautiques,
La hauteur (portée géographique) peut être négligée.

Étape 2 :

Dimensions de la bouée pour une convention d'observation de 3' vertical et 1' horizontal

$$H = 3 \times 1852 \text{ m} \times \tan(3') \approx 4.9 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 1852 \text{ m} \times \tan(1') \approx 1.6 \text{ m}$$

Les dimensions de la marque de jour sont fixées pour une hauteur de 4.9 m et un diamètre de 1.6 m,

La bouée est visible depuis toutes les directions (omnidirectionnelle).

Étape 3:

Profil 3d : compacte à symétrie de rotation (voir 4.1.2),

Utilisation d'ailes pour permettre une reconnaissance de forme et augmenter la largeur,

Pas de voyants.

Étape 4 :

Couleur ordinaire rouge ou verte.

Étape 5 :

Fabrication en polyéthylène roto-moulé.

Confirmation du dimensionnement avec d'autres outils appropriés (ex. calculs hydrostatiques, charge du vent)

Option : équipements solaires avec une source lumineuse en haut de la bouée.

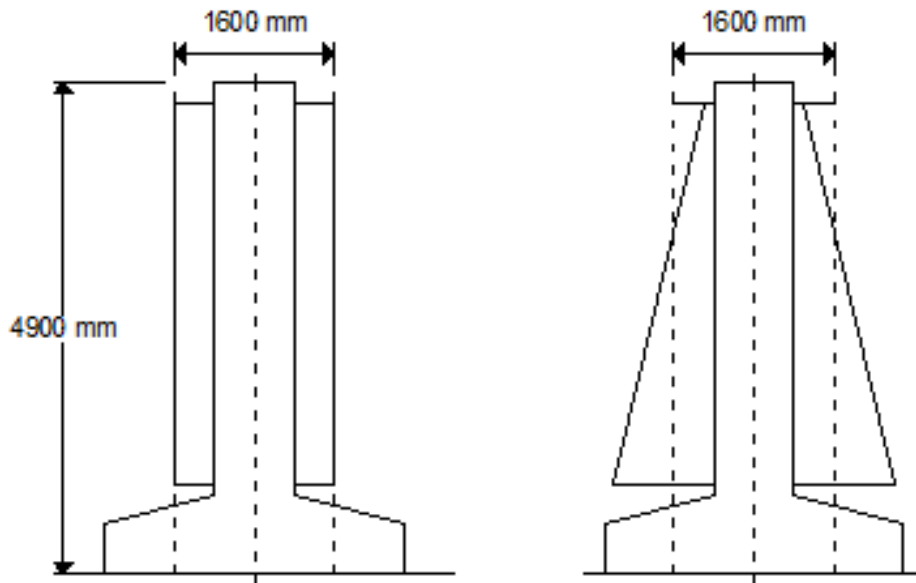


Figure 44 *Résultat de conception de la bouée pour l'exemple 1*

EXEMPLE 2 :

Bouée latérale standard avec une portée de la marque de jour de 1 M

Étape 1 :

La position est donnée par les exigences nautiques,

La hauteur (portée géographique) peut être négligée.

Étape 2 :

Dimensions de la bouée pour une convention d'observation de 3' vertical et 1' horizontal

$$H = 1 \times 1852 \text{ m} \times \tan(3') \approx 1,6 \text{ m}$$

$$L = 1 \times 1852 \text{ m} \times \tan(1') \approx 0,54 \text{ m}$$

Les dimensions de la marque de jour sont fixées pour une hauteur de 1,6 m et un diamètre de 0,54 m,

La bouée est visible depuis toutes les directions (omnidirectionnelle),

Pour une forme conique, on prend comme largeur la moyenne des diamètres des cônes.

Étape 3:

Profil 3d : compacte à symétrie de rotation (voir 5.1.2),

En lien avec le système de balisage de l'AIMS, la bouée sera conçue avec une forme cylindrique ou conique pour améliorer sa reconnaissance visuelle.

Étape 4 :

Couleur ordinaire rouge ou verte.

Étape 5 :

Fabrication en polyéthylène roto-moulé.

Confirmation du dimensionnement avec d'autres outils appropriés (ex. calculs hydrostatiques, charge du vent)

Option : équipements solaires avec une source lumineuse en haut de la bouée.

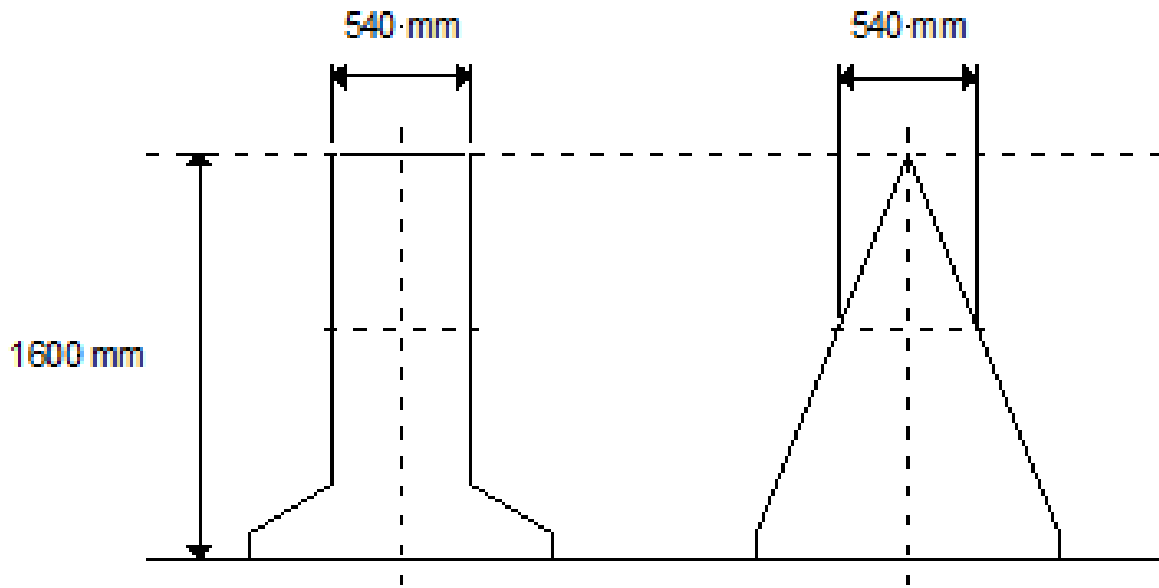


Figure 45 Résultat de la conception de la bouée pour l'exemple 2

EXEMPLE 3 :

Marque latérale fixe passive d'entrée de port, fixe, avec une portée de 5 M

Hauteur d'observation au-dessus du niveau de la mer minimum de 1 m

Étape 1 :

La position est donnée par les exigences nautiques (coordonnées géographiques),

La hauteur (portée géographique) peut être calculée avec :

$$R_g = 2.03 \times (\sqrt{h_o} + \sqrt{h_{b,\min}})$$

$$h_o = \left(\frac{R_g}{2.03} - \sqrt{h_{b,\min}} \right)^2 = 2.1m$$

(Partie basse de la marque passive au-dessus du niveau de la mer)

Étape 2 :

Dimensions de la marque pour une convention de 3' d'observation vertical et 1' horizontal

$$H = 5 \times 1852m \times \tan (3') \approx 8,1 m$$

$$L = 5 \times 1852m \times \tan (1') \approx 2,7 m$$

Les dimensions de la marque de jour sont fixées pour une hauteur de 8 m et un diamètre de 2,7 m,

La marque est visible depuis un secteur d'environ 180° en dehors du port,

Étape 3:

À cette étape, il a été décidé d'utiliser uniquement la couleur pour la reconnaissance de la marque passive. La reconnaissance de forme ne sera pas utilisée et il n'y aura pas de voyant.

La forme sera une construction cylindrique de 10,2 m (8,1 m + 2,1 m) et un diamètre minimum de 2,7 m.

Étape 4 :

Couleur ordinaire rouge ou verte, peinte sur la construction,

Pour augmenter l'évidence de la marque passive, la partie basse de la construction sera peinte en blanc. En se référant au savoir-faire empirique de l'autorité compétente, il a été décidé d'avoir les 2/3 de la marque passive peinte en rouge ou vert (8 m) et 1/3 de la partie haute peinte en blanc (4 m).

Étape 5 :

Confirmation du dimensionnement avec d'autres outils appropriés (ex. calculs de la charge du vent, étude du sol ...)

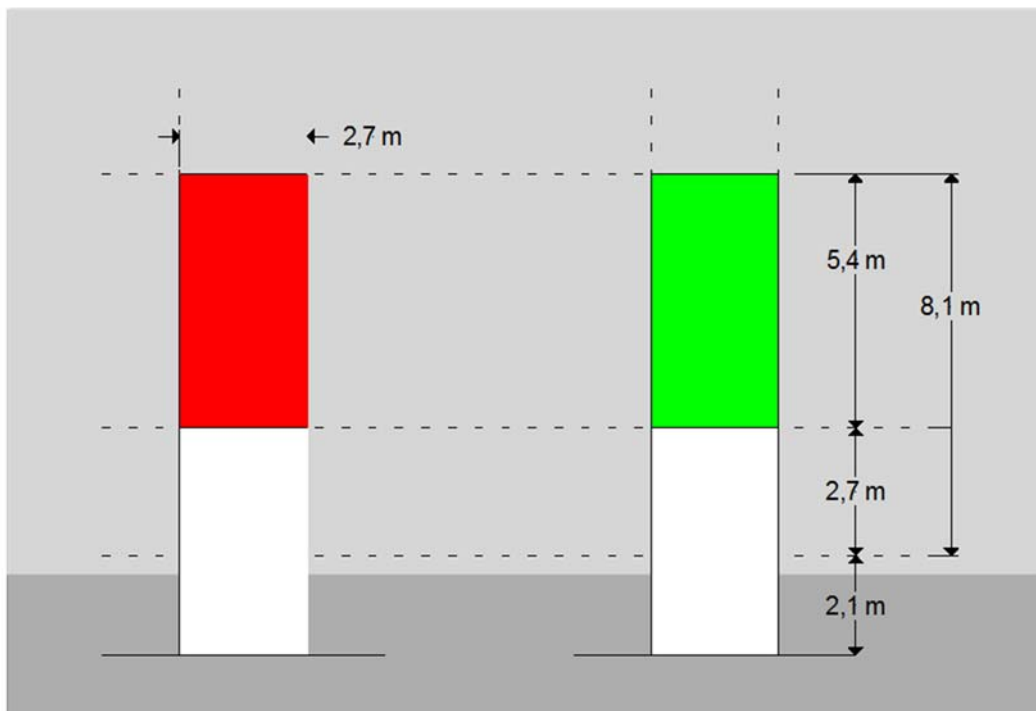


Figure 46 *Résultat de la conception de la tourelle pour l'exemple 3*

EXEMPLE 4 :

Bouée cardinale sud, avec une portée de marque de jour de 1.5 M, équipée d'un voyant et de panneaux solaires.

Étape 1 :

La position est donnée par les exigences nautiques,

La hauteur (portée géographique) peut être négligée.

Étape 2 :

Dimensions de la bouée pour une convention d'observation de 3' vertical et 1' horizontal

$$H = 1,5 \times 1852 \text{ m} \times \tan(3') \approx 2.4 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \times 1852 \text{ m} \times \tan(1') \approx 0.8 \text{ m}$$

Les dimensions de marque de jour des différentes bandes colorées sont fixées pour une hauteur de 2.4 m et un diamètre de 0.8 m,

La bouée est visible depuis un secteur d'environ 180° en dehors du port,

Étape 3:

À cette étape, il a été décidé d'utiliser des aides additionnelles pour augmenter la taille de la bouée et améliorer sa reconnaissance visuelle.

Le flotteur de la bouée a été calculé pour 3 mètres de diamètre par le concepteur.

La dimension X du voyant déterminée comme étant 25% du diamètre du flotteur (75 cm).

Étape 4 :

Couleur ordinaire jaune et noire.

Plastique coloré dans la masse (non fluorescent).

Étape 5 :

Fabrication du flotteur de 3 m de diamètre en plastique élastomère.

La hauteur totale de la marque de jour est de $2.4 \times 2 = 4.8$ m (2 bandes horizontales de 2.4 m).

Confirmation du dimensionnement avec d'autres outils appropriés (ex. calculs de la charge du vent, hydrostatisme ...).

Les panneaux solaires sont placés sur la partie basse de couleur noire de la bouée.

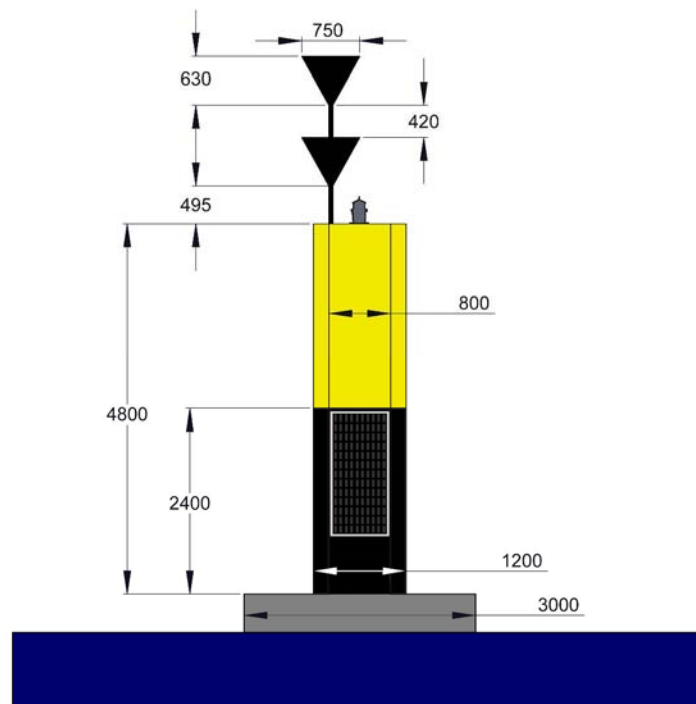


Figure 47 *Résultat de la conception de la bouée pour l'exemple 4 (unités : mm)*

EXEMPLE 5 :

Ensemble de marques de jour latérales de portée 4 M avec un arc utile d'utilisation limité montés sur des espars.

Étape 1 :

La position est donnée par les exigences nautiques,

La hauteur (portée géographique) peut être négligée.

L'arc utile est inférieur à 60°.

Étape 2 :

Les marques de jour doivent avoir une forme conique ou cylindrique (projections 2 D triangle ou rectangle).

Les dimensions des formes sont calculées avec une convention d'observation de 3' selon la géométrie propre aux voyants.

$$W = X = 4 \times 1852\text{m} \times \tan(3') \approx 6.5 \text{ m}$$

$$\text{Pour un triangle vert } H_{\text{vert}} = 0.9 \times 6.5\text{m} \approx 5.8 \text{ m.}$$

$$\text{Pour un rectangle rouge } H_{\text{rouge}} = 1.25 \times 6.5\text{m} \approx 8.1 \text{ m}$$

Étape 3:

À cette étape, il a été décidé d'utiliser une marque de jour plane suite à un arc utile d'utilisation <60°

Étape 4 :

Couleur ordinaire rouge et verte, construction métallique.

Étape 5 :

Les considérations de coûts et de charge au vent ont amené à décider d'une construction charpentée sur des espars métalliques.

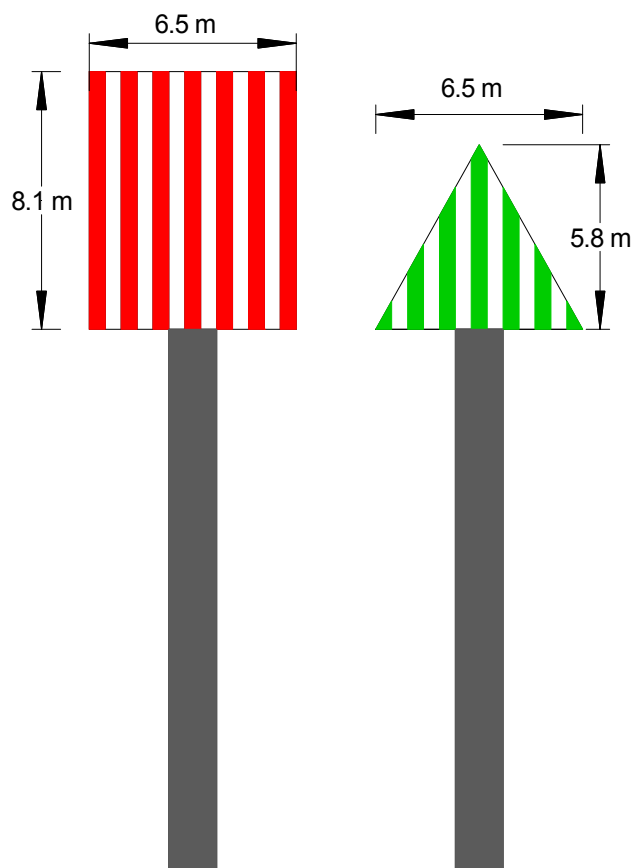


Figure 48 *Résultat de la conception de la marque de jour pour l'exemple 5*

RÉFÉRENCES

1. IALA Maritime Buoyage System and other Aids to Navigation
2. *Signalisation maritime - Documentation Technique*, CETMEF
3. CIE110 Spatial distribution of daylight - Luminance distribution of various reference skies
4. IALA Conference Presentation 1990 about lettering and signs, 'Studies on the recognizability of symbols and letterings on aids to navigation, Dr. Gerdes, Federal Republic of Germany.
5. IALA Guideline 1023 The Design Of Leading Lines Edition 1.1 December 2005
6. *Theorie der horizontalen Sichtweite*, Theory of horizontal visual range, Koschmieder, *Meteorologische Zeitschrift* 11/1926
7. *Farbe und Sichtbarkeit*, Colour and visibility Hoffmann, DFVLR, 1977, Germany
8. M. Blaise, IALA Bulletin No. 47 (April, 1971) article Titled "Daymarks as Aids to Navigation."
9. IALA Recommendation E-200 On Marine Signal Lights
10. IALA NAVGUIDE 1993, Annex 2
11. IALA Maritime Buoyage System Guidelines 1983
12. IALA Recommendation E-108 on Surface Colour
13. Standardization of U.S. coast Guard Leading Lines, IALA Conference 1998, Engineering
14. *Grundlagen der Lichttechnik*, Fundamentals of light technology: Dietrich Gall, Germany
15. Wikipedia article 'Albedo', 2011-08-16
16. *Libro de Normas Técnicas* of 1986 . Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Spain
17. *Manual de Sinalização Náutica* of the Brazilian lighthouse service.
18. "Über den Einfluss der Komponenten des Wasserverkehrssystem auf die Sicherheit des Seeschiffsverkehrs", University of Hanover, Germany
19. IALA Recommendation On The Marking of Fixed Bridges over Navigable Waters, dec 2011
20. Basic Guidelines for the design of visual marine aid to navigation daymarks, Puertos del Estado, Spain, 2010

ANNEXES

ANNEXE 1 : LA LOI DE KOSCHMIEDER

Selon la loi de Koschmieder, la luminance d'un objet observé à distance est exprimée par la relation :

$$L_o(d) = L_o * e^{-z*d} + L_b * (1 - e^{-z*d})$$

Où :

L_o est la luminance de l'objet,

L_b est la luminance de l'arrière-plan (b pour background),

z est le facteur de l'exponentiel (atténuation totale incluant l'absorption et la dispersion),

d est la distance d'observation.

Le principal enseignement de la loi de Koschmieder est qu'un objet observé de plus en plus loin va progressivement s'estomper avec un contraste qui tendra vers 0.

La première formulation de la loi de Koschmieder n'incluait pas la couleur. Ceci a été apporté par Hoffmann en 1977. Il introduit le calcul des coordonnées chromatiques à X, Y, Z d'une couleur observée à distance.

$$X_o(d) = X_o * e^{-z*d} + X_b * (1 - e^{-z*d})$$

$$Y_o(d) = Y_o * e^{-z*d} + Y_b * (1 - e^{-z*d})$$

$$Z_o(d) = Z_o * e^{-z*d} + Z_b * (1 - e^{-z*d})$$

Avec ces formules, on peut montrer que la couleur d'un objet va progressivement migrer vers la couleur de l'arrière-plan à longue distance.

Bien que la formule ci-dessus traite de l'évolution des coordonnées chromatiques selon la distance, elle n'inclut pas l'évolution du spectre en fonction de la diffusion atmosphérique.

Ceci peut être fait à l'aide de la loi décrite ci-dessous :

$$S_{\lambda,o}(d) = S_{\lambda,o} * e^{-z_{\lambda}*d} + Z_{\lambda,b} * (1 - e^{-z_{\lambda}*d})$$

Le calcul demande le spectre de l'arrière-plan $S_{\lambda,b}$, celui de l'objet $S_{\lambda,o}$ et une fonction du facteur exponentiel dépendant de la longueur d'onde z_{λ} .

ANNEXE 2 : DISTRIBUTION STATISTIQUE DE LA LUMINANCE DU CIEL

Un exemple de distribution statistique de la luminance du ciel au voisinage de l'horizon est montré figure suivante. Les valeurs présentées ont été obtenues grâce aux mesures faites par l'administration allemande en mer Baltique de janvier à décembre 2003.

Luminance du ciel à proximité de l'horizon.

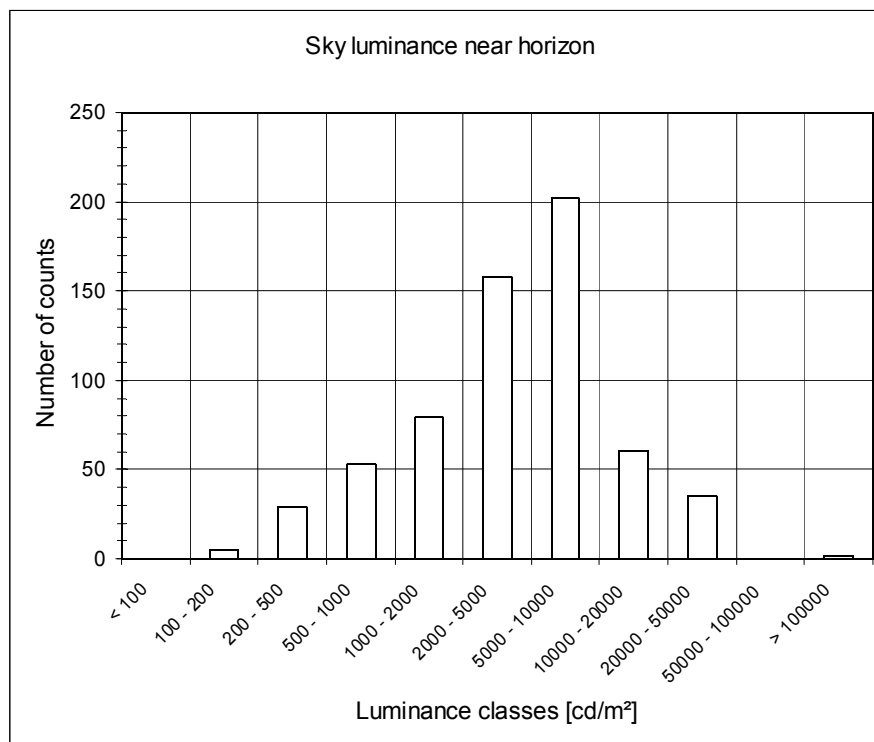


Figure 49 *Distribution de la luminance du ciel observé dans la mer Baltique (2003)*

Luminance de la surface de l'eau à proximité de l'horizon

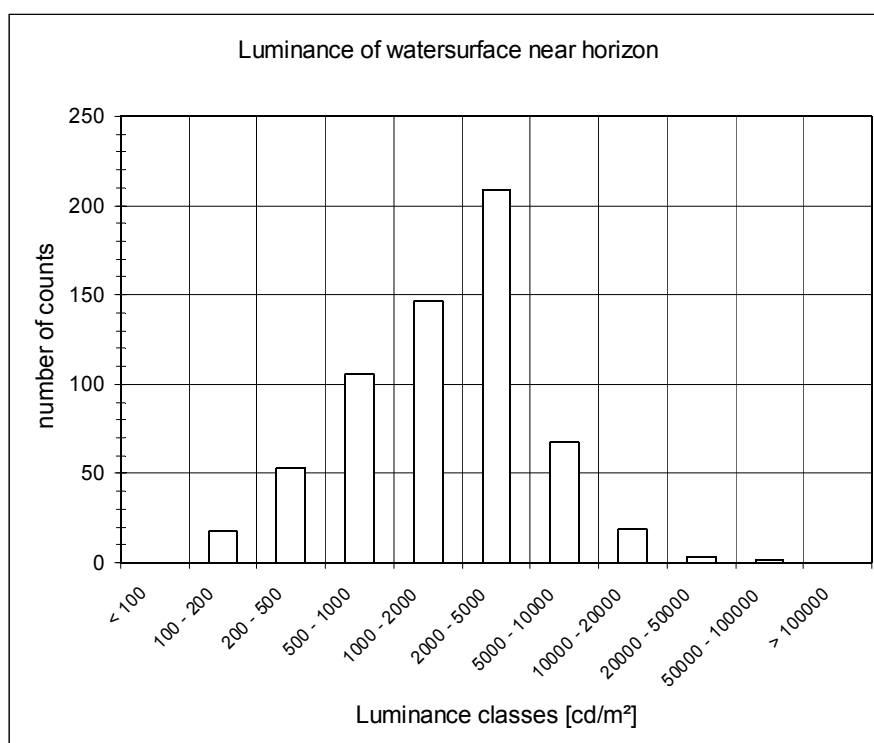


Figure 50 *Distribution de la luminance de l'eau observée dans la mer Baltique (2003)*

ANNEXE 3 : MODÈLE SIMPLIFIÉ DE L'ŒIL HUMAIN

Généralités

La perception visuelle d'un observateur est influencée par les deux aspects physique et psychologique. Bien que l'œil humain agisse comme un capteur physique, l'image que voit l'observateur est le résultat d'un traitement de l'image par le cerveau.

Un modèle simplifié de l'œil humain est présenté ci-dessous (Figure 51).

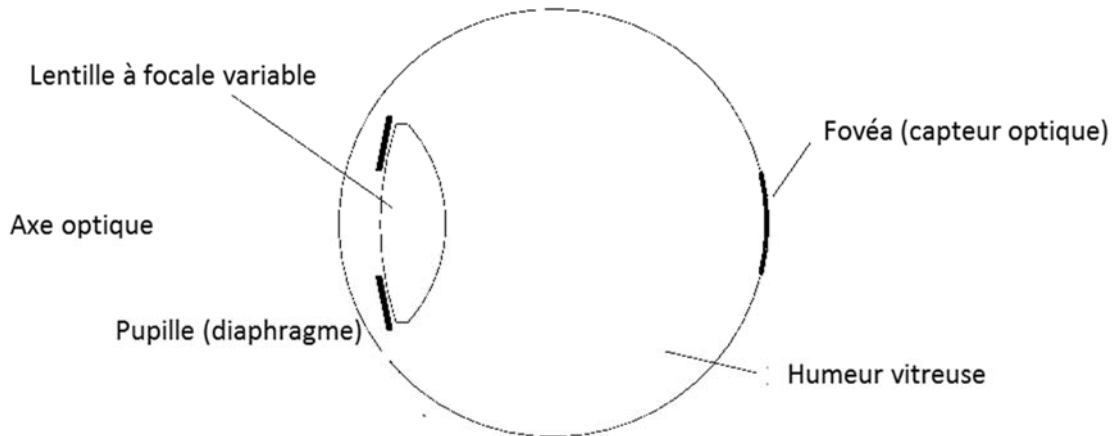


Figure 51 *Modèle simplifié de l'œil*

Le modèle optique simplifié de l'œil humain consiste en une lentille à focale variable, une pupille qui joue le rôle de l'ouverture de la lentille et la fovéa (le capteur) proche de l'axe optique.

L'œil a comme propriétés optiques :

- distances focales : 16 mm à l'infini
- diamètre de la pupille : 2 - 8 mm
- densité du capteur de la fovéa : cônes 142 000 cellules/mm² (~ 377 cellules/mm)
- sensibilité lumineuse : approximativement 10⁻⁵ cd/m² - 10⁺⁵ cd/m²

L'œil a deux types de capteurs : les cônes et les bâtonnets. Les cônes sont utilisés pour la vision de jour et les bâtonnets pour la vision de nuit. Pour les marques de jour, ce sont les cônes qui interviennent. Il peut être admis que l'observateur qui cherche à identifier une marque de jour le fait de face (et non grâce à sa vision latérale). Ceci implique que la marque de jour, l'observateur et l'image projetée se situent sur l'axe optique de l'œil. Dans cette région, la densité des cônes est maximale, et donc le pouvoir de résolution de l'œil aussi.

Les cônes de la fovéa ont une taille d'environ 1/ 377 mm ≈ 2.65 μm. Cette taille correspond à un angle de résolution de :

$$\alpha \approx \arctan\left(\frac{2.65 \mu m}{16 mm}\right) \approx 0.57'$$

Comme il a été écrit ci-dessus, le pouvoir de résolution de l'œil théorique peut donc se montrer inférieur à 1'. Toutefois, on peut convenir d'adopter en première approximation une résolution de l'œil de 1' (arc minute). Le pouvoir de résolution de l'œil indique que deux petits objets avec un bon contraste peuvent être perçus comme deux objets différents quand l'angle de vision est inférieur à 1'.

Reconnaissance de forme

Une image de l'objet (marque de jour) est projetée sur la fovéa. Dans un modèle simplifié, les capteurs de la fovéa (cônes) ont une taille d'approximativement 2.65 µm menant à un pouvoir de 0,57' = 0,166 mrad (Figure 52).

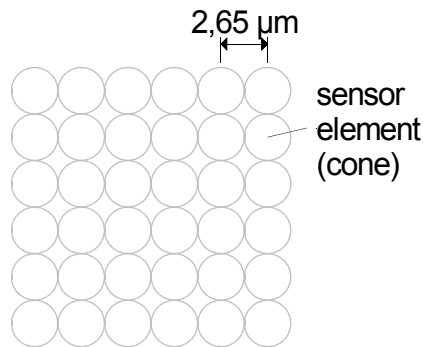


Figure 52 *Modèle simplifié de la fovéa*

Quand un observateur regarde une marque de jour ayant une forme simple (cylindre, cône, sphère) les capteurs élémentaires sont stimulés comme montré Figure 53.

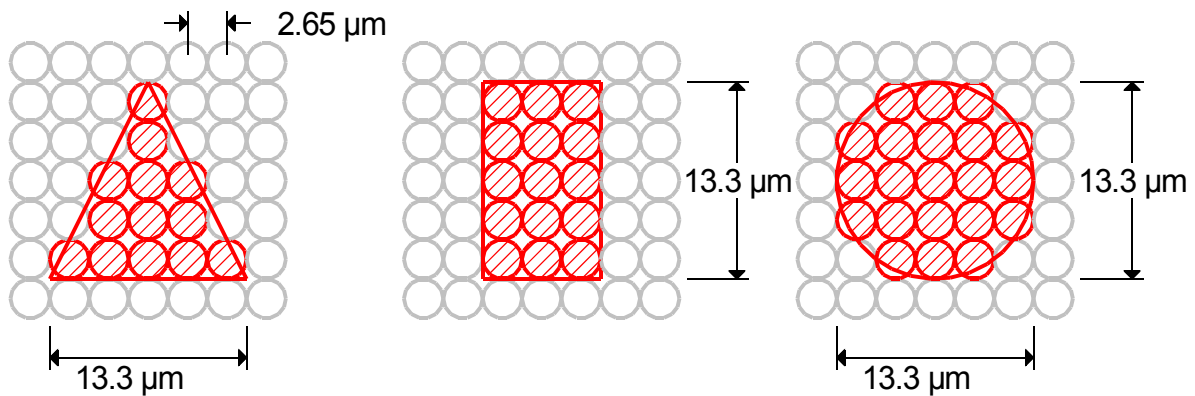


Figure 53 *Cônes stimulés par des formes simples*

La figure 53 montre l'influence de la densité des capteurs de la fovéa sur la reconnaissance de forme. Les trois formes élémentaires de l'AIMS peuvent être facilement identifiées quand la forme projetée est couverte par un réseau de 5 x 5 capteurs élémentaires.

Par conséquent, les dimensions hors tout de la projection des formes élémentaires sur la fovéa doivent être d'environ 13.3 µm. En association avec la distance focale de l'œil d'approximativement 16 mm, l'angle de résolution minimum pour identifier une forme élémentaire est :

$$\alpha_{shape} \approx \arctan\left(\frac{13.3 \mu m}{16 mm}\right) = 0.0476^\circ = 2.86' \approx 3'$$

Remarque : 3' = 0,05° = 0,9 mrad

ANNEXE 4 : THÉORIE DE BLAISE

M. P. Blaise du Service Technique des Phares et Balises français a publié sa théorie dans le bulletin AISM d'avril 1971. Il introduit le postulat qu'il y a deux régions pour la visibilité :

- Pour un angle apparent $> 3'$ (0,8725 mrad), la visibilité dépend uniquement du contraste
- Pour un angle apparent $< 3'$ (0,8725 mrad), la visibilité dépend du produit du contraste et de l'angle solide apparent de l'objet.

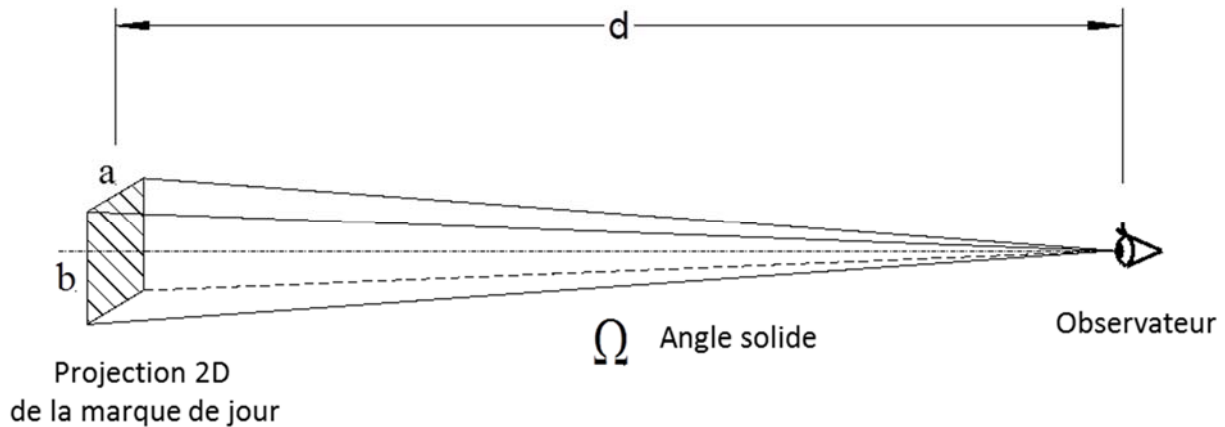


Figure 54 *Théorie de Blaise*

À grande distance d , l'angle solide peut être approximé par :

$$\Omega \approx \frac{a * b}{d^2}$$

Pour simplifier ses calculs, Blaise supposa

$$a \approx b$$

On en déduit que l'angle de vision de l'objet devient alors (en radian).

$$\alpha \approx a/d$$

Par la suite, la théorie de Blaise peut être réécrite de cette façon :

- Pour $\alpha < 0.8725$ mrad, l'œil de l'observateur a besoin d'un contraste de

$$|C| > 0.038 * 10^{-6} * \frac{d^2}{a * b}$$

- pour $\alpha > 0.8725$ mrad, l'œil de l'observateur a besoin d'un contraste de

$$|C| > 0.05$$

Remarque :

- La théorie de Blaise est basée sur la simple détection de la marque de jour et non sur la reconnaissance ou l'identification.
- Dans sa publication, Blaise définit la limite de 1 mrad. Toutefois, la formule décrivant C est continue pour la valeur de $\alpha = 0.8725$ mrad = $3'$, ceci fonde à choisir cette valeur ici.

ANNEXE 5 : UN EXEMPLE DE MARQUE DE JOUR (CANADA)

Les gardes-côtes canadiens utilisent des marques de jour planes comme aides fixes à la navigation. Ces marques de jour planes sont définies par une directive opérationnelle. Pour les marques latérales, elle définit les marques de jour qui suivent.

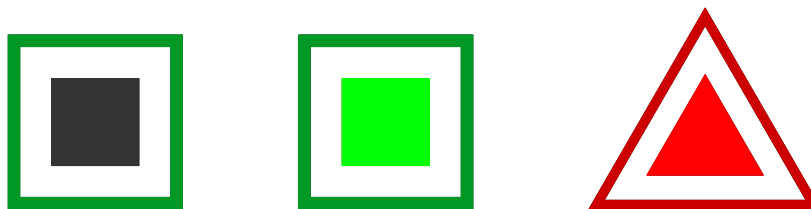


Figure 55 *Marques de jour canadiennes standardisées*

La forme des marques de jour satisfait au système de balisage maritime de l'AISM. La couleur au centre est fluorescente, verte ou rouge. Pour la partie de la marque qui se trouve côté port, un carré noir peut être utilisé comme alternative (système B).

La signalisation présente un panneau blanc pour un contraste d'arrière-plan, entouré d'une bande rétro réfléchissante rouge ou verte.

La directive canadienne donne la portée selon la taille de la forme centrale.

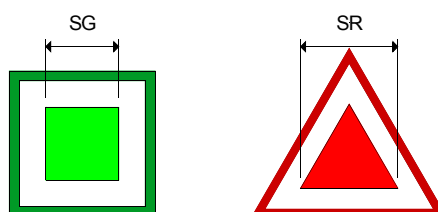


Figure 56 *Dimensions des marques de jour canadiennes*

Type	Dimensions	Portée	Angle de vision à la portée
Bâbord	SG = 0.3 m	1000 m	1'
	SG = 0.45 m	1500 m	1'
	SG = 0.9 m	3000 m	1'
Tribord	SR = 0.4 m	1000 m	1.4'
	SR = 0.6 m	1500 m	1.4'
	SR = 1.2 m	3000 m	1.4'

Table 8 *Dimensions à adopter en fonction de la portée*

Pour la portée définie, l'angle de perception de la forme centrale est en dessous du pouvoir de résolution de l'œil, en théorie, la forme n'est pas reconnue à cette distance (voir 7.1).

Si la taille du panneau avait été choisie pour permettre un angle de vision de 3', il aurait dû être 3 fois plus grand que ceux décrits. Ceci aurait induit des coûts très importants, en particulier pour les structures porteuses devant résister au vent.

Toutefois, la directive technique canadienne est un très bon exemple sur la façon de surmonter ce problème :

La reconnaissance de la marque peut être augmentée en :

- utilisant un panneau d'arrière-plan blanc augmentant le contraste
- utilisant des couleurs fluorescentes
- utilisant le noir à la place du vert pour la signalisation côté bâbord.

À une longue distance d'observation, le marin ne pourra identifier la marque que grâce à sa couleur et non sa forme. Le vert n'est pas aussi facile à identifier que le rouge à longue distance. L'utilisation alternative du noir peut alors se montrer plus efficace.