



Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

Groupe de travail des transports par voie navigable**Groupe de travail de l'unification des prescriptions techniques
et de sécurité en navigation intérieure****Cinquante-troisième session**

Genève, 27-29 juin 2018

Point 4 b) de l'ordre du jour provisoire

**Unification des prescriptions techniques et de sécurité en navigation
intérieure ; signalisation des voies de navigation intérieure (SIGNI)
(Résolution n° 22, révision 2)****Directives de l'AIMS concernant le choix du rythme et la
synchronisation des feux d'aide à la navigation (G 1116),
édition 1.0, décembre 2016****Communication de l'Association internationale de signalisation
maritime (AIMS)****Mandat**

1. Le présent document est soumis sur la base du module 5 intitulé « Transports par voie navigable », paragraphe 5.1 du programme de travail pour la période 2018-2019 (ECE/TRANS/SC.3/2017/24), que le Comité des transports intérieurs a adopté à sa quatre-vingtième session (20-23 février 2018).
2. À sa cinquante-deuxième session, le Groupe de travail de l'unification des prescriptions techniques et de sécurité en navigation intérieure a décidé d'examiner les directives de l'AIMS concernant le choix du rythme et la synchronisation des feux d'aide à la navigation (G 1116 décembre 2016) pour en tirer éventuellement des amendements à inclure dans le SIGNI (ECE/TRANS/SC.3/WP.3/104, par. 32). Les Directives de l'AIMS sont reproduites en annexe.



Annexe

1. Introduction

Le présent document vise à donner des conseils techniques pour choisir les rythmes des feux définis dans la Recommandation E-110 [1]. Il comprend des considérations sur la durée des feux, le choix des couleurs, l'utilisation d'ensembles feu fixe/feu à éclats, l'avis des usagers, la synchronisation et le séquençage.

Alors que le choix du rythme d'une bouée lumineuse est chose aisée, strictement encadré par la Recommandation E-110, il est beaucoup plus difficile de choisir le rythme d'un feu fixé à demeure en raison du nombre de possibilités offertes. Avant de choisir le rythme d'un feu fixé à demeure, il faut tout d'abord prendre en considération les aspects liés à la navigation, notamment la distance par rapport aux marques environnantes, la visibilité, la nature du terrain ou encore les sources lumineuses environnantes. Ensuite, on peut s'intéresser aux aspects techniques comme l'alimentation en énergie, après quoi on peut faire son choix.

2. Historique

Autrefois, les rythmes définis dans la Recommandation E-110 étaient soumis à un certain nombre de contraintes techniques mais, dans un avenir prévisible, la majorité des feux fixés à demeure et des bouées lumineuses seront équipés de diodes électroluminescentes (DEL) voire d'autres sources lumineuses plus modernes. Ces nouvelles techniques devraient offrir de nombreuses possibilités.

3. Objectifs

Le présent document concerne les aides à la navigation maritime et les feux de signalisation fixés à demeure ou les bouées lumineuses. Il est censé contenir des conseils sur les questions suivantes :

- Considérations générales de durée ;
- Choix des couleurs ;
- Durée des éclats ;
- Durée de la période ;
- Utilisation de groupes feu fixe/feu à éclats ;
- Synchronisation et séquençage ;
- Partage des bonnes pratiques par l'inclusion d'exemples dans les appendices.

4. Considérations générales de durée

4.1 Choix de la période

Après extinction d'une source lumineuse, la persistance rétinienne de la lumière peut atteindre 0,15 seconde. Si la durée de l'intervalle d'obscurité d'un feu est trop courte, les éclats risquent de se confondre et d'empêcher l'observateur de reconnaître un feu. C'est la raison pour laquelle la durée des occultations ne doit pas dépasser 0,15 seconde.

La période des feux rythmés devrait être déterminée en fonction des conditions de navigation locale et des risques encourus. Dans les zones délicates, où le trafic est intense et où les bateaux naviguent à grande vitesse, les périodes doivent être plus courtes et les éclats plus longs ou plus nombreux de façon à permettre une reconnaissance plus rapide et plus

fréquente des feux. En revanche, dans les zones où le trafic est peu intense et où les bateaux naviguent lentement, on peut utiliser des périodes plus longues.

Traditionnellement, la période utilisée pour les principaux feux d'atterrissage était de 30 secondes. Il se peut que sur les nouvelles aides à la navigation on utilise des périodes plus courtes afin de permettre à l'observateur d'identifier plus rapidement les feux.

Pour que les navigateurs continuent à se situer dans l'espace dans les zones délicates, il faudrait envisager de limiter la durée des occultations. Des essais ont montré que des occultations de 8 secondes seraient idéales [23]. Lorsqu'une occultation plus longue est nécessaire pour éviter toute confusion avec un autre feu, on peut recourir à un ensemble feu fixe/feu à éclats pour que les navigateurs continuent à se situer dans l'espace à proximité des feux. On peut aussi envisager de réduire la durée des occultations des feux à éclats réguliers dans les zones fréquentées par des bateaux à grande vitesse ou dans les zones de manœuvres, à proximité des feux.

4.2 Choix de la durée des éclats

Afin que leurs feux rapides soient reconnaissables, les services devraient décider que la fréquence des feux rapides soit de 60 par minute, celle des feux très rapides de 120 par minute et celle des feux ultra rapides de 240 par minute. La fréquence des éclats des feux ultra rapides ne devrait pas dépasser 300 par minute parce qu'au-delà ils peuvent donner l'impression d'émettre une lumière fixe dans certaines circonstances.

On ne peut distinguer deux feux de façon évidente d'après la seule fréquence de leurs éclats que si le rapport de ces fréquences est au moins égal à trois. Si l'on ne peut obtenir ce rapport, il faudra veiller à ce que des feux à éclats, scintillants, scintillants rapides et scintillants ultra-rapides, de même couleur et dans une même zone puissent être correctement et immédiatement identifiés. Il faudra donc introduire autant que possible d'autres distinctions entre les feux par exemple des périodes très différentes ou des nombres d'éclats différents dans les groupes.

Le terme « éclat long », utilisé dans les définitions du feu à éclats longs et des feux réservés aux marques cardinales Sud désignent une émission de lumière d'une durée d'au moins 2 secondes. Le terme « éclat bref » n'est pas d'usage courant et n'apparaît d'ailleurs pas dans la Classification [1]. Si un service désire différencier deux feux à éclats qui ne diffèrent que par la durée de leurs éclats, il faudra que l'éclat le plus long soit appelé « éclat long » et qu'il dure au moins deux secondes. Quant à l'éclat le plus court, il pourra être appelé « éclat bref », mais sa durée ne devra pas représenter plus d'un tiers de celle de l'éclat le plus long.

Plusieurs pays ont instauré d'autres rythmes qu'ils utilisent principalement sur leurs bouées lumineuses ; on en trouvera plusieurs exemples sous les références [11], [12] et [13]. On peut par exemple augmenter le nombre d'éclats au fur et à mesure que l'on s'avance dans le chenal ou utiliser un autre rythme sur les bouées lumineuses latérales à l'endroit des bifurcations.

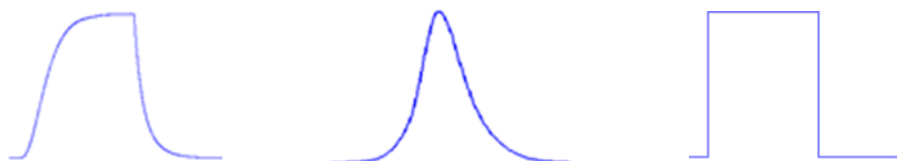
4.3 Choix de la forme des éclats

La forme des éclats étant soumise à des contraintes techniques, elle ne pouvait pas être choisie. Les éclats gaussiens produits par des optiques tournantes et des sources à incandescence présentaient l'inconvénient que la durée des éclats n'était pas perçue de la même façon selon la distance à laquelle se trouvait le feu. Les éclats rectangulaires que produisent normalement les diodes électroluminescentes (DEL) ont une durée qui est perçue de la même façon, quelle que soit la distance de laquelle on les observe.

Cependant, grâce aux techniques modernes de commande et aux DEL, on peut obtenir des formes d'éclats sur mesure qui améliorent leur visibilité et leur portée. Les méthodes utilisées pour modifier la forme des éclats et les rendre plus lumineux sont expliquées sous la référence [3].

Figure I

Formes courantes des éclats émis par des sources lumineuses à incandescence (à gauche), par des sources lumineuses à optique tournante (au milieu) et par des diodes électroluminescentes (à droite)



5. Choix des couleurs

Vu que la lumière blanche et la lumière jaune peuvent se confondre, il est plus prudent de choisir, pour les feux de ces couleurs, un rythme permettant de les distinguer.

Un feu de couleur verte ou de couleur bleue qui émet des éclats de très courte durée peut être confondu avec un feu de couleur blanche. C'est pourquoi, pour les feux de couleur verte ou bleue émettant des éclats brefs, les services doivent s'assurer que la couleur verte ou bleue soit reconnaissable à la portée maximum des feux. Il est donc préférable d'éviter de choisir des fréquences trop rapides pour ces couleurs.

Pour le choix des couleurs, on est prié de se reporter au Système de balisage maritime de l'AISM.

6. Utilisation d'ensembles feu fixe/feu à éclats

Remplacer une occultation par un signal lumineux de faible intensité aide le navigateur à mieux se situer dans l'espace et à mieux reconnaître le feu à proximité duquel il se trouve. En cas de remplacement de l'optique tournante d'un phare par des diodes électroluminescentes, l'utilisation d'un ensemble feu fixe/feu à éclats crée un effet semblable à la lumière résiduelle émise entre les éclats d'une optique tournante. Des essais ont montré qu'un signal fixe d'une intensité lumineuse égale à un pour cent de l'intensité lumineuse maximum peut être considéré comme suffisant dans la majorité des cas où l'on utilise cet ensemble. Il faut veiller à ce que la diminution de la visibilité due à l'utilisation d'un ensemble feu fixe/feu à éclats ne dépasse pas 5 % (ou 10 % dans un environnement très éclairé).

Un feu fixe peut être associé à un certain nombre de feux rythmés, à condition que l'intervalle de faible intensité (occultation la plus longue du groupe) soit plus long que l'intervalle de forte intensité (éclat). Néanmoins, on peut aussi associer un feu fixe à des feux à occultations. En cartographie, la lettre « F » placée devant l'abréviation d'un feu signifie qu'on lui a associé un signal de faible intensité, comme on le voit dans la figure II et comme c'est le cas dans les abréviations : FF1, FIso et FLFI.

Figure II
 Extrait de carte montrant un feu 15 NM FFI (Aide à la navigation n° 935,
 phare de Sörve, Estonie)



Ce type de feu devrait être utilisé avec précaution car le feu fixe peut ne pas être visible tout le temps à la même distance que le feu rythmé en raison de l'environnement.

On trouvera les résultats d'essais et des exemples d'application sous les références [9] et [10].

7. Synchronisation et séquençage des feux d'aide à la navigation

7.1 Introduction

La synchronisation et le séquençage des feux aident les navigateurs à mieux se situer dans l'espace et améliorent la visibilité générale des feux, notamment dans les agglomérations et les zones éclairées.

Synchronisation et séquençage peuvent s'appliquer aussi bien aux feux fixes qu'aux feux à éclats.

Dans la mesure du possible, il faut procéder à des simulations avant d'utiliser le séquençage de feux pour en évaluer les avantages.

La facilité d'accès aux signaux émis par le Système mondial de navigation par satellite (GNSS) permet la synchronisation et le séquençage des feux à peu de frais. On trouve aujourd'hui sur le marché des feux avec module de réception des signaux GNSS à des prix très abordables.

En outre, cette synchronisation peut s'appliquer à d'autres domaines, comme le balisage de structures construites par l'homme [21], de parcs éoliens [22], ou d'autres types d'objets comme des épaves, ou lorsque l'identification des lieux est utile au navigateur.

7.2 Application de la synchronisation et du séquençage

Pour répondre aux besoins de la navigation et notamment faire face aux risques qu'elle peut présenter, l'utilisation de la synchronisation et du séquençage permet de rendre les feux conventionnels plus visibles dans un environnement éclairé.

La synchronisation de deux feux à éclats ou davantage est déjà pratiquée dans d'autres modes de transport, comme le transport routier, le transport ferroviaire, le transport aérien et le transport maritime. La synchronisation est utilisée depuis longtemps dans le transport maritime sur les feux d'alignement. Elle vise à améliorer la visibilité des signaux et /ou à indiquer que deux feux ou davantage sont liés d'une certaine façon. Par exemple, si deux bouées lumineuses forment une « entrée » dans un chenal, leurs lumières peuvent être synchronisées pour rendre cette entrée plus visible et que les navigateurs puissent mieux la situer dans l'espace.

Le séquençage de feux est utilisé pour montrer comment ils sont disposés les uns par rapport aux autres. Cette méthode est quelquefois comparée au balisage d'une piste d'atterrissage. Dans certains cas, on peut augmenter ou diminuer le nombre d'éclats émis par les feux au fur et à mesure que l'on avance sur le chenal en veillant à ce que seuls deux d'entre eux soient visibles en même temps.

On peut aussi combiner les deux effets de telle façon que, dans le cas d'un chenal balisé par des paires de bouées lumineuses, les feux soient synchronisés par paire et qu'ils s'allument les uns après les autres au fur et à mesure que l'on s'avance dans le chenal.

Chaque fois, l'objectif est d'aider le navigateur à distinguer quels feux sont appariés et aussi d'indiquer quelles paires de bouées ou de balises sont les plus proches ou les plus éloignées.

À la lumière des nombreux essais réalisés [14] et de l'expérience acquise dans la synchronisation et le séquençage, ces deux méthodes ont chacune leur avantage :

- La synchronisation rend les feux plus visibles car ils attirent l'œil de l'observateur et sont visibles malgré la lumière environnante grâce à leur régularité et leur simultanéité ;
- Le séquençage renseigne sur la direction à suivre et sur la position, par exemple dans un chenal, parce que la vision de l'observateur se déplace sur un plan horizontal.

Les résultats d'un certain nombre de ces essais peuvent être consultés sur le site Web de l'AISM.

7.3 Considérations concernant la mise en place de la synchronisation

Les feux d'aide à la navigation peuvent être synchronisés de plusieurs façons. Ils devraient se déclencher dans un certain ordre pour que le chenal soit le plus visible possible pour le navigateur. On trouvera ci-dessous des exemples de bonnes pratiques.

7.3.1 Configuration d'essai pour une visibilité optimale

Avant de choisir une méthode de synchronisation, il faut absolument procéder à des essais de simulation sur un chenal dans différentes conditions. Cela permettra de savoir dans quelle mesure la visibilité peut être améliorée sur ce chenal. Les navigateurs concernés devraient aussi être associés à ces essais pour que le système de synchronisation choisi soit le mieux adapté au cas particulier.

7.3.2 Groupage logique des éclats

On peut utiliser les courbes pour diviser un chenal en tronçons. L'allumage des feux latéraux de chaque tronçon pourrait être synchronisé et serait suivi par l'allumage des feux du tronçon suivant. Pour indiquer que les différents tronçons font partie d'un même chenal, les feux devraient être semblables ; si tel n'était pas le cas, les fréquences des éclats devraient être des multiples les uns des autres.

Une autre possibilité serait de suivre l'exemple des balises des pistes d'atterrissage qui s'allument l'une après l'autre. Cette possibilité pourrait aussi être utilisée pour guider les bateaux jusqu'au port mais elle pourrait paraître étrange dans l'autre sens au moment de la sortie du port. Cela supposerait que la fréquence des éclats aux extrémités du chenal ne serait pas la même qu'au milieu. Cette méthode ne conviendrait pas pour un chenal dans lequel les feux ne sont pas placés à intervalles réguliers du fait que, comme les distances varient, il n'est pas possible de créer un « effet d'approche » comme dans les aéroports.

Une troisième solution serait de synchroniser les feux latéraux du chenal. De la sorte, le chenal serait parfaitement visible mais sa largeur serait difficile à évaluer.

7.3.3 Utilisation de feux différents

Il serait préférable d'utiliser des feux différents au début des chenaux ou lors de tout changement de direction. Par exemple, les deux premières bouées lumineuses marquant l'entrée d'un chenal pourraient être différentes des autres bouées du chenal tout en restant synchrones avec ces dernières.

La période des feux synchronisés devrait être suffisamment brève pour que le navigateur les voie aussi souvent que possible.

7.3.4 Feux à éclats séquentiels

Dans le cas des feux à éclats séquentiels, le décalage de la synchronisation doit être déterminé compte tenu de la configuration du chenal et notamment de l'espace entre les bouées lumineuses appariées, autrement dit « plus les bouées sont proches l'une de l'autre, plus le décalage doit être court.

La distance entre des feux synchronisés faisant partie d'un même ensemble, qu'il s'agisse de feux installés à demeure ou de bouées lumineuses doit être telle que l'ensemble soit compris dans le champ de vision du navigateur.

Avant de choisir le rythme de feux séquencés et/ou de feux appariés, il faut prendre en considération les conséquences que pourrait avoir une défaillance de la synchronisation sur l'identification de ces feux.

7.3.5 Feux d'alignement

Le choix du rythme des feux d'alignement et la gestion de leur synchronisation ([20] et [15]) devrait être tel que le premier et le dernier feu du chenal soient aisément reconnaissables et qu'un chevauchement de leur période d'éclairage reste possible en cas de défaillance de la synchronisation.

Il faudra accorder un soin tout particulier à la synchronisation des feux d'alignement pour veiller à ce que, en cas de défaillance de l'un d'eux, un feu isolé ne soit pas associé par erreur à une source lumineuse extérieure synchrone telle que son reflet dans l'eau. On pourrait même envisager une extinction automatique du second feu le cas échéant, en raison des risques encourus.

7.3.6 Autres considérations

1. Avant d'installer des aides à la navigation, il faut avoir une vision d'ensemble de leur répartition et des endroits où ils doivent être synchronisés, par exemple le long des chenaux ou à l'approche des ports.
2. L'état de la mer et les conditions de visibilité, autrement dit les conditions locales, devraient être examinées lorsqu'on veut installer des feux synchronisés ou séquentiels dans un chenal.
3. Au crépuscule, lorsque les feux s'allument, et en cas de perte du signal de synchronisation, il peut arriver que pendant un certain temps un ou plusieurs feux ne soient plus synchrones, ce qui suppose qu'il faut examiner la disposition générale des aides à la navigation pour s'assurer que les navigateurs puissent reconnaître le chenal.
4. Une synchronisation groupée est préférable à une synchronisation séquentielle pour ne pas induire en erreur les navigateurs qui se déplacent dans le sens opposé à l'ordre d'éclairage des feux.

5. Lorsqu'un système de synchronisation est mis en place, les navigateurs devraient en être informés.
6. Toutes les parties prenantes devraient être consultées lors de la conception d'un système synchronisé.

7.4 Limites de la synchronisation

7.4.1 Limites liées à l'environnement

La synchronisation et/ou le séquençage des aides à la navigation ne renseignent pas forcément le navigateur sur sa position mais lui permettent simplement de se situer dans l'espace et de s'orienter. L'installation d'un système de synchronisation peut se heurter à des contraintes physiques : les feux synchronisés utilisant le GNSS, par exemple, doivent disposer d'un capteur pleinement ouvert sur le ciel pour être régulièrement mis à jour. Il se peut que les conditions atmosphériques affaiblissent la puissance du signal sur les systèmes radio-synchronisés.

On peut considérer que la synchronisation d'un système de feux nécessite un léger supplément d'énergie. L'efficacité de feux synchronisés et/ou séquentiels peut être compromise par l'instabilité des bouées, le manque de visibilité, la hauteur excessive de l'œil par rapport à la divergence verticale et, d'une manière générale, les mauvaises conditions météorologiques et le mauvais état de la mer (comme pour les autres feux).

7.4.2 Décalage maximum

Pour que les navigateurs puissent clairement distinguer les ensembles de feux synchronisés, leur décalage ne doit pas dépasser 50 ms [12].

7.4.3 Écart angulaire minimum

Pour pouvoir clairement distinguer chaque feu synchronisé, il est recommandé qu'ils soient séparés par au moins 5 minutes d'arc, par rapport à l'observateur [12]. Les feux trop rapprochés peuvent donner l'impression d'être un seul feu d'une seule couleur mais différente.

8. Abréviations

FFI	Ensemble feu fixe/feu à éclats
FIso	Ensemble feu fixe/feu Isophase
FLFI	Ensemble feu fixe/feu à éclats longs
GNSS	Système mondial de navigation par satellite
GPS	Système mondial de positionnement (géré par le Gouvernement des États-Unis)
AISM	Association internationale de signalisation maritime
DEL	diode électroluminescente
ms	milliseconde

9. Références

- [1] IALA Recommendation E-110 on Rhythmic Characters of Lights on Aids to Navigation
- [2] IALA Recommendation E-200-0 on Marine Signal Lights – Overview
- [3] IALA Recommendation E-200-1 on Marine Signal Lights Part 1 – Colours
- [4] IALA Recommendation E-200-2 on Marine Signal Lights – Calculation, Definition and Notation of Luminous Range

-
- [5] IALA Recommendation E-200-4 on Marine Signal Lights, Part 4 – Determination and Calculation of Effective Intensity
 - [6] IALA Recommendation E-200-4 on Marine Signal Lights – Determination and Calculation of Effective Intensity
 - [7] IALA Recommendation E-200-5 on Marine Signal Lights – Estimation of the Performance of Optical Apparatus
 - [8] IALA Guideline 1069 – Synchronization of Lights
 - [9] Fixed Flashing Lights Viewing Trial. Malcolm Nicholson. Presentation at IALA ENG1
 - [10] Trials and Implementation of the Fixed and Flashing Rhythmic Character on Estonian AtoN. Aivar Usk. IALA ENG1 input paper ENG1-9.4.4
 - [11] National AtoN character list (German list). Frank Hermann. IALA ENG2 input paper ENG2-9.5
 - [12] National AtoN character list (Estonian list). Pärtel Keskküla. IALA ENG2 input paper ENG2-9.7
 - [13] National AtoN character list (French list). Yves-Marie Blanchard/Michel Cousquer. IALA ENG2 input paper ENG2-9.12
 - [14] GLA R&RNAV Technical Report No. RPT-09-03-MN-IT-07, Synchronised Lights Viewing Trial, August 2007
 - [15] IALA Guideline 1023 for the Design of Leading Lines
 - [16] IALA Guideline 1033 on the Provision of AtoN for different classes of vessels, including high speed craft
 - [17] IALA Guideline 1041 on Sector Lights
 - [18] IALA Guideline 1051 on the Provision of AtoN in Built-up Areas
 - [19] IALA Recommendation E-112 for Leading Lights
 - [20] IALA Recommendation O-138 on the Use of GIS and Simulation by AtoN Authorities
 - [21] IALA Recommendation O-139 on Marking of Manmade Structures
 - [22] IALA Recommendation O-117 on The Marking of Offshore Wind Farms
 - [23] Group Flashing Light Viewing Trial. Pärtel Keskküla. IALA ENG4 input paper ENG4-9.13
-