



**ASSOCIATION
des
RESERVISTES
du
CHIFFRE**

Nouvelle Série - N° 4 - 1976

LE SERVICE DES PHARES ET BALISES

Comment un service qui s'enorgueillit des grands noms d'Augustin FRESNEL, d'Emile ALLARD et plus récemment de BLONDEL, universellement connus sur le plan scientifique international est-il si peu connu en FRANCE ?

C'est une lacune que l'Association des Réservistes du Chiffre a voulu combler pour ses adhérents à l'occasion du congrès 1976. La présentation de ce service aux aspects multiples en un court laps de temps aux membres de l'A.R.C. était une gageure, aussi après un exposé général s'est-on limité aux aspects actuels ou nouveaux de la signalisation maritime et à une visite très rapide des magasins et ateliers.

La loi du 15 Septembre 1792 a décidé la centralisation de la construction et de l'entretien des phares, feux, balises et amers, auparavant laissés à l'initiative des autorités locales.

C'est NAPOLEON 1er, par décret du 7 Mars 1806, entre AUSTERLITZ et IENA, qui les a placés sous l'autorité du Ministre de l'Intérieur, prévoyant aussi la concertation avec le Ministère de la Marine. Au sein du Ministère de l'Intérieur, la tâche a été confiée à la Direction Générale des Ponts et Chaussées, les opérations locales étant du ressort des Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées (un par département).

Cette organisation subsiste, réserve fait du transfert des Ponts et Chaussées au Ministère des Travaux Publics (1830), devenu Ministère de l'Equipement.

A la tête se trouve une Direction des Phares et Balises, rattachée à la Direction des Ports maritimes et voies navigables ; elle a la responsabilité générale du Service, qui englobe l'infrastructure de la signalisation maritime comprenant :

- les Phares et Feux érigés sur les côtes, les îles ou les écueils (157 grands phares et 1083 feux)

- les balises et amers, constructions caractéristiques élevées sur terre ou en mer pour servir de repères aux navigateurs, munies de voyants et certaines de feux
- les bouées, lumineuses ou non (1550 dont 700 lumineuses), qui servent à marquer des passages ou des dangers. De très nombreuses petites bouées sont aussi utilisées pour le balisage des voies navigables, des plages, parcs à huîtres ou à moules, etc...
- les aides radioélectriques : radiophares, radiobalises, radialignements, systèmes de localisation, hyperboliques ou circulaires, radars, etc...

Sur le plan national, la coordination est faite par la Commission des Phares, créée en 1811, présidée effectivement par l'Inspecteur Général de la Marine Nationale et où siègent à côté des membres de l'Équipement et de la Marine (E.M.M. et Service hydrographique et océanographique) des représentants des usagers civils (Marine marchande, Armateurs, Pêcheurs). Les travaux de cette Commission, instance unique et décisive, sont préparés par des Commissions nautiques locales, réunies à la demande.

Mais le plan national ne suffit pas, car les navires français ne restent pas sur nos côtes et des navires étrangers longent nos côtes ou fréquentent nos ports. L'objectif essentiel de la signalisation maritime étant la sécurité, il importe que les mêmes signaux aient la même signification dans tous les pays.

A l'échelon des gouvernements, sous l'égide de l'O.N.U., existe une Organisation Maritime Consultative Internationale (O.M.C.I., I.M.C.O. en anglais) qui étudie les mesures propres à assurer la sécurité de la navigation et préparer les textes à ratifier par les divers pays. En ce qui concerne plus spécialement notre sujet, il existe une organisation non gouvernementale, l'Association Internationale de Signalisation Maritime (A.I.S.M.) dont le siège est à PARIS, constituée en Juillet 1957 par les services responsables de 71 pays ; elle étudie les problèmes internationaux et est agréée par l'O.M.C.I. pour lui présenter les projets de coordination ; cette association travaille dans un excellent esprit de camaraderie et d'efficacité.

Les principaux accords internationaux que l'on peut citer sont les accords de LISBONNE (1930) et de GENEVE (1931), l'arrangement régional concernant les radiophones maritimes de 1951, les règlements des radiocommunications périodiquement mis à jour depuis plus de cinquante ans, un accord de 1976 sur le balisage dont il sera reparlé plus loin, etc...

Pour étudier, réaliser et entretenir ses établissements (nom générique donné aussi bien à un phare qu'à une bouée, à une station radio, à une perche portant un voyant, etc...), le service des Phares et Balises dispose d'un service extérieur central, le service technique des Phares et Balises, avec ses deux agences d'AIX en PROVENCE et de NANTES, qui est chargé des études, de l'acquisition, du stockage et de la maintenance des matériels normalisés et prête son concours aux organismes locaux quand les projets, réalisations ou travaux dépassent leur compétence. Le S.P.B. et le S.T.P.B. emploient plus de 300 personnes, dont une quarantaine d'ingénieurs.

Sur le plan local, dans l'ensemble, environ 35 subdivisions des Ponts et Chaussées, réparties sur les côtes, dirigées par des Ingénieurs des Travaux publics de l'Etat, eux-mêmes placés sous les ordres des ingénieurs en chef des Services maritimes ou directeurs départementaux de l'Equipement, sont chargés de l'implantation et de l'entretien des établissements de signalisation maritime. Tous disposent de vedettes, pour les opérations en mer (bouées etc...), et d'une dizaine de navires baliseurs, indispensables pour les travaux concernant les bouées.

Ces bouées vont en effet de la petite bouée de délimitation des plages et plans d'eau, jusqu'aux grosses bouées lumineuses, qui atteignent 15 mètres cube, pèsent plus de 10 tonnes, et sont fixées par de lourdes chaînes à des corps morts de plusieurs tonnes.

Parler de tous les matériels optiques, mécaniques, fluidiques, électriques, radioélectriques des Phares et Balises est impossible, aussi, comme les exposés du 15 Mai ce texte se limite à l'exposé des plus importantes questions d'actualité :

- code de balisage (présenté par Monsieur DEUTSCH au Congrès)

- automatisation
- aides radioélectriques
- aide à l'entrée dans les ports
- surveillance de la navigation

Code de balisage

L'O.M.C.I. a adopté en 1976 un nouveau code de balisage des côtes, qui concerne les couleurs, voyants et rythmes des feux des bouées et marques des côtes, autres que les phares, bateaux-feux, et feux d'alignement.

Deux systèmes sont utilisés concurremment : le système latéral est principalement destiné à l'entrée dans les ports, estuaires etc... : la couleur rouge indique les limitations à bâbord, la couleur verte à tribord (ou la peinture noire). Les rythmes retenus pour les feux sont ad libitum ; quelques adjonctions sont faites pour indiquer les milieux de chenaux etc... Mais ce balisage ne résout pas les problèmes de la pleine mer, pour signaler les écueils et dangers tels que les épaves. On fait alors appel au système cardinal, dont le codage de peinture, de forme de voyant et de feu doit indiquer le quadrant dans lequel il n'y a pas de danger. On a adopté pour ces marques des couleurs de peinture noire et jaune, des voyants formés de deux cônes superposés, dans les quatre dispositions possibles et des feux blancs scintillants.

L'étude de la répartition des couleurs, voyants et rythmes a été faite par l'A.I.S.M. selon le même principe que celle des groupes de codes de chiffrement, c'est-à-dire en cherchant des caractères comportant plusieurs différences, donc redondants, de façon à limiter au maximum les confusions possibles. La FRANCE a pris une part prépondérante dans cette étude, en la personne de Monsieur DEUTSCH, qui a présenté une étude théorique et pratique reposant sur la théorie de l'information. Cette théorie permet en effet, en analysant les divers signaux possibles, d'évaluer leurs entropies relatives et de choisir ceux qui présentent les plus grandes différences.

La pratique a consisté en ceci : un dispositif lumineux reproduit les différents signaux possibles et on y ajoute un "bruitage" altérant les signaux : sur mer en effet les bouées suivent la houle, et soit sont masquées par la crête des vagues, soit prennent une inclinaison telle que d'un navire on ne distingue plus leur feu. Après étude des houles et des mouvements des bouées, on a pu simuler électroniquement ce bruitage et essayer de faire reconnaître cependant les signaux par des observateurs. En outre il était souhaité aussi que le rythme du feu présente un caractère mnémotechnique permettant aux navigateurs de reconnaître immédiatement leur signification.

En fin de compte les rythmes suivants, proposés par la FRANCE, ont été adoptés par l'A.I.S.M. et l'O.M.C.I. :

CARDINAL NORD (eaux saines dans le quadrant NE-NW)
: scintillant ininterrompu

CARDINAL EST : groupes de 3 scintillements toutes les 5 ou 10 secondes (3 correspond à 3 heures, vers l'EST sur le cadran d'une montre, quand 12 heures est vers le NORD)

CARDINAL SUD : groupes de 6 scintillements suivis d'un éclat long (2 secondes) toutes les 15 secondes. L'éclat long permet d'éviter les confusions avec l'EST ou l'OUEST. (6 correspond à 6 heures, vers le SUD sur le cadran d'une montre)

CARDINAL OUEST : groupes de 9 scintillements toutes les 10 ou 15 secondes (9 correspond à 9 heures, vers l'OUEST sur le cadran d'une montre)

DANGER ISOLE : 2 éclats groupés (par exemple deux éclats de 0,6 seconde, espacés de 0,6 seconde) nettement séparés par un temps d'obscurité (3 secondes par exemple).

Les scintillements sont des éclats très brefs, produits à la cadence de 50 - 60, ou 100 - 120 à la minute, dont la durée peut être de 0,3 seconde. Ces deux vitesses ont été retenues, de façon que les navigateurs puissent distinguer des bouées voisines donnant la même information nautique.

La réalisation de tels éclats très brefs est techniquement difficile sur les bouées qui ne peuvent disposer que d'une énergie limitée, à cause de l'inertie thermique des filaments des ampoules électriques ou des manchons à gaz et aussi de l'inertie du gaz et des électrovannes, mais ces problèmes ont pu être résolus.

Il faut signaler que ce changement de code fait l'objet d'un plan international concerté, dont la mise en application demandera 3 ans et va démarrer en 1977 par le PAS de CALAIS d'où il s'étendra dans toutes les directions.

Automatisation

Depuis plusieurs années, le Service des Phares et Balises s'est lancé dans un programme généralisé d'automatisation dont la réalisation va continuer à se poursuivre pendant plusieurs années.

Le but de ce programme n'est pas essentiellement la suppression de personnels, mais l'obtention d'un meilleur service des navigateurs et l'économie d'énergie (chère et difficile à obtenir dans les établissements isolés).

Déjà au début du XIXe siècle, l'automatisme du rythme des feux était obtenu par la rotation régulière de dispositifs optiques, l'énergie étant formée par la descente d'un poids et la vitesse commandée par un régulateur à boules.

Après avoir généralisé la commande de l'allumage et l'extinction des feux par cellules photoélectriques ou photorésistances, et testé diverses réalisations expérimentales, un vaste programme est développé sur les bases principales suivantes :

FEUX : - chaque feu électrique est équipé d'un changeur de lampes, sorte de barillet portant 6 lampes et tournant d'un sixième de tour dès qu'une cellule détecte une panne de lampe.

- les installations importantes sont dotées d'un feu électrique de secours, ayant le même caractère que le feu principal, alimenté soit par l'alimentation électrique normale, soit par une alimentation autonome.

ALIMENTATION ELECTRIQUE : l'alimentation électrique peut provenir

- du secteur avec secours par groupe électrogène, dans certains cas à démarrage à temps zéro ou très faible.
- de plusieurs groupes électrogènes se remplaçant l'un l'autre automatiquement en cas de panne ou au bout d'un certain temps.
- d'aérogénérateurs (1) (divers types de 24w. à 4kw.) chargeant une batterie d'accumulateurs tampons, secourus en cas de panne ou d'absence de vent par un groupe électrogène dans les installations importantes ou par des piles dans les petites.

Mais qui dit automatisme dit aussi contrôle, car il est indispensable que les services responsables soient alertés sans retard en cas d'incident. C'est pourquoi des dispositifs de télécontrôles (et de télécommande pour les grosses installations) sont également mis en service, informant les centres de balisage des déficiences qu'il convient de pallier sans retard dangereux.

Ces dispositifs de télécontrôle utilisent des voies téléphoniques ou radio, soit spécialisées soit banalisées sous forme de communications téléphoniques préenregistrées ou de données télégraphiques. Les dispositifs les plus simples comportent seulement 2 ou 3 téléalarmes, tandis que des ensembles plus complexes comme un phare à alimentation autonome, comportant feu, signal sonore, radiophare demanderont la transmission de 30 à 40 informations distinctes et une vingtaine de télécommandes.

En fait, on constate, malheureusement, qu'étant donné la diversité des facteurs géographiques et maritimes qui réagissent directement sur la nature et la densité des établissements, sur les possibilités de liaison aussi, il n'existe pas de solution passe-partout et qu'une étude est nécessaire pour chaque cas particulier.

(1) La solution aérogénérateurs a été retenue actuellement de préférence aux photopiles, après une évaluation économique, mais cette décision serait inversée si le prix relatif des photopiles devenait 5 fois moins élevé.

Nous espérons cependant aboutir à 4 ou 5 solutions-type d'équipements de télécontrôles, mais le problème des liaisons, filaires ou radio, devra toujours être examiné cas par cas.

On touche là une difficulté générique du service des Phares et Balises, où la "série" n'existe pas et où les équipements et matériels ne peuvent être commandés qu'en nombre restreint sur des périodes de plusieurs années.

Aides radioélectriques

Les aides radioélectriques sont des dispositifs radioélectriques qui facilitent la navigation, en donnant aux navigateurs des indications sur les routes suivies ou à suivre, sur les dangers à éviter. Elles sont très nombreuses, les ingénieurs et inventeurs ayant cherché et mis en service tous les systèmes possibles utilisant les propriétés de base des ondes radioélectriques : propagation en ligne droite (en général), vitesse de propagation constante, indépendance relative des facteurs météorologiques (nuit, brouillard).

Dans un raccourci forcément inexact, on peut distinguer :

- les systèmes de direction dans lesquels un goniomètre permet de reconnaître la direction de l'origine d'un signal radioélectrique. L'application principale en est les radiophares et radiobalises, qui permettent aux navires de se diriger vers une station émettrice (homing en anglais) ou de faire un point approché par recoupement de plusieurs directions. 36 radiophares sont en service sur les côtes métropolitaines, leur portée est de 50 à 300 milles.

Un cas particulier est celui des radiophares CONSOL, dont un exemplaire est en service à PLONEIS. Grâce à un jeu de plusieurs antennes, le signal reçu fournit directement au navire le relèvement de la station avec une précision théorique de l'ordre du dixième de degré, une précision pratique de 0,5 à 1 degré, alors que les radiogoniomètres courants donnent des erreurs de 2 à 5 degrés.

Toutefois ces systèmes ont pratiquement cédé la place aux suivants :

- les systèmes de position, dont le plus connu est le DECCA NAVIGATOR.

Des stations émettrices à terre envoient vers le navire des signaux dont les différences de phase ou de temps d'arrivée permettent d'apprécier la distance du navire aux différentes stations et par un calcul géométrique la position du navire. Les difficultés proviennent des irrégularités de propagation, des problèmes de synchronisation en temps ou en phase des différentes stations etc...

On distingue en gros les systèmes hyperboliques où l'on mesure les différences de temps ou de phase des émissions de 2 stations différentes et les systèmes circulaires, où la distance à une station est donnée par le temps de propagation d'un signal déclenché. Un problème particulier à résoudre s'appelle le lever d'ambiguïté car en effet qu'il s'agisse de mesure de phase ou de temps, il y a périodicité des phénomènes et les mesures donnent plusieurs points possibles. Les divers systèmes lèvent au moins partiellement le doute en changeant de fréquence, de façon à éliminer, par superposition des lieux trouvés ceux qui ne coïncident pas.

Les systèmes de position seront d'autant plus précis que la fréquence sera plus élevée, pour les systèmes à mesure de phase, ou les impulsions plus courtes, pour les systèmes à mesure de temps, mais la portée sera d'autant plus grande que la fréquence sera plus basse.

Ainsi le système OMEGA, utilisant des fréquences de 10 à 14 kilohertz couvre le monde entier avec 6 stations. A l'autre bout, les télémètres optiques ou sur ultra hautes fréquences n'auront que la portée optique (10 à 20 milles). Entre les deux se trouve le DECCA, autour de 100 khz, dont la précision va de 20 mètres au mieux à quelques centaines de mètres au maximum de portée (100 à 300 milles), le LORANC, qui, associant phase et impulsions peut donner une précision de l'ordre de 0,25 mille à 1000 milles, le TORAN sur 2 MHz,

dont la précision maximale est de l'ordre de 5 m. et est très utilisé en FRANCE pour les sondages et les travaux hydrographiques, enfin les systèmes genre SYLEDIS ou TRIDENT, sur 200 à 650 MHz qui peuvent donner une précision théorique de quelques décimètres à courte distance et 10 à 20 mètres à la portée maximale (30 milles).

- les systèmes radar dont le plus connu est le radar de navigation de bord et détecte jusqu'à 20 milles les obstacles naturels ou artificiels (bouées ou balises), mais le radar est utilisé aussi à partir de la terre pour la surveillance du trafic dans les passages réservés ou les zones portuaires ; il en sera parlé plus loin.

Depuis quelques années on utilise des balises répondeuses radar qui font apparaître des échos nets et significatifs sur les écrans des navires, pour leur permettre de repérer des points remarquables sur la côte, éviter des écueils ou des dangers (épaves par exemple). Mais la mise au point de ces balises est difficile, car les radars de bord sont répartis dans des bandes de fréquences assez larges et ces balises doivent balayer ces bandes pour être reçues, et le problème d'une probabilité suffisante d'être reçues malgré les interférences, réflexions et brouillages divers n'est pas encore parfaitement résolu.

On parle aussi des radars secondaires et de répondeurs analogues à ceux de l'aviation, qui permettraient l'identification des navires et l'échange d'informations, mais des difficultés, essentiellement financières ou concernant une utilisation efficace, subsistent.

Aide à l'entrée dans les ports

L'accroissement très rapide des dimensions et des tonnages des gros porteurs, pétroliers, minéraliers, transport de gaz a soulevé beaucoup d'inquiétude dans les ports ; ceux-ci ont dû faire des travaux importants d'agrandissement des appontements, d'approfondissement des chenaux et zones de manœuvre. Mais la question s'est posée aussi de savoir s'il convenait aussi d'élargir les chenaux d'accès, sans aucun doute pour certains,

mais de combien ? ou même fallait-il créer (comme à ANTIFER et à DUNKERQUE-OUEST) ou aménager (comme à FOS) de nouvelles zones portuaires, et quelles dimensions leur donner ?

Les experts de tous les pays se sont réunis pour traiter ces questions posées par ces nouveaux grands navires et ont donné des réponses approximatives, assorties de nombreuses réserves.

On a pensé aussi que le problème pouvait se poser aussi de la façon suivante : quelles informations faut-il donner au pilote pour qu'il puisse acheminer un navire dans un espace minimal, lui-même à déterminer en fonction de la précision de ces informations. De là on est parvenu, et c'est le problème que se posent actuellement diverses autorités dont le Service des Phares et Balises français : Quelle est la corrélation entre les informations (nature et précision) fournies aux pilotes et l'espace nécessaire aux évolutions des navires en sécurité et quelles marges de sécurité faut-il adopter ?

De bons esprits ont incité à traiter le problème par un guidage précis, comme celui des avions, malheureusement le problème ne se pose pas de la même façon, car il y a bien plus de facteurs mal connus ou aléatoires :

- des facteurs naturels, marée, courants, houle, vent par exemple, qui sont variables dans le temps et dans l'espace. Les courants peuvent aussi être modifiés par la présence d'un mastodonte comme le Batilus de 550 000 tonnes, qui a environ 415 m de long, 65 m de large et 24,50 m de tirant d'eau, c'est-à-dire un immeuble de 8 étages et long de 415 m (20 anciens immeubles parisiens, en moyenne) sous l'eau.

- le comportement des navires, dotés d'une inertie considérable, un navire de 550 000 tonnes commence à tourner près de 2 minutes après qu'on ait changé l'angle de barre ; il se comporte comme une automobile sur une route étroite, dont les freins auraient l'efficacité de freins de vélo et une temporisation de quelques secondes dans l'action du volant.

- les facteurs humains, qui concernent la perception par le pilote du mouvement vrai du navire et ses réactions.

On ne peut approcher ces problèmes qu'avec de grandes approximations et une sûreté très relative, aussi a-t-on pensé utiliser des méthodes de simulation, (soit sur modèles réduits télécommandés, soit sur modèles mathématiques) traitées ensuite par la statistique, pour obtenir des moyennes et des écarts. Mais la simulation est extraordinairement difficile, qu'il s'agisse du navire, ou de l'environnement et il reste à en déterminer la validité ; aussi a-t-on un peu partout dans le monde des programmes d'étude importants qui ne sont sans doute pas coordonnés mais les résultats en sont régulièrement publiés et discutés dans des conférences ou commissions internationales.

La FRANCE a un programme assez ambitieux qui comprend des campagnes de mesure des facteurs naturels, associées à des relevés de trajectoires réelles, qui doivent permettre d'affiner des modèles mathématiques destinés à des études statistiques et probabilistes basées sur la simulation, seul procédé capable de donner le grand nombre d'éléments nécessaires.

Des résultats ont déjà été obtenus ; ils ont été utilisés pour définir la largeur du chenal d'ANTIFER et le système SAREA qui donne au pilote sa position à quelques mètres près, les vitesses axiales et transversales du navire et indique les tendances dangereuses éventuelles.

Surveillance de la navigation

L'emprunt par de très nombreux navires de passages resserrés, comme les voies du PAS de CALAIS ou le détroit de MALACCA, entre autres, entraîne des risques de collision très importants qui se sont malheureusement matérialisés fréquemment. L'augmentation du tonnage des navires diminue quantitativement ces risques mais accroît considérablement leurs conséquences, dans le domaine de la pollution, par exemple.

Aussi l'O.M.C.I. a-t-elle établi des routes recommandées, pour séparer les sens de trafic et des règles de traversée de ces routes. Mais un complément indispensable est de pouvoir fournir aux navires des informations sur les dangers qui les menacent et en particulier sur les risques de collision. Les mêmes dangers se présentent dans les accès portuaires.

Aussi voit-on se développer depuis quelques années des services de régulation dans les zones portuaires ou dans les passages resserrés comme le PAS de CALAIS.

Tous ces services ont des éléments communs :

- un moyen de détection et de repérage des navires : le radar côtier qui a une portée de 20 à 30 milles

- des moyens de communication avec les navires, essentiellement des liaisons radio en ondes métriques (autour de 150 MHz).

Mais ce n'est pas suffisant, car il faut pouvoir identifier les navires, ce qui est facile dans une zone portuaire, mais difficile dans le PAS de CALAIS. Nous mettons actuellement en service au centre de contrôle du Cap GRIS-NEZ un radiogoniomètre qui permettra d'identifier sur les écrans radar les navires qui appelleront la station en entrant dans la zone contrôlée; un système de radar secondaire comme l'I.F.F. donnerait satisfaction mais rendre l'équipement obligatoire de tous les navires, dont les plaisanciers ne semble pas proche.

Il faut aussi suivre les navires dans leurs évolutions, pour cela un système informatique d'extraction et de suivi des informations du radar est en expérimentation, mais un tel équipement est beaucoup plus difficile à mettre au point sur mer que dans l'espace aérien, en raison des brouillages dus au retour de mer (réflexion radar sur les vagues) et à l'entrecroisement des pistes sur le plan de la mer.

Ces quelques exemples sur les missions et les études des services de signalisation maritime montrent l'ampleur insoupçonnée des activités du Service des Phares et Balises. L'A.R.C. a été heureuse de faire découvrir cette importante activité nationale à ses membres.