

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2058-0
(02/2014)

**Caractéristiques du système numérique
NAVDAT de diffusion d'informations
relatives à la sécurité et à la sûreté
en mer dans le sens côtière-navire
dans les bandes de fréquences des
ondes décimétriques attribuées
au service mobile maritime**

Série M

**Services mobile, de radiorepérage et d'amateur
y compris les services par satellite associés**

Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

| Séries | Titre |
|------------|--|
| BO | Diffusion par satellite |
| BR | Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision |
| BS | Service de radiodiffusion sonore |
| BT | Service de radiodiffusion télévisuelle |
| F | Service fixe |
| M | Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés |
| P | Propagation des ondes radioélectriques |
| RA | Radio astronomie |
| RS | Systèmes de télédétection |
| S | Service fixe par satellite |
| SA | Applications spatiales et météorologie |
| SF | Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe |
| SM | Gestion du spectre |
| SNG | Reportage d'actualités par satellite |
| TF | Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires |
| V | Vocabulaire et sujets associés |

Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.

Publication électronique
Genève, 2015

© UIT 2015

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R M.2058-0

Caractéristiques du système numérique NAVDAT de diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer dans le sens côtière-navire dans les bandes de fréquences des ondes décimétriques attribuées au service mobile maritime

(2014)

Domaine d'application

La présente Recommandation décrit un système de radiocommunication en ondes décimétriques, appelé NAVDAT HF (transmission de données de navigation en ondes décimétriques), destiné à être utilisé dans le service mobile maritime dans les bandes de fréquences régies par l'Appendice 17 en vue de la diffusion numérique d'informations relatives à la sécurité et la sûreté en mer dans le sens côtière-navire. Les caractéristiques opérationnelles et l'architecture de ce système sont décrites dans les Annexes 1 et 2. Les deux modes différents de diffusion de données sont présentés dans les Annexes 3 et 4. Le système NAVDAT HF vient compléter le système NAVDAT 500 kHz, décrit dans la Recommandation UIT-R M.2010 en termes de couverture radioélectrique.

Mots clés

Ondes décimétriques, maritime, NAVDAT, diffusion, numérique.

Abréviations/glossaire

| | |
|--------|--|
| BER | taux d'erreurs sur les bits (<i>bit error rate</i>) |
| CMR | Conférence mondiale des radiocommunications |
| DRM | Digital radio mondiale |
| DS | flux de données (<i>data stream</i>) |
| GNSS | système mondial de navigation par satellite (<i>global navigation satellite system</i>) |
| HF | ondes décimétriques (<i>high frequency</i>) |
| IDBE | impression directe à bande étroite |
| LF | ondes kilométriques (<i>low frequency</i>) |
| MAQ | modulation d'amplitude en quadrature |
| MER | taux d'erreurs de modulation (<i>modulation error rate</i>) |
| MF | ondes hectométriques (<i>medium frequency</i>) |
| MIS | flux d'informations de modulation (<i>modulation information stream</i>) |
| NAVDAT | Navigational Data (nom du système de données pour la navigation) |
| NAVTEX | Navigational Telex (nom du système télex pour la navigation) |
| NM | mille marin (<i>nautical mile</i> , 1 852 mètres) |
| NVIS | onde ionosphérique à incidence quasi verticale (<i>near vertical incidence sky wave</i>) |
| OFDM | multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>) |
| OMI | Organisation maritime internationale |
| PEP | puissance d'enveloppe de crête (<i>peak envelope power</i>) |
| RMS | valeur quadratique moyenne (<i>root mean square</i>) |
| S/N | rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise ratio</i>) |

| | |
|-------|---|
| SFN | réseau monofréquence (<i>single frequency network</i>) |
| SIM | système d'information et de gestion (<i>system of information and management</i>) |
| SMDSM | système mondial de détresse et de sécurité en mer |
| TIS | flux d'informations de l'émetteur (<i>transmitter information stream</i>) |
| UIT | Union internationale des télécommunications |

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la diffusion de données à haut débit dans le sens côtière-navire permet d'améliorer l'efficacité d'exploitation et la sécurité en mer;
- b) que le système existant d'informations sur la sécurité en mer (MSI) fonctionnant en ondes décimétriques et utilisant l'impression directe à bande étroite (IDBE) dispose d'une capacité limitée;
- c) que les nouveaux systèmes de navigation maritime entraînent une augmentation de la demande de transmission de données dans le sens côtière-navire;
- d) que la bande d'ondes hectométriques offre une couverture géographique limitée,

reconnaissant

que le système Digital Radio Mondiale (DRM) dont il est question à l'Annexe 4 est décrit dans la Recommandation UIT-R BS.1514-2,

notant

que la Recommandation UIT-R M.2010 décrit le système NAVDAT fonctionnant à 500 kHz,

recommande

- 1 que les caractéristiques opérationnelles utilisées pour la diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer en ondes décimétriques soient conformes à l'Annexe 1;
- 2 que l'architecture du système de diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer en ondes décimétriques soit conforme à l'Annexe 2;
- 3 que les caractéristiques techniques et les protocoles des modems utilisés pour la transmission numérique d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer dans le sens côtière-navire en ondes décimétriques soient conformes à l'Annexe 3 ou à l'Annexe 4;
- 4 que les fréquences indiquées à l'Annexe 5, qui relèvent de l'Appendice 17, soient utilisées pour l'exploitation du système NAVDAT HF.

Annexe 1

Caractéristiques opérationnelles

Le système NAVDAT HF peut utiliser une simple attribution d'intervalle de temps tout comme le système NAVTEX, qui pourrait être coordonnée par l'OMI.

Le système NAVDAT HF peut aussi fonctionner en mode réseau monofréquence (SFN) comme décrit à l'Annexe 4. Dans ce cas, les émetteurs sont synchronisés en fréquence et les données émises doivent être les mêmes pour tous les émetteurs.

Le système numérique NAVDAT HF offre un moyen gratuit de diffusion de tout type de message, éventuellement chiffré, dans le sens côtière-navire.

1 Types de message

Tout message à diffuser devrait provenir d'une source sûre et contrôlée.

Les types de message à diffuser peuvent notamment être les suivants:

- sécurité de la navigation;
- sécurité;
- piratage;
- recherche et sauvetage;
- messages météorologiques;
- messages de pilotage ou des autorités portuaires;
- transfert de fichiers de service de trafic maritime.

2 Modes de diffusion

2.1 Diffusion générale

Les messages sont diffusés à l'intention de tous les navires.

2.2 Diffusion sélective

Les messages sont diffusés à l'intention d'un groupe de navires ou dans une zone de navigation spécifique.

2.3 Message dédié

Les messages sont adressés à un seul navire, au moyen de l'identité du service mobile maritime.

Annexe 2

Architecture du système

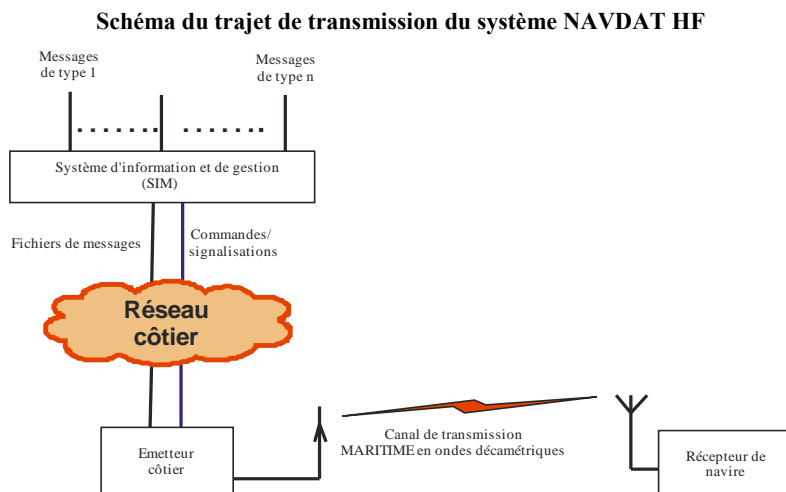
1 Trajet de transmission utilisé pour la diffusion

Le système NAVDAT est structuré autour des fonctions suivantes:

- Système d'information et de gestion (SIM):
 - collecte et contrôle tous types d'informations;
 - crée les fichiers de messages à transmettre;
 - crée le programme des transmissions en fonction de la priorité des fichiers de messages et de la nécessité ou non de les répéter.
- Réseau côtier:
 - assure le transport des fichiers de messages depuis les sources jusqu'aux émetteurs.
- Emetteur côtier:
 - reçoit les fichiers de messages en provenance du système SIM;
 - convertit les fichiers de messages en signal à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM);
 - transmet le signal RF à l'antenne en vue de sa diffusion aux navires.
- Canal de transmission:
 - transporte le signal RF en ondes décamétriques.
- Récepteur de navire:
 - démodule le signal OFDM RF;
 - reconstitue les fichiers de messages;
 - trie les fichiers de messages et les met à la disposition des équipements dédiés en fonction des applications concernées.

La Figure 1 montre le schéma du trajet de transmission utilisé pour la diffusion.

FIGURE 1



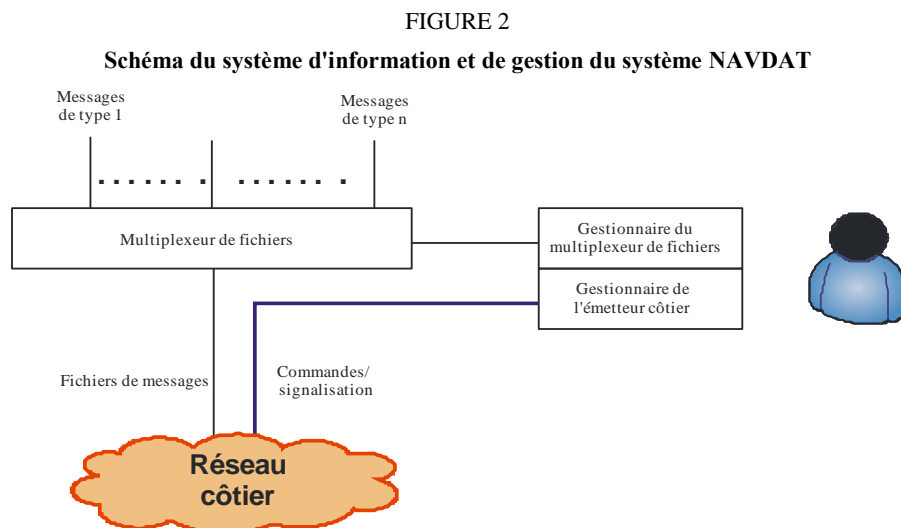
1.1 Système d'information et de gestion

Le système SIM comprend:

- toutes les sources qui fournissent des messages sous la forme de fichiers (par exemple services météorologiques, organismes de sécurité et de sûreté, etc.);
- un multiplexeur de fichiers, qui est une application exécutée sur un serveur;
- un gestionnaire du multiplexeur de fichiers;
- un gestionnaire de l'émetteur côtier.

Toutes les sources sont reliées au multiplexeur de fichiers via un réseau.

La Figure 2 montre le schéma général du système SIM.



M.2058-02

1.1.1 Multiplexeur de fichiers

Le multiplexeur de fichiers:

- reçoit les fichiers de messages émanant des sources de données;
- chiffre les fichiers de messages lorsque c'est nécessaire;
- formate les fichiers de messages en ajoutant les informations relatives aux destinataires, le rang de priorité et l'horodate;
- envoie les fichiers de messages à l'émetteur.

1.1.2 Gestionnaire du multiplexeur de fichiers

Le gestionnaire du multiplexeur de fichiers est une interface homme-machine qui permet, entre autres, à l'utilisateur:

- de consulter les fichiers de messages émanant de n'importe quelle source;
- de spécifier la priorité et la périodicité de n'importe quel fichier de messages;
- de spécifier le destinataire de n'importe quel fichier de messages;
- de gérer le chiffrement des fichiers de messages.

Certaines de ces fonctionnalités peuvent être automatisées. A titre d'exemple, la priorité et la périodicité d'un message peuvent être choisies en fonction de la source dont il émane ou la source peut spécifier la priorité dans le message.

1.1.3 Gestionnaire de l'émetteur côtier

Le gestionnaire de la station côtière est une interface homme-machine reliée à l'émetteur via le réseau; il permet de superviser l'état de l'émetteur grâce à des indications telles que:

- un accusé de réception d'émission;
- des alarmes;
- la puissance d'émission effective;
- un rapport de synchronisation;

et de commander les paramètres de l'émetteur tels que:

- la puissance d'émission;
- les paramètres OFDM (sous-porteuses pilotes, codage avec correction d'erreurs, etc.);
- le programme des transmissions.

1.2 Réseau côtier

Le réseau côtier peut utiliser une liaison large bande, une liaison à faible débit de données ou un système local de partage de fichiers.

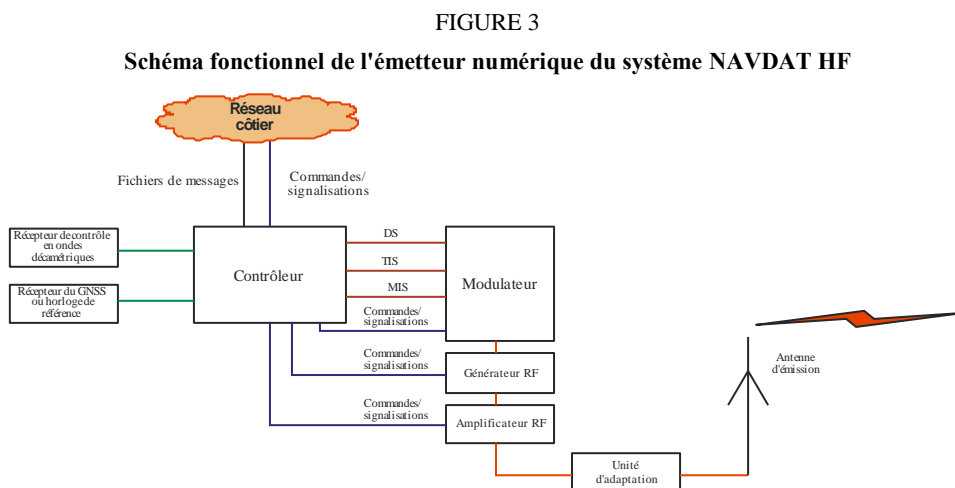
1.3 Description de l'émetteur côtier

Une station d'émission côtière comprend, au minimum:

- un serveur local avec accès protégé;
- un modulateur OFDM;
- un amplificateur RF en ondes décimétriques;
- une antenne d'émission avec unité d'adaptation;
- un récepteur du GNSS ou une horloge atomique pour la synchronisation;
- un récepteur de contrôle avec son antenne.

1.3.1 Architecture du système côtier

La Figure 3 montre le schéma d'un émetteur numérique en ondes décimétriques.



1.3.2 Contrôleur

Le contrôleur a pour fonction:

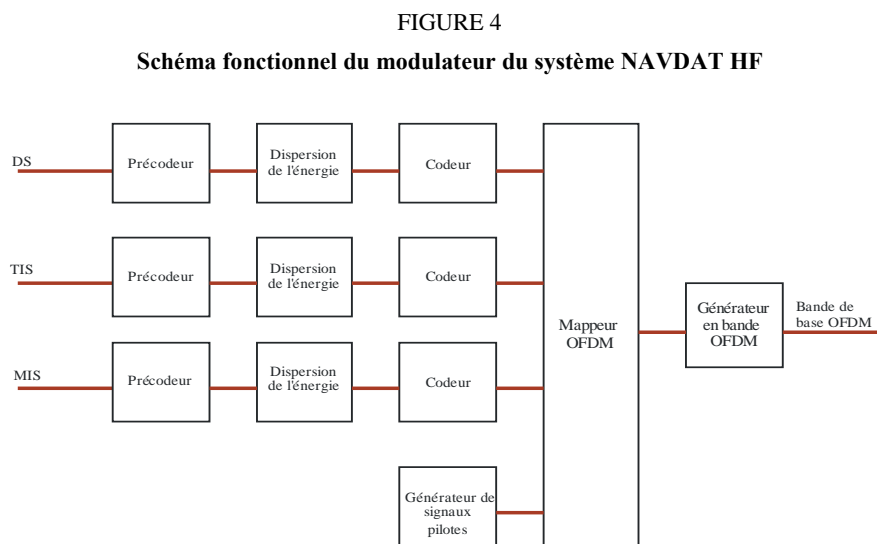
- de vérifier si la bande de fréquences est libre avant toute transmission;
- de synchroniser tous les signaux au niveau de la station côtière en utilisant une horloge de synchronisation;
- de commander les paramètres, l'heure et le programme des transmissions;
- de formater les fichiers de messages à transmettre (subdiviser les fichiers en paquets).

Cette unité reçoit les informations suivantes:

- fichiers de messages émanant du système SIM;
- signal GNSS ou d'horloge atomique pour la synchronisation;
- signal en ondes décamétriques émanant du récepteur de contrôle;
- signaux de commande du modulateur et de l'émetteur en ondes décamétriques.

1.3.3 Modulateur

La Figure 4 montre le schéma du modulateur.



M.2058-04

1.3.3.1 Flux d'entrée

Pour pouvoir fonctionner, le modulateur a besoin de trois flux d'entrée:

- flux d'informations de modulation (MIS);
- flux d'informations de l'émetteur (TIS);
- flux de données (DS).

Ces flux sont transcodés puis placés sur le signal OFDM par le mappageur de cellules (§ 1.3.3.3).

1.3.3.1.1 Flux d'informations de modulation

Ce flux permet de fournir des informations sur:

- l'occupation du spectre;
- la modulation pour le flux d'informations de l'émetteur et le flux de données (MAQ-4, -16 ou -64).

Le flux MIS est toujours codé sur des sous-porteuses MAQ-4 pour assurer une bonne démodulation dans le récepteur.

1.3.3.1.2 Flux d'informations de l'émetteur

Ce flux permet de fournir au récepteur des informations sur:

- le codage avec correction d'erreurs pour le flux de données destiné à une propagation par l'onde ionosphérique,
- l'identification de l'émetteur,
- la date et l'heure.

Pour le codage du flux TIS, on peut utiliser la MAQ-4 ou -16.

1.3.3.1.3 Flux de données

Il contient les fichiers de messages à transmettre (ces fichiers de messages ont été préalablement formatés par le multiplexeur de fichiers).

1.3.3.2 Codage avec correction d'erreurs

Le système de correction d'erreurs détermine la robustesse du codage. Le rendement de codage, qui est le rapport entre le débit de données utile et le débit de données brut, correspond à l'efficacité de la transmission et peut varier entre 0,5 et 0,75 en fonction du système de correction d'erreurs et du système de modulation.

1.3.3.3 Multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence

Les trois flux (MIS, TIS et DS) sont formatés:

- codage;
- dispersion de l'énergie.

Un mappeur de cellules organise les cellules OFDM avec les flux formatés et les cellules pilotes. Les cellules pilotes sont transmises au récepteur afin qu'il puisse estimer le canal radioélectrique et se synchroniser sur le signal RF.

Un générateur de signaux OFDM crée la bande de base OFDM en fonction de la sortie du mappeur de cellules.

1.3.4 Générateur de signal RF en ondes décimétriques

Le générateur de signal RF en ondes décimétriques transpose le signal en bande de bande sur la fréquence finale de la porteuse de sortie RF.

Un amplificateur fait passer le signal RF à la puissance voulue.

1.3.5 Amplificateur RF

Cet étage a pour fonction d'amplifier le signal en ondes décimétriques sortant du générateur pour qu'il atteigne le niveau nécessaire afin d'obtenir la couverture radio souhaitée.

La transmission OFDM introduit un facteur de crête pour le signal RF. Ce facteur doit rester compris entre 7 et 10 dB à la sortie de l'amplificateur RF pour que le taux d'erreurs de modulation (MER) soit correct.

La puissance RF de sortie de l'émetteur côtier peut être ajustée jusqu'à une PEP de 10 kW en fonction des bandes de fréquences:

Puissance RF de sortie maximale: 4 MHz: 5 kW, 6 MHz: 5 kW, 8 MHz: 10 kW
12 MHz: 10 kW, 16 MHz: 10 kW,
18/19 MHz: 10 kW, 22 MHz: 10 kW

1.3.6 Antenne d'émission avec unité d'adaptation

L'amplificateur RF est relié à l'antenne d'émission via une unité d'adaptation de l'impédance.

NOTE – Inutile en cas d'utilisation d'une antenne large bande.

1.3.7 Récepteur du système mondial de navigation par satellite et horloge de référence atomique de secours

L'horloge sert à synchroniser le contrôleur local.

1.3.8 Récepteur de contrôle

Le récepteur de contrôle vérifie que la fréquence est libre avant toute transmission et offre la possibilité de vérifier la transmission.

1.4 Canal de transmission: estimation de la couverture radio

La transmission en ondes décimétriques dépend entièrement des caractéristiques de la propagation par l'onde ionosphérique (par réflexion sur l'ionosphère), qui sont liées à certains paramètres tels que: le jour ou la nuit, les heures, les saisons, le cycle d'activité solaire, le type d'antenne d'émission, et le bruit radioélectrique dans la zone de réception.

Dans cette situation, il est nécessaire d'utiliser en permanence la fréquence qui convient. Il existe des logiciels de propagation en ondes décimétriques qui peuvent aider à choisir la fréquence qui convient. Une antenne NVIS peut être utilisée pour améliorer la couverture régionale. La multidiffusion obtenue par le couplage de tous les émetteurs sur une même antenne large bande est également une possibilité.

Le récepteur de navire peut aussi balayer toutes les fréquences autorisées et choisir celle sur laquelle le signal reçu est le meilleur (voir le § 1.6 de l'Annexe 3).

Annexe 3

Caractéristiques techniques du système NAVDAT HF

1 Principe de modulation

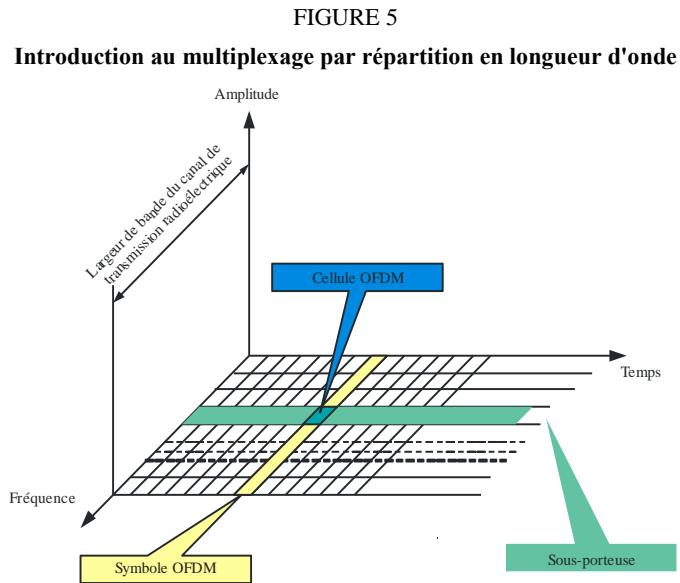
Le système utilise le multiplexage OFDM, qui est une technique de modulation utilisée pour les transmissions numériques.

1.1 Introduction

La largeur de bande du canal de transmission radio est divisée dans le domaine des fréquences afin d'obtenir des sous-porteuses.

L'occupation du canal de transmission est organisée dans le temps de façon à former des symboles OFDM.

Une cellule OFDM est équivalente à une sous-porteuse à l'intérieur d'un symbole OFDM.



1.2 Principe

Le multiplexage OFDM utilise un grand nombre de sous-porteuses orthogonales rapprochées (41,66 Hz), le but étant d'obtenir une bonne efficacité d'utilisation du spectre pour l'émission des données. Les sous-porteuses sont espacées en fréquence de la valeur ($F_u = 1/T_u$), où T_u correspond à la durée d'un symbole OFDM.

Les phases des sous-porteuses sont orthogonales l'une par rapport à l'autre pour améliorer la diversité du signal soumis à la propagation par trajets multiples, notamment sur les longues distances.

Pour réduire les effets des trajets multiples, un intervalle de garde (T_d) est inséré dans le symbole OFDM, ce qui permet de réduire les brouillages intersymboles.

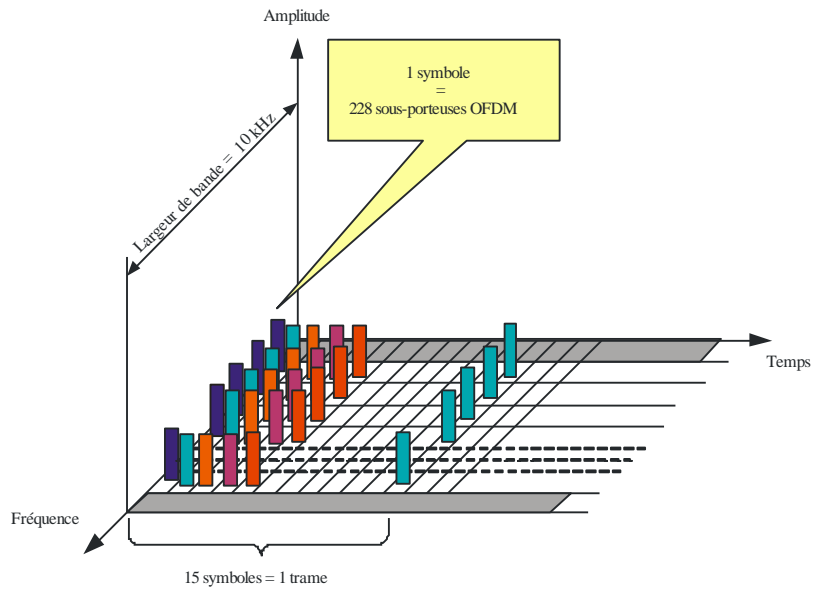
La durée d'un symbole OFDM est égale à $T_s = T_u + T_d$.

Les symboles OFDM sont ensuite concaténés pour former une trame OFDM.

La durée d'une trame OFDM est égale à T_f .

FIGURE 6

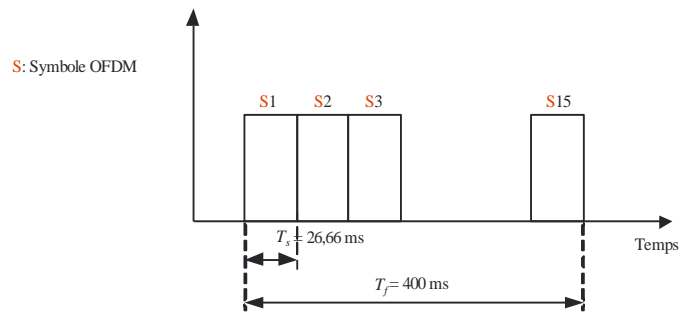
Représentation spectrale d'une trame à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence



M.2058-06

FIGURE 7

Représentation temporelle d'une trame à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence



M.2058-07

1.3 Modulation

Chaque sous-porteuse est modulée en amplitude et en phase (MAQ, modulation d'amplitude en quadrature).

Le schéma de modulation peut être à 64 états (6 bits, MAQ-64), à 16 états (4 bits, MAQ-16) ou à 4 états (2 bits, MAQ-4).

Le schéma de modulation dépend de la robustesse de signal que l'on souhaite atteindre.

FIGURE 8

Diagramme de constellation pour la modulation d'amplitude en quadrature à 4 états

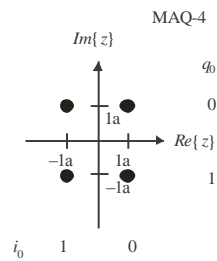


FIGURE 9

Diagramme de constellation pour la modulation d'amplitude en quadrature à 16 états

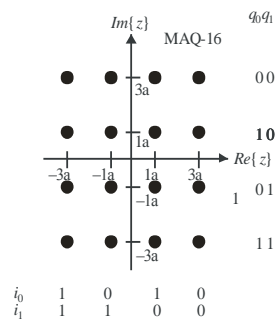
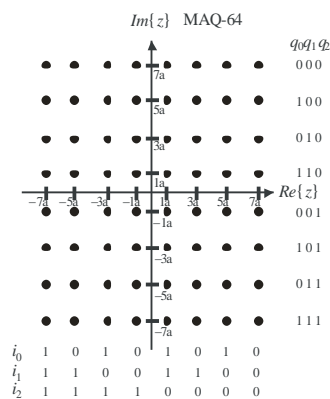


FIGURE 10

Diagramme de constellation pour la modulation d'amplitude en quadrature à 64 états



1.4 Synchronisation

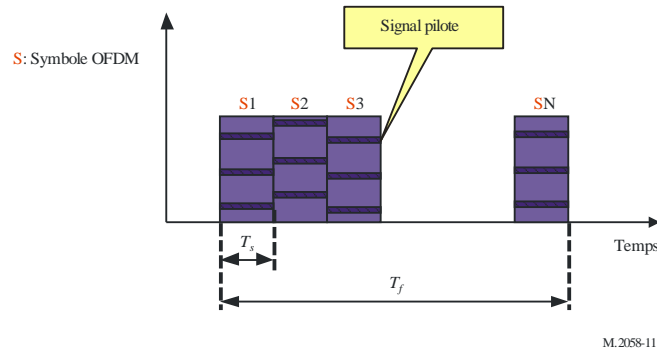
Pour permettre une bonne démodulation de chaque sous-porteuse, la réponse dans le canal de transmission doit être déterminée pour chaque sous-porteuse et une égalisation est appliquée. Certaines des sous-porteuses des symboles OFDM transportent des signaux pilotes.

Les signaux pilotes permettent au récepteur:

- de détecter la réception d'un signal;
- d'estimer le décalage de fréquence;
- d'évaluer le canal de transmission radioélectrique.

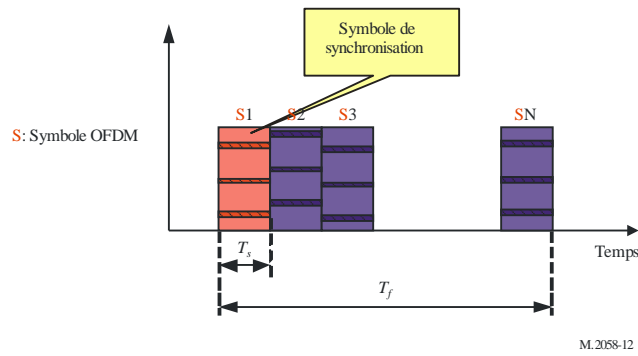
Le nombre de signaux pilotes dépend de la robustesse de signal que l'on souhaite atteindre.

FIGURE 11
Signal pilote de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence



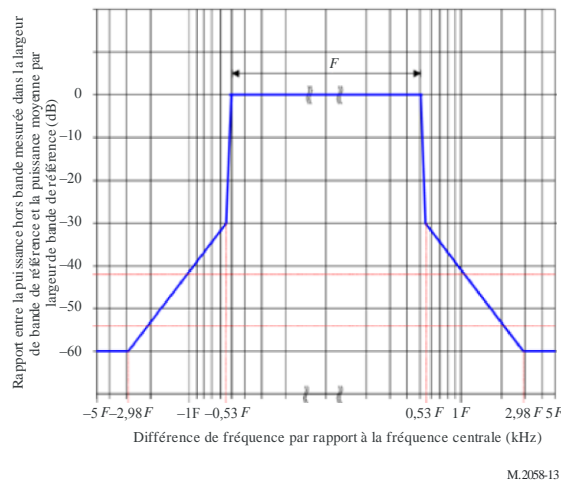
Dans le premier symbole de chaque trame OFDM, on utilise des sous-porteuses comme référence de temps pour assurer la synchronisation du récepteur.

FIGURE 12
Symbole de synchronisation



1.5 Gabarit d'émission du signal RF

FIGURE 13
Gabarit d'émission du signal RF NAVDAT avec une largeur de bande $F = 10$ kHz



1.6 Séquence pour le mode de balayage à la réception

Pour obtenir la couverture radio maritime régionale ou océanique souhaitée, chaque station côtière NAVDAT HF doit utiliser la fréquence qui convient compte tenu des conditions de propagation par l'onde ionosphérique. (Canaux 1 à 6).

Par définition, cette fréquence variera au cours de la journée et de la nuit.

Si la couverture radio requise est importante (par exemple, l'étendue d'un océan), la station côtière NAVDAT devra utiliser plusieurs fréquences pour la diffusion des messages NAVDAT.

Les stations côtières utilisant des antennes large bande ou des systèmes d'antennes peuvent émettre simultanément sur plusieurs fréquences, ce qui présente l'avantage de limiter la durée totale d'émission et de réduire les risques de brouillage des autres stations côtières.

Le récepteur de navire choisira la fréquence la mieux adaptée dans sa zone de navigation au moment de la réception, c'est-à-dire celle sur laquelle le rapport S/N est le meilleur.

Par conséquent, le récepteur de navire est en mode veille et balaie les fréquences attribuées à la station NAVDAT HF (Annexe 5).

Pour permettre aux récepteurs de choisir la meilleure fréquence utilisable, chaque station côtière émet, avant toute diffusion de messages NAVDAT, trois fois une séquence de 500 ms, sur chacune des fréquences attribuées, en observant une pause comprise entre 200 et 1 000 ms, ce qui permet à la station côtière de changer de fréquence et de système d'antenne si nécessaire.

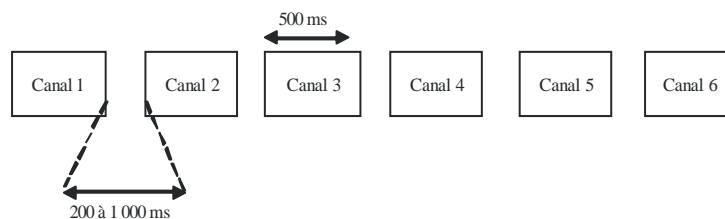
Pendant chaque séquence de 500 ms, la station côtière émettra :

- des signaux de synchronisation;
- son identité;
- la liste des fréquences qu'elle utilise (canaux 1 à 6).

La durée totale de ces émissions sera au maximum de $6 \times 500 = 3\,000$ ms à laquelle s'ajoute la durée des pauses, comprise entre $5 \times 200 = 1\,000$ ms et $5 \times 1\,000 = 5\,000$ ms, soit une durée totale maximale de 8 000 ms. Si les stations côtières n'utilisent par exemple que trois fréquences, la durée d'émission serait de $3 \times 500 = 1\,500$ ms à laquelle s'ajoute la durée des pauses, comprise entre $2 \times 200 = 400$ ms et $2 \times 1\,000 = 2\,000$ ms, soit une durée totale maximale de 3 500 ms.

Outre le choix automatique de la meilleure fréquence de réception, le récepteur aura aussi la possibilité de choisir une ou plusieurs stations côtières.

FIGURE 14
Séquence d'émission des messages NAVDAT



M.2058-14

2 Débit de données utilisable estimé

Dans une largeur de bande de canal de 10 kHz avec une propagation en ondes décamétriques, le débit de données brut disponible pour le flux de données (DS) est généralement proche de 20 kbit/s avec un signal MAQ-16.

On peut faire varier le nombre de sous-porteuses sur lesquelles les données sont modulées afin d'ajuster la protection des canaux. Plus la protection des canaux sera élevée (protection contre la propagation par trajets multiples, les évanouissements, les retards, etc.), moins les sous-porteuses utiles seront nombreuses.

Le codage avec correction d'erreurs doit ensuite être appliqué au débit de données brut pour obtenir le débit de données utile. Avec un rendement de codage compris entre 0,5 et 0,75, le débit de données utile est alors compris entre 10 et 15 kbit/s.

Avec un rendement de codage plus élevé, le débit de données utile est plus élevé mais la couverture radio est réduite.

3 Récepteur de navire NAVDAT

3.1 Description du récepteur de navire NAVDAT

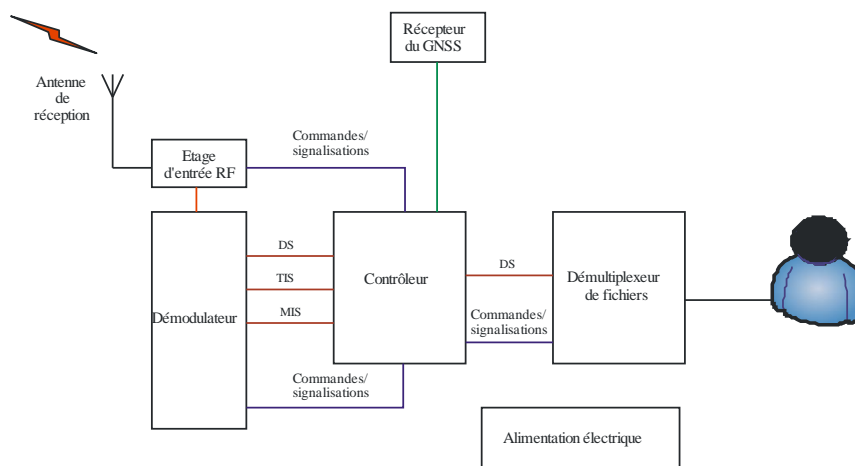
Le schéma du récepteur de navire est représenté à la Fig. 15.

Il est possible de rendre un récepteur NAVDAT HF parfaitement compatible avec le récepteur NAVDAT MF simplement en adaptant l'étage d'entrée pour permettre la réception à la fois à 500 kHz et en ondes décimétriques. Un balayage est autorisé sur les canaux en ondes décimétriques mais la réception à 500 kHz et la réception en ondes décimétriques sont complètement séparées et indépendantes. L'antenne peut être la même, par exemple une antenne fouet active.

Un récepteur numérique type NAVDAT 500 kHz et NAVDAT HF est composé de plusieurs blocs de base:

- antenne de réception et antenne GNSS;
- étage d'entrée RF;
- démodulateur;
- démultiplexeur de fichiers;
- contrôleur;
- alimentation électrique.

FIGURE 15
Schéma logique du récepteur NAVDAT



3.1.1 Antenne de réception et antenne du système mondial de navigation par satellite

L'antenne de réception peut être une antenne de champ H (recommandée sur un navire bruyant) ou une antenne de champ E.

Une antenne GNSS (ou une connexion avec le récepteur GNSS de navire existant) est également nécessaire pour pouvoir obtenir la position du navire.

3.1.2 Etage d'entrée RF

Ce bloc comprend un filtre RF, un amplificateur RF et une sortie en bande de base avec, dans tous les cas, un mode de balayage.

Une sensibilité élevée et une grande plage dynamique sont nécessaires.

3.1.3 Démodulateur

Cet étage démodule le signal OFDM en bande de base et recrée le flux de données contenant les fichiers de messages transmis.

Il assure:

- la synchronisation temporelle/fréquentielle;
- l'estimation du canal;
- la récupération automatique de la modulation;
- la correction des erreurs.

Le récepteur NAVDAT devrait pouvoir détecter automatiquement les paramètres de modulation suivants:

- la modulation MAQ-4, -16 ou -64;
- le système de sous-porteuses;
- le type de codage avec correction d'erreurs.

Outre le flux de données, il communique les informations contenues dans les flux TIS et MIS. Il communique aussi des informations complémentaires au sujet du canal telles que:

- le rapport S/N estimé;
- le taux BER;
- le taux MER.

3.1.4 Démultiplexeur de fichiers

Le démultiplexeur de fichiers:

- reçoit les fichiers de messages émanant du contrôleur;
- vérifie que les fichiers de messages sont marqués à son intention (type de mode de diffusion);
- déchiffre les fichiers de messages si nécessaire/possible;
- met les fichiers de messages à la disposition de l'application terminale qui les utilisera;
- supprime les fichiers de messages obsolètes.

En fonction de l'application finale, le fichier de messages peut être:

- stocké dans un serveur embarqué accessible via le réseau du navire;
- envoyé directement à l'application finale.

Une interface homme-machine devrait être disponible pour pouvoir afficher les messages dédiés ainsi que pour pouvoir configurer l'interface avec les dispositifs embarqués dédiés pour l'application (par exemple navigation électronique) et gérer les permissions à bord du navire (identification du navire, chiffrement). Cette interface peut être une application dédiée exécutée sur un ordinateur externe tandis que le récepteur peut être une boîte noire.

3.1.5 Contrôleur

Le contrôleur:

- extrait les fichiers de messages du flux de données (il fusionne les paquets pour obtenir des fichiers);
- interprète les flux TIS et MIS et les autres informations fournies par le démodulateur;
- collecte les informations suivantes émanant du démultiplexeur de fichiers:
 - nombre total de fichiers de messages décodés;
 - nombre de fichiers de messages disponibles;
 - événement d'erreur (par exemple erreurs de déchiffrement).

Une interface homme-machine peut être prévue afin d'afficher et de vérifier les paramètres de réception.

3.1.6 Alimentation électrique

L'alimentation électrique doit être adaptée à l'alimentation électrique du navire.

4 Spécifications de performance des récepteurs de navire NAVDAT

On part du principe que les spécifications des récepteurs de navire sont les suivantes, l'objectif étant d'obtenir une valeur minimale du rapport S/N pour permettre une démodulation OFDM correcte (MAQ-4, -16 ou -64).

TABLEAU 1

Spécifications de performance des récepteurs de navire NAVDAT HF

| | |
|--|----------------------------------|
| Bande de fréquences | Bande maritime entre 4 et 22 MHz |
| Protection vis-à-vis des canaux adjacents | > 40 dB à 5 kHz |
| Facteur de bruit | < 10 dB |
| Sensibilité utilisable pour un taux BER = 10^{-4} après correction des erreurs | < -100 dBm |
| Dynamique | > 80 dB |
| Champ RF minimal utilisable (avec une antenne de réception adaptée) | 20 dB(μ V/m) |

Annexe 4

Mode réseau monofréquence du système Digital Radio Mondiale

1 Le système Digital Radio Mondiale

Le système de radiodiffusion numérique international Digital Radio Mondiale (DRM) est utilisé pour la radiodiffusion numérique en ondes hectométriques et décamétriques. Le système DRM est basé sur une technologie éprouvée qui permet d'assurer une couverture supérieure, d'améliorer la fidélité du signal (grâce à un codage numérique avec correction des erreurs), d'éliminer les brouillages dus à la propagation par trajets multiples (y compris le brouillage dû à l'onde ionosphérique) et, par conséquent, d'offrir une couverture plus étendue pour les signaux se propageant par l'onde ionosphérique. Les émissions DRM utilisent l'un des deux modes de modulation MAQ-16 et MAQ-64, en fonction de la couverture requise, de l'emplacement de l'émetteur, de la puissance et de la hauteur de l'antenne.

1.1 Fonctionnement en mode réseau monofréquence

Le système DRM est capable de fonctionner en mode «réseau monofréquence», autrement dit plusieurs émetteurs émettent sur la même fréquence, et en même temps, des signaux de données identiques. En règle générale, ces émetteurs sont disposés de manière à avoir des zones de couverture qui se chevauchent, à l'intérieur desquelles une radio recevra des signaux provenant de plusieurs émetteurs. Sous réserve que la différence entre les temps d'arrivée de ces signaux soit inférieure à l'intervalle de garde, il en résultera un renforcement positif du signal. La couverture du service sera donc améliorée l'endroit considéré par rapport à celle qui serait obtenue si un seul émetteur assurait le service à cet endroit. Par une conception minutieuse et l'utilisation de plusieurs émetteurs dans un réseau monofréquence, une région ou un pays peut être couvert entièrement en utilisant une seule fréquence, et pour cette application, un seul intervalle de temps, ce qui permet d'améliorer considérablement l'efficacité d'utilisation du spectre.

Annexe 5

Fréquences pouvant être utilisées par le système NAVDAT HF

| Canal | Bande de fréquences attribuée au service mobile maritime | Fréquence centrale | Limites |
|-------|--|--------------------|-------------------------|
| C1 | Bande des 4 MHz | 4 226 kHz | 4 221 à 4 231 kHz |
| C2 | Bande des 6 MHz | 6 337,5 kHz | 6 332,5 à 6 342,5 kHz |
| C3 | Bande des 8 MHz | 8 443 kHz | 8 438 à 8 448 kHz |
| C4 | Bande des 12 MHz | 12 663,5 kHz | 12 658,5 à 12 668,5 kHz |
| C5 | Bande des 16 MHz | 16 909,5 kHz | 16 904,5 à 16 914,5 kHz |
| C6 | Bande des 22 MHz | 22 450,5 kHz | 22 445,5 à 22 455,5 kHz |