

UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

Recommandation UIT-R M.2010-2
(02/2023)

**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 500 kHz**

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 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 œuvre 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

(Également 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	Émissions 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, 2023

© UIT 2023

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.2010-2

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 500 kHz

(2012-2019-2023)

Domaine d'application

La Recommandation décrit un système de radiocommunication en ondes hectométriques, appelé NAVDAT (Navigational Data), destiné à être utilisé dans le service mobile maritime dans les bandes des 500 kHz 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 caractéristiques techniques et la structure de transmission sont présentées dans les Annexes 3 et 4. La structure du fichier de messages ainsi qu'un mode de diffusion sont décrits dans les Annexes 5 et 6. La liste des messages-sujets est présentée dans l'Annexe 7.

Mots clés

500 kHz, diffusion, NAVDAT

Abréviations/Glossaire

BER	taux d'erreurs sur les bits (<i>bit error rate</i>)
BPSK	modulation par déplacement de phase bivalente (<i>binary phase shift keying</i>)
BW	largeur de bande (<i>bandwidth</i>)
CDU	élément de commande et d'affichage (<i>control and display unit</i>)
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications
CRC	contrôle de redondance cyclique (<i>cyclic redundancy check</i>)
DRM	Digital Radio Mondiale
DS	flux de données (<i>data stream</i>)
ECDIS	système d'information et d'affichage de cartes électroniques (<i>electronic chart and display information system</i>)
GF	champ de Galois ou champ fini (<i>Galois field or finite field</i>)
GNSS	système mondial de navigation par satellite (<i>global navigation satellite system</i>)
HF	ondes décimétriques (<i>high frequency</i>)
LDPC	contrôle de parité à faible densité (<i>low density parity check</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>)
MMSI	identité du service mobile maritime (<i>maritime mobile service identity</i>)
MROF	multiplexage par répartition orthogonale de fréquence
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)
OMI	Organisation maritime internationale
PEP	puissance de crête (<i>peak envelope power</i>)
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire (<i>pseudo-random binary sequence</i>)
rms	valeur quadratique moyenne (<i>root mean square</i>)
RS	codes Reed-Solomon
SAR	recherche et sauvetage (<i>search and rescue</i>)
SDR	système de radiocommunication piloté par logiciel (<i>software defined radio</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
S/N ou SNR	rapport signal/bruit (<i>signal-to-noise ratio</i>)
TIS	flux d'informations de l'émetteur (<i>transmitter information stream</i>)
UIT	Union internationale des télécommunications

Recommandations et Rapports de l'UIT connexes

Recommandation UIT-R P.368 – Courbes de propagation de l'onde de sol entre 10 kHz et 30 MHz

Recommandation UIT-R P.372 – Bruit radioélectrique

Recommandation UIT-R M.493 – Système d'appel sélectif numérique à utiliser dans le service mobile maritime

Recommandation UIT-R M.585 – Assignations et utilisation des identités dans le service mobile maritime

Recommandation UIT-R BS.1514 – Système pour la radiodiffusion sonore numérique dans les bandes attribuées à la radiodiffusion au-dessous de 30 MHz

Recommandation UIT-R M.2058 – Caractéristiques du système numérique NAVDAT de diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer dans le sens côtère-navire dans les bandes de fréquences décimétriques attribuées au service mobile maritime

Rapport UIT-R M.2201 – Utilisation de la bande 495-505 kHz par le service mobile maritime pour la diffusion numérique d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer dans le sens côtère-navire

Rapport UIT-R M.2443 – Lignes directrices relatives au système NAVDAT

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) que la diffusion de données à haut débit dans le sens côtère-navire permet d'améliorer l'efficacité d'exploitation et la sécurité en mer;
- b) que le système télex pour la navigation (NAVTEX) dispose d'une capacité limitée;
- c) que le système de e-navigation maritime de l'Organisation maritime internationale (OMI) entraîne une augmentation de la demande de transmission de données dans le sens côtère-navire;
- d) que la bande des 500 kHz offre une bonne couverture pour les systèmes numériques,

notant

- a) que le Rapport UIT-R M.2201 décrit la base du système NAVDAT;
- b) que la Recommandation UIT-R M.2058 décrit le système NAVDAT exploité dans la bande d'ondes décimétriques;
- c) que le système NAVDAT utilise deux fréquences internationales, à savoir 500 kHz dans la bande d'ondes hectométriques et 4 226 kHz dans la bande d'ondes décimétriques;
- d) que le système NAVDAT peut utiliser d'autres fréquences attribuées dans les bandes d'ondes hectométriques et décimétriques du service maritime pour les diffusions nationales ou régionales;
- e) que le système Digital Radio Mondiale (DRM) dont il est fait mention dans l'Annexe 6 a été incorporé dans la Recommandation UIT-R BS.1514,

recommande

- 1 que les caractéristiques opérationnelles utilisées pour la diffusion d'informations relatives à la sécurité et à la sûreté en mer 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 soit conforme à l'Annexe 2;
- 3 que les caractéristiques techniques et les protocoles des modems utilisés pour la transmission numérique dans le sens côtière-navire dans la bande des 500 kHz soient conformes aux Annexes 3 et 4;
- 4 que le flux de données du système et la structure des messages soient conformes à l'Annexe 5;
- 5 que le mode d'exploitation de réseau monofréquence (SFN) décrit dans l'Annexe 6 soit utilisé;
- 6 que les informations relatives aux messages-sujets figurant dans l'Annexe 7 soient utilisées;
- 7 que l'Annexe 8 soit utilisée pour déterminer la hauteur minimale des pylônes d'antenne dans l'infrastructure côtière afin de prendre en charge les modes de transmission du système NAVDAT et les largeurs de bande associées.

TABLE DES MATIÈRES

Page

Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)	ii
Annexe 1 – Caractéristiques opérationnelles	5
1 Types de message et de fichiers	6
2 Modes de diffusion.....	6
2.1 Diffusion générale.....	6
2.2 Diffusion sélective	6
2.3 Message dédié	6
3 Priorité de diffusion.....	6

Annexe 2 – Architecture du système	6
1 Chaîne de transmission utilisée pour la diffusion	6
1.1 Système d'information et de gestion	8
1.2 Réseau côtier	10
1.3 Description de l'émetteur côtier	10
1.4 Canal de transmission: estimation de la couverture radio	14
Annexe 3 – Caractéristiques techniques du système NAVDAT	15
1 Principe de modulation	15
1.1 Introduction	15
1.2 Principe	15
1.3 Paramètres du multiplexage par répartition orthogonale de fréquence	16
1.4 Largeur de bande de canal.....	17
1.5 Modulation	17
1.6 Synchronisation.....	19
1.7 Dispersion d'énergie.....	21
1.8 Occupation spectrale du signal RF	22
1.9 Séquence pour le mode de balayage à la réception.....	22
2 Débit de données utilisable estimé	23
3 Spécifications de performance de l'émetteur NAVDAT	26
4 Récepteur de navire NAVDAT	26
4.1 Description du récepteur de navire NAVDAT.....	26
5 Spécifications de performance minimales des récepteurs de navire NAVDAT	32
Annexe 4 – Structure de transmission	33
1 Structure des trames	33
2 En-tête de synchronisation.....	34
3 Flux d'informations de modulation	35
3.1 Structure.....	35
3.2 Codage	36
4 Flux d'informations de l'émetteur.....	36
4.1 Structure.....	36

4.2	Codage	39
4.3	Position	39
5	Flux de données.....	40
5.1	Structure.....	40
5.2	Codage	43
6	Codes de contrôle de parité à faible densité	44
7	Contrôle de redondance cyclique	46
Annexe 5 – Structure du fichier de messages.....		46
Annexe 6 – Réseau monofréquence pour la diffusion simultanée depuis de multiples emplacements de systèmes NAVDAT (repris du système Digital Radio Mondiale)		48
1	Le système Digital Radio Mondiale.....	48
1.1	Fonctionnement en mode réseau monofréquence.....	48
Annexe 7 – Codes des messages-sujets du système NAVDAT		49
Annexe 8 – Mise en œuvre de l'infrastructure côtière du système NAVDAT		52
A8.1	Objet de la présente Annexe.....	52
A8.2	Caractéristiques d'antenne des pylônes radioélectriques de différentes tailles	52
A8.3	Spécifications d'antenne pour les systèmes NAVTEX et NAVDAT	53
A8.4	Débits de données estimés du système NAVDAT pour plusieurs modes de transmission.....	53

Annexe 1

Caractéristiques opérationnelles

Le système NAVDAT utilise une attribution d'intervalle de temps tout comme le système NAVTEX, qui pourrait être coordonnée par l'OMI de la même manière.

Le système NAVDAT peut aussi fonctionner en mode réseau SFN comme décrit à l'Annexe 6. 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 fonctionnant à 500 kHz offre un moyen de diffusion de tout type de message, éventuellement chiffré, dans le sens côtière-navire.

1 Types de message et de fichiers

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;
- piraterie;
- recherche et sauvetage;
- messages météorologiques;
- messages de pilotage ou des autorités portuaires;
- transfert de fichiers de système de trafic maritime;
- modules de mise à jour des cartes électroniques.

Voir l'Annexe 7 dans laquelle figurent les sujets des messages et leur codage.

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 navires¹ ou dans une zone de navigation spécifique (voir aussi l'Annexe 3, § 4.1.9).

2.3 Message dédié

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

3 Priorité de diffusion

Le système NAVDAT est en mesure de hiérarchiser les messages (voir les documents relatifs au système NAVDAT publiés par l'OMI) (voir aussi le Tableau 19).

Annexe 2

Architecture du système

1 Chaîne de transmission utilisée pour la diffusion

Le système NAVDAT est structuré autour de cinq vecteurs assurant les fonctions suivantes:

¹ Le format de l'identification d'appel de groupe de la station de navire est défini dans la Partie 1 de l'Annexe 1 de la Recommandation UIT-R M.585.

- 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;
 - suit l'état de fonctionnement et la qualité de la diffusion de l'émetteur côtier;
 - contrôle les paramètres d'exploitation de l'émetteur côtier.
- Réseau côtier:
 - assure le transport des fichiers de messages et le suivi des données depuis les sources jusqu'aux émetteurs.
- Émetteur 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 (MROF);
 - transmet le signal RF à l'antenne en vue de sa diffusion aux navires;
 - suit l'état de fonctionnement et communique les informations au système SIM.
- Canal de transmission:
 - transporte le signal RF à 500 kHz.
- Récepteur de navire:
 - démodule le signal MROF 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, ou affiche le contenu des fichiers de messages.

Les Figures 1 et 2 montrent le schéma de la chaîne de transmission utilisée pour la diffusion.

FIGURE 1
Schéma de la chaîne de transmission du système NAVDAT à 500 kHz

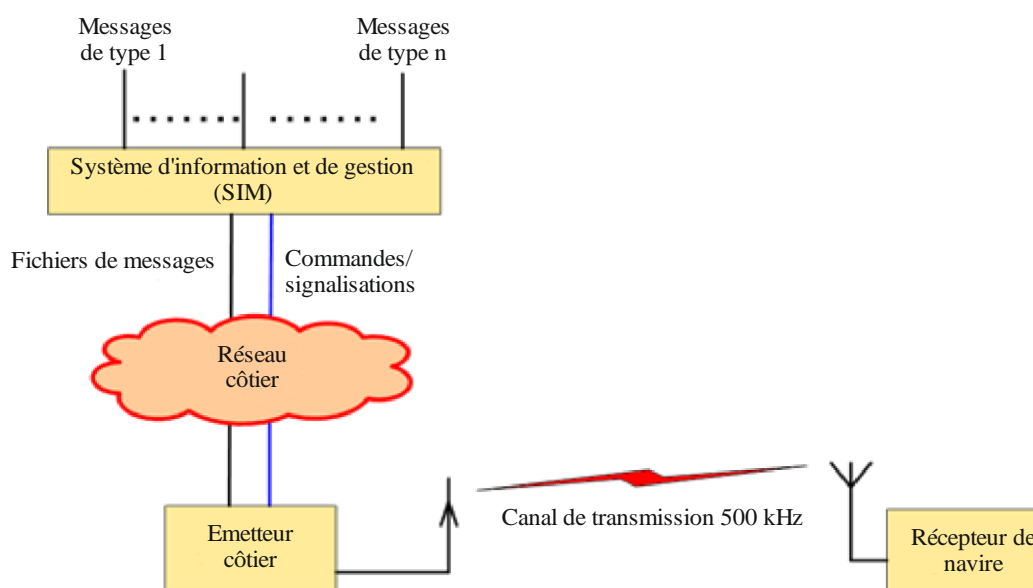
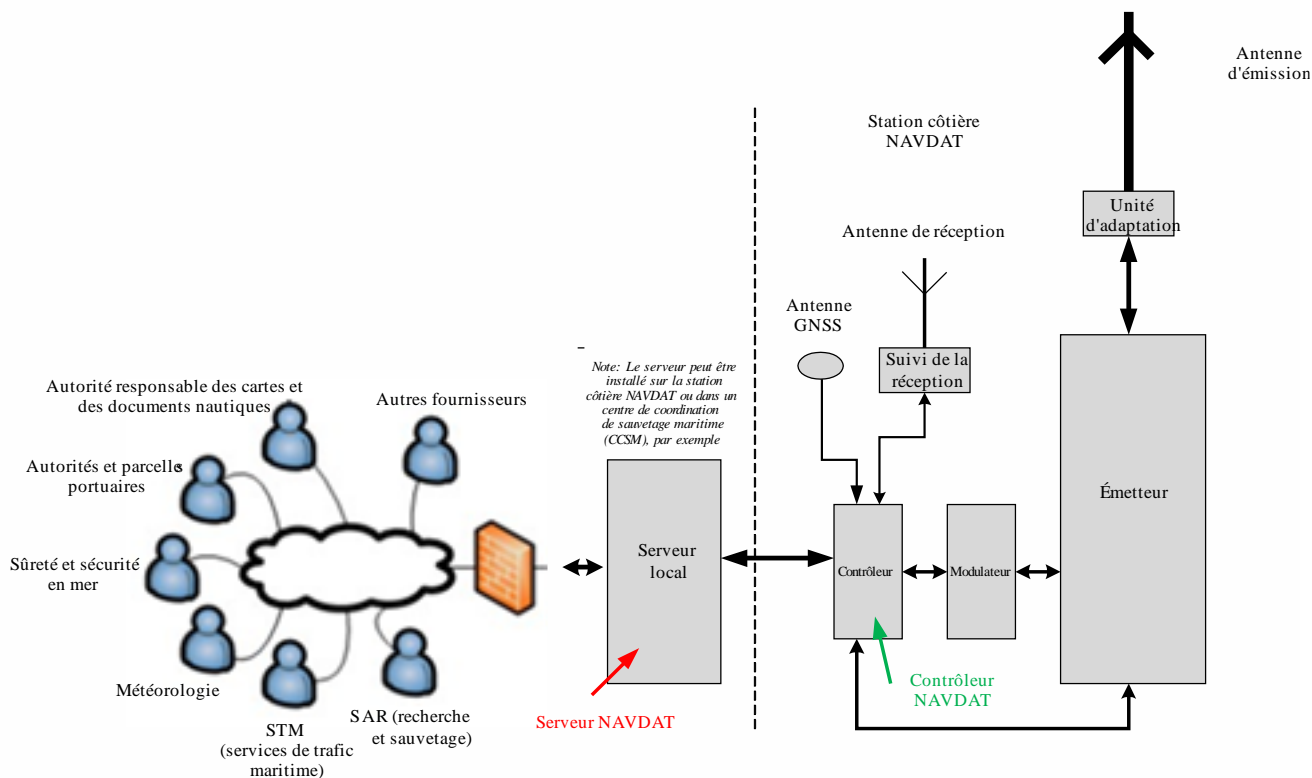


FIGURE 2

Chaîne de transmission du système NAVDAT à l'échelle mondiale



M.2010-02

1.1 Système d'information et de gestion

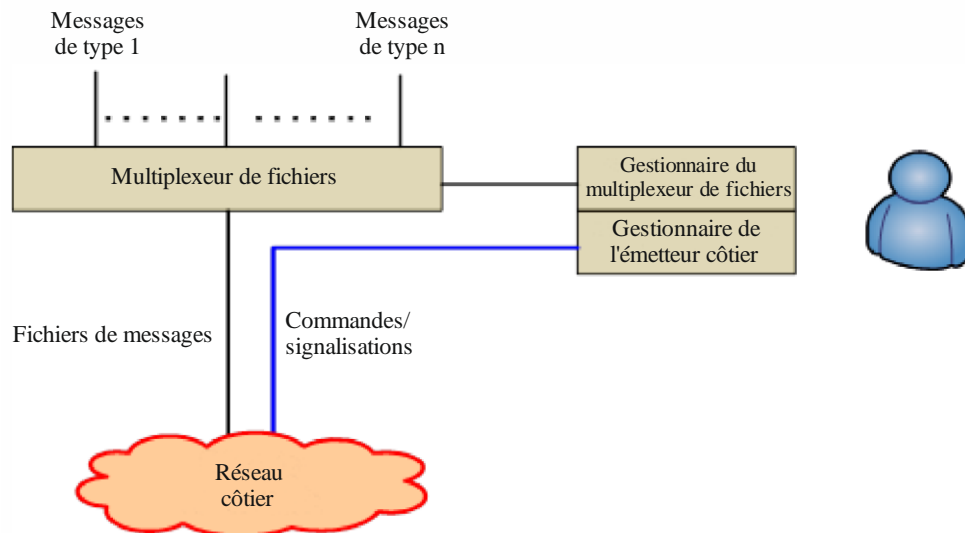
Le système SIM comprend:

- 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 3 montre le schéma général du système SIM.

FIGURE 3

Schéma du système d'information et de gestion du système NAVDAT

M.2010-03

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 si cela est demandé;
- formate les fichiers de messages en ajoutant les informations relatives aux destinataires, le rang de priorité et la validité temporelle;
- 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. À 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 RF effective;
- un rapport de synchronisation;
- la qualité des transmissions;

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

- la puissance d'émission RF;
- les paramètres MROF (sous-porteuses pilotes, modulation, 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:

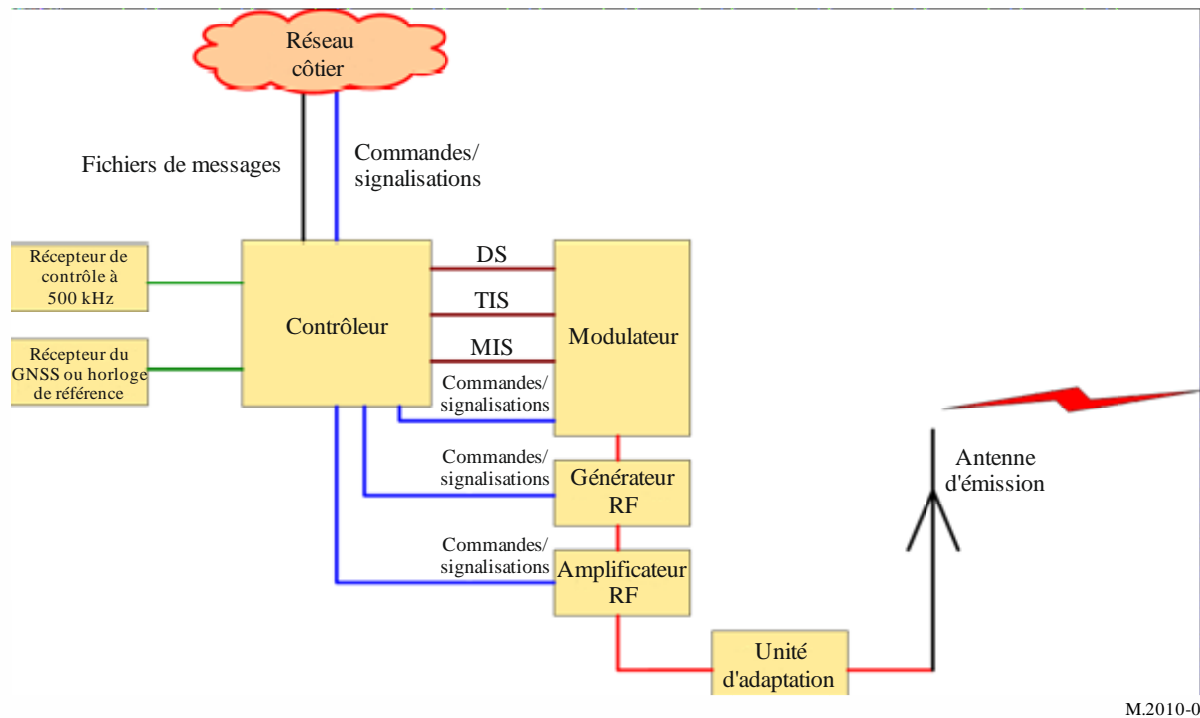
- un contrôleur, c'est-à-dire un serveur local avec accès protégé;
- un modulateur MROF;
- un générateur de signal RF;
- un amplificateur de puissance RF;
- une antenne d'émission avec unité d'adaptation;
- un récepteur du système mondial de navigation par satellite (GNSS) ou une horloge atomique pour la synchronisation;
- un récepteur de contrôle avec son antenne.

1.3.1 Architecture du système côtier

La Figure 4 montre le schéma d'un émetteur numérique fonctionnant à 500 kHz.

FIGURE 4

Schéma fonctionnel de l'émetteur numérique fonctionnant à 500 kHz du système NAVDAT



M.2010-04

1.3.2 Contrôleur

Cette unité reçoit et émet les informations suivantes:

- fichiers de messages émanant du système SIM;
- signal GNSS ou d'horloge de référence pour la synchronisation;
- signal à 500 kHz émanant du récepteur de contrôle;
- signaux de commande et suivi du modulateur, du générateur de signal RF à 500 kHz et de l'amplificateur de puissance RF;
- signal de contrôle du générateur de signal RF et de l'amplificateur de puissance RF.

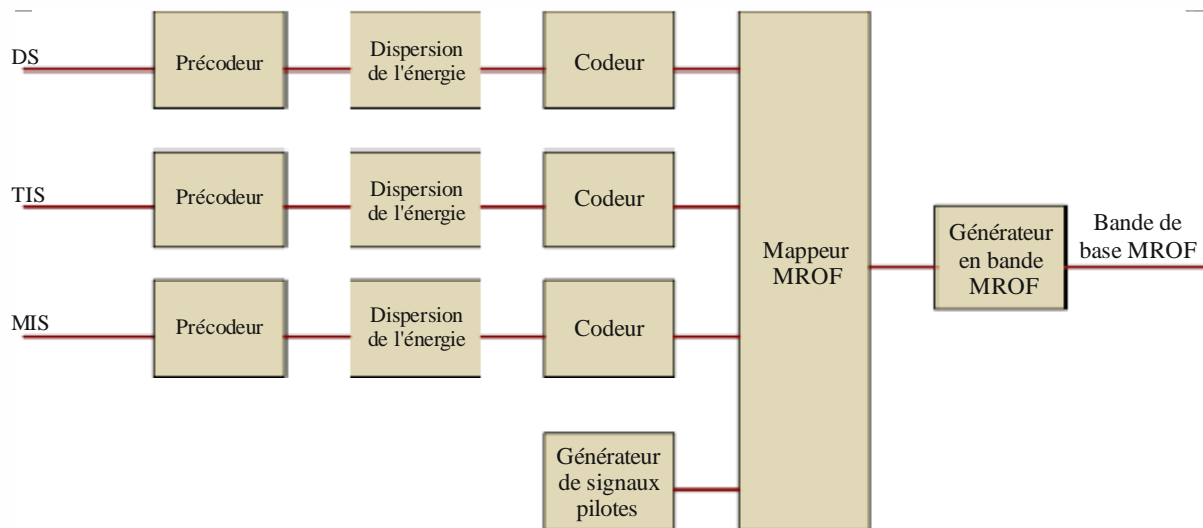
Le contrôleur a pour fonction:

- de vérifier si la bande de fréquences 495-505 kHz 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).

1.3.3 Modulateur

La Figure 5 montre le schéma du modulateur.

FIGURE 5
Schéma fonctionnel du modulateur à 500 kHz du système NAVDAT



M.2010-05

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 MROF par le mappeur de cellules.

1.3.3.1.1 Flux d'informations de modulation

Ce flux permet de fournir des informations sur:

- la largeur de bande du canal (1, 3, 5 ou 10 kHz);
- la modulation pour le flux d'informations de l'émetteur et le flux de données (MAQ-4, -16 ou -64).

Ce 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 (devrait être différent pour la propagation par l'onde de surface le jour, mode A, et pour la propagation par l'onde ionosphérique la nuit, mode B);
- l'identification de l'émetteur;
- l'heure.

Pour le codage de ce 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 MROF 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 MROF crée la bande de base MROF en fonction de la sortie du mappeur de cellules.

1.3.4 Générateur de signal RF fonctionnant à 500 kHz

Le générateur de signal RF fonctionnant à 500 kHz transpose le signal en bande de base de la porteuse de sortie RF à 500 kHz.

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

1.3.5 Amplificateur de puissance RF

Cet étage a pour fonction d'amplifier le signal à 500 kHz sortant du générateur pour qu'il atteigne le niveau nécessaire afin d'obtenir la couverture radio souhaitée.

La transmission MROF introduit un facteur de crête pour le signal RF. Ce facteur doit être inférieur à 10 dB à la sortie de l'amplificateur RF pour que le taux d'erreurs de modulation (MER) soit correct.

La puissance RF quadratique moyenne de l'émetteur doit être adaptée en fonction de l'efficacité globale de l'antenne et de la couverture radio souhaitée.

La puissance RF de sortie d'un émetteur côtier peut être ajustée jusqu'à une valeur quadratique moyenne (rms) de 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.

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 et à configurer une horloge de référence de grande précision dans le cas d'un fonctionnement en mode SFN.

1.3.8 Récepteur de contrôle

Le récepteur de contrôle vérifie que la bande de fréquences 495-505 kHz est libre avant toute transmission et offre la possibilité de vérifier la transmission. Il est recommandé d'utiliser un récepteur distant pour assurer la qualité de la réception du signal local.

1.4 Canal de transmission: estimation de la couverture radio

La couverture pourrait être calculée sur la base de la version la plus récente des Recommandations UIT-R P.368 et UIT-R P.372 à l'aide d'un logiciel de simulation adéquat. Voir les Rapports UIT-R M.2201 et UIT-R M.2443 à titre d'exemple.

1.4.1 Canal de propagation

L'UIT a élaboré plusieurs critères relatifs au canal de propagation à partir desquels quatre modes peuvent être définis:

- Mode A: Canaux gaussiens, avec léger évanouissement. À utiliser avec la propagation par l'onde de surface.
- Mode B: Canaux sélectifs en temps et en fréquence, avec un plus grand étalement du temps de propagation. À utiliser avec l'onde de sol mixte et la propagation de l'onde ionosphérique.
- Mode C: Comme le mode B, mais avec un plus grand étalement du spectre Doppler. À utiliser avec la propagation de l'onde ionosphérique avec plusieurs bonds (non utilisé pour le système NAVDAT MF fonctionnant à 500 kHz).
- Mode D: Comme le mode B, mais avec un grand étalement du temps de propagation et du spectre Doppler. Utiliser avec l'onde ionosphérique avec plusieurs bonds sur plusieurs couches ionosphériques (non utilisé pour le système NAVDAT MF fonctionnant à 500 kHz).

Seuls les modes A et B sont à utiliser pour la bande des 500 kHz avec la propagation par l'onde de surface.

Il existe deux modes de propagation pour le système NAVDAT dans la bande d'ondes hectométriques:

Mode A: Propagation par l'onde de surface avec polarisation verticale. Mode normal le jour. Dans ce mode, les couvertures peuvent être calculées à l'aide du logiciel «GRWAVE» ou «LFMF-SmoothEarth» en association avec la dernière version de la Recommandation UIT-R P.368, et du logiciel NOISEDAT en association avec la dernière version de la Recommandation UIT-R P.372.

Mode B: Propagation par combinaison de l'onde de surface et de l'onde ionosphérique. Ce mode peut être utilisé la nuit.

Le jour, la couche ionosphérique D est absorbante. On utilisera donc le mode A pendant la journée.

Au coucher du soleil, la couche D disparaît. Il est préférable d'utiliser le mode B pendant la nuit.

La couverture radio de la station est étroitement liée au fonctionnement général de l'antenne d'émission.

Annexe 3

Caractéristiques techniques du système NAVDAT

1 Principe de modulation

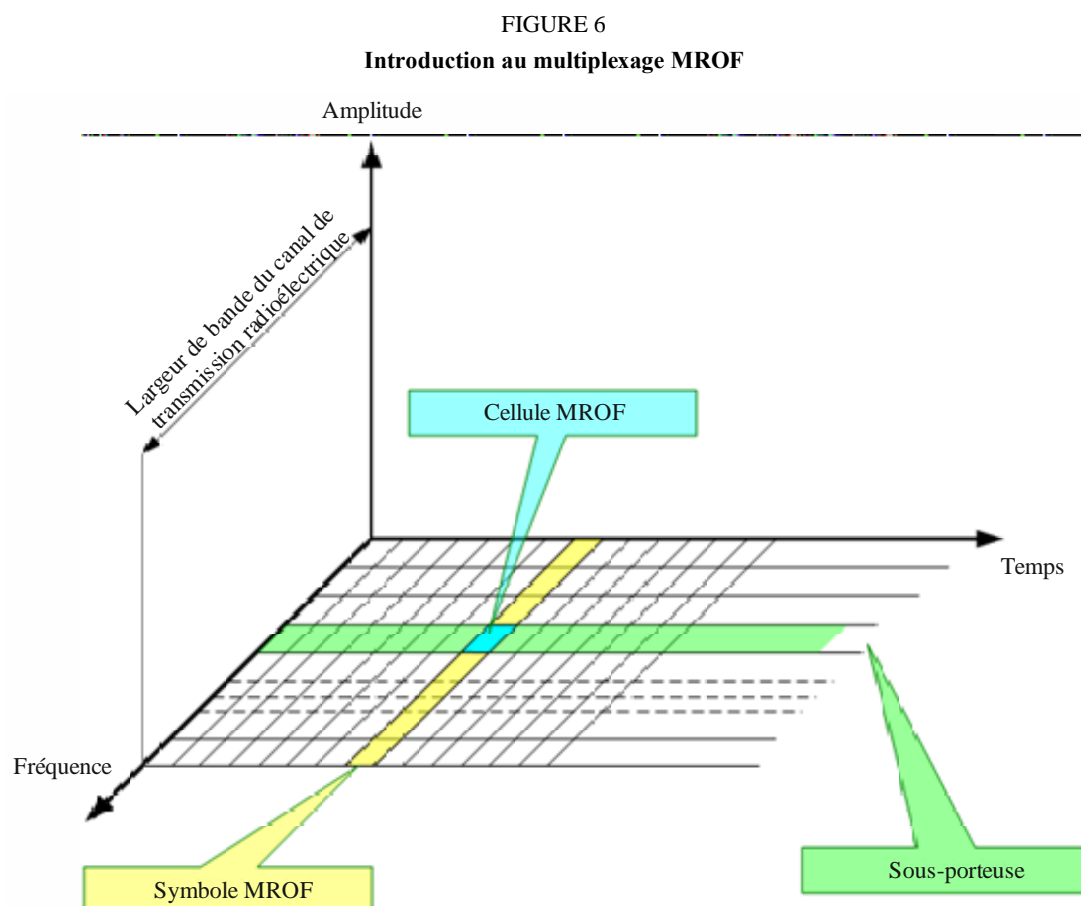
Le système utilise le multiplexage MROF, qui est une technique de modulation utilisée pour les transmissions numériques.

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 MROF.

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



1.2 Principe

Le multiplexage MROF utilise un grand nombre de sous-porteuses orthogonales rapprochées (41,666 Hz (mode A) ou 46,875 Hz (mode B) dans le Tableau 1), 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 MROF de la partie utile.

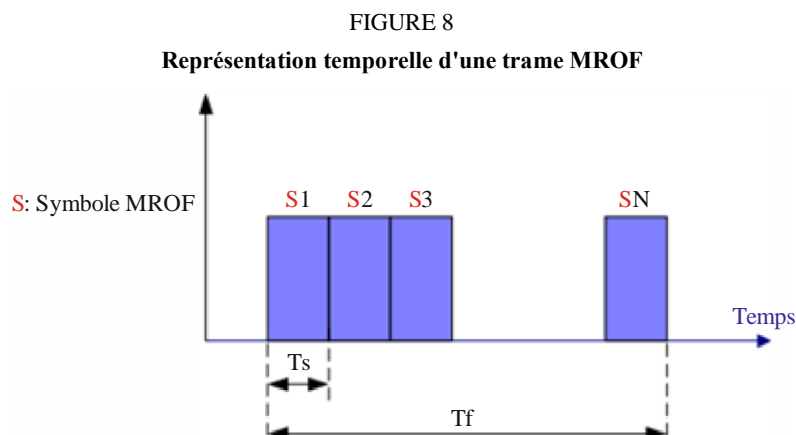
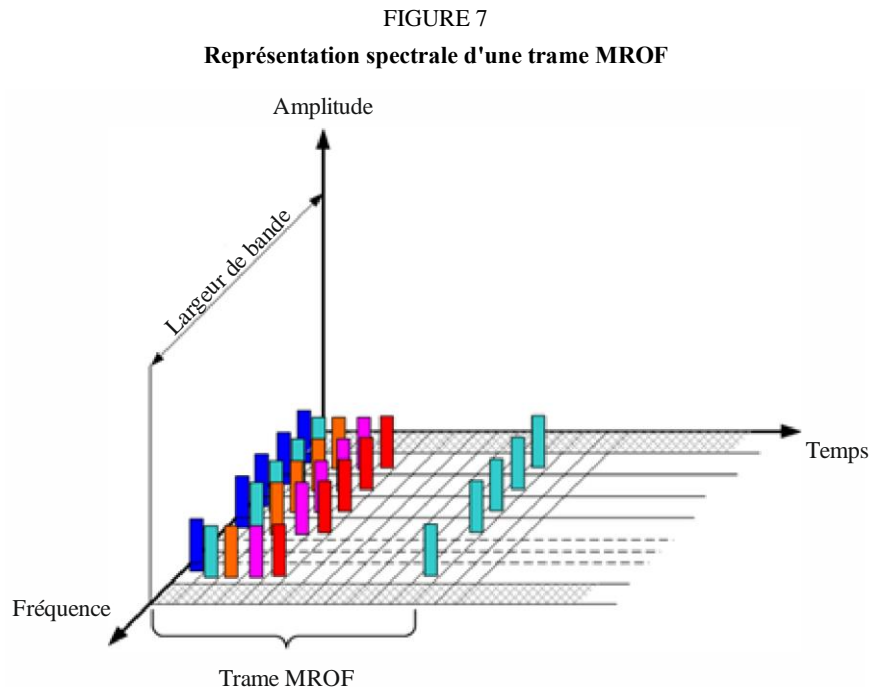
Les phases des sous-porteuses sont orthogonales l'une par rapport à l'autre pour améliorer la diversité du signal soumis à la propagation par trajets multiples, notamment sur les longues distances.

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

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

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

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



1.3 Paramètres du multiplexage par répartition orthogonale de fréquence

Les valeurs des paramètres MROF sont indiquées dans le Tableau 1.

TABLEAU 1
Valeurs des paramètres du multiplexage MROF

Mode de propagation	T_u (ms)	$1/T_u$ (Hz)	T_d (ms)	$T_s = T_u + T_d$ (ms)	N_s	T_f (ms)
A: onde de surface	24	41,666	2,66	26,66	15	400
B: onde de surface + onde ionosphérique	21,33	46,875	5,33	26,66	15	400

T_u : durée de la partie utile d'un symbole MROF

$1/T_u$: espacement entre les porteuses

T_d : durée de l'intervalle de garde

T_s : durée d'un symbole MROF

N_s : nombre de symboles par trame

T_f : durée de la trame de transmission.

1.4 Largeur de bande de canal

La diffusion numérique du système NAVDAT définit différentes largeurs de bande de canal et détermine le nombre de sous-porteuses pour les différents taux d'occupation du spectre. Le Tableau 2 indique la valeur de la largeur de bande de canal et le nombre de sous-porteuses.

TABLEAU 2
Relation entre la largeur de bande de canal et le nombre de sous-porteuses
pour le multiplexage MROF

Mode de propagation	Cas	1	2	3	4
	Largeur de bande de canal	1 kHz	3 kHz	5 kHz	10 kHz
A: onde de surface	Nombre de sous-porteuses	23	69	115	229
	Numéro des sous-porteuses	K -11 à 11	K -34 à 34	K -57 à 57	K -114 à 114
B: onde de surface + onde ionosphérique	Nombre de sous-porteuses	19	61	103	207
	Numéro des sous-porteuses	K -9 à 9	K -30 à 30	K -51 à 51	K -103 à 103

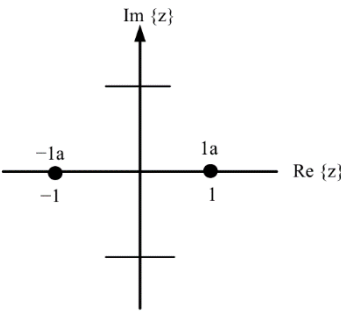
1.5 Modulation

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).

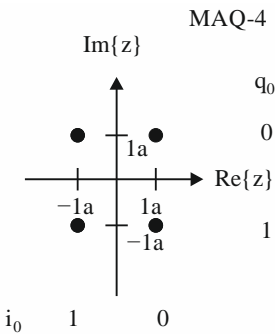
Le schéma de modulation dépend de la robustesse de signal que l'on souhaite atteindre.

FIGURE 9
Constellation de modulation par déplacement de phase bivalente



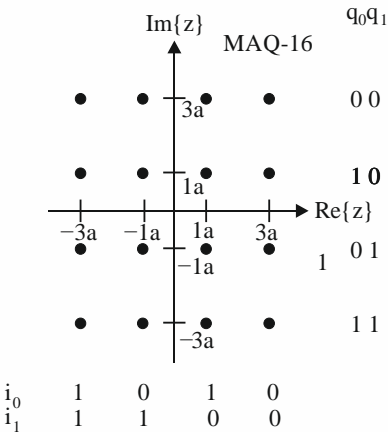
M.2010-09

FIGURE 10
Diagramme de constellation pour la modulation MAQ-4



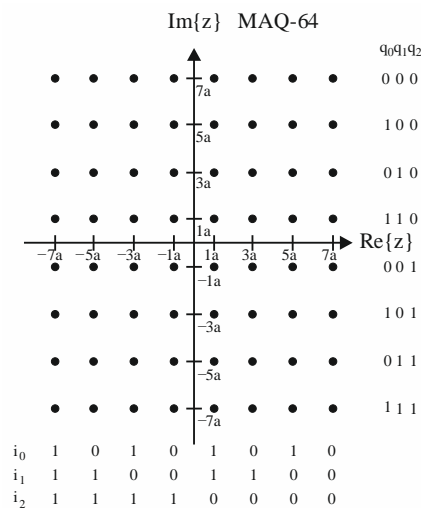
M.2010-10

FIGURE 11
Diagramme de constellation pour la modulation MAQ-16



M.2010-11

FIGURE 12
Diagramme de constellation pour la modulation MAQ-64



M.2010-12

1.6 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 devrait être appliquée. Certaines des sous-porteuses des symboles MROF peuvent transporter des signaux pilotes.

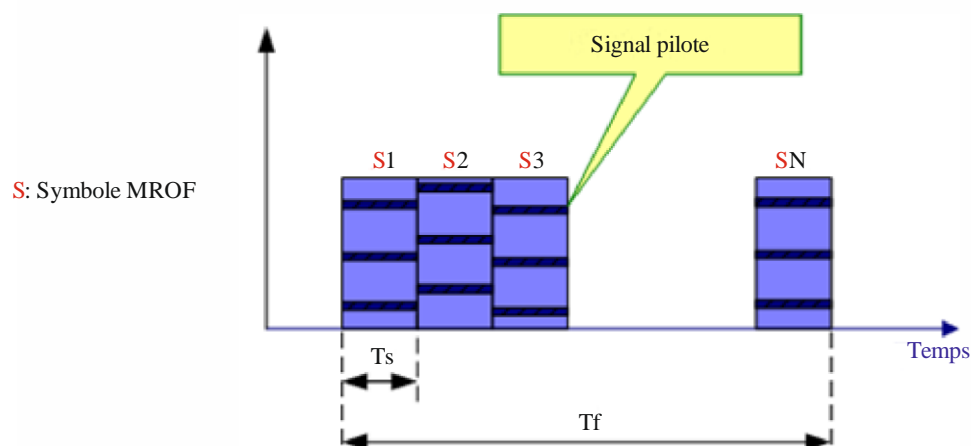
Les signaux pilotes permettent au récepteur:

- 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.

Les cellules pilotes ont un gain de puissance de facteur 2 dans la modulation BPSK.

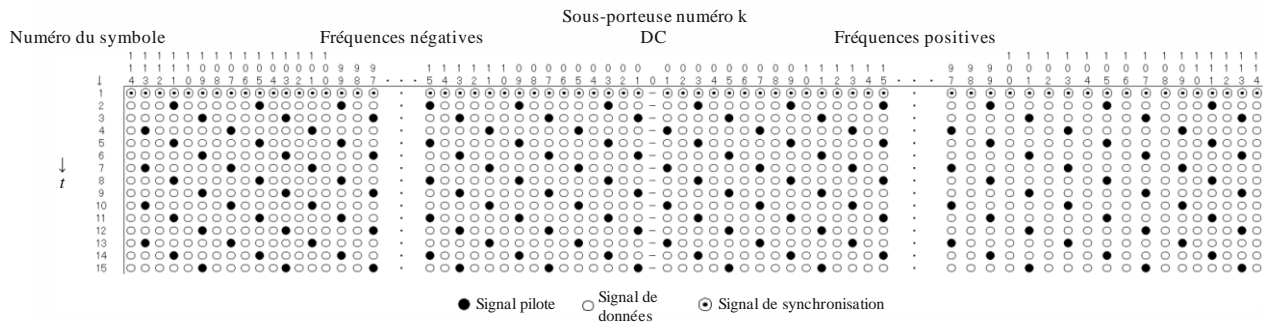
FIGURE 13
Signal pilote MROF



M.2010-13

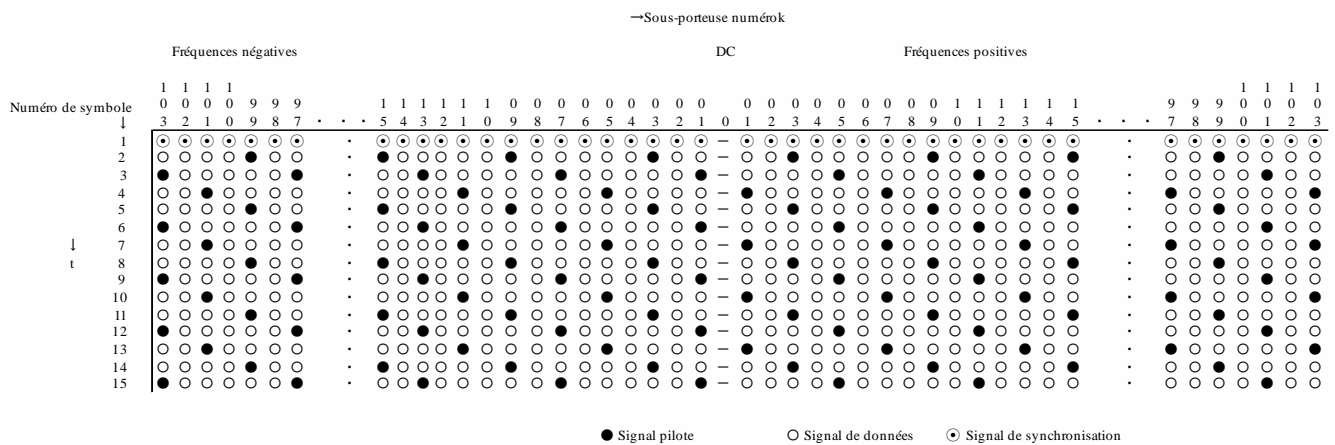
L'emplacement du signal pilote dans chaque symbole MROF d'une trame peut être illustré comme suit:

FIGURE 14
Emplacement du signal pilote dans le mode A



M.2010-14

FIGURE 15
Emplacement du signal pilote dans le mode B



M.2010-15

Ici, t est l'axe du domaine temporel et f celui de la fréquence. Le premier symbole de chaque trame d'en-tête MROF doit être constitué d'une séquence de signaux de synchronisation formant l'en-tête de synchronisation (voir les Tableaux 9 et 10), servant tous de référence temporelle pour permettre la synchronisation du récepteur. Les cellules noires et les cellules blanches représentent respectivement les signaux pilotes et les signaux de données. La valeur des signaux pilotes, qui sont modulés en MAQ-2 (MDP-2) dans un symbole MROF, est indiquée dans les Tableaux 3 et 4.

TABLEAU 3
Séquence pilote (mode A)

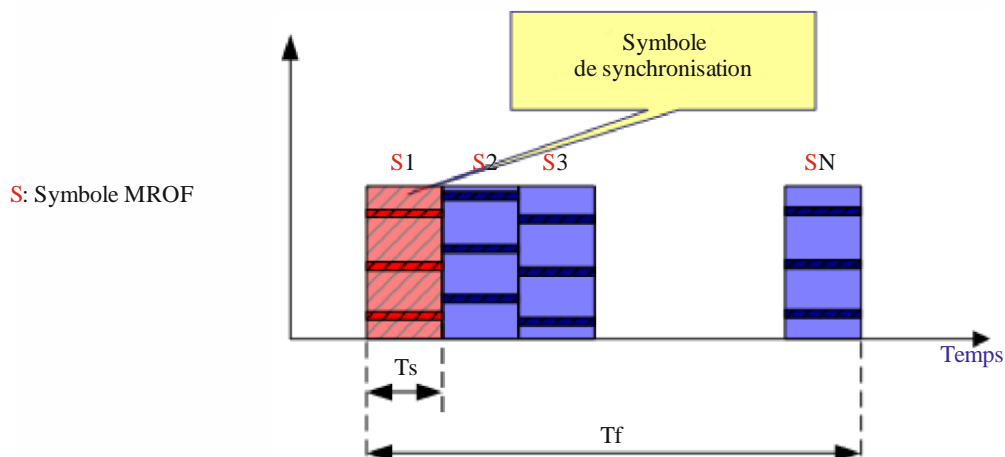
Nombre de sous-porteuses	Séquence pilote
229	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 1 1
115	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1
69	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1
23	-1 1 -1 1

TABLEAU 4
Séquence pilote (mode B)

Nombre de sous-porteuses	Séquence pilote
207	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1
103	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 1
61	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1
19	-1 1 -1 1

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

FIGURE 16
Symbole de synchronisation



M.2010-16

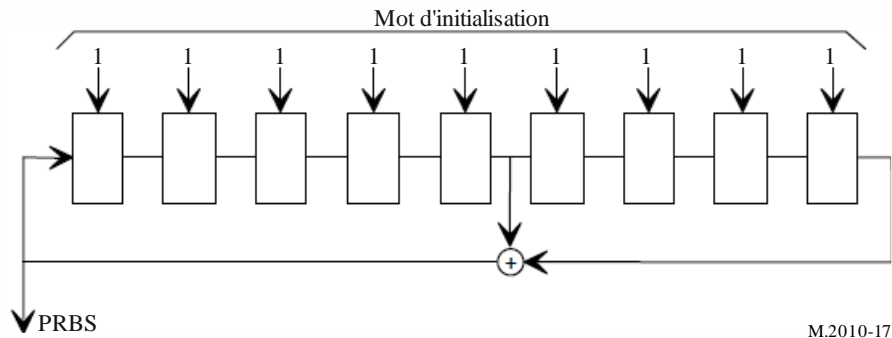
1.7 Dispersion d'énergie

La dispersion d'énergie vise à éviter que la transmission de structures de signaux n'aboutisse à une uniformité non désirée. Les entrées de chacun des embrouilleurs à dispersion d'énergie doivent être embrouillées modulo 2 avec une séquence binaire pseudo-aléatoire (PRBS), en amont du codage de canal. La séquence PRBS est définie comme la sortie du registre à décalage avec réinjection de la Fig. 17. Il convient d'utiliser un polynôme de degré 9, défini comme suit:

$$P(X)=X^9+X^5+1$$

FIGURE 17

Générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire

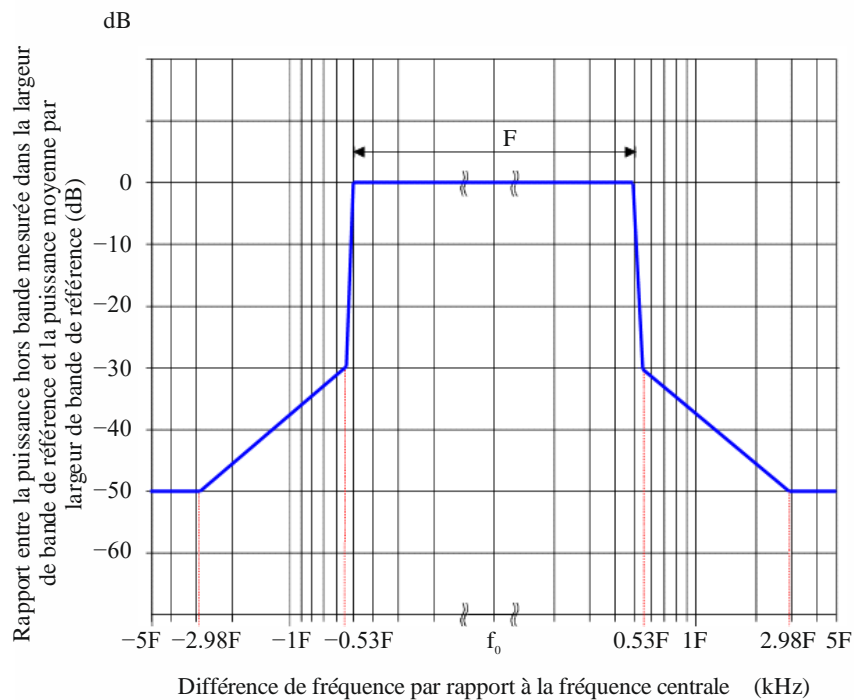


M.2010-17

1.8 Occupation spectrale du signal RF

FIGURE 18

Gabarit spectral d'émission du signal RF NAVDAT avec une largeur de bande $F = 10$ kHz
 Les gabarits d'émission pour une largeur de bande de 5 kHz, 3 kHz et 1 kHz doivent être compatibles avec le gabarit pour une largeur de bande de 10 kHz



M.2010-18

1.9 Séquence pour le mode de balayage à la réception

Pour permettre la réception de fréquences nationales ou régionales assignées au système NAVDAT, le récepteur utilise une fonction de balayage.

Les fréquences doivent ensuite être balayées pour suivre la réception du présignal émis par la station avant la diffusion.

Pour veiller au bon fonctionnement de la fonction de balayage du récepteur, les émetteurs des stations côtières NAVDAT nationales ou régionales actives doivent émettre, avant la diffusion du système NAVDAT, une séquence de données connues pendant 400 ms répétée 8 fois pendant une durée totale de 3,2 secondes.

Pour faciliter la démodulation du récepteur de la diffusion du système NAVDAT, les données connues utilisent la même largeur de bande et la même constellation que la diffusion du système NAVDAT ultérieure. Les données connues utilisent un modèle de super-trame de longueur 1.

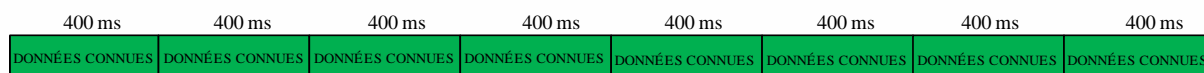
Pour permettre l'évaluation du taux BER, le flux de données est rempli de données PRBS (séquence binaire pseudo-aléatoire) utilisant le polynôme:

$$P(X) = X^{20} + X^{17} + 1$$

Chaque cellule du registre à décalage doit être prédéfinie à un «1» logique au commencement de la séquence, et le début de la séquence PRBS est synchronisé avec le début de chaque trame.

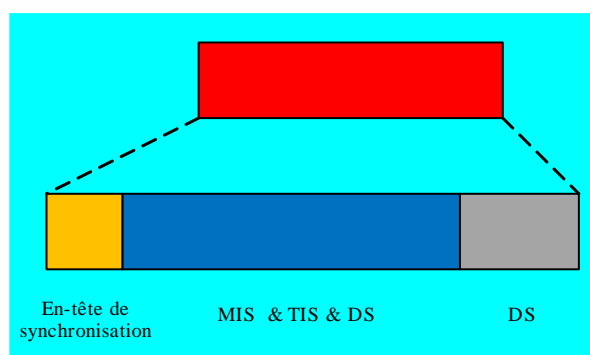
Tout message textuel figurant parmi les données connues doit être rédigé dans la langue nationale ainsi qu'en anglais.

FIGURE 19
Structure de la transmission pour la fonction de balayage



M.2010-19

FIGURE 20
Structure des trames



M.2010-20

La structure des trames est décrite dans l'Annexe 4.

2 Débit de données utilisable estimé

Dans une largeur de bande de canal de 10 kHz avec une propagation à 500 kHz, le débit de données brut disponible pour le flux DS est généralement proche de 25 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 5 et 27 kbit/s.

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

Le débit de données utile en fonction des différentes modulations et des différents rendements de codage est indiqué dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 5
Débit de données

Mode	Occupation du spectre (kHz)	Modulation (MAQ-n)	Rendement de codage	Débit de données estimé (kbit/s)
0	10	MAQ-4	0,5	6,36
1	10	MAQ-4	0,75	9,56
2	10	MAQ-16	0,5	12,72
3	10	MAQ-16	0,75	19,12
4	10	MAQ-64	0,5	19,08
5	10	MAQ-64	0,75	28,68
6	5	MAQ-4	0,5	2,89
7	5	MAQ-4	0,75	4,35
8	5	MAQ-16	0,5	5,78
9	5	MAQ-16	0,75	8,69
10	5	MAQ-64	0,5	8,67
11	5	MAQ-64	0,75	13,04
12	3	MAQ-4	0,5	1,67
13	3	MAQ-4	0,75	2,52
14	3	MAQ-16	0,5	3,35
15	3	MAQ-16	0,75	5,03
16	3	MAQ-64	0,5	5,02
17	3	MAQ-64	0,75	7,55
18	1	MAQ-4	0,5	0,55
19	1	MAQ-4	0,75	0,84
20	1	MAQ-16	0,5	1,12
21	1	MAQ-16	0,75	1,68
22	1	MAQ-64	0,5	1,67
23	1	MAQ-64	0,75	2,52

TABLEAU 6
Débit de données pour le mode B

Mode	Occupation du spectre (kHz)	Modulation (MAQ-n)	Rendement de codage	Débit de données estimé (kbit/s)
0	10	MAQ-4	0,5	5,705
1	10	MAQ-4	0,75	8,578
2	10	MAQ-16	0,5	11,41
3	10	MAQ-16	0,75	17,155
4	10	MAQ-64	0,5	17,115
5	10	MAQ-64	0,75	25,733
6	5	MAQ-4	0,5	2,67
7	5	MAQ-4	0,75	4,025
8	5	MAQ-16	0,5	5,34
9	5	MAQ-16	0,75	8,05
10	5	MAQ-64	0,5	8,01
11	5	MAQ-64	0,75	12,075
12	3	MAQ-4	0,5	1,46
13	3	MAQ-4	0,75	2,21
14	3	MAQ-16	0,5	2,92
15	3	MAQ-16	0,75	4,42
16	3	MAQ-64	0,5	4,38
17	3	MAQ-64	0,75	6,63
18	1	MAQ-4	0,5	0,22
19	1	MAQ-4	0,75	0,35
20	1	MAQ-16	0,5	0,44
21	1	MAQ-16	0,75	0,70
22	1	MAQ-64	0,5	0,66
23	1	MAQ-64	0,75	1,05

3 Spécifications de performance de l'émetteur NAVDAT

TABLEAU 7

Spécifications de performance minimales de l'émetteur MF NAVDAT international

Paramètres	Résultats requis
Bande de fréquences	495 à 505 kHz
Erreur relative à la fréquence de la porteuse	$\pm 2,5$ Hz par rapport à la fréquence nominale
Gabarit spectral	Conforme aux exigences de la Fig. 18
Affaiblissement d'intermodulation de troisième ordre de l'émetteur	≥ 40 dBc
Rayonnements non essentiels de l'émetteur (toutes gammes de puissance)	-50 dB sans dépasser le niveau absolu de 50 mW (17 dBm)

Note: L'émetteur est également susceptible d'englober la bande d'ondes décadiques. Voir la Rec. UIT-R M.2058 pour prendre connaissance des indications techniques.

L'émetteur peut également couvrir la bande d'ondes hectométriques 415-526,5 kHz pour les futures fréquences utilisées pour le système NAVDAT au niveau national. La classe d'émission utilisée est la classe W7D.

4 Récepteur de navire NAVDAT

4.1 Description du récepteur de navire NAVDAT

Le schéma du récepteur de navire est représenté à la Fig. 22.

Un récepteur numérique type NAVDAT est composé de plusieurs blocs de base:

- antenne de réception et antenne GNSS;
- étage d'entrée RF;
- démodulateur;
- démultiplexeur de fichiers;
- contrôleur;
- élément de commande et d'affichage (CDU);
- interface de données;
- alimentation électrique.

Le récepteur de navire NAVDAT peut recevoir et décoder le canal en ondes hectométriques principal (500 kHz) et le canal en ondes décadiques international principal (4 226 kHz) simultanément au moyen de deux canaux indépendants.

Le premier canal doit écouter en permanence à 500 kHz et le second canal doit écouter en permanence à 4 226 kHz.

Un troisième canal doit balayer toutes les autres fréquences NAVDAT (fréquences régionales en ondes hectométriques et fréquences en ondes décadiques attribuées). La conception de ce troisième canal permet la réception et le décodage de futurs émetteurs nationaux, régionaux ou locaux éventuels utilisant les canaux en ondes hectométriques ou décadiques:

- 1) La bande d'ondes hectométriques du service maritime comprise entre 415 et 526,5 kHz (à l'exception de la fréquence 500 kHz).

- 2) Les canaux assignés au système NAVDAT: 6 337,5, 8 443, 12 663,5, 16 909,5 et 22 450,5 kHz (à l'exception de la fréquence 4 226 kHz).
- 3) Les bandes de fréquences attribuées aux transmissions numériques à large bande dont il est fait mention à l'Appendice 17 du RR: 4, 6, 8, 12, 16, 19, 22 et 26 MHz.

Le décodage des fréquences reçues à l'aide du balayage peut être démodulé en temps réel ou avec un délai.

Le choix des fréquences à balayer doit être fondé sur les informations relatives aux stations NAVDAT déclarées et stockées par le récepteur (tableau actualisé via le message 63).

Le récepteur doit d'abord déterminer la zone NAVAREA/METAREA dans laquelle se trouve le navire (à partir de sa position), l'opérateur ayant la possibilité d'ajouter des stations NAVDAT en dehors de la zone NAVAREA/METAREA en question.

À partir du tableau, le récepteur doit définir les futurs intervalles attribués et les fréquences utilisées. Ces fréquences doivent ensuite être balayées pour suivre la réception du présignal émis par la station avant la diffusion.

L'antenne de réception est commune aux trois canaux. Il est recommandé que l'antenne soit dotée de deux sorties en vue d'être partagée avec un autre récepteur d'ondes hectométriques/décamétriques.

On trouvera dans la Fig. 21 un schéma fonctionnel générique d'un récepteur de radiocommunication piloté par logiciel (SDR).

Chaque fabricant est libre de concevoir comme il le souhaite son récepteur NAVDAT.

FIGURE 21
Modèle générique d'un récepteur NAVDAT de radiocommunication piloté par logiciel

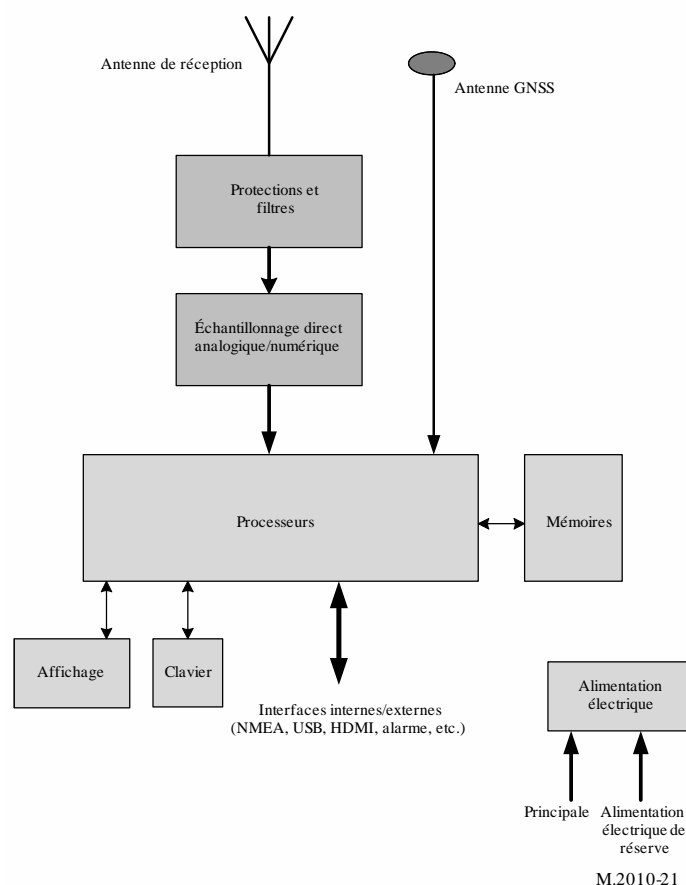
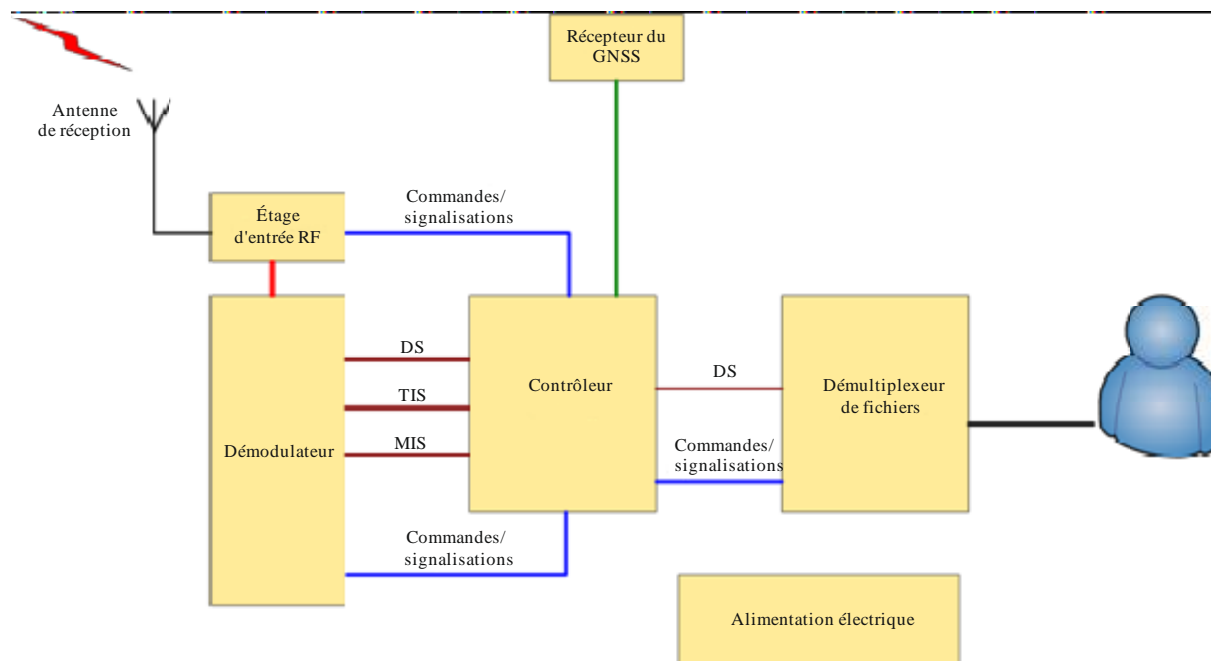


FIGURE 22
Schéma logique du récepteur NAVDAT



M.2010-22

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

Le système d'antenne de réception équidirective doit disposer d'une bande minimale comprise entre 415 kHz et 27,5 MHz pour permettre la réception des bandes d'ondes hectométriques et décamétriques. Il peut s'agir d'une antenne de champ H (recommandée sur un navire bruyant EMC) ou une antenne de champ E verticale.

Une antenne GNSS connectée à un récepteur GNSS interne (ou une connexion avec un récepteur GNSS existant embarqué) est également nécessaire pour pouvoir obtenir la position du navire et l'heure à laquelle elle a été relevée.

4.1.2 Étage d'entrée RF

L'étage d'entrée RF comprend un filtre RF, un amplificateur RF et une sortie en bande de base.

Une sensibilité élevée et une grande plage dynamique sont nécessaires, tout comme une protection vis-à-vis des champs radiofréquences de forte intensité produits par des antennes de réception ou l'éclairage d'un navire.

La bande passante des filtres d'entrée doit permettre de recevoir la bande MF du service maritime allant de 415 à 526,5 kHz et toutes les bandes HF du service maritime.

Il est recommandé de placer un filtre réjecteur sur la bande de radiodiffusion MF (à partir de 526,5 kHz).

Un récepteur peut être conçu de manière conventionnelle ou sur la base d'un système de radiocommunication piloté par logiciel, en comptant au moins trois canaux.

4.1.3 Démodulateur

Cet étage démodule le signal MROF 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 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 SNR estimé;
- le taux BER;
- le taux MER.

4.1.4 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;
- affiché directement sur l'élément CDU du récepteur;
- envoyé directement à l'application finale.

4.1.5 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).

4.1.6 Élément de commande et d'affichage

Le récepteur peut fournir un élément de commande et d'affichage, dont les fonctions sont les suivantes:

- afficher les informations spéciales, configurer l'interface pour qu'elle soit connectée à une application d'équipement dédiée (par exemple navigation électronique) et gérer le contenu du navire faisant l'objet d'une licence (par exemple identification du navire, chiffrement);
- afficher et vérifier les paramètres de réception;
- afficher le contenu des messages en fonction de la catégorie de l'application correspondant au fichier de messages.

Cet élément CDU peut être une application spéciale exécutée sur un ordinateur externe et le récepteur peut être une boîte noire.

4.1.7 Interface de données

Le récepteur reçoit les données provenant de dispositifs externes tels qu'un système GNSS à travers l'interface de données. Le contrôleur classe les fichiers de messages en fonction de l'application dont ils relèvent et transmet les fichiers de messages aux dispositifs concernés à travers l'interface de données.

Le récepteur doit fournir une interface de données configurable conforme aux exigences de la série de normes CEI 61162. Cette interface de données sert à se connecter à d'autres équipements embarqués. En outre, il est recommandé de fournir des interfaces Ethernet et USB pour les transmissions de fichiers à haut débit, de même qu'une connectivité pour les imprimantes.

Lorsque cela est nécessaire, le récepteur doit être doté d'une interface pour la gestion des alertes, conformément aux normes de fonctionnement de l'OMI pour la gestion des alertes concernant les ponts (Résolution MSC.302(87) de l'OMI).

4.1.8 Alimentation électrique

La connexion à l'alimentation électrique du navire doit être protégée vis-à-vis des surintensités et surtensions et des perturbations électromagnétiques.

4.1.9 Identificateur du récepteur

Il doit être possible de configurer le récepteur avec les éléments suivants:

- identité (MMSI) du navire (conformément à la Recommandation UIT-R M.585).
- identité de groupe (MMSI) (conformément à la Recommandation UIT-R M.585).
- d'autres listes d'identités (MMSI) peuvent être fournies.

Voir le Tableau 21 et la note.

4.1.10 Tableaux stockés

Le récepteur doit avoir la possibilité de stocker des informations dans différents tableaux mémorisés qui peuvent être actualisés via la réception du message 63. Ce message doit être authentifié par l'autorité côtière.

Exemple:

- 1) Liste des stations côtières accompagnée des éléments suivants:
 - zone;
 - pays;
 - longitude;

- latitude;
- nom;
- intervalles;
- fréquence utilisée.

Ce tableau stocké est consulté lorsque les identités (MMSI) des stations reçues sont reçues, et les paramètres complets de la station côtière NAVDAT reçue doivent être affichés sous la forme de texte simple.

2) La liste des messages-sujets:

Tableau comportant les messages-sujets 01 à 63.

Tous les tableaux enregistrés peuvent être actualisés via la réception du message 63.

4.1.11 Stockage

4.1.11.1 Mémoire non volatile de messages sous la forme de fichiers

Pour chaque fréquence fournie, il doit être possible d'enregistrer au moins 100 messages sous la forme de fichiers dans une mémoire non volatile. Il ne doit pas être possible pour l'utilisateur d'effacer les messages de la mémoire. Lorsque la mémoire est pleine, le message le plus ancien doit être remplacé par les nouveaux.

L'utilisateur doit pouvoir conserver en permanence un fichier particulier d'un message s'il le souhaite. Ces fichiers peuvent occuper jusqu'à 25% de la mémoire disponible et ne doivent pas être écrasés par de nouveaux fichiers. Lorsque cela n'est plus nécessaire, l'utilisateur doit pouvoir supprimer l'étiquette de ces fichiers, qui peuvent être écrasés normalement.

Les doublons de messages peuvent être reconnus par l'équipement et ne doivent pas être stockés.

La capacité de stockage de cette mémoire ne doit pas être inférieure à 1 GB.

4.1.11.2 Mémoires de commande programmables

Les informations permettant d'identifier la zone de service de l'émetteur et l'identificateur de chaque type de message dans une mémoire programmable ne doivent pas être effacés par des coupures de l'alimentation électrique d'une durée inférieure à 24 heures.

L'équipement doit pouvoir stocker au moins l'heure, les informations d'identification de l'émetteur, le type de message et le contenu du message. La capacité de stockage ne doit pas être inférieure à 1 GB.

Lorsque l'alimentation électrique est interrompue de façon imprévue, l'équipement doit protéger les données stockées et les paramètres du logiciel.

L'équipement doit pouvoir afficher, supprimer et rechercher les messages stockés, et émettre les messages manuellement ou automatiquement vers un équipement de navire approprié (comme le système d'information et d'affichage de cartes électroniques (ECDIS)).

4.1.12 Alertes

La réception d'un message d'information concernant la recherche et le sauvetage (SAR) doit se manifester par une alarme audible continue. La réinitialisation de cette alarme ne doit pouvoir se faire que manuellement. Les informations de localisation figurant dans les messages SAR peuvent être communiquées à d'autres équipements de navigation (ECDIS ou traceur de cartes électroniques de navigation, par exemple).

4.1.13 Dispositifs d'essai

L'équipement doit être doté d'un dispositif permettant de tester le bon fonctionnement du récepteur de radiocommunication, de l'affichage et de la mémoire non volatile, et de présenter les résultats d'essai automatique. En cas d'utilisation d'une antenne spécifique, celle-ci doit également faire l'objet d'une vérification dans le cadre de ce processus.

4.1.14 Mises à jour

Le logiciel/micrologiciel de l'équipement doit pouvoir être mis à jour. La mise à jour doit être effectuée en utilisant l'interface adéquate ou à la suite de la réception du message 63 (mise à jour du logiciel du récepteur). Cette fonction est nécessaire pour suivre les évolutions du Plan directeur du SMDSM pour les nouvelles stations NAVDAT, ainsi que pour les futures révisions des Recommandations de l'UIT.

4.1.15 Fonction de balayage

Comme indiqué dans le § 4.1, le récepteur NAVDAT du navire suit en permanence les fréquences 500 et 4 226 kHz et peut simultanément décoder les signaux reçus sur ces deux fréquences.

Pour permettre la réception de fréquences nationales ou régionales assignées au système NAVDAT, le récepteur utilise une fonction de balayage sur les bandes de fréquences du service maritime suivantes:

- La bande MF comprise entre 415 et 526,5 kHz (à l'exception de la fréquence 500 kHz).
- Les canaux assignés au système NAVDAT dans l'Appendice 17 du RR: 6 337,5, 8 443, 12 663,5, 16 909,5 et 22 450,5 kHz (à l'exception de la fréquence 4 226 kHz).
- Les bandes de fréquences attribuées aux transmissions numériques à large bande de l'Appendice 17 dans les bandes des 4, 6, 8, 12, 16, 19, 22 et 26 MHz.

Le récepteur doit chercher son tableau de station NAVDAT stocké (actualisé à la réception du message 63) pour toutes les fréquences pouvant être balayées de manière séquentielle par rapport aux intervalles attribués (référence de temps).

Les signaux reçus sur la fréquence sélectionnés par balayage peuvent être décodés en temps réel ou en différé selon les ressources de l'ordinateur du récepteur NAVDAT à ce moment-là.

Pour veiller au bon fonctionnement de la fonction de balayage du récepteur, les émetteurs des stations côtières NAVDAT nationales ou régionales actives doivent diffuser, avant les trames NAVDAT, une donnée connue répétée 8 fois pendant une durée totale de 3,2 secondes (voir le § 1.9 et la Fig. 19 de l'Annexe 3).

Cela devrait permettre au récepteur de détecter la transmission et de se caler sur la fréquence, de mesurer son rapport signal/bruit, et d'identifier la station et sa zone NAVAREA/METAREA.

5 Spécifications de performance minimales 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 SNR pour permettre une démodulation MROF correcte (MAQ-4, MAQ-16 ou MAQ-64).

Le récepteur NAVDAT du navire doit recevoir les deux fréquences NAVDAT internationales, à savoir 500 kHz et 4 226 kHz, mais aussi les bandes de fréquences d'ondes hectométriques et décamétriques en mode balayage (voir le Tableau 8).

TABLEAU 8

Spécifications de performance minimales des récepteurs de navire NAVDAT

Paramètres	Exigences
Bande de fréquences totale	Bande maritime entre 415 et 526,5 kHz et entre 4 et 27,5 MHz
Fréquence MF principale (fréquence centrale)	500 kHz
Fréquence HF principale (fréquence centrale)	4 226 kHz
Bande MF du service maritime	Entre 415 et 526,5 kHz
Bande HF du service maritime	Bandes HF du service maritime, Appendice 17 du RR
Protection vis-à-vis des canaux adjacents	> 40 dB à 5 kHz
Facteur de bruit	< 10 dB (< 20 dB pour la bande MF)
Sensibilité utilisable pour un taux BER de 10^{-4} après correction des erreurs	< -95 dBm
Dynamique	> 80 dB
Champ RF minimal utilisable (avec une antenne de réception adaptée)	20 dB(μ V/m)

Annexe 4**Structure de transmission****1 Structure des trames**

La structure des trames d'en-tête NAVDAT contient l'en-tête de synchronisation (le premier symbole), le flux MIS, le flux TIS et le flux DS (flux de données), selon la configuration suivante:

FIGURE 23
Structure des trames NAVDAT

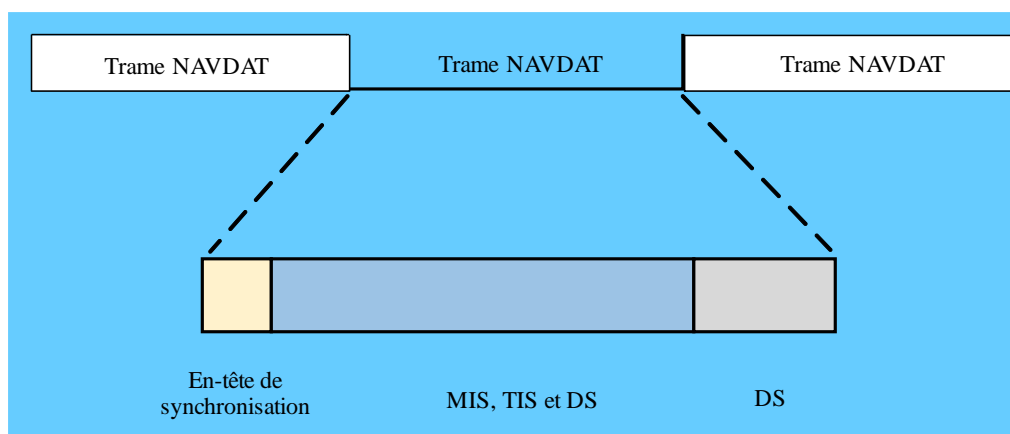


TABLEAU 10

Séquence d'en-tête de synchronisation en mode B

Largeur de bande et nombre de sous-porteuses	Séquence d'en-tête de synchronisation
207 (10 kHz)	-1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 -1 -1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 -1 -1 - 1 1 1 -1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 0 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 - 1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1
103 (5 kHz)	1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 - 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 -1
61 (3 kHz)	1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1 0 - 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 -1 1 -1 1 1 1
19 (1 kHz)	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 1

Pour les différentes largeurs de bande de canal, l'indice du symbole MROF correspondant à l'en-tête de synchronisation figure dans le Tableau 11.

TABLEAU 11

Indice des symboles de l'en-tête de synchronisation

Mode	Nombre de symboles Ns	Indice du symbole MROF par trame
A	15	1
B	15	1

3 Flux d'informations de modulation

3.1 Structure

Le flux MIS est utilisé pour fournir les informations concernant l'occupation du spectre du canal ainsi que la modulation des flux TIS et DS:

- information sur l'occupation du spectre 2 bits;
- information sur la modulation du flux TIS 1 bit;
- information sur la modulation du flux DS 2 bits;
- contrôle de redondance cyclique (CRC) 8 bits;
- réservé 3 bits (par défaut: 0).

- date et heure 17 bits;
- niveau de fiabilité 3 bits;
- réservé 1 (pour la modulation MAQ-4) 11 bits (par défaut: 0);
- réservé 2 (pour la modulation MAQ-16) 87 bits (par défaut: 0);
- contrôle CRC 8 bits.

TABLEAU 15
Codage du flux de données

Valeurs des bits	Mode de transmission		
	Occupation du spectre (kHz)	Rendement de codage	Modulation
00000	1	0,5	MAQ-4
00001	1	0,75	MAQ-4
00010	1	0,5	MAQ-16
00011	1	0,75	MAQ-16
00100	1	0,5	MAQ-64
00101	1	0,75	MAQ-64
01000	3	0,5	MAQ-4
01001	3	0,75	MAQ-4
01010	3	0,5	MAQ-16
01011	3	0,75	MAQ-16
01100	3	0,5	MAQ-64
01101	3	0,75	MAQ-64
10000	5	0,5	MAQ-4
10001	5	0,75	MAQ-4
10010	5	0,5	MAQ-16
10011	5	0,75	MAQ-16
10100	5	0,5	MAQ-64
10101	5	0,75	MAQ-64
11000	10	0,5	MAQ-4
11001	10	0,75	MAQ-4
11010	10	0,5	MAQ-16
11011	10	0,75	MAQ-16
11100	10	0,5	MAQ-64
11101	10	0,75	MAQ-64

TABLEAU 16
Identifiant de l'émetteur

Codage	Identifiant de l'émetteur
I	ASCII à 8 bits
D	ASCII à 8 bits
ZONE NAV/MET	5 bits
NUMÉRO DE LA STATION	11 bits
Total	32 bits

Le codage de l'en-tête **I** et **D** doit se présenter sous la forme de caractères ASCII à 8 bits.

Le codage des zones doit être réalisé en format binaire sur 5 bits (31 zones au maximum).

Le numéro de station attribué à une fréquence doit être codé sur 11 bits (2 047 stations par zone au maximum).

Au total, 32 bits doivent donc être utilisés pour identifier chaque paire station/fréquence.

Exemples de code d'identification de station côtière:

Une station NAVDAT située dans une zone NAVAREA/METAREA III (3) et émettant sur la fréquence 500 kHz aurait l'identité suivante (en attribuant à la station le numéro 85):

I	01001001	ASCII à 8 bits
D	01000100	ASCII à 8 bits
3	00011	code binaire de 5 bits
85	00001010101	code binaire de 11 bits
Total	32 bits	

TABLEAU 17
Informations temporelles

Paramètre	Nombre de bits	Description
Heure de début UTC	5	Heure
Minute de début UTC	6	Minute
Durée de la diffusion	6	0-59 minutes

TABLEAU 18
Niveau de fiabilité

Mode	Suite de bits
A	000
B	001
C ⁽¹⁾	010
D ⁽¹⁾	011

⁽¹⁾ N'appartient pas au système NAVDAT MF.

TABLEAU 20
Pour une largeur de bande de 1 kHz en mode B

Symbole	Numéro de porteuse
2	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
3	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
4	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
5	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
6	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
7	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
8	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
9	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
10	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
11	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
12	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
13	-8, -6, -4, -2, 2, 4, 6, 8
14	-4, -2, 2, 4

5 Flux de données

5.1 Structure

En général, le flux de données est constitué d'informations qui prennent la forme soit d'un texte, soit de fichiers. Une transmission de paquets généralisée permet de transmettre des informations sous forme de texte ou de fichiers en provenance de divers services au sein du même flux de données. De plus, les services peuvent être acheminés grâce à une série de paquets uniques.

La structure d'un paquet est la suivante:

- en-tête 32 bits
- champ de données n octets
- contrôle CRC 16 bits.

L'en-tête est constitué des éléments suivants:

- longueur des données 12 bits
- bit de bascule 1 bit
- premier fanion 1 bit
- dernier fanion 1 bit
- identifiant du paquet 10 bits
- indicateur de paquet de bourrage 1 bit
- réservé 6 bits.

Longueur des données: séquence de 12 bits indiquant la longueur en octets d'un paquet.

Bit de bascule: bit devant être maintenu dans le même état tant que les paquets transmis correspondent à un même message textuel ou à un même fichier. Lorsqu'un paquet d'un message textuel ou d'un fichier différent est envoyé pour la première fois, ce bit doit être inversé par rapport à son état précédent. Lors de la transmission d'un message textuel ou d'un fichier, pouvant être constitué de plusieurs paquets, ce bit demeure inchangé.

Premier fanion, dernier fanion: fanions utilisés pour identifier des paquets particuliers au sein d'une succession de paquets. Ces fanions sont attribués comme suit:

TABLEAU 21

Codage du premier fanion et du dernier fanion

Premier fanion	Dernier fanion	Nature du paquet
0	0	Paquet intermédiaire
0	1	Dernier paquet d'une unité de données
1	0	Premier paquet d'une unité de données
1	1	Unique paquet d'une unité de données

Identifiant du paquet: champ de 8 bits indiquant l'identifiant du paquet.

Indicateur de paquet de bourrage: fanion d'un bit indiquant si le champ de données comporte un bourrage. Il est défini comme suit:

0: absence de bourrage: tous les octets de données du champ de données sont utiles;

1: présence de bourrage: les deux premiers octets indiquent le nombre d'octets de données utiles dans le champ de données.

Réservés: champ de 6 bits réservé en vue d'une utilisation future.

Champ de données: champ contenant les données utiles destinées à un service particulier. Il peut s'agir d'informations sous forme de texte ou de fichier (voir aussi le Tableau 26).

La première information figurant dans le champ de données correspond au mode de diffusion, qui est défini dans le Tableau 22.

TABLEAU 22

Mode de diffusion

MODE	Suite de bits	Codage	Observations
Général	00	36 bits	
Navire spécifique	01	36 bits	MMSI du navire
Groupe de navires	10	36 bits	ID du groupe de navires (principale ou secondaire)
Zone spécifique	11	512 bits	Coordonnées géographiques de la zone désignée

Note:

Dans le cas d'une diffusion sélective dans une zone spécifique, cette zone géographique est définie comme suit:

Numéro de zone attribué par le serveur (maximum 99) + espace

La zone est déterminée par quatre points géographiques en degrés, minutes et secondes (DMS) en partant du point le plus haut puis en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (latitude puis longitude).

Le signe + indique le Nord et l'Est

Le signe – indique le Sud et l'Ouest

Par exemple, pour une zone 1 (Z01)

Position 1: 47°42'22" N et 137°28'59" E

Position 2: 37°50'24" N et 139°00'10" E

Position 3: 32°04'57" N et 129°29'05" E

Position 4: 33°04'56" N et 127°30'28" E

Cela donne ce qui suit: Z01 +474222+1372859+375024+1390010+320457+1292905+330456+1273028

Le serveur convertit ce texte en format binaire:

```
01011010 00110000 00110001 00100000 00101011 00110100 00110111 00110100 00110010
00110010 00110010 00101011 00110001 00110011 00110111 00110010 00111000 00110101
00111001 00101011 00110011 00110111 00110101 00110000 00110010 00110100 00101011
00110001 00110011 00111001 00110000 00110000 00110001 00110000 00101011 00110011
00110010 00110000 00110100 00110101 00110111 00101011 00110001 00110010 00111001
00110010 00111001 00110000 00110101 00101011 00110011 00110011 00110000 00110100
00110101 00110110 00101011 00110001 00110010 00110111 00110011 00110000 00110010
00111000
```

512 bits au total.

La deuxième information précise le niveau de priorité du message: ordinaire, sécurité, urgence ou détresse. Voir le Tableau 23.

TABLEAU 23

Niveau de priorité du message

Codage	Priorité
00	Ordinaire
01	Sécurité
10	Urgence
11	Détresse

La troisième information donne le numéro du message, compris entre 1 et 999, codé sur 10 bits

Exemple: 1 = 0000000001

999 = 1111100111

La quatrième information porte sur le sujet du message, comme indiqué dans le Tableau 27 figurant dans l'Annexe 7, numéroté de 1 à 63 et codé sur 6 bits:

1 = 000001

63 = 111111

Contrôle CRC: séquence de 16 bits devant être calculés sur l'en-tête et le champ de données.

5.2 Codage

Le flux de données NAVDAT est codé par contrôle de parité à faible densité (LDPC) et différents paramètres de codage seront utilisés pour les différents modes (voir Tableau 15). Les tableaux suivants indiquent les paramètres LDPC pour 10 kHz, 5 kHz, 3 kHz et 1 kHz pour les modes A et B.

TABLEAU 24
Paramètres LDPC du flux de données pour le mode A

Largeur de bande (kHz)	Nombre de sous-porteuses	Nombre de pilotes	Nombre de sous-porteuses de données	Modulation	TIS et MIS	Bits d'information	Codage de canal	Débit d'informations (kbits)
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-4	100	2560*2	(2560,5120)	6,36
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-4	100	2560*2	(3840,5120)	9,56
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-16	100	2560*4	(2560,5120)	12,72
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-16	100	2560*4	(3840,5120)	19,12
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-64	100	2560*6	(2560,5120)	19,08
10	228*14	38*14	190*14	MAQ-64	100	2560*6	(3840,5120)	28,68
5	114*14	271	1325	MAQ-4	100	1224*2	(1224,2448)	3,02
5	114*14	271	1325	MAQ-4	100	1224*2	(1836,2448)	4,55
5	114*14	271	1325	MAQ-16	100	1224*4	(1224,2448)	6,04
5	114*14	271	1325	MAQ-16	100	1224*4	(1836,2448)	9,10
5	114*14	271	1325	MAQ-64	100	1224*6	(1224,2448)	9,06
5	114*14	271	1325	MAQ-64	100	1224*6	(1836,2448)	13,65
3	68*14	159	793	MAQ-4	100	692*2	(692,1384)	1,69
3	68*14	159	793	MAQ-4	100	692*2	(1038,1384)	2,555
3	68*14	159	793	MAQ-16	100	692*4	(692,1384)	3,38
3	68*14	159	793	MAQ-16	100	692*4	(1038,1384)	5,11
3	68*14	159	793	MAQ-64	100	692*6	(692,1384)	5,07
3	68*14	159	793	MAQ-64	100	692*6	(1038,1384)	7,665
1	22*14	4*14	252	MAQ-4	100	152*2	(152,304)	0,34
1	22*14	4*14	252	MAQ-4	100	152*2	(228,304)	0,53
1	22*14	4*14	252	MAQ-16	100	152*4	(152,304)	0,68
1	22*14	4*14	252	MAQ-16	100	152*4	(228,304)	1,06
1	22*14	4*14	252	MAQ-64	100	152*6	(152,304)	1,095
1	22*14	4*14	252	MAQ-64	100	152*6	(228,304)	1,59

TABLEAU 25

Paramètres LDPC du flux de données pour le mode B

Largeur de bande (kHz)	Nombre de sous-porteuses	Nombre de pilotes	Nombre de sous-porteuses de données	Modulation	TIS et MIS	Bits d'information	Codage de canal	Débit d'informations (kbits)
10	206*14	485	2399	MAQ-4	100	2298*2	(2298,4596)	5,705
10	206*14	485	2399	MAQ-4	100	2298*2	(3447,4596)	8,578
10	206*14	485	2399	MAQ-16	100	2298*4	(2298,4596)	11,41
10	206*14	485	2399	MAQ-16	100	2298*4	(3447,4596)	17,155
10	206*14	485	2399	MAQ-64	100	2298*6	(2298,4596)	17,115
10	206*14	485	2399	MAQ-64	100	2298*6	(3447,4596)	25,733
5	102*14	243	1185	MAQ-4	100	1084*2	(1084,2168)	2,67
5	102*14	243	1185	MAQ-4	100	1084*2	(1626,2168)	4,025
5	102*14	243	1185	MAQ-16	100	1084*4	(1084,2168)	5,34
5	102*14	243	1185	MAQ-16	100	1084*4	(1626,2168)	8,05
5	102*14	243	1185	MAQ-64	100	1084*6	(1084,2168)	8,01
5	102*14	243	1185	MAQ-64	100	1084*6	(1626,2168)	12,075
3	60*14	10*14	700	MAQ-4	100	600*2	(600,1200)	1,46
3	60*14	10*14	700	MAQ-4	100	600*2	(900,1200)	2,21
3	60*14	10*14	700	MAQ-16	100	600*4	(600,1200)	2,92
3	60*14	10*14	700	MAQ-16	100	600*4	(900,1200)	4,42
3	60*14	10*14	700	MAQ-64	100	600*6	(600,1200)	4,38
3	60*14	10*14	700	MAQ-64	100	600*6	(900,1200)	6,63
1	18*14	47	205	MAQ-4	100	104*2	(104,208)	0,22
1	18*14	47	205	MAQ-4	100	104*2	(156,208)	0,35
1	18*14	47	205	MAQ-16	100	104*4	(104,208)	0,44
1	18*14	47	205	MAQ-16	100	104*4	(156,208)	0,70
1	18*14	47	205	MAQ-64	100	104*6	(104,208)	0,66
1	18*14	47	205	MAQ-64	100	104*6	(156,208)	1,05

6 Codes de contrôle de parité à faible densité

Le code LDPC est un code de bloc linéaire qui peut être défini de manière unique au moyen de la matrice de contrôle de parité H. Le nombre de «1» dans la matrice de contrôle de parité H est largement inférieur au nombre de «0», c'est pourquoi ce code est appelé code de contrôle à faible densité. La matrice H est une matrice à double diagonale.

$$H = \begin{bmatrix} p_{0,0} & p_{0,1} & \dots & p_{0,N-M} & 0 & \dots & -1 & -1 & -1 \\ p_{1,0} & p_{1,1} & \dots & \dots & 0 & 0 & \dots & -1 & -1 \\ \dots & \dots & \dots & p_{i,N-M} & \dots & \dots & \dots & \dots & -1 \\ p_{M-2,0} & p_{M-2,1} & \dots & \dots & -1 & \dots & 0 & 0 & -1 \\ p_{M-1,0} & p_{M-1,1} & \dots & p_{M-1,N-M} & -1 & -1 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

La longueur de code du contrôle LDPC pour le système NAVDAT dans le mode à 10 kHz est de 5120 et le rendement de codage est respectivement de 1/2 et 3/4. La matrice de contrôle pour un rendement de codage de 1/2 est la suivante:

[illegible]

3	-1	-1	-1	120	-1	11	-1	133	-1	-1	19	126	-1	-1	-1	143	142	-1	-1	116	144	-1	18	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	12	13	-1	-1	157	-1	112	-1	-1	87	-1	-1	-1	32	-1	-1	-1	52	94	118	-1	86	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
76	-1	-1	75	-1	-1	74	-1	-1	28	-1	-1	-1	94	138	-1	-1	13	73	119	-1	-1	4	90	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	14	-1	61	51	-1	-1	-1	-1	117	-1	93	-1	103	-1	2	5	60	153	-1	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1
-1	23	-1	106	7	-1	-1	-1	-1	143	16	-1	101	-1	-1	-1	126	-1	122	-1	111	-1	29	120	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1
39	-1	21	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	124	-1	-1	0	-1	70	-1	109	-1	0	24	-1	116	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1
-1	159	-1	-1	57	-1	-1	27	-1	48	-1	0	76	-1	-1	7	-1	95	-1	18	-1	38	-1	80	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
-1	-1	43	0	-1	-1	25	-1	-1	-1	50	-1	-1	3	-1	0	-1	42	150	0	-1	143	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

La séquence de bits de flux de données codés doit être entrelacée en temps et en fréquence avant le mappage.

7 Contrôle de redondance cyclique

Pour la détection d'erreur sur les bits dans le flux DS, il convient de calculer le contrôle de redondance cyclique à 16 bits à la fin de chaque flux DS, avec comme polynôme générateur $G_{16}(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Pour le flux MIS et le flux TIS, il convient de calculer le contrôle de redondance cyclique à 8 bits, avec comme polynôme générateur $G_8(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

Annexe 5

Structure du fichier de messages

On trouvera dans la Fig. 24 un exemple de la façon dont un groupe de données est construit pour un fichier de messages. La première étape consiste à créer un en-tête visant à décrire le corps du message (un fichier de messages). Cet en-tête contient les données de gestion du fichier. Puis, l'en-tête et le corps du message sont divisés en segments de même taille (seul le dernier segment de chaque élément peut être de taille inférieure). Un en-tête de segment est joint à chaque segment et chaque segment est mappé sur un groupe de données. Ensuite, chaque groupe de données, accompagné de son en-tête, est mappé directement sur une unité de données. L'unité de données est divisée en paquets pour le transport. «FF» et «LF» représentent l'état du «premier fanion» (*first flag*) et du «dernier fanion» (*last flag*) de chaque paquet.

FIGURE 24
Structure du fichier de messages

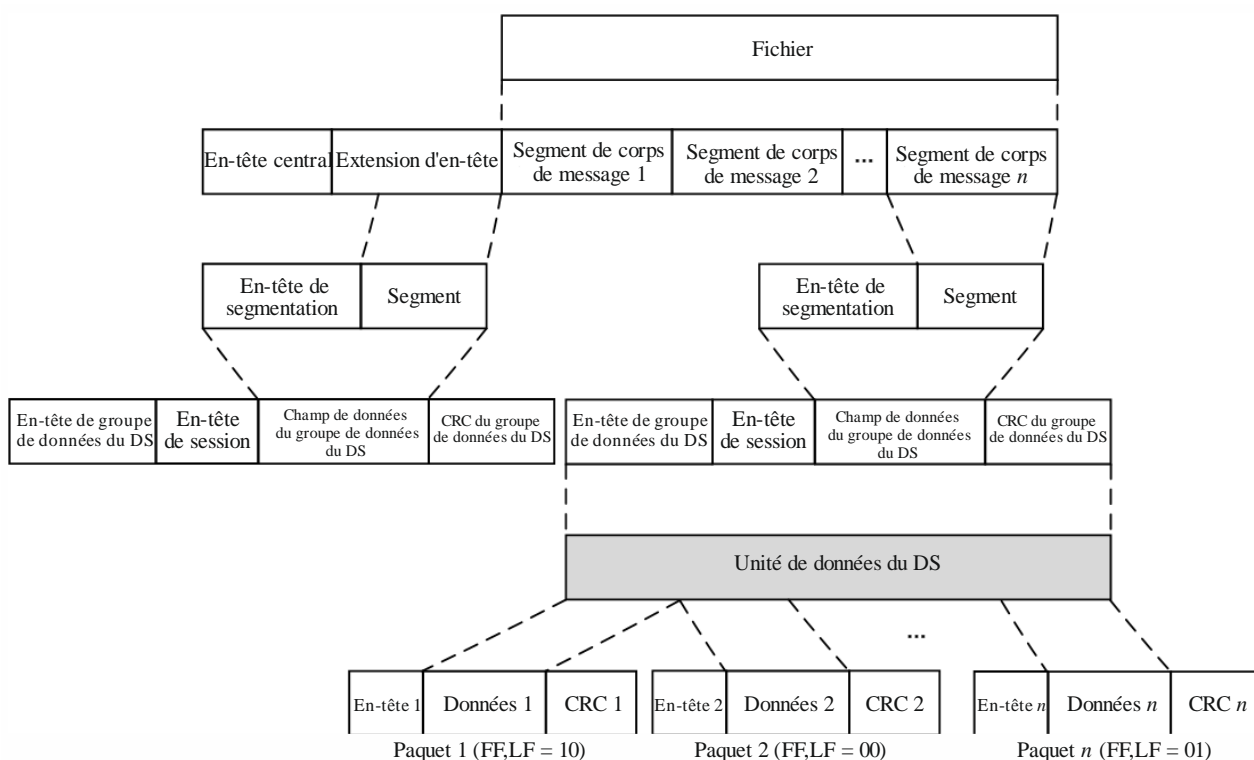


TABLEAU 26
Structure de l'en-tête du message

Paramètre	Nombre de bits	Description
Mode de diffusion	2	00 Diffusion générale 01 Navire spécifique 10 Groupe de navires 11 Zone spécifique
Détails sur les modes de diffusion 00, 01 et 10	36	1) Lorsque le mode de diffusion est 00, tous les bits sont égaux à 0 2) Lorsque le mode de diffusion est 01 ou 10, l'identité est définie sur 9 bits conformément à la Rec. UIT-R M.493. Chaque chiffre comporte 4 bits. Le nombre de bits est égal à 36.
Détails sur le mode de diffusion 11	512	La zone est définie par quatre positions géographiques sur 512 bits (Voir le Tableau 22 et la note)
Niveau de priorité du message	2	00 Ordinaire 01 Sécurité 10 Urgence 11 Détresse
Sujet du message	6	Voir le Tableau 27
Numéro du message	10	De 1 à 999
Nombre de diffusions	4	Utilisé pour plusieurs diffusions du même fichier (de 1 à 15)
Longueur des données	24	Longueur des données en bits; gamme valide = 1~16777216
Nombre total de paquets	10	Nombre total de paquets du segment de données; gamme valide = 1~1024
Longueur du fichier	16	Longueur totale du fichier de message en bits; gamme valide = 1~65535
Réservé	16	Réservé pour une utilisation future (= 0)
CRC	16	La formule de calcul du CRC s'étend du mode de diffusion jusqu'à la fin du champ réservé

Note:

Le corps du message de diffusion contient les informations suivantes:

le sujet du message;

l'origine du message (autorité ayant rédigé le message);

la date à laquelle le message a été écrit (année, mois, jour et heure/minutes);

Le numéro de référence du message (numéro du message). Le serveur du système NAVDAT doit connaître ce numéro lors de l'envoi du message. Il sera utilisé pour la fonction «nombre de diffusions».

Annexe 6

Réseau monofréquence pour la diffusion simultanée depuis de multiples emplacements de systèmes NAVDAT (repris du système Digital Radio Mondiale)

1 Le système Digital Radio Mondiale

Le système de radiodiffusion numérique international 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 NAVDAT est capable de fonctionner en mode SFN, 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 doit recevoir 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 doit en résulter un renforcement positif du signal. La couverture du service doit donc être améliorée à 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 SFN, 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 et de libérer des intervalles de diffusion.

Dans un réseau monofréquence, chacun des émetteurs doit être synchronisé de façon exacte sur le plan temporel. Tous les émetteurs doivent diffuser exactement le même symbole MROF en même temps.

La synchronisation temporelle de tous les paquets émis dans le flux de transport du multiplex de données final est assurée par le signal de temps à une impulsion par seconde (1 ips), que l'on obtient à partir du système GNSS.

La stabilité en fréquence des émetteurs doit être meilleure que 2 Hz.

Le paramètre de base qui définit la taille de la zone de réseau SFN est l'intervalle de garde T_g .

Dans la méthode de modulation MROF, la grande robustesse vis-à-vis des brouillages intersymboles sous l'effet de la réception par trajets multiples (une conséquence des signaux différés – échos) réside dans la capacité à étendre largement l'intervalle de temps T_b correspondant à un bit très court dans le flux de données original de série.

Cet intervalle de garde doit être configuré minutieusement en fonction de l'emplacement des émetteurs au regard des zones de couverture.

Un réseau SFN sera établi de telle sorte que les flux MIS, TIS et DS soient générés de préférence par un serveur commun.

Annexe 7

Codes des messages-sujets du système NAVDAT

Cette liste de codes de messages-sujets est donnée uniquement à titre d'information.

Voir les documents publiés par l'OMI.

TABLEAU 27

Liste des codes de messages-sujets du système NAVDAT

Renseignements relatifs à la sécurité maritime (MSI)				
Code du message-sujet	Type de message	Codage	Peut être rejeté	
			OUI	NON
Avertissements concernant la navigation				
1	Avertissement relatif à une sous-zone	000001		X
2	Avertissement relatif à la côte	000010		X
3	Avertissement local (uniquement sur les services NAVDAT nationaux)	000011		X
4	Risques de dérive (y compris les risques liés aux navires abandonnés, glaces, mines, conteneurs, autres éléments de plus de 6 mètres de longueur, etc.)	000100		X
5	Réservé	000101		
6	Réservé	000110		
7	Aucun message prêt à être envoyé	000111		X
Avertissements concernant la navigation (suite) – Système de localisation <i>Dysfonctionnement important des services de radionavigation et des services par satellite ou de radiocommunication de renseignements relatifs à la sécurité maritime à terre</i>				
8	GNSS et SRNS	001000		X
9	LORAN et eLORAN/Chayka et eChayka	001001		X
10	Renseignements sur les corrections différentielles	001010		X
11	Anomalies de fonctionnement identifiées dans le système ECDIS, y compris les problèmes liés à la carte ENC	001011		
12	Zones dans lesquelles des opérations de recherche et de sauvetage (SAR) et de lutte contre la pollution sont en cours (message envoyé pour éviter ces zones)	001100		X
13	Réservé	001101		
14	Réservé	001110		
Avertissements concernant la navigation (suite) – Acte de piraterie et vol à main armée				
15	Actes de piraterie et vols à main armée ciblant des navires	001111		X
16	Carte des attaques de piraterie	010000		X
17	Réservé	010001		

TABLEAU 27 (suite)

Renseignements relatifs à la sécurité maritime (MSI)				
Code du message-sujet	Type de message	Codage	Peut être rejeté	
			OUI	NON
Avertissements concernant la navigation (suite) – Avertissements concernant les tsunamis et d'autres phénomènes naturels				
18	Avertissement concernant un tsunami/Changements anormaux du niveau de la mer	010010		X
19	Réservé	010011		
Avertissements concernant la navigation (suite) – Respect du Code international relatif à la sécurité des navires et des installations portuaires				
20	Renseignements relatifs à la sécurité	010100		X
21	Carte du niveau de sécurité des zones	010101		X
22	Réservé	010110		
23	Réservé	010111		
Avertissements concernant la navigation (suite) – SANTÉ: Mise en œuvre du Règlement sanitaire international – RSI				
24	Informations de recommandation en matière de santé de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)	011000		X
25	Alerte pandémique	011001		X
26	Réservé	011010		
Météorologie				
27	Alerte météorologique (cyclone tropical, tempête, vents violents)	011011		X
28	Synthèses des conditions météorologiques (y compris les cartes météorologiques)	011100	X	
29	Prévisions météorologiques	011101	X	
30	Courants et marées	011110	X	
31	Taille et direction des vagues	011111	X	
32	Réservé	100000		X
33	Réservé	100001		X
Rapport sur les glaces				
34	Carte des glaces	100010	X	
35	Iceberg	100011	X	
36	Informations sur les routes polaires	100100	X	
37	Informations relatives aux navires brise-glaces de patrouille	100101	X	
Informations relatives aux opérations de recherche et de sauvetage				
38	Relais d'alerte de détresse à tous les navires (MAYDAY RELAY)	100110		X
39	Navire attendu (description et/ou image du navire manquant)	100111		X

TABLEAU 27 (suite)

Renseignements relatifs à la sécurité maritime (MSI)				
Code du message-sujet	Type de message	Codage	Peut être rejeté	
			OUI	NON
40	Coordination en matière de recherche et de sauvetage (envoyé aux navires participant aux opérations de recherche et de sauvetage)	101000		X
41	Organisation des opérations de recherche et de sauvetage (envoyé aux navires participant aux opérations de recherche et de sauvetage)	101001		X
42	Réservé	101010		
43	Réservé	101011		
Autres renseignements relatifs à la sécurité				
	Service de pilotage			
44	Informations relatives au service de pilotage	101100	X	
	Services de remorquage			
45	Informations relatives au service de remorquage	101101	X	
	Service d'assistance portuaire			
46	Heures et hauteurs de la marée	101110	X	
47	Informations relatives aux ports locaux	101111	X	
48	Informations d'ordre hydrographique et environnemental	110000	X	
	Services de trafic maritime (STM)			
49	Informations relatives aux services STM	110001	X	
50	Réservé	110010		
51	Réservé	110011		
	Pollution			
52	Informations relatives à la pollution	110100		
53	Carte de la pollution	110101		
Autres informations				
	Messages relatifs au système d'identification automatique (AIS) et au système d'identification et de suivi à grande distance (LRIT)			
55	AIS	110111	X	
56	LRIT	111000	X	
	Service des cartes marines et des publications			
57	Correction des cartes marines électroniques et des publications	111001	X	
58	Mise à jour des cartes marines électroniques et des publications	111010	X	

TABLEAU 27 (*fin*)

Renseignements relatifs à la sécurité maritime (MSI)				
Code du message-sujet	Type de message	Codage	Peut être rejeté	
			OUI	NON
	Informations relatives à la pêche (uniquement sur les services NAVDAT nationaux)			
59	Réglementations	111011	X	
60	Cartes spéciales	111100	X	
61	Informations sur les quotas de pêche	111101	X	
	Message crypté			
62	Recevoir un message crypté	111110		
63	Mettre à jour le logiciel du récepteur	111111		X

Les informations sont regroupées par sujet dans la diffusion du système NAVDAT et chaque groupe contient des messages-sujets auxquels est attribué un code allant de 1 à 63.

Le code de message-sujet est utilisé par le récepteur pour identifier les différentes catégories de messages énumérées dans le tableau ci-dessus (établi à partir des tableaux d'informations mémorisées).

Le logiciel/micrologiciel du récepteur doit pouvoir être mis à jour. La mise à jour doit être réalisée à l'aide d'une interface adéquate ou à la réception du message 63 (mettre à jour du logiciel du récepteur).

Cette fonction est nécessaire pour suivre les évolutions du Plan directeur du SMDSM pour les nouvelles stations du système NAVDAT, ainsi que pour les révisions futures des Recommandations de l'UIT.

Annexe 8

Mise en œuvre de l'infrastructure côtière du système NAVDAT

A8.1 Objet de la présente Annexe

On trouvera dans la présente Annexe des indications relatives à la mise en œuvre du système NAVDAT en ondes hectométriques (495-505 kHz) sur les installations côtières, qui peut intégrer le système NAVTEX pour favoriser la transition entre le NAVTEX et le NAVDAT.

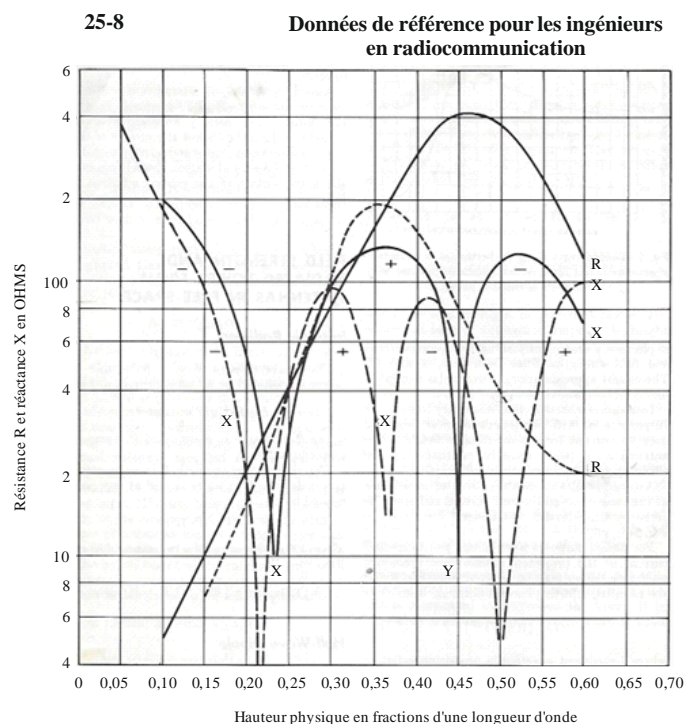
A8.2 Caractéristiques d'antenne des pylônes radioélectriques de différentes tailles

Les caractéristiques d'antenne des pylônes radioélectriques de différentes tailles sont présentées dans la Fig. 25 ci-dessous².

² Reference Data for Radio Engineers, Howard W. Sams & Co., Inc., Fifth Edition.

FIGURE 25

Caractéristiques de l'impédance de l'antenne des pylônes radioélectriques de différentes tailles



M.2010-25

La Figure 25 décrit les éléments de résistance et de réactance qui composent l'impédance entre la base du pylône et le sol des éléments rayonnants verticaux, comme illustré par Chamberlain et Lodge. Les lignes continues indiquent les résultats moyens pour cinq pylônes haubanés, tandis que les lignes en pointillé indiquent les résultats moyens pour trois pylônes non haubanés. Reproduction autorisée par *Proceedings of the IRE* dans le domaine public.

A8.3 Spécifications d'antenne pour les systèmes NAVTEX et NAVDAT

Les spécifications d'antenne pour les systèmes NAVTEX et NAVDAT sont différentes, mais il est possible d'émettre à la fois les diffusions NAVTEX et NAVDAT depuis le même émetteur et le même pylône que ceux qui sont conçus et configurés pour le système NAVDAT. Cela permettrait d'obtenir un système rétrocompatible à utiliser pendant la période de transition. Pour les systèmes numériques tels que le système NAVDAT, une antenne à Q faible ($Q = X/R$, où $Q = 1$ ou moins) est idéale pour offrir un déphasage linéaire dans la largeur de bande de transmission. On parvient à un Q faible lorsque la réactance Y est inférieure à la résistance R, par exemple dans le voisinage d'une hauteur d'antenne correspondant à une longueur d'onde égale à 0,25, comme illustré ci-dessus. Pour les systèmes NAVTEX et NAVDAT, cela se produit à une hauteur d'environ 150 mètres, aussi bien pour les pylônes haubanés que pour les pylônes non haubanés.

A8.4 Débits de données estimés du système NAVDAT pour plusieurs modes de transmission

L'impédance des pylônes de faible hauteur, par exemple de 90 m (0,15 longueur d'onde), peut être adaptée à celle de l'émetteur à l'aide d'un inducteur d'adaptation de série. Cela donnerait lieu à un Q de 13, selon la Fig. 25, où $Q = X/R = 130/10 = 13$. Bien que ceci soit acceptable pour le système NAVTEX, qui est un système analogique à bande étroite, l'application d'un Q de 13 au système NAVDAT doit être étudiée avec minutie. Les Tableaux 5 et 6 présentent les différents modes

de transmission du système NAVDAT et l'occupation du spectre correspondante. Pour les transmissions du système NAVDAT, la largeur de bande de 3 dB du pylône d'antenne doit être au moins trois fois supérieure à l'occupation du spectre pour éviter les brouillages intersymboles causés par un temps de propagation de groupe non-linéaire dans la largeur de bande occupée. Dans le cas du pylône de 90 mètres susmentionné, le Q de 13 offre une largeur de bande de 3 dB de $500 \text{ kHz}/13 = 38,4 \text{ kHz}$, ce qui est convenable pour prendre en charge les modes de transmission 0 à 3 du système NAVDAT.
