

**UIT-R**

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R M.2058-1**  
(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  
ondes décamétriques 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 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
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	<b>Services mobile, de radiopérage et d'amateur y compris les services par satellite associés</b>
<b>P</b>	Propagation des ondes radioélectriques
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	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.2058-1

**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**

(2014-2023)

**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 du Règlement des radiocommunications (RR) 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 détaillées dans les Annexes 3 et 4. La structure des fichiers de messages et le mode de diffusion sont présentés dans les Annexes 5 et 6. Les fréquences énumérées à l'Annexe 7, qui appartiennent à l'Appendice 17 du RR, doivent être utilisées pour l'exploitation du système NAVDAT HF. La liste des messages sujets figure à l'Annexe 8.

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

**Sigles et acronymes**

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
DRM	Digital radio mondiale
DS	flux de données ( <i>data stream</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> )
IDBE	impression directe à bande étroite
LDPC	contrôle de parité à faible densité ( <i>low-density parity check</i> )
LF	ondes kilométriques ( <i>low frequency</i> )
MER	taux d'erreurs de modulation ( <i>modulation error ratio</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> )
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)
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> )
PRBS	séquence binaire pseudo-aléatoire ( <i>pseudo-random binary sequence</i> )
rm	valeur quadratique moyenne ( <i>root mean square</i> )
RS	codes Reed-Solomon
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> )
S/N ou SNR	rapport signal/bruit ( <i>signal-to-noise ratio</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

### Recommandations et Rapports UIT connexes

Recommandation UIT-R P.368 – Méthode de prévision de la 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 (ou sa version révisée)

Recommandation UIT-R RA.769 – Critères de protection applicables aux mesures en radioastronomie

Recommandation UIT-R M.1371 – Caractéristiques techniques d'un système d'identification automatique utilisant l'accès multiple par répartition dans le temps et fonctionnant dans la bande de fréquences attribuée aux services mobiles maritimes en ondes métriques

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.2010 – 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 la bande des 500 kHz

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 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 avec un bruit radioélectrique élevé dans certaines zones;
- e) qu'il n'est pas toujours facile d'installer des antennes en ondes hectométriques efficaces avec une grande largeur de bande passante,

*notant*

- a) que la Recommandation UIT-R M.2010 décrit le système NAVDAT fonctionnant à 500 kHz;
- b) que le système NAVDAT utilise deux fréquences internationales: 500 kHz dans la bande d'ondes hectométriques et 4 226 kHz dans la bande d'ondes décimétriques;
- c) que le système NAVDAT peut utiliser d'autres fréquences attribuées dans les bandes d'ondes décimétriques et hectométriques du service maritime des diffusions nationales ou régionales,

*notant en outre*

que le système Digital Radio Mondiale (DRM) dont il est question aux Annexes 4 à 6 est décrit dans la Recommandation UIT-R BS.1514-2,

*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 aux Annexes 3 et 4;
- 4** que le flux de données du système et la structure des messages soient conformes à l'Annexe 5 (Structure du fichier de messages);
- 5** que le mode réseau monofréquence (SFN) décrit à l'Annexe 6 soit utilisé;
- 6** que les fréquences indiquées à l'Annexe 7, qui relèvent de l'Appendice 17 du Règlement des radiocommunications (RR), soient utilisées pour l'exploitation du système NAVDAT HF;
- 7** qu'il soit envisagé d'utiliser les informations relatives au message sujet décrites à l'Annexe 8.

## TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR).....	ii
Annexe 1 – Caractéristiques opérationnelles .....	5
A1-1 Types de message et de fichier .....	5
A1-2 Modes de diffusion .....	5
A1-3 Priorité de diffusion .....	5
Annexe 2 – Architecture du système .....	6
A2-1 Chaîne de transmission utilisée pour la diffusion.....	6
Annexe 3 – Caractéristiques techniques du système NAVDAT HF .....	13
A3-1 Principe de modulation .....	13
A3-2 Débit de données utilisable estimé .....	22
A3-3 Spécifications de performance de l'émetteur NAVDAT HF .....	25
A3-4 Récepteur de navire NAVDAT .....	26
A3-5 Spécifications de performance minimales des récepteurs de navire NAVDAT.	32
Annexe 4 – Structure de transmission.....	33
A4-1 Structure des trames.....	33
A4-2 En-tête de synchronisation.....	33
A4-3 Flux d'informations de modulation (MIS) .....	35
A4-4 Flux d'informations de l'émetteur (TIS).....	36
A4-5 Flux de données .....	40
A4-6 Codes de contrôle de parité à faible densité .....	45
A4-7 Contrôle de redondance cyclique.....	46
Annexe 5 – Structure du fichier de messages .....	47
Annexe 6 – Mode réseau monofréquence du système Digital Radio Mondiale.....	49
A6-1 Le système Digital Radio Mondiale .....	49
Annexe 7 – Fréquences pouvant être utilisées par le système NAVDAT HF .....	50
Annexe 8 – Codes des messages-sujets du système NAVDAT.....	50

## 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'Organisation maritime internationale (OMI).

Le système NAVDAT HF peut aussi fonctionner en mode réseau monofréquence (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 HF offre un moyen gratuit de diffusion de tout type de message, éventuellement chiffré, dans le sens côtière-navire.

#### A1-1 Types de message et de fichier

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;
- modules de mise à jour des cartes électroniques.

NOTE – voir à l'Annexe 8 les messages sujets et leur processus de codage.

#### A1-2 Modes de diffusion

##### A1-2.1 Diffusion générale

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

##### A1-2.2 Diffusion sélective

Les messages sont diffusés à l'intention d'un groupe de navires<sup>1</sup> ou dans une zone de navigation spécifique. (Voir aussi § A3-4.1.9.)

##### A1-2.3 Message dédié

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

#### A1-3 Priorité de diffusion

Le système NAVDAT est en mesure de diffuser des messages de détresse, d'urgence et de sécurité, dans l'ordre de priorité des communications (voir documents publiés par l'OMI).

---

<sup>1</sup> 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.

## Annexe 2

### Architecture du système

#### A2-1 Chaîne de transmission utilisée 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;
  - garantit 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 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;
  - garantit l'état de fonctionnement et communique les informations au système SIM.
- Canal de transmission:
  - transporte le signal RF en ondes décimétriques.
- 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 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.

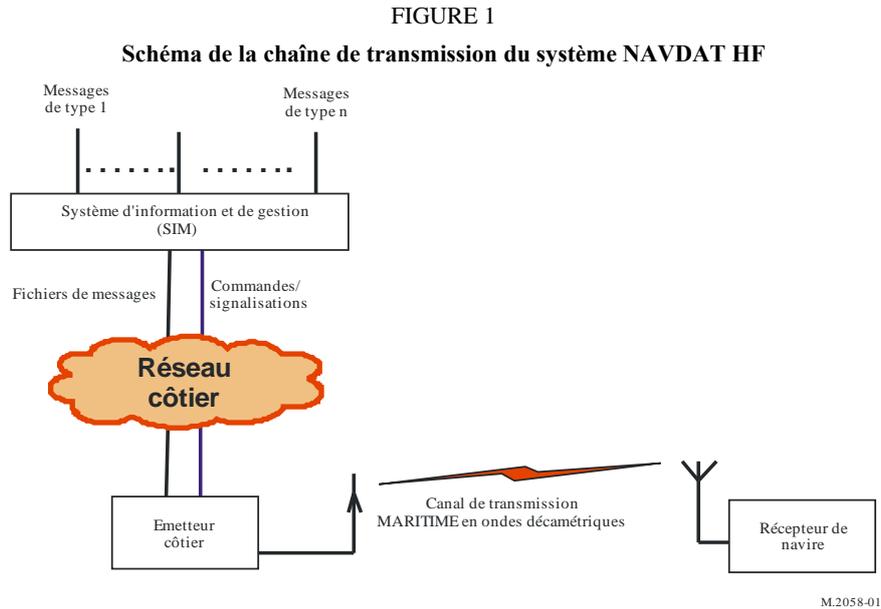
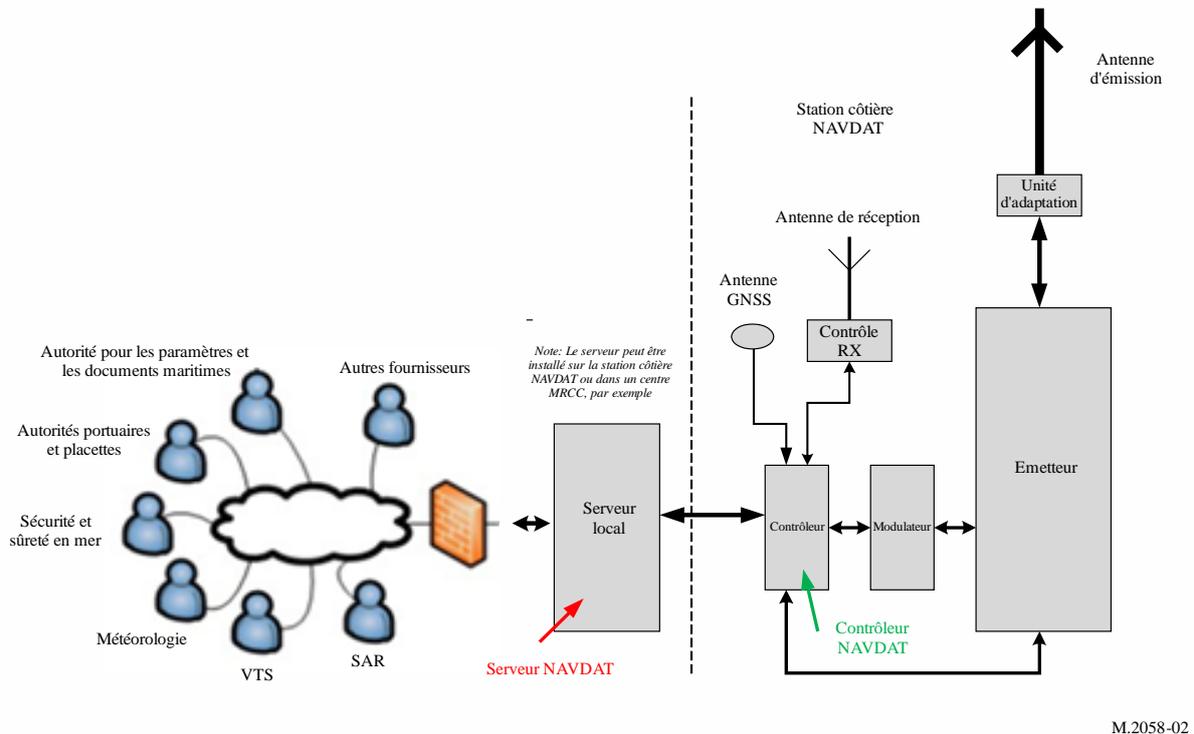


FIGURE 2  
Chaîne de transmission du système NAVDAT à l'échelle mondiale



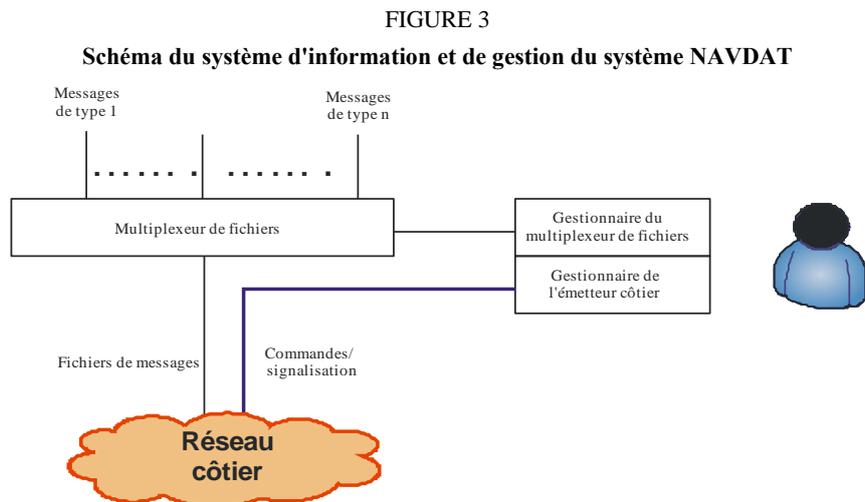
### A2-1.1 Système d'information et de gestion

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);
- 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.



M2058-02

### A2-1.1.1 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.

### A2-1.1.2 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.

### A2-1.1.3 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;
- la qualité de la transmission;

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

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

### A2-1.2 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.

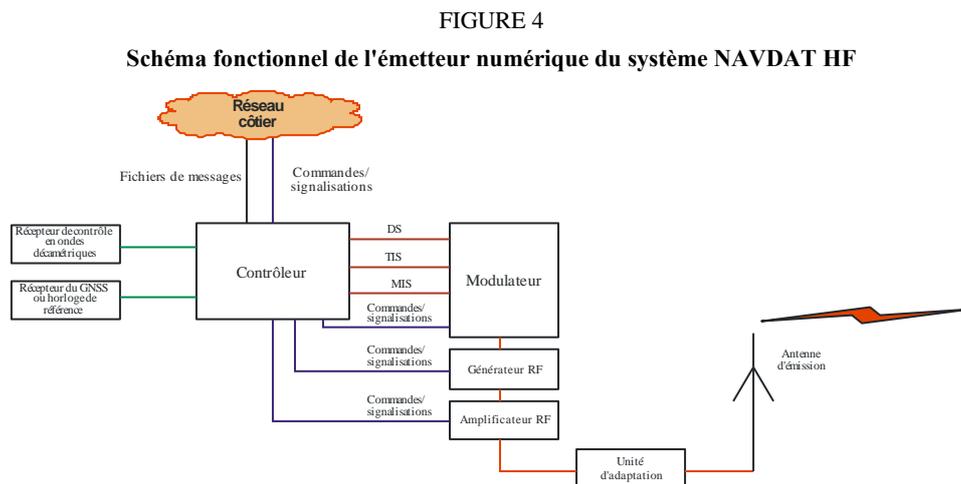
### A2-1.3 Description de l'émetteur côtier

Une station d'émission côtière comprend, au minimum:

- un contrôleur, qui est un serveur local avec accès protégé;
- un modulateur OFDM;
- un générateur de signal RF;
- un amplificateur de puissance RF en ondes décimétriques;
- une ou plusieurs antennes 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.

#### A2-1.3.1 Architecture du système côtier

La Figure 4 montre le schéma d'un émetteur numérique en ondes décimétriques.



M.2058-03

#### A2-1.3.2 Contrôleur

Cette unité reçoit et transmet les informations suivantes:

- fichiers de messages émanant du système SIM;
- signal GNSS ou d'horloge atomique pour la synchronisation;
- signal en ondes décimétriques émanant du récepteur de contrôle;

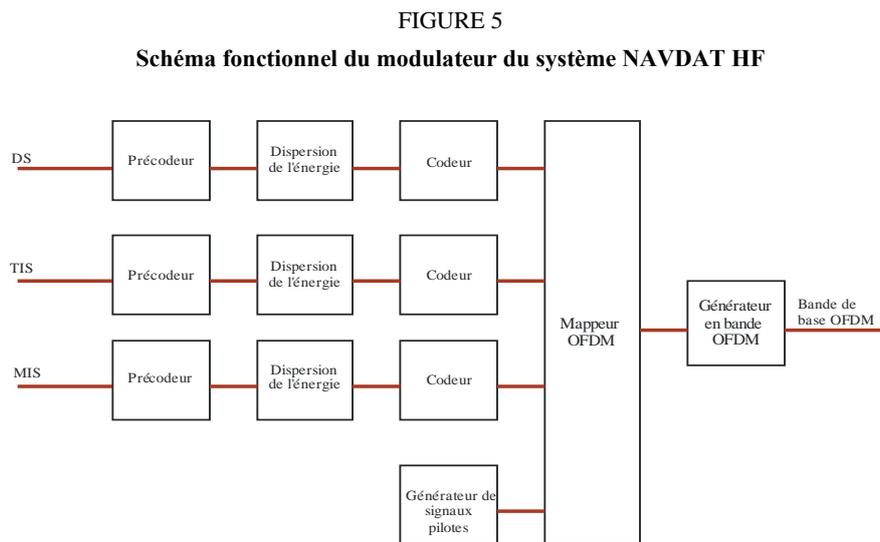
- signaux de commande et suivi du modulateur, du générateur de signal en ondes décimétriques et de l'amplificateur de puissance RF;
- garantir le signal du générateur RF de signal et de l'amplificateur RF.

Le contrôleur a pour fonction:

- de vérifier si la bande de fréquences est utilisée 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).

### A2-1.3.3 Modulateur

La Figure 5 montre le schéma du modulateur.



M.2058-04

#### A2-1.3.3.1 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 (§ A2-1.3.3.3).

##### A2-1.3.3.1.1 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).

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

#### **A2-1.3.3.1.2 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 et pour la propagation par l'onde ionosphérique la nuit),
- l'identification de l'émetteur,
- la date et l'heure.

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

#### **A2-1.3.3.1.3 Flux de données**

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

#### **A2-1.3.3.2 Codage d'erreur**

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.

#### **A2-1.3.3.3 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.

#### **A2-1.3.4 Générateur de signal RF en ondes décimétriques**

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

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

#### **A2-1.3.5 Amplificateur de puissance 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 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 efficace (rms) de l'émetteur doit être adaptée à l'efficacité globale de l'antenne et à la couverture radio souhaitée.

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

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

### **A2-1.3.6 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.

### **A2-1.3.7 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.

### **A2-1.3.8 Récepteur de contrôle**

Le récepteur de contrôle vérifie que la fréquence programmée est libre avant toute transmission et offre la possibilité de vérifier la transmission. Il est recommandé d'utiliser un récepteur distant pour garantir la qualité de la réception du signal local.

### **A2-1.4 Canal de transmission: estimation de la couverture radio**

Le système NAVDAT HF utilise la propagation de l'onde de surface avec des antennes polarisées verticalement.

Le plan au sol de ces antennes verticales doit être conçu de manière à minimiser l'onde ionosphérique (en obtenant l'angle de rayonnement le plus faible possible).

La couverture radio, en onde de surface (également connue sous le nom d'onde de sol) peut être calculée sur la base de la version la plus récente des Recommandations UIT-R P.368 et UIT-R P.372 ou d'un logiciel de simulation approprié («GRWAVE», «NOISEDAT», «LFMF-SmoothEarth»).

Le système NAVDAT HF peut également utiliser une propagation mixte, une onde de surface et une onde ionosphérique, ou une onde ionosphérique uniquement.

### **A2-1.5 Canal de propagation**

L'UIT a défini plusieurs critères concernant le canal de propagation, à partir desquels quatre modes peuvent être définis:

Mode A: canaux gaussiens avec léger évanouissement; à utiliser avec la propagation de l'onde de surface.

Mode B: canaux sélectifs en temps et en fréquence, avec un plus grand étalement du temps de propagation. A utiliser avec la propagation mixte de l'onde de surface et de l'onde ionosphérique.

Mode C: comme le mode B, mais avec un plus grand étalement du spectre Doppler: propagation par onde ionosphérique avec bonds multiples.

Mode D: comme le mode B, mais avec un grand étalement du temps de propagation et du spectre Doppler. A utiliser avec l'onde ionosphérique avec des bonds multiples sur plusieurs couches ionosphériques.

Les modes A et B sont recommandés pour le canal en ondes décimétriques principal sur 4 226 kHz.

Pendant la journée, la couche ionosphérique D est absorbante. Pendant cette période, il convient donc d'utiliser le mode A.

Au coucher du soleil, la couche D disparaît et il est préférable d'utiliser le mode B pendant la période nocturne.

Le NAVDAT dans les ondes décimétriques HF peut utiliser tous ces modes de propagation en fonction de la couverture radio recherchée.

## Annexe 3

### Caractéristiques techniques du système NAVDAT HF

#### A3-1 Principe de modulation

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

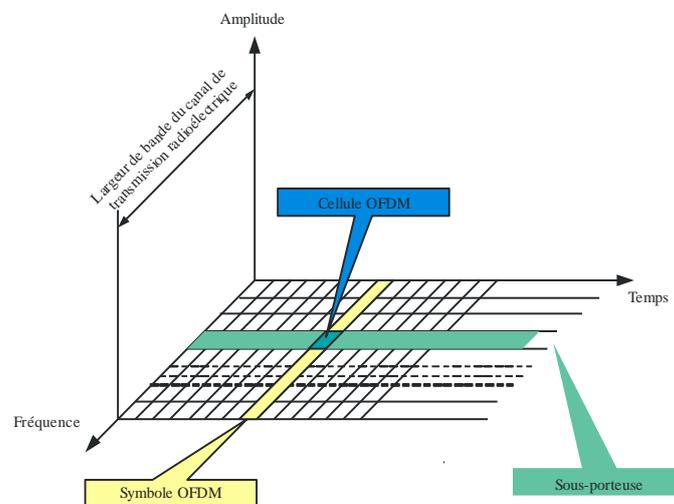
##### A3-1.1 Introduction

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.

FIGURE 6  
Introduction au multiplexage par répartition en longueur d'onde



M.2058-05

#### A3-1.2 Principe

Le multiplexage OFDM utilise un grand nombre de sous-porteuses orthogonales rapprochées (41,666 Hz (mode A), 46,875 Hz (mode B) à 68,182 Hz en mode C), 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 de la partie utile 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.

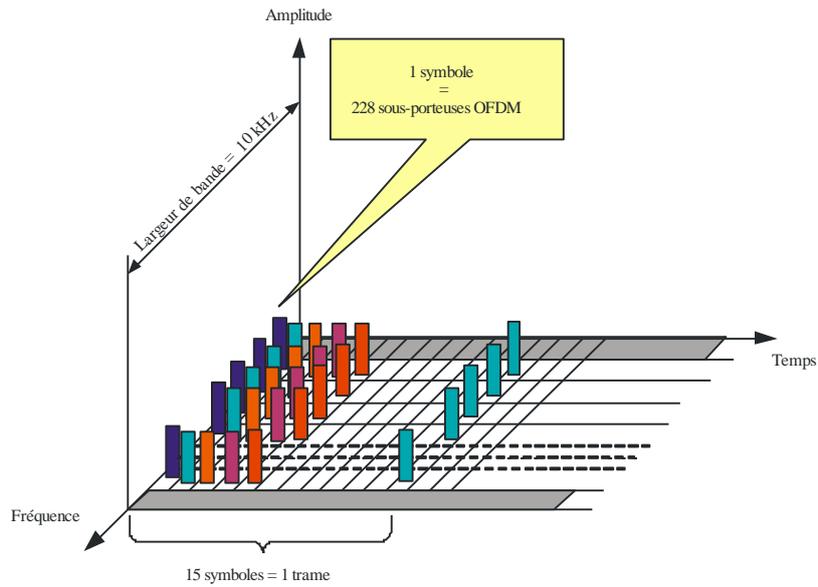
La durée d'un symbole OFDM est égale à  $T_s = T_u + T_d$ .

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

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

FIGURE 7

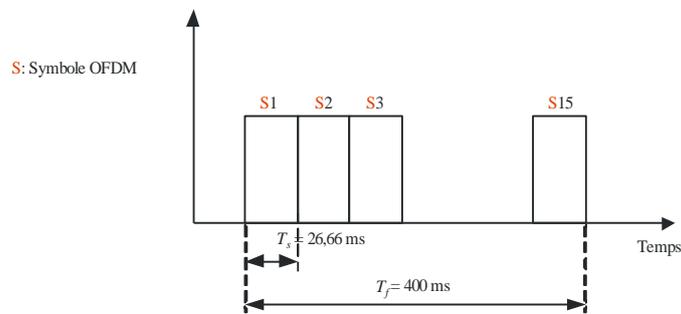
Représentation spectrale d'une trame à multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence



M.2058-06

FIGURE 8

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



M.2058-07

### A3-1.3 Paramètres du multiplexage par répartition orthogonale de fréquence

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

TABEAU 1

Paramètres du multiplexage par répartition orthogonale de fréquence pour toutes les largeurs de bande

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 sol	24	41,666	2,66	26,66	15	400
B: onde de sol + onde ionosphérique	21,33	46,875	5,33	26,66	15	400
C: onde ionosphérique	14,66	68,182	5,33	20	20	400

$T_u$ : durée de la partie utile d'un symbole OFDM

$1/T_u$ : espacement des porteuses

- $T_d$ : durée de l'intervalle de garde  
 $T_s$ : durée d'un symbole OFDM  
 $N_s$ : nombre de symboles par trame  
 $T_f$ : durée de la trame de transmission.

### A3-1.4 Largeur de bande de canal

La diffusion numérique NAVDAT définit différentes largeurs de bande de canal et détermine le nombre de sous-porteuses correspondant à la largeur de bande du canal. Le Tableau 2 présente la relation entre les largeurs de bande des canaux et le nombre de sous-porteuses OFDM.

TABLEAU 2

#### Relation entre la largeur de bande de canal et le nombre de sous-porteuses pour le multiplexage par répartition orthogonale de fréquence

Mode de propagation	Cas	1	2	3	4
	Largeur de bande du canal	1 kHz	3 kHz	5 kHz	10 kHz
<b>A: onde de sol</b>	Nombre de sous-porteuses	23	69	115	229
	N° des sous-porteuses	K -11 à 11	K -34 à 34	K -57 à 57	K -114 à 114
<b>B: onde de sol + onde ionosphérique</b>	Nombre de sous-porteuses	19	61	103	207
	N° des sous-porteuses	K -9 à 9	K -30 à 30	K -51 à 51	K -103 à 103
<b>C: onde de sol</b>	Nombre de sous-porteuses	13	41	69	139
	N° des sous-porteuses	K -6 à 6	K -20 à 20	K -34 à 34	K -69 à 69

### A3-1.5 Modulation

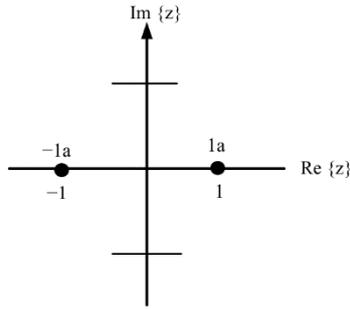
Chaque sous-porteuse est modulée en amplitude et en phase (MAQ, modulation d'amplitude en quadrature).

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

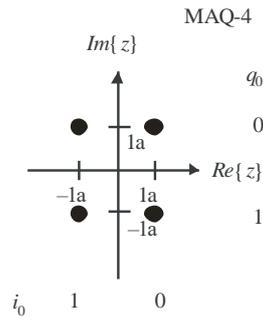
Diagramme de constellation de modulation pour la MDPB



M.2058-09

FIGURE 10

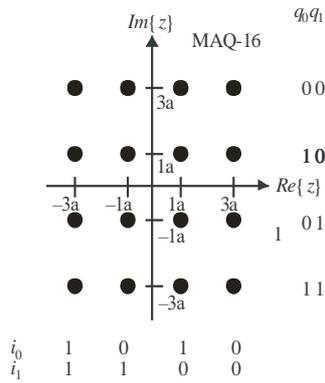
Diagramme de constellation pour la MAQ-4



M.2058-08

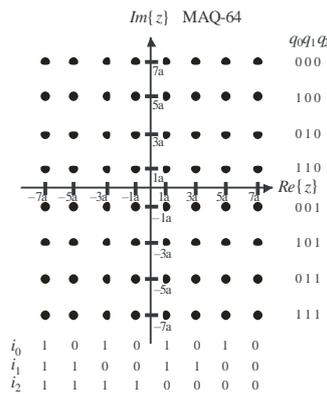
FIGURE 11

Diagramme de constellation pour la MAQ-16



M.2058-09

FIGURE 12  
Diagramme de constellation pour la MAQ-64



M.2058-10

### A3-1.6 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 est appliquée. Certaines des sous-porteuses des symboles OFDM transportent des signaux pilotes.

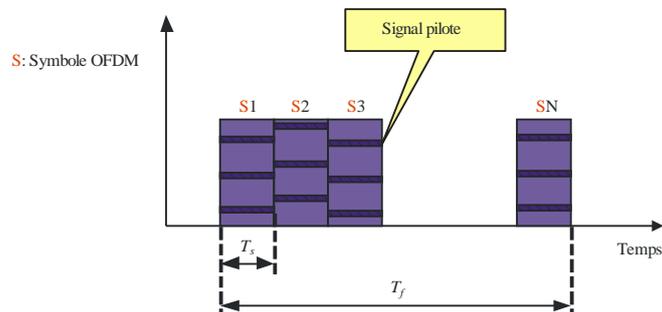
Les signaux pilotes permettent au récepteur:

- 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.

Ces porteuses pilotes sont transmises avec un facteur de gain de puissance de 2 en modulation MDPB.

FIGURE 13  
Signal pilote de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence



M.2058-11



où  $t$  est la direction du domaine temporel,  $f$  est la direction du domaine fréquentiel. Le premier symbole de chaque trame de tête OFDM doit être rempli par une séquence de signaux de synchronisation qui constituent la tête de synchronisation (voir le Tableau 11 de l'Annexe 4), qui sont tous utilisés comme référence temporelle pour assurer la synchronisation du récepteur. La cellule noire et la cellule blanche représentent respectivement le signal pilote et le signal de données. La valeur du signal pilote, qui est modulé en MAQ-2 (MDPB) dans une OFDM, est indiquée dans le Tableau 3.

TABLEAU 3  
Séquence pilote (en 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 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

Séquence pilote (en 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
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

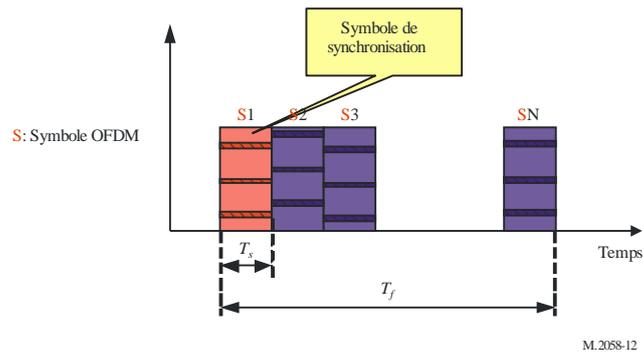
Séquence pilote (en mode C)

Nombre de sous-porteuses	Séquence pilote
139	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 1 -1 -1 -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 1 -1 -1 -1 1
41	-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1
13	-1 1 -1

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

FIGURE 17

## Symbole de synchronisation



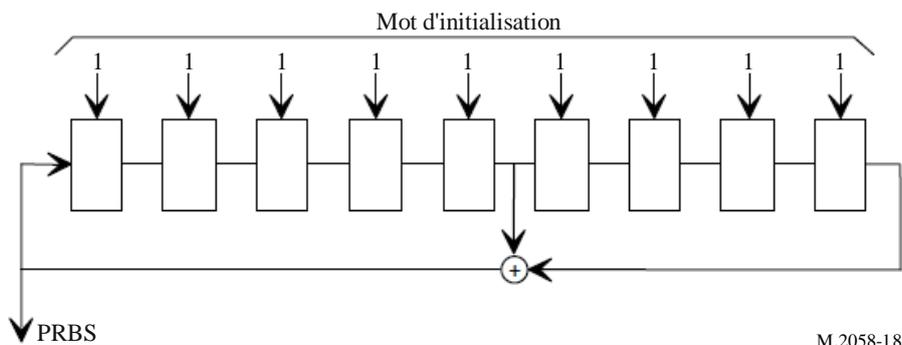
## A3-1.7 Dispersion de l'énergie

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. 18. Il convient d'utiliser un polynôme de degré 9, défini comme suit:

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

FIGURE 18

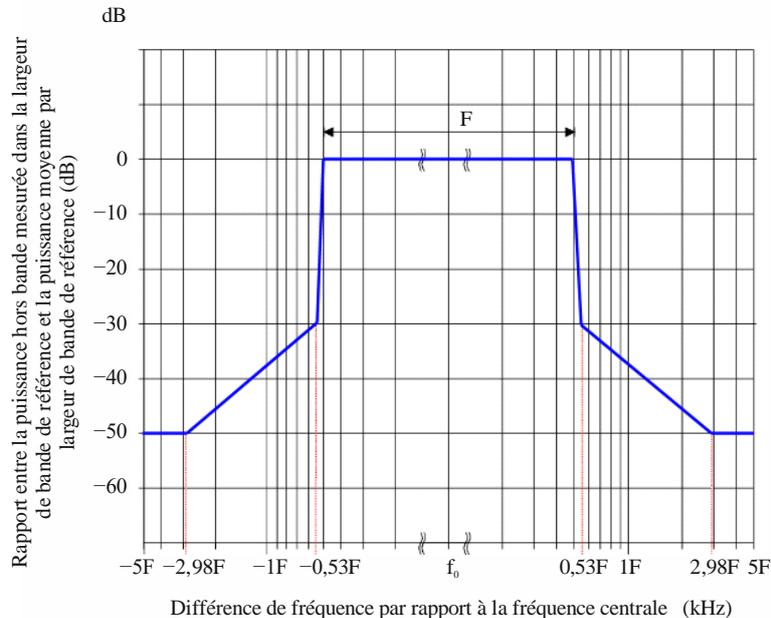
## Générateur de séquence binaire pseudo-aléatoire



### A3-1.8 Gabarit d'émission du signal RF

FIGURE 19

Gabarit spectral d'émission du signal RF NAVDAT avec une largeur de bande  $F = 10$  kHz  
Le gabarit d'émission pour 5, 3 et 1 kHz devrait s'inscrire dans le gabarit pour 10 kHz



M.2058-19

### A3-1.9 Séquence pour le mode de balayage à la réception

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

Les fréquences doivent ensuite être balayées pour contrôler la réception du pré-signal émis par la station avant la diffusion.

Pour assurer le bon fonctionnement de la fonction de balayage du récepteur, les émetteurs des stations côtières NAVDAT nationales ou régionales actives doivent transmettre, avant la diffusion du NAVDAT, une séquence de données connues pendant 400 ms, répétée huit fois pour une durée totale de 3,2 secondes.

Pour faciliter la démodulation par le récepteur de la diffusion NAVDAT, les données connues utilisent la même largeur de bande et la même constellation que la diffusion NAVDAT suivante. Les données connues utilisent un modèle de supertrame de longueur 1.

Pour permettre l'évaluation du BER, le flux DS est rempli de données PRBS à l'aide du polynôme:

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

Chaque cellule du registre à décalage doit être pré-réglée sur un 1 logique au début de la séquence et le début de la séquence PRBS est synchronisé avec le début de chaque trame.

Tout message de texte inclus dans les données connues doit être en langues nationale et anglaise.

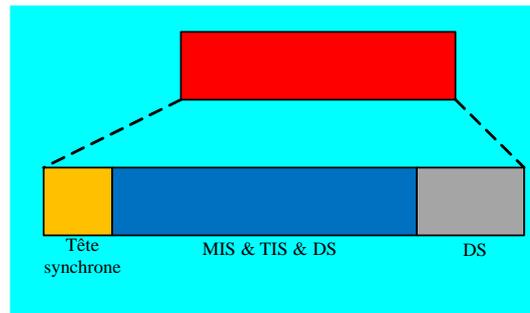
FIGURE 20  
Structure de transmission pour la fonction de balayage



M.2058-20

La structure de trame est décrite à l'Annexe 4.

FIGURE 21  
Structure de trame



M.2058-21

### A3-2 Débit de données utilisable estimé

Dans une largeur de bande de canal de 10 kHz avec une propagation en ondes décamétriques à ondes de surface, 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 (par exemple, protection contre la propagation par trajets multiples, les évanouissements, les retards), 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 6 et 29 kbit/s selon le mode à onde de surface.

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 les tableaux ci-dessous.

TABLEAU 4

**Débit de données estimé pour une largeur de bande de 10, 5, 3 et 1 kHz  
pour la trame de tête en mode A  
(donné à titre indicatif seulement)**

<b>Mode</b>	<b>Occupation du spectre (kHz)</b>	<b>Modulation (MAQ-n)</b>	<b>Débit de codage</b>	<b>Débit de données estimé (kbit/s)</b>
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 5

**Débit de données estimé pour une largeur de bande de 10, 5, 3 et 1 kHz  
pour la trame de tête en mode B**

<b>Mode</b>	<b>Occupation du spectre (kHz)</b>	<b>Modulation (MAQ-n)</b>	<b>Débit de codage</b>	<b>Débit de données estimé (kbit/s)</b>
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

TABLEAU 6

**Débit de données estimé pour une largeur de bande de 10, 5, 3 et 1 kHz  
pour la trame de tête en mode C**

Mode	Occupation du spectre (kHz)	Modulation (MAQ-n)	Débit de codage	Débit de données estimé (kbit/s)
0	10	MAQ-4	0,5	4,60
1	10	MAQ-4	0,75	6,92
2	10	MAQ-16	0,5	9,20
3	10	MAQ-16	0,75	13,84
4	10	MAQ-64	0,5	13,80
5	10	MAQ-64	0,75	20,76
6	5	MAQ-4	0,5	2,13
7	5	MAQ-4	0,75	3,22
8	5	MAQ-16	0,5	4,26
9	5	MAQ-16	0,75	6,43
10	5	MAQ-64	0,5	6,39
11	5	MAQ-64	0,75	9,65
12	3	MAQ-4	0,5	1,14
13	3	MAQ-4	0,75	1,72
14	3	MAQ-16	0,5	2,27
15	3	MAQ-16	0,75	3,45
16	3	MAQ-64	0,5	3,41
17	3	MAQ-64	0,75	5,17

### A3-3 Spécifications de performance de l'émetteur NAVDAT HF

TABLEAU 7

**Spécifications de performance minimales de l'émetteur NAVDAT HF**

Paramètres	Résultats requis
Bande de fréquences	4 à 27,5 MHz
Erreur relative à la fréquence de la porteuse	$\pm 2,5$ Hz par rapport à la fréquence nominale
Gabarit spectral	Se conformer 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 peut également couvrir la bande d'ondes hectométriques de 415 à 526,5 kHz pour les fréquences internationales de 500 kHz et les futures fréquences NAVDAT nationales.

Prière de se référer à la Recommandation UIT-R M.2010 pour les spécifications techniques. La classe d'émission utilisée est W7D.

### A3-4 Récepteur de navire NAVDAT

#### A3-4.1 Description du récepteur de navire NAVDAT

Le schéma logique du récepteur de navire est représenté à la Fig. 23.

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

- antenne de réception et antenne GNSS facultative;
- étage d'entrée RF;
- démodulateur;
- démultiplexeur de fichiers;
- contrôleur;
- élément de commande et d'affichage;
- interface de données;
- tableau intégré des fréquences, des stations et des zones (voir § A3-4.1.10);
- alimentation électrique.

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

Le premier canal écoute en permanence à 500 kHz.

Le deuxième canal écoute en permanence à 4 226 kHz.

Un troisième canal devrait surveiller et balayer toutes les autres fréquences NAVDAT (fréquences internationales, nationales ou régionales en ondes hectométriques et fréquences en ondes décamétriques attribuées). La conception de ce troisième canal permet de recevoir et de décoder les futurs émetteurs nationaux, régionaux ou locaux utilisant les canaux en ondes hectométriques ou décamétriques:

- 1) La bande maritime en ondes hectométriques de 415 à 526,5 kHz (sauf 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 (sauf 4 226 kHz).
- 3) Les bandes de fréquences assignées aux transmissions numériques à large bande de l'Appendice 17 du RR sont les suivantes: 4, 6, 8, 12, 16, 19, 22 et 26 MHz.

Le décodage de la ou des fréquences reçues par balayage peut être démodulé en temps réel ou avec un retard.

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

Le récepteur doit d'abord déterminer la zone NAVAREA et 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 cette zone NAVAREA / METAREA.

A partir du tableau (voir § A3-4.1.10), le récepteur doit déterminer les futurs intervalles de temps attribués et les fréquences utilisées.

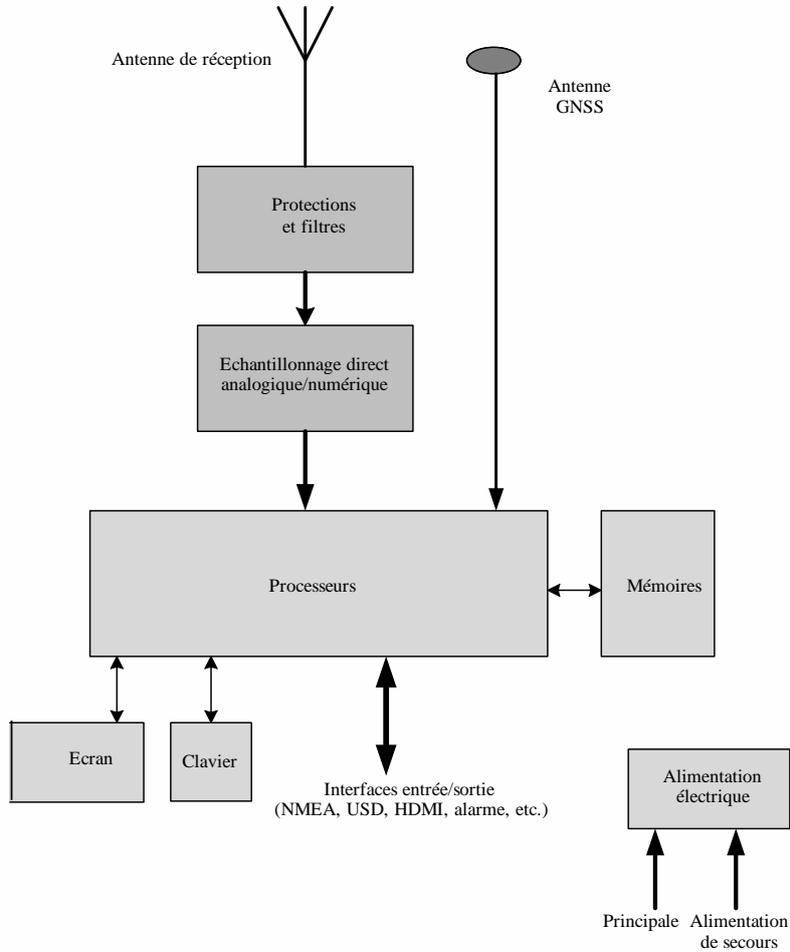
Ces fréquences doivent ensuite être balayées pour contrôler la réception du présignal émis par la station avant la diffusion.

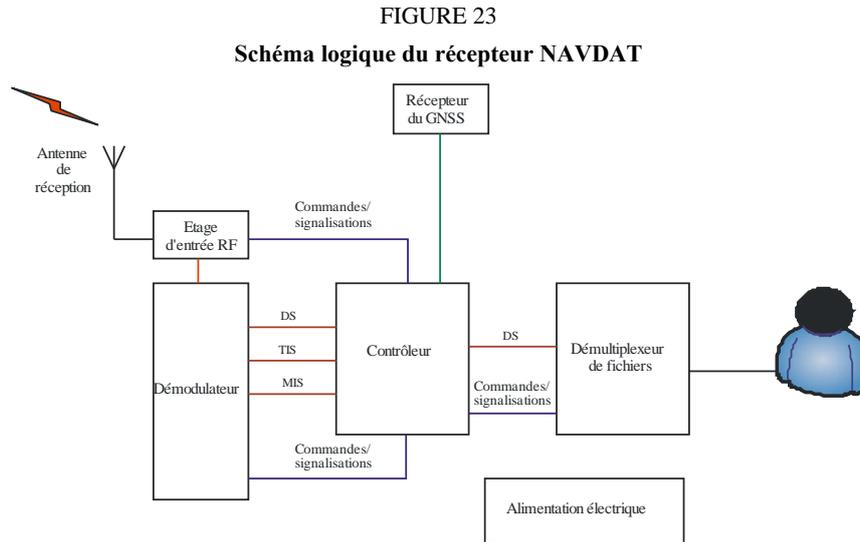
L'antenne de réception est commune aux trois canaux. Il est recommandé d'équiper l'antenne de deux sorties pour la partager avec un autre récepteur en ondes hectométriques/décamétriques.

On trouvera ci-dessous un schéma synoptique générique d'un récepteur SDR, donné à titre indicatif. La conception des récepteurs NAVDAT est laissée à l'initiative de chaque fabricant.

FIGURE 22

Modèle de récepteur de radiocommunication NAVDAT générique piloté par logiciel





M.2058-15

### A3-4.1.1 Antenne de réception et antenne du système mondial de navigation par satellite

L'antenne de réception peut être une antenne verticale de champ H (recommandée sur un navire EMC bruyant) ou une antenne de champ E. Le récepteur de navire NAVDAT peut également recevoir les canaux NAVDAT en ondes hectométriques. Il est recommandé que l'antenne de réception omnidirectionnelle couvre, au minimum, la bande de fréquences de 415 kHz à 27,5 MHz.

Une antenne GNSS connectée à un récepteur GNSS interne (ou une connexion avec le récepteur GNSS de navire existant) est également nécessaire pour pouvoir obtenir la position et l'heure locale du navire.

### A3-4.1.2 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 ainsi qu'une protection contre les champs RF intenses des antennes d'émission du navire et contre la foudre.

La bande passante des filtres d'entrée doit permettre la réception de la bande maritime en ondes hectométriques de 415 à 526,5 kHz et de toutes les bandes maritimes en ondes décimétriques.

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

Le récepteur peut être de type classique ou SDR avec au moins trois canaux (sans limitation).

### A3-4.1.3 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 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.

#### **A3-4.1.4 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.

#### **A3-4.1.5 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).

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

#### **A3-4.1.6 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.

#### **A3-4.1.7 Interface de données**

Le récepteur obtient les données de dispositifs externes tels que le GNSS par l'intermédiaire de 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.

L'équipement devrait fournir une interface de données conforme aux exigences de la série IEC 61162. Il est souhaitable qu'il fournisse des interfaces Ethernet et USB pour les transmissions de fichiers à haut débit, de même qu'une interface d'impression (non limitée).

L'équipement devrait pouvoir configurer les paramètres des ports de données pour la communication avec d'autres équipements du navire.

L'équipement devrait comprendre une interface pour la gestion des alertes conformément à la résolution MSC.302(87) de l'OMI sur les normes de performance pour la gestion des alertes à la passerelle.

#### **A3-4.1.8 Alimentation électrique**

La connexion à l'alimentation électrique du navire doit être protégée contre les surtensions et les perturbations électromagnétiques.

#### **A3-4.1.9 ID du récepteur**

Il devrait être possible de configurer le récepteur avec:

l'identité du navire (conformément à la Recommandation UIT-R M.585)

l'identité du groupe principal (conformément à la Recommandation UIT-R M.585)

des listes supplémentaires d'identités (MMSI) peuvent être fournies.

Voir Tableau 20 et note.

#### **A3-4.1.10 Tableaux stockés**

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

Par exemple:

- 1) La liste des stations côtières avec:
  - la zone
  - le pays
  - la longitude
  - la latitude
  - la nom
  - les intervalles
  - la fréquence utilisée

Ce tableau stocké est interrogé lorsque les identités des stations reçues sont reçues et les paramètres complets de la station côtière NAVDAT reçue doivent être affichés en texte clair.

2) La liste des messages sujets

Tableau avec les messages sujets 01 à 63

Tous les tableaux en mémoire peuvent être mis à jour en recevant le message 63.

### **A3-4.1.11 Stockage**

#### **A3-4.1.11.1 Mémoire des messages des fichiers non volatiles**

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

L'utilisateur doit pouvoir marquer les différents fichiers d'un message pour qu'ils ne soient pas conservés en permanence. Ces fichiers peuvent occuper jusqu'à 25% de la mémoire disponible et ne doivent pas être écrasés par de nouveaux fichiers. Lorsqu'il n'en a plus besoin, l'utilisateur doit pouvoir supprimer le marquage de ces fichiers, qui peuvent être écrasés normalement.

Les messages en double peuvent être reconnus par l'équipement et ne devraient pas être stockés.

La capacité de stockage de cette mémoire ne devrait pas être inférieure à 1 Go.

#### **A3-4.1.11.2 Mémoires de contrôle programmables**

Les informations identifiant la zone de service de l'émetteur et l'indicatif de chaque type de message dans la mémoire programmable ne devraient pas être effacées par des interruptions de l'alimentation électrique de moins de 24 heures.

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

En cas de coupure inattendue de l'alimentation électrique, l'équipement devrait protéger les données stockées et les paramètres du logiciel.

L'équipement devrait être en mesure d'afficher, de supprimer et d'interroger les messages stockés, et d'émettre des messages manuellement ou automatiquement vers l'équipement approprié du navire (tel que le système de visualisation des cartes électroniques et d'information (ECDIS)).

#### **A3-4.1.12 Alerte**

La réception d'un message d'information relatif à la recherche et au sauvetage devrait donner lieu à une alarme sonore continue. Il ne devrait être possible de réinitialiser cette alarme que manuellement. Les informations relatives à la position contenues dans les messages relatifs à la recherche et au sauvetage peuvent être transmises à d'autres équipements de navigation (par exemple ECDIS, traceur ENC).

#### **A3-4.1.13 Installations d'essai**

L'équipement devrait être doté d'une fonction permettant de vérifier que le récepteur radioélectrique, l'affichage et la mémoire non volatile fonctionnent correctement et d'afficher les résultats de l'autotest. En cas d'utilisation d'une antenne spécifique, celle-ci doit également être vérifiée par ce processus.

#### **A3-4.1.14 Mises à jour**

Le logiciel/micrologiciel de l'équipement devrait pouvoir être mis à jour. La mise à jour devrait être effectuée à l'aide d'un port USB ou par 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.

### A3-4.1.15 Fonction de balayage

Comme indiqué au § A3-4.1, le récepteur de navire NAVDAT surveille en permanence les fréquences 500 et 4 226 kHz et peut décoder simultanément les signaux reçus sur ces deux fréquences.

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

La bande en ondes hectométriques de 415 à 526,5 kHz (sauf 500 kHz).

Les canaux assignés au système NAVDAT dans l'Appendice 17: 6 337,5, 8 443, 12 663,5, 16 909,5 et 22 450,5 kHz (sauf 4 226 kHz).

Les bandes de fréquences assignées aux transmissions numériques à large bande de l'Appendice 17 du RR sont les bandes 4, 6, 8, 12, 16, 19, 22 et 26 MHz.

Le récepteur devrait rechercher dans son tableau de stations NAVDAT (mis à jour par le code de message 63) toutes les fréquences qui peuvent être balayées séquentiellement par rapport aux intervalles de temps attribués (référence de temps).

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

Pour assurer le 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 répétition de données connues 8 fois pour une durée totale de 3,2 secondes (voir § A3-1.9 et Fig. 20 de l'Annexe 3).

Cela devrait permettre au récepteur de détecter la transmission et de s'accorder sur la fréquence, de mesurer son SNR, d'identifier la station et sa zone NAVAREA / METAREA.

### A3-5 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  $S/N$  pour permettre une démodulation OFDM correcte (MAQ-4, -16 ou -64).

Le récepteur de navire NAVDAT doit recevoir les deux fréquences internationales NAVDAT: 500 kHz et 4 226 kHz, mais aussi les ondes hectométriques et décimétriques en mode balayage (voir Tableau 8).

TABLEAU 8

#### Spécifications de performance minimales des récepteurs de navire NAVDAT

Bande de fréquences totale	Bande maritime de 415 à 526,5 kHz et de 4 à 25,7 MHz
Fréquence en ondes hectométriques principale (fréquence centrale)	500 kHz
Fréquence en ondes décimétriques principale (fréquence centrale)	4 226 kHz
Bande d'ondes hectométriques attribuée au service maritime	415 à 526,5 kHz
Bandes d'ondes décimétriques attribuées au service maritime	Appendice 17 du RR, bandes d'ondes décimétriques attribuées au service maritime
Protection vis-à-vis des canaux adjacents	> 40 dB à 5 kHz
Facteur de bruit	< 10 dB (< 20 dB pour la bande d'ondes hectométriques)
Sensibilité utilisable pour un taux BER = $10^{-4}$ après correction des erreurs	< -95 dBm
Dynamique	> 80 dB
Champ RF minimal utilisable (avec une antenne de réception adaptée)	20 dB( $\mu$ V/m)

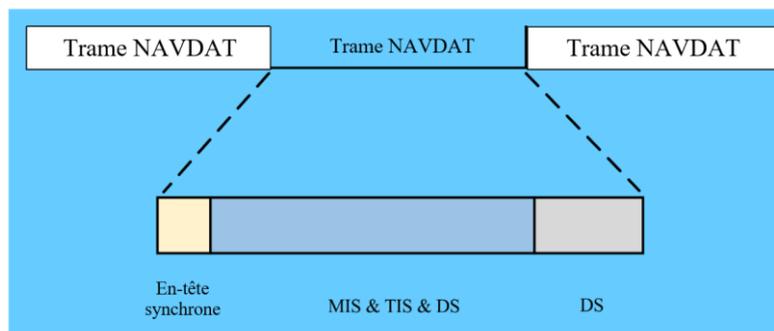
## Annexe 4

### Structure de transmission

#### A4-1 Structure des trames

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

FIGURE 24  
Structure des trames NAVDAT



M.2058-24

La longueur de la tête de la trame est 400 ms.

La structure de trame type n'inclut pas le flux DS sans l'en-tête de synchronisation des flux MIS ou TIS.

La longueur de trame type est 400 ms. Une séquence d'une trame de tête et d'une trame type N-1 constitue une super trame de la longueur de N. La diffusion NAVDAT devrait utiliser un motif de super trame d'une longueur de 5.

#### A4-2 En-tête de synchronisation

L'en-tête de synchronisation est le premier symbole OFDM de chaque trame, qui permet au récepteur de se synchroniser. Les informations relatives à chaque sous-porteuse sont indiquées dans le Tableau 9.

TABLEAU 9

Séquence d'en-tête de synchronisation (en mode A)

Largeur de bande et nombre de sous-porteuses	Séquence d'en-tête de synchronisation
10 kHz 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 1 1 -1 1 1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 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
5 kHz 115	1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 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
3 kHz 69	1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 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 kHz 23	1 -1 1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1

Séquence d'en-tête de synchronisation (en mode B)

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

**Séquence d'en-tête de synchronisation (en mode C)**

Largeur de bande et nombre de sous-porteuses	Séquence d'en-tête de synchronisation
10 kHz 139	-1 1 1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 1 1 -1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 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
5 kHz 69	1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -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
3 kHz 41	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 kHz 13	1 -1 1 -1 1 1 0 1 -1 -1 -1 1 -1

Pour les différentes largeurs de bande de canal, l'indice de symbole OFDM correspondant à l'en-tête de synchronisation est indiqué au Tableau 10.

TABLEAU 10

**Indice des symboles d'en-tête de synchronisation**

Mode	N <sub>s</sub>	Indice de symbole OFDM par trame
A	15	1
B	15	1
C	20	1

**A4-3 Flux d'informations de modulation (MIS)**

**A4-3.1 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 la largeur de bande du canal: 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 (défaut: 0).



- jour et heure: 17 bits;
- réservé 1 (pour MAQ-4): 11 bits (défaut: 0);
- réservé 2 (pour MAQ-16): 87 bits (défaut: 0);
- CRC: 8 bits.

TABLEAU 14  
Codage du flux de données

Valeurs des bits	Mode de transmission		
	Largeur de bande du canal (kHz)	Débit 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 15

**Identifiant de l'émetteur**

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

Le codage des en-têtes **I** et **D** devrait être en 5 bits ASCII.

Le codage des zones devrait être effectué en binaire sur 8 bits (maximum 31 zones).

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

Un total de 32 bits devrait donc être utilisé pour l'identification de chaque paire station/fréquence.

**Exemples de codes d'identification d'une station côtière**

Une station NAVDAT située dans la zone NAVAREA/METAREA III (3) et émettant sur 4 226 kHz aurait l'identité suivante (avec le numéro 85 attribué à la station):

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

TABLEAU 16

**Information temporelle**

Paramètre	Nombre de bits	Description
Heure de début UTC	5	heure
Minute de début UTC	6	minute
Durée de l'émission	6	0 à 59 minutes

TABLEAU 17

**Mode de fiabilité**

Mode	Séquence binaire
A	000
B	001
C	010
D	011



Symbole	Numéro de porteuse
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

**Pour une largeur de bande de 1 kHz en mode C**

Symbole	Numéro de porteuse
2	-6, -4, -2, 2, 4, 6
3	-6, -4, -2, 2, 4, 6
4	-6, -4, -2, 2, 4, 6
5	-6, -4, -2, 2, 4, 6
6	-6, -4, -2, 2, 4, 6
7	-6, -4, -2, 2, 4, 6
8	-6, -4, -2, 2, 4, 6
9	-6, -4, -2, 2, 4, 6
10	-6, -4, -2, 2, 4, 6
11	-6, -4, -2, 2, 4, 6
12	-6, -4, -2, 2, 4, 6
13	-6, -4, -2, 2, 4, 6
14	-6, -4, -2, 2, 4, 6
15	-6, -4, -2, 2, 4, 6
16	-6, -4, -2, 2, 4, 6
17	-6, -4, -2, 2, 4, 6
18	-4, -2, 2, 4

## A4-5 Flux de données

### A4-5.1 Structure

Le flux de données se compose généralement d'informations textuelles ou de fichiers d'informations. Une livraison par paquets généralisée permet la livraison d'informations textuelles et de fichiers pour divers services dans le même flux de données. Les services peuvent également être transportés par une série de paquets individuels.

La structure d'un paquet est la suivante:

- En-tête 32 bits
- Champ de données n octets
- 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 19

**Codage du premier et du dernier fanion**

Premier fanion	Dernier fanion	Le paquet est
0	0	un paquet intermédiaire
0	1	le dernier paquet d'une unité de données
1	0	le premier paquet d'une unité de données
1	1	l'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: pas de bourrage, tous les octets de données du champ de données sont utiles;

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

**Réservé:** 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 Tableau 23).

Le premier élément d'information du champ de données est le mode de diffusion, qui est défini dans le Tableau 20.

TABLEAU 20

**Mode de diffusion**

Mode	Suite de bits	Codage	Commentaires
Général	00	36 bits	
Navire sélectif	01	36 bits	Identité MMSI du navire
Groupe de navires	10	36 bits	Identifiant du groupe de navires (principal ou secondaire)
Zone sélective	11	512 bits	Coordonnées géographiques pour la zone définie

Dans le cas de diffusion sélective sur une zone particulière, la zone géographique est définie comme suit:

- Le numéro de zone attribué par le serveur (maximum 99) + espace.
- La zone est déterminée par quatre points géographiques en degrés minutes secondes (DMS) en partant du point le plus élevé et en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (latitude suivie de 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"

Position 4: 33°04'56" N et 127°30'28"

Donnant:

Z01 + 474222 + 1372859 + 375024 + 1390010 + 320457 + 1292905 + 330456 + 1273028,

le serveur convertit ce texte en 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
```

Total 512 bits.

Le deuxième élément d'information définit le niveau du message: routine, important ou vital, selon le Tableau 21.

TABLEAU 21

Niveau du message

Codage	Niveau de définition
00	Routine
01	Sécurité
10	Urgence
11	Détresse

Le troisième élément d'information donne le numéro du message de 1 à 999 codé sur 10 bits.

Exemple: 1 = 0000000001

999 = 1111100111

Le quatrième élément d'information indique le sujet du message selon le Tableau 27 (de 1 à 63) codé sur 6 bits:

1 = 000001

63 = 111111

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

#### A4-5.2 Encodage

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 14). Le Tableau 22 indique les paramètres LDPC des modes A, B et C pour toutes les largeurs de bande.

TABLEAU 22

#### Paramètres de contrôle de parité à faible densité d'un 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 du canal	Débit d'informations (kbit/s)
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)	5,0
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 23

## Paramètres de contrôle de parité à faible densité d'un flux de données pour le mode B

Largeur de bande	Nombre de sous-porteuses	Nombre de pilotes	Nombre de sous-porteuses de données	Modulation	TIS et MIS	Bits d'information	Codage du canal	Débit d'informations (kbit/s)
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

TABLEAU 24

Paramètres de contrôle de parité à faible densité d'un flux de données pour le mode C

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 du canal	Débit d'informations (kbit/s)
10	138*19	35*19	1957	MAQ-4	100	1856*2	(1856,3712)	4,60
10	138*19	35*19	1957	MAQ-4	100	1856*2	(2784,3712)	6,92
10	138*19	35*19	1957	MAQ-16	100	1856*4	(1856,3712)	9,20
10	138*19	35*19	1957	MAQ-16	100	1856*4	(2784,3712)	13,84
10	138*19	35*19	1957	MAQ-64	100	1856*6	(1856,3712)	13,80
10	138*19	35*19	1957	MAQ-64	100	1856*6	(2784,3712)	20,76
5	68*19	17*19	969	MAQ-4	100	868*2	(868,1736)	2,13
5	68*19	17*19	969	MAQ-4	100	868*2	(1302,1736)	3,22
5	68*19	17*19	969	MAQ-16	100	868*4	(868,1736)	4,26
5	68*19	17*19	969	MAQ-16	100	868*4	(1302,1736)	6,43
5	68*19	17*19	969	MAQ-64	100	868*6	(868,1736)	6,39
5	68*19	17*19	969	MAQ-64	100	868*6	(1302,1736)	9,65
3	40*19	10*19	570	MAQ-4	100	470*2	(470,940)	1,14
3	40*19	10*19	570	MAQ-4	100	470*2	(705,940)	1,72
3	40*19	10*19	570	MAQ-16	100	470*4	(470,940)	2,27
3	40*19	10*19	570	MAQ-16	100	470*4	(705,940)	3,45
3	40*19	10*19	570	MAQ-64	100	470*6	(470,940)	3,41
3	40*19	10*19	570	MAQ-64	100	470*6	(705,940)	5,17
1	12*19	3*19	171	MAQ-4	100	70*2	(70,140)	0,14
1	12*19	3*19	171	MAQ-4	100	70*2	(105,140)	0,22
1	12*19	3*19	171	MAQ-16	100	70*4	(70,140)	0,27
1	12*19	3*19	171	MAQ-16	100	70*4	(105,140)	0,45
1	12*19	3*19	171	MAQ-64	100	70*6	(70,140)	0,41
1	12*19	3*19	171	MAQ-64	100	70*6	(105,140)	0,67

**A4-6 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.

La matrice de contrôle H peut être exprimée comme la matrice exponentielle suivante:

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



## Annexe 5

### Structure du fichier de messages

La Figure 25 illustre 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 25  
Structure du fichier de messages

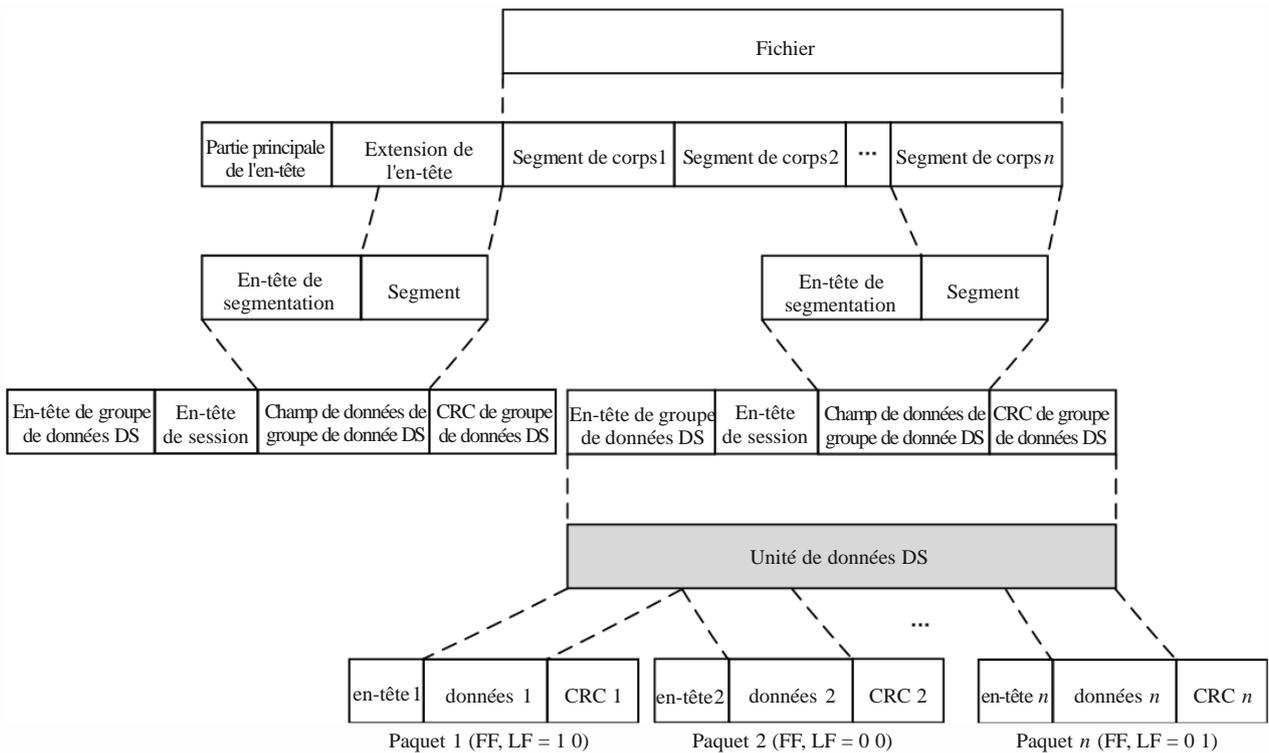


TABLEAU 25  
Structure de l'en-tête du message

Paramètre	Nombre de bits	Description
Mode de diffusion	2	00 Diffusion générale 01 Navire sélectif 10 Groupe du navire 11 Zone sélective
Détail des modes de diffusion 00, 01 et 10	36	1 Quand le mode de diffusion = 00 Tous les bits sont = 0 2 Quand le mode de diffusion est 01 ou 10, l'identité est définie sur 9 bits selon la Rec. UIT-R M.493, chaque chiffre consiste de 4 bits et le nombre de bits est 36.
Détail du mode de diffusion 11	512	La zone est définie par quatre positions géographiques sur 512 bits (voir Tableau 20 et note)
Priorité (niveau du message)	2	00 Routine 01 Sécurité 10 Urgence 11 Détresse
Sujet du message	6	Voir Tableau 24
Numérotation du message	10	1 à 999
Numéro d'ordre de la diffusion	4	Utilisé pour des diffusions multiples du même fichier (1 à 15)
Longueur des données	24	Longueur totale des données en octets et plage des valeurs admissibles = 1~16777216
Nombre total de paquets	10	Nombre total de paquets du segment de données et plage des valeurs admissibles = 1~1024
Longueur du fichier	16	Longueur totale du fichier de messages en octets et plage des valeurs admissibles = 1~65535
Réservé	16	Réservé en vue d'une utilisation ultérieure (= 0)
CRC	16	Le calcul CRC s'étend du mode de diffusion 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 qui a écrit le message);

la date de rédaction du message (année, mois, jour et heure / minutes);

le numéro de référence du message (c'est le numéro du message). Le serveur NAVDAT doit être informé de ce numéro lorsque le message est soumis. Il doit être utilisé pour la fonction «numéro d'ordre de la diffusion».

## Annexe 6

### Mode réseau monofréquence du système Digital Radio Mondiale

#### A6-1 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.

##### A6-1.1 Fonctionnement en mode réseau monofréquence

Le système NAVDAT 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 devrait 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 devrait en résulter un renforcement positif du signal. La couverture du service devrait 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 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 et de libérer des intervalles de diffusion.

Dans un réseau monofréquence, tous les émetteurs individuels doivent être exactement synchronisés dans le temps. Chaque émetteur doit diffuser un symbole OFDM exactement identique au même moment.

La synchronisation temporelle de tous les paquets transmis dans le flux de transport du multiplex de données final est assurée par le signal temporel 1 pps (impulsion par seconde), qui est acquis à partir du système GNSS.

La stabilité en fréquence des émetteurs doit être supérieure à 2 Hz.

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

Dans la méthode de modulation OFDM, sa grande résistance aux brouillages intersymboles résultant de la réception par trajets multiples (impact des signaux retardés dans le temps – échos) consiste à étendre largement le très court intervalle de temps de bit  $T_b$  dans le flux de données sériel d'origine.

Cet intervalle de garde doit être soigneusement configuré en fonction de la position des émetteurs par rapport aux zones de couverture.

Lors de la mise en place d'un réseau SFN, il convient de veiller tout particulièrement à ce que les flux MIS, TIS et DS soient de préférence générés par un serveur commun.

## Annexe 7

## Fréquences pouvant être utilisées par le système NAVDAT HF

TABLEAU 26

## Fréquences pouvant être utilisées par le système NAVDAT HF

Canal	Bande de fréquences attribuée au service mobile maritime	Fréquence centrale (kHz)	Limites (kHz)
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

La principale fréquence internationale pour le système NAVDAT HF est 4 226 kHz.

## Annexe 8

## Codes des messages-sujets du système NAVDAT

La présente liste est donnée uniquement à titre indicatif.

Prière de se référer aux documents publiés par l'OMI.

TABLEAU 27

## Liste des codes des messages-sujets du système NAVDAT

Informations sur la sécurité maritime (MSI)				
Code du message-sujet	Type de message	Codage	peut être rejeté	
			OUI	NON
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION</b>				
1	Avertissement de subdivision de zone			X
2	Avertissement côtier	000001		X
3	Avertissement local (uniquement sur les services NAVDAT nationaux)	000010		X
4	dangers flottants (y compris des navires abandonnés, des glaces, des mines, des conteneurs, d'autres gros objets de plus de 6 mètres de long, etc.)	000011		X

TABLEAU 27 (suite)

<b>Informations sur la sécurité maritime (MSI)</b>				
<b>Code du message-sujet</b>	<b>Type de message</b>	<b>Codage</b>	<b>peut être rejeté</b>	
			<b>OUI</b>	<b>NON</b>
5	réservé	000100		
6	réservé	000101		
7	Pas de message à disposition	000110		X
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION (suite) – Système de positionnement <i>Dysfonctionnement important des services de radionavigation et des services d'information sur la sécurité maritime à terre par radio ou par satellite</i></b>				
8	GNSS et RNSS	001000		X
9	LORAN et E LORAN/Chayka et e Chayka	001001		X
10	Informations sur la correction différentielle	001010		X
11	Anomalies de fonctionnement identifiées dans l'ECDIS, y compris les problèmes liés à l'ENC	001011		
12	zones où des opérations de recherche et de sauvetage (SAR) et de lutte contre la pollution sont menées (pour éviter ces zones)	001100		X
13	réservé	001101		
14	réservé	001110		
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION (suite) – Acte de piraterie et vol à main armée</b>				
15	Actes de piraterie et vols à main armée contre des navires	001111		X
16	Tableau des attaques de piraterie	010000		X
17	réservé	010001		
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION (suite) – Alerte aux tsunamis et autres phénomènes naturels</b>				
18	Alerte au tsunami / Changements anormaux du niveau de la mer	010010		X
19	réservé	010011		
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION (suite) – Sûreté <i>Conformément aux exigences du code international pour la sûreté des navires et des installations portuaires.</i></b>				
20	Informations relatives à la sécurité	010100		X
21	Tableau des zones de niveau de sécurité	010101		X
22	réservé	010110		
23	réservé	010111		

TABLEAU 27 (suite)

<b>Informations sur la sécurité maritime (MSI)</b>				
<b>Code du message-sujet</b>	<b>Type de message</b>	<b>Codage</b>	<b>peut être rejeté</b>	
			<b>OUI</b>	<b>NON</b>
<b>AVERTISSEMENTS DE NAVIGATION (suite) – SANTE <i>Mise en œuvre du règlement sanitaire international – RSI</i></b>				
24	Avis de santé de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)	011000		X
25	Avis de pandémie	011001		X
26	réservé	011010		
<b>METEOROLOGIQUE</b>				
27	Avertissement météorologique (y compris cyclone tropical, tempête, avis de coup de vent)	011011		X
28	Synopsis météorologique (y compris la carte météorologique)	011100	X	
29	Prévisions météorologiques	011101	X	
30	Courant et marée	011110	X	
31	Hauteur et direction des vagues	011111	X	
32	réservé	100000		X
33	réservé	100001		X
<b>RAPPORT SUR LES GLACES</b>				
34	Carte des glaces	100010	X	
35	Iceberg	100011	X	
36	Informations sur les routes polaires	100100	X	
37	Informations sur les patrouilles de brise-glace	100101	X	
<b>Informations relatives à la recherche et au sauvetage</b>				
38	Relais d'alerte de détresse à tous les navires (MAYDAY RELAY)	100110		X
39	Navire en retard (description et/ou photo du navire manquant)	100111		X
40	Coordination SAR (pour les navires participant à l'opération SAR)	101000		X
41	Modèle SAR (pour les navires participant à l'opération SAR)	101001		X
42	réservé	101010		
43	réservé	101011		

TABLEAU 27 (end)

<b>Informations sur la sécurité maritime (MSI)</b>				
<b>Code du message-sujet</b>	<b>Type de message</b>	<b>Codage</b>	<b>peut être rejeté</b>	
<b>Autres informations relatives à la sécurité</b>				
	Service de pilotage			
44	Informations sur le service de pilotage	101100	X	
	Services de remorquage			
45	Informations sur les services de remorquage	101101	X	
	Service d'assistance portuaire			
46	Heure et hauteur de la marée	101110	X	
47	Informations sur le port local	101111	X	
48	Informations hydrographiques et environnementales	110000	X	
	Service de trafic maritime (STM)			
49	Informations sur le STM	110001	X	
50	réservé	110010		
51	réservé	110011		
	Pollution			
52	Information sur la pollution	110100		
53	Tableau de la pollution	110101		
<b>Autres informations</b>				
	Messages AIS et LRIT			
55	AIS	110111	X	
56	LRIT	111000	X	
	Service de cartes marines et de publications nautiques			
57	Corrections des cartes marines électroniques et des publications	111001	X	
58	Mise à jour des cartes marines électroniques et des publications	111010	X	
	Informations sur la pêche (uniquement sur les services NAVDAT nationaux)			
59	Règlements	111011	X	
60	Cartes spéciales	111100	X	
61	Informations sur les quotas de pêche	111101	X	
	Message chiffré			
62	Réception d'un message chiffré	111110		
63	Mise à jour du logiciel du récepteur	111111		X

Les informations sont regroupées par sujet dans la diffusion NAVDAT et chaque groupe de sujet se voit attribuer un code de message-sujet de 1 à 63.

Ce code est utilisé par le récepteur pour identifier les différentes classes de messages énumérées dans ce tableau (à partir de tableaux d'information mémorisés).

Le logiciel/micrologiciel du récepteur doit pouvoir être mis à jour. La mise à jour doit être effectuée en utilisant un port USB ou en recevant le 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.

---