

RECOMMANDATION UIT-R M.823-1*

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA TRANSMISSION DE DONNÉES
EN MODE DIFFÉRENTIEL POUR LES SYSTÈMES GLOBAUX DE NAVIGATION
PAR SATELLITE (GNSS) À PARTIR DE RADIOPHARES MARITIMES
DANS LES BANDES DE FRÉQUENCES 283,5-315 kHz (RÉGION 1)
et 285-325 kHz (RÉGIONS 2 et 3)**

(Question UIT-R 58/8)

(1992-1995)

Résumé

Plusieurs administrations mettent en œuvre un service de correction en mode différentiel pour les systèmes globaux de navigation par satellite à partir de stations de radiophares. Cette Recommandation indique les caractéristiques techniques auxquelles ce service devra se conformer pour la transmission de corrections aux systèmes GPS et aux systèmes de navigation par satellite GLONASS.

Cette Recommandation décrit par ailleurs les divers types de message de correction en mode différentiel utilisés pour ces systèmes de navigation par satellite ainsi que le format de ces messages. Elle donne en outre des détails concernant les horaires de transmission des messages.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) la Résolution N° 602 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour les services mobiles (Genève, 1987);
- b) qu'en vertu du numéro 466 du Règlement des radiocommunications, dans la bande 285-325 kHz (283,5-325 kHz dans la Région 1) et dans le service de radionavigation maritime, les stations de radiophare peuvent aussi transmettre des informations supplémentaires utiles à la navigation, utilisant des techniques à bande étroite, à condition de ne pas affecter de façon significative la fonction première du radiophare;
- c) la Recommandation UIT-R M.631 sur l'utilisation de systèmes de radionavigation maritime hyperboliques dans la bande 283,5-315 kHz;
- d) les caractéristiques techniques définies dans les Actes finals de la Conférence administrative régionale pour la planification du service de radionavigation maritime (radiophares) dans la zone européenne maritime (Genève, 1985);
- e) que la précision des données de navigation escomptée au moyen du GNSS sera de 60-100 m (avec une probabilité de 95%) dans les conditions générales d'utilisation;
- f) que cette précision, certes adaptée aux besoins de navigation en général, s'avérera insuffisante pour certains types particuliers de navigation, tels que la navigation sur des voies d'eau étroites, les manœuvres d'approche portuaire ou pour les instruments de mesure de position dans les systèmes de cartes électroniques;
- g) que les autres applications maritimes spécialisées, telles que la pêche, la surveillance de la navigation, le dragage, la pose de câbles et de canalisations, l'implantation de bouées et autres structures en mer, exigent parfois une précision supérieure à celle offerte par le GNSS en général;
- h) que la précision et l'intégrité des données de navigation peuvent être améliorées considérablement grâce à des corrections en mode différentiel émises par des stations de référence convenablement situées;

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Organisation maritime internationale (OMI), de l'Organisation de l'Aviation civile internationale (OACI), de l'Association internationale de signalisation maritime (AISM) et du Comité international radiomaritime (CIRM).

- j) que, pour des raisons d'ordre technique, économique et administratif, l'utilisation de radiophares maritimes devrait offrir une possibilité réalisable pour la transmission des corrections en mode différentiel;
- k) que la propagation des signaux émis par les radiophares maritimes se fait essentiellement par l'onde de sol avec une portée utile du même ordre de grandeur que la portée opérationnelle des signaux de la station de référence;
- l) que les radiophares maritimes assurent actuellement la couverture des eaux côtières dans de nombreuses régions du monde, permettant ainsi d'appliquer de manière efficace et économique une norme mondiale pour la transmission de corrections en mode différentiel;
- m) que les études actuelles concernent particulièrement la transmission de corrections relative au système GPS/GLONASS, mais les mêmes principes s'appliquent à d'autres systèmes de radionavigation terrestres, tels que Loran-C/Chayka,

recommande

- 1 que les caractéristiques techniques relatives à un service de correction en mode différentiel des données du GNSS utilisant les radiophares maritimes, émettant dans la bande 285-325 kHz (283,5-315 kHz dans la Région 1) et aux récepteurs associés, soient conformes à celles indiquées dans l'Annexe 1.

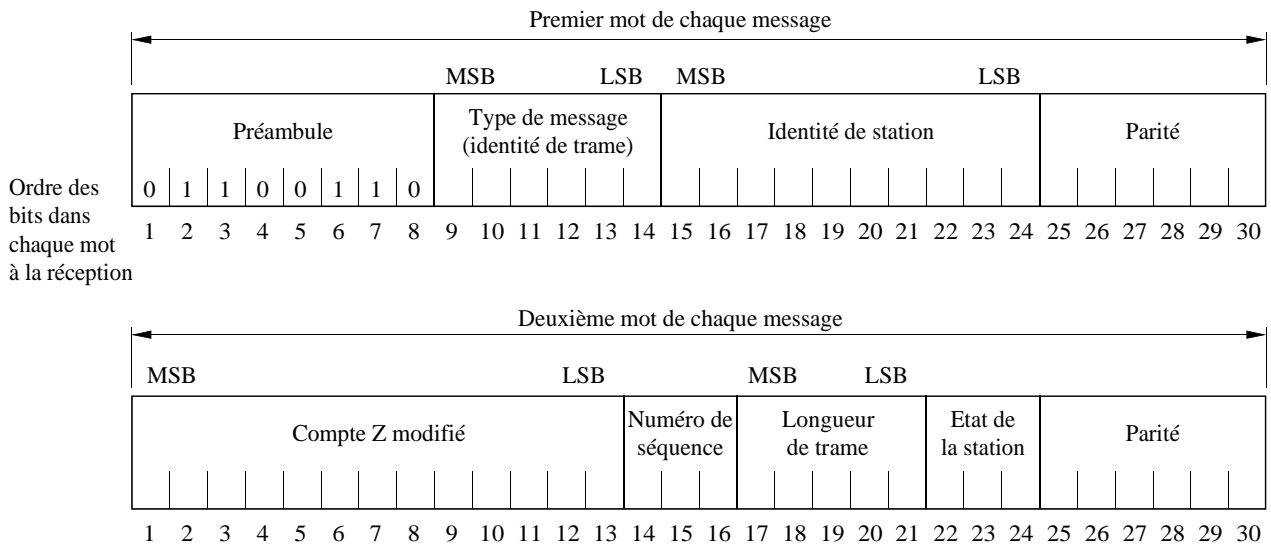
ANNEXE 1

Caractéristiques du système de transmission de corrections en mode différentiel dans le GNSS

1 Caractéristiques techniques

- 1.1 La fréquence porteuse du signal de correction en mode différentiel d'une station de radiophare maritime doit être un multiple entier de 500 Hz.
- 1.2 La tolérance de fréquence de la porteuse doit être de ± 2 Hz.
- 1.3 Le format général des messages doit être tel qu'indiqué à la Fig. 1, qui représente le contenu détaillé des deux premiers mots de 30 bits de chaque type de trame ou de message. Chaque trame a une longueur de $N + 2$ mots, les données du message étant contenues dans N mots. Le Tableau 1 donne la liste minimale des types de messages utilisables pour la transmission. Le format et la teneur de ces types de messages doivent être tels qu'indiqués sur les Fig. 2 à 6 pour le système GPS et sur les Fig. 7 à 11 pour le système GLONASS. L'algorithme de parité doit relier des mots de 30 bits à partir de sous-trames de dix mots, au moyen du Code de Hamming (32,26). Il convient d'utiliser des messages de type 6 ou 34 ($N = 0$ ou $N = 1$) si aucun autre type de message n'est disponible.

FIGURE 1
En-tête de 2 mots de tous les messages



MSB: bit de plus fort poids
LSB: bit de plus faible poids

D01

Bits relatifs à l'état de la station:

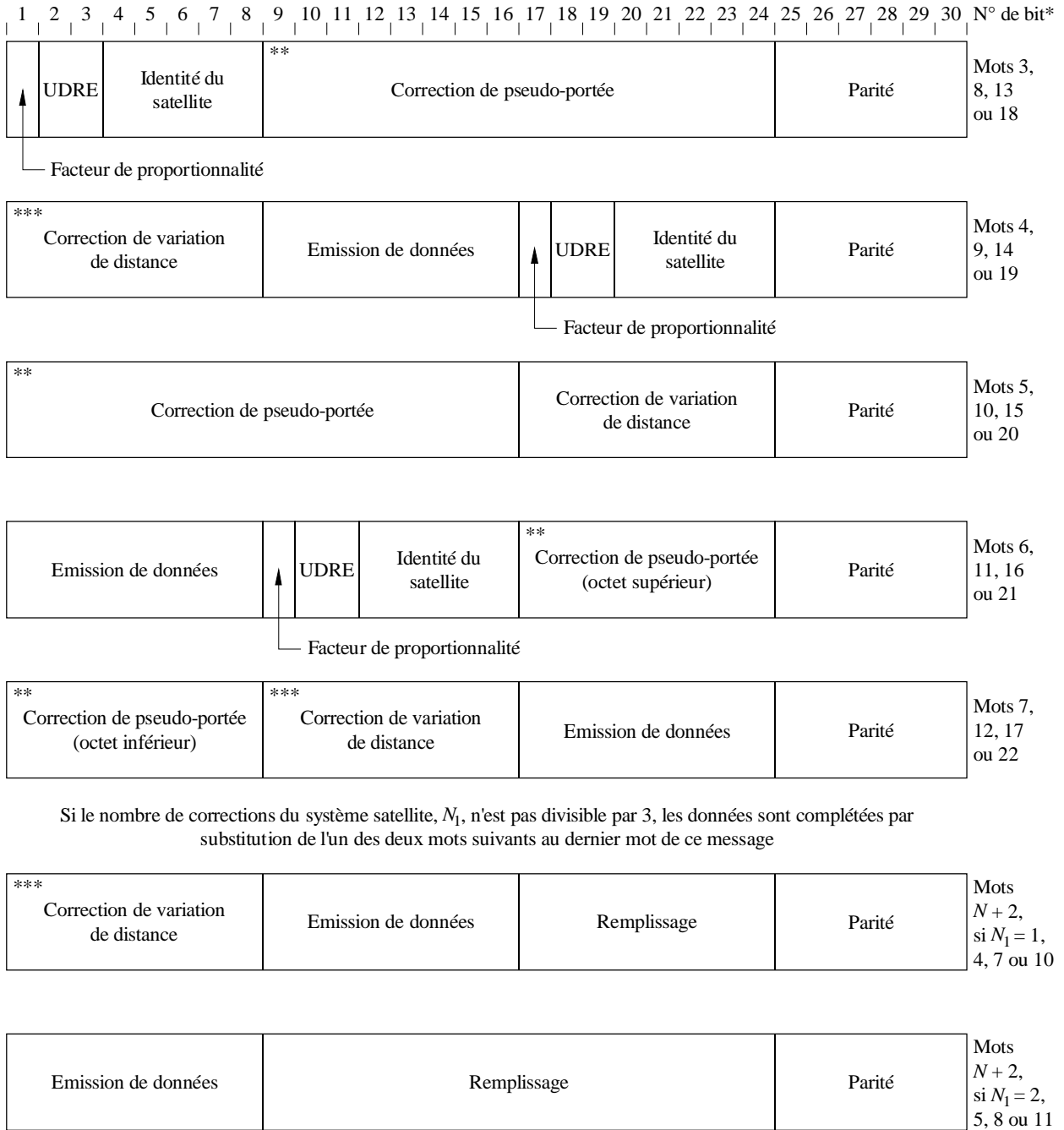
- 111 Entraînent l'indication, par l'équipement de l'utilisateur, que la station de référence ne fonctionne pas correctement.
- 110 Entraînent l'indication, par l'équipement de l'utilisateur, que la transmission n'est pas contrôlée.

D'autres codes sont définis par le fournisseur du service pour les diffusions dans des conditions de bon état de fonctionnement.

TABLEAU 1
Types de messages

GPS Numéro de type de message	Désignation	GLONASS Numéro de type de message
1	Corrections du GNSS en mode différentiel (ensemble complet de satellites)	31
3	Paramètres de la station de référence	32
5	Etat de la constellation	33
6	Trame nulle	34 ($N = 0$ ou $N = 1$)
7	Message almanach de radiophare	35
9	Corrections du GNSS en mode différentiel (sous-ensemble de satellites) (Ces messages peuvent remplacer les messages de type 1 ou 31)	34 ($N > 1$)
16	Message spécial	36

FIGURE 2
Format des messages de types 1 et 9
Corrections du GPS en mode différentiel



Si le nombre de corrections du système satellite, N_1 , n'est pas divisible par 3, les données sont complétées par substitution de l'un des deux mots suivants au dernier mot de ce message

UDRE: erreur de mesure de distance en mode différentiel dépendant de l'utilisateur.

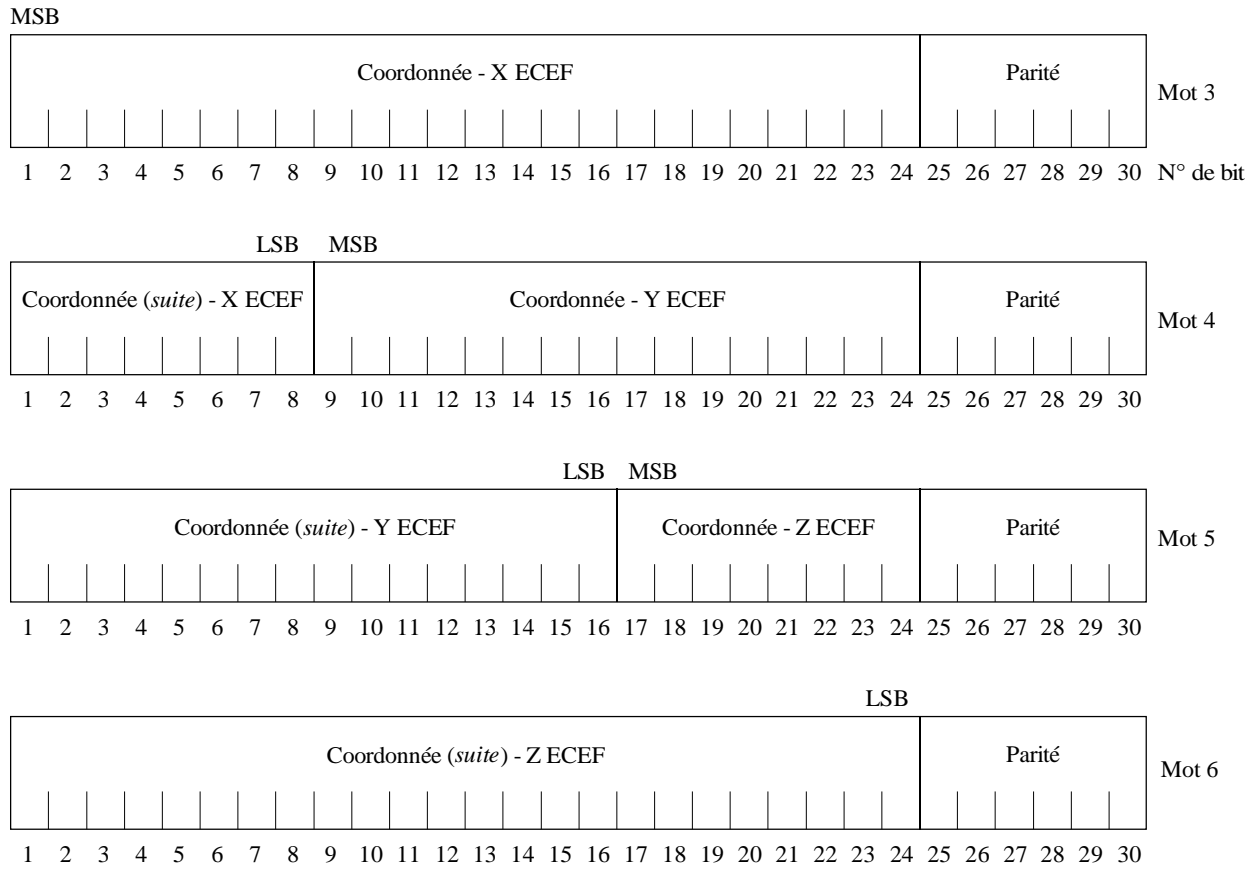
* A la réception.

** L'élément binaire 1000 0000 0000 0000 indique un problème et l'équipement de l'utilisateur doit cesser immédiatement d'utiliser ce satellite.

*** L'élément binaire 1000 0000 indique un problème et l'équipement de l'utilisateur doit cesser immédiatement d'utiliser ce satellite.

Note 1 – Dans les messages de type 1, les données provenant de tous les satellites en vue sont transmises. Dans les messages de type 9, seules les données provenant d'un sous-ensemble de satellites sont transmises.

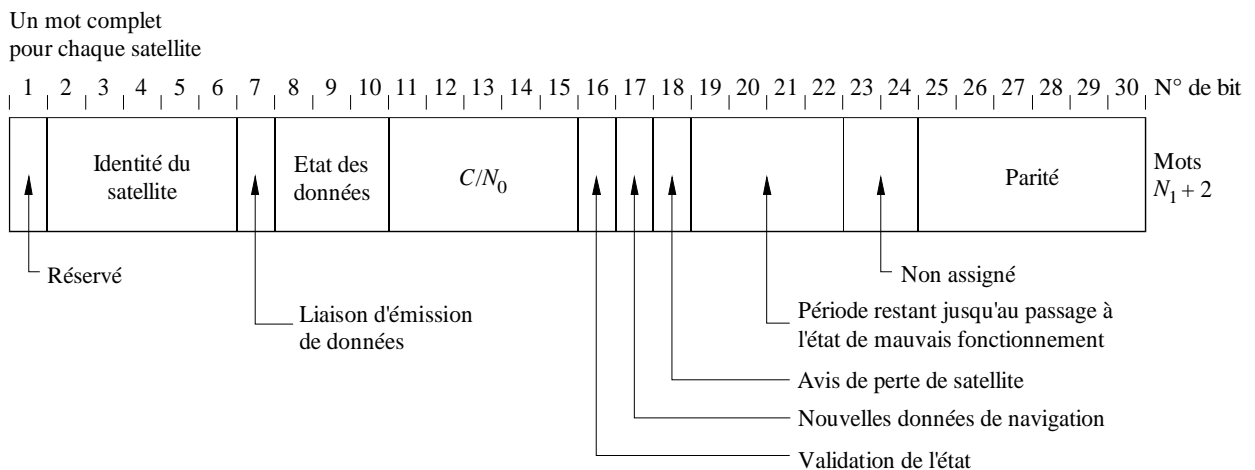
FIGURE 3
Format de message de type 3
Paramètres de la station de référence (GPS)



MSB: bit de plus fort poids
 LSB: bit de plus faible poids
 ECEF: centrage sur la Terre, sur point fixe, WGS-84, sauf indication contraire du fournisseur du service

D03

FIGURE 4
Format de message de type 5
Etat de la constellation (GPS)
 (voir le Tableau 2)



D04

TABLEAU 2

Contenu des messages de types 5 et 33

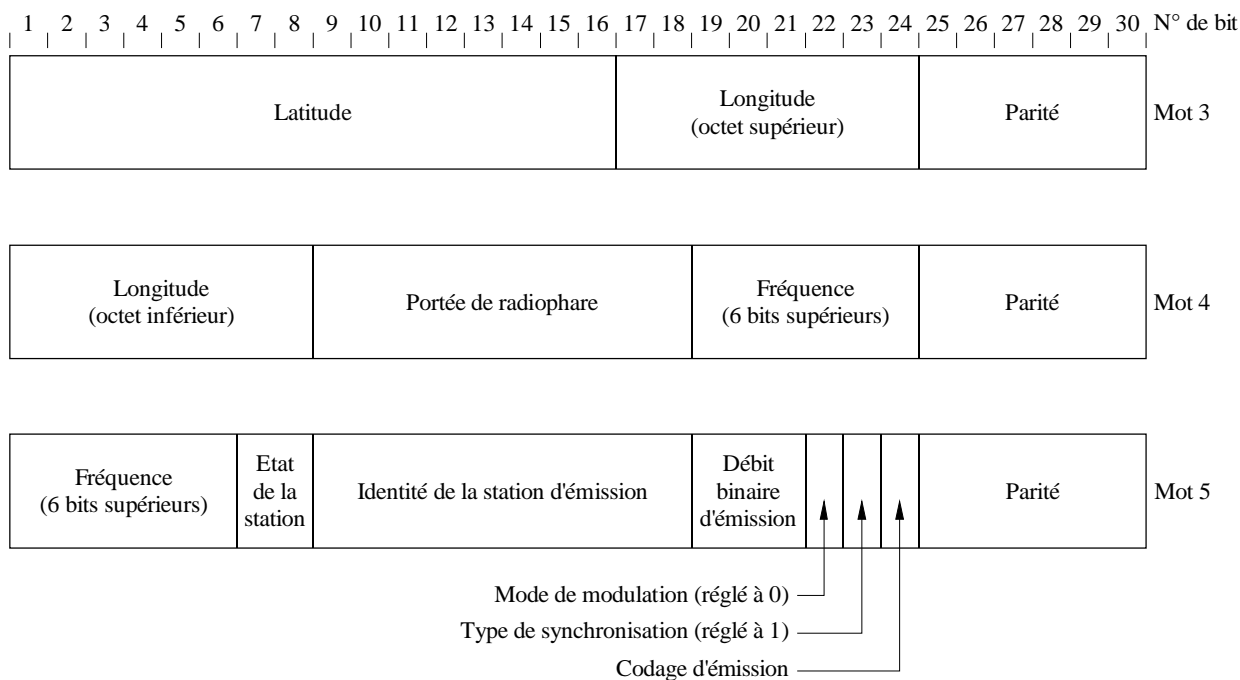
Paramètre	N° de bit	Explication
Réservé	1	Simple bit réservé pour l'extension future éventuelle du nombre de satellites au-delà de 32
Identité de satellite	2-6	Format normalisé (1-32, 32 étant indiqué en totalité par des zéros)
Liaison IOD (GPS) Liaison T_b (GLONASS)	7	Le bit réglé à «0» indique que cette information s'applique aux données de navigation avec IOD (émission de données) ou T_b dans les types de message 1 et 9 (GPS) ou 31, 34 (GLONASS)
Etat des données (B_n – GLONASS)	8-10	Informations normalisées concernant l'état des données de navigation par satellite. Pour le GPS, trois zéros indiquent que toutes les données sont valables; l'un quelconque des trois bits réglés à «1» indique un problème avec une partie ou la totalité des données. Pour le GLONASS, le bit 8 réglé à «1» indique que le satellite n'est pas en bon état; le bit 8 réglé à «0» indique que le satellite est en bon état; les deuxième et troisième bits sont des bits de réserve et sont ignorés par l'équipement de l'utilisateur
C/N_0	11-15	Rapport signal/bruit du satellite mesuré à la station de référence. Facteur de proportionnalité 1 dB(Hz). Gamme de 25 à 55 dB(Hz). Le bit 15 est un bit de plus faible poids. La valeur «00000» indique que le satellite n'est pas suivi par la station de référence. Valeur «00001» = 25 dB(Hz) à l'extrémité inférieure et valeur «11111» = 55 dB(Hz) à l'extrémité supérieure
Validation de l'état	16	Le bit réglé à 1 indique que le satellite peut être considéré comme étant en bon état par l'équipement d'utilisateur du système DGPS/DGLONASS bien que les données de navigation du satellite indiquent que le satellite n'est pas en bon état
Nouvelles données de navigation	17	Le bit réglé à 1 indique que de nouvelles données de navigation par satellite sont en cours d'acquisition par la station de référence et en cours d'intégration dans le processus de création de correction de pseudo-portée. Une nouvelle émission IOD/ T_b sera bientôt indiquée dans les messages de type 1/31 ou 9/34
Avis de perte de satellite	18	Le bit réglé à 1 indique qu'on prévoit que le satellite va passer de l'état de bon fonctionnement à l'état de mauvais fonctionnement. La période de bon état restante est estimée par les 4 bits suivants
Période restant jusqu'au passage à l'état de mauvais fonctionnement	19-22	Voir le bit 18 ci-dessus. Le facteur de proportionnalité est de 5 min. La gamme est de 0 à 75 min. Le bit 22 est un bit de plus faible poids. La valeur «0000» indique que le satellite est sur le point de passer à l'état de mauvais fonctionnement. La valeur «1111» indique que le satellite va passer à l'état de mauvais fonctionnement dans un délai d'environ 75 min
Non assigné	23-24	
Parité	25-30	

Format du message de type 6
Trame nulle (GPS)

Le message de type 6 ne contient aucun paramètre. Il sera utilisé, en cas de besoin, comme remplissage de transmission, lorsque la station de référence n'a pas d'autre message prêt à l'envoi, ou comme moyen de synchronisation du début d'un message avec un instant non spécifié.

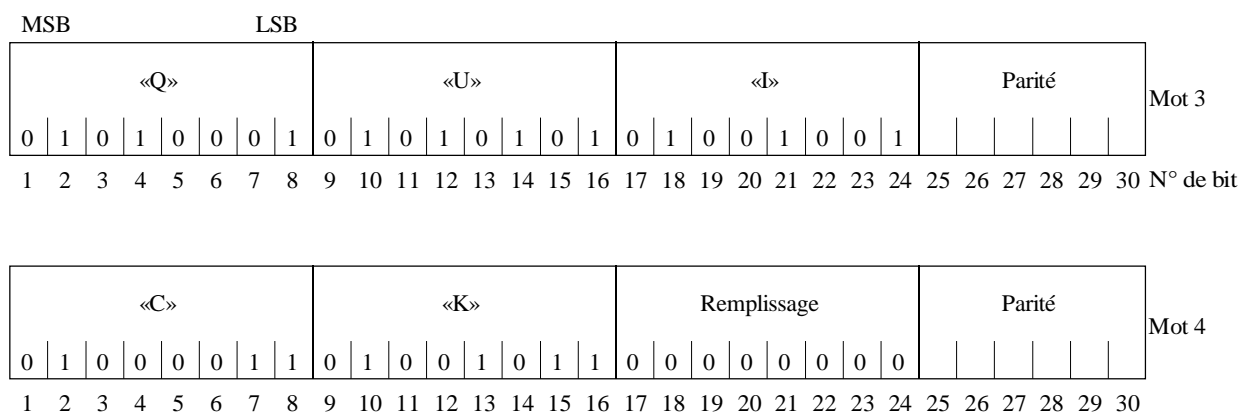
Le message contient les deux premiers mots comme d'habitude avec $N = 0$ ou 1, selon qu'un remplissage de transmission pair ou impair est nécessaire. Si $N = 1$, les 24 bits de données dans le mot supplémentaire doivent être remplis par des chiffres 1 et 0 alternés. La parité doit être contrôlée comme d'habitude.

FIGURE 5
Format de message de type 7
Indicatif de radiophare (GPS)



D05

FIGURE 6
Format de message de type 16
Message spécial (GPS)



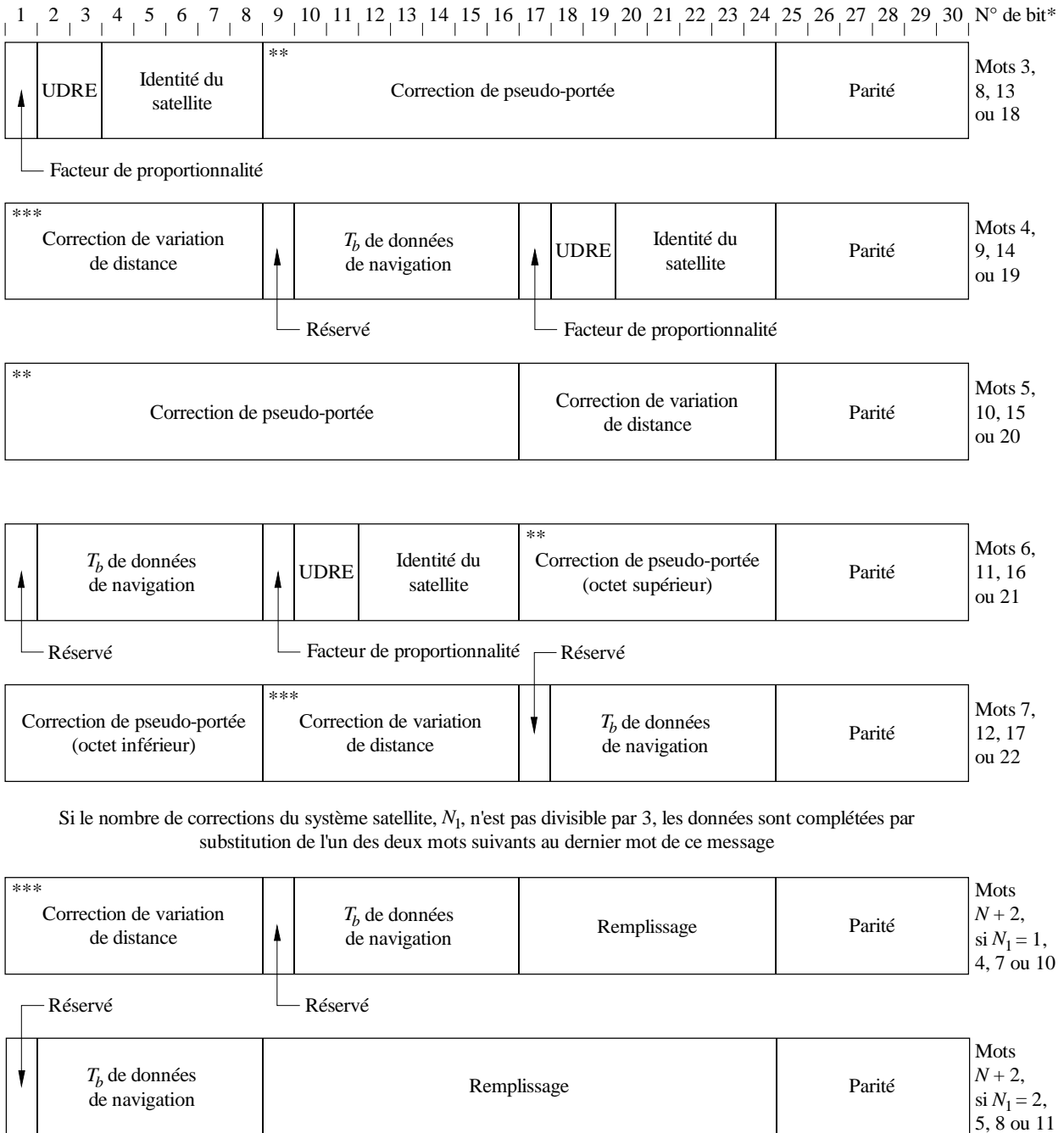
MSB: bit de plus fort poids
 LSB: bit de plus faible poids

Note 1 – Cette Figure montre comment écrire le mot «quick» sous forme de message de type 16.

Note 2 – Le message de type 16 doit être émis en anglais. De plus, le fournisseur du service peut également émettre dans une autre langue.

D06

FIGURE 7
Format des messages de types 31 et 34****
Corrections du système GLONASS en mode différentiel



UDRE: erreur de mesure de distance en mode différentiel dépendant de l'utilisateur.

* A la réception.

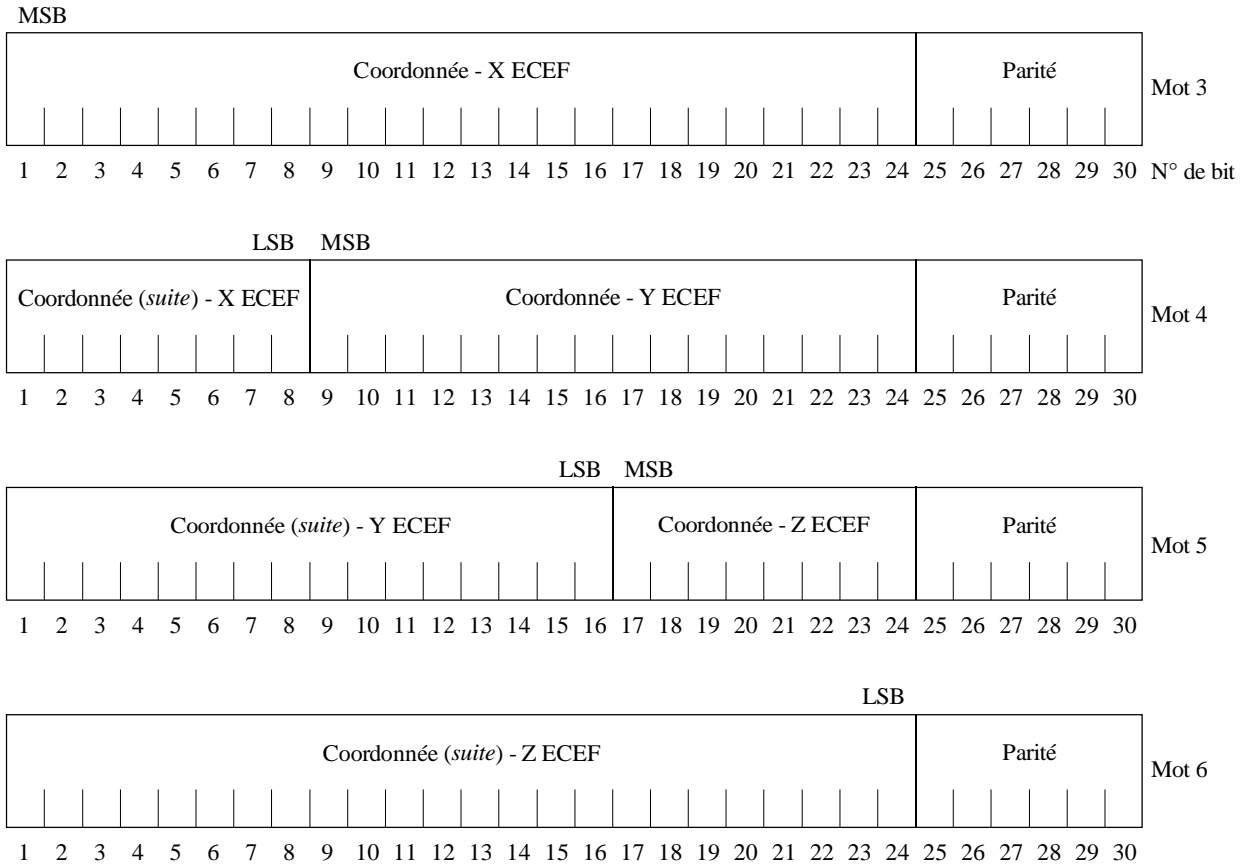
** L'élément binaire 1000 0000 0000 0000 indique un problème et l'équipement de l'utilisateur doit cesser immédiatement d'utiliser ce satellite.

*** L'élément binaire 1000 0000 indique un problème et l'équipement de l'utilisateur doit cesser immédiatement d'utiliser ce satellite.

**** Ce message de type 34 avec $N = 0$ ou $N = 1$ doit être utilisé de la même manière que le message de type 6 du DGPS, c'est-à-dire comme remplissage de transmission.

Note 1 – Dans les messages de type 31, les données provenant de tous les satellites en vue sont transmises. Dans les messages de type 34, seules les données provenant d'un sous-ensemble de satellites sont transmises.

FIGURE 8
Format de message de type 32
Paramètres de la station de référence (GLONASS)



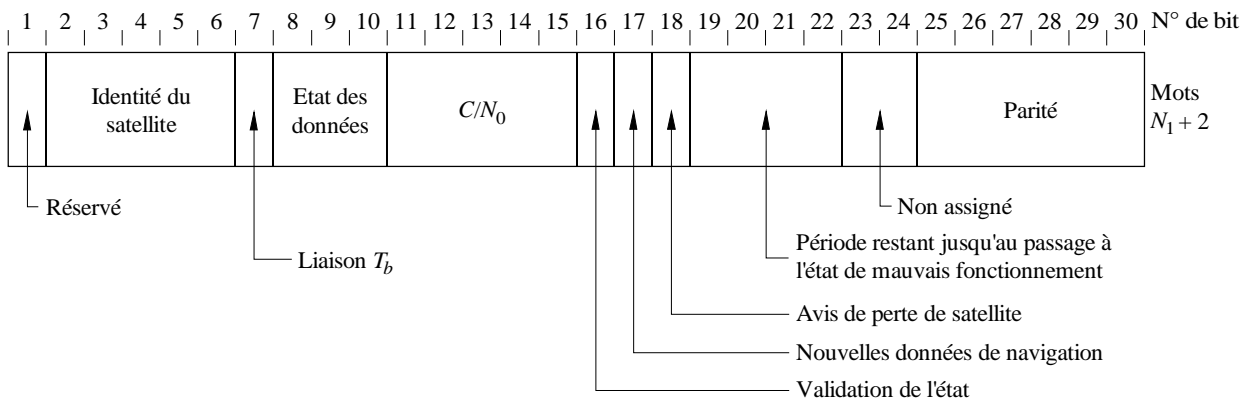
MSB: bit de plus fort poids
 LSB: bit de plus faible poids
 ECEF: centrage sur la Terre, sur point fixe, SGS-90, sauf indication contraire du fournisseur du service

D08

FIGURE 9
Format de message de type 33
Etat de la constellation (GLONASS)

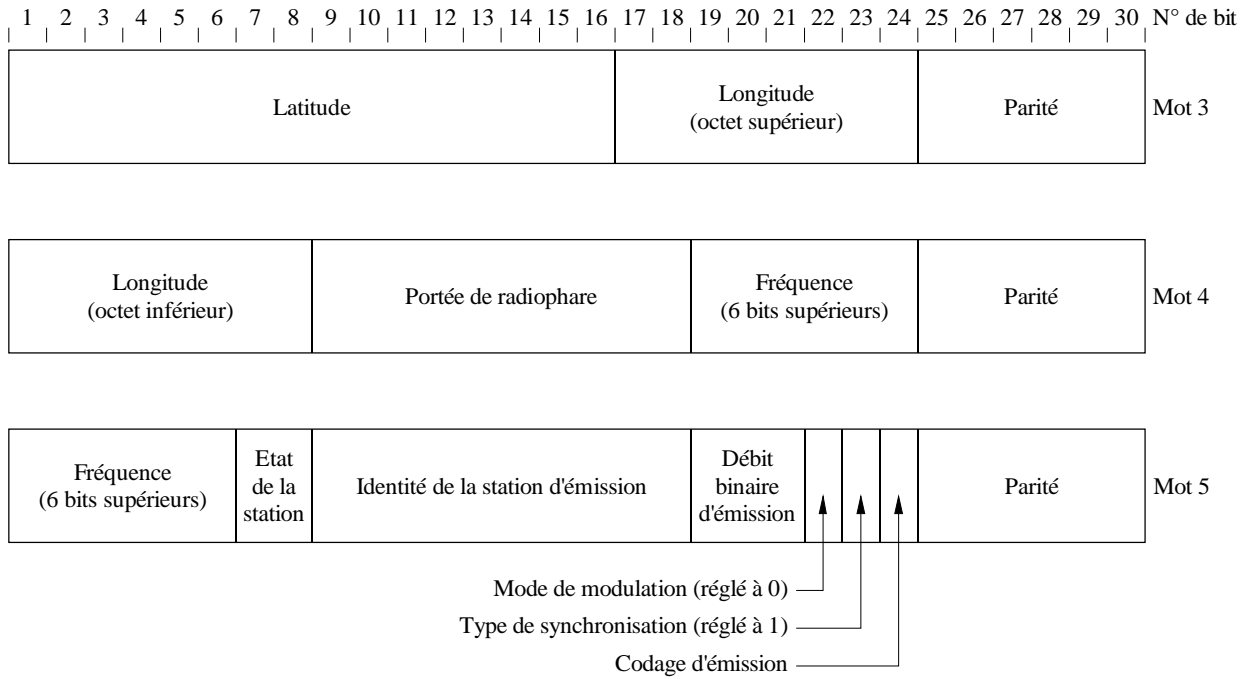
(voir le Tableau 2)

Un mot complet
 pour chaque satellite



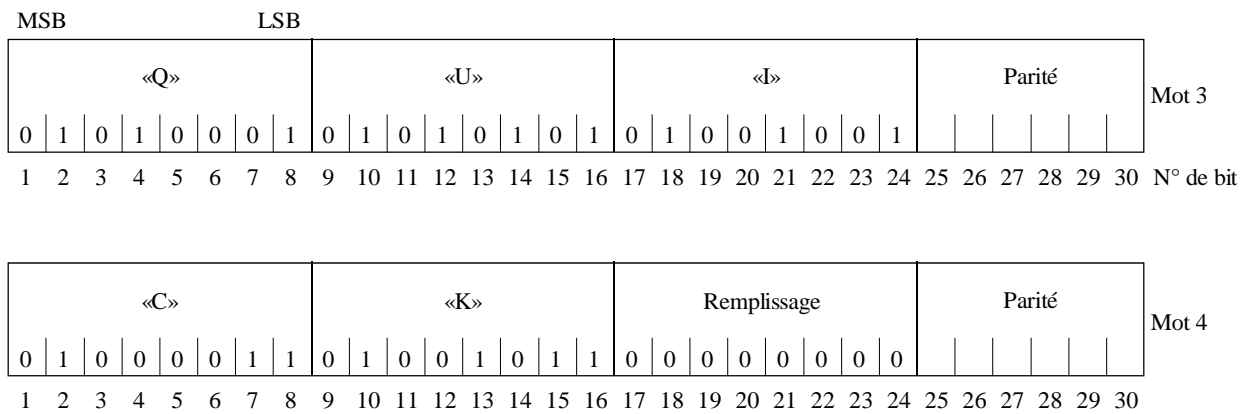
D09

FIGURE 10
Format de message de type 35
Indicatif de radiophare (GLONASS)



D10

FIGURE 11
Format de message de type 36
Message spécial (GLONASS)



MSB: bit de plus fort poids
 LSB: bit de plus faible poids

Note 1 – Cette Figure montre comment écrire le mot «quick» sous forme de message de type 36.

Note 2 – Le message de type 36 doit être émis en anglais. De plus, le fournisseur du service peut également émettre dans une autre langue.

D11

- 1.4** Lorsque des messages de type 9 ou 34 sont transmis au lieu de messages de type 1 ou 31 respectivement, un nombre égal de corrections doit être inclus pour chaque satellite pour lequel des corrections sont calculées.
- 1.5** La transmission de données en mode différentiel doit se faire d'une manière continue, synchrone et avec le bit de plus fort poids en premier.
- 1.6** Le débit de transmission de données est réglable entre 25 (GLONASS seulement), 50, 100 et 200 bit/s.
- 1.7** Il convient d'utiliser la modulation par déphasage minimal (classe d'émission G1D). La modulation doit se faire par 90° de retard de phase pour la position binaire «0» et 90° d'avance de phase pour la position binaire «1». Le changement de phase est linéaire par rapport à la porteuse, avec une durée de 1 bit.
- 1.8** Dans la zone EMA (zone maritime européenne) de la Région 1, la largeur de bande occupée maximale permise est de 230 Hz.
- 1.9** Les identités de station de diffusion et de référence sont exprimées sous forme de nombres binaires (L'attribution des identités à chaque station de diffusion et de référence de radiophare est coordonnée par l'IALA.).
- 1.10** La gamme de fréquences du récepteur doit être d'au moins 283,5 à 325 kHz, réglable par échelons de 500 Hz.
- 1.11** La gamme dynamique des récepteurs doit aller de 10 µV/m à 150 mV/m.
- 1.12** Le récepteur doit fonctionner avec une valeur maximale du taux d'erreur binaire égale à 1×10^{-3} en présence d'un bruit gaussien et avec un rapport signal/bruit de 7 dB dans la largeur de bande occupée.
- 1.13** On peut utiliser des messages de type 9 ou 34 partiellement décodés si la parité des mots qui contiennent les corrections pour un satellite donné et celle de tous les mots précédents dans le message ont été validées.
- 1.14** La sélectivité et la stabilité en fréquence du récepteur doivent lui permettre de recevoir des signaux de fréquence situés à moins de 500 Hz de part et d'autre, caractérisés par des tolérances de fréquence de ± 2 Hz et des rapports de protection tels qu'indiqués dans le Tableau 3.
- 1.15** Les ports numériques dont les récepteurs sont éventuellement équipés doivent être conformes aux normes de la Commission électrotechnique internationale (CEI), Publication de la CEI 1162 (Interfaces numériques; équipement de navigation et de radiocommunication à bord des navires).
- 1.16** L'équipement de l'utilisateur doit fournir un signal d'avertissement de toute perte de solution de navigation valable.
- 1.17** S'il est muni d'un dispositif de sélection automatique, le récepteur doit pouvoir recevoir, stocker et utiliser les informations d'indicatif de radiophare contenues dans les messages de type 7 et 35.

2 Rapports de protection

Les rapports de protection à appliquer sont ceux qui sont indiqués au Tableau 3.

3 Définitions

3.1 Compte Z «modifié»

Le Compte Z représente le temps de référence pour les messages de données en mode différentiel. Il commence à 0, au début de chaque heure du temps du système GPS ou GLONASS et va jusqu'à une valeur maximale de 3 599,4 s, avec une résolution de 0,6 s. Il est utilisé pour calculer le temps GPS ou GLONASS des corrections, de la même manière que sont effectués les autres calculs de temps dans les récepteurs des utilisateurs.

3.2 Numéro de séquence

Le numéro de séquence augmente d'une unité avec chaque en-tête et peut être utilisé pour faciliter la synchronisation.

TABLEAU 3

Rapports de protection

Espacement de fréquence entre signal utile et signal brouilleur (kHz)	Rapport de protection (dB)				
	Signal utile	Radiophare ⁽¹⁾ (A1A)	Mode différentiel (G1D)	Mode différentiel (G1D)	Radiophare ⁽¹⁾ (A1A)
Signal brouilleur	Mode différentiel (G1D)	Radiophare (A1A)	Mode différentiel (G1D)	Radiophare (A1A)	
0	15	15	15	15	
0,5	-39	-25	-22	-39	
1,0	-60	-45	-36	-60	
1,5	-60	-50	-42	-60	
2,0	-	-55	-47	-	

⁽¹⁾ Applicable aux radiophares de la zone maritime européenne dans le cadre de l'Accord de Genève de 1985.

3.3 Emission de données (GPS)

L'émission de données (IOD) diffusées par la station de référence est la valeur dans les messages de navigation du système GPS qui correspond aux données des éphémérides du système GPS utilisées pour calculer les corrections. Il s'agit de données essentielles qui permettent de s'assurer que les calculs de l'équipement de l'utilisateur et les corrections de la station de référence sont basés sur le même ensemble de paramètres d'orbite et d'horloge.

3.4 Facteur de proportionnalité

On peut utiliser deux états du facteur de proportionnalité, définis dans le Tableau 4, pour les corrections de pseudo-portée. Le facteur de proportionnalité à deux niveaux a pour but de maintenir un degré de précision élevé pendant la plupart du temps et de permettre d'accroître la gamme des corrections dans les rares cas où cela est nécessaire.

TABLEAU 4

Facteur de proportionnalité

Code	Numéro	Indication
0	(0)	Le facteur de proportionnalité pour la correction de pseudo-portée est de 0,02 m et pour la correction du taux de variation de la distance il est de 0,002 m/s
1	(1)	Le facteur de proportionnalité pour la correction de pseudo-portée est de 0,32 m et pour la correction du taux de variation de la distance il est de 0,032 m/s

3.5 Erreur de mesure de distance en mode différentiel dépendant de l'utilisateur (UDRE)

Estimation de l'erreur quadratique moyenne dans la correction de pseudo-portée en mode différentiel qui dépend de facteurs tels que le rapport signal/bruit du satellite, les effets de propagation par trajets multiples et le lissage des données. Le Tableau 5 définit le format pour le champ de l'erreur UDRE.

TABLEAU 5

**Erreur de mesure de distance en mode différentiel
dépendant de l'utilisateur (UDRE)**

Code	Numéro	Erreur en mode différentiel 1σ (m)
00	(0)	≤ 1
01	(1)	> 1 et ≤ 4
10	(2)	> 4 et ≤ 8
11	(3)	> 8

3.6 Système de coordination fixe centré sur la terre

Le WGS 84 est le système de coordonnées utilisé pour le GPS. Les stations de référence peuvent toutefois être situées dans un système régional (tel que NAD 83 aux Etats-Unis d'Amérique); le SGS 90 est le système de coordonnées utilisé pour le GLONASS et pour les stations de référence en mode différentiel du GLONASS.

3.7 T_b de données de navigation (GLONASS)

Intervalle, dans la période de 24 h UTC(SU) actuelle, qui inclut les informations d'exploitation transmises dans la trame.

3.8 Message spécial

Les messages de type 16 et 36 sont formatés à l'aide de caractères ASCII et doivent être diffusés en anglais. En outre, d'autres langues peuvent être diffusées par le fournisseur du service.

3.9 Programmation des messages

Le Tableau 6 indique la programmation des messages pour les transmissions des corrections du système DGPS et le Tableau 7 indique la programmation des messages pour la transmission des corrections des systèmes DGPS et du DGLONASS lorsqu'elles sont diffusées à partir de la même station de radiophare.

TABLEAU 6

Service DGPS

Type	Fréquence
9 ou 1	Doit être diffusé aussi souvent que possible
3	Doit être diffusé au moins deux fois par heure et après toute modification de l'emplacement de la station de référence
5	Doit être diffusé 5 min après chaque heure et ensuite toutes les 15 min
6	Doit être diffusé selon les besoins
7	Doit être diffusé à des intervalles de 15 min et après toute modification des données de la station de diffusion. Le message doit inclure des données sur les radiophares adjacents
16	Doit être diffusé selon les besoins

TABLEAU 7

Systèmes DGPS/GLONASS combinés

GPS		GLONASS	
Type	Fréquence	Type	Fréquence
9 ou 1	Doit être diffusé aussi souvent que possible (environ toutes les 15-20 s)	34 ($N > 1$) ou 31	Doit être diffusé aussi toutes les 50-60 s
3	Doit être diffusé à chaque heure passée de 15 et 45 min	32	Doit être diffusé à chaque heure passée de 15 + 1 et 45 + 1 min
5	Doit être diffusé à chaque heure passée de 5 min et ensuite toutes les 15 min	33	Doit être diffusé à chaque heure passée de 5 + 1 min et ensuite toutes les 15 min
6	Doit être diffusé selon les besoins	34 ($N = 0$ ou $N = 1$)	Doit être diffusé selon les besoins
7	Doit être diffusé lorsque l'heure est dépassée de 7 min et ensuite toutes les 15 min	35	Doit être diffusé lorsque l'heure est dépassée de 7 + 1 min et ensuite toutes les 15 min
16	Doit être diffusé selon les besoins	36	Doit être diffusé selon les besoins