

## RECOMMANDATION UIT-R TF.768-5

**Fréquences étalon et signaux horaires**

(1992-1994-1995-1997-2001-2002)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que l'on a sans cesse besoin, partout dans le monde, de fréquences étalon et de signaux de référence de temps facilement utilisables et coordonnés au niveau international;
- b) que la diffusion radioélectrique de fréquences étalon et de signaux horaires offre divers avantages (vaste couverture, facilité et fiabilité de réception, niveau de précision obtenu) et qu'il existe sur le marché de nombreux équipements de réception relativement peu onéreux;
- c) que l'Article 26 du Règlement des radiocommunications (RR) porte sur la coordination de l'établissement et de l'exploitation des services de diffusion des fréquences étalon et des signaux horaires à l'échelle planétaire;
- d) qu'un certain nombre de stations émettent maintenant régulièrement des fréquences étalon et des signaux horaires dans les bandes qui leur ont été attribuées par la Conférence mondiale des radiocommunications (Genève, 1979) (CAMR-79) et que d'autres stations offrent des services similaires dans d'autres bandes de fréquences;
- e) que ces services sont exploités conformément à la Recommandation UIT-R TF.460 qui définit le système de temps universel coordonné (UTC);
- f) qu'il existe d'autres stations de diffusion qui, bien que conçues en premier lieu pour d'autres fonctions comme la navigation ou les télécommunications, émettent des fréquences porteuses et/ou des signaux horaires de précision hautement stabilisés qui peuvent être très utiles dans des applications liées au temps et aux fréquences,

*recommande*

- 1** que, pour les applications exigeant des signaux de référence de temps et de fréquence stables et précis relevant du système UTC, l'on envisage sérieusement l'utilisation de l'un ou de plusieurs des services de radiodiffusion énumérés et décrits dans l'Annexe 1;
- 2** que les administrations responsables des divers services de radiodiffusion indiqués dans l'Annexe 2 ne ménagent aucun effort pour mettre à jour les renseignements donnés chaque fois qu'il y a une modification. (Les administrations sont aussi priées d'envoyer ces renseignements au Bureau international des poids et mesures (BIPM).)

## ANNEXE 1

**Caractéristiques des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées et caractéristiques des stations assurant un service régulier sur des fréquences stabilisées en dehors de ces bandes**

**1** Les caractéristiques des stations figurent dans les Tableaux 1, 2 et 3. Pour tous renseignements concernant les changements qui auraient pu intervenir depuis la date d'approbation de la présente Recommandation, on pourra consulter le Rapport annuel du BIPM ou s'adresser directement à l'administration responsable de chaque service, dont le nom figure dans l'Annexe 2.

TABLEAU 1

## Caractéristiques des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (MHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
ATA	New Delhi, Inde	28° 34' N 77° 19' E	Doublet horizontal replié	8 (en crête)	3	7	24 <sup>(2)</sup>	5, 10, 15	1, 1 000	Continue	4/15	$\pm 10$	
BPM <sup>(3)</sup>	Pucheng, Chine	35° 00' N 109° 31' E	Equidirectif	10-20	2	7	24 <sup>(2)</sup>	2,5, 5, 10, 15	1, 1 000	20/30 (UTC) 4/30 (UT1)	Néant	$\pm 10$	Emission directe du signal horaire UT1
HLA	Taejon, Taedok Science Town, République de Corée	36° 23' N 127° 22' E	Vertical (antenne unipolaire conique)	2	1	5 <sup>(5)</sup>	7 <sup>(6)</sup>	5	1	Continue	Continue	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par impulsion double
IAM <sup>(7)</sup>	Rome, Italie	41° 47' N 12° 27' E	Vertical $\lambda/4$	1	1	6	2	5	1	Continue	Néant	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par impulsion double
JJY <sup>(7)</sup>	Sanwa, Sashima, Ibaraki, Japon	36° 11' N 139° 51' E	<sup>(8)</sup>	2	3	7	24 <sup>(9)</sup>	5, 8, 10	1 <sup>(10)</sup> , 1 000 <sup>(11)</sup>	Continue	30/60	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par prolongement
LOL <sup>(7)</sup>	Buenos Aires, Argentine	34° 37' N 58° 21' E	Doublet horizontal replié à 3 fils	2	3	7	5	5, 10, 15	1, 440, 1 000	Continue	3/5	$\pm 20$	Code de l'UIT-R par prolongement
OMA <sup>(7)</sup>	Prague, Rép. Tchèque	50° 07' N 14° 35' E	T	1	1	7	24	2,5	1, 1 000 <sup>(12)</sup>	15/30	4/15	$\pm 1 000$	

TABLEAU 1 (fin)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (MHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
RWM <sup>(7)</sup>	Moscou	55° 44' N 38° 12' E	Doublet horizontal	5 5 8	3	7	24	4,996, 9,996, 14,996	1/60, 1, 10	40/60	Néant	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par impulsion double. Information supplémentaire sur dUT1 <sup>(13)</sup>
VNG	Llandilo, Nouvelles Galles du Sud, Australie	33° 43' S 150° 48' E	Equidirectif	10 1	2	7	24	5, 2,5	1, 1 000 <sup>(14)</sup>	Continue	Néant	$\pm 100$	Code de l'UIT-R par 45 cycles de 900 Hz suivant immédiatement les marqueurs normaux de seconde
WWV <sup>(7)</sup>	Fort Collins, Colorado, Etats-Unis d'Amérique	40° 41' N 105° 02' W	Doublets verticaux $\lambda/2$	2,5-10	5	7	24	2,5, 5, 10, 15, 20 <sup>(15)</sup>	1, 440, 500, 600	Continue <sup>(16)</sup>	Continue <sup>(17)</sup>	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par impulsion double. Information supplémentaire sur les corrections UT1
WWVH <sup>(7)</sup>	Kekaha, Kauai, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique	21° 59' N 159° 46' W	Rideaux de doublets verticaux $\lambda/2$	2,5-10	4	7	24	2,5, 5, 10, 15 <sup>(15)</sup>	1, 440, 500, 600	Continue <sup>(16)</sup>	Continue <sup>(17)</sup>	$\pm 10$	Code de l'UIT-R par impulsion double. Information supplémentaire sur les corrections UT1

*Notes relatives au Tableau 1:*

L'horaire des émissions journalières et l'horaire des modulations pour chaque heure sont donnés, le cas échéant, par les Fig. 1 et 2 qui sont complétées par les notes suivantes:

- (1) Cette valeur est applicable à l'émetteur; pour assurer la valeur d'incertitude indiquée au point de réception, il pourrait se révéler nécessaire d'observer la phase et la fréquence reçues durant une période suffisamment longue pour éliminer les effets dus au bruit et autres phénomènes aléatoires.
- (2) 5 MHz: 1800-0900 h UTC; 10 MHz: 24 h; 15 MHz: 0900-1800 h UTC.
- (3) Indicatif d'appel en Morse et en langage clair.
- (4) 2,5 MHz: 0730-0100 h UTC; 15 MHz: 0100-0900 h UTC; 5 MHz et 10 MHz: continue.
- (5) Du lundi au vendredi (sauf jours fériés en Corée).
- (6) 0100 à 0800 h UTC. Impulsions de 9 cycles de modulation à 1 800 Hz. Les impulsions correspondant à la 59<sup>e</sup> seconde et à la 29<sup>e</sup> seconde sont absentes. Heure indiquée par une tonalité de 1 500 Hz ayant une durée de 0,8 s. Le début de chaque minute est indiqué par une tonalité de 1 800 Hz ayant une durée de 0,8 s. Annonce de l'heure et des minutes à chaque minute suivant l'impulsion correspondant à la 52<sup>e</sup> seconde. Code de temps BCD donné sur une sous-porteuse à 100 Hz.
- (7) Ces stations ont fait savoir qu'elles suivent le système UTC, spécifié dans la Recommandation UIT-R TF.460. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1972, le décalage de fréquence a été supprimé et les signaux horaires restent dans la limite d'environ 0,8 s de UT1, grâce à des bonds de 1 s, appliqués de temps à autre, conformément aux indications de l'International Earth Rotation Service.
- (8) Dipôle horizontal  $\lambda/2$  pour 5 et 8 MHz et dipôles verticaux  $\lambda/2$  pour 10 MHz.
- (9) Avec interruption entre les minutes 35 et 39 de chaque heure.
- (10) Une impulsion se compose de 8 cycles de modulation à 1 600 Hz. La première impulsion de chaque minute est précédée d'une modulation à 600 Hz pendant 655 ms.
- (11) Modulation à 1 000 Hz entre les minutes 0 et 5, 10 et 15, 20 et 25, 30 et 35, 40 et 45, 50 et 55; modulation supprimée 40 ms avant et après chaque impulsion de seconde.
- (12) Dans la période de 1800 h à 0600 h UTC, la modulation à fréquence acoustique est remplacée par des signaux horaires.
- (13) L'information supplémentaire sur la valeur de la différence UT1 – UTC est transmise pour le code dUT1. Elle donne avec plus de précision la valeur de la différence de UT1 – UTC, jusqu'à des multiples de 0,02 s. La valeur totale de la correction est DUT1 + dUT1. Les valeurs positives dUT1 sont transmises par marquage de  $p$  impulsions de seconde, dans l'intervalle compris entre la 21<sup>e</sup> et la 24<sup>e</sup> seconde de la minute, d'où:  $dUT1 = +0,02 \text{ s} \times p$ . Les valeurs négatives de dUT1 sont transmises par marquage de  $q$  impulsions de seconde, dans l'intervalle compris entre la 31<sup>e</sup> et la 34<sup>e</sup> seconde de la minute, d'où:  $dUT1 = -0,02 \text{ s} \times q$ .
- (14) Impulsions de 50 cycles de 1 000 Hz, raccourcies à 5 cycles de la 55<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde; l'impulsion 59 est supprimée; le marqueur de minute est de 500 cycles. Aux minutes 5, 10, 15 etc., les impulsions de la 50<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde sont raccourcies à 5 cycles. Message vocal sur 5 000 kHz entre la 20<sup>e</sup> et la 50<sup>e</sup> seconde aux minutes 15, 30, 45 et 60. Un code BCD comprenant l'heure du jour, le numéro du jour dans l'année est transmis entre la 20<sup>e</sup> et la 46<sup>e</sup> seconde avec un «0» binaire représenté par 100 cycles et un «1» binaire par 200 cycles de 1 000 Hz. L'information de minute pour la minute suivante est transmise de la 21<sup>e</sup> à la 28<sup>e</sup> seconde, l'information heure de la 29<sup>e</sup> à la 35<sup>e</sup> seconde et le jour de l'année de la 36<sup>e</sup> à la 46<sup>e</sup> seconde; des bits de parité sont inclus à la fin de chaque séquence de code.
- (15) Depuis le 1<sup>er</sup> février 1977, les émissions de WWV sur 25 MHz et celles de WWVH sur 20 MHz ont cessé, mais elles pourraient être reprises à une date ultérieure.
- (16) En plus des autres signaux horaires et annonces de l'heure, un code de temps IRIG-H modifié est produit à raison d'une impulsion par seconde; ce code est rayonné en permanence sur une sous-porteuse de 100 Hz, pour toutes les fréquences. Une trame de code complète occupe 1 min. La sous-porteuse de 100 Hz est synchrone avec les impulsions du code, ce qui permet d'obtenir une résolution de 10 ms. Le code contient les valeurs de DUT1, l'information de temps UTC exprimée en années, jours de l'année, heures et minutes; et les indicateurs d'état pour les secondes intercalaires imminentes et l'heure d'été.
- (17) Sauf pour la durée des annonces parlées et pendant la période de demi-silence de 5 min, chaque heure.

FIGURE 1  
Programme horaire des modulations

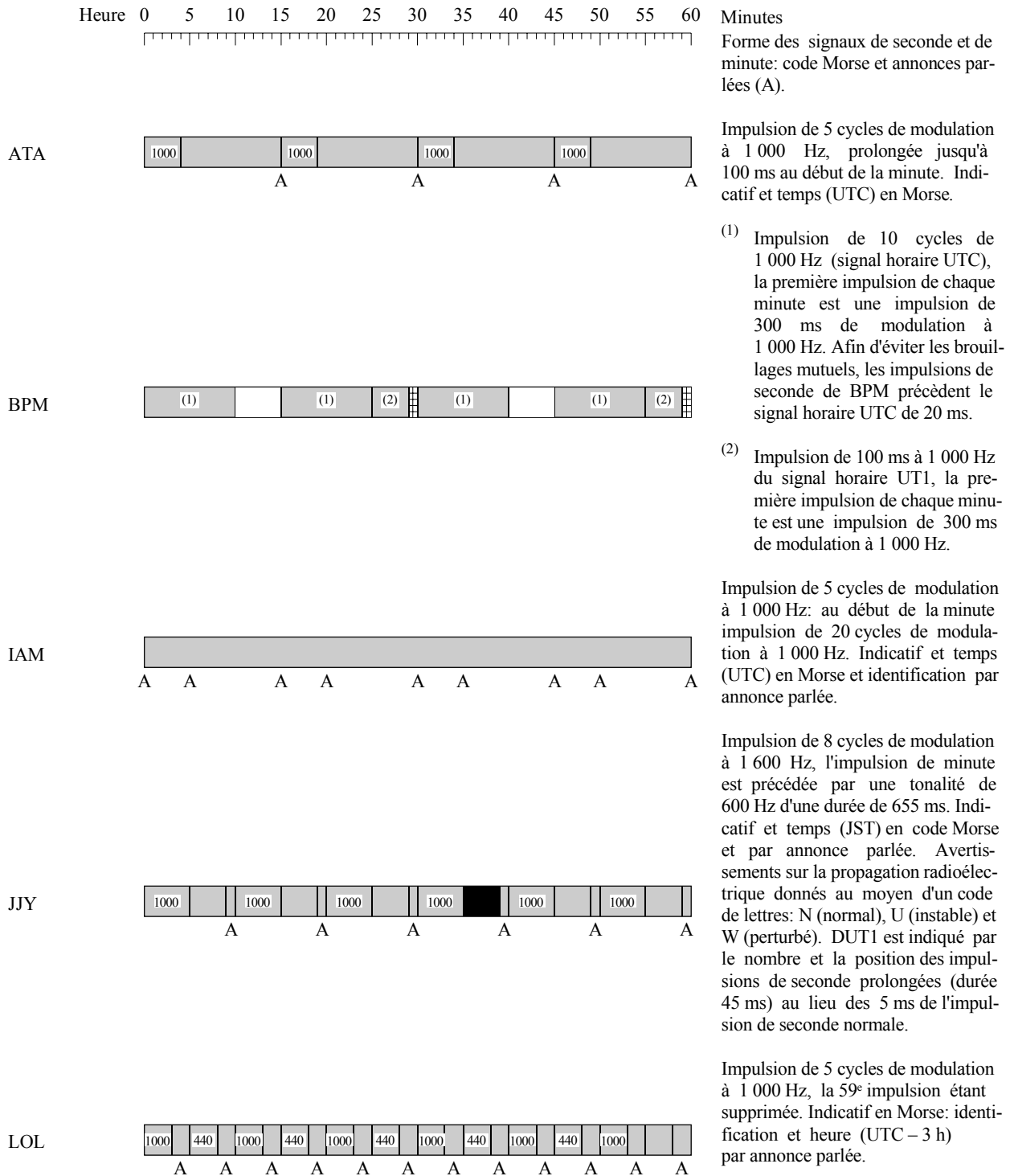
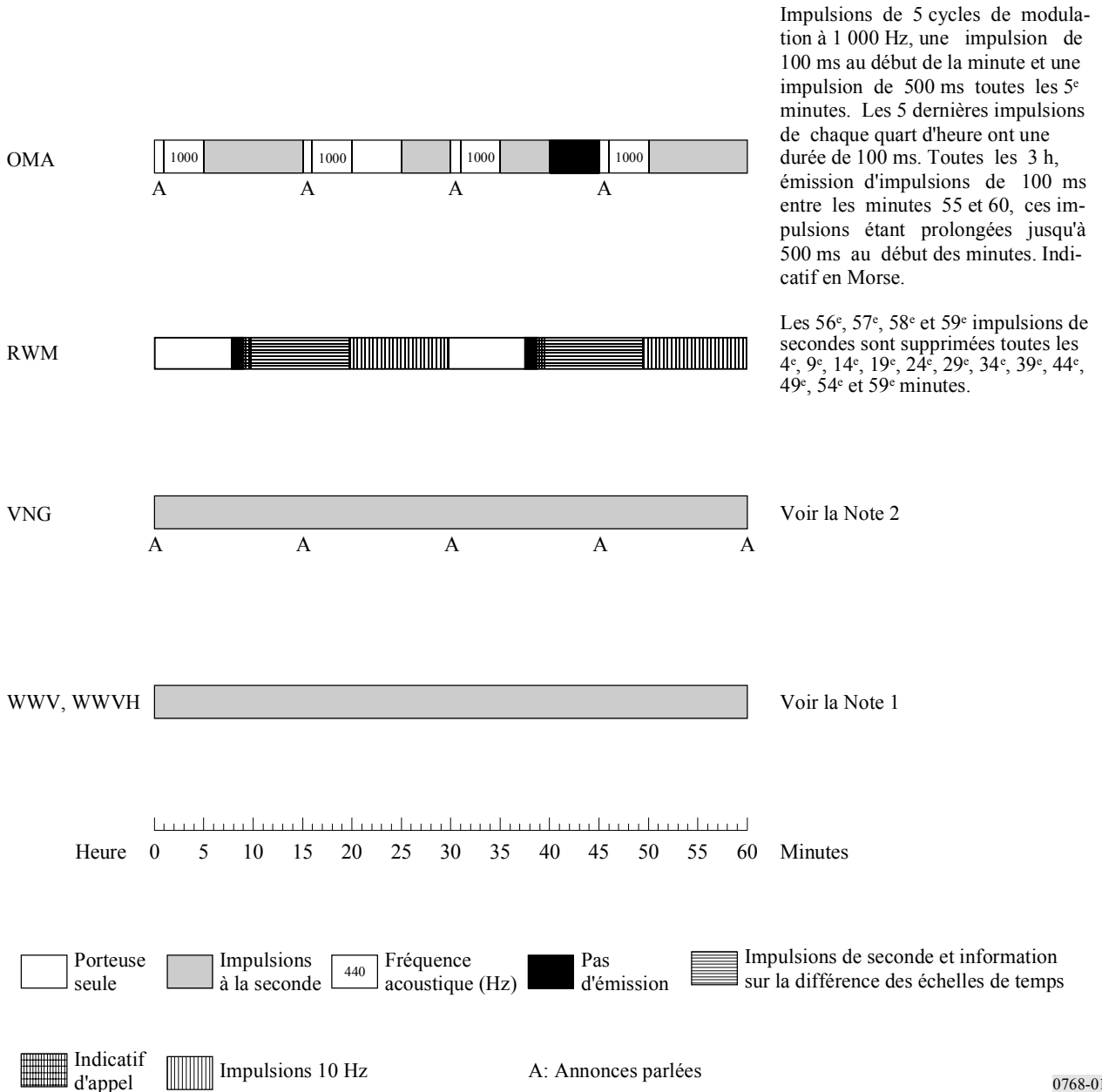


FIGURE 1 (suite)



*Notes relatives à la Fig. 1:*

*Note 1* – Impulsions de cinq cycles de modulation à 1 000 Hz (WWV) ou de six cycles de modulation à 1 200 Hz (WWVH), prolongées à 0,8 s au début de chaque minute. Une impulsion de 0,8 s à 1 500 Hz marque le début de chaque heure pour les deux stations. Chaque minute, les 29<sup>e</sup> et 59<sup>e</sup> impulsions sont supprimées. Chaque minute est précédée d'annonces parlées. Chaque minute, 45 s de signaux acoustiques, alternant entre 500 et 600 Hz, sauf lorsque des annonces spéciales ou des messages d'identification des stations sont émis. Une tranche de 45 s de modulation à 440 Hz est insérée, chaque heure, 1 min (WWVH) ou 2 min (WWV) après l'heure. Un code de temps IRIG-H modifié, donnant l'année, le jour de l'année, l'heure, la minute, la valeur DUT1 et des renseignements sur les toutes prochaines secondes intercalaires et les heures d'été-hiver, est diffusé en permanence sur une sous-porteuse de 100 Hz. L'information DUT1 est représentée par le nombre et la position des impulsions de secondes doublées, chaque minute. Toutes les modifications sont interrompues 40 ms de part et d'autre de chaque impulsion de seconde.

*Note 2* – L'identification des stations par message parlé est effectuée aux fréquences 2 500 kHz, 5 000 kHz et 16 000 kHz, aux minutes 15, 30, 45 et 60, sans interruption des signaux horaires. L'annonce parlée est interrompue pour permettre la poursuite de l'émission des repères de seconde, ses composantes à 1 000 Hz étant supprimées.

L'identification Morse se produit aux fréquences 8 638 kHz et 12 984 kHz, aux minutes 15, 30, 45 et 60, sans interruption des signaux horaires. On émet le code VNG en Morse lent à une fréquence d'environ 400 Hz, jusqu'à six fois par minute. Des interruptions de l'identification peuvent survenir au début et à la fin de chaque minute.

Les repères de seconde ont normalement une durée de 50 ms à 1 000 Hz; les repères de seconde 55 à 58 ont une durée de 5 ms à 1 000 Hz, le repère de seconde 59 est supprimé. Le repère de minute a une durée de 500 ms à 1 000 Hz, aux minutes 5, 10, 15, etc.; les repères de seconde 50 à 58 ont une durée de 5 ms à 1 000 Hz.

L'émission DUT1 se produit de 1 à 16 s après la minute. Pendant ce temps, les repères de seconde normaux sont renforcés par une tonalité à 900 MHz pendant 50 ms. Une tonalité suit immédiatement.

Le repère de seconde à 20 s a une durée de 200 ms et représente le début de l'information de code de temps. Le code de temps BCD indiquant l'année, l'heure et la minute de la minute suivante est donné entre les secondes 20 et 46.



TABLEAU 2

## Caractéristiques des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes additionnelles

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
	Allouis, France	47° 10' N 02° 12' E	Equidirectif	1 000 à 2 000	1	7	24	162	1 <sup>(2)</sup>	Continue	Continue radiodiffusion A3E	±2	Pas d'émission DUT1
CHU <sup>(3)</sup>	Ottawa, Canada	45° 18' N 75° 45' W	Equidirectif	3, 10, 3	3	7	24	3 330, 7 335, 14 670	1 <sup>(4)</sup>	Continue	Néant	±5	Code de l'UIT-R par impulsion dédoublée
	Donebach, R. féd. d'Allemagne	49° 34' N 09° 11' E	Equidirectif	250	1	7	24	153	Néant	Néant	Continue radiodiffusion A3E	±2	
DCF77 <sup>(3)</sup>	Mainflingen, R. féd. d'Allemagne	50° 01' N 09° 00' E	Equidirectif	30 <sup>(5)</sup>	1	7	24	77,5	1	Continue <sup>(6)</sup>	Continue <sup>(7)</sup>	±0,5	Pas d'émission DUT1
	Droitwich, Royaume-Uni	52° 16' N 02° 09' W	T	400	1	7	22	198 <sup>(8)</sup>	Néant	Néant	Continue radiodiffusion A3E	±20	
	Westerglen, Royaume-Uni	55° 58' N 03° 50' W	T	50	1	7	22	198 <sup>(8)</sup>	Néant	Néant	Continue radiodiffusion A3E	±20	
	Burghead, Royaume-Uni	57° 42' N 03° 28' W	T	50	1	7	22	198 <sup>(8)</sup>	Néant	Néant	Continue radiodiffusion A3E	±20	
HBG <sup>(9)</sup>	Prangins, Suisse	46° 24' N 06° 15' E	Equidirectif	20	1	7	24	75	1 <sup>(10)</sup>	Continue	Néant	±1	Pas d'émission DUT1

TABLEAU 2 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
JJY	Fukushima, Japon	37° 22' N 140° 51' E	Equidirectif	10	1	7	24	40	1	Continue	Néant	$\pm 1$	Pas d'émission DUT1
MSF	Rugby, Royaume-Uni	52° 22' N 01° 11' W	Equidirectif	25 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(11)</sup>	60	1 <sup>(12)</sup>	Continue	Néant	$\pm 2$	Code de l'UIT-R par impulsion double
	Milan, Italie	45° 20' N 09° 12' E	Equidirectif	600	1	7	24	900	Néant	Néant	Continue radiodiffusion A3E	$\pm 2$	
NAA (3)(13)(14)	Cutler, Maine, Etats-Unis d'Amérique	44° 39' N 67° 17' W	Equidirectif	1 000 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(15)</sup>	24 <sup>(16)</sup>	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NAU (3)(13)(14)	Aguada, Puerto Rico	18° 23' N 67° 11' W	Equidirectif	100 <sup>(17)</sup>	1	7	24	28,5	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NTD (3)(13)(14)	Yosami, Japon	34° 58' N 137° 01' E	Equidirectif	50 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(18)</sup>	17,4	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NLK (3)(13)(14)	Jim Creek, Washington, Etats-Unis d'Amérique	48° 12' N 121° 55' W	Equidirectif	125 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(19)</sup>	24,8	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NPM (3)(13)(14)	Lualualei, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique	21° 25' N 158° 09' W	Equidirectif	600 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(20)</sup>	23,4	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NSS (3)(13)(14)	Annapolis, Maryland, Etats-Unis d'Amérique	38° 59' N 76° 27' W	Equidirectif	400 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(21)</sup>	21,4	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	
NWC (3)(13)(14)	Exmouth, Australie	21° 49' S 114° 10' E	Equidirectif	1 000 <sup>(5)</sup>	1	7	24 <sup>(22)</sup>	22,3	Néant	Néant	Néant	$\pm 10$	

TABLEAU 2 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
OMA	Podebrady, Rép. tchèque	50° 08' N 15° 08' E	T	5	1	7	24	50	1 <sup>(23)</sup>	23 h par jour <sup>(24)</sup>	Néant	$\pm 1\,000$	Pas d'émission DUT1
RAB-99	Khabarovsk	48° 30' N 134° 50' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(26)</sup>	1,1	25,0, 25,1, 25,5, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup>	11 min 2 fois par jour <sup>(32)</sup>	Néant	$\pm 5$	
RBU <sup>(3)</sup>	Moscou	55° 44' N 38° 12' E	Equidirectif	10	1	7	24	66 <sup>2/3</sup>	10, 100, 312,5	Continue DXXXW <sup>(33)</sup>	Néant	$\pm 2$	Code de l'UIT-R par impulsion double <sup>(34)</sup>
RJH-63	Krasnodar	44° 46' N 39° 34' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(27)</sup>	0,6	25,5, 25,1, 25,0, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup> (25a)	11 min <sup>(35)</sup>	Néant	$\pm 5$	
RJH-69	Molodechno	54° 28' N 26° 47' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(28)</sup>	0,7	25,5, 25,1, 25,0, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup>	15 min <sup>(36)</sup>	Néant	$\pm 5$	
RJH-77	Arkhangelsk	64° 22' N 41° 35' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(29)</sup>	0,7	25,5, 25,1, 25,0, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup>	15 min <sup>(37)</sup>	Néant	$\pm 5$	

TABLEAU 2 (fin)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{12}$ ) <sup>(1)</sup>	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (min)	Durée de la modulation audible (min)		
RJH-86	Beshkeck	43° 03' N 73° 37' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(30)</sup>	1,4	25,5, 25,1, 25,0, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup>	15 min 2 fois par jour <sup>(38)</sup>	Néant	±5	
RJH-90	Nizhni Novgorod	56° 11' N 43° 57' E	Equidirectif	300	1	7 <sup>(31)</sup>	0,7	25,0, 25,1, 25,5, 23,0, 20,5	1/60, 1/10, 1, 10, 40 <sup>(25)</sup>	15 min <sup>(39)</sup>	Néant	±5	
RTZ <sup>(3)</sup>	Irkoutsk	52° 26' N 103° 41' E	Equidirectif	10	1	7	23	50	1/60, 1, 10	6/60	Néant	±5	Code de l'UIT-R par impulsion double <sup>(34)</sup>
RW-166	Irkoutsk	52° 26' N 103° 18' E	Equidirectif	40	1	7	12	198		Néant	Continue radiodiffusion A3E	±5	
SAJ	Stockholm, Suède	59° 15' N 18° 06' E	Equidirectif	0,02 (p.a.r.)	1	3 <sup>(40)</sup>	2 <sup>(41)</sup>	150 000	Néant	10 <sup>(42)</sup>		±2	
VNG	Llandilo, Nouvelles Galles du Sud, Australie	33° 43' S 150° 48' E	Equidirectif	10 10 5	2-3	7	24 <sup>(43)</sup>	8 638 12 984 16 000	1, 1 000 <sup>(44)</sup>	Continue	Néant	±100	Code de l'UIT-R par 45 cycles de 900 Hz suivant immédiatement les marqueurs normaux de secondes
WWVB <sup>(3)</sup>	Fort Collins, Colorado, Etats-Unis d'Amérique	40° 40' N 105° 03' W	Antenne verticale chargée	13 <sup>(5)</sup>	1	7	24	60	1 <sup>(45)</sup>	Continue	Néant	±10	Pas de code de l'UIT-R
EBC	San Fernando, Cadix, Espagne	36° 28' N 06° 12' W	Equidirectif	1	1	7	1	12 008 6 840	<sup>(46)</sup>	10	<sup>(47)</sup>	±100	Code de l'UIT-R par impulsion double

Notes relatives au Tableau 2:

- (1) Cette valeur est applicable à l'émetteur; pour assurer la valeur d'incertitude indiquée au point de réception, il pourrait se révéler nécessaire d'observer la phase et la fréquence reçues durant une période suffisamment longue pour éliminer les effets dus au bruit et autres phénomènes aléatoires.
- (2) Modulation de la phase de la porteuse de + 1 et – 1 radian en 0,1 s toutes les secondes sauf à la 59<sup>e</sup> seconde de chaque minute. Cette modulation est redoublée pour indiquer un «1 binaire». Les numéros de la minute, de l'heure, du jour dans le mois, du jour dans la semaine, du mois et de l'année sont transmis chaque minute à partir de la 21<sup>e</sup> seconde jusqu'à la 58<sup>e</sup> seconde, conformément à l'échelle de temps légale française. De plus un «1 binaire» à la 17<sup>e</sup> seconde indique un écart de 2 h d'avance de l'heure locale par rapport à l'UTC (heure d'été); un «1 binaire» à la 18<sup>e</sup> seconde indique un écart de 1 h d'avance de l'heure par rapport à l'UTC (heure d'hiver); un «1 binaire» à la 14<sup>e</sup> seconde indique que le jour en cours est un jour férié (Noël, fête nationale, etc.), un «1 binaire» à la 13<sup>e</sup> seconde indique que le jour présent est la veille d'un jour férié.
- (3) Ces stations ont fait savoir qu'elles suivent un des systèmes de la Recommandation UIT-R TF.460.
- (4) Impulsions de 300 cycles de modulation à 1 000 Hz; la première impulsion de chaque minute est prolongée.
- (5) Ces valeurs représentent la puissance rayonnée estimée.
- (6) Au début de chaque seconde (à l'exception de la 59<sup>e</sup> seconde), l'amplitude de la porteuse est réduite à 25% de sa valeur pendant 0,1 ou 0,2 s, correspondant respectivement à «0 binaire» et «1 binaire». Les numéros de la minute, de l'heure, du jour dans le mois, du jour dans la semaine, du mois et de l'année sont transmis en code BCD de la 21<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde. Les signaux horaires sont générés par la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), et sont conformes à l'heure légale de la République fédérale d'Allemagne, soit UTC (PTB) + 1 h (heure d'Europe centrale CET) ou UTC (PTB) + 2 h (heure d'été d'Europe centrale CEST). En outre, CET et CEST sont indiquées par «1 binaire» à la 18<sup>e</sup> ou à la 17<sup>e</sup> seconde respectivement. Pour obtenir un transfert de temps plus précis et une meilleure utilisation du spectre des fréquences disponibles, on superpose aux marqueurs de seconde MA une modulation supplémentaire pseudo-aléatoire par déplacement de la phase de la porteuse.
- (7) Le signal d'appel est donné par modulation de la porteuse et par une fréquence acoustique de 250 Hz, trois fois par heure, aux minutes 19, 39 et 59, sans interruption de la séquence des signaux horaires.
- (8) Sans cohérence entre la fréquence porteuse et les signaux horaires.
- (9) Signaux horaires universels coordonnés.
- (10) Au début de chaque seconde (à l'exception de la 59<sup>e</sup> seconde), la porteuse est interrompue pendant 0,1 ou 0,2 s, ce qui correspond respectivement à «0 binaire» et «1 binaire», avec une double impulsion par minute. Les numéros de la minute, de l'heure, du jour dans le mois, du jour dans la semaine, du mois et de l'année sont transmis en code BCD de la 21<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde. Les signaux horaires sont générés par l'Office fédéral suisse de Métrologie, et sont conformes à l'heure légale de la Suisse, soit UTC (Suisse) + 1 h (heure d'Europe centrale, CET) ou UTC (Suisse) + 2 h (heure d'été d'Europe centrale, CEST). En outre, CET et CEST sont indiquées par «1 binaire» à la 18<sup>e</sup> ou à la 17<sup>e</sup> seconde respectivement.
- (11) L'émission est interrompue pendant la période de maintenance de 1 000 à 1 400 h UTC le premier mardi de chaque mois.
- (12) Porteuse interrompue pendant 100 ms chaque seconde et pendant 500 ms chaque minute; code horaire rapide: 100 bit/s, BCD NRZ émis pendant les minutes d'interruption donnant le mois, le jour du mois, l'heure et la minute. Code horaire lent, 1 bit/s, BCD PWM émis de la 17<sup>e</sup> à la 51<sup>e</sup> seconde donnant l'année, le mois, le jour du mois, le jour de la semaine, l'heure et la minute avec un identificateur à 8 bits de la 52<sup>e</sup> à la 59<sup>e</sup> seconde. Code DUT1 de l'UIT-R par double impulsion.
- (13) MDM (modulation par déphasage minimal) utilisée: une porteuse à stabilité de phase peut être rétablie après la multiplication et le mélange appropriés dans le récepteur. Il faut rappeler que l'emploi de la modulation par déphasage minimal signifie qu'il n'existe pas de composante discrète des fréquences respectives de porteuse données dans le Tableau. Le signal MDM peut être exprimé comme suit:

$$S(t) = \cos [2\pi f_c t + a_n (\pi t/2T) + \varphi_n]$$

où  $a_n = i(-1)$  pour travail (repos) et  $\varphi_n = 0, \pi$  (modulo  $2\pi$ ).

Si l'on veut que l'émission ait de l'utilité en tant que référence de fréquence, il est nécessaire de récupérer une porteuse à phase cohérente, débarrassée des incréments de  $\pi/2$  introduits par la modulation. Il y a pour cela deux méthodes.

*Notes relatives au Tableau 2 (suite):*

Le signal MDM est considéré comme résultant d'une modulation par déplacement de fréquence à phase continue (MDFPC) avec un indice de modulation de 0,5. La transformation du signal en signal carré, suivie d'un filtrage de bande à la fréquence centrale  $2f_c$ , produit un signal MDFPC avec des composantes spectrales à  $2f_c + 2f_b$  et  $2f_c - 2f_b$ , qui correspondent respectivement aux états de travail et de repos. Les composantes peuvent être extraites au moyen de deux boucles à verrouillage de phase (PLL), et la porteuse de référence peut être reconstituée par multiplication, division et filtrage.

L'autre méthode traite le signal MDM comme une forme de modulation par déplacement de phase (MDP), la MDM étant obtenue par des transformations de la MDP par inversion de phase (MDP-2) ou de la MDP par quadrature de phase (MDP-4). Les techniques de reconstitution de porteuse disponibles pour la MDP, telles que la boucle de Costas, peuvent ainsi être appliquées à la MDM: un tel démodulateur a été réalisé en une simple puce.

- (14) La station est d'abord destinée à des fins de communication: bien que ces données soient susceptibles d'être modifiées, toute modification est annoncée par avance aux usagers par l'Observatoire naval des Etats-Unis, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique.
- (15) De 1200 à 2000 h UTC tous les dimanches pendant l'interruption des émissions de NSS (jusqu'au 15 juillet).
- (16) A partir du 23 janvier 1984, jusqu'à nouvel avis.
- (17) Devenue opérationnelle le 14 août 1984, 74 kW.
- (18) De 2300 à 0900 h UTC les premiers jeudi-vendredi; de 2300 à 0700 h UTC tous les autres jeudis-vendredis. Puissance réduite de moitié de 2200 à 0200 h UTC, chaque lundi et vendredi.
- (19) Excepté de 1600 à 2400 h UTC, tous les jeudis. Pendant la période d'heure d'été, de 1500 à 2300 h UTC tous les jeudis.
- (20) 2,5 MHz: 0000-1000 h UTC; 5 MHz: 0900-0100 h UTC; 10 MHz: continue; 15 MHz: 0100-0900 h UTC.
- (21) N'émet pas jusqu'à 2100 h UTC le 15 juillet, sauf quatorze heures chaque dimanche pendant la durée d'interruption des émissions de NAA.
- (22) De 0000 à 0800 h tous les lundis habituellement.
- (23) Signaux télégraphiques A1A.
- (24) De 1000 à 1100 h UTC, émissions sans manipulation, sauf pour l'indicatif OMA au début de chaque quart d'heure.
- (25) Au cours de chaque émission, on émet des signaux de deux types:
- des signaux A1A avec une fréquence porteuse de 25 kHz, d'une durée de 0,0125; 0,025; 0,1; 1 et 10 s, répétés respectivement toutes les 0,025; 0,1; 1; 10 et 60 s;
  - des signaux N0N avec des fréquences porteuses 25,0; 25,1; 25,5; 23,0 et 20,5 kHz. Les phases de ces signaux correspondent aux repères de temps de l'échelle émise.
- (26) Quotidiennement, sauf les 10e, 20e et 30e jours de chaque mois.
- (27) Quotidiennement, sauf les 3e, 13e et 23e jours de chaque mois.
- (28) Quotidiennement, sauf les 2e, 12e et 22e jours de chaque mois.
- (29) Quotidiennement, sauf les 4e, 14e et 24e jours de chaque mois.
- (30) Quotidiennement, sauf les 6e, 16e et 26e jours de chaque mois.
- (31) Quotidiennement, sauf les 8e, 18e et 28e jours de chaque mois.
- (32) De 0206 à 0240 h UTC et de 0606 à 0640 h UTC.  
De 0106 à 0140 h UTC et de 0506 à 0540 h UTC durant l'heure d'été.
- (33) Les signaux DXXXW sont constitués des oscillations sinusoïdales de la porteuse à une fréquence de  $66^{2/3}$  kHz, qui sont interrompues pendant 5 ms toutes les 100 ms; 10 ms après une interruption, les oscillations de la porteuse sont modulées en phase à bande étroite pendant 80 ms par des signaux sinusoïdaux avec des sous-porteuses à 100 ou 312,5 Hz et un indice de modulation égal à 0,698. Des signaux modulés en amplitude avec une fréquence de répétition de 10 Hz sont utilisés comme marqueurs des temps d'émission. Des signaux avec une sous-porteuse de 312,5 Hz sont utilisés pour indiquer les marqueurs de secondes et de minutes, ainsi que «1» dans le code décimal codé binaire pour la transmission d'informations relatives à l'échelle de temps et dans le code de position pour la transmission d'informations de différences d'échelle de temps UT1 – UTC; des signaux avec une fréquence de 100 Hz sont utilisés pour indiquer les «0» dans le code décimal codé binaire pour transmettre des informations d'échelle de temps ainsi que pour remplir tous les autres intervalles de 80 ms dans lesquels n'est transmise aucune information, de quelque nature que ce soit. Pour la transmission d'informations d'échelle de temps, on utilise les deux premiers intervalles de 80 ms suivant le deuxième marqueur de secondes.

*Notes relatives au Tableau 2 (fin):*

- (34) L'information supplémentaire sur la valeur de la différence UT1 – UTC est transmise par le code dUT1. Elle donne avec plus de précision la valeur de la différence de UT1 – UTC, jusqu'à des multiples de 0,02 s. La valeur totale de la correction est DUT1 + dUT1. Les valeurs de DUT1 sont codées par marquage des deuxièmes intervalles de 80 ms de la première à la seizième seconde dans le code de position standard à une unité de l'UIT-R. Les valeurs positives de DUT1 sont transmises dans l'intervalle entre la première et la huitième seconde, de telle manière que  $DUT1 = +0,1 s n$ , les valeurs négatives étant transmises entre la neuvième et la seizième seconde, de telle manière que  $DUT1 = -0,1 s k$ , où  $n$  et  $k$  représentent le nombre d'intervalles de 80 ms marqués. Les valeurs de DUT1 sont codées par marquage des premiers intervalles de 80 ms dans les intervalles compris entre les troisième et septième ou les onzième et quinzième secondes, de telle manière que  $dUT1 = \pm 0,02 s p$ , où  $p$  est le nombre d'intervalles de 80 ms marqués. L'information dUT1 est transmise pendant les intervalles d'une seconde où ne sont pas transmises d'informations DUT1. Le signe de la valeur dUT1 est codé par marquage du premier intervalle de 80 ms de la septième ou de la quinzième seconde.
- (35) De 1106 à 1140 h UTC.  
De 1006 à 1040 h UTC durant l'heure d'été.
- (36) De 0706 à 0747 h UTC.  
De 0606 à 0647 h UTC durant l'heure d'été.
- (37) De 0906 à 0947 h UTC.  
De 0806 à 0847 h UTC durant l'heure d'été.
- (38) De 0406 à 0447 h UTC et de 1006 à 1047 h UTC.  
De 0306 à 0347 h UTC et de 0906 à 0947 h UTC durant l'heure d'été.
- (39) De 0506 à 0547 h UTC.  
De 0406 à 0447 h UTC durant l'heure d'été.
- (40) Chaque lundi, mercredi et vendredi.
- (41) De 0930 à 1130 h UTC. En été, ajouter une heure aux heures indiquées.
- (42) Impulsions de seconde de 8 cycles de modulation à 1 kHz pendant 5 min, commençant à 1100 h UTC et à 1125 h UTC. En été, ajouter une heure aux heures indiquées.
- (43) 8 638 kHz et 12 984 kHz, sans interruption; 16 000 kHz de 2200 à 1000 h UTC.
- (44) Impulsions de 50 cycles de 1 000 Hz, raccourcies à 5 cycles de la 55<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde; l'impulsion 59 est supprimée; le marqueur de minute est de 500 cycles. Aux minutes 5, 10, 15, etc., les impulsions de la 50<sup>e</sup> à la 58<sup>e</sup> seconde sont raccourcies à 5 cycles. Message vocal sur 16 000 kHz entre la 20<sup>e</sup> et la 50<sup>e</sup> seconde aux minutes 15, 30, 45 et 60. Identification Morse «VNG» sur 8 638 kHz et 12 984 kHz aux minutes 15, 30, 45 et 60. Un code BCD comprenant l'heure du jour, le numéro du jour dans l'année est transmis entre la 20<sup>e</sup> et la 46<sup>e</sup> seconde avec un «0» binaire représenté par 100 cycles et un «1» binaire par 200 cycles de 1 000 Hz. L'information de minute pour la minute suivante est transmise de la 21<sup>e</sup> à la 28<sup>e</sup> s, l'information d'heure de la 29<sup>e</sup> à la 35<sup>e</sup> s et le jour de l'année de la 36<sup>e</sup> à la 46<sup>e</sup> s; des bits de parité sont inclus à la fin de chaque séquence de code.
- (45) Code de temps utilisé qui réduit la porteuse de 10 dB au début de chaque seconde. Le code contient des informations sur l'année, le jour de l'année, l'heure, la minute, la valeur UT1 et des indicateurs d'état pour les secondes intercalaires imminentes et l'heure d'été.
- (46) Impulsions de seconde, d'une durée de 0,1 s, modulées à 1 000 Hz.  
Impulsions de minute, d'une durée de 0,5 s, modulées à 1 250 Hz.
- (47) Minutes: 00 à 10, 12 008 kHz, A2A.  
15 à 25, 12 008 kHz, J3E.  
30 à 40, 6 840 kHz, A2A.  
45 à 55, 6 840 kHz, J3E.

Pendant la minute qui précède immédiatement chacune des périodes indiquées, émission de l'indicatif, en Morse lent, deux fois.

TABLEAU 3

## Caractéristiques de certains systèmes d'aide à la navigation

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C <sup>(1)</sup> (7980-Z, 9960-Y)	Carolina Beach, NC, Etats-Unis d'Amérique	34° 03,8' N 77° 54,8' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 800 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7980-Y)	Jupiter, Florida, Etats-Unis d'Amérique	27° 02,0' N 80° 06,9' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 800 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (5930-Y, 7930-W)	Cape Race, Terre-Neuve	46° 46,5' N 53° 10,5' W	Equidirectif	1 000 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 300 59 300 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (5930-X, 9960-X)	Nantucket Island, Etats-Unis d'Amérique	41° 15,2' N 69° 58,6' W	Equidirectif	400	1	7	24	100	59 300 <sup>(3)</sup> 99 600	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8970-M, 9960-Z)	Dana, Indiana, Etats-Unis d'Amérique	39° 51,1' N 87° 29,2' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 700 <sup>(3)</sup> 99 600	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7930-X, 9980-W)	Angissoq, Groenland	59° 59,3' N 45° 10,4' W	Equidirectif	760 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 300 <sup>(3)</sup> 99 800	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7970-M, 9980-X)	Ejde, Iles Féroé, Danemark	62° 18,0' N 7° 04,4' W	Equidirectif	325 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 700 <sup>(3)</sup> 99 800	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7970-W)	Sylt, Rép. féd. d'Allemagne	54° 48,5' N 8° 17,6' E	Equidirectif	325 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 700 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7970-X)	Bo, Norvège	68° 38,1' N 14° 27,8' E	Equidirectif	165 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 700 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$



TABLEAU 3 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C <sup>(1)</sup> (7970-Y, 9980-M)	Sandur, Islande	64° 54,4' N 23° 55,4' W	Equidirectif	1 500 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 700 99 800	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7970-Z)	Jan Mayen, Norvège	70° 54,9' N 8° 44,0' W	Equidirectif	165 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 700 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (5930-Z, 7930-M)	Fox Harbour, Canada	52° 22,6' N 55° 42,5' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	59 300 79 300	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7990-M)	Sellia Marina, Italie	38° 52,3' N 16° 43,1' E	Equidirectif	165 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7990-X)	Lampedusa, Italie	35° 31,3' N 12° 31,5' E	Equidirectif	325 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7990-Y)	Kargabarun, Turquie	40° 58,3' N 27° 52,0' E	Equidirectif	165 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7990-Z)	Estartit, Espagne	42° 03,6' N 3° 12,3' E	Equidirectif	165 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (8930-X)	Minami – Torishima, Japon	24° 17,1' N 153° 58,9' E	Equidirectif	1 100 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 300 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8930-Y, 5970-W)	Tokatibuto, Japon	42° 44,6' N 143° 43,2' E	Equidirectif	1 000 <sup>(2)</sup> 600	1	7	24	100	89 300 <sup>(3)</sup> 59 700	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8930-W, 5970-Y)	Gesashi, Japon	26° 36,4' N 128° 08,9' E	Equidirectif	1 000 <sup>(2)</sup> 600	1	7	24	100	89 300 <sup>(3)</sup> 59 700	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (8930-M)	Nijjima, Japon	34° 24,2' N 139° 16,3' E	Equidirectif	1 000 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 300 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$

TABLEAU 3 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C (9990-M)	Saint-Paul, Iles Pribiloff, Alaska	57° 09,2' N 170° 15,1' W	Equidirectif	325 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (9990-X)	Attu, Alaska	52° 49,7' N 173° 10,8' E	Equidirectif	625 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (9960-M, 8970-X)	Seneca, NY, Etats-Unis d'Amérique	42° 42,8' N 76° 49,6' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 600 <sup>(3)</sup> 89 700 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (9960-W, 5930-M)	Caribou, ME, Etats-Unis d'Amérique	46° 48,5' N 67° 55,6' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	59 300 <sup>(3)</sup> 99 600 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8970-W, 7980-M)	Malone, FL, Etats-Unis d'Amérique	30° 59,6' N 85° 10,1' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 700 <sup>(3)</sup> 79 800 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8970-Y, 8290-W)	Baudette, MN, Etats-Unis d'Amérique	48° 36,8' N 94° 33,3' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 700 <sup>(3)</sup> 82 900	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7980-W, 9610-Z)	Grangeville, LA, Etats-Unis d'Amérique	30° 43,6' N 90° 49,7' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 800 <sup>(3)</sup> 96 100	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7980-X, 9610-Y)	Raymondville, TX, Etats-Unis d'Amérique	26° 31,9' N 97° 50,0' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 800 <sup>(3)</sup> 96 100	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (9990-Y, 7960-Z)	Pt. Clarence, Alaska	65° 14,7' N 166° 53,2' W	Equidirectif	1 000 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 900 <sup>(3)</sup> 79 600	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$

TABLEAU 3 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C <sup>(1)</sup> (9990-Z, 7960-X)	Narrow Cape, Alaska	57° 26,3' N 152° 22,2' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 900 79 600 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7960-M)	Tok, Alaska	63° 19,7' N 142° 48,5' W	Equidirectif	540 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 600 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7960-Y, 5990-X)	Shoal Cove, Alaska	55° 26,3' N 131° 15,3' W	Equidirectif	540 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	79 600 59 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (5990-M 8290-Y)	Williams Lake, BC, Canada	51° 58,0' N 122° 22,0' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	59 900 <sup>(3)</sup> 82 900	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (5990-Y, 9940-W)	George, Washington, Etats-Unis d'Amérique	47° 03,8' N 119° 44,6' W	Equidirectif	1 600 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	59 900 99 400 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (9940-M)	Fallon, Nevada, Etats-Unis d'Amérique	39° 33,1' N 118° 49,9' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 400 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (9940-X)	Middletown, Californie, Etats-Unis d'Amérique	38° 46,9' N 122° 29,7' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 400 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (9940-Y 9610-W)	Searchlight, Nevada, Etats-Unis d'Amérique	35° 19,3' N 114° 48,3' W	Equidirectif	540 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	99 400 <sup>(3)</sup> 96 100	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
Loran-C (5990-Z)	Port Hardy, BC, Canada	50° 36,5' N 127° 21,5' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	59 900 <sup>(3)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 1$
RNS-E(A)	Briansk	53° 08' N 34° 55' E	Equidirectif	650	1	7 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(6)</sup>	100	80 000 <sup>(7)</sup>	Continue <sup>(4)</sup>	Néant	$\pm 5$

TABLEAU 3 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
RNS-E(D)	Syzran	53° 18' N 49° 07' E	Equidirectif	700	1	6 <sup>(5)</sup>	10 <sup>(6)</sup>	100	80 000 <sup>(7)</sup>	<sup>(8)</sup>	Néant	$\pm 5$
RNS-V(A)	Aleksandrovsik, Sakhalinsky	51° 05' N 142° 42' E	Equidirectif	700	1	7 <sup>(9)</sup>	12 <sup>(10)</sup>	100	89 500	Continue	Néant	$\pm 5$
Loran-C (8290-M)	Havre, ND, Etats-Unis d'Amérique	48° 44,6' N 109° 58,9' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	82 900	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8290-X, 9610-V)	Gillette, WY, Etats-Unis d'Amérique	44° 00,2' N 105° 37,4' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	82 900 96 100	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (8970-Z, 9610-M)	Boise City, ID, Etats-Unis d'Amérique	36° 30,3' N 102° 54,0' W	Equidirectif	800 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	89 700 96 100	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (9610-X)	Las Cruces, NM Etats-Unis d'Amérique	32° 04,3' N 106° 52,1' W	Equidirectif	400 <sup>(2)</sup>	1	7	24	100	96 100	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (5970-M)	Pohang, Corée	36° 11,1' N 129° 20,5' E	Equidirectif	35	1	7	24	100	59 700	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (5970-X)	Kwangju, Corée	35° 02,4' N 126° 32,5' E	Equidirectif	35	1	7	24	100	59 700	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (6930-M)	Xindu, Chine	23° 58,1' N 111° 43,1' E	Equidirectif	1 000	1	7	24	100	69 300	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (6930-1)	Xinhe, Chine	22° 25,0' N 107° 21,0' E	Equidirectif	1 000	1	7	24	100	69 300	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (6930-2)	Zhangxi, Chine	23° 43,7' N 116° 53,8' E	Equidirectif	1 000	1	7	24	100	69 300	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (7170-M)	Al Khamasin, Arabie saoudite	20° 28,0' N 44° 34,9' E	Equidirectif	800	1	7	24	100	71 700	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7170-W, 8990-V)	Salwa, Arabie saoudite	24° 50,0' N 50° 34,2' E	Equidirectif	800	1	7	24	100	71 700 89 900	Continue	Néant	$\pm 1$

TABLEAU 3 (suite)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C <sup>(1)</sup> (7170-X, 8990-M)	Afif, Arabie saoudite	23° 48,6' N 42° 51,3' E	Equidirectif	800	1	7	24	100	71 700 89 900	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7170-Y, 8990-Y)	Al Lith, Arabie saoudite	20° 13,9' N 40° 12,5' E	Equidirectif	200	1	7	24	100	71 700 89 900	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C <sup>(1)</sup> (7170-Z, 8990-Z)	Al Muwassam, Arabie saoudite	16° 25,9' N 42° 48,1' E	Equidirectif	800	1	7	24	100	71 700 89 900	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (8990-W)	Ar Ruqi, Arabie saoudite	29° 01,1' N 46° 37,4' E	Equidirectif	200	1	7	24	100	71 700	Continue	Néant	$\pm 1$
Loran-C (8990-X)	Ash Shaykh Humayd, Arabie saoudite	28° 09,3' N 34° 45,9' E	Equidirectif	400	1	7	24	100	71 700	Continue	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /A	Aldra, Norvège	66° 25' N 13° 08' E	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-F <sup>(12)</sup> 10,2-A 11 <sup>1/3</sup> -C 13,6-B	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 5$
Omega $\Omega$ /B	Monrovia, Libéria	6° 18' N 10° 40' W	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-G <sup>(12)</sup> 10,2-B 11 <sup>1/3</sup> -D 13,6-C	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /C	Haiku, Hawaï, Etats-Unis d'Amérique	21° 24' N 157° 50' W	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-H <sup>(12)</sup> 10,2-C 11 <sup>1/3</sup> -E 13,6-D	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /D	Lamoure, North Dakota, Etats-Unis d'Amérique	46° 22' N 98° 20' W	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-A <sup>(12)</sup> 10,2-D 11 <sup>1/3</sup> -F 13,6-E	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$

TABLEAU 3 (fin)

Station			Type d'antenne(s)	Puissance de l'onde porteuse (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Incertitude des fréquences et des intervalles de temps ( $\times 10^{-12}$ )
Indicatif	Emplacement approximatif	Latitude Longitude				Jours par semaine	Heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions ( $\mu$ s)	Durée de la transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Omega $\Omega$ /E	La Réunion	20° 58' S 55° 17' E	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-B <sup>(12)</sup> 10,2-E 11 <sup>1/3</sup> -G 13,6-F	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /F	Golfo Nuevo, Argentine	43° 03' S 65° 11' W	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-C <sup>(12)</sup> 10,2-F 11 <sup>1/3</sup> -H 13,6-G	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /G	Woodside, Victoria, Australie	38° 29' S 146° 56' E	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-D <sup>(12)</sup> 10,2-G 11 <sup>1/3</sup> -A 13,6-H	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$
Omega $\Omega$ /H	Iles Tsushima, Japon	34° 37' N 129° 27' E	Equidirectif	10 <sup>(11)</sup>	1	7	24	11,05-E <sup>(12)</sup> 10,2-H 11 <sup>1/3</sup> -B 13,6-A	Néant	<sup>(12)</sup>	Néant	$\pm 1$

(1) Stations à double marche.

(2) Puissance rayonnée de crête.

(3) Les impulsions sont émises en groupes de 9 pour la station primaire (M) et de 8 pour les stations secondaires (W, X, Y, Z).

(4) Maintenus à  $\pm 5 \mu$ s du UTC. Le temps de coïncidence (TOC) avec la seconde UTC change lorsqu'apparaissent les sauts de seconde; ce temps de coïncidence est indiqué dans des tables TOC qui sont fournies aux intéressés par l'Observatoire naval des Etats-Unis, Washington DC, Etats-Unis d'Amérique.

(5) Pas d'émissions durant les périodes suivantes: 23-26 janvier, 18-21 février, 23-26 mars, 23-26 avril, 9-23 mai, 23-26 juin, 23-26 juillet, 23-26 août, 15-23 septembre, 23-26 octobre, 23-26 novembre, 23-26 décembre.

(6) De 2100 à 0200 h et de 0800 à 1500 h UTC.

(7) Les signaux des stations principales (A) sont marqués par l'émission dans chaque groupe d'une neuvième impulsion supplémentaire. Chaque groupe d'impulsions coïncidant avec un marqueur de seconde UTC est marqué par l'émission d'une (dixième) impulsion supplémentaire. En cas de coïncidence avec un marqueur de minute, les dix groupes suivants sont aussi marqués et en cas de coïncidence avec un marqueur de 5 min après 12 s, les onze groupes suivants sont aussi marqués. Les marqueurs de secondes UTC s'accompagnent de points caractéristiques disposés sur les fronts avant des huitièmes impulsions à un niveau 0,6 de la valeur maximale du signal.

(8) Fonctionne habituellement sans marqueur de seconde. Dans certains cas, fonctionne avec un marqueur de seconde décalé par rapport à l'UTC.

(9) Pas d'émissions les 20 et 21 de chaque mois.

(10) De 2300 à 2400 h et de 0000 à 1100 h UTC.

(11) Ces valeurs représentent la puissance rayonnée estimée.

(12) Voir le Tableau 4.

TABLEAU 4  
Format du signal OMEGA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Segment	A	B	C	D	E	F	G	H			
Durée	0,9	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	1,2	1,0			
kHz:											
10,2	Norvège	Libéria	Hawaï	Dakota Nord	La Réunion	Argentine	Australie	Japon			
11 <sup>1/3</sup>	Australie	Japon	Norvège	Libéria	Hawaï	Dakota Nord	La Réunion	Argentine			
13,6	Japon	Norvège	Libéria	Hawaï	Dakota Nord	La Réunion	Argentine	Australie			
11,05	Dakota Nord	La Réunion	Argentine	Australie	Japon	Norvège	Libéria	Hawaï			

Note 1 – Le segment A ne commence pas à 0,0 s UTC. L'époque des segments change avec les sauts de seconde. Le segment A commence à la 44<sup>e</sup> seconde en janvier 1992.

Note 2 – Les stations OMEGA sont destinées à la navigation générale; bien que ces données soient susceptibles d'être modifiées, toute modification est annoncée par avance aux usagers par le: United States Coast Guard Commandant\*.

Note 3 – En plus des fréquences de navigation 10,2 kHz, 13,6 kHz et 11<sup>1/3</sup> kHz émises par toutes les stations, les stations émettent des «fréquences particulières». Ces stations et leurs fréquences/segments sont données dans le Tableau 5.

\* United States Coast Guard Commandant (G-WAN-3/73), 400 Seventh Street, S.W., Washington, DC 20590.

TABLEAU 5

## Format de transmission du signal du système de radionavigation OMEGA

Station \ Segment	1	2	3	4	5	6	7	8
Norvège (A)	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>	12,1 <sup>(1)</sup>	12,1 <sup>(1)</sup>	11,05	12,1 <sup>(1)</sup>	12,1 <sup>(1)</sup>
Libéria (B)	12,0 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>	12,0 <sup>(1)</sup>	12,0 <sup>(1)</sup>	11,05	12,0 <sup>(1)</sup>
Hawaï (C)	11,8 <sup>(1)</sup>	11,8 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>	11,8 <sup>(1)</sup>	11,8 <sup>(1)</sup>	11,05
Dakota Nord (D)	11,05	13,1 <sup>(1)</sup>	13,1 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>	13,1 <sup>(1)</sup>	13,1 <sup>(1)</sup>
La Réunion (E)	12,3 <sup>(1)</sup>	11,05	12,3 <sup>(1)</sup>	12,3 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>	12,3 <sup>(1)</sup>
Argentine (F)	12,9 <sup>(1)</sup>	12,9 <sup>(1)</sup>	11,05	12,9 <sup>(1)</sup>	12,9 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6	11 <sup>1/3</sup>
Australie (G)	11 <sup>1/3</sup>	13,0 <sup>(1)</sup>	13,0 <sup>(1)</sup>	11,05	13,0 <sup>(1)</sup>	13,0 <sup>(1)</sup>	10,2	13,6
Japon (H)	13,6	11 <sup>1/3</sup>	12,8 <sup>(1)</sup>	12,8 <sup>(1)</sup>	11,05	12,8 <sup>(1)</sup>	12,8 <sup>(1)</sup>	10,2

Intervalle de transmission	0,9	0,2	1,0	0,2	1,1	0,2	1,2	0,2	1,1	0,2	0,9	0,2	1,2	0,2	1,0	0,2
	10 s															

0768-05

Fréquence en kHz.

<sup>(1)</sup> Fréquence unique de la station correspondante.



## ANNEXE 2

**Administrations responsables des stations énumérées dans les Tableaux 1 et 2**

<i>Station</i>	<i>Administration</i>
ALLOUIS	Centre national d'Etudes des Télécommunications Département FRE 196, rue de Paris 92220 Bagneux, France
ATA	Time and Frequency Section National Physical Laboratory S. R. Krishnan Road New Delhi – 110012, Inde
BPM	Time and Frequency Division Shaanxi Astronomical Observatory Chinese Academy of Sciences Lington, Xian, République populaire de Chine
CHU	National Research Council Time and Frequency Section Physics Division (m-36) Ottawa K1A 0S1, Ontario, Canada
DCF77	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Lab. Zeiteinheit Bundesallee 100 38116 Braunschweig, République fédérale d'Allemagne
EBC	Instituto y Observatorio de Marina (Observatoire de la marine espagnole) San Fernando (Cádiz), Espagne
HBC	Office fédéral de Métrologie Laboratoire temps et fréquence Lindenweg 50 CH-3003 Bern-Wabern, Suisse
HLA	Time and Frequency Laboratory Korea Standards Research Institute P.O. Box 3, Taedok Science Town Taejon, Ch'ungnam 300-31, République de Corée
IAM	Istituto Superiore Poste e Telecomunicazioni Viale Europa, 190 Ufficio 8°, Rep 2 00100 – Rome, Italie

JJY	Standards and Measurements Division Communications Research Laboratory Ministry of Posts and Telecommunications Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo, 184-8795, Japon
LOL	Director Observatorio Naval Av. Costanera Sur, 2099 Buenos Aires, République argentine
MSF	National Physical Laboratory Centre for Electromagnetic and Time Metrology Teddington, Middlesex, TW11 OLW, Royaume-Uni
NAA, NDT, NLK, NPM, NSS, NWC, NMO, NPN	Superintendent US Naval Observatory Washington, DC 20390, Etats-Unis d'Amérique
OMA	1. Time information Astronomický ústav CSAV, Budečská 6 12023 Praha 2, Vinohrady République tchèque  2. Standard frequency information Ústav radiotechniky a elektroniky CSAV Lumumbova 1 18088 Praha 8, Kobylisy République tchèque
RAT, RCH, RWM	State Committee of Standards of the Russian Federation Lenisky Prospect 9 117049 Moscou, Russie
SAJ	Swedish Telecommunications Administration Radio Services S-123 86 Farsta, Suède
VNG	VNG Users Consortium GPO Box 1090 Canberra ACT 2601, Australie
WWV, WWVH, WWVB	Time and Frequency Services Group Time and Frequency Division National Institute of Standards and Technology 325 Broadway, Boulder, Colorado 80303 Etats-Unis d'Amérique
ZUO	Time Standards Section Precise Physical Measurements Division National Physical Research Laboratory P.O. Box 395 0001 – Pretoria, République sudafricaine

---