This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

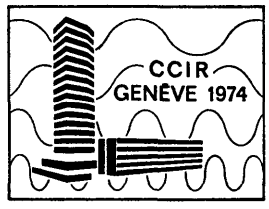
C.C.I.R.

XIII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 1974

VOLUME VII

FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES
(COMMISSION D'ÉTUDES 7)



Publié par
L'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
GENÈVE, 1975

COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

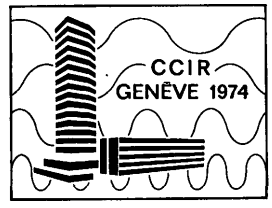
C.C.I.R.

XIII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE

GENÈVE, 1974

VOLUME VII

FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES
(COMMISSION D'ÉTUDES 7)



Publié par
L'UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS
GENÈVE, 1975

ISBN 92-61-00082-7

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

FRÉQUENCES ÉTALON
ET SIGNAUX HORAIRES

AVIS ET RAPPORTS

QUESTIONS ET PROGRAMMES D'ÉTUDES,
DÉCISIONS, RÉSOLUTIONS ET VŒUX
(Commission d'études 7)

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

RÉPARTITION DES TEXTES DE LA XIIIe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU C.C.I.R. PARMI LES VOLUMES I A XIII

Les Volumes I à XIII, XIIIe Assemblée plénière, contiennent tous les textes du C.C.I.R. actuellement en vigueur. Ils se substituent à ceux de l'édition de la XIIe Assemblée plénière, New Delhi, 1970.

1. Avis, Rapports, Décisions, Résolutions et Vœux

1.1 *Indications sur la numérotation de ces textes*

Les Avis, Rapports, Résolutions et Vœux sont numérotés dans la série en vigueur depuis la Xe Assemblée plénière.

Selon les décisions de la XIe Assemblée plénière, en cas de révision de l'un de ces textes, celui-ci conserve son numéro auquel on ajoute un trait d'union et un chiffre indiquant le nombre de révisions successives. Exemples: Avis 253 pour la première version de l'Avis, Avis 253-1 pour sa première révision, Avis 253-2 pour sa deuxième révision, et ainsi de suite.

La XIIIe Assemblée plénière a adopté une nouvelle catégorie de textes appelés « Décisions » qui permet aux Commissions d'études de prendre des mesures ayant trait, en général, à l'organisation de leurs travaux et qui concerne les sujets faisant partie de leur mandat; elle permet particulièrement de créer des Groupes de travail intérimaires (mixtes s'il y a lieu) (voir la Résolution 24-3, Volume XIII). Bien que l'Assemblée plénière ait adopté dans la catégorie « Résolutions » un certain nombre de textes qui, après la modification de la Résolution 24-2, sont destinés à figurer dans la catégorie « Décisions », ces textes sont publiés, pour des nécessités pratiques, dans les Volumes de la XIIIe Assemblée plénière sous l'appellation « Décisions ». Lorsque l'un de ces textes est publié dans la catégorie « Décisions », une référence à la Résolution dont le texte a été repris dans la Décision figure entre parenthèses au-dessous du titre.

Les numéros de ces textes figurent dans les tableaux ci-dessous; le chiffre indiquant le nombre de révisions successives n'a pas été mentionné dans les tableaux. Pour plus de détails sur la numérotation, voir le Volume XIII.

1.2 *Avis*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
45	VIII	310, 311	V	436	III
48, 49	X	313	VI	439	VIII
77	VIII	314	II	441	VIII
80	X	325-334	I	442, 443	I
100	I	335, 336	III	444	IX
106	III	337	I	445	I
139, 140	X	338, 339	III	446	IV
162	III	341	I	447-450	X
166	XII (CMV)	342-349	III	451	XII (CMTT)
182	I	352-354	IV	452, 453	V
205	X	355-359	IX	454-456	III
214-216	X	361	VIII	457-460	VII
218, 219	VIII	362-367	II	461	XII (CMV)
224	VIII	368-370	V	462, 463	IX
237	I	371-373	VI	464-466	IV
239	I	374-376	VII	467, 468	X
240	III	377-379	I	469-472	XI
246	III	380-393	IX	473-474	XII (CMTT)
257, 258	VIII	395-406	IX	475-478	VIII
262	X	407-416	X	479	II
265, 266	XI	417-418	XI	480	III
268	IX	419	X, XI	481-484	IV
270	IX	421	XII (CMTT)	485, 486	VII
275, 276	IX	422, 423	VIII	487-496	VIII
283	IX	427-429	VIII	497	IX
289, 290	IX	430, 431	XII (CMV)	498, 499	X
302	IX	433	I	500, 501	XI
305, 306	IX	434, 435	VI	502-505	XII (CMTT)

1.3 *Rapports*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
19	III	275-282	I	424-426	V
32	X	283-289	IX	428	V
42	III	292, 293	X	429-432	VI
79	X	294	XI	433-437	III
93	VIII	298-305	X	438, 439	VII
106, 107	III	306, 307	XI	440	(1)
109	III	311, 312	XI	441	XII (CMV)
111	III	313	XII (CMTT)	443-446	IX
112	I	315	XI	448, 449	IX
122	XI	318, 319	VIII	451	IV
130	IX	321	XII (CMV)	453-455	IV
137	IX	322	(1)	456	II
176-189	I	324-330	I	457-461	X
190	X	335	XII (CMV)	463-465	X
192, 193	I	336	V	467, 468	X
195	III	338	V	469-473	XI
196	I	340	(1)	476-485	XI
197, 198	III	341-344	VI	486-488	XII (CMTT)
200, 201	III	345-357	III	490, 491	XII (CMTT)
202	I	358, 359	VIII	493	XII (CMTT)
203	III	361	VIII	495-498	XII (CMTT)
204-208	IV	362-364	VII	499-502	VIII
209	IX	366	VII	504-513	VIII
211-214	IV	367-373	I	515	VIII
215	IX	374-382	IX	516	X
216	VIII	383-385	IV	518	VII
222-224	II	386-388	IX	519-534	I
226	II	390, 391	IV	535-548	II
227-229	V	393	IX	549-551	III
233-236	V	394	VIII	552-561	IV
238, 239	V	395, 396	II	562-570	V
241	V	398-401	X	571-575	VI
245-251	VI	403	X	576-580	VII
252	(1)	404, 405	XI	581-603	VIII
253-256	VI	409	XI	604-615	IX
258-266	VI	410-412	XII (CMTT)	619-622	X
267	VII	413-415	(1)	623	X,XII (CMTT)
269-271	VII	417-420	I	624-634	XI
272, 273	I	422, 423	I	635-649	XII (CMTT)
				650	XII (CMV)

(1) Publiés séparément.

1.4 *Décisions*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
1	I	6-11	VI	17	XI
2	IV	12-14	VII	18	XII (CMTT)
3-5	V	15	VIII	19, 20	XII (CMV)
		16	IX		

1.5 *Résolutions*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
4	VI	22, 23	XII (CMV)	43, 44	I
14	VII	24	XIII	48	VI
15, 16	I	26, 27	XIII	59	X
20	VIII	33	XIII	60, 61	XIII
		36, 39	XIII		

1.6 *Vœux*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
2	I	29, 30	I	45, 46	VI
11	I	32	I	47, 48	VII
13, 14	IX	34, 35	I	49	VIII
15, 16	X	36	VII	50	IX
22, 23	VI	38-40	XI	51, 52	X
24	VIII	41	XII (CMTT)	53, 54	XI
26-28	VII	42, 43	VIII	55	XII (CMTT)
		44	I		

2. Questions et Programmes d'études

2.1 *Indications sur la numérotation de ces textes*

2.1.1 *Questions*

Les Questions sont numérotées dans des séries différentes pour chaque Commission d'études; le cas échéant, le numéro d'ordre est suivi d'un trait d'union et d'un chiffre indiquant le nombre de révisions successives du texte. Le numéro d'une Question est suivi d'un *chiffre arabe indiquant la Commission d'études*. Exemples:

— Question 1/10 pour la première version de la Question;
— Question 1-1/10 pour sa première révision, Question 1-2/10 pour sa deuxième révision.

2.1.2 *Programmes d'études*

Les Programmes d'études sont numérotés de manière à indiquer de quelle Question ils dérivent le cas échéant, le numéro étant complété par une lettre majuscule qui permet de distinguer plusieurs Programmes d'études qui dérivent d'une même Question. La partie du numéro du Programme d'études qui sert à indiquer le numéro de la Question dont il dérive ne mentionne pas l'indice éventuel de révision de la Question, mais se réfère au texte en vigueur de cette Question tel qu'il figure dans le Volume.

Exemples:

— Programme d'études 1A/10: première version du premier Programme d'études qui dérive de la Question 1/10;
— Programme d'études 1C/10: première version du troisième Programme d'études qui dérive de la Question 1/10;
— Programme d'études 1A-1/10: première révision du premier Programme d'études qui dérive de la Question 1/10.

On remarquera qu'un Programme d'études peut être adopté sans qu'il dérive d'une Question; dans ce cas, il est numéroté d'une façon analogue à celle des autres Programmes d'études de la Commission d'études sauf que, si l'on se réfère à la liste des Questions correspondantes, on ne trouve pas de Question qui corresponde à ce numéro.

2.2 *Emplacement des Questions et Programmes d'études*

Le plan de la page 8 désigne le Volume qui contient les textes de chaque Commission d'études, ce qui permet de savoir dans quel Volume se trouve une Question ou un Programme d'études donné.

PLAN DES VOLUMES I A XIII DE LA XIIIe ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU C.C.I.R.

(Genève, 1974)

VOLUME I	Utilisation du spectre, contrôle des émissions (Commission d'études 1).
VOLUME II	Recherche spatiale et radioastronomie (Commission d'études 2).
VOLUME III	Service fixe fonctionnant sur des fréquences inférieures à 30 MHz environ (Commission d'études 3).
VOLUME IV	Service fixe utilisant des satellites de télécommunication (Commission d'études 4).
VOLUME V	Propagation dans les milieux non ionisés (Commission d'études 5).
VOLUME VI	Propagation ionosphérique (Commission d'études 6).
VOLUME VII	Services des fréquences étalon et des signaux horaires (Commission d'études 7).
VOLUME VIII	Services mobiles (Commission d'études 8).
VOLUME IX	Service fixe utilisant les systèmes de faisceaux hertziens (Commission d'études 9). Coordination et partage de fréquences entre les systèmes de service fixe par satellite et les faisceaux hertziens terrestres (sujets communs aux Commissions d'études 4 et 9).
VOLUME X	Service de radiodiffusion (sonore) y compris l'enregistrement des programmes de radiodiffusion sonore et l'utilisation de satellites (Commission d'études 10).
VOLUME XI	Service de radiodiffusion (télévision) y compris l'enregistrement des programmes de télévision et l'utilisation de satellites (Commission d'études 11).
VOLUME XII	Transmission de signaux de radiodiffusion sonore et de télévision sur une grande distance (CMTT). Vocabulaire (CMV).
VOLUME XIII	Renseignements relatifs à la XIIIe Assemblée plénière. Structure du C.C.I.R. Listes des textes émis par le C.C.I.R.

Note. — Pour faciliter les références, le numérotage des pages est le même dans les volumes édités en français, en anglais et en espagnol.

VOLUME VII*

INDEX DES TEXTES

FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES
(Commission d'études 7)

Page

Introduction par le Rapporteur principal de la Commission d'études 7 11

AVIS

Avis 374-3 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 13
Avis 375-1 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans de nouvelles bandes de fréquences 14
Avis 376-1 Suppression des brouillages d'origine extérieure causés aux émissions du service de fréquences étalon dans les bandes attribuées à ce service 14
Avis 457-1 Utilisation de la date julienne modifiée par les services de fréquences étalon et de signaux horaires 15
Avis 458 Comparaisons internationales d'échelles de temps atomique 16
Avis 459 Notation à employer pour les indications lues sur les horloges et pour les valeurs fournies par les générateurs de fréquence 17
Avis 460-1 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 18
Avis 485 Utilisation d'échelles de temps dans les services de fréquences étalon et de signaux horaires 23
Avis 486 Référence des émissions de fréquences étalon à l'échelle de temps atomique international . 23

RAPPORTS

Rapport 267-3 Fréquences étalon et signaux horaires. *Caractéristiques des émissions du service de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées ainsi que les caractéristiques des stations assurant un service régulier sur des fréquences stabilisées en dehors de ces bandes* 25
Rapport 269-3 Réduction des brouillages mutuels entre émissions de fréquences étalon et de signaux horaires 37
Rapport 270-2 Economie du spectre des fréquences pour les signaux horaires de haute précision 38
Rapport 271-4 Stabilité et précision des fréquences étalon et des signaux horaires en ondes myriamétriques et kilométriques à la réception 41
Rapport 362-2 Emissions avec diverses combinaisons d'onde porteuse et de bandes latérales dans le service de fréquences étalon et de signaux horaires 44
Rapport 363-3 Comparaison entre échelles de temps par diverses méthodes 45
Rapport 364-2 Instabilité des générateurs de fréquences étalon 50
Rapport 366-2 Caractéristiques des systèmes qui fournissent dans une émission des informations de temps et de fréquences 53
Rapport 438 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires de haute précision 54
Rapport 439-1 Utilisation d'horloges coordonnées et d'horloges locales étalon (métriques) dans un système de temps-coordonnée terrestre 56
Rapport 518-1 Diffusion de fréquences étalon et de signaux horaires par des satellites 57
Rapport 576 Diffusion de fréquences étalon par stabilisation de la fréquence porteuse d'une station de radiodiffusion 59

* Bien que les documents de travail cités dans ce Volume portent la référence «Période 1970–1973» pour les documents des années 1971 et 1972 et la référence «Période 1970–1974» pour les documents des années 1973 et 1974, il s'agit, bien entendu, dans tous les cas de la période 1970–1974 entre les Assemblées plénières de New Delhi et de Genève. C'est pourquoi, pour des raisons d'uniformité, toutes les références à ces documents dans ce Volume sont faites avec la mention «Période 1970–1974».

Page

Rapport 577 Diffusion de signaux horaires par superposition d'une modulation de phase à la modulation d'amplitude d'émissions de radiodiffusion sonore 60
Rapport 578 Codes horaires 61
Rapport 579 Poids statistiques d'horloges qui contribuent à une échelle de temps. Problèmes d'établissement de moyennes 63
Rapport 580 Caractérisation du bruit de fréquence et de phase 65

QUESTIONS ET PROGRAMMES D'ÉTUDES

Question 1/7 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 67
Programme d'études 1A-1/7 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 67
Programme d'études 1B-1/7 Emissions à bande latérale unique dans les services de fréquences étalon et de signaux horaires 68
Programme d'études 1D-1/7 Poids statistiques d'horloges qui contribuent à une échelle de temps. Problèmes d'établissement de moyennes 68
Question 2/7 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans de nouvelles bandes de fréquences 69
Programme d'études 2A-1/7 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires par satellite . . . 69
Question 3/7 Stabilité des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires à la réception 70
Programme d'études 3A-1/7 Conservation du spectre de fréquences pour les signaux horaires de haute précision 70
Programme d'études 3B/7 Instabilité des générateurs de fréquences étalon 71
Programme d'études 3C-2/7 Comparaisons des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires 71
Programme d'études 3D/7 Méthodes de comparaisons de phases fiables en ondes myriamétriques . 72
Question 4-1/7 Diffusion de fréquences étalon et de signaux horaires 72
Programme d'études 4A/7 Diffusion de fréquences étalon par stabilisation de la fréquence porteuse d'une station de radiodiffusion 73
Programme d'études 4B/7 Diffusion de signaux horaires par application d'une modulation de phase additionnelle aux émetteurs de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude 73
Question 5/7 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires de haute précision 74
Question 7/7 Codes horaires 74

DÉCISIONS

Décision 12 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 75
Décision 13 Expressions à utiliser dans le service des fréquences étalon et des signaux horaires 76
Décision 14 Réduction des brouillages mutuels dans les services des fréquences étalon et des signaux horaires 76

RÉSOLUTIONS

Résolution 14-3 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires 77

VŒUX

Vœu 26-2 Etudes et expériences relatives aux émissions de signaux horaires 78
Vœu 27 Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans de nouvelles bandes de fréquences 79
Vœu 28 Programmes spéciaux de contrôle des émissions de l'I.F.R.B. en vue de dégager les bandes de fréquences attribuées exclusivement au service de fréquences étalon 79
Vœu 36-1 Echelles de temps 80
Vœu 47 Utilisation générale du temps universel coordonné 80
Vœu 48 Symboles à utiliser pour désigner les échelles de temps 81

FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES

COMMISSION D'ÉTUDES 7

Mandat:

— Coordonner des services mondiaux de fréquences étalon et de signaux horaires.

— Etudier les aspects techniques de ces services à l'émission et à la réception, y compris l'emploi des techniques spatiales, et chercher les moyens d'amélioration de la précision des mesures.

Rapporteur principal: G. BECKER (Allemagne (République Fédérale d'))

Vice-Rapporteur principal: J. McA. STEELE (Royaume-Uni)

INTRODUCTION PAR LE RAPPORTEUR PRINCIPAL DE LA COMMISSION D'ÉTUDES 7

La présente introduction fait le point des travaux entrepris par la Commission d'études 7 en exécution de son mandat. On y trouvera aussi quelques indications sur les perspectives d'évolution futures.

Temps universel coordonné (TUC)

Le système de temps universel coordonné (TUC) mis au point et appliqué par la Commission d'études 7 est utilisé actuellement dans presque tous les pays du monde. Selon la définition qui en est donnée dans l'Avis 460-1, il semble que le TUC puisse s'adapter à toutes les variations possibles de la rotation de la Terre pouvant survenir dans un avenir prévisible.

Pour ce qui est du Vœu 47, Utilisation générale du temps universel coordonné, qui est conforme aux recommandations de l'U.R.S.I. et de l'U.A.I., on peut prévoir que la Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.) adoptera en 1975 une résolution en vue de recommander l'emploi du TUC comme base de temps officielle. Cette mesure viendra s'ajouter à l'action entreprise à la suite de la définition atomique de la seconde (SI) approuvée en 1967 par la C.G.P.M.; elle permettra la diffusion de signaux horaires et de fréquences étalon basés sur cette seconde, y compris l'utilisation générale et officielle du TUC pour remplacer le temps universel (TU) pour la définition des heures des fuseaux horaires.

Le Comité consultatif pour la définition de la seconde (C.C.D.S.) a recommandé, en juillet 1974, d'utiliser l'abréviation «UTC» dans toutes les langues. Le C.C.I.R. devrait, lui aussi, suivre cette pratique à l'avenir.

Méthodes à appliquer pour la diffusion et la comparaison des signaux horaires et des fréquences étalon

Au cours des débats de la Commission d'études 7, en mars 1974, il est apparu qu'il ne suffisait pas toujours d'analyser une méthode uniquement en termes de «diffusion» ou de «comparaison». Il convient de voir si les textes de la Commission 7 devraient être modifiés de façon à refléter simultanément ces deux aspects, à savoir: diffusion (ou transmission) et comparaison.

On a considérablement amélioré le temps atomique et les fréquences étalon mais, parallèlement, les problèmes de transmission ont pris une importance capitale. Il ne semble pas que l'on ait encore tiré complètement parti des méthodes fondées sur l'utilisation d'impulsions du système LORAN-C ou d'impulsions de télévision. En ce qui concerne les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans la bande des ondes kilométriques, on observe actuellement une tendance à l'utilisation d'ondes porteuses dont la phase est stabilisée par rapport au temps universel coordonné, TUC (BIH) ou au temps atomique (TAI) (voir à ce sujet l'Avis 486). Cette évolution permet de faire des émissions sans appliquer de corrections et de mettre au point des appareils capables de recevoir plus d'une station, ce qui améliore la fiabilité. Il convient de noter, par ailleurs, que les stations fonctionnant sur ondes kilométriques commencent à émettre des informations horaires codées. Toutefois, faute d'Avis appropriés du C.C.I.R., les formats de code utilisés diffèrent les uns des autres et il n'existe pas, en outre, de système commun régissant l'émission des signaux horaires.

La diffusion de signaux horaires et de fréquences étalon, y compris les codes horaires, par l'intermédiaire de la télévision, est une technique dont on peut attendre beaucoup, mais qui repose malheureusement sur des systèmes différents utilisés dans les divers pays. Aussi est-il souhaitable que la Commission d'études 7 définisse sa position en ce qui concerne l'emploi généralisé de cette technique et le format optimal à choisir.

On peut également diffuser les signaux horaires et l'information de temps codée en se servant des émissions de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude, avec fréquences porteuses modulées en phase, sans qu'il en résulte une réduction sensible de la qualité des programmes. Il s'agit là d'une évolution nouvelle et fort intéressante.

Quant à l'utilisation des satellites pour la diffusion des signaux horaires et des fréquences étalon, elle n'en est encore qu'à ses débuts. Etant donné que la Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales, Genève 1971, a attribué des bandes de fréquences à cette fin, l'heure est venue de définir des systèmes internationaux faisant usage de ces nouvelles possibilités.

Il faut bien voir qu'une erreur de temps de l'ordre de 1 μs ne peut être obtenue que sur une étendue assez limitée de la surface terrestre, à savoir les régions où l'on dispose du système LORAN-C. On a grand besoin, par exemple, pour des applications scientifiques, d'améliorer la précision des signaux horaires diffusés et de disposer d'un système mondial dans lequel l'erreur de temps serait inférieure à 1 μs.

Problèmes d'instabilité

On assiste à une intensification des études sur les instabilités dues aux fluctuations qui se produisent dans les oscillateurs ou aux variations des temps de propagation. Il serait intéressant d'avoir des méthodes mathématiques pour décrire ces fluctuations, et aussi des méthodes mathématiques ou techniques permettant de déterminer une moyenne optimale des signaux. Ce point est important lorsqu'il s'agit de combiner les échelles de temps d'horloges différentes, ou de réduire les fluctuations de transmission par des opérations de filtrage.

Brouillages

Dans les bandes 6 et 7, on observe fréquemment des brouillages mutuels entre des émissions faites sur la même fréquence. On espère que le Groupe de travail intérimaire 7/3 parviendra à trouver le moyen de réduire l'acuité de ce problème. Pour ce faire, il faudra pouvoir compter sur la bonne volonté de tous ceux qui émettent dans ces bandes.

Rapports

Les Rapports de la Commission d'études 7 renferment, sous une forme plutôt condensée, des renseignements sur les travaux de la Commission. Il importe d'apporter le plus grand soin à la rédaction de ces textes. L'expérience a montré que, durant les réunions, trop de temps doit être consacré à des travaux de rédaction. En conséquence, il conviendrait d'engager les administrations à inclure de brefs résumés dans leurs propositions concernant des projets de Rapports. De plus, il serait bon de réexaminer régulièrement les références citées dans les textes et d'accorder la préférence aux textes publiés qui donnent un bon aperçu d'ensemble du sujet traité.

Expressions à utiliser

Le Groupe de travail intérimaire 7/2, qui a pour mandat d'étudier les formes d'expression (termes, symboles, définitions, etc.), est chargé d'une tâche difficile et très importante qui mérite de recevoir tout l'appui nécessaire. On espère que les résultats des travaux de ce Groupe seront mis à profit pour l'élaboration des documents du C.C.I.R.

L'expérience a montré aussi que, dans la préparation de ces documents, on ne tient pas toujours compte dans une mesure suffisante des recommandations en vigueur formulées par les organisations internationales compétentes telles que l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

AVIS ET RAPPORTS

Avis

AVIS 374-3

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1951 – 1953 – 1956 – 1959 – 1963 – 1966 – 1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que la Conférence administrative des radiocommunications, Genève 1959, a attribué les fréquences 20 kHz ± 0,05 kHz, 2,5 MHz ± 5 kHz (2,5 MHz ± 2 kHz dans la Région 1), 5 MHz ± 5 kHz, 10 MHz ± 5 kHz, 15 MHz ± 10 kHz, 20 MHz ± 10 kHz et 25 MHz ± 10 kHz et qu'elle a demandé au C.C.I.R. d'étudier le problème de l'établissement et du fonctionnement d'un service mondial de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que la Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales, Genève, 1971, a attribué les fréquences 400,1 MHz ± 25 kHz, 4202 MHz ± 2 MHz (espace vers Terre) et 6427 MHz ± 2 MHz (Terre vers espace) aux services des fréquences étalon par satellite et des signaux horaires par satellite (numéros 312B et 379A du Règlement des radiocommunications);

c) que des fréquences étalon et des signaux horaires supplémentaires sont émis dans d'autres bandes de fréquences;

d) que l'on doit tenir compte des dispositions de l'article 44, section IV, du Règlement des radiocommunications;

e) qu'il est nécessaire de poursuivre une coopération étroite entre la Commission d'études 7, l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (O.M.C.I.), l'Organisation de l'aviation civile internationale (O.A.C.I.), la Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.), le Bureau international de l'Heure (B.I.H.) et les Unions intéressées du Conseil international des unions scientifiques (C.I.U.S.),

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. que la Commission d'études 7 devrait poursuivre l'étude d'un service mondial de fréquences étalon et de signaux horaires; qu'elle devrait explorer à cette fin les possibilités d'application de nouvelles techniques;

2. que les services existants de fréquences étalon et de signaux horaires devraient fonctionner conformément aux indications détaillées des Avis du C.C.I.R.;

3. que l'on devrait intensifier les efforts pour réduire les brouillages mutuels entre les émissions faites sur les fréquences indiquées au point *a)*;*

4. que toutes les administrations devraient envisager l'emploi de nouvelles méthodes de diffusion des fréquences étalon et des signaux horaires avant de prévoir de nouvelles émissions dans les bandes 6 et 7.

---

* Voir aussi Décision 14.

AVIS 375-1

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DANS DE NOUVELLES BANDES DE FRÉQUENCES

(Question 2/7)

(1959 – 1963 – 1966)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'une comparaison précise intercontinentale de la fréquence a déjà été réalisée grâce à l'utilisation des émissions d'une fréquence stable dans la bande 4;

b) qu'il est nécessaire de réaliser, à de nombreuses fins, une synchronisation mondiale du temps avec une précision supérieure à 1 ms;

c) que la synchronisation à 1 μs près peut être étendue à des distances dépassant 2000 km en utilisant des signaux à impulsions transmis par l'onde de sol;

d) que les transmissions en visibilité directe dans les bandes 8 et 9 et les signaux transmis principalement par l'onde de sol dans la bande 5 offrent le moyen de distribuer, dans de bonnes conditions de stabilité, des signaux horaires et des fréquences étalon,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. qu'il y a lieu de diffuser, aussi largement que possible, les renseignements concernant les méthodes de mesure et les résultats acquis sur la stabilité de phase le long du trajet dans les bandes 4 et 5;

2. qu'on utilise les possibilités offertes par la stabilité et la précision des systèmes de navigation à émissions par impulsions propagées par l'onde de sol, en vue d'établir une synchronisation de temps intercontinentale et si possible mondiale;

3. que des stations appropriées existant dans les bandes 5 et 6 soient employées dans toute la mesure du possible, pour diffuser les fréquences étalon, leurs fréquences porteuses étant stabilisées avec une très haute précision;

4. que les stations de radiodiffusion sonore à modulation de fréquence et les stations de télévision actuellement exploitées dans les bandes 8 et 9, soient employées dans toute la mesure du possible pour diffuser des fréquences étalon et des signaux horaires susceptibles d'être ajoutés à la modulation actuelle ou d'utiliser cette dernière sans gêner le programme normal;

5. que deux bandes de 100 kHz, prises respectivement dans les bandes 8 et 9, sont appropriées pour un service efficace en visibilité directe de fréquences étalon et de signaux horaires.

AVIS 376-1

SUPPRESSION DES BROUILLAGES D'ORIGINE EXTÉRIEURE CAUSÉS AUX ÉMISSIONS DU SERVICE DE FRÉQUENCES ÉTALON DANS LES BANDES ATTRIBUÉES A CE SERVICE

(Question 1/7)

(1959 – 1963 – 1966)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) l'importance et l'utilisation croissante des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées à ce service;

b) que les brouillages réduisent très fortement l'efficacité du service de fréquences étalon et de signaux horaires;

c) que, malgré les efforts déployés par les administrations et l'I.F.R.B. pour libérer les bandes attribuées au service de fréquences étalon, il y subsiste quelques usagers enregistrés ainsi que de nombreuses émissions non notifiées, et que des brouillages continuent d'être causés au service de fréquences étalon;

d) la Recommandation N° 31 de la Conférence administrative des radiocommunications, Genève, 1959,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. que les administrations et l'I.F.R.B. poursuivent leurs efforts pour libérer les bandes attribuées au service de fréquences étalon afin d'éviter des brouillages d'origine extérieure;

2. que, dans le territoire placé sous sa juridiction, chaque administration fasse tout son possible pour empêcher tous les usagers du spectre radioélectrique d'exploiter d'autres stations, dans les bandes de fréquences étalon, qui seraient susceptibles de provoquer des brouillages nuisibles pour le service de fréquences étalon;

3. que les stations nationales de contrôle recherchent systématiquement les stations extérieures qui provoquent des brouillages dans les bandes de fréquences étalon et fassent tout leur possible pour identifier chaque station brouilleuse, en ayant recours, au besoin, à une coopération internationale;

4. que, dans chaque cas de brouillage d'origine extérieure, les usagers des émissions de fréquences étalon demandent au service de contrôle de leur propre pays d'identifier la station perturbatrice;

5. que, dans les cas où le service des fréquences étalon subit des brouillages d'origine extérieure, les administrations appliquent les dispositions des articles 14, 15 et 16 du Règlement des radiocommunications, et, au besoin, adressent à l'I.F.R.B. une copie de la correspondance échangée à ce sujet;

6. que, si des brouillages sont observés, même si leur origine est incertaine, les représentants des administrations auprès de la Commission d'études 7 échangent des renseignements provenant des usagers des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, ainsi que du service de contrôle, afin de permettre ultérieurement l'identification de ces brouilleurs.

AVIS 457-1

UTILISATION DE LA DATE JULIENNE MODIFIÉE PAR LES SERVICES DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que, pour indiquer les dates, il est souhaitable que l'on dispose d'un comptage décimal des jours associé à l'utilisation, en radioélectricité, de signaux horaires et de codes horaires;

b) qu'un comptage décimal des jours rapporté au temps universel, la «date julienne» (DJ), est établi depuis longtemps pour la fixation de la date en astronomie, en chronologie et dans les sciences connexes;

c) que l'on a besoin d'un comptage décimal des jours dans lequel le début d'un jour soit fixé à 00 h. 00 et non à 12 h. 00, comme c'est le cas pour la date julienne;

d) que l'on a besoin d'un comptage décimal des jours, notamment pour l'associer aux échelles de temps TUC et TAI;

e) qu'il faut éviter une prolifération de systèmes différents d'indication de la date;

f) qu'un simple passage de la date julienne mentionnée ci-dessus à un système moderne de comptage décimal des jours serait avantageux;

g) qu'il convient de maintenir sans discontinuité le système de la «date julienne» dans lequel le début du jour est fixé à midi du méridien de Greenwich;

h) que l'on utilise d'ores et déjà à une «date julienne modifiée» (MJD) qui satisfait aux conditions susmentionnées,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. qu'il convient, chaque fois que cela est nécessaire, d'utiliser pour les besoins modernes en matière de garde du temps et d'indication de la date, un comptage décimal des jours dans lequel le jour civil serait compté à partir de 00 h. 00 TAI, TUC ou TU et serait spécifié au moyen de 5 chiffres décimaux;

2. que cette «date julienne modifiée» (MJD) devrait être égale à la date julienne diminuée de 2 400 000,5 et, par conséquent, aurait son origine à 00 h. 00 TU le 17 novembre 1858 dans le cas de l'échelle de temps TU.

AVIS 458

COMPARAISONS INTERNATIONALES D'ÉCHELLES DE TEMPS ATOMIQUE

(Question 1/7)

(1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) la nécessité de comparer entre elles les échelles de temps atomique locales indépendantes conservées par les divers laboratoires et observatoires;

b) la nécessité de communiquer des données claires et précises afin de faciliter les travaux du Bureau international de l'Heure (B.I.H.) pour la formation d'une échelle de temps atomique internationale,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. que, lorsqu'un laboratoire ou observatoire «i» conserve à la fois un temps atomique local indépendant et une approximation du temps universel coordonné, désignés ici par TA(i) et TUC(i), le laboratoire ou l'observatoire doit publier l'expression numérique de la différence TA(i) — TUC(i), pour chaque période de validité;

2. que les comparaisons de temps publiées doivent être rapportées à TUC(i);

3. que les comparaisons de phase publiées doivent également être rapportées à TA(i) ou TUC(i) selon ce qui convient;

4. que les temps d'émission publiés dans le cas des signaux horaires qui suivent le système TUC, doivent être rapportés au TUC(i);

4.1 dans le cas d'une émission de signaux horaires, directement engendrés par le laboratoire ou l'observatoire «i», le retard mesuré entre les signaux horaires et le TUC(i) doit être publié;

4.2 dans le cas de signaux horaires engendrés par une horloge à la station émettrice, et mesurés au laboratoire ou à l'observatoire «i», il faut indiquer explicitement si les temps publiés par rapport au TUC(i) se rapportent à l'émission ou à la réception, et quelles sont les corrections qui ont été appliquées ou qui doivent l'être pour tenir compte du temps de propagation dû au trajet radioélectrique et au récepteur;

5. que tous les laboratoires ou observatoires ne se conformant pas au système TUC, mais désirant prendre part aux comparaisons internationales et à l'établissement d'une échelle internationale de temps atomique, doivent publier des détails compatibles, dans la mesure du possible, avec les principes énoncés dans les § 1 à 4.

AVIS 459

NOTATION A EMPLOYER POUR LES INDICATIONS LUES SUR LES HORLOGES ET POUR LES VALEURS FOURNIES PAR LES GÉNÉRATEURS DE FRÉQUENCE

(Question 3/7)

(1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il existe actuellement une très grande confusion dans les pratiques suivies pour exprimer les différences de temps entre les horloges;

b) que parfois il existe aussi des incertitudes en ce qui concerne l'interprétation des temps de réception indiqués, par rapport aux horloges locales;

c) que l'on note également une certaine ambiguïté dans l'indication des différences de fréquence;

d) qu'il est nécessaire et urgent de normaliser la terminologie et les conventions concernant les mesures de fréquence et de différence de temps, afin d'éviter des erreurs;

e) que, à sa quatrième session, le 29 août 1967, l'Union astronomique internationale (U.A.I.) a adopté une résolution relative à ces conventions (Commission 31, Résolution N° 2) qui va dans le sens d'une plus grande clarté, d'une plus grande précision et d'une plus grande utilité dans le domaine des signaux horaires,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. que l'on devrait donner des grandeurs algébriques, afin d'éviter toute confusion sur le signe d'une différence de temps entre des horloges ou sur le signe d'une différence de fréquence entre des sources de fréquence;

2. que l'on pourrait employer les définitions et conventions ci-après en ce qui concerne les expressions algébriques:

2.1 le moment et le lieu de lecture d'une horloge ou d'une mesure de fréquence devraient toujours être désignés;

2.2 soient, au temps T, a l'indication lue sur une horloge A et b l'indication lue sur une horloge B; la différence des lectures est $a - b$ et le résultat de la comparaison sera présenté sous la forme:

$$A - B = a - b \qquad (1)^*$$

2.3 soient f_C la fréquence d'une source de fréquence C et f_D la fréquence d'une source de fréquence D; la différence de fréquence est $f_C - f_D = \Delta f$ et le résultat de la comparaison pourra être présenté sous la forme:

$$C - D = \Delta f \qquad (2)$$

la fréquence nominale de C et D devra être aussi spécifiée;

2.4 l'écart relatif de fréquence d'une source de fréquence C par rapport à sa valeur nominale f_{nC} est défini par

$$F_C = (f_C/f_{nC}) - 1 \qquad (3)$$

---

* Exemple: Le résultat d'une comparaison de temps entre l'horloge portative P7 et l'échelle de temps TUC du B.I.H., déterminé au B.I.H., serait indiqué comme suit:
TUC(P7) – TUC (B.I.H.) = + 12,3 μs (7 juillet 1968, 14 h 35 min TUC; B.I.H.).

2.5 La différence de fréquence relative entre deux sources de fréquence H et K est la différence de leurs écarts relatifs de fréquence

$$S = F_H - F_K$$

et le résultat de la comparaison pourra aussi être présenté sous la forme:

$$H - K = S \qquad (4)^*$$

2.6 pour faire une comparaison de temps entre une horloge et un signal horaire reçu, il convient d'appliquer les conventions spécifiées aux § 2.1 et 2.2 ci-dessus; pour faire une comparaison de fréquence entre un oscillateur et une émission radioélectrique, il convient d'appliquer les conventions spécifiées aux § 2.1, 2.3, 2.4 et 2.5.

AVIS 460-1

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1970 - 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que la Conférence administrative des radiocommunications (Genève, 1959) a attribué aux services des fréquences étalon et des signaux horaires les fréquences suivantes: 20 kHz ± 0,05 kHz, 2,5 MHz ± 5 kHz (2,5 MHz ± 2 kHz dans la Région 1), 5 MHz ± 5 kHz, 10 MHz ± 5 kHz, 15 MHz ± 10 kHz, 20 MHz ± 10 kHz et 25 MHz ± 10 kHz et qu'elle a demandé au C.C.I.R. d'étudier le problème de l'établissement et du fonctionnement d'un service mondial de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que des fréquences étalon et des signaux horaires supplémentaires sont émis dans d'autres bandes de fréquences;

c) qu'il y a lieu de tenir compte des dispositions de l'article 44, Section IV, du Règlement des radiocommunications;

d) qu'une collaboration étroite de la Commission d'études 7 avec l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (O.M.C.I.), l'Organisation de l'aviation civile internationale (O.A.C.I.), la Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.) et le Bureau international de l'Heure (B.I.H.), ainsi qu'avec les membres intéressés du Conseil international des unions scientifiques (C.I.U.S.);

e) qu'il est souhaitable de maintenir une coordination mondiale des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires;

f) qu'il est nécessaire de diffuser des fréquences étalon et des signaux horaires, conformément à la définition de la seconde, telle qu'elle a été donnée par la 13e Conférence générale des poids et mesures (1967);

g) que le besoin de disposer immédiatement du temps universel (TU) à une précision d'un dixième de seconde continue de se faire sentir,

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. que toutes les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires soient aussi étroitement que possible conformes au temps universel coordonné (TUC) (voir l'Annexe I); que les signaux horaires ne s'écartent pas du TUC de plus d'une milliseconde; que les fréquences étalon ne dévient pas de plus de 1.10^{-10}; que les signaux horaires émis par chaque station comportent une relation connue avec la phase de l'onde porteuse;

---

* Exemple: Le résultat d'une comparaison de fréquence, dans le cas de l'exemple précédent, comme différence relative de fréquence, pourrait être présenté sous la forme:
P7 - B.I.H. = $+ 5 \times 10^{-13}$ (7 juillet 1968, 14 h 35 min à 20 h 30 min TUC; B.I.H.).

2. que toutes les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires contiennent des informations sur la différence entre TU1 et TUC (voir les Annexes I et II);

3. que le présent Avis soit transmis par le Directeur du C.C.I.R. à toutes les administrations des Membres de l'U.I.T., ainsi qu'à l'O.M.C.I., à l'O.A.C.I., à la C.G.P.M., au B.I.H., à l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I), à l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.) et à l'Union astronomique internationale (U.A.I.);

4. que les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires satisfassent aux dispositions des § 1 et 2 ci-dessus à partir du 1er janvier 1975.*

ANNEXE I

ÉCHELLES DE TEMPS

A. Temps universel (TU)

Dans les applications où l'on ne peut tolérer des erreurs de quelques centièmes de seconde, il est nécessaire de spécifier la forme de TU qui doit être utilisée:

TU0 est le temps solaire moyen du méridien origine, qu'on obtient par l'observation astronomique directe;

TU1 est TU0 corrigé des effets des petits mouvements de la Terre par rapport à son axe de rotation (variation polaire);

TU2 est TU1 corrigé des effets d'une petite fluctuation saisonnière dans la vitesse de rotation de la Terre;

TU1 est le temps utilisé dans le présent document, parce qu'il correspond directement à la position angulaire de la Terre autour de son axe de rotation diurne. TMG ou GMT peuvent être considérés comme équivalents généraux de TU.

B. Temps atomique international (TAI)

L'échelle de temps atomique (TAI) qui sert de référence internationale sur la base de la seconde (SI) au niveau de la mer, est établie par le Bureau international de l'Heure à partir de données d'horloge fournies par des établissements coopérants. Elle se présente sous la forme d'une échelle continue, exprimée en jours, heures, minutes et secondes, à partir de son origine, le 1er janvier 1958; elle a été adoptée par la C.G.P.M. en 1971.

C. Temps universel coordonné (TUC)

TUC est l'échelle de temps maintenue par le B.I.H., qui constitue la base d'une diffusion coordonnée des fréquences étalon et des signaux horaires. Il a la même marche que le temps atomique international (TAI), mais il en diffère d'un nombre entier de secondes.

L'échelle de TUC s'ajuste par insertion ou omission de secondes (secondes intercalaires positives ou négatives) dans la mesure nécessaire pour assurer sa concordance approximative avec l'échelle de TU1.

D. DTU1

On représente par DTU1 la valeur de la différence prévue entre les échelles TU1 et TUC, telles qu'elles sont diffusées avec les signaux horaires. On a donc:

$$DTU1 \approx TU1 - TUC$$

DTU1 peut être considéré comme une correction qu'il convient d'ajouter à l'échelle TUC pour obtenir une meilleure approximation de TU1.

Les valeurs de DTU1 sont données par le Bureau international de l'Heure sous forme de multiples entiers de 0,1 s.

Les règles d'exploitation suivantes sont appliquées:

---

* Jusqu'au 1er janvier 1975, on appliquera les dispositions du Rapport 517. Après cette date, ces dispositions seront caduques.

1. Tolérances

1.1 La valeur de DTU1 ne devrait pas dépasser 0,8 s,

1.2 l'écart de TUC par rapport à TU1 ne devrait pas dépasser ± 0,9 s*,

1.3 l'écart de (TUC plus DTU1) par rapport à TU1 ne devrait pas dépasser ± 0,1 s.

2. Secondes intercalaires

2.1 Une seconde intercalaire positive ou négative devrait être la dernière seconde d'un mois de TUC, de préférence en premier lieu à la fin de décembre et de juin et en second lieu à la fin de mars et de septembre.

2.2 Une seconde intercalaire positive commence à $23^h\ 59^m\ 60^s$ et se termine à $0^h\ 0^m\ 0^s$ du premier jour du mois suivant. Dans le cas d'une seconde intercalaire négative, $23^h\ 59^m\ 58^s$ sera suivi, une seconde plus tard, par $0^h\ 0^m\ 0^s$ du premier jour du mois suivant (voir Annexe III).

2.3 Le B.I.H. devrait décider de l'introduction d'une seconde intercalaire et annoncer sa date; une telle annonce devrait être faite au moins 8 semaines à l'avance.

3. Valeur de DTU1

3.1 Le B.I.H. est prié de fixer la valeur de DTU1 ainsi que sa date d'introduction et de diffuser ces renseignements un mois à l'avance**.

3.2 Les administrations et les organisations sont priées d'utiliser la valeur DTU1 du B.I.H. dans les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, et de la faire connaître aussi largement que possible par l'intermédiaire de publications périodiques, bulletins, etc.

3.3 Quand DTU1 est diffusé par code, le code (sous réserve du § 3.5 ci-après) doit être conforme aux principes suivants:

— la valeur absolue de DTU1 est fixée par le nombre de repères de seconde marqués et son signe est fixé par la position de ces repères par rapport au repère de minute. L'absence de repère de seconde marqué signifie que DTU1 = 0;

— l'information codée doit être émise après chaque minute identifiée.

Les détails sur le code sont donnés dans l'Annexe II.

3.4 DTU1 peut encore être indiqué à la voix ou en code morse.

3.5 L'annonce de DTU1 peut être donnée dans un code différent, si elle est essentiellement destinée à un décodeur automatique et utilisée par un tel appareil, mais elle doit de toute façon être émise après chaque minute identifiée.

3.6 De plus, la différence TU1 — TUC peut être fournie au même degré de précision ou à une précision supérieure par d'autres procédés, par exemple en code morse ou à la voix, par messages associés aux bulletins maritimes ou aux prévisions météorologiques, etc.; les annonces des secondes intercalaires à venir peuvent aussi être faites par ces procédés.

3.7 Le B.I.H. est prié de continuer à publier après coup les valeurs définitives des différences TU1 — TUC et TU2 — TUC.

---

* La différence entre la valeur maximale de DTU1 et l'écart maximal de TUC par rapport à TU1 représente l'écart admissible de (TUC + DTU1) par rapport à TU1; elle constitue pour le B.I.H. une protection contre des variations imprévisibles de la vitesse de rotation de la Terre.

** Dans des cas exceptionnels de changement brusque dans la vitesse de rotation de la Terre, le B.I.H. peut publier l'annonce d'une correction au plus tard deux semaines avant sa date d'introduction.

ANNEXE II

CODE POUR LA TRANSMISSION DE DTU1

Une valeur positive de DTU1 sera indiquée par le marquage d'un nombre *(n)* de repères de seconde consécutifs, après le repère de minute, à partir du repère de seconde un jusqu'au repère de seconde *n* inclus, *n* étant un nombre entier au plus égal à 8.

$DTU1 = (n \times 0{,}1)$ s

Une valeur négative de DTU1 sera indiquée par le marquage d'un nombre *(m)* de repères de seconde consécutifs, après le repère de minute, à partir du repère de seconde neuf jusqu'au repère de seconde $(8 + m)$ inclus, *m* étant un nombre entier au plus égal à 8.

$DTU1 = -(m \times 0{,}1)$ s

Une valeur nulle de DTU1 sera indiquée par l'absence de repère de seconde marqué.

Les repères de seconde appropriés seront marqués, par exemple, par l'allongement, le doublement, la division en deux, ou la modulation des repères de seconde normaux.

Exemples:

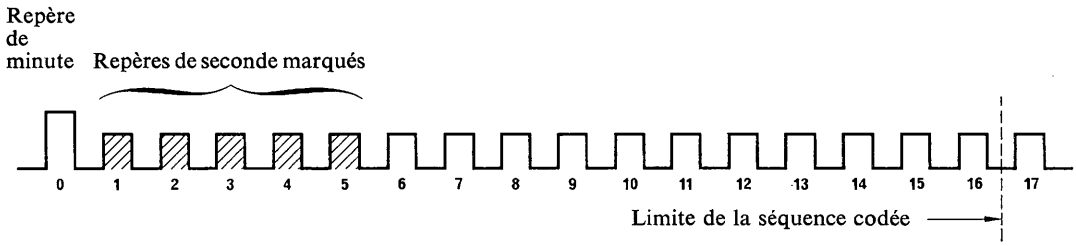


FIGURE 1

DTU1 = + 0,5 s

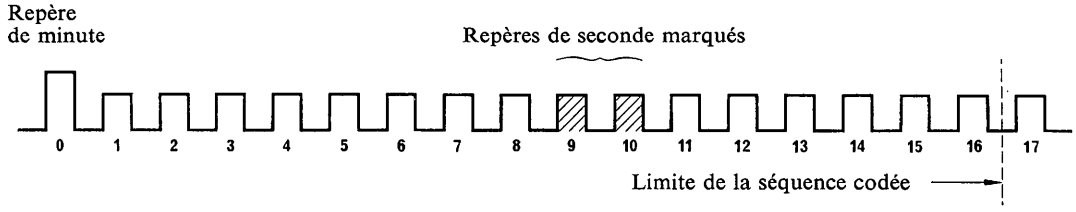


FIGURE 2

DTU1 = — 0,2 s

ANNEXE III

ATTRIBUTION DE DATES A DES ÉVÉNEMENTS AU VOISINAGE D'UNE SECONDE INTERCALAIRE

L'attribution de dates aux événements qui se produisent au voisinage d'une seconde intercalaire se fera comme l'indiquent les exemples ci-dessous:

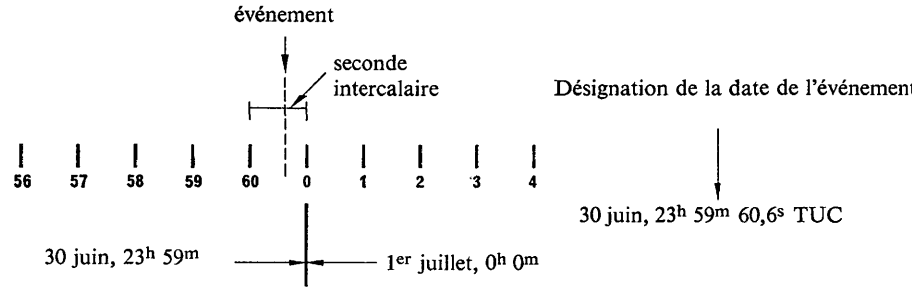


FIGURE 3

Seconde intercalaire positive

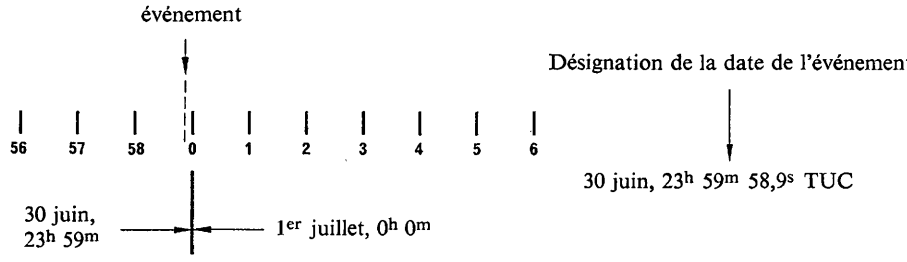


FIGURE 4

Seconde intercalaire négative

AVIS 485

UTILISATION D'ÉCHELLES DE TEMPS DANS LES SERVICES DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que l'échelle de temps atomique international a été définie par la Conférence générale des poids et mesures en 1971;

b) que, conformément à l'Avis 460-1, l'échelle de temps TUC est couramment acceptée depuis 1972;

c) que le TUC et le TAI sont étroitement liés et ne diffèrent que d'un nombre entier connu de secondes;

d) que les laboratoires du service des signaux horaires devraient, conformément à l'Avis 458, rapporter les indications de dates à leur propre échelle TUC(i),

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

que les données relatives au temps devraient être publiées chaque fois que cela est possible par référence au temps universel coordonné (TUC) ou au temps atomique international (TAI).

AVIS 486

RÉFÉRENCE DES ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON A L'ÉCHELLE DE TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL

(Question 3/7)

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que, pour l'usager, les données concernant l'erreur d'une émission de fréquences étalon et de signaux horaires sont d'une grande importance;

b) que l'échelle de temps atomique international (TAI) est d'une très grande importance en tant que référence pour les comparaisons de temps et de fréquence;

c) que, dans les bandes d'ondes kilométriques et myriamétriques, il est techniquement possible de régler le rayonnement d'une fréquence étalon d'une manière telle que les variations de phase par rapport au TAI (ou au temps universel coordonné TUC) restent comprises dans les limites d'une tolérance étroite $\pm \Delta t$, faible par rapport à la période de la fréquence porteuse;

d) qu'il existe des appareils capables de recevoir plusieurs émissions presque synchrones, ce qui permet de passer de l'une à l'autre en cas d'interruption d'un émetteur;

e) que l'existence d'un service étendu d'émissions synchrones de fréquences étalon et de signaux horaires en ondes kilométriques et myriamétriques permet l'identification de la phase (identification des phases des ondes myriamétriques à l'aide des signaux horaires transmis sur ondes kilométriques et vice versa),

ÉMET A L'UNANIMITÉ L'AVIS

1. qu'il convient d'utiliser une fréquence liée au TAI (ou TUC) comme référence pour les émissions de fréquence étalon;

2. qu'il convient d'exprimer les données concernant la précision de la fréquence étalon par référence à la fréquence liée au TAI sous forme de la moyenne de la différence relative de fréquence prise sur 10 jours au moins;

3. que l'intervalle de temps ($-\Delta t$, $+\Delta t$) dans lequel la phase de la fréquence étalon peut varier par rapport au temps TAI (ou TUC) soit spécifié pour chaque émission à ondes kilométriques ou myriamétriques, et que les valeurs de Δt soient publiées par les administrations responsables des services de fréquences étalon et de signaux horaires.

Rapports

RAPPORT 267-3*

FRÉQUENCES ÉTALON ET SIGNAUX HORAIRES

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

(Question 1/7)

(1956 – 1959 – 1963 – 1966 – 1970 – 1974)

Les caractéristiques des stations énumérées dans les tableaux ci-après sont valables depuis le 1er août 1974. Pour tous renseignements concernant les changements qui auraient pu intervenir, on pourra consulter le Rapport annuel du Bureau international de l'Heure (B.I.H.) ou s'adresser directement à l'administration responsable de chaque service, dont le nom figure dans l'Annexe I.

* Adopté à l'unanimité.

TABLEAU I

Caractéristiques des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées, valables à partir du 1er août 1974

Station			Type d'antenne	Puissance de l'onde porteuse dans l'antenne (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Exactitude des fréquences et des intervalles de temps (10^{-10})	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement	Latitude Longitude				jours par semaine	heures par jour	Porteuse (MHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (minutes)	Durée de la modulation audible (minutes)		
ATA	New Delhi, Inde	28° 34′ N 77° 19′ E	Doublet horizontal	2	1	6	4	10	1; 1000	continus	4 sur 15	± 100	
FFH(1)	Paris, France	48° 33′ N 02° 34′ E	Doublet vertical	5	1	5(3)	8½	2,5	1	continus	néant	± 0,2	Code du C.C.I.R. par prolongement jusqu'à 0,1s
IAM(1)	Roma, Italie	41° 52′ N 12° 27′ E	Vertcial λ/4	1	1	6	2	5	1	continus	néant	± 0,5	
IBF(1)	Torino, Italie	45° 02′ N 07° 46′ E	Vertical λ/4	5	1	7	2¾	5	1	continus	néant	± 0,5	Code du C.C.I.R. par impulsion double
JG2AR(1)	Tokyo, Japon	35° 42′ N 139° 31′ E	Omni-directif	3	1	1(3)	2(4)	0,02	néant	néant	néant	± 0,5	Pas de code DTU1
JJY(1)	Tokyo, Japon	35° 42′ N 139° 31′ E	Doublets verticaux λ/2 (2,5 MHz: doublet λ/2 vertical, chargé au sommet)	2	4	7	24(5)	2,5; 5; 10; 15	1(6) 1000(7)	continus	27 sur 60	± 0,5	Code du C.C.I.R. par prolongement
LOL(1)	Buenos Aires, Argentine	34° 37′ S 58° 21′ W	Doublet horizontal replié à 3 fils	2	3	7	5	5; 10; 15	1; 440; 1000	continus	3 sur 5	± 0,2	Code du C.C.I.R. par prolongement
MSF(1)	Rugby, Royaume-Uni	52° 22′ N 01° 11′ W	Doublets quadratiques horizontaux (2,5 MHz: brin vertical)	0,5	3	7	24	2,5; 5; 10	1	5 sur 10	néant	± 1	Code du C.C.I.R. par impulsion double
OMA(1)	Praha, R.S. Tchécoslovaque	50° 07′ N 14° 35′ E	T	1	1	7	24	2,5	1; 1000 (8)	15 sur 30	4 sur 15	± 10	
RAT(1)	Moskva, U.R.S.S.	55° 19′ N 38° 41′ E	Doublet horizontal	5	1	7	22½	2,5; 5	1; 10	39 sur 60	néant	± 0,5	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 11 et 12(12)
RCH(1)	Tachkent, U.R.S.S.	41° 19′ N 69° 15′ E	Doublet horizontal	1	1	7	22½	2,5	1; 10	38 sur 60	néant	± 2	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 51 et 52(12)
RID(1)	Irkoutsk, U.R.S.S.	52° 46′ N 103° 39′ E	Doublet horizontal	1	1	7	23	5,004; 10,004	1; 10	35 sur 60	néant	± 0,5	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 31 et 32(12)
RIM(1)	Tachkent, U.R.S.S.	41° 19′ N 69° 15′ E	Doublet horizontal	1	1	7	20½	5; 10	1; 10	38 sur 60	néant		DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 51 et 52(12)
RKM(1)	Irkoutsk, U.R.S.S.	52° 46′ N 103° 39′ E	Doublet horizontal	1	1	7	23	10,004; 15,004	1; 10	35 sur 60	néant	± 0,5	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 31 et 32(12)
RTA(1)	Novosibirsk, U.R.S.S.	55° 04′ N 82° 58′ E	Doublet horizontal	5	1	7	20½	4,996; 9,996; 14,996	1; 10	41 sur 60	néant	± 0,5	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 45 et 46(12)
RWM(1)	Moskva, U.R.S.S.	55° 19′ N 38° 41′ E	Doublet horizontal	8	1	7	23	10; 15	1; 10	39 sur 60	néant	± 0,5	DUT1 + dUT1: en code morse chaque heure entre les minutes: 11 et 12(12)
WWV(1)	Fort Collins, Colorado, Etats-Unis d'Amérique	40° 41′ N 105° 02′ W	Doublets verticaux λ/2	2,5 à 10	6	7	24	2,5; 5; 10; 15; 20; 25	1; 440; 500; 600	continus(2)	continus(10)	± 0,1	Code du C.C.I.R. par impulsion double. Information supplémentaire sur les corrections UT1
WWVH(1)	Kekaha, Kauai, Hawaii, Etats-Unis d'Amérique	21° 59′ N 159° 46′ W	Rideaux de doublets verticaux λ/2	2,5 à 10	5	7	24	2,5; 5; 10; 15; 20	1; 440; 500; 600	continus(2)	continus(10)	± 0,1	Code du C.C.I.R. par impulsion double. Information supplémentaire sur les corrections UT1
WWVL(1) (9)	Fort Collins, Colorado, Etats-Unis d'Amérique	40° 41′ N 105° 03′ W	Antenne verticale chargée au sommet	1,8	(9)	(9)	24	0,02	néant	néant	néant	± 0,1	
ZLFS	Lower Hutt, Nouvelle-Zélande	41° 14′ S 174° 55′ E		0,3	1	1	3	2,5	néant	néant	néant	± 500	
ZUO(1)	Olifantsfontein, République Sudafricaine	24° 58′ S 28° 14′ E	Antenne unipolaire verticale	4	1	7	24(11)	2,5; 5	1	continus	néant	± 0,1	Code du C.C.I.R. par prolongement

Notes relatives au Tableau I

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) Ces stations ont fait savoir qu'elles suivent le système TUC, spécifié dans l'Avis 460-1. Depuis le 1er janvier 1972, le décalage de fréquence a été supprimé et les signaux horaires restent dans la limite d'environ 0,8 s de TU1, grâce à des bonds de 1 s, appliqués de temps à autre, conformément aux indications du B.I.H.

(2) 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 minute. 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 ainsi que l'information de temps TUC en minutes, heures et jours de l'année.

(3) Tous les lundis.

(4) De 05 h. 30 à 07 h. 30 TU.

(5) Avec interruption entre les minutes 25 et 34 de chaque heure.

(6) Une impulsion se compose de 8 cycles de modulation à 1600 Hz. La première impulsion de chaque minute est précédée d'une modulation à 600 Hz pendant 655 ms.

(7) Modulation à 1000 Hz entre les minutes 0 et 10, 20 et 25, 34 et 35, 40 et 50 et 59 et 60; modulation supprimée 40 ms avant et après chaque impulsion de seconde.

(8) Dans la période de 18 h. 00 à 06 h. 00 TU, la modulation à fréquence acoustique est remplacée par des signaux horaires.

(9) Depuis le 1er juillet 1972, il n'y a plus d'émission régulière de WWVL. Depuis cette date, cette station diffuse des programmes expérimentaux par intermittences seulement.

(10) Sauf pour la durée des annonces parlées et pendant la période de demi-silence de 5 minutes, chaque heure.

(11) 2,5 MHz: de 18 h. 00 à 04 h. 00 TU; 5 MHz: continus.

(12) L'information sur la valeur et le signe de la différence DUT1 + dUT1 est transmise après chaque signal de minute par le marquage des signaux de seconde correspondants au moyen d'impulsions supplémentaires. Cette information est transmise, de plus, en code morse, comme indiqué. L'information TU1 est transmise conformément au code C.C.I.R. On diffuse l'information supplémentaire dUT1, qui spécifie avec plus de précision la différence TU1—TUC, jusqu'à des multiples de 0,02 s, la valeur totale de la correction étant DUT1 + dUT1. Les valeurs positives de dUT1 sont transmises par marquage de p repères de seconde, dans l'intervalle compris entre la 20e et la 25e seconde, d'où: dUT1 = + 0,02 s × p. Les valeurs négatives de DUT1 sont transmises par marquage de q repères de seconde, dans l'intervalle compris entre la 35e et la 40e seconde, d'où: dUT1 = — 0,02 s × q.

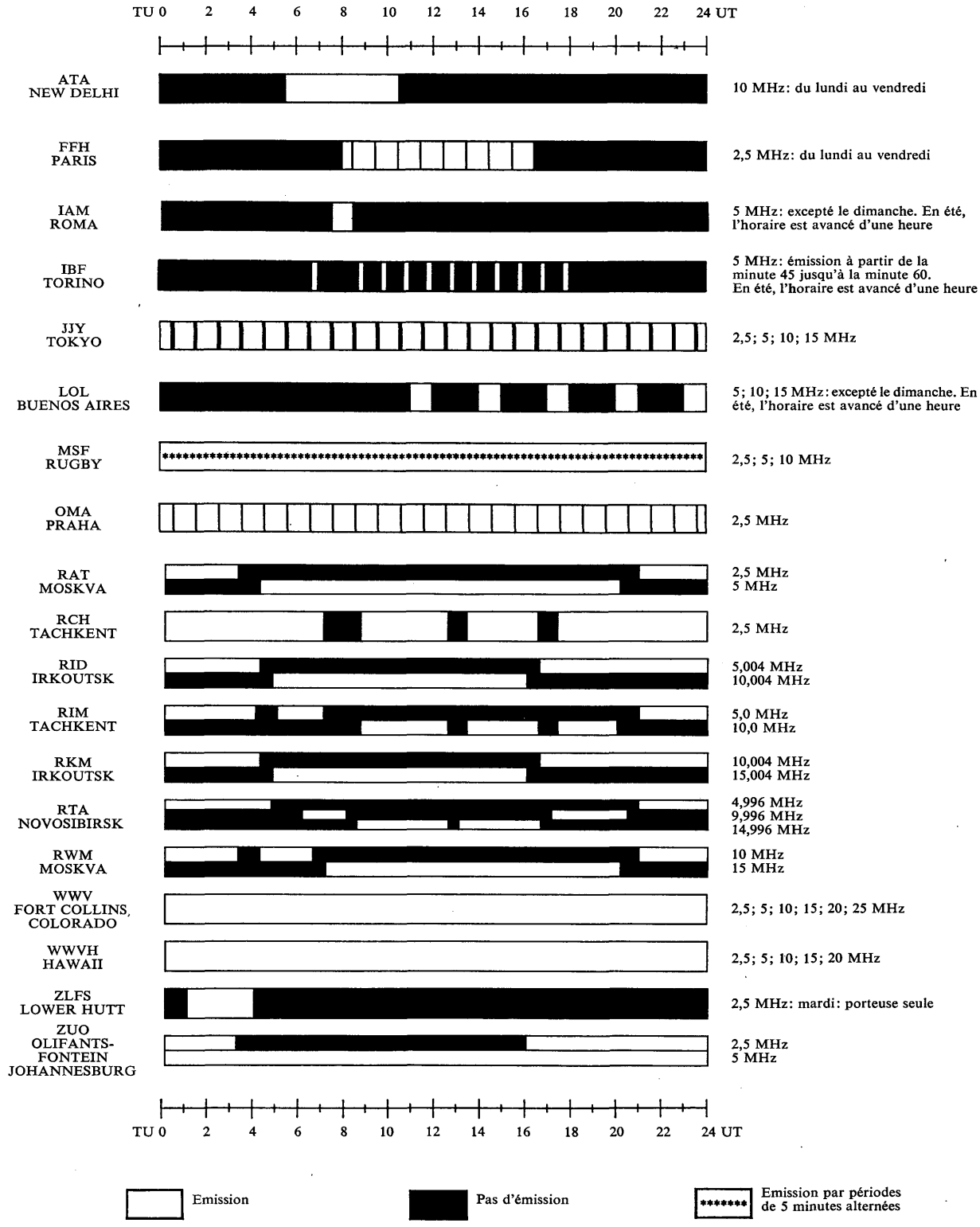
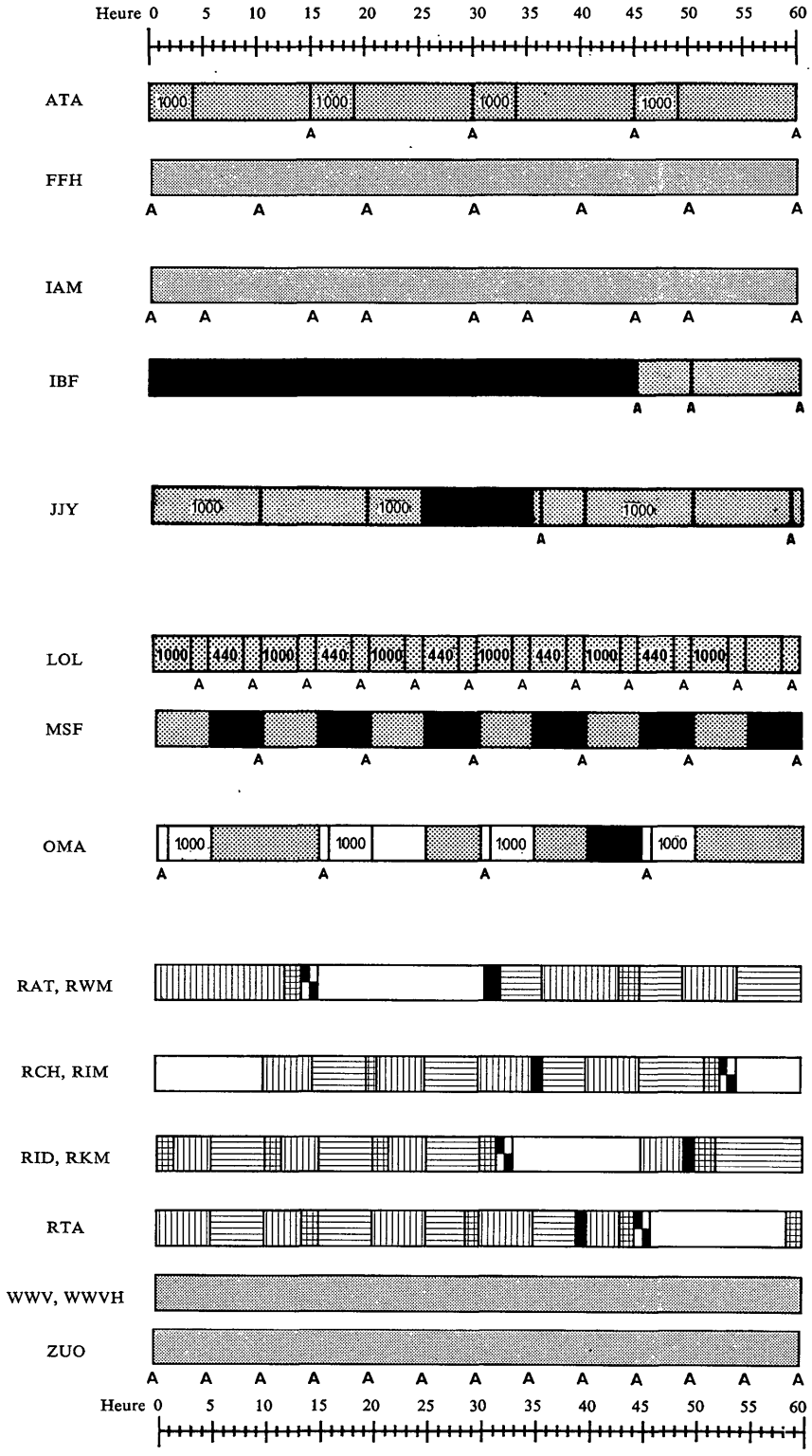


FIGURE 1

Horaire journalier des émissions



Forme des signaux de seconde et de minute: code morse et annonces parlées (A).

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, prolongée jusqu'à 100 ms au début de la minute. Indicatif et temps (TU) en morse.

Impulsion de 5 cycles de 1000 Hz: impulsion de minute prolongée à 500 ms: code DTU1 par impulsions de seconde prolongées à 100 ms. Indicatif d'appel en code morse entre la 32e seconde et la 42e seconde des minutes: 0, 10, 20, 30, 40 et 50.

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz: au début de la minute impulsion de 20 cycles de modulation à 1000 Hz. Indicatif et temps (TU) en morse et identification par annonce parlée.

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, répétée sept fois au début de la minute. Indicatif et temps (TU) en code morse; identification par annonce parlée au début et fin de chaque émission.

Impulsion de 8 cycles de modulation à 1600 Hz, l'impulsion de minute est précédée par une tonalité de 600 Hz d'une durée de 655 ms. Indicatif et temps (JST) en code morse et par annonce parlée. Avertissements sur la propagation radioélectrique donnés au moyen d'un code de lettres: N (normal), U (instable) et W (perturbé). DUT1 est indiqué par le nombre et la position des impulsions de seconde prolongées (durée 45 ms) au lieu des 5 ms de l'impulsion de seconde normale.

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, la 59e impulsion étant supprimée. Indicatif en morse; identification et heure (TU – 3 heures) par annonce parlée.

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, impulsion de 100 ms au début de la minute. Indicatif en morse et par annonce parlée.

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, une impulsion de 100 ms au début de la minute et une impulsion de 500 ms toutes les cinquièmes minutes. Les cinq dernières impulsions de chaque quart d'heure ont une durée de 100 ms. Toutes les 3 heures, émission d'impulsions de 100 ms entre les minutes 55 et 60, ces impulsions étant prolongées jusqu'à 500 ms au début des minutes. Indicatif en morse.

Les 55e, 56e, 57e, 58e et 59e impulsions de seconde sont supprimées toutes les cinquième, dixième, trente-cinquième, quarantième, cinquantième, cinquante-cinquième et soixantième minutes.

Les 55e, 56e, 57e 58e et 59e impulsions de seconde sont supprimées toutes les dixième, quinzième, vingtième, vingt-cinquième, trentième, quarantième et quarante-cinquième minutes.

Les 55e, 56e, 57e, 58e et 59e impulsions de seconde sont supprimées toutes les cinquième, vingt-cinquième et cinquante-cinquième minutes.

Les 55e, 56e, 57e, 58e et 59e impulsions de seconde sont supprimées toutes les cinquième, dixième, vingtième, vingt-cinquième et trente-cinquième minutes.

voir *

Impulsion de 5 cycles de modulation à 1000 Hz, prolongée jusqu'à 0,5 seconde au début de la minute. Annonces par code morse.

* Impulsions de cinq cycles de modulation à 1000 Hz (WWV) ou de six cycles de modulation à 1200 Hz (WWVH), prolongées à 0,8 s au début de chaque minute. Une impulsion de 0,8 s à 1500 Hz marque le début de chaque heure pour les deux stations. Chaque minute, les vingt-neuvième et cinquante-neuvième impulsions sont supprimées. Chaque minute est précédée d'annonces parlées. Chaque minute, 45 secondes 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 secondes de modulation à 440 Hz est insérée, chaque heure, 1 minute (WWVH) ou 2 minutes (WWV) après l'heure. Un code de temps IRIG-H modifié, donnant le jour, l'heure, la minute et l'information TU1, 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 seconde doublées, chaque minute. Toutes les modulations sont interrompues 40 ms de part et d'autre de chaque impulsion de seconde.

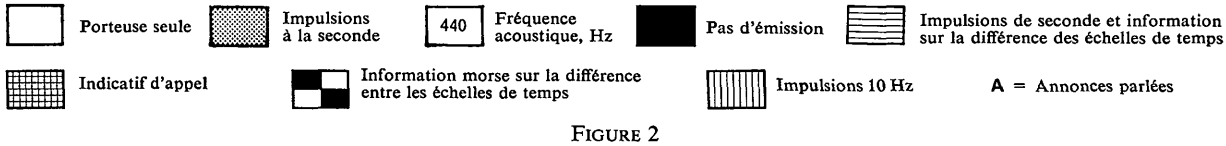


FIGURE 2
Programme des modulations en une heure

TABLEAU II

Caractéristiques des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes additionnelles, valables à partir du 1er août 1974

Station			Type d'antenne	Puissance de l'onde porteuse dans l'antenne (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Exactitude des fréquences et des intervalles de temps (10^{-10})	Méthode d'indication de DUT1
Indicatif	Emplacement	Latitude Longitude				jours par semaine	heures par jour	Porteuse (kHz)	Modulation (Hz)	Durée de transmission des signaux horaires (minutes)	Durée de la modulation audible (minutes)		
	Allouis, France	47° 10′ N 02° 12′ E	Omni-directif	500	1	7	24	163,84(33)	néant	néant	continue A3	± 0,5	
CHU(1)	Ottawa, Canada	45° 18′ N 75° 45′ W	Omni-directif	3; 10; 3	3	7	24	3330; 7335; 14670	1(4)	continus	néant	± 0,05	Code du C.C.I.R. par impulsion dédoublée
	Donebach, R.F. d'Allemagne	49° 34′ N 09° 11′ E	Omni-directif	250	1	7	24	151	néant	néant	continue A3	± 0,05	
DCF77(1)	Mainflingen, R.F. d'Allemagne	50° 01′ N 09° 00′ E	Omni-directif	38	1	7	24	77,5	1	continus (6)	continue (7)	± 0,1	Code du C.C.I.R. par prolongation jusqu'à 0,2 s
	Droitwich, Royaume-Uni	52° 16′ N 02° 09′ W	T	400	1	7	22	200	néant	néant	émission continue A3	± 0,2	
GBR(1)(31)	Rugby, Royaume-Uni	52° 22′ N 01° 11′ W	Omni-directif	750 60(2)	1	7	22(8)	15,95 16,00	1(9)	4 × 5 par jour(10)	néant	± 0,2	Code du C.C.I.R. par impulsion double
HBG(39)	Prangins, Suisse	46° 24′ N 06° 15′ E	Omni-directif	20	1	7	24	75	1(28)	continus(29)	néant	± 0,2	Pas d'émission DUT1
JJF-2(1) JG2AS	Kemigawa, Chiba, Japon	35° 38′ N 140° 04′ E	Omni-directif	10	1	7 (5)	24 (17)	40	1(21)	continus(29)	néant	± 0,5	
MSF	Rugby, Royaume-Uni	52° 22′ N 01° 11′ W	Omni-directif	50	1	7	24	60	1(12)	continus	néant	± 0,1	Code du C.C.I.R. par impulsion double
NAA(1) (22) (32)	Cutler, Maine, U.S.A.	44° 38′ N 67° 16′ W	Omni-directif	2000 1000 (2)	1	7	24	17,8	néant	néant	néant	± 0,1	
NBA(1) (22) (32)	Balboa, Panama Canal Zone, U.S.A.	09° 03′ N 79° 38′ W	Omni-directif	300 150 (2)	1	7	24(14)	24	néant	(38)	néant	± 0,1	En code morse chaque minute entre les secondes 56 et 59
NDT(1)(32)	Yosami, Japon	34° 58′ N 137° 01′ E	Omni-directif	50(2)	1	7	24	17,4	néant	néant	néant	± 0,1	
NLK(1)(32)	Jim Creek, Washington, U.S.A.	48° 12′ N 121° 55′ W	Omni-directif	1200 250(2)	1	7	24 (35)	18,6	néant	néant	néant	± 0,1	
NPM(1) (22) (32)	Lualualei, Hawaii, U.S.A.	21° 25′ N 158° 09′ W	Omni-directif	1000 140(2)	1	7	24(15)	23,4	néant	néant	néant	± 0,1	
NSS(1) (32)	Annapolis, Maryland, U.S.A.	38° 59′ N 76° 27′ W	Omni-directif	1000 85(2)	1	7	24 (36)	21,4	néant	(27)	néant	± 0,1	Code morse chaque minute entre les secondes 56 et 59
NWC(1) (22) (32)	North West Cape, Australie	21° 49′ S 114° 10′ E	Omni-directif	1000(2)	1	7	24 (37)	15,5 22,3	néant	(30)	néant	± 0,1	Code morse chaque minute entre les secondes 56 et 58(40)
OMA	Podebrady, R.S.Tchécoslovaque	50° 08′ N 15° 08′ E	T	5	1	7	24	50	1(9)	23 heures par jour(16)	néant	± 10	Pas d'émission DUT1
RBU(1)	Moskva, U.R.S.S.	55° 19′ N 38° 41′ E	Doublet horizontal	10	1	7	23	66 2/3	1; 10	6 sur 60	néant	± 0,5	Code morse chaque heure entre les minutes 6 et 7(41)
RTZ(1)	Irkoutsk, U.R.S.S.	52° 18′ N 104° 18′ E	Doublet horizontal	10	1	7	23	50	1; 10	5 sur 60	néant	± 0,5	Code morse chaque heure entre les minutes 6 et 7(41)
RV/166	Irkoutsk, U.R.S.S.	52° 18′ N 104° 18′ E	Doublet horizontal	40	1	7	22	200		néant	diffusion	± 0,5	
SAZ(21)	Enköping, Suède	59° 35′ N 17° 08′ E	Yagi (12 dB)	0,1 (PAR)	1	7	24	100 000	néant	néant	néant	± 50	
SAJ(21)	Stockholm, Suède	59° 20′ N 18° 03′ E	Omni-directif	0,06 (PAR)	1	1 (18)	2(19)	150 000	néant	néant	10(20)	± 1	
VNG(1)	Lyndhurst, Victoria, Australie	38° 03′ S 145° 16′ E	Omni-directif	10	2	7	24(23)	4500 7500 12000	1; 1000 (24)	continus	néant	± 1	Code du C.C.I.R. par 45 cycles de 900 Hz suivant immédiatement les repères de secondes normaux
WWVB(1)	Fort Collins, Colorado, U.S.A.	40° 40′ N 105° 03′ W	Antenne verticale chargée	13(2)	1	7	24	60	1(3)	continus	néant	± 0,1	Pas de code du C.C.I.R.
ZUO(26)	Olifantsfontein, République Sudafricaine	24° 58′ S 28° 14′ E	Omni-directif	0,05	1	7	24	100 000	1	continus	néant	± 0,1	Code du C.C.I.R. par prolongation

Notes relatives au Tableau II

(1) Ces stations ont fait savoir qu'elles suivent un des systèmes de l'Avis 460-1.

(2) Ces valeurs représentent la puissance rayonnée estimée.

(3) Code de temps utilisé qui réduit la porteuse de 10 dB au début de chaque seconde.

(4) Impulsions de 300 cycles de modulation à 1000 Hz: la première impulsion de chaque minute est prolongée.

(5) Lundi au samedi inclus, pour JG-2AS.

(6) Signaux horaires A1 (suppression de la porteuse pendant 100 ms au début de chaque seconde, sauf pendant la seconde N° 59 de chaque minute) du Physikalisch-Technische Bundesanstalt. Depuis le 6 juin 1973, les numéros de la minute, de l'heure, du jour, du mois et de l'année de calendrier, ainsi que le jour de la semaine, sont transmis chaque minute à partir de la 20e seconde jusqu'à la 58e seconde, conformément à l'échelle de temps officielle CET (PTB) = TUC (PTB) + 1 h., dans le code BCD. Un repère de seconde d'une durée de 0,1 s équivaut à «0 binaire» et un repère de 0,2 s à «1 binaire».

(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 19e, 39e et 59e minutes, sans interruption de la séquence des signaux horaires.

(8) Période de maintenance: de 13 h. 00 à 14 h. 30 TU de chaque jour.

(9) Signaux télégraphiques A1.

(10) De 02 h. 55 à 03 h. 00, de 08 h. 55 à 09 h. 00, de 14 h. 55 à 15 h. 00 et de 20 h. 55 à 21 h. 00 TU.

(11) Période d'entretien de 13 h. 00 à 16 h. 00 TU le premier dimanche de chaque mois.

(12) Porteuse interrompue pendant 100 ms chaque seconde et pendant 500 ms chaque minute; de 14 h. 30 à 15 h. 30 TU des impulsions en A2 sont transmises de la même façon que pour MSF 2,5, 5 et 10 MHz.

(13) Impulsions de temps groupées par 8, espacées entre elles de 1 ms; 20 groupes par seconde.

(14) Excepté de 12 h. 00 à 18 h. 00 TUC le lundi.

(15) Excepté de 17 h. 00 TUC le lundi à 02 h. 00 TUC le mardi, pour les 1er et 3e lundis de chaque mois.

(16) De 10 h. 00 à 11 h. 00 TU, émissions sans manipulation, sauf pour l'indicatif OMA au début de chaque quart d'heure.

(17) JJF-2: télégraphie, JG2AS: de 23 h. 30 à 08 h. 00 TUC.

(18) Chaque vendredi.

(19) De 09 h. 30 à 11 h. 30 TU.

(20) 5 minutes au début et 5 minutes à la fin de l'émission, aux fins d'identification seulement.

(21) Emission de la porteuse, d'une durée de 500 ms, au début de chaque seconde, lorsque la 59e impulsion est supprimée chaque minute.

(22) On emploie des émissions à manipulation par déplacement de fréquence. Stabilité de phase sur la fréquence assignée.

(23) 4500 kHz, de 09 h. 45 TU à 21 h. 30 TU, 12000 kHz, de 21 h. 45 TU à 09 h. 30 TU, 7500 kHz, service continu, avec une interruption technique de 22 h. 30 TU à 22 h. 45 TU.

(24) Impulsions de 50 cycles de modulation à 1000 Hz, raccourcies à 5 cycles de la 55e à la 58e seconde; la 59e impulsion est supprimée. Aux minutes 5, 10, 15, etc., les impulsions de la 50e à la 58e seconde sont raccourcies à 5 cycles; identification par annonce parlée entre la 20e et la 50e impulsion des minutes 15, 30, 45 et 60.

(25) Excepté la première minute de chaque heure.

(26) Emetteur à modulation de phase; signaux horaires et annonces comme pour ZUO 2,5 et 5 MHz (voir Tableau I).

(27) Les émissions sont temporairement suspendues. On envisage d'utiliser des signaux horaires à manipulation par déplacement de fréquence lorsque les émissions reprendront.

(28) Suppression de la porteuse pendant 100 ms au début de chaque seconde; impulsion double au début de chaque minute; impulsion triple au début de chaque heure; impulsion quadruple au début de chaque 12 heures.

(29) En l'absence des émissions télégraphiques.

(30) Signaux horaires en manipulation par déplacement de fréquence pendant 2 minutes, avant 00 h. 30, 04 h. 30, 08 h. 30, 12 h. 30, 16 h. 30 et 20 h. 30 TUC.

(31) On emploie la manipulation par déplacement de fréquence en alternance avec l'émission en ondes entretenues; les fréquences des deux pilotes sont stabilisées.

(32) 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, D.C., Etats-Unis d'Amérique.

(33) Temporairement.

(34) Excepté de 14 h. 00 à 18 h. 00 TUC, le vendredi.

(35) Excepté de 17 h. 00 à 22 h. 00 TUC, les premier et troisième jeudis de chaque mois.

(36) Excepté de 13 h. 00 à 19 h. 00 TUC, le mercredi.

(37) Excepté de 00 h. 00 à 03 h. 00 TUC, le lundi.

(38) Signal horaire en manipulation par déplacement de fréquence, 5 minutes avant chaque heure paire, excepté de 23 h. 55 à 24 h. 00 TUC.

(39) Emission expérimentale, signaux horaires coordonnés.

(40) *Information DUT1 dans le code C.C.I.R.*

Information dUT1. Cette information supplémentaire spécifie de façon plus précise la différence TU1—TUC jusqu'à des multiples de 0,02 s, la valeur totale de la correction étant DUT1 + dUT1.

Une valeur positive de dUT1 est indiquée par le doublement d'un nombre (p) de repères de seconde consécutifs, depuis le repère 21 jusqu'au repère ($20+p$) inclusivement; (p) est un entier compris entre 1 et 5 inclusivement:

$$\mathrm{dUT1} = p \times 0{,}02\ \mathrm{s}.$$

Une valeur négative de dUT1 est indiquée par le doublement d'un nombre (q) de repères de seconde consécutifs, faisant suite au repère de minute, depuis le repère 31 jusqu'au repère ($30+q$) inclusivement; (q) est un entier compris entre 1 et 5 inclusivement:

$$\mathrm{dUT1} = -(q \times 0{,}02)\ \mathrm{s}.$$

Le repère de seconde 28 qui vient après le repère de minute est doublé en tant que bit de parité, si la valeur de (p) ou (q) est un nombre pair, ou si $\mathrm{dUT1} = 0$.

(41) L'information sur la valeur et le signe de la différence DUT1 + dUT1 est transmise après chaque signal de minute par le marquage des signaux de seconde correspondants au moyen d'impulsions supplémentaires. Cette information est transmise, de plus, en code morse, comme indiqué. L'information TU1 est transmise conformément au code C.C.I.R. On diffuse l'information supplémentaire dUT1, qui spécifie avec plus de précision la différence TU1—TUC, jusqu'à des multiples de 0,02 s, la valeur totale de la correction étant DUT1 + dUT1. Les valeurs positives de dUT1 sont transmises par marquage de p repères de seconde, dans l'intervalle compris entre la 20e et la 25e seconde, d'où: $\mathrm{dUT1} = +0{,}02\ \mathrm{s} \times p$. Les valeurs négatives de DUT1 sont transmises par marquage de q repères de seconde, dans l'intervalle compris entre la 35e et la 40e seconde, d'où: $\mathrm{dUT1} = -0{,}02\ \mathrm{s} \times q$.

TABLEAU III

Caractéristiques de certains systèmes d'aide à la navigation, valables à la date du 1er août 1974

Station			Type d'antenne	Puissance de l'onde porteuse dans l'antenne (kW)	Nombre d'émissions simultanées	Durée de fonctionnement		Fréquences étalon utilisées		Durée de l'émission		Exactitude des fréquences et des intervalles de temps (10^{-10})
Indicatif	Emplacement	Latitude Longitude				jours par semaine	heures par jour	Porteuse (kHz)	Période de répétition des impulsions en microsecondes	Durée de transmission des signaux horaires	Durée de la modulation audible	
Loran-C SS7-M	Carolina Beach, N.C., U.S.A.	34° 03,8′ N 77° 54,8′ W	Omni-directif	1000(4)	1	7	24	100	(1) 99 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS7-W	Jupiter, Florida, U.S.A.	27° 02,0′ N 80° 06,9′ W	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 99 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS7-X(6)	Cape Race, Newfound-land	46° 46,5′ N 53° 10,5′ W	Omni-directif	2000(4)	1	7	24	100	(1) 99 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS7-Y	Nantucket Island, U.S.A.	41° 15,2′ N 69° 58,6′ W	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 99 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS7-Z	Dana, Indiana, U.S.A.	39° 51,1′ N 87° 29,2′ W	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 99 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL7-M	Angissog, Groenland	59° 59,3′ N 45° 10,4′ W	Omni-directif	500(4)	1	7	24	100	(1) 79 300	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL3-M(6)	Ejde, Faroe Is.	62° 18,0′ N 7° 04,5′ W	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 79 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL3-W	Sylt, R.F. d'Allemagne	54° 48,5′ N 8° 17,6′ E	Omni-directif	300(4)	1	7	24	100	(1) 79 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL3-X	Boe, Norvège	68° 38,1′ N 14° 27,1′ E	Omni-directif	200(4)	1	7	24	100	(1) 79 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL3-Y(6)	Sandur, Islande	64° 54,4′ N 23° 55,3′ W	Omni-directif	3000(4)	1	7	24	100	(1) 79 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL3-Z	Jan Mayen, Norvège	70° 54,9′ N 8° 44,0′ W	Omni-directif	200(4)	1	7	24	100	(1) 79 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL1-M	Simeri Crichi, Italie	38° 52,3′ N 16° 43,1′ E	Omni-directif	250(4)	1	7	24	100	(1) 79 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL1-X	Lampedusa, Italie	35° 31,3′ N 12° 31,5′ E	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 79 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL1-Y	Targabaron, Turquie	40° 58,3′ N 27° 52,0′ E	Omni-directif	250(4)	1	7	24	100	(1) 79 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SL1-Z	Estartit, Espagne	42° 03,6′ N 3° 12,3′ E	Omni-directif	250(4)	1	7	24	100	(1) 79 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C S1-M	Johnston Is.	16° 44,7′ N 169° 30,5′ W	Omni-directif	300(4)	1	7	24	100	(1) 49 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C S1-X	Upolo Pt., Hawaii, U.S.A.	20° 14,8′ N 155° 53,1′ W	Omni-directif	300(4)	1	7	24	100	(1) 49 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C S1-Y	Kure, Hawaii, U.S.A.	28° 23,7′ N 178° 17,5′ W	Omni-directif	300(4)	1	7	24	100	(1) 49 900	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS3-M	Iwo Jima, Japon	24° 48,1′ N 141° 19,5′ E	Omni-directif	4000(4)	1	7	24	100	(1) 99 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS3-W	Marcus Is., Japon	24° 17,1′ N 153° 58,9′ E	Omni-directif	4000(4)	1	7	24	100	(1) 99 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS3-X	Hokkaido, Japon	42° 44,6′ N 143° 43,2′ E	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 99 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS3-Y	Gesashi, Okinawa, Japon	26° 36,4′ N 128° 08,9′ E	Omni-directif	400(4)	1	7	24	100	(1) 99 700	continus (5)	néant	± 0,05
Loran-C SS3-Z	Yap, Caroline Is.	9° 32,8′ N 138° 09,9′ E	Omni-directif	4000(4)	1	7	24	100	(1) 99 700	continus (5)	néant	± 0,05
OMEGA Ω/N	Aldra, Norvège	66° 25′ N 13° 09′ E	Omni-directif	4(2)	1	7	24	10,2-A(3) $11^1/_3$-C 13,6-B	néant	(3)	néant	± 0,1
OMEGA Ω/ND	Lamoure, North Dakota, U.S.A.	46° 22′ N 98° 21′ W	Omni-directif	10(2)	1	7	24	10,2-D(3) $11^1/_3$-F 13,6-E	néant	(3)	néant	± 0,1
OMEGA Ω/T	Trinidad, Antilles	10° 42′ N 31° 38′ W	Omni-directif	1(2)	1	7	24	10,2-B(3) $11^1/_3$-D 13,6-C	néant	(3)	néant	± 0,1
OMEGA Ω/H	Haiku, Hawaii, U.S.A.	21° 24′ N 157° 50′ W	Omni-directif	2(2)	1	7	24	10,2-C(3) $11^1/_3$-E 13,6-D	néant	(3)	néant	± 0,1

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

(2) Ces valeurs représentent la puissance rayonnée estimée.

(3) Voir Tableau IV.

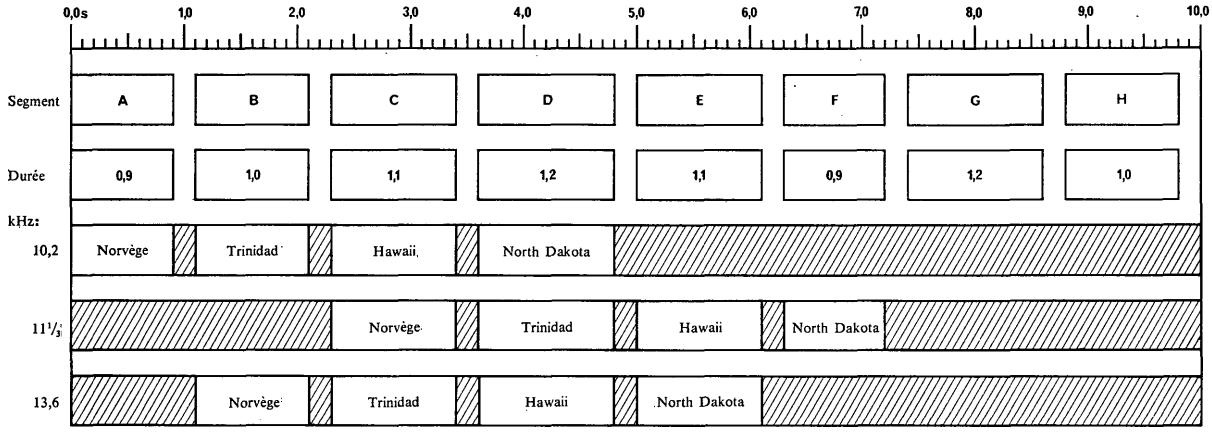
(4) Puissance rayonnée de crête.

(5) Maintenu à ± 5 µs du TUC. Le temps de coïncidence (TOC) avec la seconde TUC change lorsque apparaissent les sauts de seconde; ce temps de coïncidence est indiqué dans des Tables TOC qui sont fournies aux intéressés par le U.S. Naval Observatory, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique.

(6) Les stations à double marche émettent aussi avec la marche SL7, avec une période de répétition des impulsions de 79300 microsecondes.

TABLEAU IV

Format du signal OMEGA



Note 1. — Le segment A ne commence pas à 0,0 seconde TUC. L'époque des segments change avec les sauts de seconde. Le segment A a commencé à 58,0 secondes en janvier 1973.

Note 2. — Les stations OMEGA sont d'abord destinées à la navigation; 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, D.C., Etats-Unis d'Amérique.

ANNEXE I

ADMINISTRATIONS RESPONSABLES DES STATIONS ÉNUMÉRÉES DANS LES TABLEAUX I ET II

Station	*Administration*
CHU	National Research Council Time and Frequency Section Physics Division (m-36) Ottawa K1A OS1, Ontario, Canada. Attn. Dr. C.C. Costain
DCF77	Physikalisch-Technische Bundesanstalt Laboratorium 1.22 33 Braunschweig Bundesallee 100, République Fédérale d'Allemagne
FFH	Centre National d'Etudes des Télécommunications Groupement Etudes spatiales et Transmissions Département Dispositifs et Ensembles fonctionnels 38, rue du Général-Leclerc 92131 — Issy-les-Moulineaux, France
GBR MSF	National Physical Laboratory Electrical Science Division Teddington, Middlesex, Royaume-Uni
HBG	Service horaire HBG Observatoire cantonal CH-2000 — Neuchâtel, Suisse
IAM	Istituto Superiore Poste e Telecomunicazioni Viale di Trastevere, 189 00100 — Roma, Italie

Station	*Administration*
IBF	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris Corso Massimo d'Azeglio, 42 10125 — Torino, Italie
JJY, JG2AR JG2AS	Frequency Standard Division The Radio Research Laboratories Ministry of Posts and Telecommunications Midori-cho, Koganei, Tokyo 184, Japon
LOL	Director Observatorio Naval Av. Costanera Sur, 2099 Buenos Aires, République Argentine
NBA, NDT, NPG, NPM, NPN, NSS, NWC	Superintendent U.S. Naval Observatory Washington, D.C. 20390 Etats-Unis d'Amérique
OMA	1. Time information: Astronomiský ústav ČSAV, Budečska 6 12023 Praha 2, Vinohrady, R.S. Tchécoslovaque 2. Standard frequency information: Ústav radiotechniky a elektroniky ČSAV, Lumumbova 1 18088 Praha 8, Kobylisy, R.S. Tchécoslovaque
RAT, RCH, RID, RIM, RKM, RWM	Comité d'Etat des Normes Conseil des Ministres de l'U.R.S.S. Moscou, U.R.S.S. Leninski prosp., 9
VNG	Section Head (Time and Frequency Standards) A.P.O. Research Laboratories 59 Little Collins Street Melbourne, Victoria 3000, Australie
WWV, WWVH WWVB	Frequency-Time Broadcast Service Section Time and Frequency Division National Bureau of Standards Boulder, Colorado 80302, Etats-Unis d'Amérique
ZUO	Time Standards Section Precise Physical Measurements Division National Physical Research Laboratory P.O. Box 395 0001 – Pretoria, République Sudafricaine

RAPPORT 269-3*

RÉDUCTION DES BROUILLAGES MUTUELS ENTRE ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1963 – 1966 – 1970 – 1974)

L'importance des brouillages mutuels entre les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires continue à déprécier la valeur des services fonctionnant dans les bandes de fréquences attribuées.

* Adopté à l'unanimité.

La participation d'un nombre accru de stations au système international de coordination du temps et des fréquences, même si ce fait doit être accueilli avec satisfaction, a été la cause de difficultés dans l'identification et dans l'utilisation des signaux de synchronisation provenant de différents émetteurs, et reçus dans une zone où les divers signaux arrivent séparés par des intervalles de temps qui ne dépassent pas 2 ms. En ce qui concerne la fréquence 5 MHz, la situation en Europe occidentale, où ces conditions sont remplies, a été améliorée par la décision prise par les stations IAM, IBF et MSF de coordonner leurs programmes d'émission respectifs. Par ailleurs, sur la fréquence 2,5 MHz, la situation ne s'est pas améliorée du fait de l'augmentation de la puissance rayonnée par la station FFH, laquelle peut, à certains moments, brouiller les autres stations qui utilisent cette fréquence, à savoir MSF et OMA.

Il est vrai cependant que FFH n'émet que les jours ouvrables et pendant une durée d'environ huit heures à partir de 08 h. 00 TU.

La présence d'une modulation à fréquence acoustique continue dans un certain nombre d'émissions constitue une source classique de brouillage à la réception des signaux horaires. La modulation à fréquence acoustique est essentiellement limitée à des applications qui ne demandent pas une grande précision et il paraît souhaitable de limiter le domaine de cette modulation.

IAM, IBF et MSF ont déjà supprimé de leurs programmes les modulations à fréquence acoustique; OMA les a remplacées par des signaux horaires que cette station émet de 18 h. 00 à 06 h. 00 TU; LOL enfin a réduit de 44 à 33 minutes par heure la durée totale de modulation par des fréquences acoustiques.

On a observé, dans la partie est des Etats-Unis d'Amérique, des brouillages mutuels entre MSF et WWVB, tous deux sur 60 kHz; ces brouillages sont particulièrement intenses dans l'après-midi et la soirée.

Il convient de souligner qu'à ce moment, une importante source de brouillage dans la bande 7 se présente sur l'émission de la porteuse lorsqu'aucun signal horaire n'est rayonné.

On peut imaginer des techniques de réduction des brouillages mutuels, comme le décalage des fréquences, le partage dans le temps ou le recours à des méthodes de modulation appropriées.

Une autre solution possible au problème que pose la coexistence de plusieurs stations de fréquences étalon et de signaux horaires consiste à introduire une interruption de quelques dizaines de millisecondes dans la modulation continue, pendant une période où les signaux sont émis. Cette méthode est, par exemple, appliquée au Japon (JJY); la durée de l'interruption de la modulation est de 85 ms; on peut par conséquent recevoir les signaux horaires en provenance d'autres stations synchronisées.

Les émissions de signaux horaires dans la bande 5 ont fourni une méthode commode de distribution du temps en Europe; de plus, la stabilisation de la fréquence de certaines porteuses de stations de radiodiffusion fonctionnant dans les bandes 5 et 6 constitue encore une autre méthode de distribution de la fréquence.

Bien que les Assemblées plénières du C.C.I.R. donnent l'occasion d'utiles échanges de vues entre les administrations, la Commission d'études 7 a estimé souhaitable de créer un Groupe de travail intérimaire chargé d'étudier les aspects techniques de la question et d'examiner les méthodes administratives utilisées, enfin de recommander les moyens propres à réduire les brouillages mutuels entre les émissions du service des fréquences étalon et des signaux horaires.

RAPPORT 270-2*

ÉCONOMIE DU SPECTRE DES FRÉQUENCES POUR LES SIGNAUX HORAIRES DE HAUTE PRÉCISION

(Programme d'études 3A-1/7)

(1963 – 1966 – 1970)

Des applications toujours plus nombreuses requièrent l'emploi d'une référence de haute précision pour la synchronisation des signaux horaires. En vue d'obtenir une plus grande précision, il y a intérêt à utiliser une largeur de bande appropriée, jusqu'aux limites imposées par:

* Adopté à l'unanimité.

— la bande attribuée,

— les instabilités de la propagation,

— des considérations relatives aux bruits ou aux brouillages.

Un des systèmes réalisés pour exploiter au maximum les caractéristiques de la propagation de l'onde de sol est le système de navigation LORAN-C qui fonctionne sur 100 kHz. La modulation est choisie de telle sorte que l'on puisse faire la distinction entre l'instant d'arrivée de l'onde de sol et l'instant d'arrivée du premier écho réfléchi sur la couche D. On a constaté expérimentalement que la différence entre les temps d'arrivée de ces deux signaux à une distance de 2000 km est comprise entre 25 et 30 μs, ce qui détermine les caractéristiques de la forme du signal, lequel est limité à une largeur de bande totale de $\pm$ 10 kHz.

Les chaînes de la côte est (de l'Amérique du Nord), de la mer de Norvège, du Pacifique central et de la station LORAN-C du nord-ouest du Pacifique, ont été synchronisées d'après le système TUC de sorte que le début de la première impulsion de chaque groupe d'impulsions émises par les stations maîtresses de ces chaînes coïncide périodiquement avec la seconde TUC. Cette coïncidence s'effectue avec une précision de $\pm$ 5 μs. En outre, l'émission d'une impulsion par seconde est effectuée par les stations maîtresses des chaînes synchronisées pour permettre d'utiliser la technique de réception visuelle moins complexe.

Sur les ondes décamétriques, où la transmission à grande distance s'effectue entièrement par la propagation ionosphérique, la précision avec laquelle on peut recevoir les signaux horaires est limitée par les caractéristiques du milieu de propagation. Les largeurs de bande utilisées ont été déterminées principalement à la suite de considérations d'ordre administratif plutôt que technique ou scientifique. Le Tableau I du Rapport 267-3 permet de constater que toutes les stations, à l'exception de RWM-RES, utilisent comme signal horaire une modulation à fréquence acoustique. Cette modulation a la forme précédemment recommandée par le C.C.I.R. et consiste en n cycles d'une modulation à fréquence acoustique sur 200 n Hz, si bien que tous les signaux ont une durée de 5 ms. On peut choisir n *ad libitum* pour permettre de distinguer les diverses émissions.

C'est ainsi que plusieurs stations, dont WWV, ont pris $n = 5$, alors que WWVH émet avec $n = 6$ et que JJY a récemment adopté $n = 8$. L'emploi de cette forme d'impulsion ne permet pas de séparer les diverses composantes d'un signal reçu après propagation par trajets multiples. Toutefois, ce système permet de réaliser une économie de largeur de bande raisonnable. D'autre part, les perturbations de la propagation donnent lieu à des distorsions aisément identifiables de la forme du signal.

On a étudié une méthode de distribution du temps qui n'exige pas l'emploi de largeurs de bande excessives et qui peut être appliquée à la navigation [Casselmann et Tibbals, 1958] et au repérage du temps [Morgan et Baltzer, 1964]. Dans cette méthode, les interférences entre deux porteuses très voisines et de phases cohérentes engendrent une référence grossière. Lorsque cette référence peut être obtenue aux récepteurs avec une stabilité de phase suffisante, elle sert à identifier un cycle particulier des fréquences porteuses précises, et l'observation de la phase précise de ces porteuses permet alors d'obtenir une référence d'intervalle de temps.

Les premières expériences faites sur 19,9 et sur 20 kHz, sur un trajet de 1400 km, s'étaient révélées encourageantes pour ce qui est de l'identification du cycle. On possède maintenant des renseignements sur des études expérimentales plus récentes, notamment sur une méthode qui permet d'obtenir des signaux de temps à l'aide de récepteurs classiques pour ondes myriamétriques, et avec laquelle on a obtenu des résultats sur un trajet de 2400 km pendant une période de plusieurs mois [Fey et Looney, 1966]. On a décrit également d'autres études dans lesquelles on faisait varier l'espacement de fréquence ainsi que la longueur du trajet [Raules et Burgess, 1967]. On a construit un récepteur expérimental à deux fréquences pour détermination de temps, pouvant être utilisé avec les émissions de WWVL sur 20,0 et 19,9 kHz [Chi et Witt, 1966]. Les résultats de ces diverses études conduisent à penser qu'une différence de 100 Hz entre les fréquences porteuses est trop faible pour permettre une identification quotidienne fiable du cycle sur des trajets arbitraires et, au cours d'une nouvelle série d'expériences, on a ajouté une troisième porteuse aux émissions de WWVL pour obtenir des différences de fréquence de 500 et de 600 Hz. Les résultats obtenus dans ces conditions sont actuellement étudiés, mais il semblerait qu'en procédant à un calcul approprié de la moyenne, on puisse arriver à l'identification du cycle sur des distances pouvant atteindre 8000 km. Une étude analytique mettant en œuvre des méthodes dérivées de la théorie de l'information a montré qu'un système utilisant plusieurs ondes entretenues a des chances d'être optimal du point de vue de l'économie de spectre [Jespersen, 1967]. On trouvera dans la référence [Morgan, 1967] une bibliographie utile sur l'ensemble de cette question.

Des études théoriques se poursuivent actuellement sur un système analogue, utilisant une très petite largeur de bande dans la gamme des ondes myriamétriques [C.C.I.R., 1963–1966]. Ces études portent sur deux méthodes. Dans la première, on considère une forme d'onde particulière qui peut

être interprétée comme le produit de deux signaux sinusoïdaux de même amplitude, dont les fréquences sont dans un rapport entier et en relation de phase convenable. Cette méthode tire parti du repère de temps donné par la modulation de phase de la fréquence porteuse [Egidi et Oberto, 1964 a et b] (et non de l'enveloppe). La deuxième méthode emploie des inversions périodiques de la phase de la porteuse; les cas où les inversions se produisent aux phases 0 et $\pi/2$ ont été traités en détail [Egidi, 1968]. Dans le même article, on trouve les résultats de calculs qui donnent la relation entre la discrimination dans le temps et la largeur de bande du système. Les résultats théoriques obtenus sont encourageants; la réalisation des instruments est en cours [C.C.I.R., 1966–1969a].

Un système à porteuses multiples sur ondes myriamétriques a également été proposé [C.C.I.R., 1966–1969b]; il permet de transmettre à la fois des signaux horaires à 1 s et à 10 ms, sans interruption du service de télécommunication. On trouvera dans les références une description théorique de ce système à trois fréquences ainsi que des dispositifs de réception.

Il y a une limite à la précision de repérage que l'on peut réaliser en utilisant plusieurs signaux très voisins les uns des autres. Cette limitation tient au fait que le temps de propagation de groupe T du signal composite est donné par l'expression

$$T = (\varphi_2 - \varphi_1)/2\pi(f_2 - f_1)$$

où φ_2 et φ_1 désignent les retards de phase subis par les deux fréquences f_2 et f_1. On peut considérer que la variation des retards de phase sous l'effet de la propagation tend vers zéro lorsque $(f_2 - f_1)$ tend lui-même vers zéro. Toutefois, les effets du bruit additif sont essentiellement indépendants de l'espacement de fréquence. Dans ces conditions, l'écart type du temps de propagation de groupe, σ_T, est donné par [Morgan et Baltzer, 1964]:

$$\sigma_T = (\sqrt{2}\,\sigma_\varphi)/2\pi(f_2 - f_1)$$

où $\sigma_\varphi = \sigma_{\varphi_1} = \sigma_{\varphi_2}$ désigne l'écart type des retards de phase imputables au bruit additif. A titre d'exemple, on obtient $\sigma_T = 20\,000$ µs si $\sigma_\varphi = 1$ µs, $f_1 = 20$ kHz et $f_2 = 20\,001$ Hz; par contre, si $f_2 = 20\,100$ Hz, on a $\sigma_T = 200$ µs. Autrement dit, lorsque l'espacement de fréquence diminue, on observe une augmentation de l'erreur introduite par les fluctuations de phase non corrélées.

Références Bibliographiques

Casselmann, C.J. et Tibbals, M.L. [1958]. The Radux-Omega long range navigation system. *Proc. Second National Convention on Military Electronics*, 385-389.

C.C.I.R. [1963–1966] Doc. VII/65, Italie.

C.C.I.R. [1966–1969a] Doc. VII/45, Italie.

C.C.I.R. [1966–1969b] Doc. VII/34, Japon.

Chi, A.R. et Witt, S.N. [1966] Time synchronization of remote clocks using dual VLF transmission. Telemetering Conference Proceedings.

Egidi, C. [mai 1965] Narrow-band time signals. Edition anglaise de *Alta Frequenza*, **37**, 459-469.

Egidi, C. et Oberto, P. [1964a] Modulazione d'ampiezza con le tre righe spettrali aventi ampiezza e fasi qualunque (Modulation d'amplitude avec trois raies spectrales d'amplitude et de phase quelconques). *Alta Frequenza*, 334d, 144-156, en particulier Fig. 11.

Egidi, C. et Oberto, P. [1964b] General distorted three spectral lines amplitude modulation. *Archiv El. Übertragung*, 18 H. 9, 525-526, en particulier Fig. 10.

Fey, R.L. et Looney, Jr. C.H. [décembre 1966] A dual frequency VLF timing system. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-15, 190.

Jespersen, J.L. [novembre 1967] Signal design for time dissemination and some aspects. NBS Tech. Note 357, Boulder, Colo.

Morgan, A.H. [juin 1967] Distribution of a standard frequency and time signals. *Proc. IEEE*, 55, **6**, 827-836.

Morgan, A.H. et Baltzer, O.J. [novembre 1964] A VLF timing experiment. *Radio Science*, Vol. 680, **11**.

Raules, A.T. et Burgess, B. [novembre 1967] Results of the two-frequency VLF transmission experiments from Criggion GBZ. *Radio Science*, Vol. 2, 1295.

RAPPORT 271-4*

STABILITÉ ET PRÉCISION DES FRÉQUENCES ÉTALON ET DES SIGNAUX HORAIRES EN ONDES MYRIAMÉTRIQUES ET KILOMÉTRIQUES A LA RÉCEPTION

(Question 3/7)

(1963 – 1966 – 1970 – 1971 – 1974)

La durée de propagation d'un signal en ondes myriamétriques entre un émetteur et un lieu situé à des milliers de kilomètres varie peu d'un jour à l'autre, mais subit des variations cycliques essentiellement diurnes et annuelles, dues à des modifications de l'ionosphère liées à la distance zénithale du Soleil [C.C.I.R., 1963–1966a; C.C.I.R., 1966–1969a; Decaux et Gabry, 1964; C.C.I.R., 1963–1966b]. Des considérations empiriques et théoriques ont permis de prévoir avec précision des durées de propagation qui tiennent compte non seulement des cycles diurnes et annuels précités, mais encore du nombre des taches solaires et de la conductivité de la face inférieure du guide Terre-ionosphère qui transmet les signaux en ondes myriamétriques. Ces durées de propagation sont de temps en temps altérées par des perturbations ionosphériques à début brusque (PIDB), généralement imprévisibles, dont l'effet se fait sentir pendant habituellement 20 à 30 minutes, et par des phénomènes d'absorption due à la calotte polaire, dont l'effet sur l'ionosphère polaire peut durer jusqu'à une semaine [Pierce, 1955; Reder et autres, 1964; Becker et autres, 1973a].

On a constaté que le déphasage accumulé au cours de 24 heures pouvait, le cas échéant, ne pas être nul, mais $\pm 2\pi$ ou un multiple de 2π. La perte de cycle peut se produire dans des circonstances diverses. Elle peut, par exemple, se produire aux plus grandes distances lorsque le rapport entre l'amplitude du premier mode de propagation du guide d'onde et l'amplitude du mode de second ordre est inférieur à l'unité pendant les heures de nuit et supérieur à l'unité pendant les heures de jour [Walker, 1967]. Elle peut aussi se produire par suite d'une «conversion de mode» excessive au point de réception situé dans la direction du lever du Soleil [Ries, 1967]. De plus, si le récepteur est très éloigné de l'émetteur (distances supérieures à 10 000 km), la réception des signaux peut se faire pendant certaines parties de la journée, après transmission, non pas sur le trajet court dans le plan du grand cercle, mais sur le trajet long [Thompson et autres, 1963]. Si la stabilité de l'étalon local est suffisante, on peut reconnaître cette situation et en tenir compte. De tels effets ont été constatés pour les émissions de GBR, NBA et NPM en Australie, les émissions de NBA et NPM en France, et celles de WWVL en Grande-Bretagne.

Parmi les autres variations constatées, il faut citer des variations cycliques dont les périodes sont de 27 jours, 29,53 jours et 14,765 jours. La période de 27 jours est liée à la durée moyenne de la rotation du Soleil; elle a été observée dans les données ionosphériques [Ratcliff, 1960]. Les périodes de 29,53 et 14,765 jours sont respectivement liées aux marées lunaires synodiques et semi-synodiques et on les a observées dans la basse atmosphère [Appleton et Beynon, 1949; Brady et Crombie, 1963; Rastogi, 1969; Chakravarty et Rastogi, 1970].

Dans les systèmes de repérage, il faut tenir compte de l'influence de la dispersion, qui a pour effet de donner des valeurs différentes aux vitesses de phase et aux vitesses de propagation de groupe des ondes myriamétriques et kilométriques. Dans la bande des ondes kilométriques, l'onde de sol subit une dispersion notable lors de sa propagation au-dessus d'un terrain ayant une conductivité de valeur finie. Dans la bande des ondes myriamétriques, il existe deux causes importantes de dispersion. La première est liée à des effets de coupure dans le guide d'onde Terre-ionosphère [Crombie, 1966]. La seconde source de dispersion [Burgess, 1967], qui est moins facile à prévoir, résulte des interférences nocturnes entre plusieurs modes de propagation du guide d'onde; il en résulte des variations périodiques de la vitesse de groupe dans l'espace.

Le service horaire de l'émetteur HBG 75 kHz situé près de Genève (voir le Rapport 267-3, Tableau II) dessert une grande partie de l'Europe centrale. Des expériences ont montré que les signaux horaires de HBG peuvent être reçus au moyen de récepteurs simples, avec une précision supérieure à ± 50 µs à de moyennes distances (100 à 1000 km) [C.C.I.R., 1966–1969b]. La phase de la porteuse présente des fluctuations typiques inférieures à ± 2 µs à la distance de 500 km par réception pendant les heures de jour.

Une étude a montré [Becker et autres, 1973b] que la réception de fréquences étalon et de signaux horaires de DCF 77, fonctionnant sur 77,5 kHz, se fait dans des bonnes conditions en Europe centrale et en Scandinavie. De jour, la phase de la porteuse reçue à une distance de 300 km de l'émetteur

* Adopté à l'unanimité.

(Mainflingen près de Darmstadt, République Fédérale d'Allemagne) ne s'écarte que de quelques dixièmes de microseconde de la moyenne, en raison des conditions variables de la propagation; cela donne, à une distance de 300 km, un écart-type journalier moyen de la porteuse de $2{,}1 \times 10^{-12}$ et un écart hebdomadaire moyen de $0{,}4 \times 10^{-12}$. Les signaux horaires de DCF 77 émis à midi ont été reçus avec une dispersion de 37,5 μs (moyenne prise sur trois ans) [Becker, 1972; Becker et Hetzel, 1973].

Le Japon [C.C.I.R., 1970–1974] a relaté des expériences sur la propagation de signaux sur ondes kilométriques (40 kHz) à une distance de 400 km. L'écart type de la fluctuation de phase journalière a été de 1 μs en été et de 2 μs en hiver; la variation saisonnière de la phase du signal à la réception à midi s'élevait à 3,3 μs.

L'expérience [Noonkester, 1972] montre que la durée de propagation des ondes myriamétriques est soumise à des variations lunaires semi-synodiques susceptibles d'avoir des effets sur la diffusion d'informations de temps et de fréquence faite en ondes myriamétriques. On a trouvé que l'amplitude moyenne de la variation de période semi-synodique lunaire est de 0,18 μs à midi et de 0,52 μs à minuit, cela sur un trajet nord-sud et pour la fréquence 10,2 kHz. L'amplitude maximale était de 1,3 μs au cours des mois d'hiver à minuit. On devrait attirer l'attention de ceux qui utilisent les émissions d'ondes myriamétriques pour des informations de temps et de fréquences sur les composantes périodiques que l'on connaît afin qu'ils puissent prévoir l'ordre de grandeur des erreurs.

Pour ce qui est de l'intégration à long terme de la phase reçue, la précision réalisable dépend, dans une large mesure, de la complexité de l'équipement de réception et des méthodes de mesure. Il a été indiqué [C.C.I.R., 1966–1969c et d] que, lorsqu'on utilise des oscillateurs à quartz à la station de réception, l'erreur globale accumulée pour des trajets de 1000 à 5000 km est de 25 à 50 μs par an pour les émissions faites dans les bandes 4 et 5. Toutefois, quand on compare la phase reçue à un étalon atomique et que l'on utilise un récepteur qui peut être étalonné et qui ne perd pas sa référence de phase [Becker et autres, 1969], on peut obtenir de bien meilleurs résultats. Ainsi, les signaux NSS reçus à une distance de 5000 km et enregistrés durant une période de plus de 450 jours subissent des variations de ± 10 μs au maximum et, de manière générale, inférieures à ± 3 μs par rapport à la phase moyenne. Ce dernier chiffre correspond à une incertitude de fréquence d'environ 1×10^{-13} au cours d'une année. On peut obtenir une phase encore plus stable à la réception en combinant linéairement la phase de deux émissions sur des fréquences différentes afin de réduire de façon appréciable une bonne partie de l'influence de l'effet solaire; l'amélioration la plus prononcée est obtenue lorsque les comparaisons sont effectuées simultanément dans les deux sens de transmission sur le même trajet avec des porteuses qui ne sont pas trop espacées dans la bande 4. On peut obtenir une exactitude encore plus satisfaisante dans la référence de phase en recourant à des techniques de lissage fondées sur la nature statistique des fluctuations de phase [Becker et autres, 1969; Guetrot et autres, 1969], mais cette technique n'est efficace que durant des périodes assez courtes lorsque le comportement statistique est censé être représentatif du processus.

Lorsqu'on a pu utiliser le LORAN-C pour des comparaisons précises de temps, il est devenu plus facile de mesurer les variations de la durée de propagation, ce qui a aussi facilité les comparaisons de temps faites au moyen de la phase des porteuses en ondes myriamétriques (pour les valeurs de phases de LORAN-C, voir United States Naval Observatory (USNO) Time Service Announcements, série 4). Ces mesures ont été effectuées pendant plusieurs années sur un trajet d'environ 5000 km entre l'Amérique du Nord et l'Europe. On a utilisé trois émissions en ondes myriamétriques (NAA, 17,8 kHz; GBR, 16 kHz; OMEGA-Trinidad 12,0 kHz). Les résultats typiques sont donnés dans le Tableau I où $\sigma_{\Delta t}(2, \tau)$ est la variation moyenne (divisée par $\sqrt{2}$) de la différence de temps Δt, se produisant durant le temps de mesure τ. Cette méthode de traitement statistique est due à Kolmogorov [1941], Malakhov [1966a et b] et Allan [1966]. $\sigma_{\Delta f/f}$ est l'incertitude relative d'une comparaison de fréquence durant le temps de mesure τ.

TABLEAU I

Fluctuations typiques du temps de propagation des signaux à ondes myriamétriques, entre l'Amérique du Nord et l'Europe

τ jours	$\sigma_{\Delta t}(2, \tau)$ μs	$\sigma_{\Delta f/f}$ 10^{-12}
1	1,9	31
10	2,6	4,2
100	3,7	0,61
1000	5,3	0,09

De la même manière, on a mis en évidence des influences saisonnières de $\sigma\Delta t\ (2, \tau)$ ainsi que des corrélations annuelles et semi-annuelles des fluctuations de la propagation. Du fait de la corrélation entre valeurs adjacentes, la possibilité d'améliorer la précision des mesures en prenant des moyennes est restreinte. Dans le cas le plus favorable, l'erreur de mesure est diminuée de moitié (de 2,2 à 1,1 μs) lorsque, au lieu d'utiliser une seule valeur journalière, on fait la moyenne de 100 valeurs journalières.

Pour le rétablissement d'une relation de phase en ondes myriamétriques, on a mis au point plusieurs méthodes de mesure, ainsi qu'une technique d'étalonnage pour mesurer le retard dû à l'antenne et au récepteur [Becker et autres, 1973a; Becker, 1973]. Cette méthode fait usage d'un signal d'essai contrôlé par une chaîne de division parallèle qui engendre l'échelle de temps. Si l'on utilise cette méthode pour rétablir la relation de phase perdue, on obtient une erreur moyenne de 1,1 μs si l'interruption est de courte durée, et les valeurs avant et après l'interruption sont corrélées. Si la durée de l'interruption est longue, par exemple plus de 60 jours, les valeurs mesurées avant et après l'interruption ne sont pas corrélées et on peut s'attendre à une erreur moyenne de 4,7 μs.

On connaît d'autres techniques d'identification du cycle. Un nouveau système de navigation à ondes myriamétriques, le système OMEGA, vient d'entrer en service. Il fait appel à des émissions d'ondes myriamétriques sur plusieurs fréquences pour diffuser des informations de temps et de fréquence, selon une technique dont les avantages sont bien établis [Swanson et Kugel, 1972]. Ces émissions devraient constituer une source utile et précise de fréquence et de temps et le système OMEGA devrait ainsi contribuer à rehausser le rôle que jouent les ondes myriamétriques dans ces questions. Le système OMEGA comportera finalement huit stations, assurant une couverture mondiale permanente et redondante. La phase de l'onde émise par chaque station sera obtenue à partir d'un ensemble de quatre étalons de fréquence au césium; chaque station émettra trois fréquences primaires en partage dans le temps toutes les 10 secondes. Ces trois fréquences primaires sont 10,2, 11⅓ et 13,6 kHz. Chaque station pourra de plus rayonner sur des fréquences supplémentaires espacées de 250 en 250 Hz dans la gamme de 11,8 à 13,15 kHz, desquelles il sera possible d'extraire les informations précises de temps. Actuellement, une station permanente fonctionnant à pleine puissance (puissance rayonnée nominale: 10 kW) est pour la première fois soumise à des essais; elle est située dans le Dakota du Nord (Etats-Unis d'Amérique); les deux fréquences supplémentaires sont 13,10 kHz et 12,85 kHz.

Il est prévu que le système OMEGA sera mis en exploitation à l'échelle mondiale vers le milieu de la décennie 1970–1980.

On a commencé à étudier [Chi et autres, 1972] des récepteurs de signaux de temps précis fonctionnant sur deux fréquences. Les premiers résultats obtenus indiquent pour les transferts de temps des précisions de quelques μs.

On cherche maintenant à étendre les possibilités inhérentes au système OMEGA dans le domaine du temps à l'identification de la seconde, de la minute, de l'heure, du jour et de l'année au moyen d'un code de temps. Sa mise en service sur le plan opérationnel dans les diverses stations OMEGA dépendra de son acceptation par les administrations responsables [Fey, 1972].

Références Bibliographiques

Allan, D.W. [1966] Statistics of frequency standards. *Proc. IEEE*, **54**, 221.

Appleton, E.V. et Beynon, W.J.G. [1949] Lunar oscillations in the D-layer of the ionosphere. *Nature*, Vol.164, 308.

Becker G. [1972] Aussendung und Empfang des Zeitmarken- und Normal-Frequenzsenders DCF 77 (Emission et réception de DCF 77). *PTB-Mittlg.*, **82**, 224.

Becker, G. [1973] Längstwellenausbreitung während der Sonnenaktivität im August 1972 (Propagation des ondes myriamétriques en période de grande activité solaire: août 1972). *PTB-Mittlg.*, **83**, 147.

Becker, G. et Hetzel, P. [1973] PTB-Jahresbericht 1972 (Rapport du PTB pour l'année 1972) p.107, Brunswick.

Becker, G., Fischer, B. et Kramer, G. [1969] Methoden und Ergebnisse im internationalen Zeitvergleich mit Längstwellen (Méthode utilisée et résultats obtenus dans la comparaison internationale du temps au moyen d'ondes très longues). Actes du Colloque international de chronométrie, A-22, Série A, Paris.

Becker G., Fischer, B. et Hetzel, P. [1973a] Langzeituntersuchungen über die Unsicherheit von Zeit- und Frequenzvergleichen mittels Längstwellen (Recherches à long terme sur l'erreur des comparaisons de temps et de fréquence en ondes myriamétriques). *PTB-Mittlg.*, **83**.

Becker, G., Fischer, B. et Hetzel, P. [1973b] Methoden zum Vergleich und zur Verbreitung von Zeitskalen (Méthodes de comparaison et de dissémination des échelles de temps). *Kleinheubacher Berichte*, 16, 5.

Brady, A.H. et Crombie, D.D. [1963] Studying the lunar tidal variations in the D-region of the ionosphere by means of very low frequency phase variations. *J. Geophys. Res.*, Vol. 68, 5431.

Burgess, B. [novembre 1967] On the propagation delay of modulated VLF waves transmitted over great distances. *I.E.E. Conference Publication*, **36**, 164-168.

C.C.I.R. [1963–1966a] Doc. VII/7, Australie. .

C.C.I.R. [1963–1966b] Doc. VII/21, Japon.

C.C.I.R. [1966–1969a] Doc. VII/35, Japon.

C.C.I.R. [1966–1969b] Doc. VII/44, Belgique.

C.C.I.R. [1966–1969c] Doc. VII/40, B.I.H.

C.C.I.R. [1966–1969d] Doc. VII/47, Italie.

C.C.I.R. [1970–1974] Doc. 7/2, Japon.

CHAKRAVARTY, S.C. et RASTOGI, R.G. [1970] Lunar tide in D-region of the ionosphere near the magnetic equator. *J. Atmos. Terr. Phys.*, Vol. 32, 945.

CHI, A.R., FLETCHER, L. A. et CASSELMANN, C. J. [octobre 1972] Omega time transmissions and receiver design. *Proc. National Electronics Conference*, Vol. 27, 268-273.

CROMBIE, D.D. [mars 1966] The effect of waveguide dispersion on VLF timing systems. *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, AP-15, 322-323.

DECAUX, B. et GABRY, A. [janvier 1964] Some particular observations on diurnal phase variations of VLF transmissions received in Paris. *Radio Science Journal of Research NBS/USNC-URSI*, Vol. 68D, 1.

FEY, L. [mai 1972] A time code for the Omega world-wide navigation system. *Proc. IEEE* (Lett.), Vol. 60, 630.

GUETROT, A., HIGBIE, L. S., LAVANCEAU, J. et ALLAN, D. W. [mai 1969] Proc. of the 23rd Annual Frequency Control Symposium, Atlantic City.

KOLMOGOROV, A.N. [1941] *DAN SSSR*, Vol. 32, 19 et Vol. 30, 299.

MALAKHOV, A.N. [1966a] Spectral-correlational analysis of signals with non-integrable spectra. *Radiofizika*, Vol. 9, 595.

MALAKHOV, A.N. [1966b] Shape and width of the spectral line of oscillations in the presence of non-stationary frequency fluctuations. *Radiofizika*, Vol. 9, 625.

NOONKESTER, V.R. [1972] D-region lunar variations deducted from long path 10.2 kilohertz phase measurements. *J. Geophys. Res.*, Vol. 77, 6592.

PIERCE, J. A. [1955] The diurnal carrier phase variations of a 16 kc/s transatlantic signal. *Proc. IRE*, **43**, 584–588.

RASTOGI, R. G. [1969] Lunar tidal oscillations in ionospheric absorption at Colombo. *J. Atmos. Terr. Phys.*, Vol. 31, 759.

RATCLIFF, J. A. [1960] *Physics of the Upper Atmosphere.* Academic Press.

REDER, F.H., ABOM, C.J. et WINKLER, G.M.R. [mars 1964] Precise phase and amplitude measurements of VLF signals propagated through the arctic zone. *Radio Science Journal of Research NBS/USNC-URSI*, Vol. 68D, 3.

RIES, G. [juin 1967] Results concerning the sunrise effects of VLF signals propagated over long paths. *Radio Science*, Vol. 2 (nouvelle série), 531-538.

SWANSON, E. R. et KUGEL, C. P. [mai 1972] VLF timing: conventional and modern techniques including Omega. *Proc. IEEE*, Vol. 60, 540-551.

THOMPSON, A. M., ARCHER, R. W. et HARVEY, I. K. [novembre 1963] Some observations on VLF standard-frequency transmissions as received at Sydney N.S.W. *Special International Issue of IEEE*, Vol. 51, 11.

WALKER, D. [novembre, 1967] Cycle slipping of VLF signals during sunrise and sunset. I.E.E. Conference Publication **36**, 169-173.

RAPPORT 362-2*

ÉMISSIONS AVEC DIVERSES COMBINAISONS D'ONDE PORTEUSE ET DE BANDES LATÉRALES DANS LE SERVICE DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Programme d'études 1B-1/7)

(1966 – 1970 – 1974)

Certaines études [Rock et autres, 1961] ont montré l'efficacité des émissions à bande latérale unique avec porteuse complète (A3H) pour réduire les brouillages mutuels. Cette technique a l'avantage de permettre:

* Adopté à l'unanimité.

— l'emploi d'un récepteur ordinaire pour la réception d'une seule station d'émission,

— avec des appareils de réception plus perfectionnés, de différencier deux stations émettant sur la même fréquence porteuse mais utilisant respectivement la bande latérale supérieure et la bande latérale inférieure de l'émission,

— un certain degré d'économie du spectre,

— la réduction de la distorsion par deuxième harmonique, si la porteuse est sujette à des évanouissements.

En U.R.S.S., des stations utilisant des fréquences de la bande 7, font des émissions expérimentales de fréquences étalon et de signaux horaires à bande latérale unique et porteuse complète. D'autres administrations se proposent aussi d'introduire la bande latérale unique dans leurs émissions de fréquences étalon et de signaux horaires.

Références Bibliographiques

ROCK, A. L. et autres [janvier 1961] A survey of single-sideband and associated techniques for voice communication. Research Institute, University of Michigan, Ann Arbor.

RAPPORT 363-3*

COMPARAISON ENTRE ÉCHELLES DE TEMPS PAR DIVERSES MÉTHODES

(Programme d'études 3C-2/7)

(1966 – 1970 – 1974)

Au cours des dernières années, les comparaisons entre échelles de temps au moyen d'horloges portatives et de signaux LORAN-C ont été largement utilisées pour produire le temps atomique international du Bureau international de l'Heure (B.I.H.). De nombreux laboratoires ont étudié également d'autres méthodes de comparaison du temps. Les différences entre ces diverses méthodes en matière de précision, de couverture, de facilité d'exploitation et de coût en fonction de la disponibilité ont montré qu'il n'existe pas de système simple qui puisse répondre à tous les besoins.

1. Comparaisons à l'aide de signaux horaires et de signaux de navigation dans les bandes 4, 5, 6 et 7

Ces signaux sont utilisés couramment pour les comparaisons des échelles de temps [Bonanomi et autres, 1964; Beehler et autres, 1965; Morgan et autres, 1965; Blair et autres, 1967; Mungall et autres, 1969; Guinot, 1968, 1969].

En ce qui concerne les comparaisons de phases exécutées dans les bandes 4 et 5, il est suggéré dans le Rapport 271-4 que les récepteurs utilisés soient étalonnés, afin de se prémunir contre les glissements et pertes de phase, et que chaque laboratoire détermine le meilleur instant de la journée pour relever la phase. Dans ces conditions, les échelles de temps peuvent être comparées à quelques microsecondes près, sans qu'il puisse se produire d'erreurs cumulatives. Une réduction supplémentaire des incertitudes de phase peut être obtenue au moyen de techniques de lissage [Becker et autres, 1969; Guetrot et autres, 1969]. Depuis la synchronisation des chaînes de LORAN-C de l'Atlantique (août 1968), quelques laboratoires européens et américains sont reliés à environ 0,5 μs près par la réception des impulsions de LORAN-C. Les résultats de ces comparaisons ont permis d'étudier, de diverses manières, la meilleure méthode à appliquer pour constituer une échelle moyenne de temps atomique sur une base locale ou internationale [Guinot, 1968 et 1969; Barnes, 1967]. L'utilisation des réceptions de LORAN-C a permis d'améliorer l'échelle internationale de temps atomique élaborée par le B.I.H. [Guinot, 1969].

En étendant la synchronisation du LORAN-C à la zone du Pacifique, on a pu faire des comparaisons entre l'échelle TUC des Radio Research Laboratories de Tokyo et l'échelle correspondante du

---

* Adopté à l'unanimité.

Naval Observatory des Etats-Unis d'Amérique. En se servant des signaux LORAN-C d'Iwo-Jima et de l'horloge transportable de cet Observatoire, on a obtenu une incertitude de 0,5 μs (1σ) [C.C.I.R., 1970–1974a].

Les résultats de comparaisons de signaux horaires dans les bandes 6 et 7 effectuées en Italie [C.C.I.R., 1966–1969] et au Japon [C.C.I.R., 1963–1966] pendant la période 1961–1968 ont été communiqués. On a constaté que lorsqu'on utilise un système de comparaison d'une précision de ± 0,01 ms, l'écart type pour une réception simple varie entre 0,01 ms à une distance de quelques kilomètres et 0,5 ms environ à une distance de 18 000 km environ. Pour des distances intermédiaires, l'écart type se situe entre 0,015 ms à une distance de 500 km et 0,1 ms à une distance de 1000 km. Il est apparu que la variation saisonnière est faible pour la plupart des émissions, sauf pour celles de WWV et de IAM, dont la réception devient médiocre au cours de l'hiver boréal.

D'autres résultats ont été obtenus au Japon en 1969–1970 par intégration photographique de la phase des signaux horaires reçus [C.C.I.R., 1970–1974b]. Ils indiquent que des signaux propagés par la couche E nocturne ou par la couche Es sont reçus à des distances de 400 et de 1100 km avec une stabilité (1 σ) de 6 μs sur 2,5 MHz et de 14 μs sur 5 MHz. La durée de propagation sur 5 MHz à une distance de 400 km a varié au cours de l'année d'environ 55 μs en raison des variations saisonnières de la fréquence critique de la couche E.

Dans les applications pratiques, l'utilisation de signaux horaires en ondes décamétriques (bande 7) peut être gênée par des brouillages mutuels. Il faut tenir compte des variations de retards, par exemple dans le récepteur ou par suite de la commutation des largeurs de bande.

2. Horloges portatives

La comparaison d'échelles de temps par le moyen d'une horloge transportable est entrée dans l'usage courant: c'est la méthode la plus précise utilisée pour l'étalonnage des temps de propagation et des retards instrumentaux quand c'est nécessaire (par exemple, pour les récepteurs de signaux de LORAN-C ou de télévision). Une amélioration de cette méthode est la synchronisation au moyen d'horloges aéroportées qui survolent des observatoires ou des laboratoires, sans qu'il soit nécessaire d'atterrir [Besson et Cumer, 1969]. La précision réalisée dans cette expérience a été de l'ordre de quelques dizaines de nanosecondes.

En comparant quatre horloges durant le vol, on a pu mesurer les effets relativistes dans le cadre d'une expérience de circumnavigation mondiale [Hafele et Keating, 1972]. L'incertitude relevée avec cette méthode est inférieure à 30 ns. L'utilisation régulière d'horloges portatives continue à jouer le rôle de service d'étalonnage pour les comparaisons entre les échelles de temps avec une incertitude de 0,1 à 0,2 μs [Winkler, 1972] selon l'intervalle de temps entre deux étalonnages. On a pu constater du USNO que le transport d'une horloge peut perturber son fonctionnement ultérieur.

3. Télévision

Les impulsions de synchronisation de télévision sont utilisées comme repères communs pour de nombreuses comparaisons du temps sur le plan national et parfois international. Le temps de propagation doit être déterminé par des horloges portatives. Pour les comparaisons en visibilité directe, utilisant le même émetteur de télévision, l'incertitude sur la mesure d'une différence de temps peut se réduire à une dizaine de nanosecondes. Si on utilise plusieurs émetteurs de télévision reliés par des liaisons radioélectriques, l'incertitude sur la comparaison du temps, qui est généralement inférieure à 1 μs, peut atteindre plusieurs microsecondes. La durée de propagation entre stations peut varier également en raison des changements de trajet imprévisibles qui peuvent se produire dans le réseau.

On a fait des comparaisons de fréquences entre Tokyo et Mizusawa (Japon) [C.C.I.R., 1970–1974c]. La sous-porteuse couleur a été comparée en phase avec un signal de sous-porteuse couleur produit localement. La précision obtenue était en moyenne de $6{,}5 \times 10^{-12}$, 4×10^{-12} et $2{,}2 \times 10^{-12}$, sur des périodes de 10, 30 et 60 minutes respectivement.

Plusieurs méthodes ont été mises au point pour comparer les échelles de temps par télévision. La méthode originale de Tolman et autres [1967] prévoit les mesures simultanées du temps d'arrivée d'impulsions de synchronisation déterminées. Ce système est utilisé couramment en Europe [Rovera, 1972; Allan et autres, 1970; Parcelier, 1969 et 1970; Becker et Enslin, 1972], au Japon [C.C.I.R., 1970–1974c] et aux Etats-Unis d'Amérique [Allan et autres, 1972; Davis et autres, 1971] où il est appelé «Ligne 10».

Le NBS (Etats-Unis d'Amérique) a mis au point et essayé une méthode qui consiste à diffuser par télévision des signaux horaires en appliquant des données codées dans certaines lignes du signal de télévision. On a utilisé tout d'abord les lignes 13 à 16, auxquelles on a ajouté par la suite la ligne 1 et la ligne 21. On dispose également dans ce système d'un signal de référence à 1 MHz [Davis et autres, 1970; Howe, 1972].

Une troisième méthode a été décrite par Lavanceau et Carrol [1971] au «United States Naval Observatory» (USNO). Il s'agit de stabiliser la sous-porteuse couleur par rapport à un étalon de fréquence à jet de césium, dans le studio de télévision. L'impulsion de synchronisation de la ligne 10 est commandée et synchronisée par rapport à un «Tableau des coïncidences» (TOC) publié par l'USNO, qui peut être utilisé avec le système NTSC, similaire à celui du TOC LORAN-C.

Contrairement à la référence TOC cohérente, telle qu'elle est utilisée dans le bulletin hebdomadaire de l'USNO (Time Service Announcements, série 4), on se propose au Japon [C.C.I.R., 1970–1974c] d'utiliser la même référence TOC jour après jour.

En République Fédérale d'Allemagne, on a étendu la commande précise de fréquence à 82 stations de télévision fonctionnant dans la gamme comprise entre 471,24 et 599,26 MHz. Les fréquences d'émission ont été ajustées par rapport à un étalon de fréquence central et les stations ont révélé des écarts de fréquence inférieurs à 1×10^{-10}. On a constaté que les signaux reçus à des distances allant de 46 à 125 km de l'émetteur présentaient des fluctuations de phase au cours d'une période de 30 s correspondant à des variations de fréquence de l'ordre de 1×10^{-11}, dans le cas le plus défavorable.

4. Synchronisation intercontinentale des horloges par radiointerféromètre à longue base (RILB)

Il est maintenant techniquement possible d'utiliser des interféromètres à très longue base pour faire une synchronisation intercontinentale avec une incertitude inférieure à 0,5 μs. Le prototype d'un système [Hurd, 1972] a récemment permis d'obtenir une résolution de 50 à 400 ns (1 σ), selon la quantité de données utilisées, entre les stations de la NASA situées à Goldstone (Californie) et à Madrid.

Les caractéristiques fondamentales des interféromètres à très longue base ont été décrites par Klemperer [1972] qui présente une longue liste de références et spécifie la précision et les limitations fondamentales de ces systèmes. Clark [1972] étudie également leurs caractéristiques fondamentales et indique un certain nombre de programmes expérimentaux actuels utilisant ces interféromètres. Il semble possible d'obtenir une précision de 10^{-13} à 10^{-14} pour la comparaison des fréquences et de l'ordre de 1 ns pour la synchronisation des horloges, mais cela n'est pas encore réalisable actuellement.

Les largeurs de bande de 10 à 100 MHz requises pour la synchronisation des horloges avec une résolution de 1 à 10 ns peuvent être obtenues en appliquant les techniques fondées sur la synthèse de la largeur de bande, décrites par Hinteregger et autres [1972] et Rogers [1970].

La stabilité du maser à hydrogène n'est pas nécessaire pour la synchronisation des horloges et, en fait, on a utilisé des oscillateurs au rubidium lors des démonstrations avec le prototype. Une série de trois expériences a été faite aux stations de la NASA entre Madrid et Goldstone (Californie) [Hund, 1972].

Les estimations de l'écart des horloges, obtenues lors des expériences relatées ici, concordent avec celles faites chaque jour à l'aide du LORAN-C, dans les limites de la précision approximative de 5 à 10 μs que l'on pouvait attendre. Pour les deux premières journées, les résultats concordent également avec ceux de l'expérience RILB dans les limites de la précision prévue pour cette expérience (10 μs).

Si l'on dispose d'un nombre suffisant de données et d'une largeur de bande suffisante (50 MHz), le principal inconvénient de la méthode de synchronisation RILB est, semble-t-il, la difficulté de déterminer le temps de propagation global du système et notamment le temps de propagation atmosphérique (ionosphérique).

5. Satellites

Trois expériences de synchronisation d'horloges ont été réalisées en utilisant la transmission aller-retour de signaux horaires relayés par satellites artificiels. Le répondeur de Telstar, opérant dans la bande 10, a été utilisé entre les Etats-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni en août 1962, avec une

précision de 1 μs [Steele et autres, 1964]. Des comparaisons entre les Etats-Unis d'Amérique et le Japon ont été faites dans les bandes 9 et 10, en février 1965, au moyen de Relay II, par la méthode de retransmission des impulsions [Markowitz et autres, 1966; Radio Research Laboratory, 1965]; la précision estimée a été de 0,1 μs. Une comparaison sur ondes métriques entre le Colorado, la Californie et Hawaï a été réalisée, au moyen de ATS-1, avec une précision de 5 μs [Jespersen et autres, 1968].

La transmission du temps en utilisant la transmission sur ondes métriques, par trajet unique, relayée par un satellite géostationnaire (ATS-1), entre le Colorado, la Californie et l'Alaska a été étudiée en novembre 1967 [Gatterer et autres, 1968]; la précision a été de 10 μs.

Une autre méthode prévoyant la transmission dans un seul sens comporte la retransmission des signaux horaires, selon les études faites par le NBS [Hanson et Hamilton, 1973]. Le calcul du temps de propagation sur le trajet, qui représente la principale difficulté dans tous les systèmes unidirectionnels, a pu être simplifié grâce à l'utilisation d'un type spécial de règle à calcul circulaire. La position du satellite est transmise par les annonces parlées. On a obtenu des précisions de 10 à 25 μs.

On utilise régulièrement des transmissions unidirectionnelles faisant intervenir des horloges embarquées dans les satellites de navigation Transit, avec une précision de 5 μs [Laidet, 1972]. Les relevés hebdomadaires des lectures des horloges de Transit sont publiés par l'USNO (Time Service Announcements, série 17).

D'une manière générale, la méthode qui consiste à utiliser des transmissions bidirectionnelles avec satellite se ramène essentiellement à une synchronisation point à point qui permet d'atteindre une grande exactitude (10 ns), mais cette méthode est coûteuse.

La méthode de transmission unidirectionnelle avec horloges embarquées est rentable seulement si elle fait partie intégrante des opérations d'un système de navigation. La retransmission pourrait offrir à l'avenir un moyen fort économique pour diffuser largement des signaux horaires, qui ne seront affectés ni par les perturbations ionosphériques, ni par les brouillages, avec une précision suffisante pour de nombreux besoins.

6. Autres méthodes

On peut combiner plusieurs méthodes de comparaison des échelles de temps. En République Fédérale d'Allemagne, on a utilisé des impulsions de télévision en liaison avec la fréquence étalon à ondes kilométriques et les signaux horaires diffusés par l'émetteur DCF 77. Le repère de seconde sur ondes kilométriques permet d'identifier une impulsion de télévision qui permet, à son tour, d'identifier un cycle de porteuse de DCF 77 [Becker at autres, 1973]. De même, on peut utiliser des signaux à ondes kilométriques et myriamétriques, si ceux-ci sont émis en synchronisme.

On a proposé d'utiliser des lignes de transport d'énergie pour la synchronisation. Les essais effectués au PTB et en Italie ont montré que la précision est généralement de 0,25 à 0,5 ms sur une distance de 200 km, avec possibilité de déphasage en raison de la commutation des lignes [C.C.I.R., 1970–1974d et e].

Des expériences ont été effectuées [Norton et autres, 1962] sur l'instabilité introduite par la propagation par liaison hertzienne (en vue directe) sur un trajet de 50 km. Les résultats peuvent être résumés de la façon suivante:

En ce qui concerne la phase de l'onde transmise, la dégradation de sa stabilité, due à la propagation, est plus faible que les fluctuations inhérentes au signal dues au bruit de l'oscillateur. Pour un temps de mesure de 1 s, la fluctuation due à la propagation est de 3×10^{-12} et passe à 1×10^{-14} pour des temps de mesure de 10^6 s.

Références Bibliographiques

ALLAN, D.W., BLAIR, B.E., DAVIS, D.D. et MACHLAN, H.E. [avril 1972] Precision and accuracy of remote synchronization via network television broadcasts, Loran-C, and portable clocks. *Metrologia*, Vol. 8, 64-72.

ALLAN, D.W., LESCHIUTTA, S. et ROVERA, G. [1970] TV frame pulses used for precision time synchronization and their noise distribution. *Alta Frequenza*, Vol. XXXIX, 452.

BARNES, J.A. [juin 1967] The development of an international atomic time scale. *Proc. IEEE*, Vol. 55, 822-826.

BECKER, G. et ENSLIN, H. [1972] Genaue Zeit- und Frequenzvergleiche mittels Fernsehbildimpulsen (Comparaisons précises de temps et de fréquences à l'aide d'impulsions de télévision). *Frequenz*, **26**, 332.

BECKER, G., FISCHER, B. et HETZEL, P. [1973] Methoden zum Vergleich und zur Verbreitung von Zeitskalen (Méthodes de comparaison et de diffusion d'échelles de temps). *Kleinheubacher Berichte*, **16**, 5.

BECKER, G., FISCHER, B. et KRAMER, G. [1969] Methoden und Ergebnisse im internationalen Zeitvergleich mit Längstwellen (Méthodes et résultats de la comparaison internationale du temps en ondes myriamétriques). Actes du Colloque international de chronométrie, Série A.

BEEHLER, R.E., MOCKLER, R.C. et RICHARDSON, J.M. [juillet 1965] Caesium beam atomic frequency standards. *Metrologia*, Vol. 1, 114-131.

BESSON, J. et CUMER, J. [1969] Synchronisation précise de base par simple survol (Accurate basic synchronization by simple overflying). Actes du Colloque international de chronométrie, Série D.

BLAIR, B.E., CROW, E.L. et MORGAN, A.H. [juin 1967] Five years of VLF worldwide comparison of atomic frequency standards. *Radio Science*, Vol. 2 (nouvelle série), 627-636.

BONANOMI, J., KARTASCHOFF, P., NEWMAN, J., BARNES, J. A. et ATKINSON, W. R. [avril, 1964] A comparison of TAI and NBS-A atomic time scales. *Proc. IEEE*, Vol. 52, **4**, 439.

C.C.I.R. [1963-1966] Doc. VII/21, Japon.

C.C.I.R. [1966-1969] Doc. VII/48, Italie.

C.C.I.R. [1970-1974a] Doc. 7/3, Japon.

C.C.I.R. [1970-1974b] Doc. 7/2, Japon.

C.C.I.R. [1970-1974c] Doc. 7/26, Japon.

C.C.I.R. [1970-1974d] Doc. 7/57, Allemagne (République Fédérale d').

C.C.I.R. [1970-1974e] Doc. 7/82, Italie.

CLARK, T.A. [14-16 novembre 1972] Precision timing and very long baseline interferometry (VLBI). Proc. Fourth Annual NASA and Department of Defense Precise Time and Time Interval Planning Meeting, GSFC Report X-814-73-72, 74-89, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md.

DAVIS, D.D., BLAIR, B.E. et BARNABA, J.F. [août, 1971] Long-term continental U.S. timing system via television networks. *IEEE Spectrum*, Vol. 8, 41-52.

DAVIS, D.D., JESPERSEN, J.L. et KAMAS, G. [juin, 1970] The use of television signals for time and frequency dissemination. *Proc. IEEE* (Lett.), Vol. 58, 931-933.

GATTERER, L.E., BOTTONE, P.W. et MORGAN, A.H. [décembre 1968] Worldwide clock synchronization using a synchronous satellite. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-17, **4**, 372-378.

GUETROT, A., HIGBIE, L.S., LAVANCEAU, J. et ALLAN, D.W. [1969] Proc. 23rd Symposium on Frequency Control, Atlantic City.

GUINOT, B. [1968 et 1969] Bureau international de l'Heure. *Rapport annuel pour 1967. Rapport annuel pour 1968.* (International Time Bureau – Annual Report for 1967, Annual Report for 1968).

GUINOT, B. [1969] Formation de l'échelle de temps coordonné par le Bureau international de l'Heure (Formation of the coordinate time scale by the International Time Bureau). Actes du Colloque international de chronométrie, série A.

HAFELE, J.C. et KEATING, R.E. [juillet 1972] Around the world atomic clocks: observed relativistic time gains. *Science*, Vol. 177, 166-170.

HANSON, D.W. et HAMILTON, W.F. [1973] Time and frequency broadcast experiments from the ATS-3 satellite. NBS Technical Note No.645. Boulder, Colo.

HINTEREGGER, H.F., SHAPIRO, I.I., ROBERTSON, D.S., KNIGHT, C.A., ERGAS, R.A., WHITNEY, A.R., ROGERS, A.E.E., MORAN, J.M., CLARK, T.A. et BURKE, B.F. [27 octobre 1972] Precision geodesy via radio interferometry. *Science*, Vol. 178, 396-398.

HOWE, D.A. [août 1972] Nationwide precise time and frequency distribution utilizing an active code within network television broadcasts. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-21, 263-276.

HURD, W.J. [14-16 novembre 1972] An analysis and demonstration of clock synchronization by VLBI. Proc. Fourth Annual NASA and Department of Defense Precise Time and Time Interval Planning Meeting, GSFC Report X-814-73-72, 100-122, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md.

JESPERSEN, J.L., KAMAS, G., GATTERER, L.E. et MACDORAN, P.F. [juillet 1968] Satellite VHF transponder time synchronization. *Proc. IEEE.*

KLEMPERER, W.K. [mai 1972] Long-baseline radio interferometry with independent frequency standards. *Proc. IEEE*, Vol. 60, 602-609.

LAIDET, L.M. [mai 1972] Worldwide synchronization using the TRANSIT satellite system. *Proc. IEEE* (Lett.). Vol. 60, 630-632.

LAVANCEAU, J.D. et CARROLL, D. [1971] Real time synchronization via passive television transmission. Proc. 3rd Ann. Precise Time and Time Interval (PTTI) Strategic Planning Meeting, 331-366.

MARKOWITZ, W., LIDBACK, C.A., UYEDA, H. et MURAMATSU, K. [décembre 1966] Clock synchronization via Relay II satellite. Submitted to *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement.*

MORGAN, A.H., CROW, E.L. et BLAIR, B.E. [juillet 1965] International comparison of atomic frequency standards via VLF radio signals. *Radio Science J. of Research NBS/USNC-URSI*, Vol. 69D.

MUNGALL, A., DAAMS, H. et BAILEY, R. [juillet 1969] Note on atomic time-keeping at the National Research Council. *Metrologia*, Vol. 5, **3**, 73-76.

NORTON, K.A., BARROWS, E., THOMPSON, Jr. M.C. et JAMES, H.B. [décembre 1962] Variance of radio frequency caused by turbulence on line-of-sight transmissions. *IRE Trans.* P.G.I.

PARCELIER, P. [1969] Développement des synchronisations de temps par la télévision (Development of television time synchronization). Actes du Colloque international de chronométrie, Série A.

PARCELIER, P. [novembre 1970] Time synchronization by television. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-19, 4, 233.

RADIO RESEARCH LABORATORY, Japan, Frequency Standard Section and Kashima Branch [septembre 1965] Report on clock pulse synchronization experiment by a Relay II satellite. *Jour. Radio Res. Labs.*, Japan, Vol. 12, **63**, 311.

ROGERS, A. E. E. [octobre 1970] Very long baseline interferometry with large effective bandwidth for phase delay measurements. *Radio Science*, Vol. 5, 1239-1248.

ROVERA, G. [1972] On the accuracy of the TV timing method. *Alta Frequenza*, **41**, 822-824.

STEELE, J.M., MARKOWITZ, W. et LIDBACK, C.A. [décembre 1964] Telstar time synchronization. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-13, **4**, 164.

TOLMAN, J., PTACEK, V., SOUČEK, A. et STECHER, R. [décembre 1967] Micro-second clock comparison by means of TV synchronizing pulses. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-16, **3**, 247-254.

WINKLER, G. M. R. [1972] Recent experiments with flying atomic clocks, LORAN-C etc. for clock synchronization. Report to XVII General Assembly, U.R.S.I., Varsovie.

BIBLIOGRAPHIE

HURD, W.J. [octobre 1973] Demonstration of intercontinental DSN clock synchronization by VLBI. Technical Report 32-1526, Vol. XVII. Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.

LAIOS, S.C [mai 1972] Satellite time synchronization of a NASA network. *Proc. IEEE* (Lett.), Vol. 60, 632-633.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. *NBS Time and Frequency Service Bulletin* (mensuel), Boulder, Colo.

RAPPORT 364-2*

INSTABILITÉ DES GÉNÉRATEURS DE FRÉQUENCES ÉTALON

(Programme d'études 3B/7)

(1966 – 1970 – 1974)

On a publié ces dernières années les résultats de nombreuses études sur l'instabilité des générateurs de fréquences étalon. Les solutions théoriques du problème, ainsi que les définitions et les procédés expérimentaux de mesure ont été amplement examinés (voir Rapport 580).

On a démontré [IEEE, 1966; NASA, 1964; Yasuda et Yoshimura, 1964] que le type de bruit présent dans un générateur de fréquences étalon peut être classé selon la forme de la densité spectrale de fréquence ou de phase qu'il produit. Ces densités sont les transformées de Fourier, des fonctions d'autocorrélation correspondantes et des méthodes mathématiques appropriées ont été mises au point pour utiliser ces fonctions [Blackman et Tukey, 1959; Davenport et Root, 1958]. L'effet du bruit dit de «scintillation», dont la variation spectrale est inversement proportionnelle à la fréquence, est particulièrement important dans le fonctionnement à long terme de tous les types d'étalons de fréquence; cet aspect de la question a fait l'objet d'études spéciales [Beehler et autres, 1965].

Dans les étalons atomiques et les oscillateurs pilotés par quartz, le bruit thermique et le bruit de grenaille contribuent à l'instabilité à court terme; selon le mécanisme générateur, ces bruits ont une densité spectrale de fréquence constante ou en f^2. L'importance relative de ces effets par rapport à l'instabilité due au bruit de scintillation dépend des usages auxquels on destine le générateur de fréquences étalon.

---

* Adopté à l'unanimité.

Du fait que les étalons de fréquence atomiques commerciaux sont de plus en plus nombreux et que leur emploi se répand dans un certain nombre de laboratoires du monde entier pour engendrer des échelles de temps très stables, on a accumulé une grande masse de données sur leurs caractéristiques de stabilité. Une conclusion qui s'en dégage est que les étalons commerciaux de fréquence à jet de césium manifestent souvent des dérives de fréquences systématiques, petites mais significatives.

L'apparition de ces dérives montre que les phénomènes de fluctuation de ces étalons ne peuvent pas être représentés complètement par la mesure de la stabilité $\sigma(2, \tau)$ de Kolmogorov [1941], Malakhov [1966] et Allan [1966]. Même si l'on connaît le $\sigma(2, \tau)$ de chaque horloge d'un groupe, il est impossible d'en déduire le $\sigma(2, \tau)$ du groupe. Cela s'applique en particulier aux longs intervalles de temps (supérieurs à 0,5 an). On pense que ces dérives sont dues à des phénomènes non stationnaires qui se produisent dans les horloges pendant des intervalles de temps correspondant à une fraction appréciable de leur durée de vie.

Le PTB [Becker et autres, 1973] s'est livré à une étude d'effets systématiques se manifestant dans, par exemple, des étalons commerciaux à césium. Un comportement typique à long terme observé dans ce laboratoire sur des étalons de ce type consistait en une petite variation relative de fréquence de $-0{,}4 \times 10^{-13}$ environ en moyenne au cours des 60 premiers jours de fonctionnement. Ensuite, la fréquence restait passablement constante ($\pm\ 1 \times 10^{-13}$ environ) pendant une durée allant de 9 mois à 3 ans, puis la fréquence diminuait de plusieurs fois 10^{-13} en quelques semaines. Ultérieurement, elle devenait de plus en plus instable. En moyenne, on a observé que la fréquence diminuait plus souvent qu'elle n'augmentait. Toutefois, une telle dérive négative de la fréquence n'a pas été observée dans certains autres laboratoires [Winkler et autres, 1970].

Le PTB a aussi mis au point des méthodes pour surveiller et réajuster périodiquement les champs magnétiques dans les étalons commerciaux à césium. On a constaté que ces méthodes améliorent la stabilité d'une horloge, notamment pendant les six premiers mois de sa vie.

Le PTB a effectué d'autres études sur la stabilité à long terme de l'échelle de temps atomique international (TAI), basée en majeure partie sur des étalons commerciaux à césium, en se référant à son étalon primaire CS1. Sur la période allant de 1969 à 1973, les mesures ont montré que la fréquence de TAI diminuait en moyenne de 1×10^{-13} environ chaque année [Becker, 1973]. Il a été déterminé que la stabilité de l'étalon CS1 lui-même répond à la formule:

$\frac{\Delta f}{f} = 2{,}8 \times 10^{-12}/\sqrt{t}$ (t étant exprimé en secondes) en moyenne pendant de courts intervalles de temps pendant lesquels le phénomène dominant dans le jet est le bruit de grenaille [Becker et autres, 1972]; pour des durées allant de plusieurs jours à plusieurs années, la stabilité moyenne de cet étalon est de 1×10^{-13} environ.

Le type d'étalon de fréquence qui constitue la référence de fréquence optimale pour une application donnée dépend, tout au moins en partie, de la durée pendant laquelle la moyenne est mesurée. Ainsi, les masers à hydrogène sont les références de fréquence préférées pour les observatoires radioastronomiques qui font de l'interférométrie à longue base, car le maser est l'appareil dont la stabilité est la plus grande pendant les intervalles de 10^3 à 10^4 secondes, ceux qui comptent pour les observations. Pour des intervalles plus longs, supérieurs à 10^5 à 10^6 secondes, un étalon à césium bien conçu engendrerait probablement une fréquence plus stable; au contraire, pour de plus courtes durées, inférieures à 10 secondes, on a constaté [IEEE, 1966] que la stabilité de fréquence d'un oscillateur à quartz de haute qualité est meilleure que celle des appareils quantiques, lesquels sont tous sujets à la limitation par le bruit de grenaille.

Etant donné la petitesse des dérives à long terme susmentionnées, observées aussi bien sur des exemplaires particuliers d'étalons commerciaux à césium que sur des échelles de temps composées à l'aide de ces appareils, les étalons de référence primaires utilisés dans les laboratoires nationaux jouent un rôle encore plus important. Aujourd'hui, trois étalons primaires de fréquence à jet de césium, de laboratoire, sont en fonctionnement au PTB en République Fédérale d'Allemagne [Becker, 1974], au NRC au Canada [Mungall et autres, 1973] et au NBS aux Etats-Unis d'Amérique [Glaze et autres, 1973]. On a évalué la plupart des paramètres dont dépend leur fréquence de sortie, c'est-à-dire que l'on a effectué des expériences et des études théoriques dont on a tiré des renseignements sur les facteurs à cause desquels la fréquence de sortie n'est pas égale à la fréquence de résonance de l'atome en l'absence de perturbation. L'exactitude qui résulte alors d'une analyse des données est comprise entre 1×10^{-13} et 2×10^{-13} pour chacun de ces trois échelons de laboratoire. Il ressort de comparaisons effectuées à l'échelon international entre les trois appareils, la référence commune étant le TAI, qu'ils manifestent une concordance à 2×10^{-13} près (variation crête-à-crête). Les mesures ont indiqué aussi (1973) que le TAI a une

fréquence trop élevée d'environ 1×10^{-12} par rapport à la définition de la seconde. Cela provient de ce que l'échelle TAI a été construite par le Bureau international de l'Heure en vue d'obtenir d'elle une uniformité maximale, ce qui a raisonnablement maintenu la marche adoptée pour cette échelle au 1er janvier 1969 sur la base d'un nombre limité d'horloges.

On a mis au point, pour évaluer la précision des tubes à jet de césium, une nouvelle méthode applicable aux étalons de laboratoire comme à ceux de type commercial [Hellwig et autres, 1973]. Grâce à la possibilité d'évaluer la précision des tubes commerciaux à jet de césium à 5×10^{-13} environ, de nombreux laboratoires pourraient ainsi venir se joindre à ceux qui possèdent des étalons de fréquence primaires, du moment qu'ils se seront prêtés à certaines méthodes d'essais électroniques sur leurs étalons à jet de césium existants.

Des travaux en cours aux Etats-Unis d'Amérique visent la réalisation d'un étalon de fréquence fonctionnant selon une méthode classique à jet atomique, en l'occurrence de l'hydrogène atomique [Peters, 1972]. La technique, telle qu'elle est employée au Goddard Space Flight Center de la NASA, fait interagir les atomes et le champ d'excitation hyperfréquences pendant une durée relativement longue, par tri d'atomes lents, plutôt que par l'emploi d'un ballon de stockage comme dans le maser à hydrogène. L'intérêt est qu'on évite entièrement «l'effet de paroi», qui est le problème, encore à l'étude, posé par les masers à hydrogène. Un autre avantage de l'appareil expérimental dans sa version actuelle est que le système optique de sélection de jet, fournit un jet presque monochromatique avec une dispersion de vitesse de 1%, ce qui permet de déterminer facilement et avec une grande précision l'effet Doppler du deuxième ordre. La résonance de l'hydrogène atomique a été observée et étudiée dans des conditions variées; il ressort des résultats préliminaires que l'étalon à jet d'hydrogène atomique est l'un des appareils bien placés pour être adopté plus tard comme étalon primaire.

Références Bibliographiques

ALLAN, D.W. [1966] *Proc. IEEE*, Vol. 54, 221.

BECKER, G. [1973] Frequenzvergleiche mit dem primären Zeit- und Frequenznormal CS1 der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zwischen 1969 und 1973 (Comparaisons de fréquence avec l'étalon primaire de temps et de fréquence CS1 du PTB entre 1969 et 1973). *PTB Mittlg.*, **83**, 319.

BECKER, G. [1974] Das Nationale Zeitnormal der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (L'étalon national de temps du PTB) *Kleinheubacher Berichte*, **17**, 81-94.

BECKER, G., KRAMER, G. et MÜLLER, E. [1972] PTB-Jahresbericht 1971 (Rapport annuel 1971), p. 103. Brunswick.

BECKER, G., MÜLLER, E. et SCHRÖDER, R. [1973] PTB-Jahresbericht 1972 (Rapport annuel 1972), p. 124. Brunswick.

BEEHLER, R.E., MOCKLER, R.C. et RICHARDSON, J.M. [juillet 1965] Caesium beam atomic time and frequency standards. *Metrologia*, Vol. 1, 3.

BLACKMAN, R.B. et TUKEY, J.W. [1959] *The measurement of power spectra.* Dover, New York.

DAVENPORT, W.B. et ROOT, W.L. [1958] *Random signals and noise.* McGraw-Hill, New York.

GLAZE, D.J., HELLWIG, H., JARVIS, S., Jr., et WAINWRIGHT, A.E. [1973] Recent progress on the NBS primary frequency standard, Proc. 27th Annual Symposium on Frequency Control (U.S. Army Electronics Command, Ft. Monmouth, N.J., 07703).

HELLWIG, H., JARVIS, S., JR., HALFORD, D. et BELL, H.E. [juin 1973] Evaluation and operation of atomic frequency standards using time domain velocity selection modulation. *Metrologia*, Vol. 9.

IEEE [février 1966] Special issue on frequency stability (IEEE/NASA Symposium). *Proc. IEEE*, Vol. 54, 2.

IEEE [mai 1972] Special issue on time and frequency. *Proc. IEEE*, Vol. 60, 5.

KOLMOGOROV, A.N. [1941] *DAN URSS*, Vol. 32, 19; voir aussi, Vol. 30, 299.

MALAKHOV, A.N. [1966] Spectral-correlational analysis of signals with non-integrable spectra. *Radiofizika*, Vol. 9, 595.

MUNGALL, A.G., BAILEY, R., DAAMS, H., MORRIS, D. et COSTAIN, C.C. [1973] The new NRC 2·1 metre primary caesium beam frequency standard CSV. *Metrologia* 9, 113-127.

NASA [novembre 1964] Symposium on short-term frequency stability. *Proc. IEEE-NASA*, NASA SP-80.

PETERS, H.E. [1972] Hydrogen as an atomic beam standard. Proc. 26th Annual Symposium on Frequency Control (U.S.Army Electronics Command, Ft. Monmouth, N.J., 07703), 230-241.

WINKLER, G.M.R., HALL, R.G. et PERCIVAL, D.B. [1970] *Metrologia*, Vol. 6, 126.

YASUDA, Y. et YOSHIMURA, K. [novembre 1964] Measurement of short-term frequency instability and frequency spectra of highly stable oscillators. *J. of Radio Res. Labs.*, Vol. 11, 58.

RAPPORT 366-2*

CARACTÉRISTIQUES DES SYSTÈMES QUI FOURNISSENT DANS UNE ÉMISSION DES INFORMATIONS DE TEMPS ET DE FRÉQUENCES

(Question 1/7)

(1966 – 1970 – 1974)

1. Introduction

Le présent Rapport soumet à l'attention des experts la définition d'un certain nombre de termes utiles pour décrire des systèmes à retenir aux fins d'études, en vue d'obtenir à la fois dans une même émission TU et TAI [Decaux et Guinot, 1969].

2. Définitions

2.1 Par *décalage de la porteuse*, on entend un écart fractionnaire intentionnel de fréquence par rapport à la valeur nominale de la fréquence porteuse.

2.2 Un *repère* est un signal de référence ou un autre événement, souvent répété périodiquement selon une fréquence déterminée, afin de permettre d'assigner des valeurs numériques à des événements déterminés dans une échelle de temps.

2.3 Par *décalage de la fréquence du repère* des signaux de temps diffusés, on entend un écart relatif intentionnel de la fréquence d'apparition du repère par rapport à sa valeur nominale, habituellement, un repère par seconde.

2.4 Par *saut de temps*, on entend une discontinuité intentionnellement introduite à un certain instant dans une séquence d'intervalles de temps qui autrement serait uniforme. Un saut de temps est positif (+) si la lecture de l'horloge est augmentée, et négatif (—) si elle est diminuée à la suite du saut.

2.5 Une *échelle de temps* est définie soit par ses événements initiaux et une unité de mesure (la seconde par exemple), soit par une séquence d'événements. Certaines échelles de temps reposent sur des horloges, d'autres sur des phénomènes astronomiques. Pour effectuer la lecture d'une échelle de temps avec précision et pour en permettre la diffusion par des moyens électromagnétiques, on utilise largement une séquence dé signaux (ou repères) qui représentent des valeurs particulières de l'échelle de temps.

2.6 Des échelles de temps qui appartiennent au système TUC sont dites *coordonnées* par des procédures bien définies de synchronisation, de diffusion, de publication et de correction.

2.7 Une horloge appartenant à une série d'horloges réparties dans une région géographique et synchronisée avec une horloge de référence située à un *emplacement déterminé (ou origine spatiale)* est appelée *horloge coordonnée*.

2.8 Une échelle de temps est dite *temps-coordonnée* si elle est diffusée dans une région de l'espace, avec des potentiels de gravitation variés selon une procédure bien définie, de telle sorte que deux événements séparés dans l'espace soient considérés comme étant simultanés si les horloges coordonnées sont synchronisées selon cette procédure et donnent la même indication de lecture au moment des événements.

2.9 La *lecture* d'une horloge ou d'une échelle de temps devrait être indiquée par la désignation de l'échelle de temps suivie, entre parenthèses, de la désignation de l'horloge, de la station d'émission, de l'observatoire astronomique ou du laboratoire de normalisation, comme suit:

TUC (horloge N° 8)
TAI (B.I.H.)
TUO (Tokyo)

La date d'une lecture déterminée et la valeur lue devraient être indiquées.

Références Bibliographiques

DECAUX, B. et GUINOT, B. [1969] La mesure du temps. *Que sais-je?*, **97**, Presses universitaires de France.

* Adopté à l'unanimité.

RAPPORT 438*

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DE HAUTE PRÉCISION

(Question 5/7)

(1970)

Le présent Rapport est fondé sur le Doc. VII/53 (Etats-Unis d'Amérique), 1966–1969.

1. Utilisation de systèmes permettant de déterminer l'heure avec précision

1.1 Des progrès ont été accomplis récemment dans la mise au point de méthodes qui permettent d'assurer une synchronisation précise du temps et de la fréquence entre une station aéroportée et une station au sol [ANTC, 1967]; on procède actuellement à l'évaluation de ces réalisations, afin de reconnaître jusqu'à quel point elles seront en mesure de faire face aux exigences sévères des futurs besoins de l'aviation [Transportation Workshop, 1968]. La notion d'un Système Ordonné par rapport au Temps (SOT) doit être définie sur la base de techniques perfectionnées temps/fréquence *(T/F)* orientées en vue des besoins futurs. Ces techniques SOT exigent que l'équipement air-sol puisse établir et maintenir une synchronisation précise par rapport à une référence de temps mondiale (world-wide, WW). Ces signaux horaires précis WW servent de référence commune pour l'échange de données entre les aéronefs d'une part, entre les aéronefs et les stations au sol d'autre part. Les données subissent ensuite un traitement approprié dans les stations aéroportées ou dans les stations au sol, ce qui permet de commander un grand nombre de fonctions, sur la base d'un système ayant une configuration fondamentale uniforme. Il faut assurer les fonctions «intégrées» suivantes dans l'aviation: fonctionnement d'un système aéroporté pour la prévention des collisions (Collision Avoidance System, CAS), localisation des positions, navigation et télécommunications. Le succès ou l'échec de la réalisation de ces systèmes SOT intégrés dépend essentiellement de l'établissement et du maintien d'une échelle de temps WW avec une coordination de l'ordre de 0,1 à 1,0 μs.

1.2 Le choix des techniques *T/F* de haute précision [White, 1968], pour servir de base à la réalisation d'équipements CAS air-air destinés aux transporteurs aériens constitue un grand pas vers l'acceptation, par les exploitants du transport aérien, d'un système SOT de grande précision en vue d'un développement ultérieur à l'échelon mondial. Les caractéristiques tiennent compte des besoins futurs, et non encore élucidés, de l'exploitation au voisinage des aéroports à très forte densité de trafic aérien [ANTC, 1967]. Pour la synchronisation de temps des stations au sol sur un temps de référence unique WW, l'objectif préliminaire [ANTC, 1967] est 0,5 μs (valeur 3σ).

1.3 L'Administration de l'Aviation Fédérale (FAA) des Etats-Unis d'Amérique étudie actuellement les améliorations que l'on pourrait apporter à la gestion du trafic aérien en utilisant des systèmes très largement intégrés, mettant en œuvre la technologie *T/F*. Les résultats montrent que la mise au point de systèmes SOT appropriés fournira vraisemblablement la réponse aux besoins de l'aviation dans les décennies à venir. Les études déjà faites montrent que les méthodes dont on dispose actuellement pour définir un temps fondamental, par l'emploi d'une référence WW commune, sont de nature à donner de bons résultats dans des applications comme les équipements de mesure de distance, la navigation, l'acquisition de données, les aides à l'atterrissage et la détermination des positions en plus de la prévention des collisions. D'après cette étude préliminaire, les spécifications de précision à prévoir sont du même ordre que pour la prévention des collisions, soit entre 0,1 et 0,5 μs.

2. Caractéristiques du système

2.1 On s'est intéressé à l'interdépendance des éléments suivants: fonctionnement en CAS [Shear, 1968], synchronisation interne du système [Jaycox, 1968], signaux dans l'espace [Perkinson, 1968], technologie *T/F* [Bates et autres, 1968], et spécifications pour le temps de référence, dans la mesure où ces divers éléments influent sur la mise au point d'une référence acceptable pour des signaux horaires WW [Thornburg, 1968]. Le problème de la distribution du temps dans le monde entier et le problème du maintien d'une référence de temps commune mondiale dans des stations secondaires au sol ont été

* Adopté à l'unanimité.

étudiés, dans le contexte de la mise au point des futurs systèmes SOT multi-fonctions intégrés, pour l'aviation. Ces travaux ont soulevé plusieurs questions importantes qui devront être résolues avant que l'on puisse s'entendre sur une spécification des signaux horaires WW.

2.2 Ces questions portent notamment sur les points suivants: choix d'une échelle de temps commune, normalisation des signaux de synchronisation, détermination des besoins en matière d'utilisation du spectre radioélectrique, compatibilité des signaux utilisés dans les systèmes aéronautiques à une seule fonction (prévention des collisions) et dans les systèmes à plusieurs fonctions, enfin mise au point des spécifications des systèmes *T/F* pour d'autres applications mondiales. On a étudié les conditions d'utilisation, dans la prévention des collisions, d'une échelle de temps uniforme, par exemple l'échelle A.1 [Thornburg, 1968]. On peut s'attendre à des études complémentaires sur les systèmes SOT à plusieurs fonctions pour l'aviation et sur les conditions à satisfaire pour l'application de la référence WW à des domaines autres que celui de l'aviation. Il est possible que ces études suggèrent l'emploi d'autres échelles de temps dans les premières étapes de la mise au point d'une référence de temps WW. La caractéristique commune à tous les systèmes SOT est la nécessité d'une synchronisation précise entre toutes les stations qui font partie du système. Il conviendra d'étudier à l'échelon mondial les moyens propres à normaliser la partie «synchronisation» des signaux dans l'espace, à partir des émissions des stations secondaires au sol, le but étant de faire bénéficier le plus grand nombre possible d'usagers de la diffusion d'une référence de temps primaire WW.

3. Etudes sur les systèmes

3.1 Les applications des systèmes pour détermination précise de l'heure et de la fréquence en sont seulement à leurs débuts. Il faudra encore déterminer et démontrer les possibilités opérationnelles et économiques des systèmes intégrés mettant en œuvre la technologie moderne *T/F*, avant que les administrations puissent envisager son adoption. A cet effet, des travaux ont été entrepris aux Etats-Unis, dans le cadre d'un vaste programme englobant des analyses de concepts, des études sur les caractéristiques des systèmes et des essais en vol de certains éléments essentiels, afin de répondre aux besoins de l'aviation. On pense que ce programme de travail permettra de mettre au point les futures caractéristiques sur la base desquelles un système précis de référence de temps pourra être introduit progressivement dans le monde entier. Ces systèmes devront être capables d'un fonctionnement *T/F* compatible, de type «coopératif»; il faut donc effectuer des études afin de déterminer les besoins mondiaux en matière de signaux horaires et de trouver des solutions à certains des problèmes évoqués plus haut.

Ces études doivent être d'un caractère très général et non pas limitées aux applications particulières envisagées par telle ou telle administration, ou tel ou tel usager. Elles peuvent se révéler fort utiles pour l'analyse et la définition des avantages relatifs des diverses méthodes de diffusion et de maintien d'une référence de temps mondiale avec une synchronisation de 0,1 μs. On pourrait aussi bénéficier d'un avantage supplémentaire, si la précision de temps requise pour l'aviation est de nature à répondre aux besoins d'autres activités de portée mondiale.

Références Bibliographiques

ANTC [30 juin 1967] Air Navigation/Traffic Control Div., Air Transport Association of America. Airborne collision avoidance system. ANTC Report 117 (5e révision, 15 avril 1968).

Bates, M.R., Fletcher, H.K., Michnik, L. et Prast, J.W. [mars 1968] History of time-frequency technology. *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-4, **2**, 238-255.

Jaycox, R.L. [mars 1968] Collision avoidance system synchronization. *Ibid.*, 257-264.

Perkinson, R.E. [mars 1968] CAS message format. *Ibid.*, 273-277.

Shear, W.G. [mars 1968] Elements of the ATA collision avoidance system. *Ibid.*, 295-304.

Thornburg, C.O. [mars 1968] Master timing of CAS ground stations. *Ibid.*, 265-272.

Transportation Workshop (Washington) [1968] Report for 1967. Air transportation 1975 and beyond: a system of approach. Trends in air travel, Forecasts, Projections, 33-47; Air traffic control, 265-289; Data processing, 303-305; Integrated systems, 307-308; Collision avoidance system. The outlook beyond 1975, 312-314; System capacity, 331. The M.I.T. Press.

White, F.C. [mars 1968] Airborne collision avoidance system development. *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-4, **2**, 234-237.

BIBLIOGRAPHIE

HOLT, J.M. et ANDERSON, R.M. [mars 1968] Analysis of warning times for collision avoidance systems. *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-4, 2, 305-314.

STEEN, C.E. [mars 1968] Spectral energy requirements and adjacent-channel crosstalk in CAS. *Ibid.*, 283-289.

STEINBERG, H.A. [mars 1968] Slot length and line-of-sight protection. *Ibid.*, 290-294.

TOERPER, K.E. [mars 1968] Biphase barker-coded data transmission. *Ibid.*, 278-282.

RAPPORT 439-1*

UTILISATION D'HORLOGES COORDONNÉES ET D'HORLOGES LOCALES ÉTALON (MÉTRIQUES) DANS UN SYSTÈME DE TEMPS-COORDONNÉE TERRESTRE

(1970 - 1974)

1. Introduction

Le temps-coordonnée et le temps propre sont tous deux des concepts de base dans les domaines de la conservation du temps et de la mesure des intervalles de temps. S'il existe plusieurs systèmes de temps-coordonnée, les relations qui les relient doivent être connues. Ces relations sont appelées les «équations de transformation». L'usage d'étalons atomiques de temps rend possible leur emploi systématique dans la mesure des propriétés des systèmes de temps (et d'espace)-coordonnée. Quelques mesures ont maintenant fait l'objet de rapports et s'incorporent dans un programme coordonné étendu.

Une horloge indépendante des autres, construite pour produire des secondes et dont l'exactitude a été évaluée, peut servir à mesurer des intervalles de temps et des fréquences. Son utilisation comme instrument d'étalonnage devrait se faire dans des conditions aussi idéales que possible qui n'impliquent qu'un minimum d'hypothèses théoriques.

Une série d'horloges réparties dans une région donnée, synchronisées par un moyen physique tel que l'émission de signaux de temps, constitue un élément d'un système de temps-coordonnée. Ce système est complété par une échelle de temps définie à partir d'une origine spatiale choisie de façon adéquate, les moyens de mesure assurant son fonctionnement et les méthodes de contrôle du système. Pour assurer la pérennité, des observations reliant l'échelle du système à des échelles astronomiques sont souhaitables.

2. L'échelle de temps à l'origine

Donnant suite aux recommandations du Comité consultatif pour la définition de la seconde [C.C.D.S., 1970], la Conférence générale des poids et mesures a autorisé en 1971 l'introduction d'une échelle de temps-coordonnée officielle. Cette échelle, dite échelle de temps atomique international (TAI), est formée par l'intégration de la seconde (SI) réalisée au niveau de la mer.

La réalisation pratique de l'échelle TAI a été confiée au Bureau international de l'Heure; elle se présente sous la forme d'une échelle de temps moyen fondée sur la marche d'une soixantaine d'horloges au césium situées dans 13 laboratoires et observatoires d'Europe et d'Amérique du Nord. La marche de ces horloges fait l'objet de comparaisons mutuelles journalières au moyen des signaux du LORAN-C ou de signaux de synchronisation de télévision, et de comparaisons moins fréquentes par le transport physique de certaines horloges d'une stabilité appropriée. Le B.I.H. combine les données ainsi recueillies en utilisant, pour le moment, un modèle statistique unique dans lequel à chaque horloge est assigné un poids inversement proportionnel à la variance des fluctuations observées au cours des 12 mois précédents (voir le Rapport 579, le Rapport annuel du B.I.H. pour 1973 et [Grandveaud et Guinot, 1972]). On estime que l'échelle de temps ainsi formée a une instabilité de moins de 1×10^{-13} sur une période de plus d'un an. Cette échelle est mise à la disposition des utilisateurs à 0,1 microseconde près moyennant la publication des corrections aux temps des diverses horloges.

---

* Adopté à l'unanimité.

3. Temps-coordonnée

L'indication donnée par une horloge coordonnée se trouvant au i[e] emplacement peut être déduite de l'indication donnée par l'horloge locale étalon en considérant l'écart relatif de fréquence $F(i)$ et un écart relativiste de fréquence $G(i)$. $G(i)$ est donné par la formule:

$$G(i) = g \frac{H(i)}{c^2}$$

dans laquelle $H(i)$ est la hauteur à laquelle se trouve le i[e] emplacement par rapport à l'origine du système; g est l'accélération due à la gravité, qui est supposée uniforme, c est la vitesse de la lumière. Si:

$$Q = \frac{1 - G(i)}{1 + F(i)}$$

et si $AT(i)$ est l'indication donnée par l'horloge locale étalon, l'indication donnée par l'horloge coordonnée est:

$$ATC(i) = Q \times AT(i),$$

les lectures initiales de ces horloges étant supposées être égales à zéro correspondant au même instant. L'utilisation du facteur Q maintient la synchronisation de $ATC(i)$ avec le temps-coordonnée du système.

Un décalage de fréquence additionnel destiné à modifier la marche des horloges coordonnées et des étalons locaux de temps peut être appliqué pour maintenir la synchronisation approximative des horloges coordonnées avec le temps universel. Cette méthode est décrite par Hudson et autres [1969] à propos d'un système national de temps-coordonnée actuellement à l'étude aux Etats-Unis d'Amérique.

4. Fonctionnement du système

Les fréquences porteuses et les fréquences des signaux horaires, émises par le i[e] emplacement, seront égales aux fréquences du système, à l'origine de ce dernier.

A l'origine du système, la différence Δ (TU) entre le temps universel et le temps-coordonnée du système peut être déterminée. Les valeurs de $ATC(i) - AT(i)$ doivent être fournies.

Références Bibliographiques

C.C.D.S. [18-19 juin 1970] Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, 5[e] Session. Bureau international des poids et mesures, Sèvres.

Granveaud, D. M. et Guinot, B. [1972] *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-21, **4**, 396.

Hudson, G. E., Allan, D. W., Barnes, J. A., Hall, R. G., Lavanceau, J. D. et Winkler, G. M. R. [mai 1969] A coordinate frequency and time system. Proc. of the 23rd Annual Frequency Control Symposium, USAE Com.

RAPPORT 518-1*

DIFFUSION DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES PAR DES SATELLITES

(Question 2/7, Programme d'études 2A-1/7)

(1971 – 1974)

Le présent Rapport passe en revue la situation actuelle en ce qui concerne l'emploi de satellites pour la diffusion de fréquences étalon et de signaux horaires. Les conclusions générales touchant l'emploi de satellites par le service de fréquences étalon et de signaux horaires sont données dans [C.C.I.R., 1970–1974 a et b].

* Adopté à l'unanimité.

Les fréquences étalon et les signaux horaires de la bande 7, à la réception, ne permettent pas d'assurer en général un service permanent parfaitement fiable à partir d'une seule station sur une seule fréquence, par suite des difficultés dues aux caractéristiques de propagation et aux brouillages. Un autre système de diffusion, contenant en puissance des applications très diverses dans le cas où l'on a besoin d'une précision supérieure, d'une couverture plus étendue et d'une fiabilité accrue, consiste à transmettre les fréquences étalon et les signaux horaires par un satellite ou à les émettre directement d'un satellite.

La Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (1971) a attribué trois fréquences dans les bandes 9 et 10, spécifiquement pour la diffusion de fréquences étalon et de signaux horaires par les satellites: 400,1 ± 0,025 MHz, 4202 ± 2 MHz (espace-Terre) et 6427 ± 2 MHz (Terre-espace). (Voir les numéros 312B et 379A du Règlement des radiocommunications.)

La plupart des travaux récemment effectués portent sur la bande 9, bien que des expériences antérieures faites dans la bande 10 aient démontré les avantages qu'il y a d'opérer à une fréquence supérieure, pour un transfert précis du temps [Steele et autres, 1964; Markowitz et autres, 1966].

On peut distinguer deux méthodes générales à appliquer avec des satellites:

— l'exploitation dans un seul sens,

— l'exploitation dans les deux sens.

Par «exploitation dans un seul sens», on entend que l'usager utilise seulement un équipement de réception, une émission commune émise ou relayée par un satellite parvenant à un nombre important d'usagers. Par «exploitation dans les deux sens», on entend que l'usager utilise à la fois un équipement d'émission et un équipement de réception.

L'exploitation dans un seul sens présente les caractéristiques suivantes:

— zone de service très étendue;

— bonne précision temporelle;

— la méthode de reconstitution du temps et le fonctionnement de l'équipement sont simples;

— le coût et la complexité de l'équipement peuvent être modérés.

On cite un cas [Hanson et Hamilton, 1973] où une précision de transfert du temps de 25 microsecondes environ a été démontrée au cours d'une exploitation dans un seul sens dans la bande 8 au moyen d'un satellite géostationnaire. Dans cette expérience, qui a duré deux ans, les durées de propagation entre l'horloge maîtresse et l'horloge réceptrice se déterminaient, la position du satellite et l'emplacement du récepteur étant connus, au moyen d'une règle à calcul établie à cet effet. La position du satellite était annoncée à la voix pendant les émissions. Les durées de propagation pouvaient aussi se déterminer, de façon moins précise, au moyen de transparents sur lesquels étaient gravés des durées de propagation et qu'on superposait à une carte terrestre.

La synchronisation de stations au sol séparées par de grandes distances, à des précisions de ± 25 microsecondes environ, a été obtenue aussi au moyen de signaux horaires émis par des horloges à bord de satellites placés sur orbite polaire à basse altitude. On cite un cas où des stations de poursuite, réparties sur tout le globe et faisant partie du réseau de poursuite et de données des vols spatiaux de la NASA, ont été synchronisées à l'aide d'une porteuse modulée en phase sur 136 MHz, émise par un satellite géodésique GEOS [Laios, 1972]. On a constaté qu'il suffisait d'observer en huit emplacements un satellite défilant environ une fois par jour, pour établir la synchronisation du réseau tant à l'intérieur de celui-ci que par rapport à une source extérieure de référence, à une précision de 20 à 30 microsecondes, les durées de propagation étant calculées à partir de prévisions de l'orbite du satellite qu'on remettait à jour une fois par semaine.

Des résultats similaires ont été communiqués relativement à la synchronisation par satellite de six stations appartenant à un réseau de poursuite français, avec le satellite TRANSIT à défilement [Laidet, 1972]. En recevant l'information de temps de l'horloge de bord de TRANSIT, transmise par deux porteuses modulées en phase sur 150 MHz et 400 MHz environ, on synchronisait les horloges des stations avec la première à 20 microsecondes près (voir United States Naval Observatory (USNO) Time Service Announcements, Series 17).

De son côté, l'exploitation dans les deux sens présente les caractéristiques suivantes:

— des exactitudes de l'ordre de 100 nanosecondes;

— le service peut être facilement limité à des zones de faible superficie en cas de besoin grâce à l'utilisation de fréquences plus élevées;

— ce mode d'exploitation peut fréquemment être le seul moyen possible pour transférer le temps dans des régions isolées avec une incertitude inférieure à 1 microseconde.

On a démontré expérimentalement qu'un service de diffusion du temps par satellite pourrait satisfaire aux besoins des différentes catégories d'usagers. Certaines de ces applications sont:

— amélioration du service à des fins scientifiques (travaux géophysiques et géodésiques);

— service permettant d'établir des relevés précis sur terre ou en mer, particulièrement dans les régions isolées;

— exigences des services mobiles 24 heures par jour, qui dépassent celles de la navigation normale, sur une base permanente;

— comparaisons de temps précises et coordination d'échelles de temps du type dont peuvent avoir besoin des laboratoires nationaux et autres utilisateurs;

— systèmes de régulation du trafic aérien.

A l'avenir, on devra déterminer les formats de signaux optimaux et poursuivre les travaux d'amélioration de méthodes de prévision des orbites de satellite, qui soient appropriées aux opérations de synchronisation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

C.C.I.R. [1970–1974a] Doc. 7/1; Canada.

C.C.I.R. [1970–1974b] Doc. 7/4, Etats-Unis d'Amérique.

HANSON, D. W. et HAMILTON, W. F. [1973] Time and frequency broadcast experiments from the ATS-3 satellite. NBS Technical Note No. 645, Boulder, Colo.

LAIDET, L. M. [mai 1972] Worldwide synchronization using the TRANSIT satellite system. *Proc. IEEE* (Lett.), Vol. 60, 630-632.

LAIOS, S. C. [mai 1972] Satellite time synchronization of a NASA network. *Proc. IEEE* (Lett.), Vol. 60, 632-633.

MARKOWITZ, W., LIDBACK, C. A., UYEDA, H. et MURAMATSU, K. [décembre 1966] Clock synchronization via Relay II satellite. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-15, 4, 177-184.

STEELE, J. McA., MARKOWITZ, W. et LIDBACK, C. A. [décembre 1964] Telstar time synchronization. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-13, 164.

RAPPORT 576*

DIFFUSION DE FRÉQUENCES ÉTALON PAR STABILISATION DE LA FRÉQUENCE PORTEUSE D'UNE STATION DE RADIODIFFUSION

(Programme d'études 4A/7)

(1974)

De nombreux utilisateurs du service de fréquences étalon et de signaux horaires, notamment dans les industries radioélectriques et électroniques, n'ont besoin que d'une référence de fréquence de précision moyenne. Ces utilisateurs sont souvent situés dans un environnement électromagnétique où de sévères brouillages peuvent réduire considérablement l'utilité des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes attribuées ainsi que dans les autres bandes. En outre, il est souhaitable qu'un équipement simple et peu coûteux permette d'effectuer ces comparaisons de fréquence.

Ces exigences sont satisfaites en Europe par plusieurs émetteurs de fréquences étalon et de signaux horaires dans la bande 5, et par la stabilisation de la porteuse de quelques stations de radiodiffusion

* Adopté à l'unanimité.

(Allouis, 164 kHz; Donebach, 151 kHz; Droitwich, 200 kHz et Motala, 191 kHz). Les fréquences porteuses de ces dernières stations sont obtenues à partir d'étalons atomiques et leur exactitude est maintenue en général entre 5×10^{-12} [C.C.I.R., 1970–1974a] et 5×10^{-11}.

Compte tenu des caractéristiques de propagation des ondes kilométriques, et en fonction de la puissance émise, la zone de service principale de ces stations peut être très grande (avec, par exemple, un rayon de quelques centaines de kilomètres pendant le jour). Dans cette zone, il est possible de faire des comparaisons de fréquence avec une précision comprise entre 1×10^{-11} et 1×10^{-9}, pourvu que les mesures soient effectuées pendant les heures de jour, et avec une durée de mesure suffisante.

Des expériences ont été faites aux Etats-Unis d'Amérique en bande 6 [C.C.I.R., 1970–1974b], avec la stabilisation de la porteuse d'une station de radiodiffusion à 650 kHz, fonctionnant avec une puissance de la porteuse de 50 kW. Une précision des comparaisons de fréquence de 1×10^{-10} a été obtenue, à une distance de 800 km, pendant les heures de jour. En Italie toutes les études et les réalisations préalables ont été effectuées dans le but de stabiliser la porteuse d'une station de radiodiffusion à grande puissance d'émission, à 899 kHz [C.C.I.R., 1970–1974c].

En République Fédérale d'Allemagne, plus de 100 émetteurs de télévision fonctionnant dans la bande 9, avec des porteuses télécommandées au moyen de trois fréquences de référence différentes [C.C.I.R., 1970–1974d et e]: un signal à 1 kHz transmis par câble; la porteuse stabilisée d'une station de radiodiffusion à 151 kHz, et une fréquence étalon à 10 MHz transmise par les lignes de distribution du programme de télévision, établies sur des faisceaux hertziens. Un écart de la fréquence porteuse compris entre $0{,}7 \times 10^{-11}$ et 3×10^{-10} a été observé, en fonction du signal de commande utilisé parmi les trois références possibles. Au moyen des porteuses stabilisées, des comparaisons de fréquence d'une précision de quelques 10^{-10} peuvent être effectuées en moins d'une minute.

L'intérêt de la stabilisation de la porteuse de stations de radiodiffusion est accentué par le fait qu'on utilise des fréquences allouées et des émetteurs déjà existants sans dégrader leur mission primitive. De plus, ces stations fournissent, en général, un champ d'une intensité suffisante pour assurer un bon rapport signal sur bruit.

Références Bibliographiques

C.C.I.R. [1970–1974a] Doc. 7/66, Allemagne (République Fédérale d').

C.C.I.R. [1970–1974b] Doc. 7/34, Etats-Unis d'Amérique.

C.C.I.R. [1970–1974c] Doc. 7/82, Italie.

C.C.I.R. [1970–1974d] Doc. 7/19, Allemagne (République Fédérale d').

C.C.I.R. [1970–1974e] Doc. 7/63, Allemagne (République Fédérale d').

RAPPORT 577*

DIFFUSION DE SIGNAUX HORAIRES PAR SUPERPOSITION D'UNE MODULATION DE PHASE A LA MODULATION D'AMPLITUDE D'ÉMISSIONS DE RADIODIFFUSION SONORE

(Programme d'études 4B/7)

(1974)

Un moyen de diffuser les signaux horaires avec la précision exigée par nombre d'usagers, et sans accroître l'encombrement des bandes attribuées au service des fréquences étalon et des signaux horaires, consiste à faire appel à des émetteurs destinés à d'autres services.

On peut en particulier se servir d'un émetteur classique de radiodiffusion sonore et superposer à sa modulation d'amplitude une modulation de phase grâce à laquelle sont transmis des repères de seconde et, sous une forme codée, des informations de date (jour, heure, minute, seconde).

---

* Adopté à l'unanimité.

Le récepteur approprié peut jouer le rôle d'un organe d'affichage du temps par télécommande, dont l'exactitude dépend uniquement de celle de l'échelle de temps utilisée à l'émission.

Cette technique a fait, en France, l'objet d'expériences où l'on a simulé en laboratoire des émissions faites dans la bande 5 [C.C.I.R., 1970–1974a]. D'après les résultats de ces expériences, les deux types de modulation peuvent être suffisamment indépendants l'un de l'autre, à condition que l'on choisisse convenablement les caractéristiques de la modulation de phase.

La transmission de l'information codée de date s'effectue par cycles de 4 secondes; les repères de seconde permettent cependant au récepteur d'afficher seconde par seconde les informations de date.

A la réception, la précision des repères de temps est de l'ordre de quelques dixièmes de milliseconde; elle est limitée par la largeur de bande de la modulation de phase; quant aux variations de la durée de propagation, elles sont bien en deçà de cette limite. Pour calculer l'incertitude finale des résultats obtenus, il faut étalonner le retard dans l'appareillage de réception (qui est typiquement de 10 ms) et connaître la durée de propagation.

Cette technique est compatible avec la diffusion de fréquence par la porteuse: il est en effet possible de récupérer, à la réception, la phase de l'onde porteuse débarrassée de sa modulation numérique.

La technique dont il s'agit pourrait fournir un moyen de diffuser des signaux horaires dans de vastes zones géographiques; il convient cependant de procéder à des essais pratiques d'écoute, pour être certain que la modulation de phase superposée à la modulation d'amplitude n'est pas une source de gêne pour les auditeurs [C.C.I.R., 1970–1974b].

Références Bibliographiques

C.C.I.R. [1970–1974a] Doc. 7/45, France.

C.C.I.R. [1970–1974b] Doc. 10/361.

RAPPORT 578*

CODES HORAIRES

(Question 1/7)

(1974)

L'évolution de la situation au cours des dernières années a fait ressortir la nécessité de transmettre des informations de temps plus complètes que celles qui sont fournies par les signaux habituels de secondes et de minutes dans le cadre du service de fréquences étalon et de signaux horaires. Les besoins à cet égard, qui peuvent impliquer l'indication codée de la minute, de l'heure et du jour de l'année, relèvent de différents domaines et l'on pourrait ainsi, par exemple, fournir une base de temps commune pour des systèmes de contrôle dispersés sur une vaste aire géographique et équipés d'appareils fonctionnant sans surveillance. Un nombre croissant d'applications est prévu dans les domaines des sciences, des industries et des administrations.

La station de fréquences étalon et de signaux horaires WWV a été la première à ajouter à son programme de modulation, des informations de temps complètes par codage, vers 1960. Des codes horaires ont été ensuite inclus dans les émissions des stations WWVH et WWVB (60 kHz). Les codes utilisés actuellement sont semblables à la version H des codes horaires IRIG (Inter-Range Instrumentation Group [NBS]. A l'intérieur de la trame de codage, qui dure 1 minute, les chiffres des minutes, heures et jours sont indiqués au moyen de 23 bits en code BCD (décimal codé binaire). Le codage de WWV et WWVH est fait dans l'ordre 1-2-4-8, WWVB utilisant un code 8-4-2-1. Le codage est fait par une modulation de la durée des impulsions, 0,2 s pour le zéro binaire et 0,5 s pour le un binaire. Le débit binaire est de 1 bit/s. Dans les émissions en ondes décamétriques, les signaux de codage sont émis sur une sous-porteuse à 100 Hz. Pour la station WWVB, le niveau de la porteuse est réduit de 10 dB pour chaque élément binaire.

En juin 1973, un code horaire a été inclus dans les émissions de l'émetteur de fréquences étalon et de signaux horaires DCF 77 (77,5 kHz). Les informations de minute, heure, jour, jour de la semaine

---

* Adopté à l'unanimité.

(lundi = 1), mois et année, sont émises chaque minute en code BCD, de la 20e à la 58e seconde de la minute (Fig. 1). L'information horaire codée est conforme à l'heure de l'Europe Centrale, telle qu'elle est réalisée par le PTB (TUC(PTB) + 1 h.). Le zéro binaire est représenté par un repère de seconde de 0,1 s, le un binaire par un repère de seconde de 0,2 s. Trois bits de contrôle de parité sont également inclus [Becker et Hetzel, 1973; C.C.I.R., 1970–1974a]. Le choix du format du code est basé sur une enquête effectuée auprès d'une grande variété d'utilisateurs. La méthode de codage choisie a deux avantages essentiels: la largeur de bande nécessaire est faible (inférieure à 30 Hz) et le débit binaire est lent, ce qui permet d'enregistrer les repères avec des enregistreurs simples. Les deux caractéristiques sont particulièrement utiles pour les stations éloignées et non surveillées. L'équipement de réception et de décodage a été décrit [Hetzel et Rohbeck, 1974].

Un code horaire est également proposé pour les émissions de MSF (60 kHz) [C.C.I.R., 1970–1974b]. Ce code utilisera aussi un format BCD dans l'ordre 8-4-2-1. Initialement, 13 bits + 1 bit de parité indiqueront la minute et l'heure; l'information du jour de l'année sera ajoutée ultérieurement en insérant 10 autres bits + 1 bit de parité. Le débit binaire sera de 100 Hz et la longueur totale du mot sera insérée au cours de l'interruption de 0,5 seconde de la porteuse, qui constitue le repère de minute. Le un binaire correspond au niveau de la porteuse complète, et le zéro binaire à la porteuse supprimée.

Un code horaire a été étudié aux Etats-Unis d'Amérique [C.C.I.R., 1970–1974c], de façon à fournir simultanément l'indication du Temps Universel (TU1), du Temps Universel coordonné (TUC), et du Temps Atomique international (TAI), en un seul code BCD compatible avec un décodeur automatique. Le code complet détermine l'instant d'apparition du repère de référence de trame, en multiples entiers de 20 ms dans l'échelle TU1. L'instant dans l'échelle TUC peut être obtenu directement, simplement en arrondissant à la seconde supérieure ou inférieure, selon un bit spécial d'arrondi ±. Enfin, l'instant d'apparition du repère de référence de trame dans l'échelle TAI est à la minute exacte, puisque les repères de trame sont synchronisés à l'origine avec les repères de minutes de l'échelle TAI. Un avantage supplémentaire de ce code est que l'insertion d'une seconde intercalaire dans l'échelle TUC est immédiatement détectée puisqu'il se produit la modification correspondante dans l'information TU1-TUC, incluse dans le code.

Bien que le code ne soit pas actuellement utilisé, il peut convenir à certaines applications futures qui exigeraient l'utilisation de signaux horaires par des décodeurs automatiques.

Références Bibliographiques

Becker, G. et Hetzel, P. [1973] Kodierte Zeitinformation über den Zeitmarken- und Normalfrequenzsender DCF77 (Informations de temps codées de l'émetteur de fréquences étalon et de signaux horaires DCF77). *PTB Mittlg.*, **83**, 163.

C.C.I.R. [1970–1974a] Doc. 7/52, Allemagne (République Fédérale d').

C.C.I.R. [1970–1974b] Doc. 7/69, Royaume-Uni.

C.C.I.R. [1970–1974c] Doc. 7/32, Etats-Unis d'Amérique.

Hetzel, P. et Rohbeck [avril 1974] Digitale Anzeige der vom Sender DCF77 verbreiteten amtlichen Zeit (Renseignements numériques sur l'heure officielle, diffusés par DCF77). *Funkschau*, **46**.

NBS: National Bureau of Standards. Publication spéciale N° 236 (révisée chaque année). Boulder, Colo.

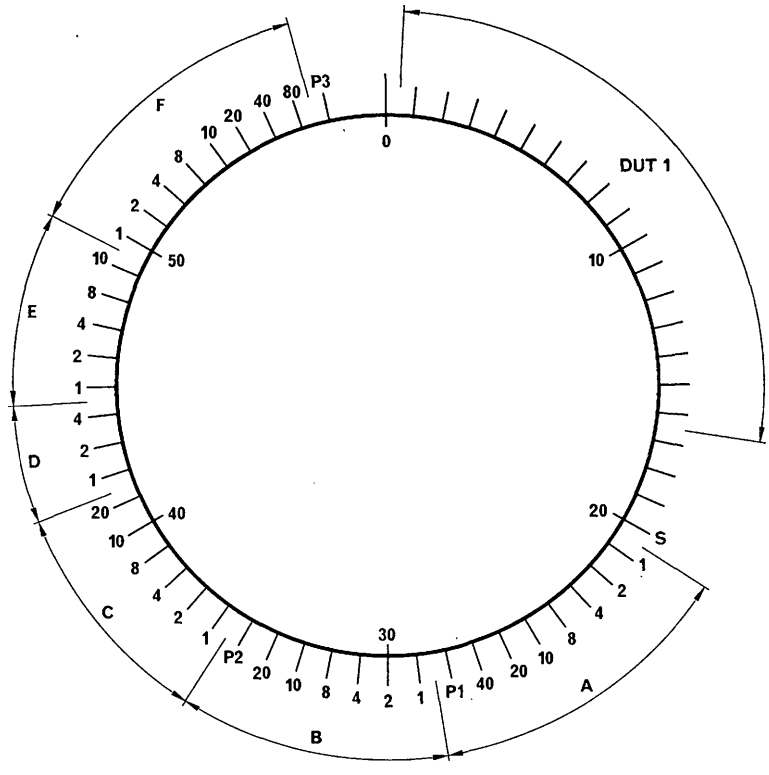


FIGURE 1

Codage horaire sur DCF 77

P1, P2 et P3 sont des bits de contrôle de parité
S est un repère de seconde, prolongé à 0,2 s, qui indique le début de l'information de temps

A: minute
B: heure
C: jour du mois
D: jour de la semaine
E: mois
F: année

RAPPORT 579*

POIDS STATISTIQUES D'HORLOGES QUI CONTRIBUENT A UNE ÉCHELLE DE TEMPS PROBLÈMES D'ÉTABLISSEMENT DE MOYENNES

(Programme d'études 1D-1/7)

(1974)

1. Uniformité

Dans la plupart des laboratoires, l'échelle de temps locale indépendante est obtenue à partir d'ensembles d'étalons commerciaux au césium, et elle est maintenue uniforme sans référence à des étalonnages par étalons primaires de laboratoire. Pour obtenir une bonne uniformité, on applique aux divers étalons des corrections de la marche prévue ainsi que des coefficients de pondération (poids).

La prévision la plus simple et la plus répandue concernant la marche est la valeur moyenne observée pendant un intervalle de temps passé (prévision linéaire) relative à l'ensemble d'horloges. Toutefois, ce mode de prévision ne se justifie théoriquement que pour une modulation de fréquence par un bruit blanc; en particulier, ce n'est pas une prévision optimale pour la modulation de fréquence par un bruit

* Adopté à l'unanimité.

de scintillation, qui peut être prédominante dans le problème de l'évaluation des échelles de temps. Le National Bureau of Standards a élaboré une méthode de prévision récurrente quasi optimale pour un modèle réaliste de fluctuations de fréquence [Allan et Grey, 1971; Allan et autres, 1973].

Des méthodes de pondération raffinées sont appliquées par le National Bureau of Standards [Allan et Grey, 1971; Allan et autres, 1973] et par la Commission Nationale de l'Heure, en France. Dans certains cas, on peut se contenter d'un procédé de pondération plus simple: on considère que toute horloge est affectée d'un «poids 1» sauf en cas de fonctionnement défectueux, où elle reçoit un «poids 0».

On a recours également à une méthode de formation de moyennes sur les horloges, avec des hypothèses différentes concernant le comportement de ces horloges et la notion d'échelle de temps uniforme [Winkler et autres, 1970]. Ces méthodes mettent en œuvre des procédés itératifs, avec des corrections qui compensent les contributions des horloges présentant des écarts excessifs par rapport au comportement prévu.

Des études faites au «Physikalisch-Technische Bundesanstalt» (PTB) et dans d'autres laboratoires ont montré que les modèles aléatoires ne suffisent peut-être pas à caractériser complètement les performances à long terme. Il peut y avoir des dérives de fréquence systématiques et des sauts de fréquence. Des études ont été faites pour détecter ces effets non aléatoires [Ganter, 1973]. Elles ont fait ressortir la nécessité d'un étalonnage précis des horloges.

2. Exactitude

Les méthodes mentionnées ci-dessus sont susceptibles de donner lieu à des écarts de fréquence importants à long terme. Il faut appliquer des corrections de fréquence pour maintenir la concordance entre l'unité de l'échelle de temps et la seconde.

Un des problèmes à résoudre consiste à évaluer la correction de fréquence, en supposant qu'on dispose de plusieurs étalonnages de la fréquence de l'échelle de temps par rapport aux étalons primaires. Yoshimura [1972] a établi les formules qui donnent les poids à appliquer aux étalonnages correspondant aux modèles habituels de bruits aléatoires dans les échelles de temps.

Au National Research Council, les étalonnages et les corrections de fréquence sont faits à intervalles de temps rapprochés (deux fois par semaine) [Mungall, 1971]. Au National Bureau of Standards (NBS), on n'a opéré que trois corrections de fréquence depuis 1969. Aucune correction n'a été apportée à d'autres échelles de temps atomique locales indépendantes.

Il semble possible d'effectuer un réglage continu de la fréquence, qui permettrait d'obtenir la précision requise sans nuire à la stabilité à court et à moyen terme; cette méthode est à l'étude. Il est possible qu'elle se révèle spécialement utile pour remédier aux effets non aléatoires susceptibles de se produire.

3. Temps atomique international (TAI)

Jusqu'au mois d'août 1973, le TAI a été formé par la moyenne de 7 temps atomiques locaux indépendants. Becker et Hubner [1973] ont étudié la pondération de ces échelles; plusieurs méthodes de pondération ont été essayées par ces auteurs et également par le Bureau international de l'Heure (B.I.H.) [Granveaud et Guinot, 1972]. En raison des difficultés liées à l'assignation de poids aux échelles de temps, le B.I.H., en août 1973, a commencé à utiliser directement les données fournies par les horloges elles-mêmes, avec une méthode de prévision et de pondération qui est décrite dans le Rapport annuel du B.I.H. pour 1973.

Références Bibliographiques

Allan, D.W. et Grey, J.E. [1971] *Metrologia*, Vol. 7, 79.

Allan, D.W., Glaze, D.J., Machlan, H.E., Wainwright, A.E., Hellwig, H., Barnes, J.A. et Grey, J.E. [1973] Proc. 27th Annual Symposium on Frequency Control, 334.

Becker, G. et Hubner, U. [1973] PTB Annual Report for 1972, 125.

Ganter, W. [1973] NBS Technical Note No. 636, Boulder, Colo.

Granveaud, M. et Guinot, B. [1972] *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-21, **4**, 396.

Mungall, A.G. [1971] *Metrologia*, Vol. 7, 146.

Winkler, G.M.R., Hall, R.G. et Percival, D.B. [1970] *Metrologia*, Vol. 6, 126.

Yoshimura, K. [1972] NBS Technical Note No. 626, Boulder, Colo.

RAPPORT 580*

CARACTÉRISATION DU BRUIT DE FRÉQUENCE ET DE PHASE

(Programme d'études 3B/7)

(1974)

En matière de signaux horaires et de fréquences étalon, il importe de reconnaître les instabilités des générateurs de fréquence et des signaux radioélectriques reçus.

Pour cela, il convient d'établir une distinction entre les processus aléatoires et les processus systématiques et non stationnaires. Des travaux importants ont été effectués sur les processus aléatoires [Allan, 1966; Baghdady et autres, 1965; Cutler et Searle, 1966; IEEE, 1966 et 1972].

A la suite de la publication d'un numéro spécial de «Proceedings of the IEEE» en 1966 sur la stabilité de fréquence [IEEE, 1966], un sous-comité du Groupe des instruments et mesures (GIM) de l'IEEE a été constitué et chargé d'établir une norme de l'IEEE sur l'instabilité de fréquence. En 1969, ce sous-comité a terminé un document qui, jusqu'à maintenant, représente l'ouvrage le plus définitif pour la mesure qualitative et quantitative des instabilités de fréquence et de phase [Barnes et autres, 1970].

Dans ce document, on propose des définitions pour les mesures de la stabilité de fréquence. L'une d'elles est celle de la densité spectrale $S_y(f)$, f étant la fréquence de Fourier, le spectre étant considéré unilatéralement par bandes de 1 Hz, et y étant l'écart relatif de fréquence par rapport à la fréquence nominale. Le sous-comité a également proposé une autre définition pour la mesure de la stabilité de fréquence considérée comme la moyenne, pour un temps infini, d'une variance d'échantillon de deux moyennes adjacentes de y, chacune ayant été prise sur une période nominale τ. La première mesure proposée est une mesure de stabilité dans le domaine fréquentiel et la deuxième, souvent appelée variance d'Allan, est une mesure de stabilité dans le domaine temporel [Kolmogorov, 1941; Malakhov, 1966]. Le document précité présente également des graphiques, des diagrammes et des équations établissant la relation entre les mesures recommandées dans le domaine fréquentiel et le domaine temporel et permettant également de calculer la stabilité de phase.

Note. — Le mot «stabilité» utilisé dans tout ce qui précède signifie en fait «instabilité»; mais, étant donné qu'il peut rarement y avoir de confusion, on utilise souvent le mot «stabilité» dans les textes.

Ces mesures des instabilités des générateurs de fréquence, qu'il a été ainsi recommandé de faire, ont été généralement acceptées par les spécialistes de la métrologie des fréquences et du temps dans le monde entier. Certains des principaux constructeurs d'étalons de fréquence spécifient maintenant les caractéristiques d'instabilité de leurs étalons en fonction de ces mesures.

Depuis la publication du mémoire de Barnes et autres [1970], d'autres travaux importants ont été faits. A titre d'exemple, H. Brandenberger et autres [1971] ont comparé les mesures dans le domaine fréquentiel à celles dans le domaine temporel et ont également utilisé certaines autres mesures de l'instabilité des générateurs de fréquence dans le domaine fréquentiel. Meyer [1970] a mis au point un système de mesure précise des instabilités de phase de très faible niveau. Baugh [1971] a illustré les propriétés de la variance d'Hadamard — une méthode d'évaluation dans le domaine temporel des bandes latérales discrètes de la modulation de fréquence — qui conviennent particulièrement pour les fréquences de Fourier inférieures à 100 Hz environ.

Rutman [1972] a passé en revue certains aspects des travaux du sous-comité précité et a suggéré certaines autres mesures dans le domaine temporel tout en approuvant, d'une façon générale, les recommandations du sous-comité. Précisant encore ces travaux, Lesage et Audoin [1973] ont montré comment calculer la confiance de l'estimation d'une variance d'Allan. De Prins et autres [1969] et De Prins et Cornelissen [1971] ont proposé d'autres mesures des instabilités de fréquence dans le domaine fréquentiel en insistant particulièrement sur les moyennes échantillons de spectres discrets.

Le chapitre 8 d'une monographie du National Bureau of Standards est consacré aux «Statistics of time and frequency data analysis» [Blair, 1974]. Certains principes généraux y sont exposés, ainsi que des méthodes de mesure et des applications des mesures des instabilités de fréquence et de phase des générateurs de fréquence dans les domaines fréquentiels et temporels. On y indique également certaines

* Adopté à l'unanimité.

méthodes de conversion de différentes mesures de l'instabilité de fréquence dans le domaine temporel ainsi que les relations de conversion entre les mesures dans le domaine fréquentiel et les mesures dans le domaine temporel et vice versa. Des exemples d'applications sont donnés et une bibliographie incluant la plupart des publications importantes consacrées à la mesure de l'instabilité de fréquence y figure également.

Les changements systématiques des fréquences et des phases, tels que les dérives, ne peuvent pas être détectés de manière sûre à l'aide des statistiques mentionnées ci-dessus. Ces effets deviennent en général prédominants à long terme. Ils peuvent être détectés par des évaluations réitérées de l'exactitude.

Références Bibliographiques

ALLAN, D.W. [février 1966] Statistics of atomic frequency standards. *Proc. IEEE*, Vol. 54, 221-230.

BAGHDADY, E.J., LINCOLN, R.N. et NELIN, B.D. [juillet 1965] Short-term frequency stability: characterization, theory, and measurement. *Proc. IEEE*, Vol. 53, 704-722.

BARNES, J.A., CHI, A.R., CUTLER, L.S., HEALEY, D.J., LEESON, D.B., MCGUNIGAL, T.E., MULLEN, J.A., SMITH, W.L., SYDNOR, R., VESSOT, R.F.C. et WINKLER, G.M.R. [octobre 1970] Characterization of frequency stability. NBS Technical Note No. 394. Aussi publié en mai 1971 dans *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-20, 105-120.

BAUGH, R.A. [1971] Frequency modulation analysis with the Hadamard variance. Proc. 25th Annual Symposium on frequency control (U.S. Army Electronics Command, Ft. Monmouth, N. J. 07703 (26-28 avril 1971)), 222-225. (Electronic Industries Association, Washington, D.C., 20006.)

BLAIR, B.E. (Ed.) [mai 1974] Time and frequency: theory and fundamentals. NBS Monograph No. 140, Boulder, Colo.

BRANDENBERGER, H., HADORN, F., HALFORD, D. et SHOAF, J.H. [1971] High quality quartz crystal oscillators: frequency domain and time-domain stability. Proc. 25th Annual Symposium on frequency control (U.S. Army Electronics Command, Ft. Monmouth, N. J., 07703 (26-28 avril 1971)), 226-230. (Electronic Industries Association, Washington, D.C., 20006.)

CUTLER, L.S. et SEARLE, C.L. [février 1966] Some aspects of the theory and measurement of frequency fluctuations in frequency standards. *Proc. IEEE*, Vol. 54, 136-154.

DE PRINS, J. et CORNELISSEN, G. [18-22 octobre 1971] Analyse spectrale discrète. Eurocon (Lausanne, Suisse).

DE PRINS, J., DESCORNET, G., GORSKI, M. et TAMINE, J. [décembre 1969] Frequency domain interpretation of oscillator phase stability. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-18, 251-261.

IEEE [mai 1972] Special issue on time and frequency. *Proc. IEEE*, Vol. 60, 5.

IEEE [février 1966] Special issue on frequency stability (IEEE-NASA Symposium). *Proc. IEEE*, Vol. 54, 2.

KOLMOGOROV, A.N. [1941] *DAN SSSR*, Vol. 32, 19; également Vol. 30, 299.

LESAGE, P. et AUDOIN, C. [juin 1973] Characterization of frequency stability: uncertainty due to the finite number of measurements. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-22, 157-161.

MALAKHOV, A.N. [1966] Spectral correlation analysis of signals with non-integrable spectra. *Radiofizika*, Vol. 9, 595.

MEYER, D.G. [novembre 1970] A test set for the accurate measurements of phase noise on high quality signal sources. *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. IM-19, 215-227.

RUTMAN, J. [décembre 1972] Instabilité de fréquence des oscillateurs. *L'Onde électrique*, Vol. 52, 480-487.

Bibliographie

SHOAF, J.H., HALFORD, D. et RISLEY, A.S. [janvier 1973] Frequency stability specification and measurement: high frequency microwave signals. NBS Technical Note No. 632, Boulder, Colo.

QUESTIONS ET PROGRAMMES D'ÉTUDES, DÉCISIONS, RÉSOLUTIONS ET VŒUX

QUESTION 1/7

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(1948 – 1951 – 1953 – 1956 – 1963)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que la Conférence administrative des radiocommunications, Genève, 1959, a demandé l'étude de l'établissement et du fonctionnement d'un service mondial de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que plusieurs stations émettent désormais régulièrement des fréquences étalon et des signaux horaires dans les bandes attribuées par cette Conférence;

c) que certaines régions du monde ne sont pas encore efficacement desservies;

d) que l'emploi d'un nombre de stations plus élevé qu'il n'est techniquement nécessaire peut provoquer des brouillages qui diminueraient l'efficacité du service,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

1. mesures à recommander pour accroître l'efficacité du service de fréquences étalon et de signaux horaires fonctionnant actuellement dans les bandes attribuées par cette Conférence;

2. mesures à recommander pour la réduction des brouillages mutuels entre stations de fréquences étalon et de signaux horaires fonctionnant sur la même fréquence et dont les zones de service se recouvrent.

PROGRAMME D'ÉTUDES 1A-1/7

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(1965 – 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que dans la Question 1/7 et dans l'Avis 374-3 des renseignements sont demandés sur les méthodes propres à améliorer l'efficacité du service existant d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que des stations de fréquences étalon travaillent simultanément sur la même fréquence porteuse,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. rechercher les possibilités de réduire les brouillages mutuels entre les émissions du service de fréquences étalon et de signaux horaires:

1.1 en réduisant la durée du programme de la modulation continue à fréquences acoustiques et des annonces;

1.2 en employant une modulation qui donne les renseignements et la précision nécessaires avec la largeur de bande minimale;

1.3 en décalant les fréquences émises dans les bandes attribuées et en employant une méthode de modulation convenable;

1.4 en adoptant un système convenable et coordonné de partage du temps entre les émissions de fréquences étalon dans les régions où celles-ci sont sujettes à des brouillages mutuels;

1.5 en évitant toute émission sans modulation de la porteuse, qui ne soit pas nécessaire pour l'exploitation du service;

2. réunir des données sur la façon dont les émissions de fréquences étalon dans les bandes 6 et 7 peuvent être coordonnées avec les émissions dans d'autres bandes pour assurer le meilleur service global à l'échelle mondiale.

PROGRAMME D'ÉTUDES 1B-1/7

ÉMISSIONS A BANDE LATÉRALE UNIQUE DANS LES SERVICES DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(1965 - 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

qu'en vue de réduire l'encombrement dans les bandes de fréquences inférieures à 30 MHz, l'U.I.T. a invité les administrations à accélérer la transformation en systèmes à bande latérale unique des systèmes à double bande latérale qu'elles utilisent dans ces bandes,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

améliorations que peuvent procurer la distribution et l'emploi d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires faites sur bande latérale unique à onde porteuse complète, notamment dans les bandes des 2,5, 5, 10, 15, 20 et 25 MHz.

PROGRAMME D'ÉTUDES 1D-1/7

POIDS STATISTIQUES D'HORLOGES QUI CONTRIBUENT A UNE ÉCHELLE DE TEMPS PROBLÈMES D'ÉTABLISSEMENT DE MOYENNES

(1970–1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que des échelles de temps atomique sont souvent obtenues par formation de moyennes d'échelles de temps individuelles d'un grand nombre d'horloges ou de groupes d'horloges, qui sont éloignées les unes des autres;

b) qu'il est important pour beaucoup d'usages qu'une échelle de temps soit aussi uniforme que possible;

c) que, de plus, la subdivision des échelles de temps devrait être en accord avec la valeur reconnue de la seconde,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. procédés d'établissement de moyennes, y compris la détermination de poids statistiques qui sont attribués aux horloges ou groupes d'horloges contribuant à l'échelle du temps, que l'on peut recommander.

Il faudra considérer que l'exactitude et la stabilité des horloges en question peuvent être différentes, qu'il faut tenir compte d'horloges de type commercial ainsi que de modèles de laboratoire et que les lectures des horloges sont connues avec différentes précisions de la part de ceux qui s'occupent des problèmes de l'établissement de moyennes;

2. procédés que l'on peut recommander pour le cas où l'on change le nombre ou l'exactitude et la stabilité des horloges qui contribuent à une échelle de temps.

QUESTION 2/7

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DANS DE NOUVELLES BANDES DE FRÉQUENCES

(1956 – 1963)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les services d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires existant à l'heure actuelle ne permettent pas toujours, dans certaines régions, et notamment dans les centres industriels, d'obtenir un rapport suffisant du signal utile au niveau des bruits;

b) que les bandes attribuées pour les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires sont plus utiles pour les besoins de la distribution à grande distance que pour la distribution locale;

c) qu'un service de meilleure qualité est nécessaire dans certaines régions et que ce service peut être obtenu moyennant l'utilisation de fréquences de la bande 8 et de fréquences plus élevées;

d) qu'il est possible d'effectuer des comparaisons de fréquence et de temps avec une précision élevée en utilisant des fréquences prises dans les bandes 4 et 5,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

quelles recommandations peut-on faire pour la distribution de fréquences étalon et de signaux horaires au-dessus de 30 MHz et au-dessous de 100 kHz environ?

PROGRAMME D'ÉTUDES 2A-1/7

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES PAR SATELLITE

(1963 – 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les progrès incessants accomplis dans le domaine des télécommunications, notamment dans celui des télécommunications spatiales, y compris les branches scientifiques et technologiques connexes, ont rendu plus sévères les exigences en matière de précision et de portée du service des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que, dans ses travaux, la Commission d'études 4 décrit des systèmes de radiocommunication utilisant des satellites avec lesquels on peut escompter une couverture étendue et une stabilité satisfaisante des signaux sur toute la surface terrestre,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

facteurs de caractère technique et mesures quantitatives dont il faut tenir compte lorsqu'on recommande des fréquences et lorsqu'on spécifie les techniques d'émission, de modulation et de réception qui présentent de l'importance pour la réalisation d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires par satellite.

PROGRAMME D'ÉTUDES 2B/7

MODES D'EXPLOITATION POUR L'ÉMISSION DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DANS LES BANDES D'ONDES MYRIAMÉTRIQUES ET KILOMÉTRIQUES

(1976)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

que l'utilité des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires dans les bandes d'ondes myriamétriques et kilométriques dépend des caractéristiques d'exploitation des émetteurs, des méthodes de modulation et des gabarits des signaux utilisés,

DÉCIDE qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

méthodes techniques et modes d'exploitation applicables aux émetteurs et aux antennes, méthodes de modulation et gabarits de signaux pouvant être recommandés pour la diffusion des fréquences étalon et des signaux horaires sur des fréquences inférieures à 100 kHz environ.

QUESTION 3/7

STABILITÉ DES ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES A LA RÉCEPTION

(1956 – 1959 – 1963)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires sont moins stables à la réception qu'à la source en raison des phénomènes qui se produisent dans la propagation des ondes radioélectriques, par exemple, l'effet Doppler, la variation diurne et les interférences par trajets multiples;

b) que les erreurs se produisant au cours de la propagation dépendent de l'emplacement géographique de l'émetteur et du récepteur, ainsi que de la nature et des conditions du milieu et sont généralement différentes dans les diverses régions du spectre radioélectrique;

c) que des techniques spéciales d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires peuvent améliorer la précision avec laquelle ils peuvent être reçus;

d) que la précision avec laquelle les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires peuvent être reçues peut dépendre de la conception de l'appareillage de réception,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

1. quelles sont les causes de réduction de la stabilité et de la précision des fréquences étalon et des signaux horaires, tels que les usagers les reçoivent;

2. quelle est la répartition statistique des valeurs de l'instabilité produite par ces causes;

3. quelles sont les techniques d'émission et de réception de fréquences étalon et de signaux horaires permettant d'obtenir les meilleurs résultats dans la réception:

— des fréquences étalon et des signaux horaires employés par des usagers ayant besoin d'une précision moyenne;

— des fréquences étalon et des signaux horaires employés par des usagers ayant besoin de la précision maximale possible?

PROGRAMME D'ÉTUDES 3A-1/7

CONSERVATION DU SPECTRE DE FRÉQUENCES POUR LES SIGNAUX HORAIRES DE HAUTE PRÉCISION

(1959 – 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'une plus haute précision dans la transmission des signaux horaires entraîne, avec les techniques actuelles, une augmentation de la largeur de bande;

b) que, cependant, des techniques récemment mises au point peuvent conduire à une économie considérable sur la largeur de bande pour une précision donnée;

c) les effets des bruits de toute nature sur les performances des systèmes,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. relations entre les largeurs de bande nécessaires et les précisions que l'on peut obtenir actuellement pour divers rapports signal/bruit rencontrés en pratique;

2. techniques à bande étroite pour la production et la transmission de repères de temps de haute précision;

3. caractéristiques des trajets radioélectriques qui limitent l'exactitude des signaux horaires à la réception et influence des paramètres de ces trajets sur le choix de la meilleure méthode.

PROGRAMME D'ÉTUDES 3B/7

INSTABILITÉ DES GÉNÉRATEURS DE FRÉQUENCES ÉTALON

(1965)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

que l'emploi d'étalons de fréquence de haute qualité dans un large domaine d'application a fait apparaître la nécessité de spécifier de façon appropriée et précise les diverses formes que prend l'instabilité de fréquence et de phase et qui imposent des limitations de qualité, compte tenu du fait que les exigences deviennent de plus en plus rigoureuses,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. comment peut-on décrire qualitativement les diverses formes de l'instabilité de fréquence et de phase, inhérentes à un générateur de fréquences étalon;

2. comment peut-on exprimer quantitativement les limitations de précision imposées par les diverses formes d'instabilité de fréquence et de phase d'un générateur de fréquences étalon?

PROGRAMME D'ÉTUDES 3C-2/7

COMPARAISONS DES ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(1965 – 1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que de nombreuses stations participent, sur le plan national et international, à la coordination des fréquences et du temps;

b) que la Résolution N° 2 adoptée par l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.) à sa XVI[e] Assemblée générale (Ottawa, 1969) et les résolutions adoptées par l'Union astronomique internationale (U.A.I.) à sa XII[e] assemblée générale (Hambourg, 1964) recommandent que l'on fasse des comparaisons internationales entre les échelles de temps en usage,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

comparaisons des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires par diverses méthodes (échange de générateurs de fréquences étalon et d'impulsions de temps, émissions d'aides à la navigation, transmissions faites sur des liaisons par faisceaux hertziens, impulsions de synchronisation d'émissions de télévision, transmissions par satellites, etc.).

PROGRAMME D'ÉTUDES 3D/7

MÉTHODES DE COMPARAISONS DE PHASES FIABLES EN ONDES MYRIAMÉTRIQUES

(1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il faut souvent prendre une valeur moyenne basée sur des échelles de temps d'horloges éloignées ou de groupes d'horloges éloignées et qu'à cette fin on fait un large emploi de la comparaison des phases d'ondes myriamétriques;

b) que, dans le cas de comparaisons de phases d'ondes myriamétriques, il existe actuellement un risque de perdre occasionnellement la continuité de phases à la réception et que chaque perte de la continuité des phases peut causer une erreur non négligeable;

c) qu'il est extrêmement souhaitable que les organismes qui contribuent à l'établissement d'échelles de temps internationales à l'aide de leurs comparaisons de phases d'ondes myriamétriques n'utilisent que des dispositifs de mesure étalonnés;

d) que l'emploi de dispositifs de mesure étalonnés est une condition préliminaire à l'étude fondamentale du problème de la propagation des ondes myriamétriques;

e) qu'il est conseillé de mesurer les valeurs des phases des ondes myriamétriques au moment du jour le plus favorable au point de vue de la fiabilité de la phase du signal reçu,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. renforcement du développement et de l'application d'appareils permettant de faire des étalonnages en vue de la comparaison des phases d'ondes myriamétriques;

2. recherches sur la propagation des ondes myriamétriques, visant à déterminer les conditions de réception les plus favorables aux fins des comparaisons journalières de phase.

QUESTION 4-1/7

DIFFUSION DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(1965 - 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est nécessaire d'augmenter la précision des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires;

b) que la précision à la réception des émissions actuelles de fréquences étalon et de signaux horaires est dégradée du fait que la propagation des ondes radioélectriques est soumise à certains effets comme les variations diurnes et l'effet Doppler,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

quelles techniques nouvelles peut-on employer pour améliorer la précision des diffusions de fréquences étalon et de signaux horaires?

PROGRAMME D'ÉTUDES 4A/7

DIFFUSION DE FRÉQUENCES ÉTALON PAR STABILISATION DE LA FRÉQUENCE PORTEUSE D'UNE STATION DE RADIODIFFUSION

(1966 – 1970)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il faut étudier de nouvelles méthodes de diffusion des fréquences étalon et des signaux horaires;

b) que, dans certains pays, des stations fonctionnant dans les bandes de radiodiffusion émettent des signaux de fréquences étalon;

c) que certains avantages peuvent découler de la stabilisation des fréquences porteuses des stations de radiodiffusion, à savoir:

— la possibilité d'assurer à des centres urbains et industriels une bonne couverture par l'onde de sol, exempte d'erreurs dues à l'effet Doppler,

— le moyen d'obtenir une comparaison rapide de fréquences aux lieux de réception grâce à l'emploi de fréquences porteuses suffisamment élevées,

— l'utilisation de matériel de réception relativement simple,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. détermination de la précision et de la stabilité à la réception des signaux en provenance de telles émissions;

2. étude de l'influence de l'emplacement des stations d'émission sur la commodité d'emploi et sur les caractéristiques de propagation des signaux;

3. intérêt qu'il peut y avoir à établir un service de cette nature;

4. étude des avantages relatifs de la modulation d'amplitude et de la modulation de fréquence pour la diffusion des signaux horaires et de l'emploi des bandes de radiodiffusion pour la diffusion de fréquences étalon par stabilisation d'une fréquence porteuse.

PROGRAMME D'ÉTUDES 4B/7

DIFFUSION DE SIGNAUX HORAIRES PAR APPLICATION D'UNE MODULATION DE PHASE ADDITIONNELLE AUX ÉMETTEURS DE RADIODIFFUSION SONORE A MODULATION D'AMPLITUDE

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est nécessaire de diffuser largement les signaux horaires sans augmenter le nombre des émetteurs fonctionnant sur les fréquences attribuées aux services des fréquences étalon et des signaux horaires;

b) qu'il est souhaitable d'explorer de nouvelles techniques pour diffuser les signaux horaires;

c) qu'il y a lieu de tenir compte de la Recommandation I.3 adoptée par l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.) à sa XVII[e] Assemblée générale, Varsovie, 1972;

d) que la couverture géographique des émetteurs de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude fonctionnant dans les bandes 5 et 6 est très étendue,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

1. possibilité de superposer des signaux horaires par modulation de phase de la porteuse d'un émetteur classique de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude, sans causer de gêne aux auditeurs des programmes de radiodiffusion;

2. possibilité d'appliquer ces techniques aux émetteurs de radiodiffusion sonore à modulation d'amplitude fonctionnant dans les bandes 5 et 6.

QUESTION 5/7

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DE HAUTE PRÉCISION

(1968)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il existe un besoin croissant, notamment dans l'aviation, d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires d'une précision qui dépasse celle qui est réalisable actuellement;

b) que, pour aboutir à une uniformité à l'échelle mondiale, les exigences concernant les signaux horaires pour l'aviation devraient être coordonnées en liaison étroite avec l'Organisation de l'aviation civile internationale (O.A.C.I.),

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

quelles méthodes peut-on adopter sur le plan international en vue de fournir, sur une base mondiale, des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires avec une marge d'incertitude au plus égale à 0,5 μs (pour 3 σ)?

QUESTION 7/7

CODES HORAIRES

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est nécessaire de fournir une référence de temps, complète et sans ambiguïté, pour toutes sortes d'applications scientifiques et industrielles;

b) qu'un certain nombre de stations émettent actuellement des codes horaires indiquant, au minimum, la minute, l'heure et le jour de l'année;

c) qu'il est très souhaitable que de tels codes soient compatibles entre eux et avec les appareils que l'on trouve couramment dans le commerce,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ de mettre à l'étude la question suivante:

1. de quels formats de code peut-on recommander l'utilisation pour l'émission d'informations de temps codées;

2. quelles caractéristiques de modulation garantiront le mieux un décodage fiable en présence de bruit et de signaux brouilleurs?

PROGRAMME D'ÉTUDES 5A/7

BESOINS EN INDICATIONS DE TEMPS DE GRANDE PRÉCISION

(1976)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que le LORAN-C permet, en permanence dans de nombreuses régions, un transfert de temps avec un écart type de 100 ns d'un jour à l'autre;

b) que l'on a signalé, lors de comparaisons de temps effectuées sur des liaisons bidirectionnelles par satellite, des incertitudes de 10 à 50 ns;

c) qu'il paraît possible, si l'on perfectionne les techniques de transmission par satellite et si l'on fait appel aux techniques du laser, de parvenir à des incertitudes dix fois moins grandes;

d) que ces perfectionnements sont coûteux et que leur développement doit être dicté par les besoins,

DÉCIDE qu'il y a lieu d'effectuer les études suivantes:

besoins actuels ou prévus en indications de temps de grande précision, convenant à diverses applications telles que systèmes de navigation, réseaux de transmission de données à grande vitesse, radio-interférométrie à très grande base (VLBI).

QUESTION 8/7

FIABILITÉ DES ÉTALONS DE TEMPS ET DE FRÉQUENCE

(1976)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

que pour de nombreuses applications, la fiabilité des étalons de temps et de fréquence a une grande importance,

DÉCIDE de mettre à l'étude la question suivante:

1. quels critères convient-il d'employer pour caractériser clairement la fiabilité des horloges et des étalons de fréquence;
2. quelle est la fiabilité de fonctionnement des étalons de temps et de fréquence existants;
3. quelles dispositions peut-on prendre pour accroître la fiabilité des étalons de temps et de fréquence?

DÉCISION 12

(RÉSOLUTION 53)

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

les dispositions de l'Avis 460-1,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. que le Groupe de travail intérimaire 7/1, constitué lors de la Réunion intérimaire que la Commission d'études VII a tenue en 1968, doit poursuivre ses travaux avec le mandat suivant:

1.1 étudier et proposer à la prochaine Réunion intérimaire de la Commission d'études 7 toutes modifications qu'il pourrait être souhaitable d'apporter aux dispositions de l'Avis 460-1;

2. que les participants aux travaux de la Commission d'études 7 soient invités à évaluer l'efficacité du système TUC, à s'assurer qu'il satisfait aux besoins des usagers des émissions de fréquences étalon et de signaux horaires, et à présenter leurs conclusions et leurs suggestions au Directeur du C.C.I.R. et au Président du Groupe de travail intérimaire 7/1 avant le 1er janvier 1976;

3. que la présente Résolution sera communiquée par le Directeur du C.C.I.R. à toutes les administrations Membres de l'U.I.T., aux unions scientifiques: Union astronomique internationale (U.A.I.), Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.), Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.), Union internationale de physique pure et appliquée (U.I.P.P.A.) et à d'autres organisations telles que le Bureau international de l'Heure (B.I.H.), le Comité international des poids et mesures (C.I.P.M.), l'Organisation de l'aviation civile internationale (O.A.C.I.) et l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (O.M.C.I.), en les priant de faire parvenir leurs commentaires et propositions au Directeur du C.C.I.R. et au Président du Groupe de travail intérimaire 7/1 avant le 1er janvier 1976.

ANNEXE

Président du Groupe de travail intérimaire 7/1:

Mr. H.M. Smith
Royal Greenwich Observatory
Herstmonceaux Castle
Hailsham
Sussex
Royaume-Uni

DÉCISION 13

(RÉSOLUTION 52)

EXPRESSIONS A UTILISER DANS LE SERVICE DES FRÉQUENCES ÉTALON ET DES SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1970 – 1974)

Le C.C.I.R.

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. qu'on doit maintenir le Groupe de travail intérimaire 7/2, ayant pour mandat:

1.1 d'étudier les formes d'expression de toutes sortes (termes, symboles, définitions, etc.) ainsi que leurs conditions d'emploi dans le service des fréquences étalon et des signaux horaires;

1.2 de présenter ses conclusions le plus rapidement possible à la Commission d'études 7;

2. qu'il travaillera autant que possible par correspondance;

3. que la Commission mixte C.C.I.R./C.C.I.T.T. pour le Vocabulaire (CMV) sera tenue au courant de l'avancement des travaux de ce Groupe.

ANNEXE

Les administrations de l'Allemagne (République Fédérale d'), de l'Argentine, du Canada, des Etats-Unis d'Amérique, de la France, de l'Italie, du Japon, du Royaume-Uni et de l'U.R.S.S. ainsi que le Bureau international de l'Heure (B.I.H.) et l'Union astronomique internationale (U.A.I.) ont annoncé leur intention de participer aux travaux du Groupe de travail intérimaire 7/2.

Président du Groupe de travail intérimaire 7/2:

Professeur C. Egidi
Istituto Elettrotecnico Nazionale
«Galileo Ferraris»
Corso Massimo d'Azeglio 42
I-10125 Torino
Italie

DÉCISION 14

RÉDUCTION DES BROUILLAGES MUTUELS DANS LES SERVICES DES FRÉQUENCES ÉTALON ET DES SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les services des fréquences étalon et des signaux horaires fonctionnant sur les fréquences des bandes 6 et 7 qui leur ont été attribuées représentent pour un grand nombre d'usagers, l'un des moyens les plus efficaces et les plus faciles à utiliser pour obtenir une référence de temps;

b) que les services exploités dans ces bandes dans bien des cas, ne donnent pas satisfaction en raison de brouillages mutuels, c'est-à-dire de brouillages entre des stations de fréquences étalon et des signaux horaires fonctionnant en synchronisme et simultanément sur la même fréquence,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. qu'il sera créé un Groupe de travail intérimaire 7/3, ayant pour mandat:

1.1 d'étudier la possibilité de mettre en œuvre des moyens techniques propres à réduire les brouillages mutuels, notamment:

— l'élimination ou la réduction des porteuses et des modulations autres que celles des signaux horaires,

— l'emploi du partage dans le temps,

— l'emploi de porteuses de fréquences décalées,

— l'emploi de méthodes de modulation commodes;

1.2 d'étudier les procédures administratives qui pourraient être proposées notamment:

— des assignations régionales pour les fréquences attribuées, ou encore des horaires d'émission à l'échelle régionale, dans le cadre de négociations entre les administrations intéressées,

— l'emploi de fréquences supplémentaires dans les bandes 6 et 7,

— des enquêtes visant à déterminer si les dispositions du Règlement des radiocommunications (Article 44, Section IV) sont encore adéquates;

1.3 de présenter ses conclusions le plus rapidement possible à la Commission d'études 7 et, en tout cas, avant la XIV[e] Assemblée plénière du C.C.I.R.;

2. que ce Groupe travaillera autant que possible par correspondance.

ANNEXE

Les Administrations des Etats-Unis d'Amérique, de la France, de l'Italie, du Japon et du Royaume-Uni ont annoncé leur intention de participer aux travaux du Groupe de travail intérimaire 7/3.

Président du Groupe de travail intérimaire 7/3:

Mr. J. McA. Steele
National Physical Laboratory
Teddington
Middlesex
Royaume-Uni

RÉSOLUTION 14-3

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1963 – 1966 – 1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

les dispositions de la Section IV de l'article 44 du Règlement des radiocommunications,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. que, dès la mise en service d'une assignation de fréquence à une station de fréquences étalon, l'administration intéressée doit notifier cette assignation à l'I.F.R.B., conformément aux dispositions de l'article 9 du Règlement des radiocommunications; cependant, aucune notification ne doit être adressée à l'I.F.R.B. avant que les recherches expérimentales et la coordination n'aient été achevées en conformité avec les dispositions de la Section IV de l'article 44 du Règlement des radiocommunications;

2. que chaque administration doit adresser, en outre, tous autres renseignements utiles sur les stations de fréquences étalon (tels que stabilité de fréquence, changement de phase des impulsions de signaux horaires, modification des horaires d'émission) au Rapporteur principal de la Commission d'études 7 et aux Directeurs du C.C.I.R. et du B.I.H. en vue de la publication officielle de ces renseignements dans les délais les plus brefs;

3. que la Commission d'études 7 doit collaborer avec l'Union astronomique internationale (U.A.I.), l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.), l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.), l'Union internationale de physique pure et appliquée (U.I.P.P.A) et le Bureau international de l'Heure (B.I.H.).

VŒU 26-2

ÉTUDES ET EXPÉRIENCES RELATIVES AUX ÉMISSIONS DE SIGNAUX HORAIRES

(Question 1/7)

(1966 – 1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les émissions de fréquences étalon et de signaux horaires sont utilisées dans de nombreuses branches des sciences pures et appliquées;

b) que la Commission d'études 7 a fréquemment besoin de consulter des unions et organisations scientifiques,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

1. que la Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.), le Bureau international de l'Heure (B.I.H.), l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.), l'Union astronomique internationale (U.A.I.), l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.) et l'Union internationale de physique pure et appliquée (U.I.P.P.A.) soient invités à collaborer avec la Commission d'études 7;

2. que le Rapporteur principal de la Commission d'études 7 se mette en relation avec le Directeur du B.I.H. et avec les présidents des Commissions pertinentes de l'U.R.S.I., de l'U.A.I., de l'U.G.G.I., de la C.G.P.M. et de l'U.I.P.P.A., et que le Directeur du C.C.I.R. soit tenu au courant.

VŒU 27

ÉMISSIONS DE FRÉQUENCES ÉTALON ET DE SIGNAUX HORAIRES DANS DE NOUVELLES BANDES DE FRÉQUENCES

(Question 2/7)

(1966)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les services d'émissions de fréquences étalon et de signaux horaires existant à l'heure actuelle ne permettent pas toujours, dans certaines régions et notamment dans les centres industriels, d'obtenir un rapport signal sur bruit suffisant;

b) qu'un service de meilleure qualité est nécessaire dans certaines régions et que ce service peut être obtenu moyennant l'utilisation de fréquences de la bande 8 et de fréquences plus élevées,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

que chaque administration réserve, dans la mesure du possible, pour la distribution des fréquences étalon et des signaux horaires sur un plan local, deux bandes d'une largeur de 100 kHz prises respectivement dans les bandes 8 et 9, leurs fréquences centrales devant être des multiples entiers de 5 MHz.

VŒU 28

PROGRAMMES SPÉCIAUX DE CONTRÔLE DES ÉMISSIONS DE L'I.F.R.B. EN VUE DE DÉGAGER LES BANDES DE FRÉQUENCES ATTRIBUÉES EXCLUSIVEMENT AU SERVICE DE FRÉQUENCES ÉTALON

(1966)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) la Recommandation N° 31 de la Conférence administrative des radiocommunications, Genève, 1959, et les résultats des programmes spéciaux de contrôle des émissions que l'I.F.R.B. a organisés en vue de dégager les bandes de fréquences attribuées en exclusivité au service des fréquences étalon;

b) la nécessité de dégager lesdites bandes plus complètement;

c) les difficultés qu'a éprouvées l'I.F.R.B. pour identifier certaines stations appartenant à des services autres que celui des fréquences étalon, mais émettant dans les bandes attribuées à celui-ci,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

1. que l'I.F.R.B. soit prié d'augmenter, dans toute la mesure du possible, le nombre de programmes de contrôle spéciaux à effectuer par année et s'étendant aux bandes attribuées en exclusivité au service des fréquences étalon;

2. que l'I.F.R.B. invite instamment les administrations des pays qui disposent d'installations de radiogoniométrie à prendre des relevés ayant pour objet de déterminer la position des stations dont les émissions ont été observées.

VŒU 36-1

ÉCHELLES DE TEMPS

(Question 1/7)

(1970 – 1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

que l'introduction de l'échelle de temps basée sur des étalons atomiques satisfera complètement les nécessités de la physique pure et appliquée, tandis que l'échelle de temps universel (TU) satisfait les nécessités de l'astronomie, de la géodésie et de la navigation astronomique, parce qu'elle est liée à la position angulaire de la Terre,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

que l'on demande à l'Union astronomique internationale (U.A.I.), à l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.) et à l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I.) d'examiner si l'échelle TU peut être considérée dorénavant comme une mesure d'angle et distinguée en conséquence.

Note. — Le Directeur du C.C.I.R. est prié de porter le présent Vœu à la connaissance de l'U.A.I., de l'U.R.S.I. et de l'U.G.G.I.

VŒU 47

UTILISATION GÉNÉRALE DU TEMPS UNIVERSEL COORDONNÉ

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que la 14e Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.), en octobre 1971, a défini l'échelle de temps atomique international (TAI);

b) que le TAI n'est pas distribué sous forme de signaux horaires et n'est pas utilisé par le public;

c) que le système de temps universel coordonné (TUC), qui, conformément à l'Avis 460-1, a été conçu aux fins de l'émission commune du temps atomique international et du temps universel, est en relation étroite et simple avec le temps atomique international;

d) que le système TUC a fait ses preuves et qu'il est très utilisé pour l'indication de la date,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

que l'on demande au Comité international des poids et mesures (C.I.P.M.) et à la C.G.P.M. de reconnaître le système de temps universel coordonné (TUC).

VŒU 48

SYMBOLES A UTILISER POUR DÉSIGNER LES ÉCHELLES DE TEMPS

(1974)

Le C.C.I.R.,

CONSIDÉRANT

a) que les abréviations des termes concernant le temps et les fréquences dans le cadre des activités de la Commission d'études 7 sont employées dans le monde entier et qu'il est donc souhaitable qu'elles soient indépendantes de la langue;

b) que les organismes membres de la Convention du mètre ont choisi l'abréviation TAI pour désigner l'échelle de temps atomique international;

c) qu'il n'existe actuellement aucune abréviation indépendante de la langue pour désigner les expressions de «temps universel», «temps universel coordonné» et «temps atomique»,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

que l'on demande aux organismes internationaux qui s'intéressent à la définition du temps et à son emploi d'examiner l'opportunité:

— d'introduire des symboles indépendants de la langue,

— ou d'adopter, pour toutes les langues, certaines des abréviations d'usage courant.

Note. — Le Directeur du C.C.I.R. est prié de porter ce Vœu à la connaissance de l'Organisation de l'aviation civile internationale (O.A.C.I.), de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (O.M.C.I.), de la Conférence générale des poids et mesures (C.G.P.M.) ainsi que de l'Union radio-scientifique internationale (U.R.S.I.), de l'Union astronomique internationale (U.A.I.), de l'Union géodésique et géophysique internationale (U.G.G.I), de l'Union internationale de physique pure et appliquée (U.I.P.P.A.), du Bureau international de l'Heure (B.I.H.), de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et du Groupe mixte consultatif de l'Institut de navigation (JAG/ION).

ISBN 92-61-00082-7

IMPRIMÉ EN SUISSE