



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.

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

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.



XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE  
DÜSSELDORF, 1990



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

**RECOMMANDATIONS  
DU CCIR, 1990**

(AINSI QUE RÉOLUTIONS ET VOEUX)

**VOLUME VI**

**PROPAGATION DANS  
LES MILIEUX IONISÉS**

**CCIR** COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS



Genève, 1990

## CCIR

1. Le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) est l'organe permanent de l'Union internationale des télécommunications qui est chargé «...d'effectuer des études et d'émettre des recommandations sur les questions techniques et d'exploitation se rapportant spécifiquement aux radiocommunications, sans limitation quant à la gamme de fréquences...» (Convention internationale des télécommunications, Nairobi, 1982, Première Partie, Chapitre I, Article 11, numéro 83)\*

2. Le CCIR doit notamment:

a) fournir les bases techniques à l'usage des conférences administratives des radiocommunications et des services de radiocommunication pour assurer l'utilisation efficace du spectre des fréquences radioélectriques et de l'orbite des satellites géostationnaires, sans négliger les besoins des divers services de radiocommunication;

b) recommander pour les systèmes de radiocommunication des normes de fonctionnement ainsi que des mesures techniques qui assurent l'efficacité et la compatibilité de leur interfonctionnement dans les télécommunications internationales;

c) recueillir, échanger, analyser, publier et diffuser des renseignements techniques résultant d'études du CCIR ou tous autres renseignements disponibles pour le développement, la planification et l'exploitation de systèmes de radiocommunication, y compris les mesures spéciales qui pourraient être nécessaires pour faciliter l'exploitation de ces renseignements dans les pays en développement.

\* Voir aussi la Constitution de l'UIT, Nice, 1989, Chapitre 1, Art. 11, numéro 84.



XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE  
DÜSSELDORF, 1990



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

# RECOMMANDATIONS DU CCIR, 1990

(AINSI QUE RÉOLUTIONS ET VOEUX)

VOLUME VI

## PROPAGATION DANS LES MILIEUX IONISÉS

**CCIR** COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

92-61-04222-8



Genève, 1990

**PLAN DES VOLUMES I A XV  
DE LA XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU CCIR**

(Düsseldorf, 1990)

<b>VOLUME I</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. I</i> (Rapports)	Utilisation du spectre et contrôle des émissions
<b>VOLUME II</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. II</i> (Rapports)	Services de recherche spatiale et de radioastronomie
<b>VOLUME III</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. III</i> (Rapports)	Service fixe fonctionnant sur des fréquences inférieures à 30 MHz environ
<b>VOLUME IV-1</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. IV-1</i> (Rapports)	Service fixe par satellite
<b>VOLUMES IV/IX-2</b> (Recommandations) <i>Annexe aux Vol. IV/IX-2</i> (Rapports)	Partage des fréquences et coordination entre le service fixe par satellite et les faisceaux hertziens
<b>VOLUME V</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. V</i> (Rapports)	Propagation dans les milieux non ionisés
<b>VOLUME VI</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. VI</i> (Rapports)	Propagation dans les milieux ionisés
<b>VOLUME VII</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. VII</i> (Rapports)	Fréquences étalon et signaux horaires
<b>VOLUME VIII</b> (Recommandations)  <i>Annexe 1 au Vol. VIII</i> (Rapports)  <i>Annexe 2 au Vol. VIII</i> (Rapports) <i>Annexe 3 au Vol. VIII</i> (Rapports)	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés Service mobile terrestre – Service d'amateur – Service d'amateur par satellite Service mobile maritime Services mobiles par satellite (aéronautique, terrestre, maritime, mobile et radiorepérage) – Service mobile aéronautique
<b>VOLUME IX-1</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. IX-1</i> (Rapports)	Service fixe utilisant les faisceaux hertziens
<b>VOLUME X-1</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. X-1</i> (Rapports)	Service de radiodiffusion (sonore)
<b>VOLUMES X/XI-2</b> (Recommandations) <i>Annexe aux Vol. X/XI-2</i> (Rapports)	Service de radiodiffusion par satellite (radiodiffusion sonore et télévision)
<b>VOLUMES X/XI-3</b> (Recommandations) <i>Annexe aux Vol. X/XI-3</i> (Rapports)	Enregistrement sonore et télévisuel
<b>VOLUME XI-1</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. XI-1</i> (Rapports)	Service de radiodiffusion (télévision)
<b>VOLUME XII</b> (Recommandations) <i>Annexe au Vol. XII</i> (Rapports)	Transmissions télévisuelles et sonores (CMTT)
<b>VOLUME XIII</b> (Recommandations)	Vocabulaire (CCV)
<b>VOLUME XIV</b>	Textes administratifs du CCIR
<b>VOLUME XV-1</b> (Questions)	Commissions d'études 1, 12, 5, 6, 7
<b>VOLUME XV-2</b> (Questions)	Commission d'études 8
<b>VOLUME XV-3</b> (Questions)	Commissions d'études 10, 11, CMTT
<b>VOLUME XV-4</b> (Questions)	Commissions d'études 4, 9

Sauf indication contraire, les références aux Recommandations, Rapports, Résolutions, Vœux, Décisions et Questions à l'intérieur des textes du CCIR sont celles de l'édition 1990, et seul le numéro principal est mentionné.

**RÉPARTITION DES TEXTES DE LA XVII<sup>e</sup> ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU CCIR  
PARMI LES VOLUMES I A XV**

Les Volumes I à XV et leurs Annexes, XVII<sup>e</sup> Assemblée plénière, contiennent tous les textes du CCIR actuellement en vigueur. Ils se substituent à ceux de l'édition de la XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière, Dubrovnik, 1986.

1. Les Recommandations, Résolutions et Vœux sont contenus dans les Volumes I à XIV et les Rapports et Décisions dans les Annexes aux Volumes I à XII.

1.1 *Indications sur la numérotation de ces textes*

Lorsqu'une Recommandation, un Rapport, une Résolution ou un Vœu a été révisé, ce texte conserve son numéro auquel on ajoute un trait d'union et un chiffre indiquant le nombre de révisions successives. Cependant, dans le corps même du texte des Recommandations, des Rapports, des Résolutions, des Vœux et des Décisions, seul le numéro principal sera mentionné (par exemple, Recommandation 253) étant entendu que l'on se réfère à la version la plus récente du texte, sauf mention contraire.

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 XIV.

1.2 *Recommandations*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
48	X-1	368-370	V	479	II
80	X-1	371-373	VI	480	III
106	III	374-376	VII	481-484	IV-1
139	X-1	377, 378	I	485, 486	VII
162	III	380-393	IX-1	487-493	VIII-2
182	I	395-405	IX-1	494	VIII-1
215, 216	X-1	406	IV/IX-2	496	VIII-2
218, 219	VIII-2	407, 408	X/XI-3	497	IX-1
239	I	411, 412	X-1	498	X-1
240	III	415	X-1	500	XI-1
246	III	417	XI-1	501	X/XI-3
257	VIII-2	419	XI-1	502, 503	XII
265	X/XI-3	428	VIII-2	505	XII
266	XI-1	430, 431	XIII	508	I
268	IX-1	433	I	509, 510	II
270	IX-1	434, 435	VI	513-517	II
275, 276	IX-1	436	III	518-520	III
283	IX-1	439	VIII-2	521-524	IV-1
290	IX-1	441	VIII-3	525-530	V
302	IX-1	443	I	531-534	VI
305, 306	IX-1	444	IX-1	535-538	VII
310, 311	V	446	IV-1	539	VIII-1
313	VI	450	X-1	540-542	VIII-2
314	II	452, 453	V	546-550	VIII-3
326	I	454-456	III	552, 553	VIII-3
328, 329	I	457, 458	VII	555-557	IX-1
331, 332	I	460	VII	558	IV/IX-2
335, 336	III	461	XIII	559-562	X-1
337	I	463	IX-1	565	XI-1
338, 339	III	464-466	IV-1	566	X/XI-2
341	V	467, 468	X-1	567-572	XII
342-349	III	469	X/XI-3	573, 574	XIII
352-354	IV-1	470-472	XI-1	575	I
355-359	IV/IX-2	473, 474	XII	576-578	II
362-364	II	475, 476	VIII-2	579, 580	IV-1
367	II	478	VIII-1	581	V

## IV

1.2 *Recommandations (suite)*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
582, 583	VII	625-631	VIII-2	676-682	V
584	VIII-1	632, 633	VIII-3	683, 684	VI
585-589	VIII-2	634-637	IX	685, 686	VII
591	VIII-3	638-641	X-1	687	VIII-1
592-596	IX-1	642	X-1	688-693	VIII-2
597-599	X-1	643, 644	X-1	694	VIII-3
600	X/XI-2	645	X-1 + XII	695-701	IX-1
601	XI-1	646, 647	X-1	702-704	X-1
602	X/XI-3	648, 649	X/XI-3	705	X-1 <sup>(1)</sup>
603-606	XII	650-652	X/XI-2	706-708	X-1
607, 608	XIII	653-656	XI-1	709-711	XI-1
609-611	II	657	X/XI-3	712	X/XI-2
612, 613	III	658-661	XII	713-716	X/XI-3
614	IV-1	662-666	XIII	717-721	XII
615	IV/IX-2	667-669	I	722	XII
616-620	V	670-673	IV-1	723, 724	XII
622-624	VIII-1	674, 675	IV/IX-2		

1.3 *Rapports*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
19	III	319	VIII-1	472	X-1
122	XI-1	322	VI <sup>(1)</sup>	473	X/XI-2
137	IX-1	324	I	476	XI-1
181	I	327	III	478	XI-1
183	III	336*	V	481-485	XI-1
195	III	338	V	488	XII
197	III	340	VI <sup>(1)</sup>	491	XII
203	III	342	VI	493	XII
208	IV-1	345	III	496, 497	XII
209	IV/IX-2	347	III	499	VIII-1
212	IV-1	349	III	500, 501	VIII-2
214	IV-1	354-357	III	509	VIII-3
215	X/XI-2	358	VIII-1	516	X-1
222	II	363, 364	VII	518	VII
224	II	371, 372	I	521, 522	I
226	II	375, 376	IX-1	525, 526	I
227*	V	378-380	IX-1	528	I
228, 229	V	382	IV/IX-2	533	I
238, 239	V	384	IV-1	535, 536	II
249-251	VI	386-388	IV/IX-2	538	II
252	VI <sup>(1)</sup>	390, 391	IV-1	540, 541	II
253-255	VI	393	IV/IX-2	543	II
258-260	VI	395	II	546	II
262, 263	VI	401	X-1	548	II
265, 266	VI	404	XI-1	549-551	III
267	VII	409	XI-1	552-558	IV-1
270, 271	VII	411, 412	XII	560, 561	IV-1
272, 273	I	430-432	VI	562-565	V
275-277	I	435-437	III	567	V
279	I	439	VII	569	V
285	IX-1	443	IX-1	571	VI
287*	IX-1	445	IX-1	574, 575	VI
289*	IX-1	448, 449	IV/IX-2	576-580	VII
292	X-1	451	IV-1	584, 585	VIII-2
294	X/XI-3	453-455	IV-1	588	VIII-2
300	X-1	456	II	607	IX-1
302-304	X-1	458	X-1	610*	IX-1
311-313	XI-1	463, 464	X-1	612-615	IX-1
314	XII	468, 469	X/XI-3	622	X/XI-3

\* Non réimprimé, voir Dubrovnik, 1986.

<sup>(1)</sup> Publié séparément.

1.3 *Rapports (suite)*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
624-626	XI-1	790-793	IV/IX-2	972-979	I
628, 629	XI-1	795	X-1	980-985	II
630	X/XI-3	798, 799	X-1	987, 988	II
631-634	X/XI-2	801, 802	XI-1	989-996	III
635-637	XII	803	X/XI-3	997-1004	IV-1
639	XII	804, 805	XI-1	1005, 1006	IV/IX-2
642, 643	XII	807-812	X/XI-2	1007-1010	V
646-648	XII	814	X/XI-2	1011, 1012	VI
651	I	815, 816	XII	1016, 1017	VII
654-656	I	818-823	XII	1018-1025	VIII-1
659	I	826-842	I	1026-1033	VIII-2
662-668	I	843-854	II	1035-1039	VIII-2
670, 671	I	857	III	1041-1044	VIII-2
672-674	II	859-865	III	1045	VIII-3
676-680	II	867-870	IV-1	1047-1051	VIII-3
682-685	II	872-875	IV-1	1052-1057	IX-1
687	II	876, 877	IV/IX-2	1058-1061	X-1
692-697	II	879, 880	V	1063-1072	X-1
699, 700	II	882-885	V	1073-1076	X/XI-2
701-704	III	886-895	VI	1077-1089	XI-1
706	IV-1	896-898	VII	1090-1092	XII
709	IV/IX-2	899-904	VIII-1	1094-1096	XII
710	IV-1	908	VIII-2	1097-1118	I
712, 713	IV-1	910, 911	VIII-2	1119-1126	II
714-724	V	913-915	VIII-2	1127-1133	III
725-729	VI	917-923	VIII-3	1134-1141	IV-1
731, 732	VII	925-927	VIII-3	1142, 1143	IV/IX-2
735, 736	VII	929	VIII-3 <sup>(1)</sup>	1144-1148	V
738	VII	930-932	IX-1	1149-1151	VI
739-742	VIII-1	934	IX-1	1152	VII
743, 744	VIII-2	936-938	IX-1	1153-1157	VIII-1
748, 749	VIII-2	940-942	IX-1	1158-1168	VIII-2
751	VIII-3	943-947	X-1	1169-1186	VIII-3
760-764	VIII-3	950	X/XI-3	1187-1197	IX-1
766	VIII-3	951-955	X/XI-2	1198	X-1 <sup>(1)</sup>
770-773	VIII-3	956	XI-1	1199-1204	X-1
774, 775	VIII-2	958, 959	XI-1	1205-1226	XI-1
778	VIII-1	961, 962	XI-1	1227, 1228	X/XI-2
780*	IX-1	963, 964	X/XI-3	1229-1233	X/XI-3
781-789	IX-1	965-970	XII	1234-1241	XII

\* Non réimprimé, voir Dubrovnik, 1986.

<sup>(1)</sup> Publié séparément.

1.3.1 *Note au sujet des Rapports*

La mention individuelle «adopté à l'unanimité» a été supprimée pour chaque Rapport. Les Rapports contenus dans les Annexes aux Volumes sont adoptés à l'unanimité sauf dans les cas où des réserves faisant l'objet d'une note de bas de page sont émises.

1.4 *Résolutions*

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
4	VI	62	I	86, 87	XIV
14	VII	63	VI	88	I
15	I	64	X-1	89	XIII
20	VIII-1	71	I	95	XIV
23	XIII	72, 73	V	97-109	XIV
24	XIV	74	VI	110	I
33	XIV	76	X-1	111, 112	VI
39	XIV	78	XIII	113, 114	XIII
61	XIV	79-83	XIV		

## VI

### 1.5 Vœux

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
2	I	45	VI	73	VIII-1
11	I	49	VIII-1	74	X-1 + X/XI-3
14	IX-1	50	IX-1	75	XI-1 + X/XI-3
15	X-1	51	X-1	77	XIV
16	X/XI-3	56	IV-1	79-81	XIV
22, 23	VI	59	X-1	82	VI
26-28	VII	63	XIV	83	XI-1
32	I	64	I	84	XIV
35	I	65	XIV	85	VI
38	XI-1	66	III	87, 88	XIV
40	XI-1	67-69	VI	89	IX-1
42	VIII-1	71-72	VII	90	X/XI-3
43	VIII-2				

### 1.6 Décisions

Numéro	Volume	Numéro	Volume	Numéro	Volume
2	IV-1	60	XI-1	87	IV/IX-2
4, 5	V	63	III	88, 89	IX-1
6	VI	64	IV-1	90, 91	XI-1
9	VI	65	VII	93	X/XI-2
11	VI	67, 68	XII	94	X-1
18	X-1 + XI-1 +	69	VIII-1	95	X-1 + XI-1
	XII	70	IV-1	96, 97	X-1
27	I	71	VIII-3	98	X-1 + XII
42	XI-1	72	X-1 + XI-1	99	X-1
43	X/XI-2		IV-1 + X-1 +	100	I
51	X/XI-2	76	XI-1 + XII	101	II
53, 54	I	77	XII	102	V
56	I	78, 79	X-1	103	VIII-3
57	VI	80	XI-1	105	XIV
58	XI-1	81	VIII-3	106	XI-1
59	X/XI-3	83-86	VI		

## 2. Questions (Vol. XV-1, XV-2, XV-3, XV-4)

### 2.1 Indication sur la numérotation de ces textes

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.

*Note* – Les Questions des Commissions d'études 7, 9 et 12 sont numérotées à partir de 101. Cette numérotation résulte, pour la nouvelle Commission d'études 7, de la fusion des anciennes Commissions d'études 2 et 7 et, pour la nouvelle Commission d'études 9, de la fusion des anciennes Commissions d'études 3 et 9. Dans le cas de la nouvelle Commission d'études 12, elle est due au transfert des Questions d'autres Commissions d'études.

### 2.2 Emplacement des Questions

Le plan des Volumes de la page II indique dans quel Volume XV sont publiées les Questions des Commissions d'études. Un résumé de toutes les Questions avec leurs titres, l'ancien et le nouveau numéro, sera publié dans le Volume XIV.

### 2.3 *Références aux Questions*

Comme indiqué dans la Résolution 109, l'Assemblée plénière a approuvé les Questions et en a confié l'examen aux Commissions d'études. Elle a en outre décidé de mettre fin aux Programmes d'études. La Résolution 109 indique ainsi ceux de ces derniers dont l'Assemblée plénière a approuvé la conversion en nouvelles Questions ou l'incorporation à des Questions existantes. Il est à noter que les références aux Questions et Programmes d'études contenus dans les textes des Recommandations et des Rapports des Volumes I à XIII restent les mêmes que pendant la période d'études 1986-1990.

S'il y a lieu, les Questions renvoient aux anciens Programmes d'études ou aux anciennes Questions dont elles découlent. Celles qui viennent d'anciens Programmes d'études ou qui ont été transférées à une Commission d'études différente comportent désormais un nouveau numéro.

---

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## VOLUME VI

## PROPAGATION DANS LES MILIEUX IONISÉS

(Commission d'études 6)

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
Plan des Volumes I à XV de la XVII <sup>e</sup> Assemblée plénière du CCIR . . . . .	II
Répartition des textes de la XVII <sup>e</sup> Assemblée plénière du CCIR parmi les Volumes I à XV . . . . .	III
Table des matières . . . . .	IX
Index des textes par ordre numérique . . . . .	XI
Mandat de la Commission d'études 6 et Introduction par le Rapporteur principal de la Commission d'études 6 . . . . .	XIII
<i>Section 6A – Propriétés de l'ionosphère</i>	
Rec 532            Modifications de l'ionosphère provoquées par des émissions de grande puissance . . . . .	1
<i>Section 6B – Bruit radioélectrique</i>	
Rec 372-5            Utilisation des données sur le bruit radioélectrique . . . . .	3
<i>Section 6C – Propagation ionosphérique et prévision des conditions d'exploitation</i>	
Rec 373-6            Définition des fréquences maximales et minimales de transmission . . . . .	5
Rec 313-6            Echange de renseignements en vue des prévisions à court terme et transmission des avertissements de perturbations ionosphériques . . . . .	6
<i>Section 6D – Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences inférieures à 1,6 MHz</i>	
Rec 435-6            Prévision du champ de l'onde ionosphérique aux fréquences comprises entre 150 et 1600 kHz . . . . .	11
Rec 683            Méthode de prévision du champ de l'onde ionosphérique pour la propagation vers les aéronefs à 500 kHz environ . . . . .	35
Rec 684            Prévision du champ aux fréquences inférieures à 500 kHz environ . . . . .	42
<i>Section 6E – Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences comprises entre 1,6 et 30 MHz environ</i>	
Rec 371-6            Choix d'indices pour les prévisions ionosphériques à long terme . . . . .	43
Rec 434-4            Atlas CCIR des caractéristiques ionosphériques . . . . .	49
Rec 533-2            Evaluation du champ de l'onde ionosphérique aux fréquences comprises entre 2 et 30 MHz . . . . .	50
<i>Section 6F – Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences supérieures à 30 MHz environ et application</i>	
Rec 531-1            Effets ionosphériques qui influent sur les systèmes de radiocommunications comportant des engins spatiaux . . . . .	51
Rec 534-3            Méthode de calcul du champ en présence d'ionisation sporadique de la région E . . . . .	52
<i>Section 6G – Mesures et banques de données relatives à la propagation ionosphérique</i>	
Pas de Recommandations.	

*Résolutions et Vœux*

Résolution 4-4	Diffusion de renseignements relatifs aux indices fondamentaux pour la propagation ionosphérique . . . . .	79
Résolution 63-3	Programmes d'ordinateur pour la prévision des caractéristiques ionosphériques, de l'affaiblissement de transmission de l'onde ionosphérique et des bruits . . . . .	80
Résolution 74-1	Détermination des nombres de taches solaires . . . . .	87
Résolution 111	Campagne de mesures du champ dans la gamme des ondes décimétriques . . . . .	88
Résolution 112	Rapport de la Commission d'études 6 du CCIR à la CAMR HFBC(93) . . . . .	89
Vœu 22-5	Sondages réguliers de l'ionosphère . . . . .	90
Vœu 23-4	Observations nécessaires en vue de l'établissement des indices fondamentaux pour la propagation ionosphérique . . . . .	91
Vœu 45-3	Evaluation de la méthode du CCIR pour la prévision de la propagation des ondes décimétriques . . . . .	92
Vœu 67	Observations géophysiques et solaires nécessaires pour la prévision à court terme de la propagation ionosphérique . . . . .	93
Vœu 68-1	Banque de données concernant les mesures de champ de l'onde ionosphérique dans la gamme des ondes décimétriques . . . . .	94
Vœu 69	Mesures de champ aux fréquences inférieures à 1,7 MHz environ . . . . .	95
Vœu 82	Utilisation pour la prévision de foF2 d'un indice d'activité solaire (IG) déduit d'observations ionosphériques . . . . .	96
Vœu 85	Mesures des caractéristiques du bruit radioélectrique atmosphérique . . . . .	97

**Textes supprimés**

N° de la page  
Vol. VI  
Dubrovnik, 1986

Rec 621	Constantes numériques et procédure d'interpolation utilisées dans la méthode de prévision de la propagation de la CAMR HFBC . . . . .	238
---------	---	-----

**INDEX DES TEXTES PAR ORDRE NUMÉRIQUE**

	Page
SECTION 6A: Propriétés de l'ionosphère . . . . .	1
SECTION 6B: Bruit radioélectrique . . . . .	3
SECTION 6C: Propagation ionosphérique et prévision des conditions d'exploitation . . . . .	5
SECTION 6D: Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences inférieures à 1,6 MHz . . . . .	11
SECTION 6E: Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences comprises entre 1,6 et 30 MHz environ . . . . .	43
SECTION 6F: Prévision de la propagation ionosphérique aux fréquences supérieures à 30 MHz environ et application . . . . .	51
SECTION 6G: Mesures et banques de données relatives à la propagation ionosphérique . . . . .	77

---

RECOMMANDATIONS	Section	Page
Recommandation 313-6	6C	6
Recommandation 371-6	6E	43
Recommandation 372-5	6B	3
Recommandation 373-6	6C	5
Recommandation 434-4	6E	49
Recommandation 435-6	6D	11
Recommandation 531-1	6F	51
Recommandation 532	6A	1
Recommandation 533-2	6E	50
Recommandation 534-3	6F	52
Recommandation 683	6D	35
Recommandation 684	6D	42

*Note* — Les Résolutions et les Vœux, figurant déjà dans l'ordre numérique à la table des matières, ne sont pas repris dans le présent index.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## COMMISSION D'ÉTUDES 6

## PROPAGATION DANS LES MILIEUX IONISÉS

*Mandat:*

Etudier, en vue d'améliorer les radiocommunications:

1. la propagation des ondes radioélectriques dans l'ionosphère et dans les régions ionisées situées au-delà de l'ionosphère;
2. les caractéristiques des bruits radioélectriques associés.

1986-1990 *Rapporteur principal:* L. W. BARCLAY (Royaume-Uni)  
*Vice-Rapporteurs principaux:* G. L. MUTTI (République de Zambie)  
 Mlle G. PILLET (France)

Pour la prochaine période d'études, conformément à la Résolution 61, adoptée à la XVII<sup>e</sup> Assemblée plénière de Düsseldorf (mai-juin 1990), le domaine de compétence relatif aux travaux qui seront entrepris et les noms du Rapporteur principal et des Vice-Rapporteurs principaux sont indiqués ci-dessous.

## COMMISSION D'ÉTUDES 6

## PROPAGATION DES ONDES RADIOÉLECTRIQUES DANS LES MILIEUX IONISÉS

*Domaine de compétence:*

Propagation des ondes radioélectriques dans les milieux ionisés à et au-dessus de la surface de la Terre et caractéristiques du bruit radioélectrique dans le but d'améliorer les systèmes de radiocommunication.

1990-1994 *Rapporteur principal:* L. W. BARCLAY (Royaume-Uni)  
*Vice-Rapporteurs principaux:* Mlle G. PILLET (France)  
 D. G. COLE (Australie)  
 A. GIRALDEZ (Argentine)  
 M. ZAMANIAN (République islamique d'Iran)

## INTRODUCTION PAR LE RAPPORTEUR PRINCIPAL DE LA COMMISSION D'ÉTUDES 6

1. **Considérations générales**

Au cours de la période d'études qui vient de s'achever, la Commission d'études 6 a continué de fournir des renseignements actualisés et pertinents sur la propagation dans les milieux ionisés et sur les bruits radioélectriques. La Commission d'études 6 continue essentiellement de fournir de la documentation sur la planification, l'exploitation et la conception des systèmes.

2. **Organisation**

Au cours de la période d'études écoulée, la structure des Groupes de travail est restée la même. Sur une période totale de douze années, cette structure a servi de base à l'élaboration de Recommandations et de Rapports dans des domaines facilement identifiables classés par sections dans la table des matières du Volume VI (XVI<sup>e</sup> Assemblée plénière, Dubrovnik, 1986). Des déséquilibres considérables ont été observés dans la répartition des tâches entre les Groupes de travail en raison des priorités d'étude établies au sein des administrations et des exploitations, mais une planification appropriée de la durée des réunions a permis de résoudre ce problème sans difficulté.

## XIV

La Commission d'études a très heureusement pu bénéficier de la participation des mêmes Présidents de Groupe de travail pendant sa réunion intérimaire et sa réunion finale:

- Mlle G. Pillet, Vice-Rapporteur principal, France – Groupe de rédaction;
- M. C. M. Rush, Etats-Unis d'Amérique – Groupe de travail 6-J – Propriétés de l'ionosphère et propagation;
- M. D. G. Cole, Australie – Groupe de travail 6-K – Problèmes d'exploitation;
- M. Th. Damboldt, République fédérale d'Allemagne – Groupe de travail 6-L – Facteurs affectant la conception des systèmes;
- M. M. Zamanian, République islamique d'Iran – Groupe de travail 6-M – Bruit radioélectrique naturel et artificiel;
- M. I. E. Davey, Royaume-Uni – Groupe de travail 6-N – Champs aux fréquences supérieures à 1,6 MHz;
- M. D. Ross, Canada – Groupe de travail 6-P – Champs aux fréquences inférieures à 1,6 MHz.

Avec l'aide du Secrétariat du CCIR, notamment de M. K.A. Hughes, la Commission d'études a travaillé avec une efficacité particulière au cours des réunions et pendant toute la période d'études.

### 3. Préparation de Conférences

#### 3.1 CAMR HFBC-87

La Recommandation 621 approuvée à l'issue de l'Assemblée plénière de 1986 prévoyait l'amélioration des valeurs numériques des constantes et de la procédure d'interpolation utilisées pour la méthode de prévision de la propagation adoptée par la première session de la CAMR HFBC. Il a été tenu compte de cette Recommandation pendant la seconde session, et il est proposé de la supprimer puisque son objectif a été atteint. Pendant la seconde session, le CCIR a été invité à entreprendre des études de la méthode de prévision de la propagation des ondes décimétriques adoptée par la Conférence et à recommander à la fois des améliorations de la méthode et plus tard, en cas de besoin, une méthode améliorée à utiliser à l'avenir pour les bandes d'ondes décimétriques attribuées en exclusivité au service de radiodiffusion.

Les banques de données sur les mesures de champ à ondes décimétriques constituées par la Commission d'études 6 ont été largement utilisées pour l'élaboration et l'essai de la méthode qui constitue la base de celle que la Conférence a utilisée. A moins que l'on ne puisse recueillir des données complémentaires, les perspectives sont donc limitées pour l'étude et l'essai d'améliorations de la méthode. Cela a été reconnu par les participants à la seconde session, qui ont par ailleurs recommandé aux administrations d'entreprendre des programmes de mesure du champ pour les ondes décimétriques et de fournir au CCIR des données sous une forme permettant leur étude.

En conséquence, la Commission d'études 6 a agi rapidement en mai 1987 en créant le Groupe de travail intérimaire (GTI) 6/14 ayant le mandat suivant:

- spécifier les régions du monde, les longueurs des trajets ainsi que les fréquences pour lesquelles il convient de faire des mesures du champ afin de constituer une nouvelle base de données de mesure que l'on pourrait utiliser afin d'étudier les améliorations à apporter à la méthode de prévision de la propagation pour les ondes décimétriques;
- recommander les caractéristiques d'émission et les antennes ainsi que les moyens appropriés permettant d'identifier les émissions;
- recommander les systèmes de réception (y compris les antennes) à utiliser au moment d'effectuer des mesures, ainsi que les méthodes permettant d'enregistrer et d'analyser les résultats, notamment les formats normalisés dans lesquels les données pourraient être fournies à la base de données;
- il conviendrait que les travaux soient terminés avant la réunion intérimaire de la Commission d'études en 1988.

Sous la direction éclairée de M. Damboldt (République fédérale d'Allemagne), le Groupe de travail intérimaire a élaboré le Rapport 1149, que la Commission d'études a approuvé pendant sa réunion intérimaire. Dans le Rapport, il est proposé d'utiliser une série de 9 émetteurs situés dans différentes régions du monde, ayant chacun un format de modulation spécial permettant une identification univoque, à la fois auditive et par ordinateur des sources, chacune d'entre elles émettant sur cinq fréquences les unes à la suite des autres. Compte tenu de la nature spéciale des signaux émis, il est question dans le Rapport d'installer des stations de réception de prix modéré de telle sorte qu'un récepteur commandé par ordinateur et capable de mémoriser des données puisse recueillir les résultats des mesures de champ sur 25 combinaisons émetteur/fréquence.

Ce Rapport a été communiqué aux administrations en août 1988 et le Directeur du CCIR a déployé des efforts particuliers pour aider un certain nombre d'administrations à acquérir les installations de transmission susmentionnées.

Peu de temps avant la réunion finale de la Commission d'études 6, aucune proposition concrète relative à l'acquisition de ces installations n'avait été reçue, mais environ 40 administrations et exploitations avaient indiqué qu'elles étaient intéressées par une participation à l'initiative, un tiers d'entre elles ayant rapidement indiqué qu'elles avaient l'intention de fournir et d'installer sur leur territoire les équipements correspondant à un système de réception au moins. Au cours de la réunion finale, deux administrations ont donné des indications précises au sujet d'installations d'émission, mais la Commission d'études a estimé que ces déclarations étaient insuffisantes et qu'elles venaient trop tard pour qu'une campagne intensive soit menée à temps en vue de l'exploitation des résultats pour la CAMR HFBC qu'il est proposé de tenir en 1993. Néanmoins, la Commission d'études estime qu'il est intéressant d'entreprendre une campagne de mesures sur une plus longue période et qu'à cet effet, il ne sera pas indispensable d'utiliser des émetteurs avec agilité sur 5 fréquences.

Il existe dans le commerce des équipements que l'on peut utiliser pour la mise en place d'installations de réception appropriées, mais le Rapport 1149 donne des renseignements suffisants pour la spécification d'équipements susceptibles d'être construits ou assemblés par les administrations et les exploitations qui participeront à la campagne. On prévoit que la campagne de mesures commencera en 1990 et que les résultats des nouvelles mesures obtenus permettront d'améliorer progressivement la méthode de prévision qui sera étudiée ultérieurement.

Cependant, les études relatives à la méthode de prévision de la propagation des ondes décimétriques dont il est question dans le Rapport 894 se sont poursuivies et l'utilisation de cette méthode est maintenant recommandée (Recommandation 533). Le Groupe de travail intérimaire 6/1 a été chargé de comparer cette méthode ainsi que la méthode adoptée par la seconde session de la CAMR HFBC avec la banque de données disponible en vue d'établir deux rapports; le premier sera destiné à l'Assemblée plénière, et le second devra être prêt 17 mois avant le début de la CAMR HFBC de 1993. La Résolution 112 a été élaborée pour que le second rapport du Groupe de travail intérimaire 6/1 puisse être officiellement présenté à la Conférence.

### 3.2 CAMR 1992

La Commission d'études 6 fournira les renseignements pertinents nécessaires à la préparation technique de la CAMR de 1992 et travaille en premier lieu avec le Groupe de travail intérimaire mixte (GTIM) 10-3-6-8/1.

### 3.3 *Projet de Conférence administrative régionale des radiocommunications pour l'utilisation partagée des fréquences des bandes d'ondes métriques/décimétriques dans la Région 3 (CARR-3)*

La Commission d'études 6 a fourni des renseignements sur la propagation ionosphérique en ondes métriques et décimétriques qui sont destinés à être utilisés pour la préparation technique de ce projet de Conférence.

## 4. Groupes de travail intérimaires

Certains des Groupes de travail intérimaires de la Commission d'études 6 comprennent de petits Groupes d'experts qui entreprennent des études à long terme par correspondance ou qui peuvent organiser une brève réunion de GTI à l'occasion d'autres réunions internationales. Toutefois, certains GTI, et notamment les GTI 6/1 et 6/14, ont eu une lourde tâche et se sont réunis plusieurs fois pour faire avancer leurs travaux.

### 4.1 GTI 6/1 (Président: M. P. A. Bradley, Royaume-Uni)

La tâche du GTI 6/1 consiste à améliorer progressivement et à valider les méthodes de prévision de la propagation des ondes décimétriques; le GTI a examiné avec beaucoup de soin la spécification des techniques de mesure de la propagation des ondes décimétriques et la normalisation des résultats en vue de la comparaison des mesures/prévisions. Il a tenu des réunions annuelles et a proposé d'apporter des améliorations importantes à la Recommandation 533 ainsi qu'à un certain nombre de Rapports techniques détaillés. En outre, le GTI 6/1 a été chargé pendant la réunion finale, d'évaluer les performances de la méthode adoptée à l'issue de la seconde session de la CAMR HFBC et de recommander des améliorations pour cette méthode. Compte tenu de ces responsabilités nouvelles et de l'évolution des activités du GTI 6/14, un nouveau GTI 6/15 a été créé et les travaux liés à l'établissement de bases de données de mesure ont été retirés au GTI 6/1 pour être confiés à ce nouveau GTI.

### 4.2 GTI 6/4 (Président: M. J. C. H. Wang, Etats-Unis d'Amérique)

Les travaux récents du GTI 6/4 ont été consacrés aux méthodes de prévision du champ de l'onde ionosphérique requises pour les Conférences administratives des radiocommunications de la Région 2 sur la radiodiffusion à ondes hectométriques. Ces études régionales ont permis de faire apparaître des différences importantes entre les méthodes utilisées dans les Régions 1, 2 et 3. En conséquence, le GTI 6/4 est maintenant mandaté pour étudier les méthodes appropriées aux applications mondiales en utilisant les données recueillies dans toutes les régions du monde. Le GTI 6/4 s'est réuni lorsque l'occasion se présentait dans le cadre d'autres réunions organisées dans la Région 2.

4.3 *GTI 6/5* (Président: M. J. Belrose, Canada)

Ce petit GTI spécialisé est chargé d'évaluer le champ de l'onde ionosphérique aux fréquences inférieures à 500 kHz environ. Les progrès accomplis sont modestes étant donné que dans le monde entier, cette gamme de fréquences ne fait l'objet que de recherches limitées. Toutefois, des améliorations importantes sont régulièrement apportées aux Rapports pertinents, et ceci a permis d'adopter la Recommandation 684. Le GTI 6/5 travaille exclusivement par correspondance.

4.4 *GTI 6/7* (Président: M. L. MacNamara, Australie)

Le GTI 6/7, qui a travaillé uniquement par correspondance, a apporté des améliorations importantes aux textes portant sur la prévision à court terme des conditions de propagation et sur l'évaluation des voies en temps réel. Le GTI a exécuté des études qui font autorité dans ce domaine et qui revêtent une valeur considérable pour les responsables de l'exploitation des communications à ondes décimétriques. Pour l'essentiel, les travaux ont été achevés et il a été décidé que désormais toute activité sur ces questions relèverait des différentes administrations ou exploitations.

4.5 *GTI 6/8* (Président: M. A. Giraldez, Argentine)

Le GTI a travaillé exclusivement par correspondance pour améliorer et étendre la portée des renseignements disponibles en ce qui concerne la propagation ionosphérique en ondes métriques et décimétriques, qui peut poser de sérieux problèmes de brouillage. Les recherches entreprises sur la question dans le monde entier sont limitées, mais les résultats obtenus peuvent être très importants pour la radiodiffusion et les systèmes mobiles fonctionnant en propagation troposphérique ou en visibilité directe. Il a été décidé de maintenir le GTI 6/8, malgré son activité modeste, pour encourager les études appropriées dans ce domaine important.

4.6 *GTI 6/14* (Président: M. Th. Damboldt, République fédérale d'Allemagne)

Les activités du GTI 6/14 ont été décrites au § 3.1. Le GTI 6/14 a mené à bien sa tâche, et il a été dissous. Ses propositions relatives à la campagne de mesures de la propagation en ondes décimétriques sont énoncées dans la Décision 84.

4.7 *GTI 6/15* (Président: M. N. Wakai, Japon)

Ce nouveau GTI, créé pendant la réunion finale en 1989, est chargé de reprendre les travaux relatifs à la normalisation des mesures et aux bases de données précédemment confiés au GTI 6/1 et de recueillir les résultats du programme de mesures défini par le GTI 6/14. L'ampleur des travaux et les perspectives correspondantes d'amélioration significative des méthodes de prévision de la propagation en ondes décimétriques dépendront de la collaboration entre les administrations et les exploitations pour la réalisation des programmes de mesures.

5. **Activités des Groupes de travail lors des réunions de la Commission d'études**

Comme indiqué plus haut, la répartition des tâches entre les divers Groupes de travail a été maintenue.

Pendant la période d'études écoulée, deux projets de nouvelles Recommandations ont été élaborés sur la propagation en-dessous de 500 kHz, ces textes constituant des compléments utiles pour les sujets qui se prêtent à l'élaboration de Recommandations. Étant donné que l'étude de la propagation des ondes radioélectriques et de ses applications se poursuit au sein d'un certain nombre d'administrations, l'ensemble des Recommandations représente l'état actuel des connaissances et ces Recommandations pourront être améliorées et affinées progressivement ces prochaines années. Pendant la période d'études écoulée, huit des Recommandations existantes ont été révisées et deux d'entre elles ont été maintenues en l'état. Il est proposé de supprimer la Recommandation 621 qui a été élaborée en vue de la seconde session de la CAMR HFBC.

Trois nouveaux Rapports ont été élaborés. Les Rapports 1149 et 1150 portent respectivement sur les mesures de champ en ondes décimétriques et sur la procédure normalisée de comparaison des valeurs prévues et observées; le Rapport 1151 porte sur la question aussi actuelle et importante que constitue la détermination des paramètres de bruit appropriés à la conception des systèmes. Parmi les Rapports existants, 34 ont été révisés, 7 ont été maintenus en l'état et 2 ont été supprimés.

Le Groupe de travail 6-J a continué d'améliorer la documentation de base sur les caractéristiques ionosphériques et la propagation afin de présenter de la manière la plus concise possible les informations nécessaires pour la planification et la conception des systèmes.

Le Groupe de travail 6-K a pratiquement terminé l'examen des différents aspects de l'exploitation des systèmes, de la prévision à court terme et de l'évaluation des voies en temps réel.

Le Groupe de travail 6-L, dont les travaux portent sur les facteurs affectant la conception et la planification des systèmes, a accompli des progrès importants, notamment en ce qui concerne les évanouissements et la fiabilité.

Le Groupe de travail 6-M n'a eu que des activités limitées car il a reçu peu de contributions pour permettre une amélioration régulière des données sur le bruit radioélectrique et une étude des méthodes d'utilisation de ces données. En 1986, les avantages relatifs du Rapport 322-2 (Caractéristiques des bruits atmosphériques radioélectriques et applications) et de sa version révisée et actualisée (Rapport 322-3) avaient fait l'objet d'une discussion. Dans le même ordre d'idée, l'Assemblée plénière avait formulé le Voeu 85 pour prier instamment les administrations et les exploitations de faire des mesures de l'intensité et d'autres caractéristiques du bruit radioélectrique atmosphérique, d'analyser les résultats des mesures et d'évaluer les effets pratiques de l'application des renseignements. Au cours de la période d'études écoulée, seules deux courtes contributions ont été reçues sur la question et la Commission d'études a estimé que l'analyse plus récente contenue dans le Rapport était globalement satisfaisante. Toutefois, la question appelle manifestement un complément d'étude. Les quelques stations utilisées pour l'élaboration des cartes du bruit radioélectrique atmosphérique étaient largement espacées; il convient encore de rassembler en priorité de nouvelles données étalonnées et d'affiner encore les informations présentées.

C'est le Groupe de travail 6-N qui a eu la charge de travail la plus lourde et qui a accompli des progrès importants. La méthode de prévision du champ en ondes décimétriques, initialement élaborée pour la planification de la radiodiffusion en ondes décimétriques, a été affinée et testée, ce qui a amené la Commission d'études à conclure que l'on pouvait désormais recommander l'utilisation de cette méthode plus simple, bien que les méthodes antérieures qui sont décrites dans le Rapport 252 et dans son Supplément soient maintenues pour être utilisées lorsque des renseignements supplémentaires (par exemple sur la structure de mode, etc.) sont nécessaires. Une condition essentielle de la poursuite des travaux d'amélioration et d'essai concernant ces méthodes est la collecte de données supplémentaires de mesure du champ et l'élaboration de procédures normalisées fiables pour l'étalonnage et la normalisation des résultats des observations. En 1986, l'Assemblée plénière avait adopté le Rapport 1013 relatif aux méthodes fondées sur l'utilisation de micro-ordinateurs pour l'évaluation des conditions de la propagation des ondes décimétriques et de la qualité de fonctionnement des circuits. Ayant reconnu les progrès importants accomplis dans le domaine des micro-ordinateurs et leur utilisation presque universelle, la Commission d'études a conclu qu'il n'était plus nécessaire de concevoir des systèmes spécifiquement adaptés aux micro-ordinateurs. La méthode recommandée peut être utilisée avec les micro-ordinateurs. En conséquence, le Rapport 1013 n'est plus nécessaire.

Le Groupe de travail 6-P a poursuivi ses travaux sur la propagation en ondes hectométriques et aux fréquences inférieures. Après avoir achevé ses travaux pour les Conférences chargées de la planification des bandes d'ondes hectométriques dans la Région 2, le Groupe de travail 6-P a entrepris l'examen général d'observations et l'élaboration de procédures de prévision améliorées destinées à être utilisées dans le monde entier.

## 6. Organisation et activités futures

La répartition de ses activités entre six Groupes de travail (J, K, L, M, N, P) a permis à la Commission d'études 6 d'atteindre ses objectifs pendant les trois périodes d'études écoulées. La nouvelle impulsion donnée par cette structure a débouché sur des améliorations importantes, notamment en matière de conception et d'exploitation des systèmes. Toutefois, à sa réunion finale, la Commission d'études a estimé que le moment était venu de revoir l'agencement des textes et, par conséquent, d'envisager la création de nouveaux Groupes de travail afin de mettre l'accent sur les applications pour la planification et la conception des systèmes. Il est donc proposé de créer sept nouvelles sections dans le Volume VI et de présenter les textes selon cet agencement. Les Sections 6A et 6C portent sur les propriétés de l'ionosphère, la propagation ionosphérique et la prévision des conditions d'exploitation. Ces sections portent sur les facteurs importants dont il faut tenir compte pour les systèmes radioélectriques utilisant l'ionosphère ou subissant son influence. Certains des aspects relatifs à la prévision à court terme et à l'évaluation des voies en temps réel sont étroitement liés aux travaux de la Commission d'études 3. La Section 6B relative au bruit radioélectrique a une large portée et fournit des renseignements qui couvrent toutes les fréquences allant au moins jusqu'à 1 GHz.

Les Sections 6D, 6E, 6F contiennent des renseignements sur les techniques de prévision de la propagation ionosphérique et leurs applications, en fonction de la fréquence. La majeure partie des travaux devrait porter sur ces questions afin de permettre l'élaboration de projets de Recommandations améliorées.

La Section 6G porte sur les mesures et les banques de données relatives à la propagation ionosphérique. Bien que cette question soit à l'étude depuis de nombreuses années, il a été jugé nécessaire d'en faire un domaine d'activité concertée afin d'obtenir des renseignements fiables pour l'amélioration future des prévisions. Comme cela a été indiqué précédemment, le nouveau GTI 6/15 a été créé.

## XVIII

Les spécifications des techniques de prévision de la propagation dépendent manifestement des applications et des utilisateurs. Les questions relatives à la propagation ne peuvent pas être étudiées séparément et, dans ce domaine, les experts doivent travailler en étroite collaboration avec les responsables de la gestion et de la planification du spectre afin que soient élaborées des méthodes utiles et pratiques qui permettent de déterminer des paramètres appropriés. Par ailleurs, il a été reconnu que les informations existantes étaient insuffisantes en ce qui concerne l'utilisation des techniques de prévision pour la conception des systèmes. En conséquence, il a été proposé dans la Décision 86 que la Commission d'études 6 crée, en liaison avec les autres Commissions d'études concernées, un Groupe d'experts chargé de préparer un Manuel sur les aspects relatifs à la conception des systèmes de radiocommunication.

La majorité des textes de la Commission d'études 6 porte sur les performances des systèmes à bande étroite ou analogiques. Il est nécessaire d'approfondir les travaux pour enrichir les informations existantes, mais aussi pour remédier à l'insuffisance des informations sur la performance des systèmes numériques. La Commission d'études déploie des efforts de plus en plus importants pour recueillir des informations sur les caractéristiques de l'ionosphère et sur la propagation qui intéressent spécifiquement les usagers, et ces efforts doivent être accrus à l'avenir.

---

## SECTION 6A: PROPRIÉTÉS DE L'IONOSPHERE

## RECOMMANDATION 532

**MODIFICATIONS DE L'IONOSPHERE PROVOQUÉES  
PAR DES ÉMISSIONS DE GRANDE PUISSANCE**

(Programme d'études 28F/6)

(1978)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) qu'on sait depuis longtemps qu'il peut se produire un phénomène de transmodulation en ondes kilométriques et hectométriques lorsque des émissions de puissance surfacique élevée traversent l'ionosphère (voir le Rapport 574);
- b) qu'il a maintenant été prouvé qu'il peut se produire une modification de l'ionosphère, notamment dans la région F, du fait de l'existence d'une puissance surfacique élevée dans la gamme de fréquences de 2 à 12 MHz environ, surtout aux grands angles de rayonnement et aux fréquences tout juste inférieures aux MUF de référence pour les couches intéressées au voisinage de l'incidence verticale et que de telles modifications peuvent permettre la propagation à des fréquences allant jusqu'à 400 MHz environ et sur des distances allant jusqu'à 4000 km (voir le Rapport 728);
- c) que, si les administrations ne mettent pas un frein à la croissance des puissances d'émission, l'ionosphère pourra se trouver défavorablement affectée, avec ce résultat que tant les services faisant appel à l'ionosphère comme milieu de propagation que les services en ondes métriques par onde de sol risqueront de subir une dégradation à la réception,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que l'on veille à réduire les puissances surfaciques excessives créées, aux altitudes de l'ionosphère, sur des fréquences allant jusqu'à 12 MHz environ, et que l'on prenne des mesures à cet effet;
2. que l'on tienne compte des données exposées dans les Rapports 574 et 728 lorsque l'on envisagera de mettre en œuvre des systèmes susceptibles de donner lieu à des puissances surfaciques élevées;
3. que les administrations poursuivent l'étude des effets dont il est question dans la présente Recommandation.



**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## SECTION 6B: BRUIT RADIOÉLECTRIQUE

## RECOMMANDATION 372-5

## UTILISATION DES DONNÉES SUR LE BRUIT RADIOÉLECTRIQUE

(Question 29/6)

(1951-1953-1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDERANT

- a)* que le Rapport 322 (Genève, 1963) est fondé sur les données qu'un réseau de 16 stations d'enregistrement a obtenues de juillet 1957 à octobre 1961 et qu'il a été publié de nouveau, moyennant de légères modifications, comme Rapport 322-2 (Genève, 1982);
- b)* que la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (CAMR-79), reconnaissant que de nombreuses données supplémentaires sont disponibles, a adopté la Recommandation N° 68 dans laquelle elle demande au CCIR d'encourager et d'aider à entreprendre des études additionnelles sur le bruit radioélectrique et elle recommande aux administrations de continuer à diffuser rapidement les données relatives au bruit et les prévisions relatives à ces données;
- c)* que le GTI 6/2 (Décision 21) a été prié de réviser le Rapport 322-2 (Genève, 1982) et que la version révisée (Rapport 322-3, Dubrovnik, 1986) a été approuvée;
- d)* que la seconde session de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications pour la planification des bandes d'ondes décimétriques attribuées au service de radiodiffusion (Genève, 1987) a adopté les valeurs à utiliser pour les niveaux de bruit radioélectrique atmosphérique en se fondant sur le Rapport 322-2 (Genève, 1982);
- e)* que les Rapports 254 et 1151 donnent des renseignements supplémentaires sur la mesure et l'utilisation du bruit radioélectrique;
- f)* qu'il est souhaité, dans le Vœu 85, que les administrations fassent des mesures du bruit radioélectrique atmosphérique, qu'elles analysent les résultats de ces mesures et qu'elles évaluent les effets pratiques de l'application des renseignements relatifs au bruit,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

d'utiliser, pour évaluer l'intensité ou d'autres caractéristiques du bruit radioélectrique d'origine artificielle et naturelle, les renseignements contenus dans les Rapports 258, 322, 342, 670 et 720 jusqu'à ce que l'on dispose de données nouvelles justifiant une révision de ces Rapports.

---

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## SECTION 6C: PROPAGATION IONOSPHERIQUE ET PRÉVISION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION

## RECOMMANDATION 373-6\*

## DÉFINITION DES FRÉQUENCES MAXIMALES ET MINIMALES DE TRANSMISSION

(Question 25/6)

(1959-1963-1966-1970-1974-1978-1982-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

que les services de prévisions, les scientifiques et les exploitants de services de radiocommunication ont besoin de définir de façon différente les fréquences maximales et minimales de transmission,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ d'utiliser les définitions suivantes:

1. la *MUF d'exploitation*, ou simplement *MUF*, est la fréquence la plus élevée qui permet, à un moment donné, d'assurer un circuit radioélectrique de qualité acceptable par propagation des signaux par l'ionosphère entre des stations terminales données, dans des conditions d'exploitation spécifiées;

La *fréquence minimale utilisable (LUF)* est la fréquence minimale qui permet, à un moment donné, d'assurer un circuit radioélectrique de qualité acceptable par propagation des signaux par l'ionosphère entre des stations terminales données, dans des conditions d'exploitation spécifiées.

*Note 1* — La qualité acceptable peut, par exemple, être exprimée en fonction du taux d'erreur maximal ou du rapport signal/bruit nécessaire.

*Note 2* — Les conditions d'exploitation spécifiées peuvent comprendre des facteurs tels que les types d'antenne, la puissance d'émission, la classe d'émission et le débit d'information nécessaires;

2. la *MUF de référence* est la fréquence la plus élevée à laquelle une onde radioélectrique peut se propager entre des stations terminales données, en une occasion spécifiée, par réfraction ionosphérique exclusivement.

## ANNEXE I

1. La *fréquence optimale de travail (FOT)*, (en anglais: optimum working frequency (OWF ou FOT)), est le décile inférieur des valeurs journalières de la MUF d'exploitation, à un moment donné, pour une période spécifiée, habituellement un mois. En d'autres termes, la FOT est la fréquence qui est dépassée par la MUF d'exploitation pendant 90% de la période spécifiée.

2. Lorsque la MUF de référence est limitée à un mode de propagation ionosphérique particulier, ses valeurs peuvent être accompagnées de l'indication de ce mode (par exemple 1E MUF ou 2F2 MUF).

Si la composante extraordinaire de l'onde est mise en cause, on doit l'indiquer (par exemple, 1F2 MUF (X)). L'absence de référence spécifique à la composante magnéto-ionique signifie que la valeur indiquée se rapporte à l'onde ordinaire.

Il est parfois utile d'indiquer la portée au sol pour laquelle la MUF de référence doit être utilisée. Cette indication, en kilomètres, figure à la suite de l'indication du mode (par exemple, 1F2 (4000) MUF (X)).

\* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de l'Union radioscopique internationale (URSI), ainsi que des Commissions d'études 3, 7, 8 et 10 et de la CCV.

## RECOMMANDATION 313-6

**ÉCHANGE DE RENSEIGNEMENTS EN VUE DES PRÉVISIONS  
A COURT TERME ET TRANSMISSION DES AVERTISSEMENTS  
DE PERTURBATIONS IONOSPHERIQUES**

(Question 27/6)

(1951-1959-1966-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

qu'il peut être avantageux pour certains services de radiocommunication d'être avertis aussi longtemps à l'avance que possible du début probable de perturbations de la propagation ionosphérique,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que chaque pays participant aux recherches sur la propagation désigne un organisme officiel chargé de recevoir, de coordonner et d'échanger les renseignements nécessaires à l'établissement des prévisions à court terme et d'établir la liaison avec les organismes correspondants des autres pays;
2. que ces renseignements soient transmis aux organismes ci-dessus par les moyens de télécommunication les plus directs;
3. que les données nécessaires aux prévisions à court terme susceptibles d'être utilisées dans un délai de 48 heures soient diffusées conformément aux décisions du Service international des Ursigrammes et Jours mondiaux (IUWDS) par les voies de communication appropriées disponibles, les autres données étant diffusées par voie postale ordinaire ou aérienne ou, sur demande, par voie radioélectrique ou par tout autre moyen rapide de communication, et que des émissions brèves et régulières donnant des avertissements à court terme des perturbations ionosphériques soient faites par des stations radioélectriques de grande portée;
4. que les codes à utiliser pour les communications et diffusions indiquées ci-dessus soient intégralement normalisés, conformément aux décisions et aux mesures prises par l'IUWDS;
5. que les administrations et exploitations faisant usage des services ci-dessus soient invitées à comparer les prévisions au comportement réel des circuits radioélectriques, à évaluer l'exactitude des prévisions, à fournir des archives et à faire toute suggestion de nature à faciliter les études qui doivent être entreprises en vue d'améliorer les méthodes employées;
6. qu'il est souhaitable que les études entreprises dans le cadre de la Question 27/6 aboutissent à l'élaboration d'une méthode commune de description des perturbations et des variations de l'ionosphère, cela en vue de la corrélation entre les prévisions et le comportement des services de radiocommunication;
7. que, dans le cas où les administrations ont créé des moyens d'échange rapide des renseignements au titre de l'IUWDS, ces moyens soient maintenus et, si besoin est, développés.

## ANNEXE I

DISPONIBILITÉ ET ÉCHANGE DE DONNÉES DE BASE  
POUR LES PRÉVISIONS CONCERNANT LA PROPAGATION

## 1. Introduction

Sauf aux très courtes distances, la propagation des signaux radioélectriques entre 3 et 30 MHz n'est principalement possible, avec de faibles valeurs de l'affaiblissement, que grâce à des réflexions sur l'ionosphère et sur le sol. Sur une liaison déterminée, on peut généralement obtenir des communications de qualité satisfaisante si la fréquence de travail est comprise entre une limite inférieure (LUF) et une limite supérieure (MUF d'exploitation) qui sont déterminées par les caractéristiques de l'ionosphère. On a constaté que la gamme des fréquences utilisables en exploitation est encore plus étroite pour certaines catégories de systèmes de communication à grande capacité.

En conséquence, il est nécessaire de posséder, le plus longtemps possible à l'avance, des renseignements sur les valeurs probables de ces limites supérieures et inférieures, ainsi que des prévisions à court terme et des avertissements concernant les perturbations. Dans leur ensemble, ces prévisions (à long et à court terme) et les avertissements de perturbations fournissent au personnel chargé de l'établissement des projets et de l'exploitation des renseignements qui peuvent permettre d'utiliser au mieux des ressources limitées en équipement et en fréquence. Les prévisions à long et moyen terme renseignent sur les états représentatifs de l'ionosphère. Il est donc extrêmement utile au personnel d'exploitation d'être informé des perturbations ionosphériques prochaines pour pouvoir détourner le trafic, donner par avance des instructions de modifications temporaires de la fréquence normale de travail et déterminer la qualité de transmission sur d'autres systèmes affectés par l'état de l'ionosphère.

## 2. Données disponibles pour les prévisions de la propagation radioélectrique

### 2.1 *Prévisions à long terme*

Dans plusieurs pays, des organismes élaborent actuellement des prévisions et des indices ionosphériques de 1 mois jusqu'à 12 mois à l'avance (voir Tableau I); certains organismes font également des prévisions portant sur un cycle solaire complet. Ces prévisions concernent les états représentatifs de l'ionosphère. Dans la plupart des cas, les renseignements, publiés sous forme de graphiques concernant toutes les parties du monde, peuvent être échangés entre les divers organismes intéressés.

### 2.2 *Prévisions à court terme des perturbations*

Dans plusieurs pays, des organismes préparent actuellement des prévisions à court terme des perturbations ionosphériques de quelques heures à 27 jours à l'avance (voir Tableau I). Ces prévisions complètent les prévisions à long terme, car les perturbations ionosphériques, qu'il n'est pas possible de prévoir longtemps à l'avance, peuvent modifier considérablement la bande de fréquences à l'intérieur de laquelle une liaison particulière peut être exploitée dans des conditions satisfaisantes. Certains organismes exploitants ont manifesté un tel intérêt pour ces prévisions à court terme qu'elles sont actuellement radiodiffusées à des heures régulières (voir Tableau I).

### 2.3 *Documents de travail pour les prévisions à long terme*

L'Atlas CCIR des caractéristiques ionosphériques (Rapport 340) constitue la source de renseignements concernant la MUF de référence et la FOT qui sont à utiliser conjointement avec la valeur prévue de la moyenne glissante sur 12 mois du nombre de taches solaires  $R_{12}$  pour faire des prévisions à long terme pour toutes les parties du monde.

## 3. Echange des données de base utilisées dans les prévisions à court terme

3.1 Pendant longtemps, les données scientifiques d'un intérêt direct pour l'établissement des prévisions et des études des perturbations ionosphériques ont été radiodiffusées par divers pays dans des messages désignés sous le nom d'Ursigrammes. Depuis 1962, des données sont rassemblées, coordonnées et échangées par des moyens rapides à l'aide de codes synoptiques appropriés, par l'intermédiaire du Service International des Ursigrammes et Jours Mondiaux (IUWDS) (Service permanent de l'URSI en collaboration avec l'UAI et l'UGGI, membres de la Fédération des Services astronomiques et géophysiques). Ces messages prévoient l'échange, sous une forme succincte, des données qu'il est nécessaire de connaître, dans un délai de moins de quarante-huit heures après leur obtention, pour la préparation des prévisions à court terme et des travaux urgents analogues. Ces échanges se font par l'intermédiaire de réseaux régionaux, qui comprennent des observatoires, des laboratoires, des services de communication et des centres régionaux. Les centres régionaux échangent à leur tour, une fois par jour, des résumés d'informations concernant les éruptions solaires, les perturbations ionosphériques à début brusque, la couronne solaire et les émissions radioélectriques solaires, les taches solaires, l'activité ionosphérique et magnétique, ainsi que les prévisions. Les centres régionaux d'alertes qui fonctionnent en Australie, en France, au Japon, en République fédérale d'Allemagne et en URSS, ainsi que les centres régionaux associés en Inde, en République socialiste tchécoslovaque et en République populaire de Pologne rassemblent les données dans leurs régions et les transmettent par télégramme au Centre mondial des alertes de l'IUWDS (à Boulder, Colorado) qui a également rassemblé les données de sa région. Le Centre mondial des avertissements de l'IUWDS décide, compte tenu des avis des autres centres, s'il y a lieu de déclencher une ALERTE GÉOPHYSIQUE (diffusée peu après qu'un événement solaire ou géophysique exceptionnel s'est produit ou a commencé), période au cours de laquelle de nombreuses stations géophysiques exécutent des programmes spéciaux d'observations. Ces décisions sont transmises aux stations scientifiques du monde entier participant au programme, par divers moyens de communication rapides, notamment par le réseau météorologique de téléimprimeurs coordonné par l'OMM.

3.2 Les données échangées entre les divers centres régionaux ont trait aux éruptions solaires, à la couronne solaire, aux émissions radioélectriques d'origine solaire, aux rayons cosmiques, aux fréquences critiques de l'ionosphère, aux perturbations ionosphériques, au magnétisme terrestre et à la qualité de la propagation radioélectrique. Les données sont recueillies et transmises en codes synoptiques simples. On peut se procurer des fascicules de codes auprès du Dr R. Thompson, Président du Comité de direction de l'IUWDS, IPS Radio and Space Services, P.O. Box 702, Darlinghurst 2010, New South Wales, Australie ou de M. G. Heckman, Secrétaire pour les Ursigrammes, IUWDS, Steering Committee, NOAA, Boulder, Colorado 80303, Etats-Unis d'Amérique. Les centres régionaux auprès desquels on peut obtenir des précisions sur les données et les horaires des émissions et des bulletins figurent à la partie E du document intitulé «IUWDS Synoptic Codes for Solar and Geophysical Data», troisième édition révisée, 1973.

3.3 Le Tableau I énumère les services de centralisation qui ont été désignés pour recevoir, coordonner, transmettre et échanger les renseignements concernant la propagation radioélectrique.

TABLEAU I – Liste des organismes chargés de l'échange de données et de la diffusion de prévisions concernant les conditions de propagation et les indices ionosphériques

A: organisme chargé de l'échange de données générales sur la propagation.

RC: centre régional de l'IUWDS pour l'échange rapide de données nécessaires aux prévisions à court terme des perturbations.

L: organisme diffusant des prévisions de propagation à long terme établies pour un certain nombre de mois à l'avance: ce nombre de mois est indiqué en regard.

S: organisme diffusant des prévisions à court terme des perturbations.

I: organisme diffusant des prévisions à long terme d'indices ionosphériques. La période d'anticipation pour laquelle les prévisions sont établies est exprimée en mois.

Pays	Organisme	Adresse	A	RC	L	S	I
Allemagne (République fédérale d')	Deutsche Bundespost TELEKOM Forschungsinstitut	Deutsche Bundespost, TELEKOM Forschungsinstitut Postfach 5000 D 6100 Darmstadt Télex: 419209 Téléfax: +49 6151 834 570	x	x	3	x	
Argentine	LIARA	LIARA Av. Libertador N° 327 1638 Vicente López, (B.A.)	x		6		
Australie	IPS	IPS Radio and Space Services P.O. Box 1548, Chatswood 2057 Télex: AA 20663 Téléfax: +61 2 414 8340		x	3	x	12
Belgique		Chef du service du Rayonnement Institut royal météorologique 3, Avenue Circulaire, Uccle, Bruxelles	x				
Brésil	CTA/ITA	Centro técnico Aeroespacial São José dos Campos São Paulo	x		1		
	I.Pg.M.	Instituto de Pesquisas da Marinha Ministério da Marinha Rio de Janeiro			1		
Canada	Department of Communications	Telecommunications Regulatory Service Engineering Support Division 1241 Clyde Avenue Ottawa, Ontario	x				
Chine (République populaire de)	CRIRP	China Research Institute of Radiowave Propagation P.O. Box 138 Xinxiang, Henan Télex: Xinxiang 2525	x			x	12
Espagne		Dirección General de Telecomunicaciones, Madrid	x				

TABLEAU I (suite)

Pays	Organisme	Adresse	A	RC	L	S	I
Etats-Unis d'Amérique	NOAA Environmental Research Laboratories	Space Environment Services Center NOAA R/E/SE2 325 Broadway Boulder, Colorado 80303 Télex: 888776	x	x		x <sup>(1)</sup>	
	NOAA Environmental Data and Information Services	World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics NOAA E/GC2 325 Broadway Boulder, Colorado 80303			6 voir Note		
	National Telecommunications and Information Administration	Institute for Telecommunication Sciences 325 Broadway Boulder, Colorado 80303	x				
France	CNET	Service des Ursigrammes Observatoire de Paris F-92190 Meudon Télex: 200590	x	x		x	
		Service des Prévisions Ionosphériques CNET 2, route de Trégastel B.P. 40 F-22301 Lannion Cedex Télex: 950327	x		3	x	
Inde	Council of Scientific and Industrial Research	The Secretary Radio Research Committee National Physical Laboratories Hillside Road, New Delhi, 12	x	x	6		
	India Meteorological Department	Kodaikanal Observatory				x	
	All India Radio	Research Department, All India Radio Indraprastha Estate, New Delhi-1	x				
Israël	Radio Observatory	P.O. Box 911 Haifa 31008	x		1		
Italie		Istituto Nazionale di Geofisica Reparto Ionosferico Via di Villa Ricotti 42 00161 Rome Télex: 625835 Téléfax: 06-429040	x		3		
Japon	CRL	Communications Research Laboratory Ministry of Posts and Telecommunications 2-1, Nukui-kita-machi, 4-chome Koganeishi, Tokyo, 184 Télex: 2832611	x	x		x <sup>(2)</sup>	

(<sup>1</sup>) Renseignements sur l'état du Soleil et sur la géophysique diffusés par WWV.

(<sup>2</sup>) Avertissements diffusés par JJY.

Note – Le «World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics» reçoit et diffuse des données ionosphériques provenant de zones géographiques dont les pays ne sont pas directement représentés à l'UIT en tant que Membres.

TABLEAU I (suite)

Pays	Organisme	Adresse	A	RC	L	S	I
Mexique	SCT	Dirección General de Telecomunicaciones Estación de sondeo ionosférico Xola y Universidad, Mexico, (12) DF	x				
Pays-Bas	PTT	Afdeling «Ionosfeer en Radioastronomie» St. Paulus St. 4, Leidschendam	x				
Pologne (République populaire de)	Académie des Sciences de Pologne Centre de Recherche spatiale	Service de Prévisions héliogéophysiques Académie des Sciences de Pologne Centre de Recherche spatiale Ordonn. 21 01-293, Varsovie Télex: 815670 cbkpl		x		x	
République démocratique allemande	RFZ	Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt Berlin-Adlershof, Agastrasse Télex: 0158720	x		3		
	HHI	Heinrich-Hertz-Institut für solar-terrestrische Physik Juliusruh/Rügen Télex: 318422	x			x	
Royaume-Uni	Rutherford Appleton Laboratory	World Data Centre C1/STP Rutherford Appleton Laboratory Chilton, Didcot Oxfordshire, OX11 0QX Télex: 83159	x				12
	GEC-Marconi Research Centre	GEC-Marconi Research Centre West Hanningfield Road Great Baddow Chelmsford Essex CM2 8HN Télex: 995016 Téléfax: +44 245 75244			6	x	
République Sudafricaine	CSIR	National Institute for Telecommunications Research 18a Gill Street P.O. Box 3718 Observatory Johannesburg, 2000	x		1		
Suède		Swedish Telecom Radio S-13680 Haninge Télex: 14970 Téléfax: 7074684	x		3		
République socialiste Tchécoslovaque		Institut de géophysique de l'Académie des Sciences Boční 2, 14100 Praha 4, Spořilov		x			
URSS	Service hydrométéorologique	Service hydrométéorologique Institut de géophysique appliquée Moscou	x	x	3	x <sup>(2)</sup>	

(2) Avertissements diffusés par RDZ et RND.

SECTION 6D: PRÉVISION DE LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE AUX FRÉQUENCES  
INFÉRIEURES A 1,6 MHz

RECOMMANDATION 435-6\*

PRÉVISION DU CHAMP DE L'ONDE IONOSPHERIQUE AUX FRÉQUENCES  
COMPRISES ENTRE 150 ET 1600 kHz

(Programme d'études 31D/6)

(1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

- a) qu'il est nécessaire de fournir des indications aux ingénieurs chargés des plans relatifs aux services de radiodiffusion dans les bandes des ondes kilométriques et hectométriques;
- b) qu'il est important de déterminer la distance géographique minimale entre les stations travaillant dans les mêmes canaux ou dans des canaux adjacents afin d'éviter les brouillages occasionnés par la propagation ionosphérique à grande distance;
- c) que la méthode exposée dans l'Annexe I est fondée sur des analyses statistiques de mesures de champ effectuées sur 266 trajets répartis dans le monde entier et complétées par le résultat d'analyses correspondant à des régions géographiques pour lesquelles on ne dispose pas de données sur des trajets individuels,

RECOMMANDE

que la méthode figurant dans l'Annexe I soit adoptée pour être utilisée provisoirement, tout en notant les réserves faites sur sa précision quand elle est appliquée dans certaines régions précisées dans ladite Annexe.

ANNEXE I

MÉTHODE DE PRÉVISION DU CHAMP DE L'ONDE IONOSPHERIQUE POUR  
LES FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 150 ET 1600 kHz

*Symboles*

- $A$  : paramètre défini au § 2
- $b$  : facteur d'activité solaire indiqué au § 2.6
- $d$  : distance mesurée à la surface du sol entre l'émetteur et le récepteur (km)
- $E$  : valeur médiane annuelle du champ pour une force cymomotrice donnée  $V$  et à une heure donnée  $t$  comptée à partir du coucher ou du lever du Soleil suivant le cas (dB ( $\mu$ V/m))
- $E_0$  : valeur médiane annuelle du champ à l'heure de référence indiquée au § 2 (dB( $\mu$ V/m))
- $f$  : fréquence (kHz)
- $G_0$  : gain correspondant à une extrémité située sur la côte (dB)
- $G_H$  : gain de l'antenne d'émission dû à la directivité horizontale (dB)
- $G_S$  : gain correspondant à une extrémité située près de la mer (dB)
- $G_V$  : gain de l'antenne d'émission dû à la directivité verticale (dB)
- $h$  : hauteur de l'antenne d'émission (Fig. 1)

\* L'Administration de la République populaire de Chine réserve son opinion sur cette Recommandation.

$I$ :	inclinaison magnétique, N ou S (degrés)
$k, k_R$ :	coefficients d'affaiblissement (§ 2.6)
$L_p$ :	surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation (dB)
$L_t$ :	coefficient d'affaiblissement horaire (dB)
$P$ :	puissance rayonnée (dB(1 kW))
$p$ :	longueur du chemin parcouru par l'onde (km)
$Q_1, Q_2$ :	facteurs intervenant dans le calcul du gain dû à la proximité de la mer (§ 2.3)
$R$ :	moyenne glissante sur douze mois du nombre relatif international de taches solaires
$r_1, r_2$ :	paramètres définis au § 2.3
$s_1$ :	distance entre une extrémité et la mer, comptée le long du grand cercle (km)
$s_2$ :	distance entre une extrémité et la portion terrestre suivante, comptée le long du grand cercle (km)
$t$ :	nombre d'heures après le coucher ou avant le lever du Soleil
$V$ :	force cymomotrice de l'émetteur (dB(300 V))
$\theta$ :	angle entre la direction de propagation et la direction magnétique est-ouest (degrés)
$\lambda$ :	longueur d'onde
$\Phi$ :	paramètre de latitude géomagnétique
$\Phi_T$ :	latitude géomagnétique de l'émetteur
$\Phi_R$ :	latitude géomagnétique du récepteur

(en degrés), valeurs positives dans l'hémisphère Nord  
et négatives dans l'hémisphère Sud

## 1. Introduction

La méthode de prévision ci-après permet d'évaluer le champ de l'onde ionosphérique produit de nuit par une antenne verticale simple ou composée rayonnant une puissance donnée, les mesures étant faites au niveau du sol, au moyen d'un cadre dont le plan vertical coïncide avec le plan du grand cercle qui contient la direction de l'émetteur. Cette méthode peut être utilisée pour des trajets d'une longueur allant jusqu'à 12 000 km dans les bandes des ondes kilométriques et des ondes hectométriques. Dans la bande des ondes kilométriques cependant, ces résultats n'ont encore été vérifiés que pour des distances inférieures à 5000 km. L'exactitude des prévisions varie d'une région à l'autre; on peut, dans certaines régions, l'améliorer en apportant à la méthode des modifications telles que celles indiquées au § 6 ci-après. De toutes façons, cette méthode ne doit être utilisée qu'avec une certaine prudence aux latitudes géomagnétiques supérieures à 60°.

Les Fig. 1, 2 et 3 constituent un élément essentiel de la méthode de prévision. Pour plus de commodité, on a inclus des cartes géomagnétiques (Fig. 11, 12 et 16). Les autres figures (Fig. 4 à 10, 13 à 15 et 17) et l'Appendice I de l'Annexe I contiennent des données supplémentaires qui permettent de simplifier l'application de la méthode.

## 2. Valeur médiane annuelle du champ de nuit

Le champ prévu de l'onde ionosphérique est donné par la formule:

$$E = V + E_0 - L_t = V + G_S - L_p + A - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_t \quad (1)$$

dans laquelle:

- $E$ : valeur médiane annuelle des médianes semi-horaires du champ, en dB( $\mu$ V/m), pour une force cymomotrice d'émission donnée  $V$ , et à une heure donnée  $t$  comptée à partir du coucher ou du lever du Soleil suivant le cas,
- $E_0$ : valeur médiane annuelle des médianes semi-horaires du champ, en dB( $\mu$ V/m), pour une force cymomotrice d'émission de 300 V, à l'heure de référence indiquée au § 2.1,
- $V$ : force cymomotrice de l'émetteur, en dB par rapport à une force cymomotrice de référence de 300 V, (voir § 2.2),
- $G_S$ : correction du gain dû à la proximité de la mer (dB) (voir § 2.3),
- $L_p$ : surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation (dB) (voir § 2.4),
- $A$ :  $106,6 - 2 \sin \Phi$ ,  $\Phi$  étant donné par la formule (12),
- $p$ : longueur du chemin parcouru par l'onde (km) (voir § 2.5),
- $k_R$ : coefficient d'affaiblissement tenant compte de l'absorption ionosphérique, de la focalisation et des affaiblissements aux extrémités et entre bonds dans le cas des trajets à plusieurs bonds (voir § 2.6),
- $L_t$ : coefficient d'affaiblissement horaire (dB) (voir § 2.7).

Pour faciliter les calculs, la Fig. 4 donne la quantité  $A - 20 \log p$  pour  $\Phi = 40^\circ$ , en fonction de la distance  $d$  à la surface du sol, tandis que les Fig. 5 à 10 donnent  $E_0$  en fonction de la distance  $d$  à la surface du sol pour diverses valeurs de fréquences et pour diverses valeurs de latitude géomagnétique où  $G_S$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro.

### 2.1 Heure de référence

On prend pour heure de référence six heures après le coucher du Soleil en un point S de la surface de la Terre. Pour les trajets inférieurs à 2000 km, S est le point milieu du trajet. Pour les trajets plus longs, S est situé à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en dernier, cette distance étant comptée le long du grand cercle. La relation entre la distance au sol et les coordonnées géographiques des points sur le trajet est donnée dans le Rapport 252.

### 2.2 Force cymomotrice

La force cymomotrice  $V$  est donnée par la formule:

$$V = P + G_V + G_H \quad (2)$$

dans laquelle:

$P$ : puissance rayonnée, en dB (1 kW),

$G_V$ : gain de l'antenne d'émission dû à la directivité verticale, en dB (voir la Fig. 1),

$G_H$ : gain de l'antenne d'émission dû à la directivité horizontale, en dB. Pour les antennes directives,  $G_H$  est fonction de l'azimut. Pour les antennes omnidirectives,  $G_H = 0$ .

### 2.3 Gain dû à la proximité de la mer

$G_S$  est le gain supplémentaire qui se manifeste lorsque l'une ou l'autre des extrémités du trajet (ou les deux) sont situées près de la mer; il ne s'applique pas dans le cas de la propagation au-dessus de l'eau douce. Si une seule des deux extrémités est située près de la mer:

$$G_S = G_0 - c_1 - c_2 \quad \text{si} \quad (c_1 + c_2) < G_0 \quad (3)$$

$$G_S = 0 \quad \text{si} \quad (c_1 + c_2) \geq G_0 \quad (4)$$

Dans ces formules:

$G_0$ : gain dans le cas où l'extrémité est située sur la côte et où la mer n'est pas occultée par un autre segment terrestre,

$c_1$ : correction destinée à tenir compte de la distance entre l'extrémité et la mer,

$c_2$ : correction destinée à tenir compte de la largeur d'un ou plusieurs bras de mer ou de la présence d'îles.

Si les extrémités du trajet sont toutes deux situées près de la mer,  $G_S$  est la somme des valeurs pour chacune d'elles.

$G_0$  est donné, sur la Fig. 2, en fonction de  $d$  pour les bandes des ondes kilométriques et hectométriques. Dans la bande des ondes hectométriques,  $G_0 = 10$  dB lorsque  $d$  est supérieur à 6500 km.

Le facteur de correction  $c_1$  est donné par:

$$c_1 = \frac{s_1}{r_1} G_0 \quad (5)$$

formule dans laquelle:

$s_1$ : distance de l'extrémité à la mer, mesurée le long de l'arc de grand cercle (km),

$r_1 = 10^3 G_0^2 / Q_1 f$  (km),

$f$ : fréquence (kHz),

$Q_1 = 0,30$  dans la bande des ondes kilométriques et 1,4 dans la bande des ondes hectométriques.

Le facteur de correction  $c_2$  est donné par:

$$c_2 = \alpha G_0 \left( 1 - \frac{s_2}{r_2} \right) \quad \text{si } s_2 < r_2 \quad (6)$$

$$c_2 = 0 \quad \text{si } s_2 \geq r_2 \quad (7)$$

où:

$s_2$ : distance de l'extrémité à la section terrestre suivante, mesurée le long de l'arc de grand cercle, en km,

$$r_2 = 10^3 G_0^2 / Q_2 f \quad (\text{km}),$$

$Q_2 = 0,25$  dans la bande des ondes kilométriques et 1,2 dans la bande des ondes hectométriques,

$\alpha$ : proportion de terre dans la section du trajet comprise entre  $r_2$  et  $s_2$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ).

Lorsqu'on effectue ces calculs à l'aide d'un ordinateur et que l'on ne dispose pas d'une banque de données de terrain permettant de calculer le pourcentage  $\alpha$  dans la formule (6), on peut poser  $\alpha = 1/2$ , ce qui revient à supposer une répartition terre/mer de 50% dans la section du trajet comprise entre  $r_2$  et  $s_2$ .

Pour faciliter les calculs, on a tracé la Fig. 14a qui représente  $r_1$ , distance maximale à la mer pour laquelle il y a lieu de calculer le gain dû à la mer, et la Fig. 14b qui représente  $r_2$ , distance maximale à la prochaine section de terre pour laquelle il y a lieu d'appliquer la correction  $c_2$ . Ces deux figures ont été tracées pour diverses valeurs de la fréquence.

#### 2.4 Affaiblissement par couplage de polarisation

$L_p$  est le surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation. Dans la bande des ondes kilométriques,  $L_p = 0$ . Dans la bande des ondes hectométriques,  $L_p$  est donné à chaque extrémité par l'une des deux formules suivantes:

$$\begin{aligned} L_p &= 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2 & \text{dB} & \quad \text{si } I \leq 45^\circ \\ L_p &= 0 & & \quad \text{si } I > 45^\circ \end{aligned} \quad (8)$$

où  $I$  est l'inclinaison magnétique N ou S en degrés à l'extrémité et  $\theta$  l'azimut du trajet mesuré en degrés par rapport à la direction magnétique est-ouest, de telle sorte que  $|\theta|$  soit inférieur ou égal à  $90^\circ$ .  $L_p$  doit être évalué séparément pour les deux extrémités car  $\theta$  et  $I$  peuvent y avoir des valeurs différentes; les deux valeurs de  $L_p$  sont ensuite additionnées. Pour  $\theta$  et  $I$ , il convient d'utiliser les valeurs les plus précises de l'inclinaison et de la déclinaison magnétique dont on dispose. (Voir par exemple les Fig. 11 et 12.)

La Fig. 13 représente les valeurs de  $L_p$  calculées d'après la formule (8).

#### 2.5 Longueur du trajet parcouru par l'onde

Pour les trajets d'une longueur supérieure à 1000 km,  $p$  est sensiblement égal à la distance au sol  $d$ . Pour les trajets plus courts,

$$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2} \quad (9)$$

La formule (9) peut être utilisée avec une erreur négligeable pour n'importe quelle distance. Afin d'éviter toute discontinuité du champ en fonction de la distance, cette formule devra être utilisée dans tous les cas où la gamme des distances concernée comporte des distances inférieures à 1000 km et des distances supérieures à 1000 km.

#### 2.6 Coefficients d'affaiblissement

Le coefficient d'affaiblissement  $k_R$  est donné par:

$$k_R = k + 10^{-2} bR \quad (10)$$

où  $R$  est la moyenne glissante sur douze mois du nombre relatif international de taches solaires. Dans la bande des ondes kilométriques,  $b = 0$ . Dans la bande des ondes hectométriques,  $b = 4$  pour les trajets situés en Amérique du Nord,  $b = 1$  pour les trajets situés en Europe et en Australie et  $b = 0$  partout ailleurs.

Le coefficient d'affaiblissement  $k$  est donné par:

$$k = 3,2 + 0,19 f^{0,4} \text{tg}^2(\Phi + 3) \quad (11)$$

où  $f$  est la fréquence, en kHz. Si  $\Phi$  est supérieur à  $60^\circ$ , on utilise la formule (11) avec  $\Phi = 60^\circ$ . Si  $\Phi$  est inférieur à  $-60^\circ$ , on utilise la formule (11) avec  $\Phi = -60^\circ$ . La Fig. 15 représente les valeurs de  $k$ , calculées à partir de la formule (11), conformément à ces règles.

Pour les trajets d'une longueur inférieure à 3000 km, on prend:

$$\Phi = 0,5 (\Phi_T + \Phi_R) \quad (12)$$

où  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont respectivement les latitudes géomagnétiques du point d'émission et du point de réception, déterminées en assimilant le champ magnétique terrestre à celui d'un dipôle placé au centre de la Terre et dont le pôle Nord a pour coordonnées géographiques 78,5° N et 69° O. L'équation pour  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  est donnée à la Fig. 16 et  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont positifs dans l'hémisphère Nord et négatifs dans l'hémisphère Sud. Les trajets d'une longueur dépassant 3000 km sont divisés en deux parties égales que l'on considère séparément. On prend pour valeur de  $\Phi$  de chaque demi-trajet la moyenne de la latitude géomagnétique d'une extrémité et de celle du point milieu du trajet total, cette dernière étant supposée égale à la moyenne de  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$ , de sorte que:

$$\Phi = 0,25 (3\Phi_T + \Phi_R) \text{ pour la première moitié du trajet} \quad (13)$$

$$\text{et } \Phi = 0,25 (\Phi_T + 3\Phi_R) \text{ pour la seconde moitié} \quad (14)$$

On prend alors la moyenne des valeurs de  $k$  calculées à partir de la formule (11) pour chaque demi-trajet et on la porte dans la formule (10).

### 2.7 Coefficient d'affaiblissement horaire

Le coefficient d'affaiblissement horaire  $L_t$  est donné à la Fig. 3.  $t$  représente le nombre d'heures après le coucher ou le lever du Soleil selon le cas. Ces heures sont prises au niveau du sol, au point milieu du trajet, lorsque  $d$  est inférieur à 2000 km et, pour les trajets plus longs, à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en dernier ou se lève en premier. Les équations, équivalant généralement à ces courbes à 0,5 dB près, sont données dans le § 1 de l'Appendice I. La Fig. 3 représente la variation diurne moyenne annuelle. Dans la bande des ondes kilométriques, il convient de l'utiliser avec prudence en raison des grandes variations saisonnières qu'on voit se produire, en particulier aux latitudes tempérées.

La Fig. 17 donne l'heure du coucher et du lever du Soleil en fonction de l'époque de l'année et de la latitude. Les équations équivalant à ces courbes pour le coucher et le lever du Soleil sont données au § 2 de l'Appendice I.

### 3. Variations du champ nocturne d'un jour à l'autre et durant de courtes périodes

Le champ dépassé pendant 10% du temps total d'une petite série de nuits au cours d'une saison déterminée pendant de courtes périodes centrées sur une heure donnée est supérieur de:

6,5 dB dans la bande des ondes kilométriques,

et de 8 dB dans la bande des ondes hectométriques,

à la valeur de  $E_0$  mentionnée au § 2. On peut observer des valeurs plus grandes pendant la période du maximum d'activité solaire.

### 4. Variation saisonnière du champ nocturne

La nuit, les ondes hectométriques qui se propagent par l'ionosphère aux latitudes tempérées ont un champ plus intense au printemps et en automne qu'en été et en hiver, le champ minimal se produisant en été. La variation totale peut atteindre 15 dB aux fréquences les plus basses de la bande des ondes hectométriques, pour tomber à environ 3 dB dans la partie supérieure de la bande. Aux ondes kilométriques, on observe une tendance opposée de la variation saisonnière pendant la nuit, avec un maximum d'été prononcé. La variation saisonnière est beaucoup plus faible aux latitudes tropicales.

### 5. Valeur du champ pendant le jour

Dans la bande des ondes kilométriques, en Europe, la valeur médiane du champ pendant le jour en hiver est de 10 dB inférieure à la valeur nocturne de  $E_0$  donné au § 2. En été, la valeur du champ pendant le jour est inférieure de 30 dB à celle de  $E_0$ . Le champ dépassé pendant 10% du temps total d'une petite série de jours en hiver, pendant de courtes périodes centrées sur un temps donné, est supérieur de 5 dB à la valeur médiane diurne donnée ci-dessus.

Dans la bande des ondes hectométriques, en Europe, la valeur médiane du champ pendant le jour en hiver est inférieure de 25 dB à la valeur nocturne de  $E_0$  donnée au § 2. Pendant le jour, en été, la valeur du champ est inférieure d'environ 60 dB à la valeur de  $E_0$ .

Au printemps et en automne en Europe, les valeurs diurnes de champ, dans les bandes des ondes kilométriques et des ondes hectométriques, se situent entre les valeurs de l'été et celles de l'hiver.

## 6. Précision des résultats obtenus

Pour la Région 2 de l'UIT (les Amériques), on pourrait obtenir des résultats plus exacts en prenant, pour heure de référence, deux heures après le coucher du Soleil. Les valeurs de champ mesurées aux Etats-Unis et au Brésil ont tendance à augmenter avec la fréquence; la variation du champ en fonction de la fréquence, donnée par la formule (11), est dans le sens opposé.

La formule (6) qui décrit la façon dont  $G_S$  est modifié par la valeur de la distance  $s_2$  jusqu'au segment de terre suivant est théorique et doit donc être considérée comme provisoire en attendant de disposer de résultats de mesures.

La méthode établit une prévision du champ qui peut être observé si l'émetteur et le récepteur sont situés sur un sol de conductivité moyenne, généralement de 3 à 10 mS/m. Dans certaines zones (voir, par exemple, le Rapport 717), la conductivité réelle peut tomber à 0,5 mS/m ou atteindre 40 mS/m. Si la conductivité du sol à l'une ou à l'autre extrémité est d'un ordre de grandeur inférieur à 10 mS/m, le champ pourra avoir jusqu'à 10 dB de moins. Si la conductivité du sol aux deux extrémités est d'un ordre de grandeur inférieur à 10 mS/m, la réduction du champ sera doublée. La valeur de l'affaiblissement est fonction de la longueur du trajet et elle est la plus forte pour les ondes s'approchant de l'incidence rasante. La méthode peut être améliorée en faisant une correction lorsque la conductivité du sol est sensiblement différente de celle d'un sol moyen, par exemple en utilisant les renseignements donnés dans les Rapports 265 et 575.

Dans cette méthode, l'on suppose que la réflexion ne se produit que sur la couche E, ou que les réflexions par la couche E sont prépondérantes. Cependant, si  $f > (foE) \sec i$ , où foE est la fréquence critique de la couche E et  $i$  est l'angle d'incidence sur la couche E, l'onde traversera la couche E et sera réfléchi par la couche F. Ceci apparaîtra principalement dans le haut de la bande des ondes hectométriques, pour des distances inférieures à 500 km, et surtout tard dans la nuit et pendant les périodes d'activité solaire minimale. Dans ce cas, la méthode peut encore être utilisée à condition de calculer  $p$  en tenant compte d'une réflexion sur la couche F à une hauteur de 220 km, et de calculer la force cymomotrice  $V$  pour l'angle de site correspondant.

Des mesures faites aux Etats-Unis d'Amérique conduisent à penser que la Fig. 3 (coefficient d'affaiblissement horaire) est vraisemblablement précise pour les fréquences voisines de 1000 kHz pour une année de faible activité solaire. Lorsque la fréquence s'écarte de cette valeur, surtout pendant les heures de transition, on risque de commettre des erreurs appréciables. Ces mesures montrent aussi que l'effet de l'activité solaire est considérablement plus grand deux heures après le coucher du Soleil que six heures après. Pour une année de forte activité solaire, la différence entre le champ six heures après le coucher du Soleil et le champ deux heures après peut donc être beaucoup plus grande que celle qui apparaît sur la Fig. 3.

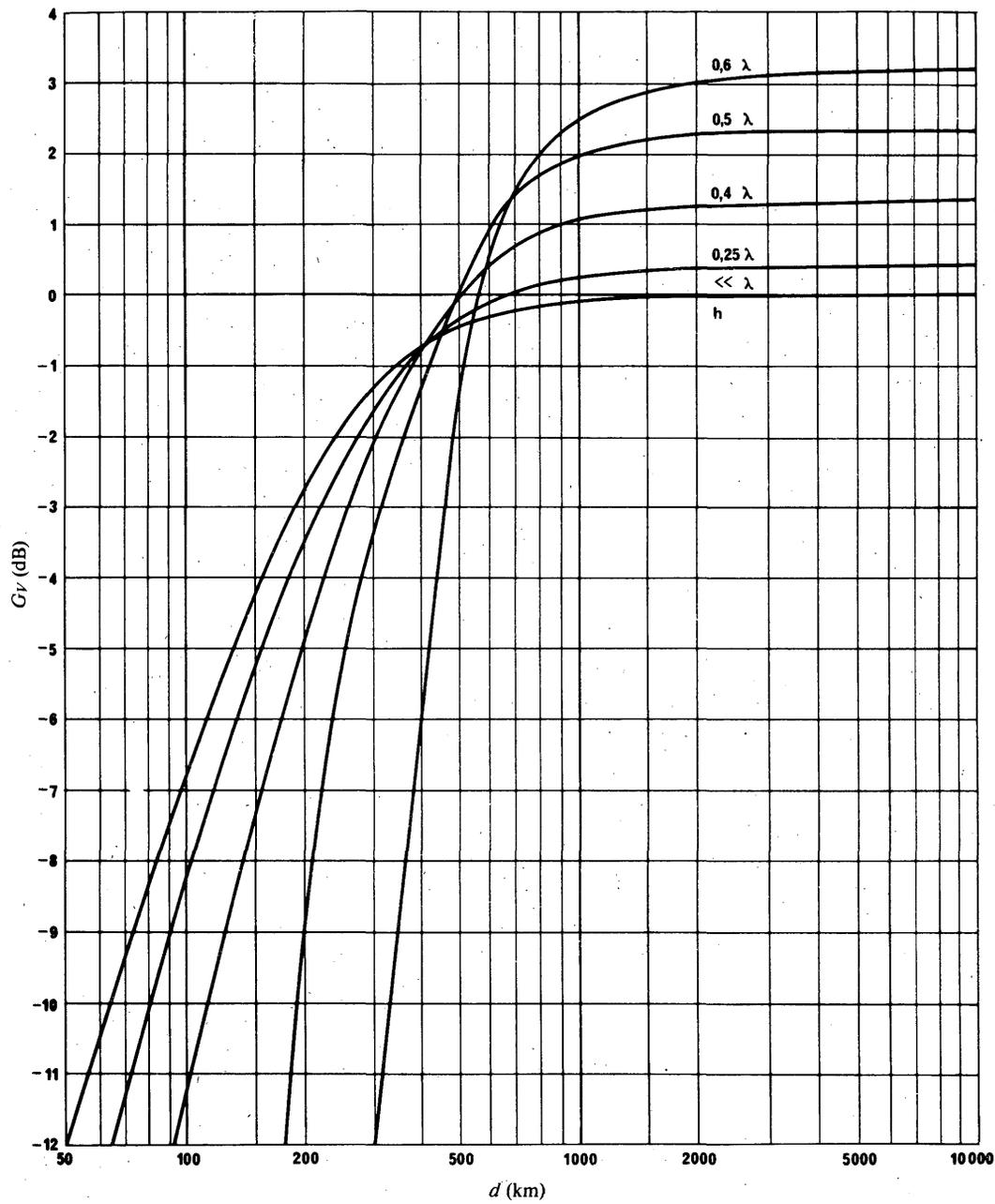


FIGURE 1 – Gain de l'antenne d'émission ( $G_v$ ) pour des antennes verticales simples

$h$ : hauteur de l'antenne

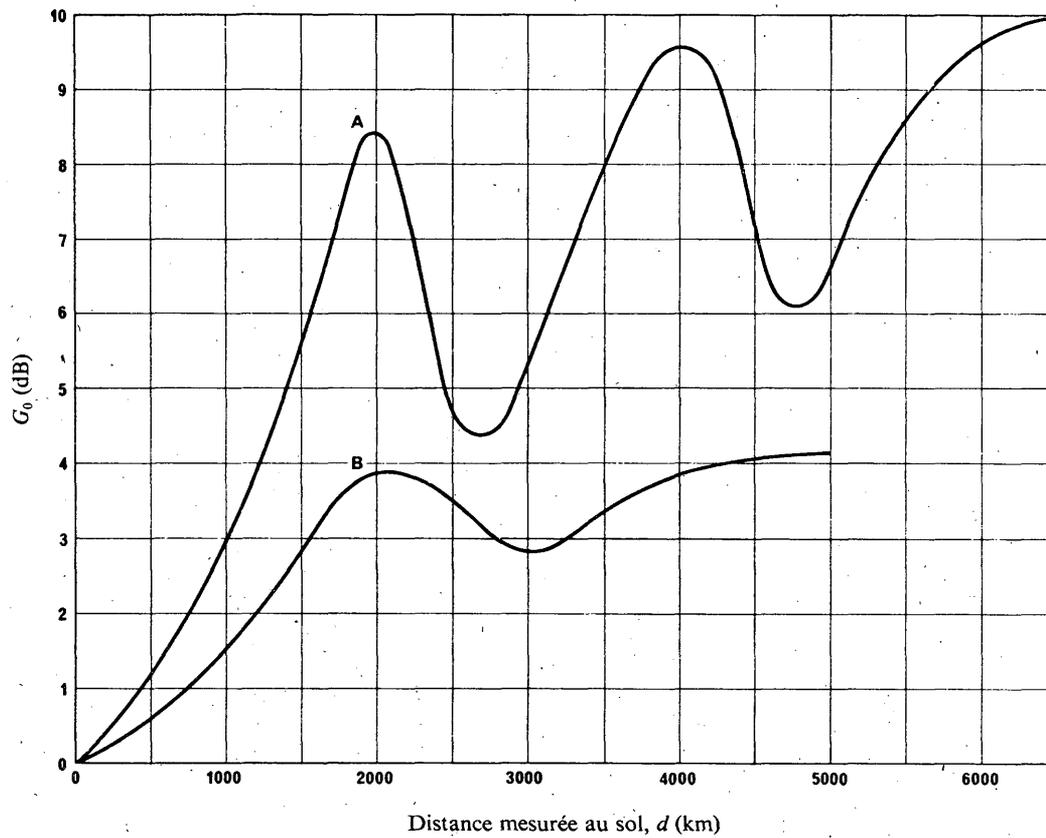


FIGURE 2 - Gain dû à la proximité de la mer pour une seule extrémité située sur la côte ( $G_0$ )

A: Bande des ondes hectométriques    B: Bande des ondes kilométriques

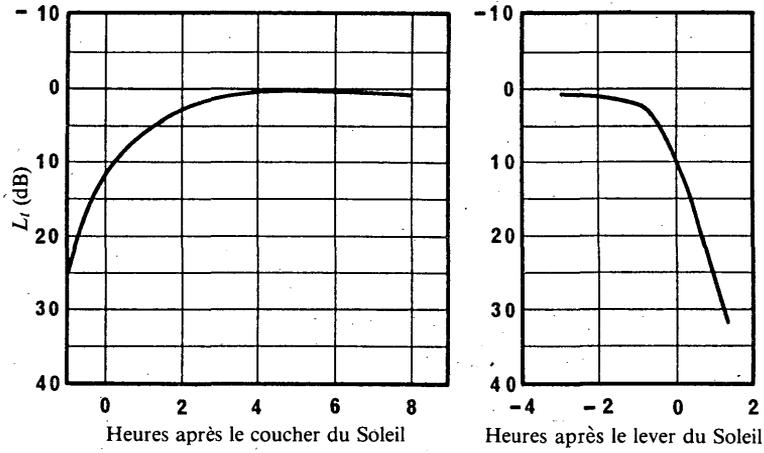


FIGURE 3 – Coefficient d'affaiblissement horaire ( $L_i$ )

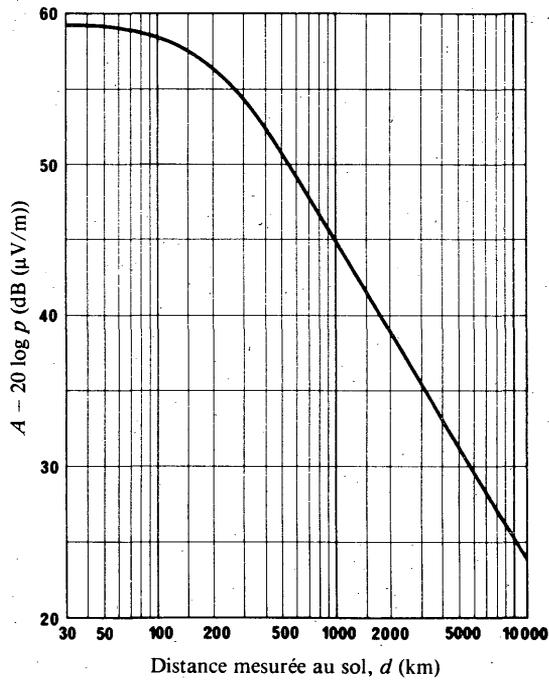


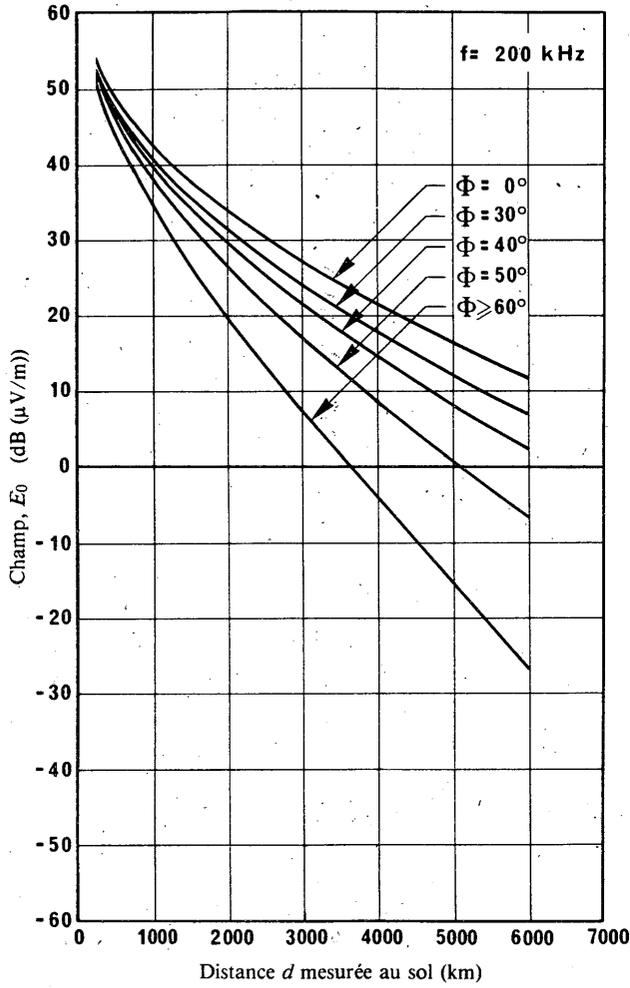
FIGURE 4 – Champ de référence

Les courbes représentent la variation de  $A - 20 \log p$

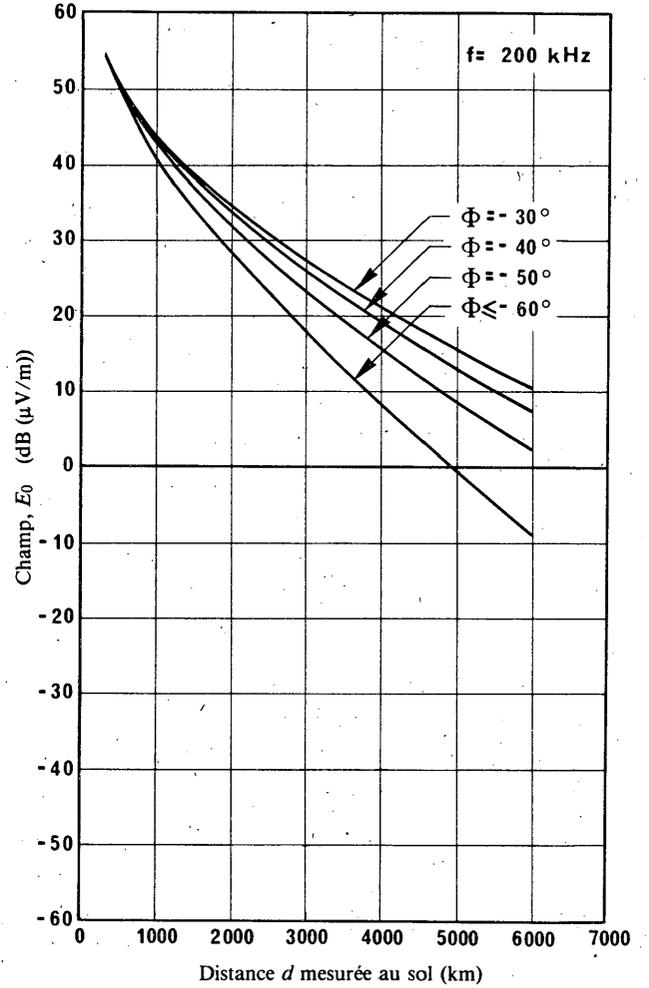
$$A = 106,6 - 2 \sin \Phi$$

$$\Phi = 40^\circ$$

$$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2}$$



a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)



b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

FIGURE 5 - Courbes représentant  $E_0$  pour 200 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique

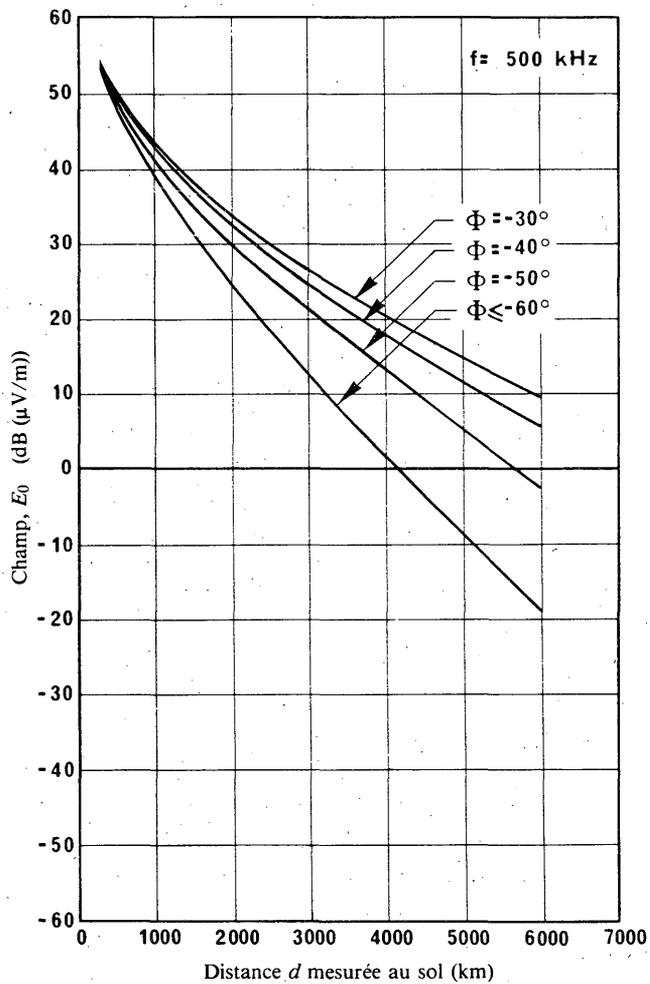
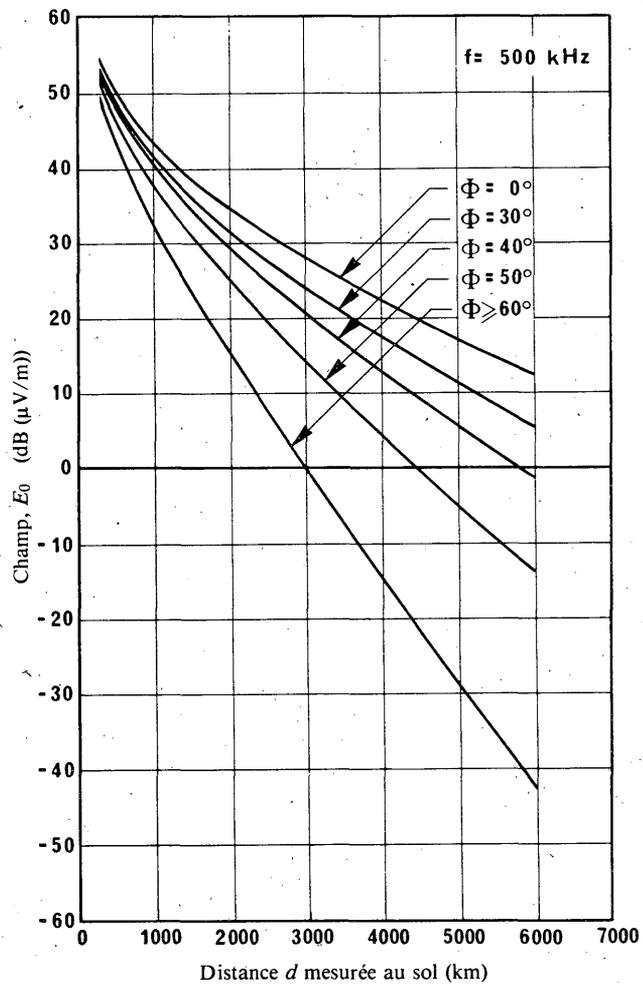
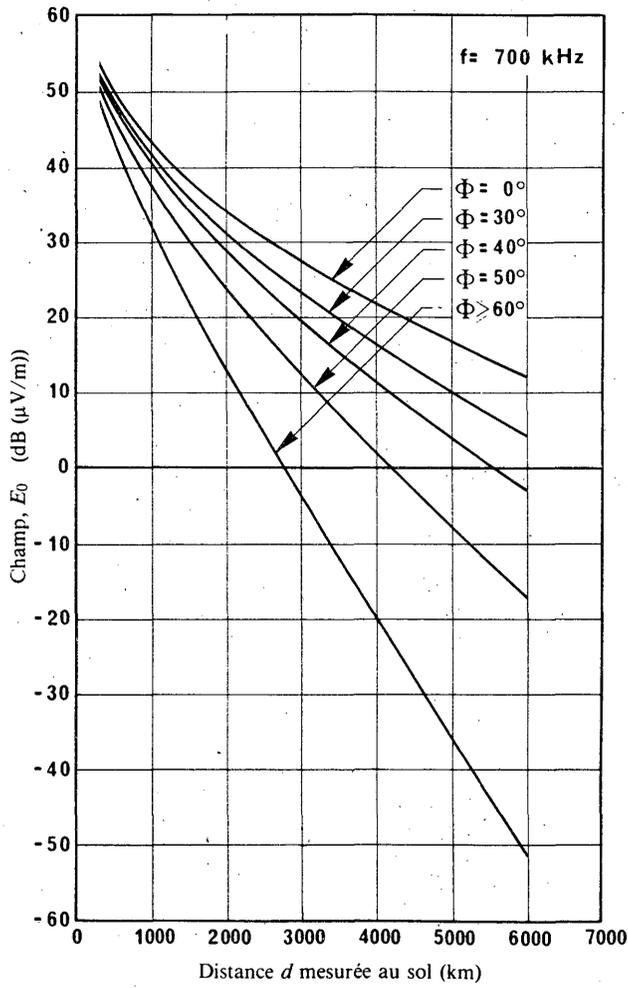
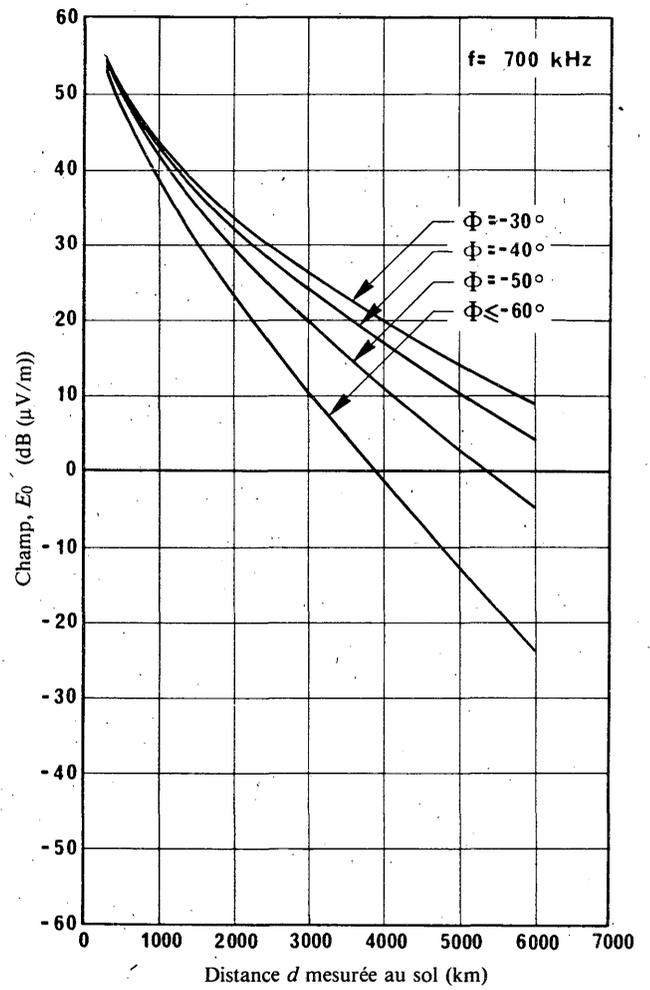


FIGURE 6 – Courbes représentant  $E_0$  pour 500 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique

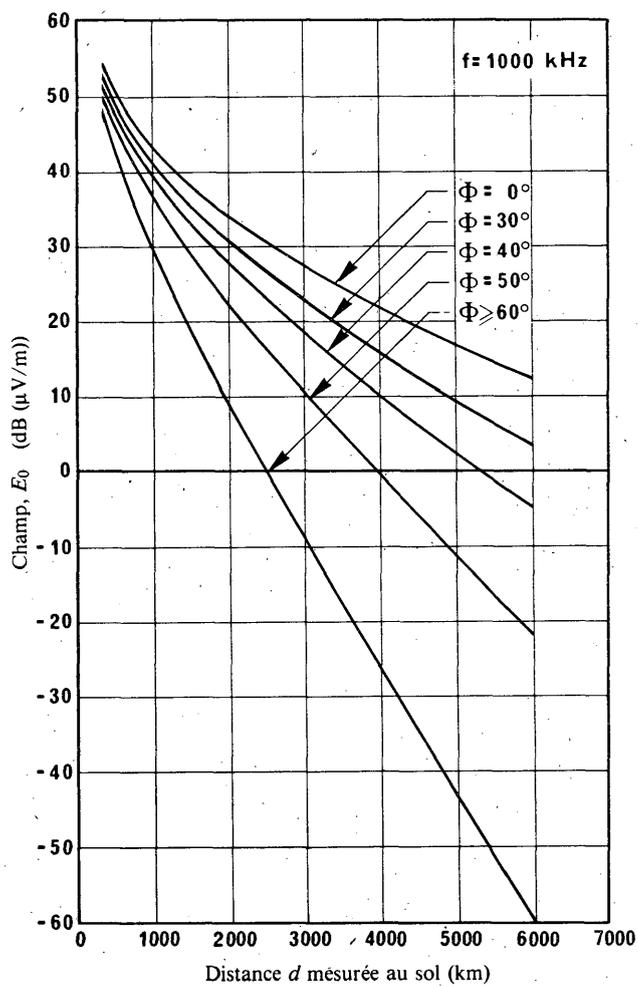


a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)

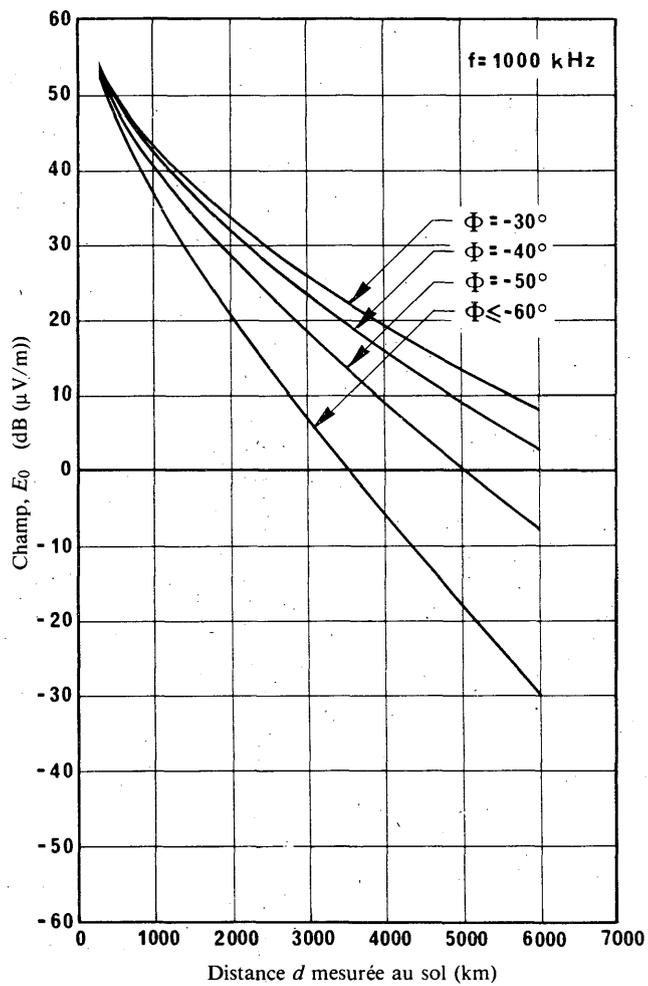


b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

FIGURE 7 - Courbes représentant  $E_0$  pour 700 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique

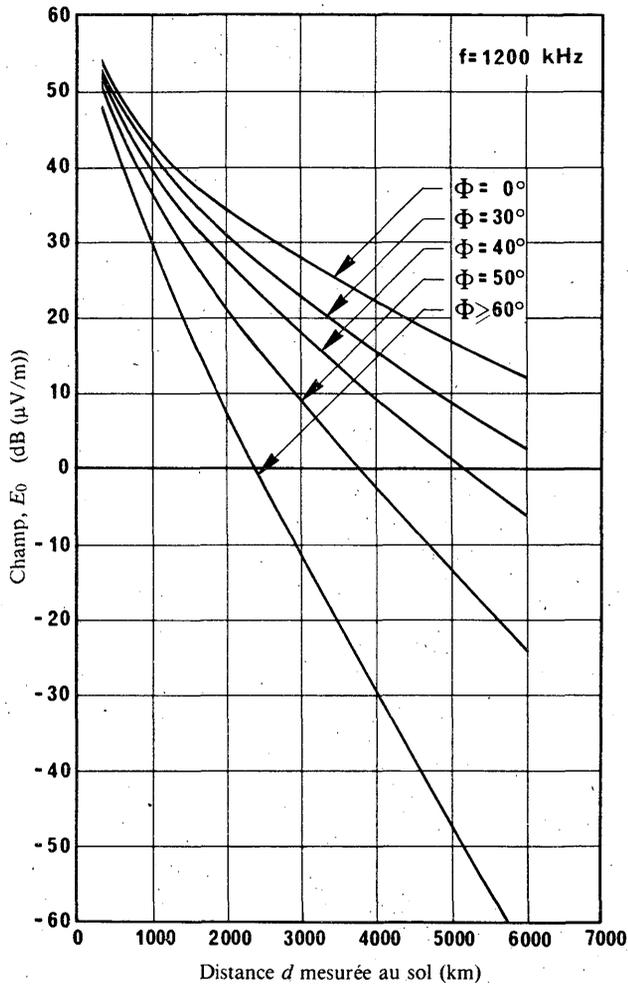


a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)

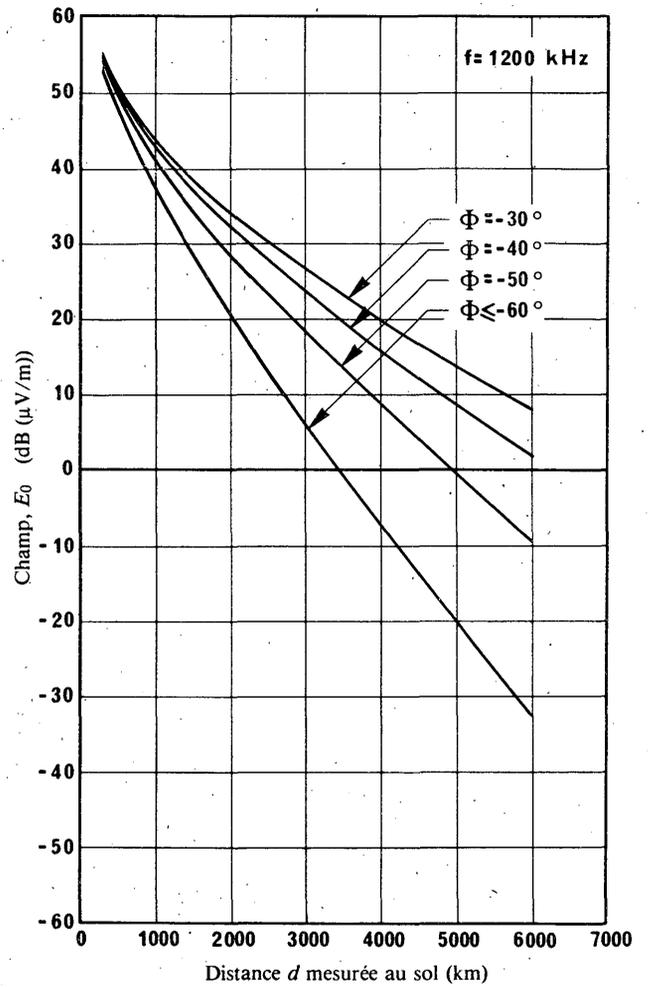


b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

FIGURE 8 - Courbes représentant  $E_0$  pour 1000 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique

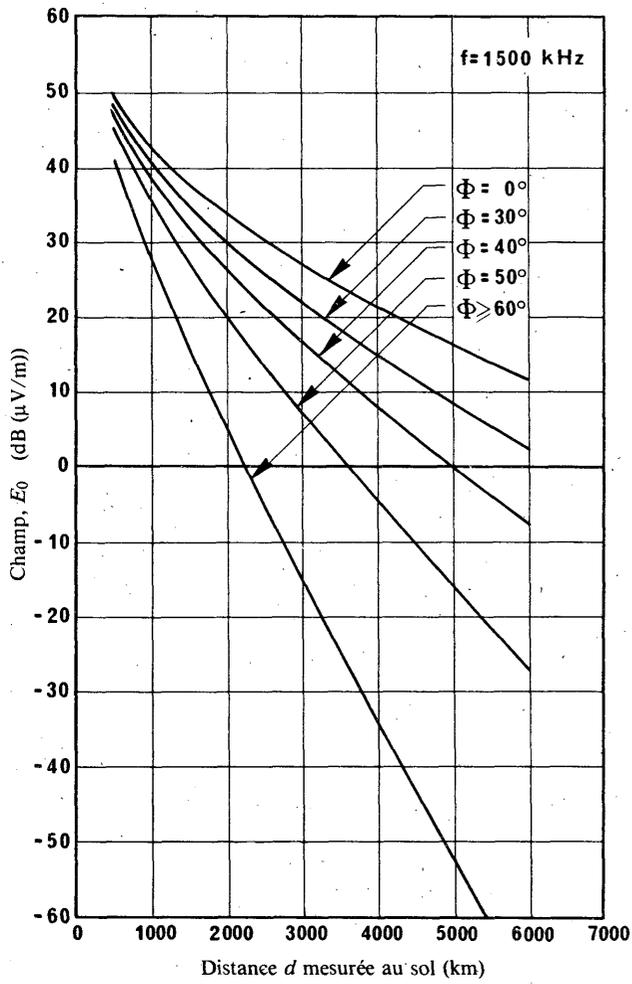


a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)

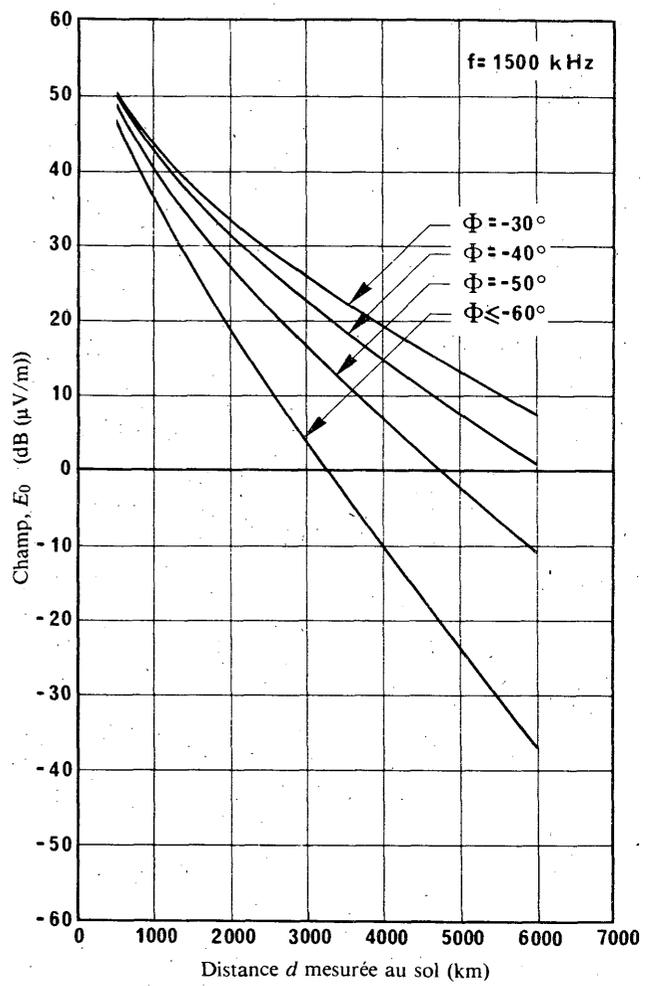


b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

FIGURE 9 - Courbes représentant  $E_0$  pour 1200 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique



a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)



b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

FIGURE 10 – Courbes représentant  $E_0$  pour 1500 kHz, où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique

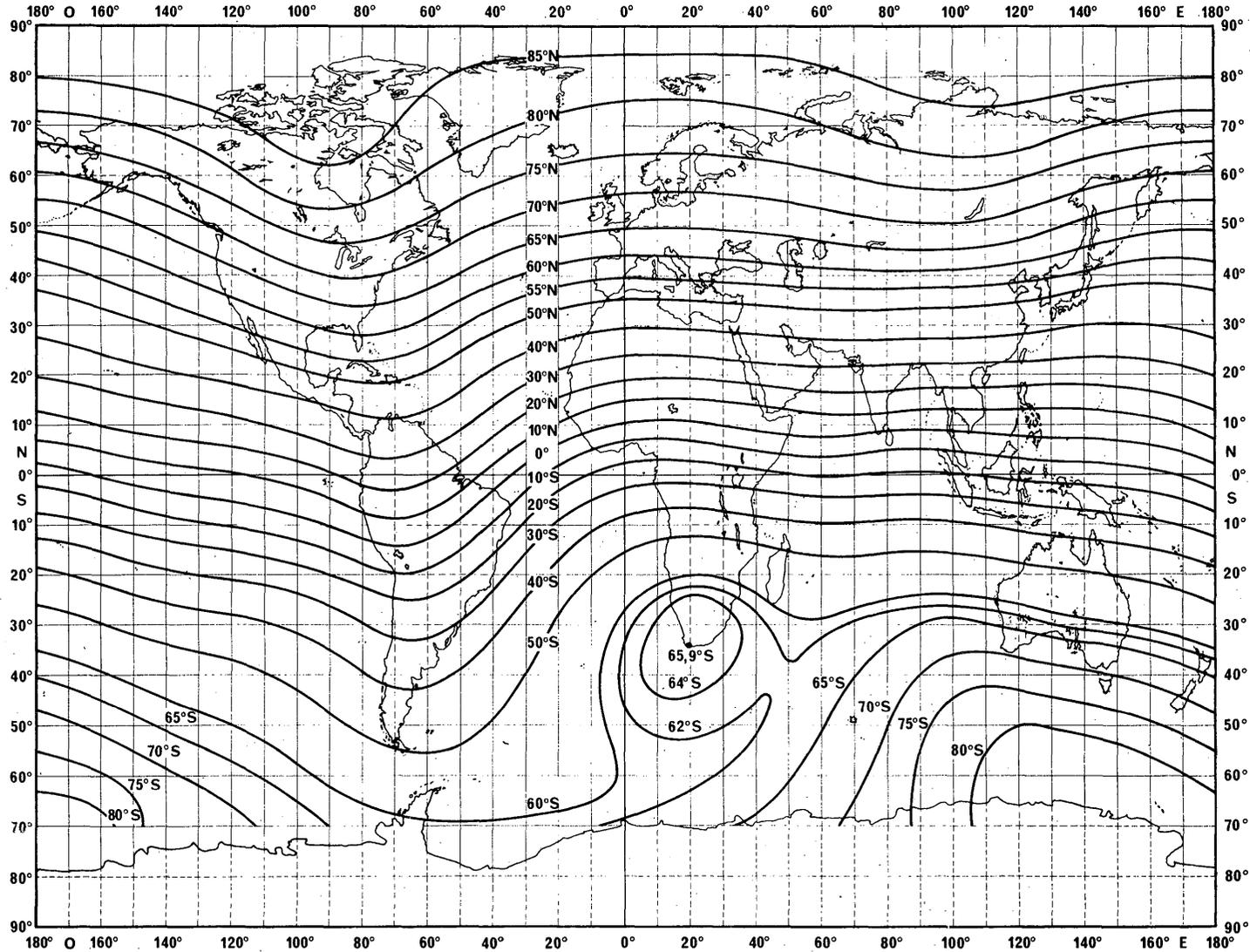


FIGURE 11 – Carte de l'inclinaison magnétique (pour 1975,0)

(Source: Magnetic inclination or dip (epoch 1975.0) Chart No. 30 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)

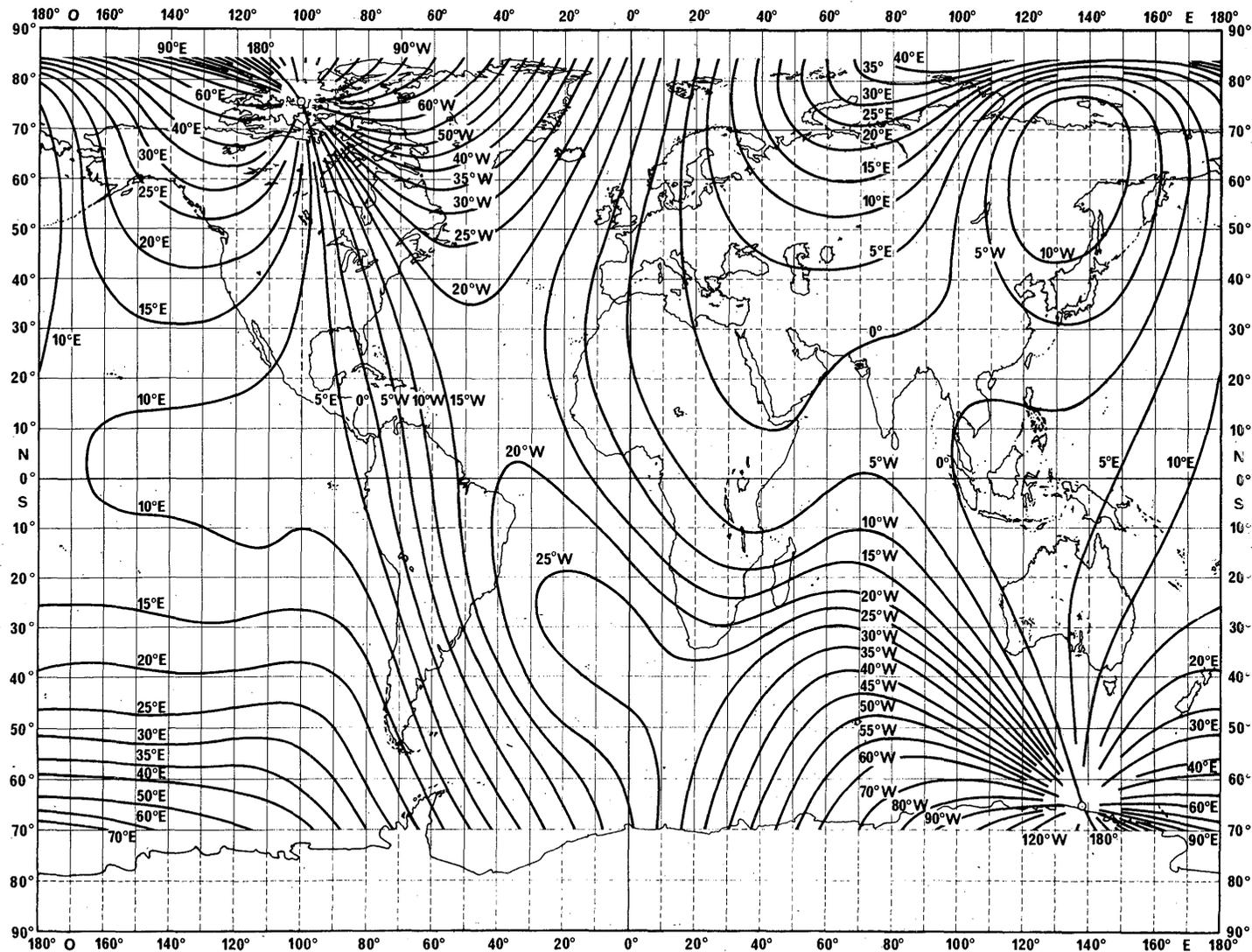


FIGURE 12 – Carte de déclinaison magnétique (pour 1975,0)

(Source: Magnetic variation (epoch 1975.0) Chart No. 42 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)

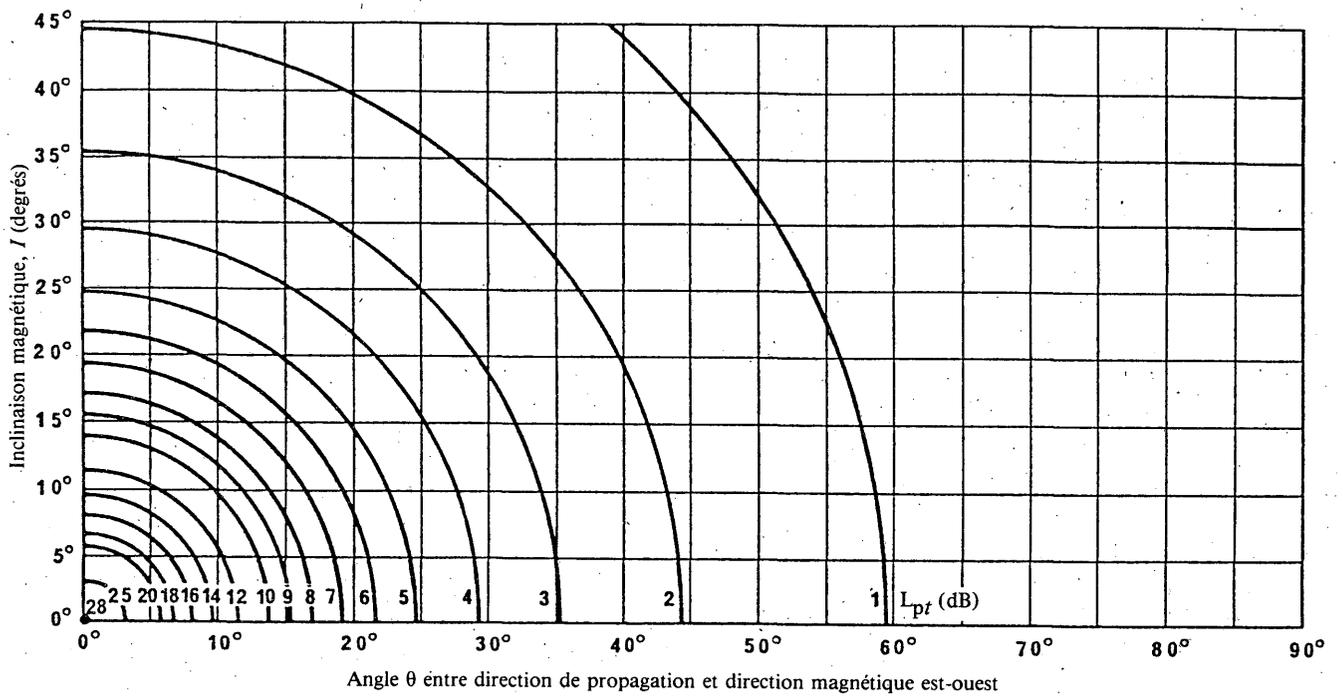


FIGURE 13 — *Surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation  $L_p$  (pour une seule extrémité)*

$$L_p = 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2$$

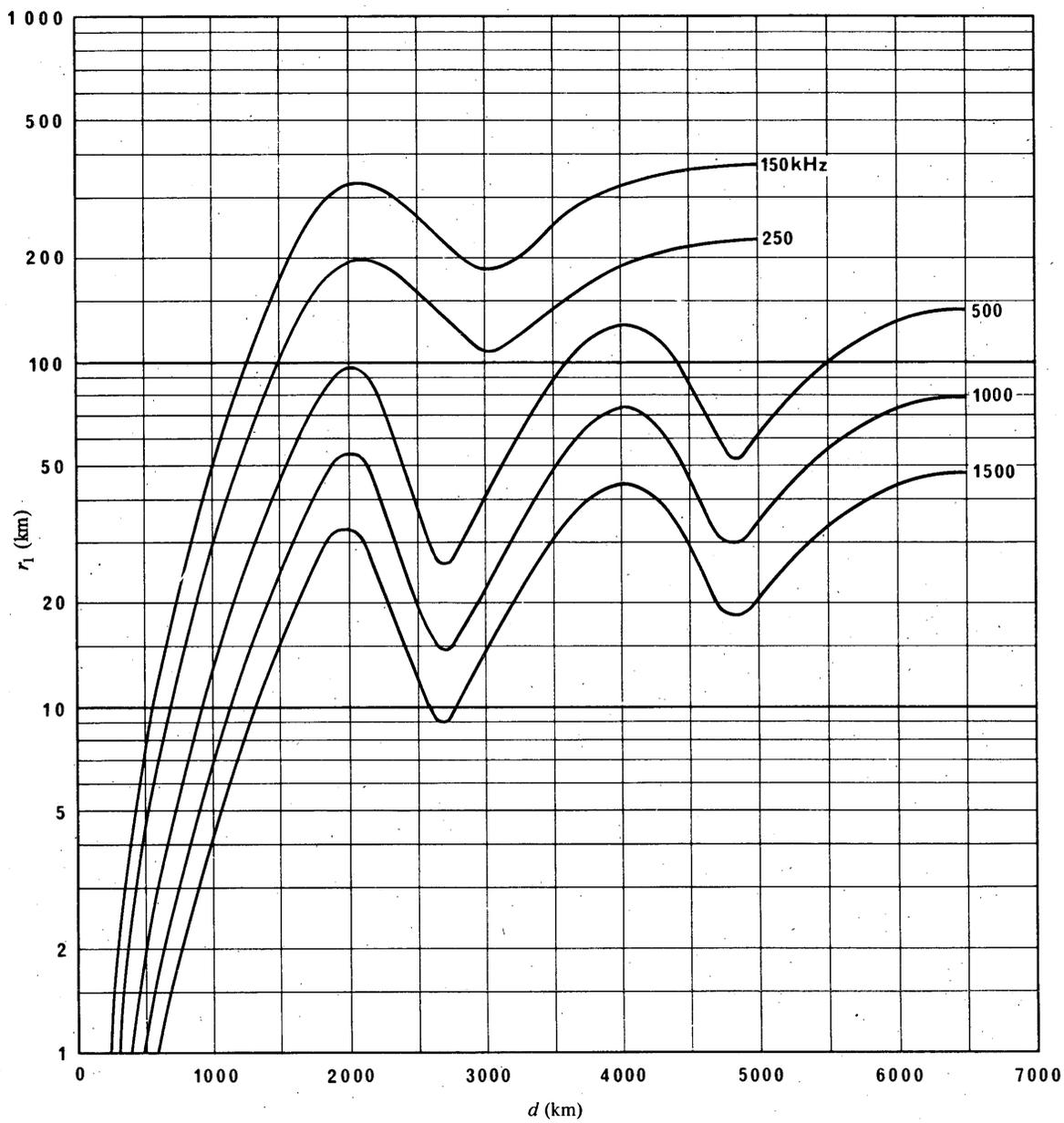


FIGURE 14a - Valeurs de  $r_1$  pour diverses fréquences

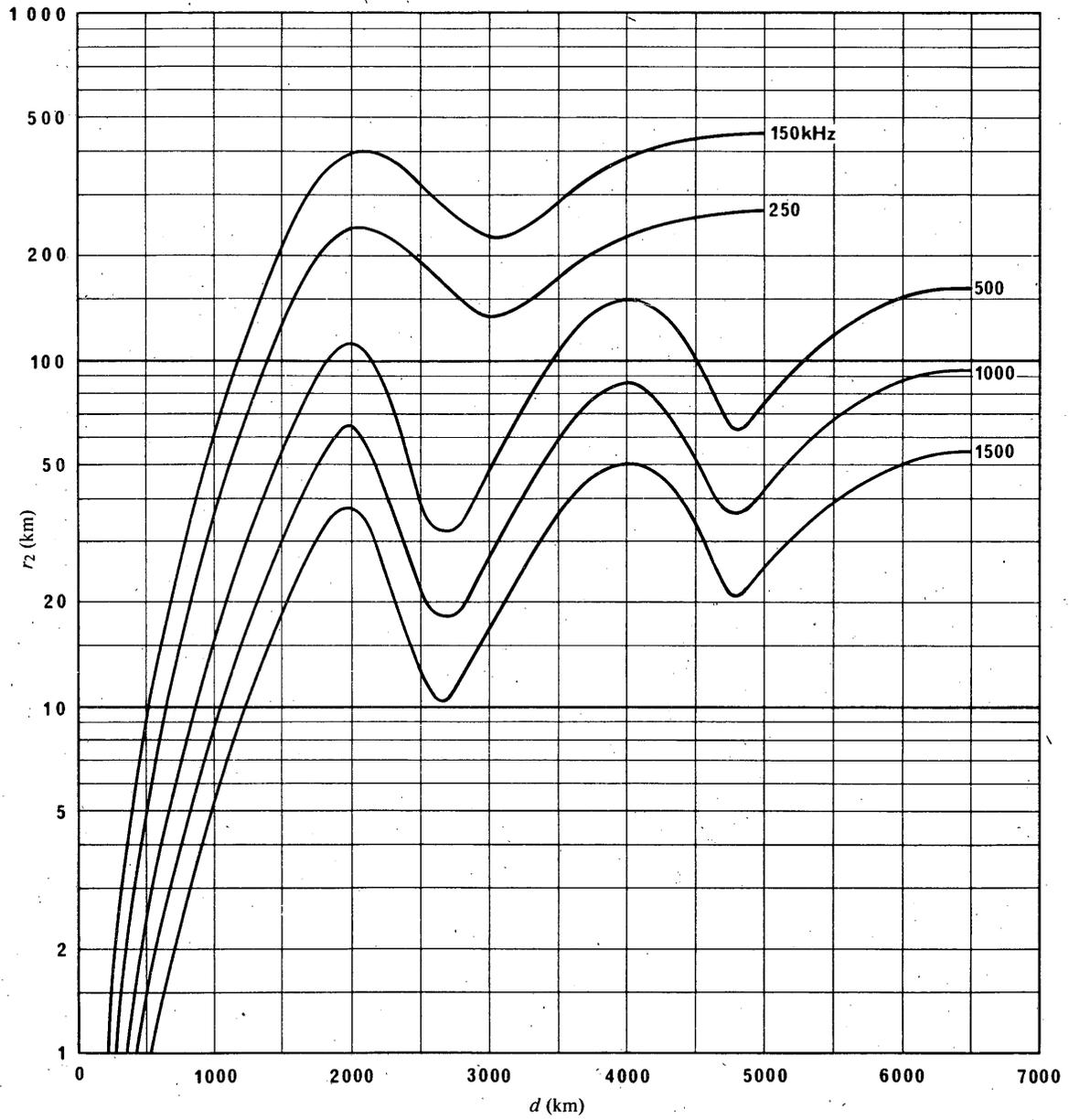


FIGURE 14b - Valeurs de  $r_2$  pour diverses fréquences

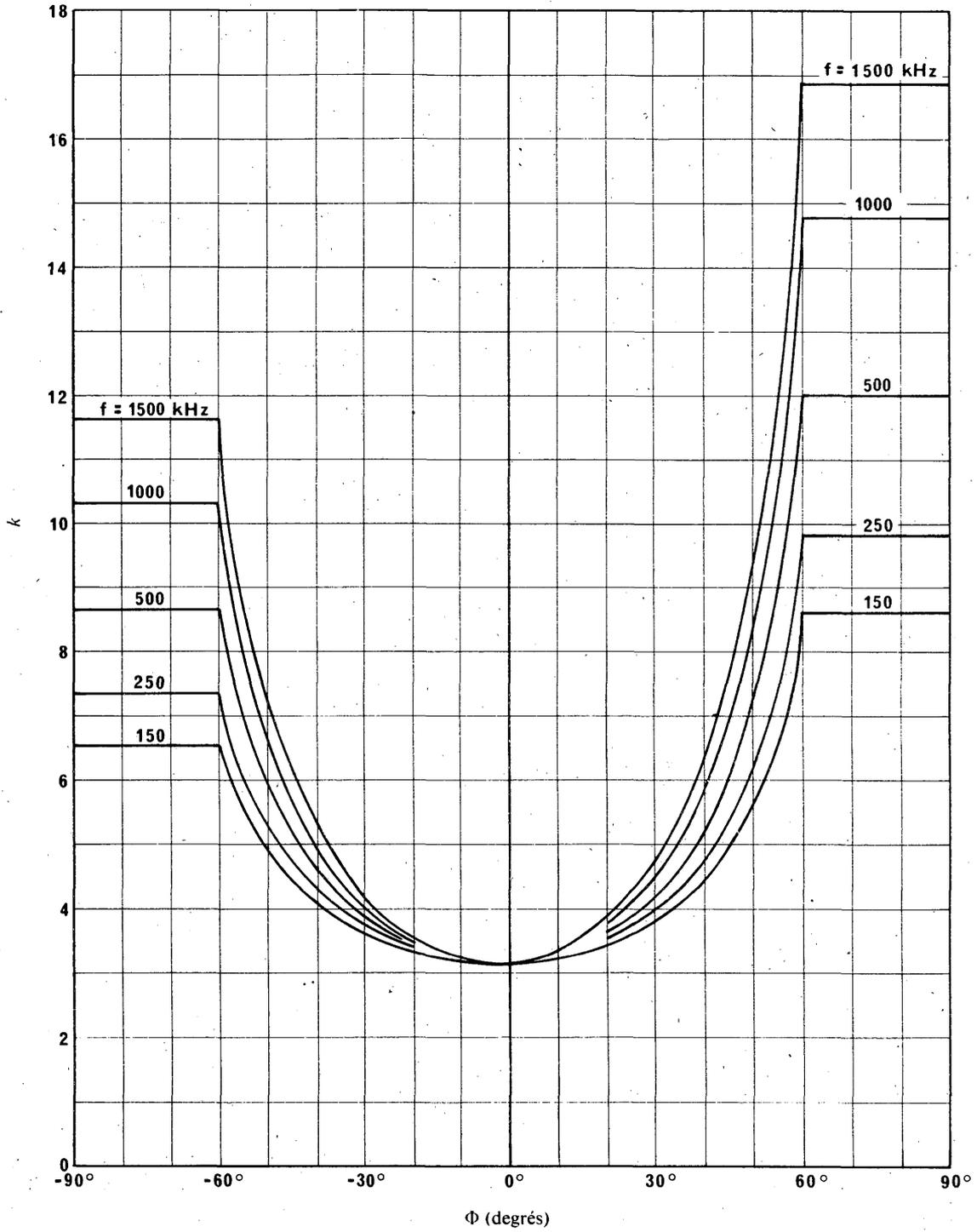


FIGURE 15 — Coefficient d'affaiblissement

$$k = 3,2 + 0,19 f^{0,4} \text{tg}^2 (\Phi + 3)$$

$$-60^\circ \leq \Phi \leq 60^\circ$$

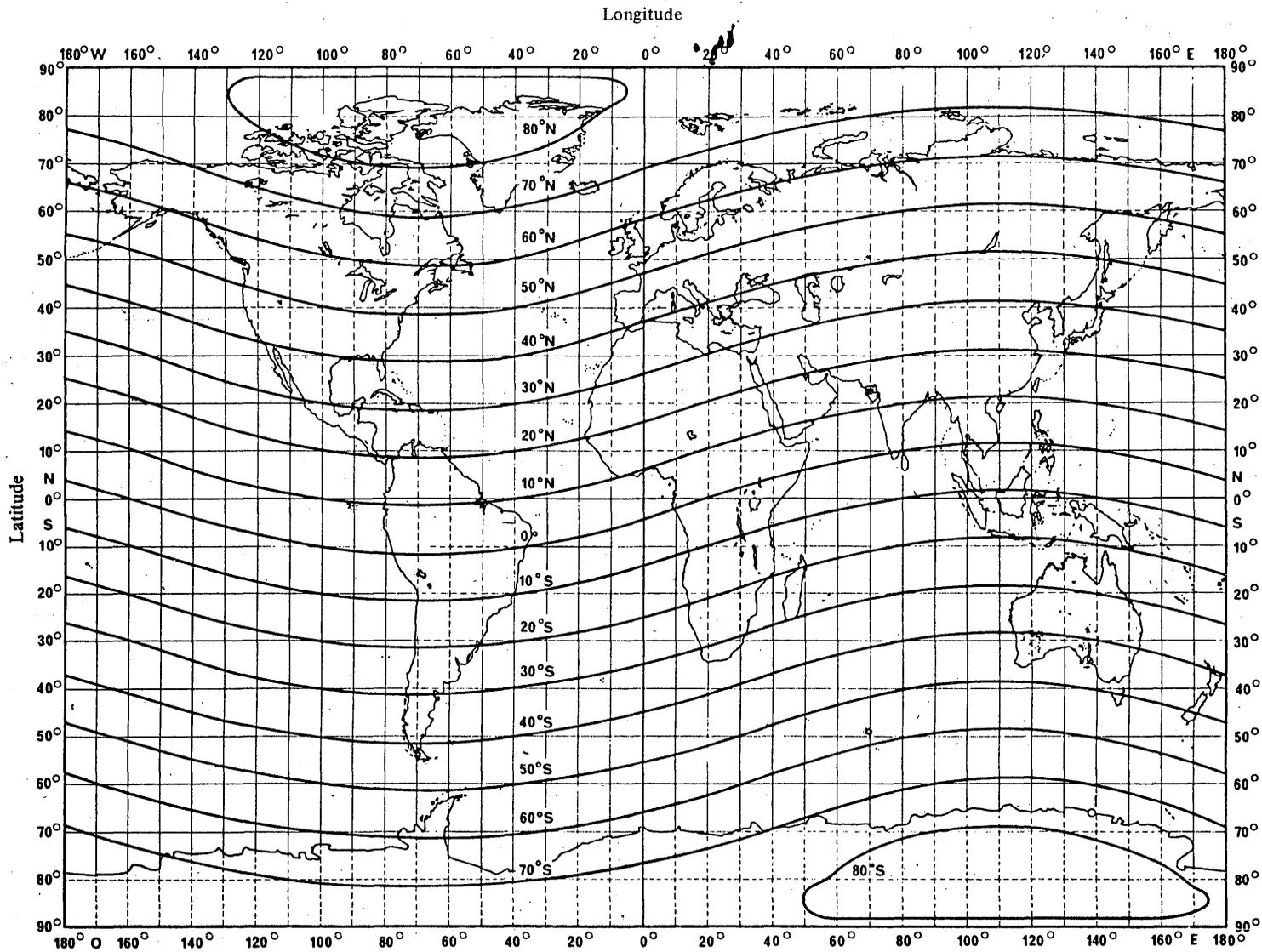


FIGURE 16 - *Latitudes géomagnétiques*

$$\Phi = \text{arc sin} [\sin \alpha \cdot \sin 78,5^\circ + \cos \alpha \cdot \cos 78,5^\circ \cdot \cos (69^\circ + \beta)]$$

$\Phi$ : latitude géomagnétique

$\alpha$ : latitude géographique

$\beta$ : longitude géographique

Les coordonnées nord et est sont supposées être positives et les coordonnées sud et ouest négatives.

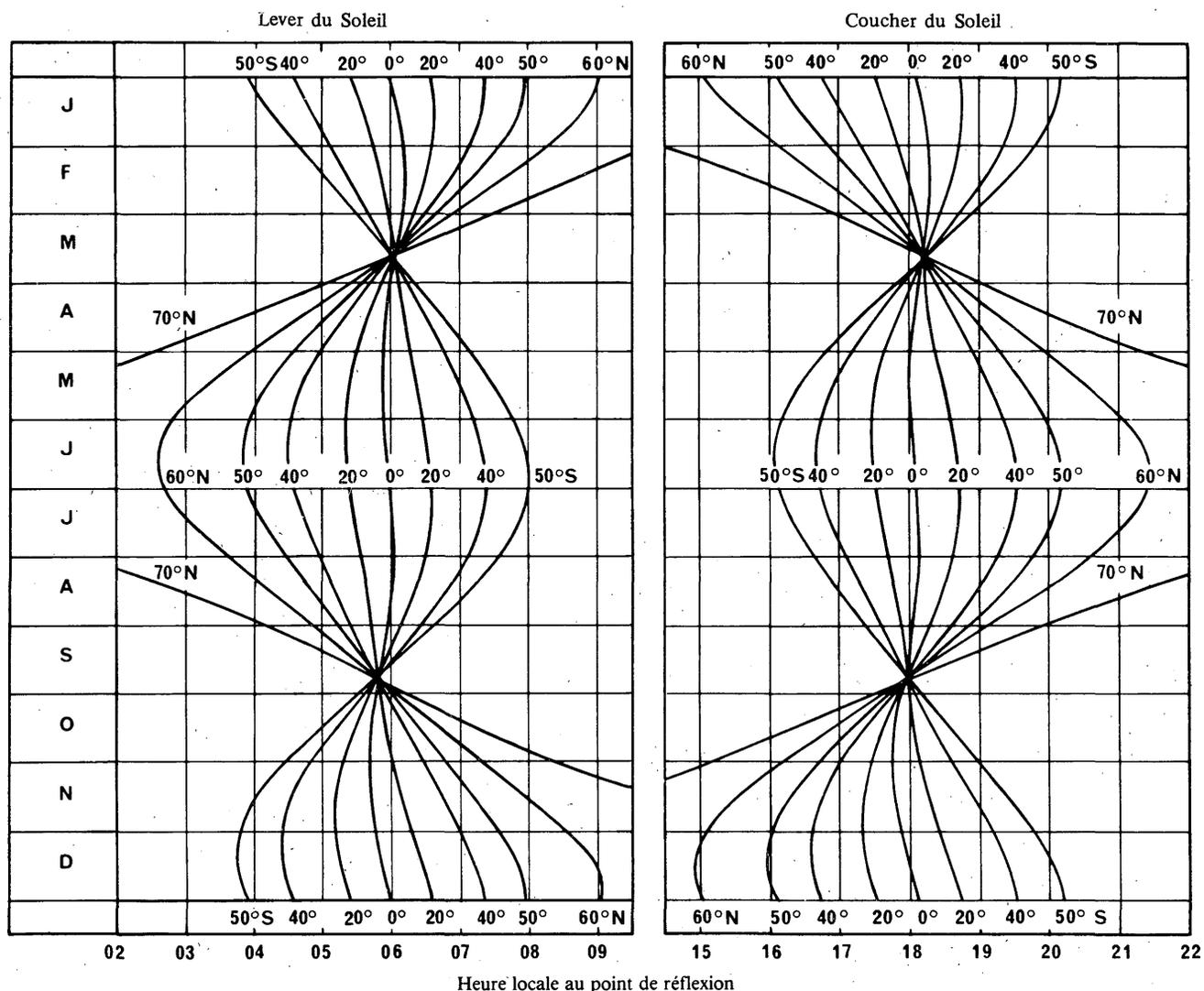


FIGURE 17 – Heure du lever et du coucher du Soleil pour les différents mois et en fonction de la latitude géographique

APPENDICE I DE L'ANNEXE I

Cet Appendice contient des équations susceptibles de remplacer les Fig. 3 et 17 dans le texte de l'Annexe I, pour évaluer le coefficient d'affaiblissement horaire et les heures du coucher et du lever du Soleil. Des équations sont également données pour la distance au sol, l'azimut du trajet, et les coordonnées des points sur le trajet. Les symboles supplémentaires suivants sont utilisés dans le présent Appendice:

Liste des symboles

- $\alpha$  : latitude géographique d'un point sur le trajet (degrés)
  - $\beta$  : longitude géographique d'un point sur le trajet (degrés)
  - S : heure moyenne locale du coucher ou du lever du Soleil à un point donné
- Les coordonnées nord et est sont supposées être positives et les coordonnées sud et ouest négatives.

### 1. Coefficient d'affaiblissement horaire: $L_t$

Ces équations peuvent être utilisées à la place des courbes de la Fig. 3, dans les limites fixées de  $t$ . Pour les heures intermédiaires (par exemple, autour de minuit),  $L_t = 0$ .

$$L_t \text{ (coucher)} = 12,40 - 9,248 t + 2,892 t^2 - 0,3343 t^3 \text{ pour } -1 < t \text{ (coucher)} < 4, \text{ et}$$

$$L_t \text{ (lever)} = 9,6 + 12,2 t + 5,62 t^2 + 0,86 t^3 \text{ pour } -3 < t \text{ (lever)} < 1$$

où  $t$  représente l'heure comptée à partir du coucher ou du lever du Soleil au point milieu du trajet.

### 2. Heures du coucher et du lever du Soleil

Pour les sites en dehors des régions polaires, c'est-à-dire pour lesquels  $|\alpha| < 65^\circ$ , les heures du coucher et du lever du Soleil peuvent être calculées, à 2 min près, comme indiqué ci-après:

$N$ : jour de l'année, par exemple: 1<sup>er</sup> janvier = 1

$S'$ : heure locale, approximative de l'événement, par exemple: coucher du Soleil: 1800 h, lever du Soleil: 0600 h

$Z$ : distance zénithale du Soleil (degrés) =  $90,8333^\circ$  ( $90^\circ 50'$ ) pour le coucher ou le lever du Soleil

*Etape 1:* Calculer la longitude de l'observateur,  $B$ :

$$B = \beta/15 \quad (\text{h})$$

*Etape 2:* Calculer l'heure de l'événement,  $Y$ :

$$Y = N + (S' - B)/24 \quad (\text{jours})$$

*Etape 3:* Calculer l'anomalie moyenne du Soleil,  $M$ :

$$M = 0,985600 Y - 3,289 \quad (\text{degrés})$$

*Etape 4:* Calculer la longitude du Soleil,  $L$ :

$$L = M + 1,916 \sin M + 0,020 \sin 2 M + 282,634 \quad (\text{degrés})$$

Noter dans quel quadrant se situe  $L$ .

*Etape 5:* Calculer l'ascension droite du Soleil,  $RA$ :

$$\text{tg } RA = 0,91746 \text{ tg } L$$

Noter que  $RA$  doit se trouver dans le même quadrant que  $L$ .

*Etape 6:* Calculer la déclinaison,  $s$ :

$s$ : déclinaison du Soleil donnée par:

$\sin s = 0,39782 \sin L$ , d'où:

$$\cos s = + \sqrt{1 - \sin^2 s}$$

Noter que  $s$  peut être positif ou négatif mais que  $\cos s$  doit toujours être positif.

*Etape 7:* Calculer l'heure solaire locale (exprimée en unité d'angle),  $H$ :

$H$ : heure solaire locale donnée par:

$$\cos H = x = (\cos Z - \sin s \cdot \sin \alpha) / (\cos s \cdot \cos \alpha)$$

Noter que si  $|x| > 1$ , il n'y a ni lever ni coucher du Soleil.

A partir de  $\cos H$ , on obtient  $H$  en degrés; pour le lever du Soleil:  $180 < H < 360$ , pour le coucher du Soleil:  $0 < H < 180$ .

*Etape 8:* Calculer l'heure (temps local moyen) de l'événement,  $S$ :

$$S = H/15 + RA/15 - 0,065710 Y - 6,622$$

Noter que  $S$  est exprimé en heures et que des multiples de 24 devraient être ajoutés ou retranchés jusqu'à ce que  $0 < S < 24$ .

A noter que  $S$  représente l'heure locale au point concerné. Le temps légal correspondant est  $S - B + \beta_m/15$  (heures), où  $\beta_m$  est la longitude du méridien de référence pour la zone de temps concernée (degrés), de sorte que, par exemple, le temps universel =  $S - B$ .

## RECOMMANDATION 683\*

**MÉTHODE DE PRÉVISION DU CHAMP DE L'ONDE IONOSPHERIQUE  
POUR LA PROPAGATION VERS LES AÉRONEFS A 500 kHz ENVIRON**

(Programme d'études 31D/6)

(1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que la Question 53-2/8, relative à l'utilisation par le service mobile maritime de fréquences dans la bande 435-526,5 kHz, demande, entre autres choses, quels sont les critères de partage avec d'autres services, compte tenu des modes de propagation pour une antenne de réception située bien au-dessus du niveau du sol;
- b) que la Recommandation 435 donne une méthode de prévision du champ de l'onde ionosphérique pour des récepteurs placés près du sol et que le § 6 de l'Annexe I à cette Recommandation fournit des renseignements sur la précision de cette méthode,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

d'utiliser la méthode décrite à l'Annexe I pour la prévision du champ de l'onde ionosphérique à 500 kHz environ à proximité d'aéronefs volant à haute altitude.

## ANNEXE I

**1. Introduction**

Cette méthode de prévision donne le champ nocturne de l'onde ionosphérique dans la position occupée par un aéronef, pour une valeur donnée de la puissance rayonnée à 500 kHz par une antenne verticale courte. Elle s'applique à des trajets de longueur inférieure ou égale à 4000 km et il convient de l'utiliser avec prudence aux latitudes géomagnétiques supérieures à 60°.

Le plus souvent, le champ de l'onde ionosphérique est polarisé elliptiquement lorsqu'il atteint l'aéronef. Les antennes des aéronefs sont susceptibles de réagir différemment à des champs verticaux et à des champs horizontaux; l'effet combiné de ces champs peut dépendre des dimensions de l'aéronef et de son cap par rapport à la direction d'arrivée de l'onde. En outre, l'onde ionosphérique descendante sera réfléchiée par le sol et le champ à l'aéronef dépendra donc aussi du coefficient de réflexion et de l'angle d'arrivée de l'onde descendante. Il faut ajouter que l'emplacement du point de réflexion varie rapidement en fonction du déplacement de l'aéronef. De plus, il peut exister d'importantes différences entre les champs prévus et les données mesurées pour de faibles angles d'arrivée.

En conséquence, la méthode de prévision donne uniquement les composantes maximales du champ (verticale et horizontale) qui seraient mesurées à proximité de l'aéronef, compte tenu des réflexions locales au sol.

On trouvera au § 2 les formules qui donnent le champ de l'onde descendante et, au § 3, les formules qui donnent les valeurs maximales des composantes verticale et horizontale du champ électrique à proximité de l'aéronef.

\* Cette Recommandation est portée à l'attention de la Commission d'études 8.

## 2. Champ de l'onde ionosphérique descendante

Le plus souvent, l'onde ionosphérique descendante est polarisée elliptiquement. La puissance surfacique de l'onde descendante peut être représentée par un champ équivalent dont l'expression est la suivante:

$$E_D = V + G_S + G_0 - L_{pl} + A_0 - 20 \log p - 10^{-3} k_R p - L_t \quad (1)$$

dans laquelle:

- $E_D$ : valeur médiane annuelle des médianes semi-horaires du champ (dB( $\mu$ V/m)) pour une force cymomotrice d'émission donnée  $V$ , et à une heure donnée  $t$  comptée à partir du coucher ou du lever du Soleil suivant le cas, pour l'onde descendante,
- $V$ : force cymomotrice de l'émetteur, en dB, par rapport à une force cymomotrice de référence de 300 V (voir § 2.2),
- $G_S$ : correction du gain dû à la proximité de la mer, à l'emplacement de l'émetteur (dB) (voir § 2.3),
- $G_0$ : paramètre représenté dans la Fig. 1 en fonction de  $d$  (dB),
- $L_{pl}$ : surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation, en dB (voir § 2.4),
- $A_0 = 101,6 - 2 \sin \Phi$ ,  $\Phi$  étant donné par la formule (12),
- $p$ : longueur du chemin parcouru par l'onde (en km) (voir § 2.5),
- $k_R$ : coefficient d'affaiblissement tenant compte de l'absorption ionosphérique, de la focalisation et des affaiblissements aux extrémités et entre bonds dans le cas des trajets à plusieurs bonds (voir § 2.6),
- $L_t$ : coefficient d'affaiblissement horaire (dB) (voir § 2.7).

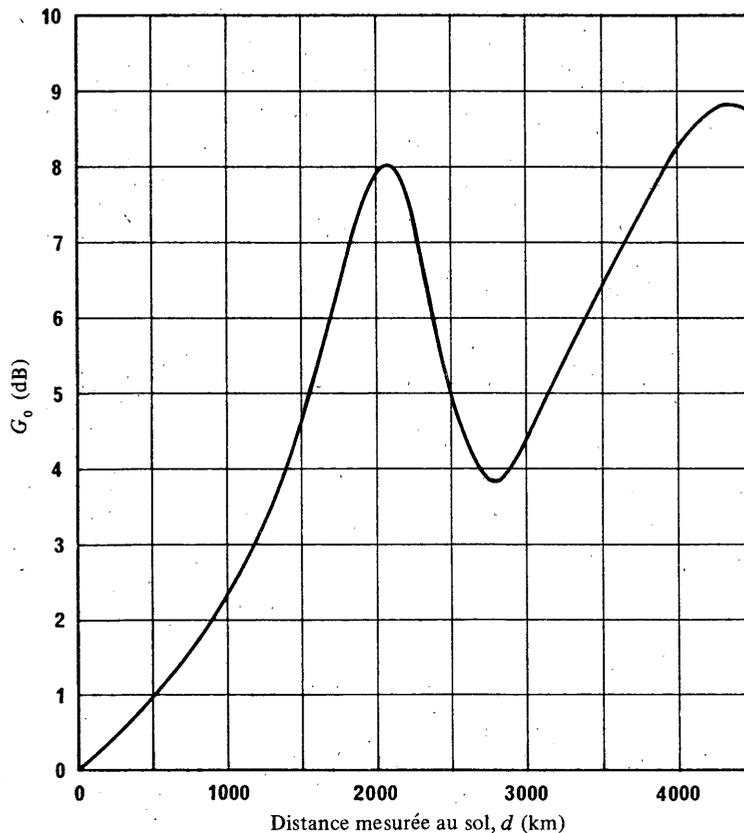


FIGURE 1 — Gain dû à la proximité de la mer ( $G_0$ ), pour un émetteur situé sur la côte

Note. — Cette courbe n'est pas identique à la courbe A de la Fig. 2 de la Recommandation 435, car elle s'applique à la fréquence de 500 kHz.

### 2.1 Heure de référence

On prend pour heure de référence six heures après le coucher du Soleil en un point S de la surface de la Terre. Pour les trajets inférieurs à 2000 km, S est le point milieu du trajet. Pour les trajets plus longs, S est situé à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en dernier, cette distance étant comptée le long du grand cercle.

### 2.2 Force cymomotrice

La force cymomotrice,  $V$ , a pour expression:

$$V = P + 20 \log (d/p) \quad (2)$$

où:

$P$ : puissance rayonnée (dB(1 kW))

$d$ : distance mesurée sur la surface de la Terre (km)

$p$ : longueur du chemin parcouru par l'onde (km).

Sur les trajets de longueur supérieure à 1000 km,  $V$  est très sensiblement égal à  $P$ .

Note — La force cymomotrice de 0 dB (300 V) correspond à une p.a.r.v. de 1 kW.

### 2.3 Gain dû à la proximité de la mer

$G_S$  est le gain supplémentaire qui se manifeste lorsque l'émetteur est situé près de la mer; il ne s'applique pas dans le cas de la propagation au-dessus de l'eau douce.  $G_S$  est donné par:

$$G_S = G_0 - c_1 - c_2 \quad \text{si} \quad (c_1 + c_2) < G_0 \quad (3)$$

$$G_S = 0 \quad \text{si} \quad (c_1 + c_2) \geq G_0 \quad (4)$$

Dans ces formules:

$G_0$ : gain dans le cas où l'émetteur est situé sur la côte et où la mer n'est pas occultée par un autre segment terrestre,

$c_1$ : correction destinée à tenir compte de la distance entre l'émetteur et la mer,

$c_2$ : correction destinée à tenir compte de la largeur d'un ou plusieurs bras de mer ou de la présence d'îles.

$G_0$  est donné, sur la Fig. 1, en fonction de  $d$ .

Le facteur de correction  $c_1$  est donné par:

$$c_1 = \frac{s_1}{r_1} G_0 \quad (5)$$

formule dans laquelle:

$s_1$ : distance de l'émetteur à la mer, mesurée le long de l'arc de grand cercle (km)

$$r_1 = 1,4 G_0^2 \text{ (km)}$$

Le facteur de correction  $c_2$  est donné par:

$$c_2 = \alpha G_0 \left(1 - \frac{s_2}{r_2}\right) \quad \text{si} \quad s_2 < r_2 \quad (6)$$

$$c_2 = 0 \quad \text{si} \quad s_2 \geq r_2 \quad (7)$$

où:

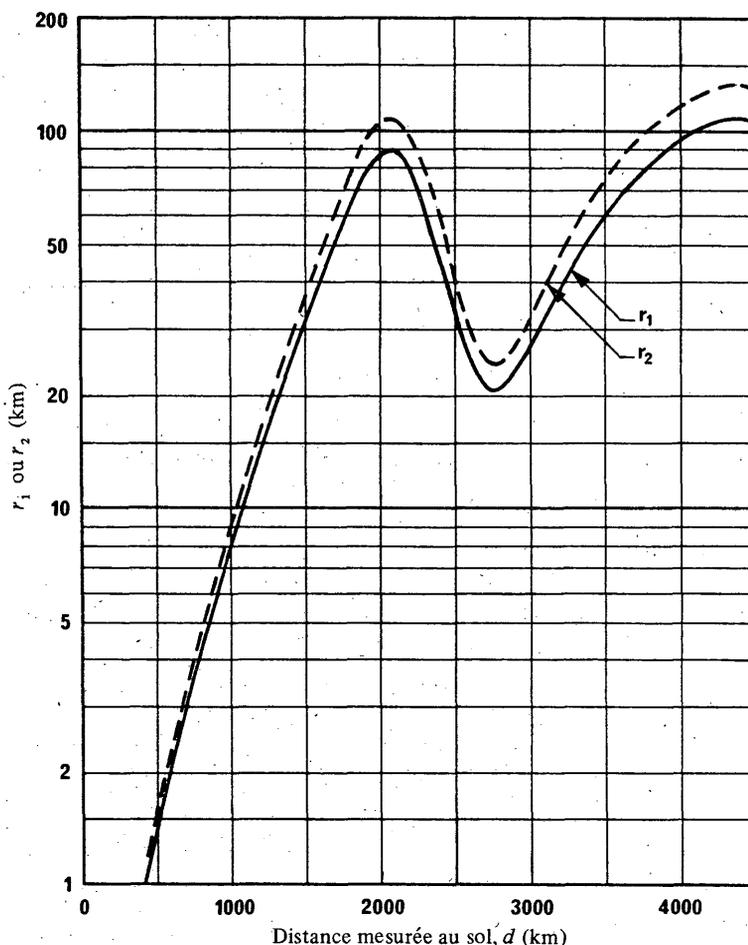
$s_2$ : distance de l'émetteur à la section terrestre suivante, mesurée le long de l'arc de grand cercle, en km,

$$r_2 = 1,7 G_0^2 \text{ (km)},$$

$\alpha$ : proportion de terre dans la section du trajet comprise entre  $r_2$  et  $s_2$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ).

Lorsqu'on effectue ces calculs à l'aide d'un ordinateur et que l'on ne dispose pas d'une banque de données de terrain permettant de calculer le pourcentage  $\alpha$  dans la formule (6), on peut poser  $\alpha = 1/2$ , ce qui revient à supposer une répartition terre/mer de 50% dans la section du trajet comprise entre  $r_2$  et  $s_2$ .

Pour faciliter les calculs, on a tracé la Fig. 2 qui représente  $r_1$ , distance maximale à la mer pour laquelle il y a lieu de calculer le gain dû à la mer, et également qui représente  $r_2$ , distance maximale à la prochaine section de terre pour laquelle il y a lieu d'appliquer la correction  $c_2$ .

FIGURE 2 - Valeurs de  $r_1$  et  $r_2$ 

#### 2.4 Affaiblissement par couplage de polarisation à l'émetteur, $L_{pt}$

$L_{pt}$  est le surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation, donné par l'une des deux formules suivantes:

$$\begin{aligned} L_{pt} &= 180 (36 + \theta^2 + I^2)^{-1/2} - 2 & \text{dB} & & \text{si } I \leq 45^\circ \\ L_{pt} &= 0 & & & \text{si } I > 45^\circ \end{aligned} \quad (8)$$

où  $I$  est l'inclinaison magnétique nord ou sud en degrés à l'émetteur et  $\theta$  l'azimut du trajet mesuré en degrés par rapport à la direction magnétique est-ouest, de telle sorte que  $|\theta|$  soit inférieur ou égal à  $90^\circ$ . Pour  $\theta$  et  $I$ , il convient d'utiliser les valeurs les plus précises de l'inclinaison et de la déclinaison magnétiques dont on dispose. (Voir par exemple les Fig. 11 et 12 de la Recommandation 435.)

La Fig. 3 représente les valeurs de  $L_{pt}$  calculées d'après la formule (8).

#### 2.5 Longueur du trajet parcouru par l'onde

Pour les trajets d'une longueur supérieure à 1000 km,  $p$  est sensiblement égal à la distance au sol  $d$ . Pour les trajets plus courts,

$$p = (d^2 + 40\,000)^{1/2} \quad (9)$$

La formule (9) peut être utilisée avec une erreur négligeable pour n'importe quelle distance. Afin d'éviter toute discontinuité du champ en fonction de la distance, cette formule devra être utilisée dans tous les cas où la gamme des distances concernée comporte des distances inférieures à 1000 km et des distances supérieures à 1000 km.

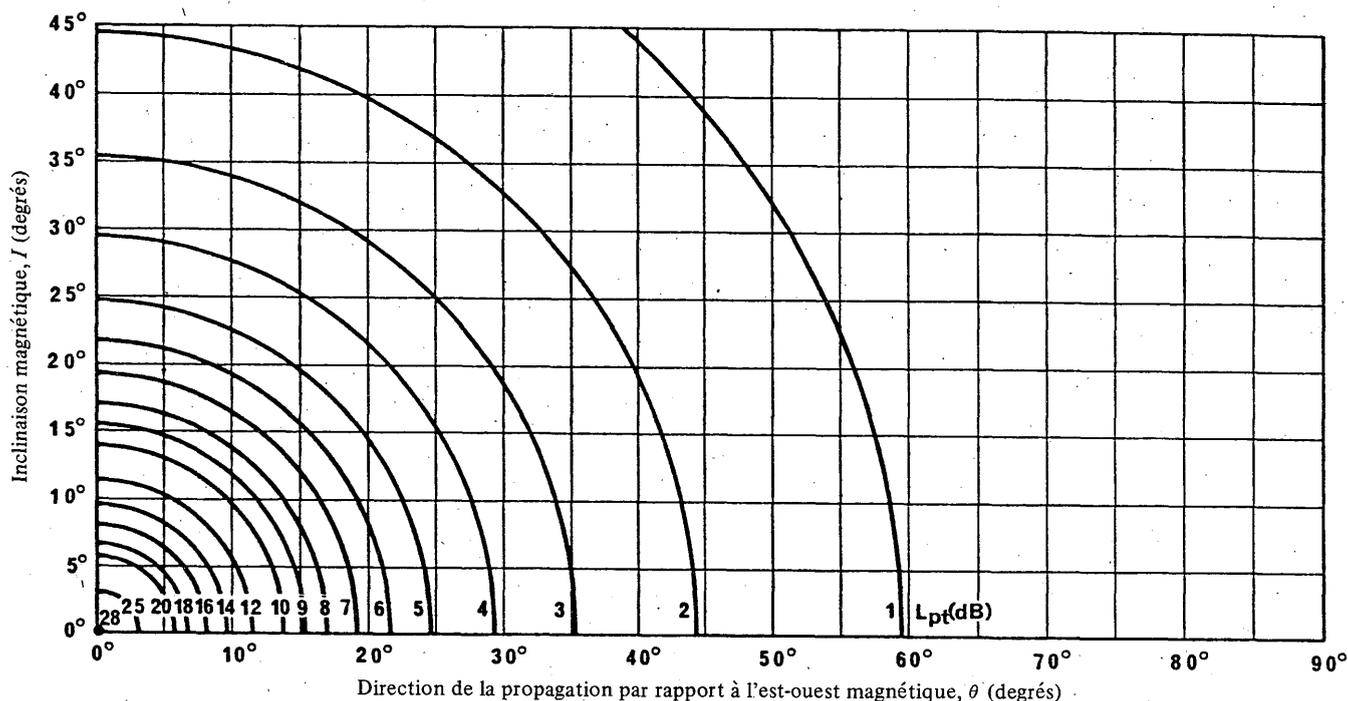


FIGURE 3 – Surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation,  $L_{pt}$

$$L_{pt} = 180(36 + \theta^2 + I^2)^{1/2} - 2$$

2.6 Coefficient d'affaiblissement

Le coefficient d'affaiblissement  $k_R$  est donné par:

$$k_R = k + 10^{-2} bR \tag{10}$$

où:

$R$ : moyenne glissante sur douze mois du nombre relatif international de taches solaires et

$b = 4$  pour les trajets situés en Amérique du Nord,

$b = 1$  pour les trajets situés en Europe et en Australie et

$b = 0$  partout ailleurs.

Le coefficient d'affaiblissement  $k$  est donné par:

$$k = 3,2 + 2,28 \operatorname{tg}^2(\Phi + 3) \tag{11}$$

Si  $\Phi$  est supérieur à  $60^\circ$ , on utilise la formule (11) avec  $\Phi = 60^\circ$ . Si  $\Phi$  est inférieur à  $-60^\circ$ , on utilise la formule (11) avec  $\Phi = -60^\circ$ . La Fig. 15 de la Recommandation 435 (courbe 500 kHz) représente les valeurs de  $k$ , calculées à partir de la formule (11), conformément à ces règles.

Pour les trajets d'une longueur inférieure à 3000 km, on prend:

$$\Phi = 0,5 (\Phi_T + \Phi_R) \tag{12}$$

où  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont respectivement les latitudes géomagnétiques du point d'émission et du point de réception, déterminées en assimilant le champ magnétique terrestre à celui d'un dipôle placé au centre de la Terre et dont le pôle Nord a pour coordonnées géographiques  $78,5^\circ$  N et  $69^\circ$  O.  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont positifs dans l'hémisphère Nord et négatifs dans l'hémisphère Sud (voir la Fig. 16 de la Recommandation 435). Les trajets d'une longueur dépassant

3000 km sont divisés en deux parties égales que l'on considère séparément. On prend pour valeur de  $\Phi$  de chaque demi-trajet la moyenne de la latitude géomagnétique d'une extrémité et de celle du point milieu du trajet total, cette dernière étant supposée égale à la moyenne de  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$ , de sorte que:

$$\Phi = 0,25 (3\Phi_T + \Phi_R) \text{ pour la première moitié du trajet et} \quad (13)$$

$$\Phi = 0,25 (\Phi_T + 3\Phi_R) \text{ pour la seconde moitié} \quad (14)$$

On prend alors la moyenne des valeurs de  $k$  calculées à partir de la formule (11) pour chaque demi-trajet et on la porte dans la formule (10).

### 2.7 Coefficient d'affaiblissement horaire

Le coefficient d'affaiblissement horaire  $L_t$  est donné à la Fig. 3 de la Recommandation 435, qui représente la moyenne des variations horaires du champ médian annuel pour l'Europe et l'Australie, calculée d'après les Fig. 2 et 6 du Rapport 431;  $t$  représente le nombre d'heures après le coucher ou avant le lever du Soleil selon le cas. Ces heures sont prises au point milieu du trajet, au niveau du sol, lorsque  $d$  est inférieure à 2000 km et, pour les trajets plus longs, à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en dernier ou se lève en premier.

La Fig. 17 de la Recommandation 435 donne l'heure du coucher et du lever du Soleil en fonction de l'époque de l'année et de la latitude.

## 3. Champ à proximité d'un aéronef

L'onde ionosphérique descendante subit la réflexion au sol et le champ résultant à proximité de l'aéronef est la somme vectorielle de l'onde ionosphérique descendante et de l'onde de sol réfléchi. Ce champ sera maximal lorsque les deux ondes sont en phase. On admet que le champ résultant est supérieur de 6 dB à celui de l'onde descendante, parce que l'addition en phase est toujours possible.

Le champ électrique résultant peut être décomposé en une composante horizontale transversale,  $E_{HT}$ , et une composante située dans le plan vertical. Cette dernière, composante, qui n'est pas elle-même verticale, peut être décomposée à son tour en une composante verticale  $E_V$  et une composante horizontale longitudinale,  $E_{HL}$ .

Il convient de noter que le champ total peut également contenir une onde de sol: par exemple, pour les aéronefs volant à une altitude d'environ 11 km, l'onde de sol peut être reçue jusqu'à des distances atteignant 400 km. Toutefois, il n'est pas tenu compte de cette onde dans la méthode de prévision.

### 3.1 Composante verticale

La valeur maximale du champ électrique vertical,  $E_V$ , dans la position occupée par l'aéronef, est donnée par:

$$E_V = E_D - L_{pv} + 5 + 20 \log (d/p) \quad (15)$$

où:

$L_{pv}$ : surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation, dans le récepteur, pour une polarisation verticale.

$L_{pv}$  est donné par la formule (8), dans laquelle on remplace  $L_{pl}$  par  $L_{pv}$ . Il convient d'utiliser les valeurs de  $\theta$  et de  $I$  obtenues pour la position occupée par l'aéronef.

### 3.2 Composante horizontale transversale

La valeur maximale du champ électrique horizontal transversal,  $E_{HT}$ , dans la position occupée par l'aéronef, est donnée par:

$$E_{HT} = E_D - L_{ph} + 6 \quad (16)$$

où:

$L_{ph}$ : surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation, pour une polarisation horizontale.

La Fig. 4 représente les variations de  $L_{ph}$ . Aux latitudes des zones tempérées, les valeurs lues sur la Fig. 4 doivent être utilisées avec prudence pour les trajets de longueur inférieure à 500 km.

### 3.3 Composante horizontale longitudinale

La valeur maximale du champ électrique horizontal longitudinal,  $E_{HL}$ , dans la position occupée par l'aéronef, est donnée par:

$$E_{HL} = E_D - L_{pv} + 51 - 20 \log p \quad (17)$$

$E_{HL}$  peut être négligé pour les trajets de longueur supérieure à 1000 km.

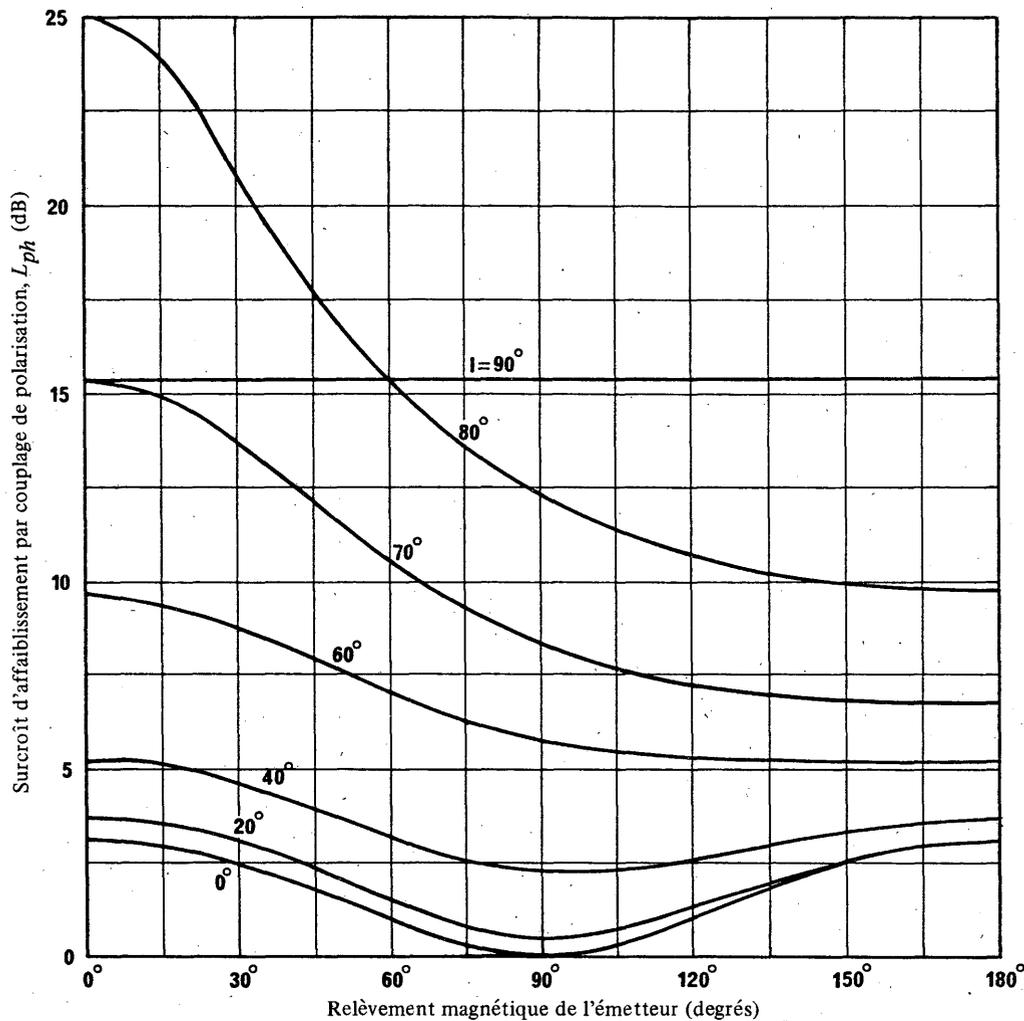


FIGURE 4 – Surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation,  $L_{ph}$ , pour une polarisation horizontale

$I$ : angle d'inclinaison magnétique, nord ou sud (degrés)

Note. – Si l'aéronef se trouve au nord de l'équateur d'inclinaison magnétique, le relèvement magnétique de l'émetteur est mesuré à partir du nord magnétique. Dans le cas contraire, le relèvement est mesuré à partir du sud magnétique.

#### 4. Variations du champ

Le champ dépassé pendant 10% du temps total d'une série de nuits au cours d'une saison déterminée pendant de courtes périodes centrées sur une heure donnée est supérieur de 8 dB à la valeur de  $E_D$  mentionnée au § 2. On peut observer des valeurs plus grandes pendant la période du maximum d'activité solaire.

La nuit, les ondes qui se propagent par l'ionosphère à 500 kHz aux latitudes tempérées ont un champ plus intense au printemps et en automne qu'en été et en hiver, le champ minimal se produisant en été. La variation totale peut atteindre 15 dB. La variation saisonnière est beaucoup plus faible aux latitudes tropicales.

#### 5. Valeur du champ pendant le jour

En Europe, la valeur médiane du champ pendant le jour en hiver est inférieure de 25 dB à la valeur nocturne de  $E_D$  donnée au § 2. Pendant le jour, en été, la valeur du champ est inférieure d'environ 60 dB à la valeur de  $E_D$ .

Au printemps et en automne en Europe, les valeurs diurnes de champ se situent entre les valeurs de l'été et celles de l'hiver.

## RECOMMANDATION 684

## PRÉVISION DU CHAMP AUX FRÉQUENCES INFÉRIEURES A 500 kHz ENVIRON

(Programme d'études 31D/6)

(1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) qu'il est nécessaire de donner des directives aux ingénieurs pour la planification des services de radiocommunication dans la bande de fréquences inférieures à 500 kHz environ;
- b) que les méthodes mises au point pour l'estimation du champ aux fréquences inférieures à 500 kHz environ sont décrites dans les Rapports 265 et 895, alors que par ailleurs les différentes méthodes qui ont été mises au point pour la bande de fréquences 150-1705 kHz sont décrites dans le Rapport 575,

## RECONNAISSANT

que les méthodes décrites dans ces Rapports doivent encore être vérifiées à l'échelle mondiale, étant donné qu'elles sont fondées en grande partie sur des observations effectuées dans la Région 1 de l'UIT,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que l'on adopte les méthodes du Rapport 265 (Méthode des «bonds») et du Rapport 895 (Méthode des modes guidés) pour l'estimation du champ aux fréquences inférieures à 500 kHz environ, en tenant compte de quelques limitations, spécifiées dans l'Annexe I.

## ANNEXE I

APPLICATION DES MÉTHODES DE PRÉVISION DU CHAMP  
AUX FRÉQUENCES INFÉRIEURES A 500 kHz

On utilisera la méthode des modes guidés décrite dans le Rapport 895 pour la prévision des champs aux fréquences inférieures ou égales à 60 kHz environ, en retenant la valeur 0,3/74 pour le paramètre ionosphérique  $\beta/H'$  pour les trajets diurnes, jusqu'à ce que des résultats supplémentaires, prenant en compte les variations en fonction de l'emplacement, de la saison, de l'activité solaire et de la fréquence, puissent être obtenus. Un modèle plus détaillé, fonction de la fréquence et de la latitude, est présenté dans le Rapport pour les trajets nocturnes.

La limite inférieure du guide d'ondes étant la Terre, une carte de la conductivité du sol (Rapport 717, par exemple) devra faire partie intégrante de tout programme mis au point pour une application mondiale. La carte de conductivité du sol généralement utilisée pour les ondes myriamétriques et kilométriques est largement fondée sur des données géologiques.

La méthode des «bonds» du Rapport 265 sera utilisée pour les fréquences comprises entre 60 et 500 kHz environ. Les résultats de cette méthode concordent bien avec ceux de la Recommandation 435 dans la bande de fréquences en chevauchement.

Dans l'application de cette méthode, il faut tenir compte de la propagation de l'onde de sol (Recommandation 368) et prendre dûment en considération le facteur d'antenne dans le plan vertical, à l'aide des renseignements figurant dans les Rapports 265 et 575.

SECTION 6E: PRÉVISION DE LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE AUX FRÉQUENCES  
COMPRISES ENTRE 1,6 ET 30 MHz ENVIRON

RECOMMANDATION 371-6

CHOIX D'INDICES POUR LES PRÉVISIONS IONOSPHERIQUES A LONG TERME

(Question 34/6)

(1963-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que la moyenne glissante sur 12 mois du nombre de taches solaires  $R_{12}$  soit adoptée comme indice à utiliser pour toutes les prévisions ionosphériques faites plus de 12 mois à l'avance, à partir de la date de la dernière valeur connue de  $R_{12}$ ;
2. que  $R_{12}$  ou les moyennes glissantes sur 12 mois des indices  $IG$  ou  $\Phi$  soient adoptés comme indice à utiliser pour la prévision des valeurs médianes mensuelles de foF2 et de M(3000)F2 jusqu'à 6 mois à l'avance et, parfois, jusqu'à 12 mois à l'avance à partir de la date des dernières valeurs observées. Il devrait être possible d'obtenir des résultats sensiblement équivalents en utilisant l'un quelconque de ces indices;
3. que  $\Phi_{12}$  soit adopté comme indice à utiliser pour les prévisions des valeurs médianes mensuelles de foE et foF1 jusqu'à 6 mois à l'avance et, parfois, jusqu'à 12 mois à l'avance à partir de la dernière valeur observée;
4. que les indices recommandés soient cependant utilisés avec circonspection pour les latitudes magnétiques élevées où les prévisions ionosphériques peuvent ne pas être suffisamment exactes.

ANNEXE I

1. Introduction

La notion d'indices pour les prévisions ionosphériques à long terme repose sur l'hypothèse suivante: les caractéristiques les plus importantes de l'ionosphère, telles que les fréquences critiques des différentes couches et le facteur de MUF, M(3000)F2, varient d'une façon systématique en fonction de certaines grandeurs mesurables liées au rayonnement solaire. Il convient de noter, cependant, que la corrélation entre ces indices et les caractéristiques ionosphériques réelles n'implique pas nécessairement une relation de cause à effet, mais plutôt une indication se rapportant à des phénomènes associés. Les variations de l'activité solaire contiennent en général trois composantes:

- une composante assez régulière dont la période est d'environ 11 ans, qui correspond au cycle bien connu d'activité solaire;
- une composante ayant une quasi-période d'environ un an, ou un peu moins, et
- des fluctuations erratiques dont les périodes sont inférieures à un mois.

2. Nombres de taches solaires

Pour étudier la principale composante du cycle solaire, on se sert de la moyenne glissante sur 12 mois du nombre de taches solaires,  $R_{12}$ ; l'adoucissement résultant de l'emploi de cette moyenne réduit en effet sensiblement les composantes dont la variation est compliquée et rapide, sans pour cela masquer la composante à variation lente.

La définition de  $R_{12}$  est la suivante:

$$R_{12} = \frac{1}{12} \left[ \sum_{n-5}^{n+5} R_k + \frac{1}{2} (R_{n+6} + R_{n-6}) \right] \quad (1)$$

dans laquelle  $R_k$  est la valeur moyenne des nombres journaliers de taches solaires pour le mois  $k$  et  $R_{12}$  l'indice adouci pour le mois représenté par  $k = n$ .

L'utilisation de  $R_{12}$ , comme indice, présente les deux principaux inconvénients suivants:

- la valeur la plus récente de  $R_{12}$  dont on puisse disposer se rapporte forcément à une période dont le mois central est au moins antérieur de 6 mois au moment actuel;
- $R_{12}$  ne peut être utilisé pour prévoir les variations à plus court terme de l'activité solaire.

$R_{12}$  semble néanmoins le paramètre le plus utile pour les études et les prévisions à long terme concernant la couche F2.

### 3. Indice $\Phi$

Des laboratoires canadiens, japonais, etc., ont fait des séries d'observations cohérentes et assez longues du flux de bruit radioélectrique solaire sur des longueurs d'onde d'environ 10 cm. La moyenne mensuelle,  $\Phi$ , des valeurs journalières relevées à Ottawa et exprimées en unités  $10^{-22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ , devrait être considérée comme la donnée de référence pour cet indice. La corrélation entre la fréquence critique de la couche E et les valeurs de  $\Phi$  est meilleure qu'avec les valeurs du flux du bruit sur d'autres longueurs d'onde [Kundu, 1960]. Etant donné que l'on ne dispose d'observations du flux solaire que depuis 1947, les nombres des taches solaires continuent à constituer une des plus longues séries d'observations d'un phénomène naturel. Il convient donc de poursuivre le rassemblement et l'enregistrement de données d'observations sur les taches solaires.

### 4. Indice d'activité solaire déduit d'observations ionosphériques, IG

Un indice d'activité solaire déduit d'observations ionosphériques IG, destiné à la prévision de foF2, a été spécialement défini [Liu et autres, 1983] pour être utilisé avec la version d'Oslo des cartes du CCIR (voir également le Vœu 82).

### 5. Autres indices

Un indice  $I_{F2}$  a été mis au point, fondé sur des mesures de foF2 faites à midi dans des observatoires ionosphériques établis depuis longtemps. Minnis [1964] a montré que cet indice est en meilleure corrélation avec foF2 que tout autre indice disponible à l'époque. Un autre indice,  $T$ , a été mis au point en Australie [IPSD, 1968] d'après des résultats de mesure obtenus dans 30 stations; il est basé sur la moyenne des valeurs médianes mensuelles de foF2 pour chaque heure. On obtient cet indice de la même façon que  $I_{F2}$ , avec cette différence qu'on se sert des données correspondant à toutes les heures.

### 6. Corrélation entre les divers indices

Les figures et équations données ci-après représentent les relations qui existent entre les valeurs observées de  $R_{12}$ ,  $\Phi$ ,  $IG_{12}$  et  $I_{F2}$ .

La Fig. 1 représente la relation moyenne entre  $R_{12}$  et  $\Phi$ , déterminée d'après les données relatives aux années 1947-1966 [Joachim, 1966a, 1966b]. Cette relation correspond à l'expression:

$$\Phi = R_{12} + 46 + 23e^{-0,05 R_{12}} \quad (2)$$

Stewart et Leftin [1972] ont étudié la relation existant entre  $R_{12}$  et  $\Phi_{12}$ . Ils proposent l'équation suivante, également représentée à la Fig. 1:

$$\Phi_{12} = 63,7 + 0,728 R_{12} + 8,9 \times 10^{-4} R_{12}^2 \quad (3)$$

En utilisant des données portant sur la période 1943-1981, Liu et autres [1983] ont fourni la relation suivante entre  $R_{12}$  et  $IG_{12}$ :

$$IG_{12} = -8,2 + 1,426 R_{12} - 0,00257 R_{12}^2 \quad (4)$$

Plusieurs auteurs ont étudié la relation existant entre  $R_{12}$  et  $I_{F2}$ . En utilisant les données recueillies pour les années 1938 à 1960, Barclay [1962] a conclu que les valeurs peuvent être représentées par:

$$R_{12} = 11,44 + 0,478 I_{F2} + 0,00278 I_{F2}^2 \quad (5)$$

Cette expression est représentée graphiquement à la Fig. 2.

Joachim [1966a] a étudié la relation qui existe entre  $R_{12}$  et  $I_{F2}$ , séparément pour l'activité solaire croissante et pour l'activité solaire décroissante. La formule complète de cet auteur, pour la relation moyenne, est la suivante (voir la Fig. 2):

$$I_{F2} = (2,05 + 0,001 R_{12}) R_{12}^{(0,946 - 0,00047 R_{12})} - 20 \quad (6)$$

Muggleton et Kouris [1968] ont établi des formules distinctes pour la relation entre  $R_{12}$  et  $I_{F2}$ , pour chaque moitié du cycle solaire entre 1938 et 1958.

Le Tableau I donne pour les différents mois de l'année, la relation entre l'indice  $T$  et  $R_{12}$  [IPSD, 1968].

Il convient de noter que l'on aura des expressions légèrement différentes des relations susmentionnées pour les différents cycles solaires.

TABLEAU I - Relation entre  $T$ ,  
l'indice ionosphérique utilisé par l'Administration australienne, et  $R_{12}$

$$T = c + d \cdot R_{12}$$

Mois	Ordonnée à l'origine (c)	Pente (d)
Janvier	-1,58	0,96
Février	0,81	0,94
Mars	-0,65	0,97
Avril	-0,54	0,99
Mai	-0,06	1,00
Juin	0,34	1,01
Juillet	-0,18	1,00
Août	1,19	0,97
Septembre	2,70	0,93
Octobre	1,87	0,93
Novembre	2,45	0,92
Décembre	-0,04	0,96

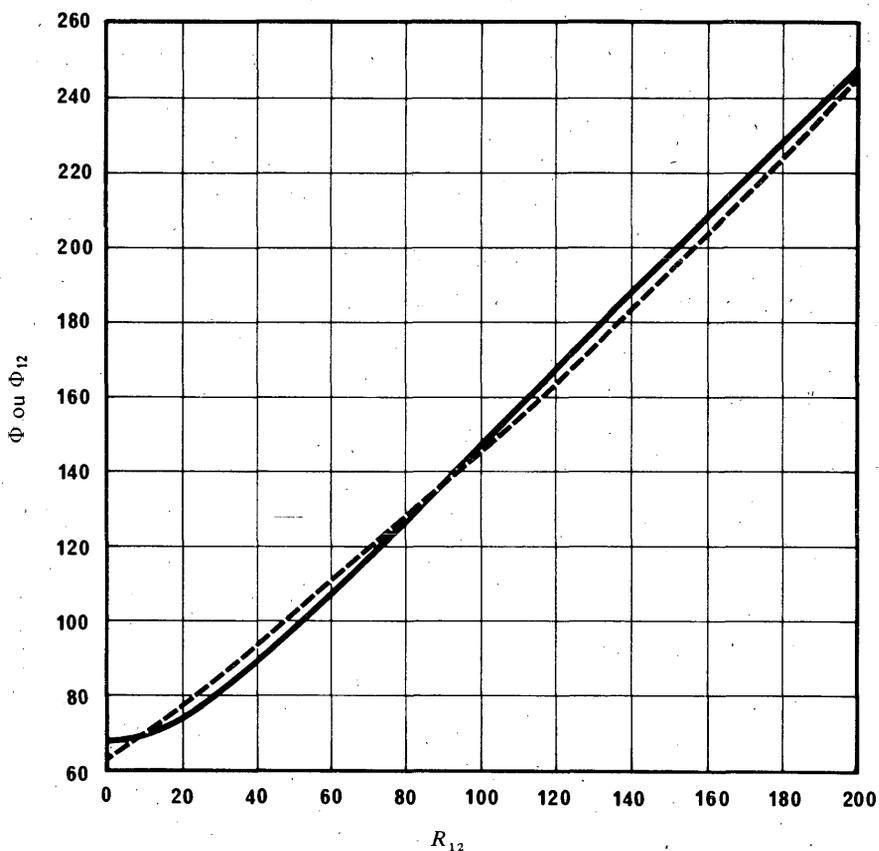
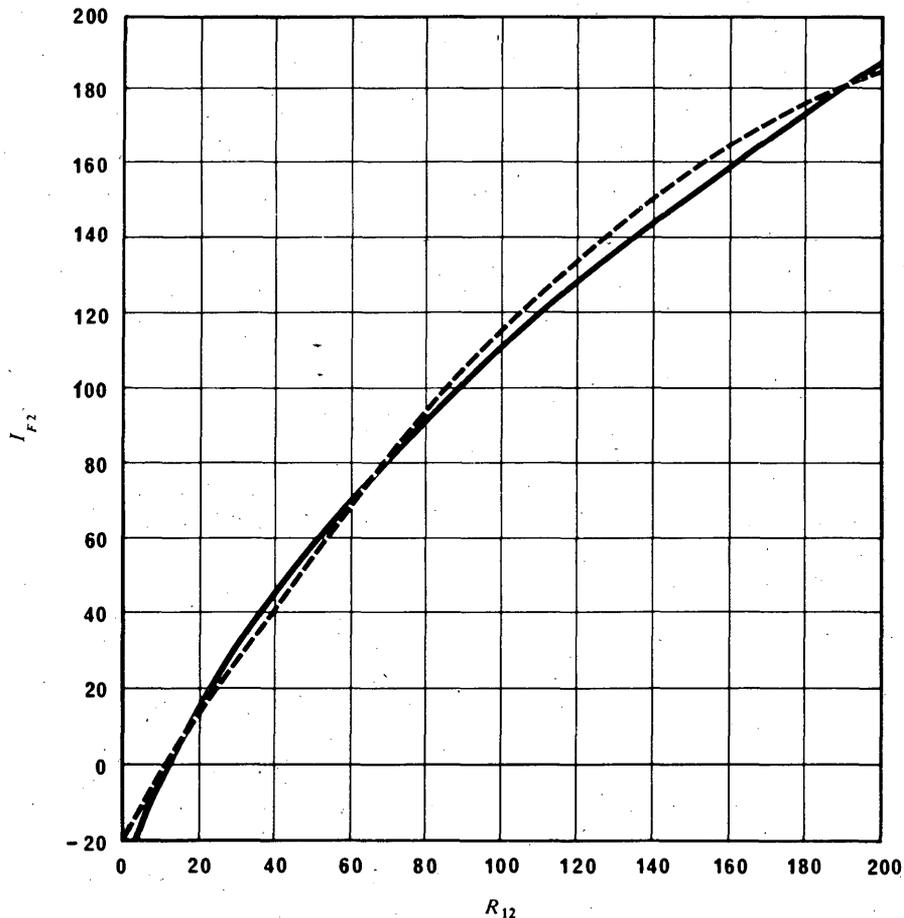


FIGURE 1 - Relation entre  $R_{12}$  et  $\Phi$  ou  $\Phi_{12}$

- relation avec  $\Phi$  (d'après l'équation (2))
- - - relation avec  $\Phi_{12}$  (d'après l'équation (3))

FIGURE 2 - Relation entre  $R_{12}$  et  $I_{F2}$ 

— d'après l'équation (5)  
 - - - d'après l'équation (6)

## 7. La prévision des indices

Aucune méthode ne permet encore de prévoir avec certitude et précision les indices pour le prochain cycle d'activité solaire et, plus généralement, pour un cycle qui n'a pas encore commencé. Les indices que l'on a calculés par analyse harmonique ou au moyen de lois empiriques ou statistiques appliquées à des observations faites au cours de cycles précédents — même récents — se sont révélés inutiles pour prévoir ceux d'un nouveau cycle. Ce n'est qu'après avoir reconnu un minimum que l'on peut dans une certaine mesure prévoir la future évolution du cycle solaire, par extrapolation. Encore faut-il signaler qu'on a observé dans ce cas des écarts extrêmement importants.

Une étude entreprise en 1956 par le Secrétariat du CCIR sur différentes catégories de méthodes de prévision concluait qu'il était impossible d'obtenir des prévisions de l'indice solaire  $R_{12}$  entachées d'une erreur inférieure à 10. Seules les méthodes statistiques (comparaison des cycles ou autocorrélation) sont considérées comme utiles; celles qui reposent sur l'analyse harmonique n'ont jamais produit de résultats satisfaisants.

Aux Etats-Unis, les prévisions de  $R_{12}$  se font d'après une méthode imaginée par Stewart et Ostrow [1970] qui est un perfectionnement de la méthode objective plus ancienne de McNish et Lincoln. La valeur moyenne du cycle est évaluée, en premier lieu, d'après toutes les valeurs de  $R_{12}$  pour les cycles antérieurs, ordonnées à partir du minimum de chacun de ces cycles sur une durée de onze ans. Pour la prévision d'une valeur particulière du cycle en cours, la première approximation est la valeur correspondante du cycle moyen, au moment spécifié après le minimum (Fig. 3). On améliore cette estimation en lui appliquant une correction proportionnelle à l'écart entre la dernière valeur observée du cycle en cours et la valeur du cycle moyen. Les programmes d'ordinateur actuels permettent de faire une nouvelle prévision pour chaque mois du reste du cycle dès que l'on dispose d'une nouvelle valeur observée. L'incertitude statistique de la prévision est assez faible pour les quelques premiers mois qui suivent la dernière valeur observée, mais elle devient importante pour les prévisions faites 12 mois à l'avance ou davantage. Aussitôt qu'un minimum a été identifié, on peut calculer de nouveaux facteurs de correction en tenant compte, pour les appliquer au nouveau cycle, des valeurs observées lors du cycle précédent.

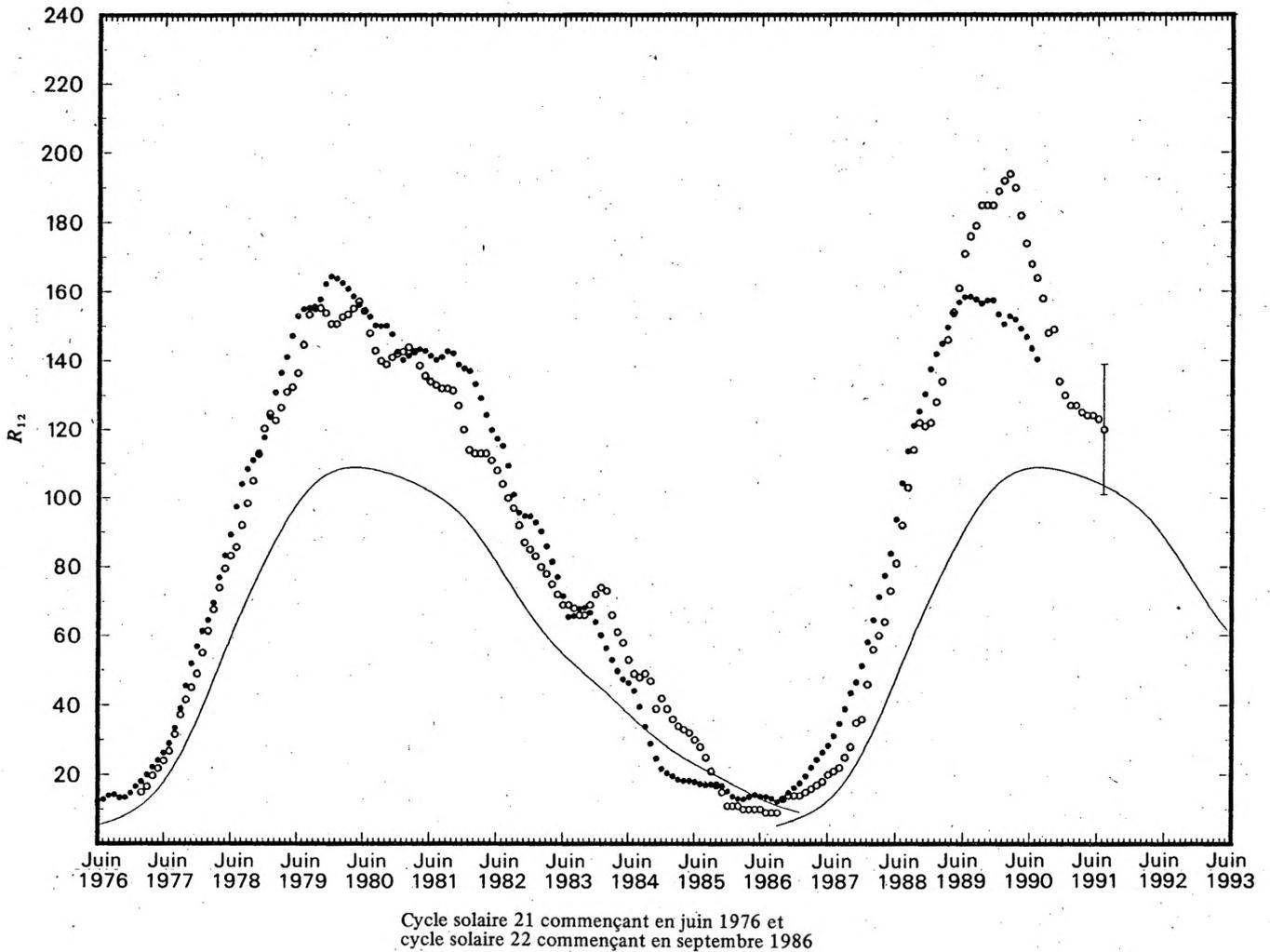


FIGURE 3 – Nombre de taches solaires prévues et observées,  $R_{12}$

- Moyenne des cycles 8-21
- ..... Cycle observé (lissé)
- o o o o o Cycle prévu (lissé) pour l'année suivante

En URSS, la prévision du nombre relatif de taches solaires est basée sur une des différentes méthodes de prévision données par Vitinski [1973].

Des prévisions de  $IG_{12}$  sont aussi établies régulièrement au Royaume-Uni, au moyen d'une version modifiée de la méthode de McNish-Lincoln. Des renseignements détaillés sont donnés par Smith [1986], qui a montré que les prévisions de  $IG_{12}$  ainsi obtenues sont plus précises que celles de  $R_{12}$ , surtout pour des périodes de prévision se situant plus d'un an à l'avance.

On effectue régulièrement, au Royaume-Uni, des prévisions de l'indice  $I_{F2}$ , six mois à l'avance, en extrapolant la moyenne glissante sur 12 mois. La méthode employée pour déterminer la tendance future consiste à ajuster les valeurs relatives au cycle d'activité solaire en cours avec celles des cycles antérieurs; l'extension se fait par référence à la grandeur et à la vitesse de la variation pour la même phase, dans les cycles antérieurs [Smith, 1968]. On normalise les évaluations subjectives faites par cette méthode, de manière que les résultats soient cohérents avec les valeurs fournies par d'autres méthodes pour des périodes voisines du maximum et du minimum d'activité solaire, c'est-à-dire lorsque le cycle change de sens. On utilise des relations statistiques appropriées (par exemple, la variation de  $R_{12}$  à des moments différents, après le maximum et le minimum d'activité solaire, en fonction de la valeur maximale de  $R_{12}$  pour le cycle), pour obtenir les renseignements nécessaires sur l'évolution du cycle; les nombres de taches solaires ainsi obtenus sont convertis en valeur de  $I_{F2}$ , par application des formules données au § 6.

Les prévisions de  $\Phi_{12}$  sont établies par le Secrétariat du CCIR au moyen de la méthode de McNish-Lincoln.

Les valeurs mesurées et prévues de  $R$ ,  $\Phi$ ,  $IG$  et  $I_{F2}$  et de leurs moyennes glissantes sur 12 mois sont publiées dans les circulaires mensuelles du CCIR et dans le Journal des télécommunications de l'UIT.

## 8. Comparaison des indices

Des études relatives aux erreurs de prévision de foF2 résultant de l'utilisation de  $IG_{12}$  et de  $R_{12}$  ont été mentionnées dans des documents du CCIR [CCIR, 1982-86a, b, c, d]. Ces comparaisons reposent sur des données recueillies par de nombreuses stations situées à diverses latitudes et longitudes, et pour diverses périodes de comparaison. Des études analogues [Wilkinson, 1982; CCIR, 1985] s'appuyaient sur au moins dix ans d'observations en treize stations à incidence verticale. Des comparaisons ont été faites au moyen des indices  $IG$ ,  $R_{12}$ ,  $I_{F2}$ ,  $T$  et autres.

Il ressort nettement de ces études qu'il n'est guère plus avantageux d'utiliser un indice plutôt qu'un autre. Néanmoins, la balance pencherait plutôt en faveur d'indices déduits d'observations ionosphériques, par exemple  $IG_{12}$ . Bien que la différence de précision résultant de l'utilisation de cet indice soit faible, elle va dans le sens de ce qu'on peut attendre de l'utilisation d'un indice purement ionosphérique.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARCLAY, L. W. [1962] Variations in the relation between sunspot number and  $I_{F2}$ . *J. Atmos. Terr. Phys.*, **24**, 547-549.
- IPSD [1968] The development of the ionospheric index *T*. Report IPS-R11. Ionospheric Prediction Service, Sydney, Australie.
- JOACHIM, M. [1966a] Study of correlation of the three basic indices of ionospheric propagation:  $R_{12}$ ,  $I_{F2}$  and  $\Phi$ . *Nature*, Vol. 210, 289-290.
- JOACHIM, M. [1966b] Un effet d'hystérésis ionosphérique. *C. R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **263**, 92-94.
- KUNDU, M. R. J. [1960] Solar radio emission on centimeter waves and ionization of the E layer of the ionosphere. *J. Geophys. Res.*, **65**, 3903-3907.
- LIU, R. Y., SMITH, P. A. et KING, J. W. [1983] Un nouvel indice solaire dont l'utilisation améliore les prévisions de foF2 fondées sur l'Atlas du CCIR. *J. des Télécomm.*, Vol. 50, **VIII**, 408-414.
- MINNIS, C. M. [1964] Ionospheric indices *Advances in Radio Research*, Vol. II, Ed. J. A. Saxton. Academic Press, Londres et New York.
- MUGGLETON, L. M. et KOURIS, S. S. [1968] Relation between sunspot number and the ionospheric index  $I_{F2}$ . *Radio Sci.*, **3**, 1109-1110.
- SMITH, P. A. [1968] An ionospheric prediction system based on the index  $I_{F2}$ . *J. Atmos. Terr. Phys.*, **30**, 177-185.
- SMITH, P. A. [1986] Some techniques used to predict solar activity through the 11-year cycle. *Solar-Terrestrial Predictions: Proceedings of a Workshop at Meudon, France, 18-22 juin 1984*, p. 8, Ed. P. A. Simon, G. Heckman et M. A. Shea, publié par National Oceanic and Atmospheric Administration, 325 Broadway, Boulder, Colorado 80303, Etats-Unis d'Amérique et Air Force Geophysics Laboratory, Hanscom AFB, Bedford, Mass. 01731, Etats-Unis d'Amérique.
- STEWART, F. G. et LEFTIN, M. [1972] Relation entre le flux du bruit radioélectrique solaire mesuré à Ottawa sur 10,7 cm et les nombres de taches solaires de Zurich. *J. des Télécomm.*, **39**, 159-169.
- STEWART, F. G. et OSTROW, S. M. [1970] Perfectionnement de la méthode de McNish-Lincoln pour la prévision de l'activité solaire. *J. des Télécomm.*, **37**, 228-232.
- VITINSKI, J. I. [1973] *Cycles et Prévisions de l'Activité Solaire* (en russe) Akademi ia Nauk, Leningrad, URSS.
- WILKINSON, P. J. [1982] A comparison of monthly indices of the ionospheric F region. IPS Tech. Rep. R-41. Ionospheric Prediction Service, Sydney, Australie.

#### Documents du CCIR

- [1982-86]: a. 6/181 (France); b. 6/188 (République démocratique allemande); c. 6/204 (Japon); d. 6/207 (Chine (République populaire de)).
- [1985]: GTI 6/1, Doc. 256 (Etats-Unis d'Amérique).

## RECOMMANDATION 434-4

## ATLAS CCIR DES CARACTÉRISTIQUES IONOSPHERIQUES

(Question 25/6)

(1966-1970-1974-1978-1982)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que l'édition actuelle de l'Atlas comprend le Rapport 340-5, publié séparément, ainsi que les bandes magnétiques et les programmes d'ordinateur associés;
- b) que l'Atlas contient des données de base et des formules utiles pour évaluer les caractéristiques de la propagation des ondes radioélectriques et celles de l'état de l'ionosphère;
- c) que ces données ne répondent pas aux mêmes besoins, selon les applications considérées,

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que, pour évaluer la MUF de référence à l'aide d'un ordinateur de capacité suffisante, on utilise les données contenues dans la Partie 12 du Rapport 340-6;
2. que, pour évaluer la MUF de référence par des moyens manuels, on utilise les données contenues dans la Partie 10 du Rapport 340-6;
3. que, pour évaluer foEs et fbEs, on utilise les données contenues dans la Partie 6 du Rapport 340-6;
4. que, pour évaluer h'F et h'F<sub>2</sub>, on utilise les données contenues dans la Partie 8 du Rapport 340-6;
5. que, pour évaluer le pourcentage d'occurrence de F-diffus, on utilise les données contenues dans la Partie 7 du Rapport 340-6;
6. que, pour déterminer un modèle de distribution verticale de la densité électronique dans les régions E et F, on utilise les données contenues dans la Partie 9 du Rapport 340-6.

*Note 1* — Les administrations et les organisations, ainsi que l'IFRB, qui disposent d'un ordinateur utilisent de préférence les versions pour ordinateur de l'Atlas; dans les autres cas, les méthodes manuelles de l'Atlas doivent être utilisées.

*Note 2* — Le Directeur du CCIR est prié de conserver les programmes d'ordinateur et les bandes magnétiques et de les tenir à la disposition des intéressés, selon les indications données dans la Résolution 63.

---

## RECOMMANDATION 533-2

ÉVALUATION DU CHAMP DE L'ONDE IONOSPHERIQUE  
AUX FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 2 ET 30 MHz

(Programme d'études 30A/6)

(1978-1982-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que le CCIR a mis au point trois méthodes informatisées distinctes pour l'évaluation du champ, qui sont présentées dans le Rapport 252, le Supplément au Rapport 252 et le Rapport 894:
- la méthode exposée dans le Rapport 252 était la première procédure internationale produite en 1970;
  - la méthode décrite dans le Supplément au Rapport 252 a été présentée en 1978; il s'agit d'une procédure entièrement nouvelle. Elle essaie de modéliser une gamme étendue de phénomènes physiques considérés comme importants dans la propagation des ondes décimétriques, d'où sa complexité. Le programme informatique associé à cette méthode a été achevé en 1987;
  - la méthode exposée dans le Rapport 894 découle d'une méthode simplifiée que le CCIR a élaboré pour la CAMR-HFBC. La gamme des fréquences à laquelle cette méthode s'applique a été élargie pour s'étendre de 2 à 30 MHz, de sorte qu'elle peut être utilisée pour l'évaluation de propagations relatives à d'autres systèmes radioélectriques et pour la radiodiffusion en ondes décimétriques. Des versions informatisées de la méthode exposée dans le Rapport 894 sont disponibles;
- b) que les tests utilisant la banque de données D1 du CCIR (voir la Résolution 63 et les Rapports 571 et 1150) montrent que la précision de la méthode décrite dans le Rapport 894 est comparable à celle des autres méthodes plus complexes;
- c) que le Rapport 252 et son Supplément restent valables et peuvent être utilisés le cas échéant;
- d) que des codes d'ordinateur associés ont été formulés et mis à la disposition du Secrétariat du CCIR (voir la Résolution 63),

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. d'utiliser les renseignements contenus dans le Rapport 894 pour les prévisions informatisées du champ de l'onde ionosphérique aux fréquences comprises entre 2 et 30 MHz;
  2. d'utiliser les méthodes décrites dans le Rapport 252 et son Supplément dans des cas bien précis, par exemple lorsqu'un complément d'information est nécessaire et pour aider à l'élaboration de méthodes améliorées;
  3. aux administrations et au CCIR de s'efforcer de perfectionner les méthodes de prévision pour améliorer les installations d'exploitation et obtenir une meilleure précision.
-

SECTION 6F: PRÉVISION DE LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE AUX FRÉQUENCES  
SUPÉRIEURES A 30 MHz ENVIRON ET APPLICATION

RECOMMANDATION 531-1

**EFFETS IONOSPHERIQUES QUI INFLUENT SUR LES SYSTEMES  
DE RADIOCOMMUNICATIONS COMPORTANT DES ENGINES SPATIAUX**

(Questions 36/6 et 37/6)

(1978-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

que des effets ionosphériques peuvent avoir une influence sur la conception du réseau numérique à intégration de services (RNIS) et des autres systèmes de radiocommunications comportant des engins spatiaux,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les renseignements figurant dans les Rapports 262 et 263 soient utilisés, le cas échéant, pour la planification et la conception de ces systèmes.



## RECOMMANDATION 534-3

MÉTHODE DE CALCUL DU CHAMP  
EN PRÉSENCE D'IONISATION SPORADIQUE DE LA RÉGION E

(Question 41/6)

(1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que la propagation par l'intermédiaire de l'ionisation sporadique de la région E constitue une source importante de brouillage dans la partie inférieure de la gamme des ondes métriques;
- b) que la méthode de calcul du champ en présence d'ionisation sporadique de la région E jointe en Annexe I à la présente Recommandation s'est révélée applicable et fiable;
- c) qu'il n'existe pas d'autre méthode pratique;

## RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. qu'il convient d'adopter la méthode de calcul décrite dans l'Annexe I pour évaluer aux latitudes géomagnétiques basses et moyennes le champ en présence d'ionisation sporadique de la région E;
2. qu'il convient de recueillir des données supplémentaires sur foEs et sur le champ en présence d'ionisation sporadique de la région E, notamment en ce qui concerne les régions de haute latitude. Entre temps, il convient d'être prudent si on utilise dans ces régions la méthode décrite à l'Annexe I.

## ANNEXE I

MÉTHODE DE CALCUL DU CHAMP EN PRÉSENCE  
D'IONISATION SPORADIQUE DE LA RÉGION E

## 1. Introduction

On trouvera ci-après la description d'une méthode de calcul statistique du champ en présence d'ionisation sporadique de la région E (Es), dans les bandes d'ondes métriques et éventuellement dans la partie supérieure des bandes décimétriques, jusqu'à une distance de 4000 km. Cette méthode est fondée sur le fait que le champ présente une corrélation très étroite avec foES, fréquence critique de la couche E sporadique sous incidence verticale, au point milieu du trajet. Il convient de noter que la méthode s'applique bien à un circuit radioélectrique ionosphérique dans le cas où le mode de propagation normal par la couche E ou F2 n'existe pas. Lorsqu'on emploie la méthode dans les bandes d'ondes décimétriques, il faut donc faire preuve de prudence s'il existe une possibilité de propagation par la couche normale (pour la propagation par la couche normale, voir la Recommandation 533). Cette méthode est, pour l'essentiel, identique à celle qui a été décrite par Miya et Sasaki [1966] et par Miya et autres [1978]; elle a été perfectionnée sur la base de résultats de mesure obtenus par l'UER pendant 10 ans pour modifier la courbe de l'affaiblissement ionosphérique [UER, 1976]; on a utilisé également un certain nombre de graphiques de foEs fournis par des membres du GTI 6/8. Les données fournies par la présente Recommandation concernent les latitudes géomagnétiques comprises entre  $\pm 60^\circ$ ; il faut, par conséquent, continuer à étudier dans quelle mesure la méthode s'applique dans les régions de haute latitude.

Les résultats obtenus lors d'expériences réalisées par l'URSS sur 9, 14, 24 et 44 MHz pour un trajet de 1050 km [CCIR, 1978-82] et par la République Argentine sur 47,620 MHz sur un trajet de 1070 km, témoignent d'une concordance satisfaisante avec cette méthode de prévision [Giraldez, 1984] pour, dans les deux cas, des régions de latitude magnétique moyenne.

Dans la région équatoriale, des résultats expérimentaux de propagation à moyenne distance (500 à 2000 km) indiquent très clairement une propagation par Es, que l'on doit distinguer des effets nettement plus importants de la propagation transéquatoriale dans la région (voir le Rapport 259). Le champ de propagation par Es à basse latitude est à peu près identique à celui fourni par les évaluations pour les latitudes moyennes figurant dans la présente Annexe. Toutefois, la différence la plus importante concerne le pourcentage de temps en fonction de la fréquence critique à incidence verticale (foEs) (voir les Fig. 2 à 6 pour les latitudes magnétiques moyennes). En conséquence, on utilisera les nouvelles Fig. 16 à 21 pour les régions de basse latitude magnétique.

La méthode présente les caractéristiques suivantes:

- on fait la prévision du champ  $E_s$  en établissant une correspondance statistique entre une valeur de l'affaiblissement ionosphérique et la valeur de  $f_oE_s$  correspondant à un taux d'occurrence donné;
- l'affaiblissement ionosphérique du signal  $E_s$  est représenté par une fonction du rapport de la fréquence du signal,  $f$ , à  $f_oE_s$  et de la distance à la surface de la Terre entre les stations d'émission et de réception;
- on se sert de graphiques de probabilité et de cartes mondiales de  $f_oE_s$  pour accélérer et faciliter l'évaluation du champ  $E_s$ .

## 2. Formule pour le champ en présence d'E sporadique

On peut exprimer le champ en présence de  $E_s$  par la formule suivante:

$$E = E_0 + P + G_t - L_t - \Gamma \quad \text{dB} \quad (1)$$

$$E_0 = 105 - 20 \log l \quad \text{dB} \quad (2)$$

où

- $E$ : champ prévu (dB( $\mu$ V/m));
- $E_0$ : champ théorique en fonction inverse de la distance (dB( $\mu$ V/m)), pour une puissance rayonnée de 1 kW et pour une antenne d'émission isotrope;
- $P$ : puissance de l'émetteur (dB(1 kW));
- $G_t$ : gain d'antenne d'émission par rapport à une antenne isotrope (dB);
- $L_t$ : perte dans l'antenne d'émission (dB);
- $\Gamma$ : affaiblissement ionosphérique (dB) représenté par les courbes pleines de la Fig. 1;
- $l$ : longueur du trajet de transmission (km) (voir la formule (5)).

Pour le calcul par ordinateur, l'affaiblissement d'un signal s'étant propagé par un seul bond,  $\Gamma_{(1 \text{ bond})}(d)$ , est donné approximativement par:

$$\Gamma_{(1 \text{ bond})}(d) = \left\{ \frac{40}{1 + \left(\frac{d}{130}\right) + \left(\frac{d}{250}\right)^2} + 0,2 \left(\frac{d}{2600}\right)^2 \right\} \left( \frac{f}{f_oE_s} \right)^2 + \exp \left( \frac{d - 1660}{280} \right) \quad (3)$$

et  $\Gamma$  pour un signal s'étant propagé par deux bonds,  $\Gamma_{(2 \text{ bonds})}(d)$ , approximativement par:

$$\Gamma_{(2 \text{ bonds})}(d) = 2,6 \Gamma_{(1 \text{ bond})} \left( \frac{d}{2} \right) \quad (4)$$

et

- $l$ : longueur du trajet de transmission (km)

$$l = (d^2 + 4 h^2)^{1/2} \quad (5)$$

où

- $h$ : hauteur de la couche  $E_s$  (km);
- $d$ : distance à la surface de la Terre entre les stations d'émission et de réception (km);
- $f$ : fréquence du signal (MHz);
- $f_oE_s$ : fréquence critique de l'ionisation sporadique de la région E sous incidence verticale, pour un taux d'occurrence donné (MHz).

La précision avec laquelle les formules (3) et (4) reproduisent les valeurs mesurées de  $\Gamma$  est indiquée à la Fig. 1 (courbes en pointillés). Il convient de limiter l'emploi de la formule (3) aux distances inférieures à 2600 km et à des valeurs de  $f/f_oE_s$  comprises entre 1 et 8; l'erreur sera alors inférieure à 5 dB. Il convient de limiter l'emploi de la formule (4) aux distances comprises entre 2600 et 4000 km et à des valeurs de  $f/f_oE_s$  comprises entre 2 et 5,5; l'erreur sera alors inférieure à 10 dB.

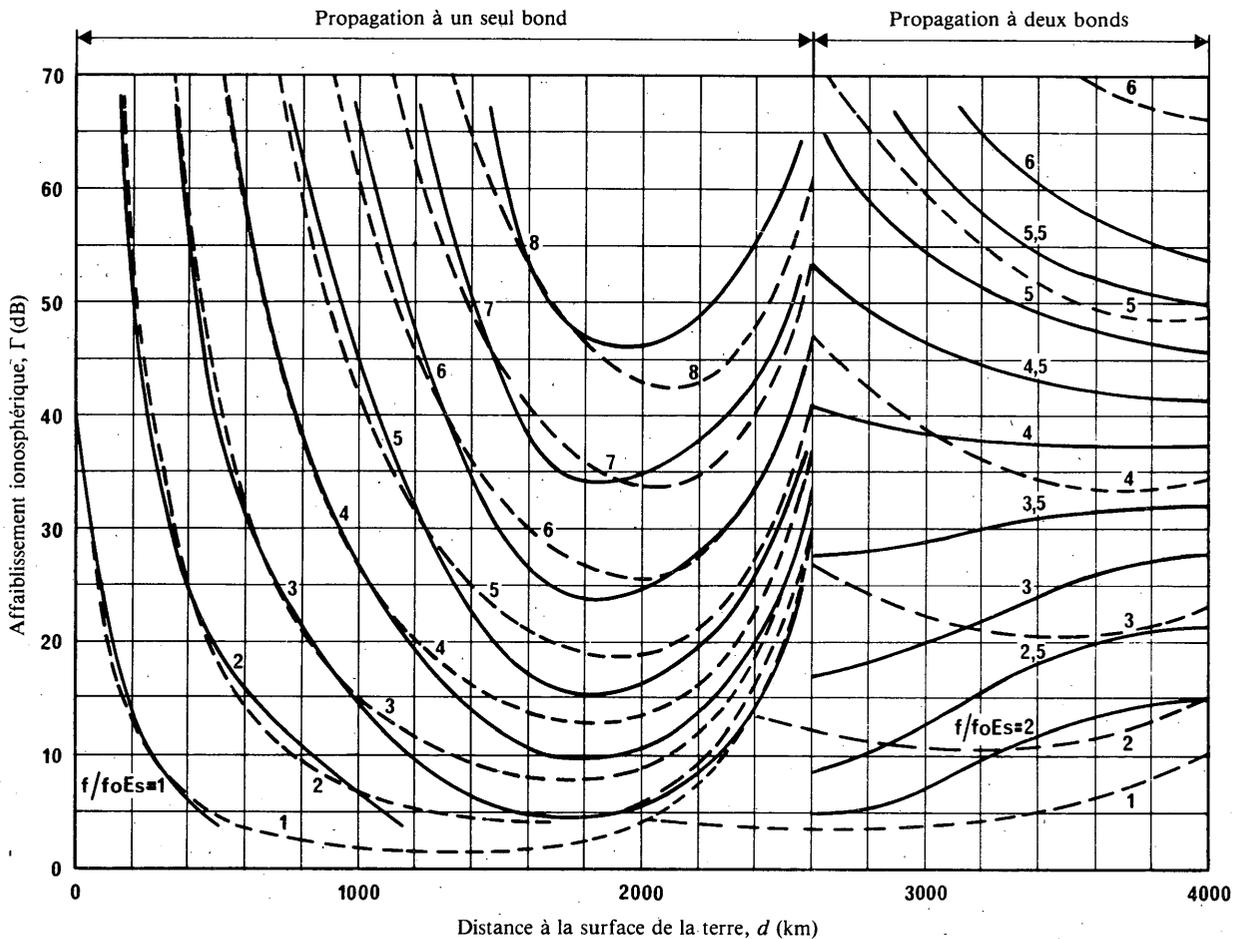


FIGURE 1 - Courbes de l'affaiblissement ionosphérique,  $\Gamma$ , pour la propagation par Es

— d'après les valeurs observées,  
 - - - d'après les formules empiriques (3) et (4)

### 3. Méthode de calcul du champ en présence d'ionisation sporadique de la région E

Le champ Es est calculé en effectuant les opérations successives suivantes:

- calculer la valeur de  $E_0$  correspondant à une valeur indiquée de  $l$  en utilisant la formule (2);
- (latitude d'inclinaison du point milieu en dehors de  $\pm 20^\circ$ ): lire la valeur de foEs pour un pourcentage donné de temps d'apparition dans la région et pour la saison désirées, en utilisant une des Fig. 2 à 6. Pour une prévision plus précise, lire la valeur du pourcentage de temps où foEs dépasse 7 MHz au point milieu du trajet, en utilisant la carte voulue parmi celle des Fig. 12 à 15, et déterminer la valeur de foEs en traçant une nouvelle droite sur celle des Fig. 2 à 6 qui convient, ainsi que cela est indiqué au § 4.1. Pour une prévision des variations diurnes, lire la valeur de foEs sur celle des Fig. 7 à 11 qui convient;
- (latitude d'inclinaison du point milieu comprise entre  $\pm 20^\circ$ ): déterminer l'inclinaison magnétique au point de réflexion ionosphérique et lire sur les Fig. 16 à 21, la valeur de foEs pour un pourcentage donné de temps d'apparition dans la région et pour la saison désirées;
- calculer  $f/foEs$ ;
- en utilisant les courbes en trait plein de la Fig. 1, lire la valeur de  $\Gamma$  correspondant à la valeur donnée de  $d$  et à la valeur calculée de  $f/foEs$  ou, si l'on cherche une valeur approchée, calculer  $\Gamma$  au moyen des formules (3) et (4);
- calculer la valeur estimée de  $E$  en appliquant la formule (1), en se servant des valeurs données de  $P$ ,  $G_t$ , et  $L_t$ , et de la valeur obtenue pour  $\Gamma$ .

#### 4. Probabilité d'occurrence de foEs

Il faut spécifier les caractéristiques statistiques de foEs, étant donné que cette grandeur a un comportement sporadique en fonction des emplacements et du temps. Pour les prévisions très exactes, on peut se servir d'une carte mondiale de foEs comme celle qui figure dans la Partie 6 du Rapport 340. En revanche, on peut se contenter de données statistiques simplifiées sur foEs si l'on se borne à rechercher la tendance générale de la variation temporelle

Pour la prévision du champ moyen en présence de Es, on trace des courbes de probabilité de foEs pour cinq régions de latitude moyenne: Europe et Afrique du Nord, Amérique du Nord, Asie (Extrême-Orient), Amérique du Sud et une région intermédiaire entre ces régions (voir les Fig. 2 à 11). Aux basses latitudes, les Fig. 16 à 21 présentent les courbes de probabilité de foEs pour l'Amérique, l'Asie et l'Afrique. Les caractéristiques des régions de haute latitude devront être précisées ultérieurement.

##### 4.1 Latitudes moyennes

Pour obtenir des caractéristiques géographiques précises de foEs, on se sert de cartes mondiales du pourcentage de temps pour lequel foEs est égal ou supérieur à 7 MHz pendant les mois de mai à août (été dans l'hémisphère nord), novembre à février (été dans l'hémisphère sud), mars, avril, septembre et octobre (mois d'équinoxe, nord et sud) et pour douze mois (ces cartes sont données dans les Fig. 12 à 15 [Smith, 1976, 1978]). Sur ces cartes sont tracées les courbes du pourcentage de temps entre les latitudes géomagnétiques (ou dipolaires) de 60° N et 60° S. En outre, une région de basse latitude autour de l'équateur d'inclinaison magnétique est exclue.

Les Fig. 2 à 6 montrent la relation qui existe entre la valeur de foEs et le pourcentage de temps d'occurrence. Dans ces figures, les courbes relatives aux mois d'été, aux mois d'hiver et aux mois d'équinoxe sont toutes des lignes droites reliant deux points qui correspondent aux pourcentages de temps pendant lesquels foEs dépasse respectivement 7 MHz et 10 MHz. Ces courbes obéissent à la loi de probabilités de Phillips qui a un caractère rigoureusement empirique convenant parfaitement aux latitudes moyennes pour des pourcentages de temps inférieurs à 30% environ et pour des fréquences supérieures à foE, fréquence critique de la couche normale E. Il convient d'utiliser la loi de Phillips avec prudence pour les fréquences supérieures à 100 MHz environ et pour les latitudes équatoriales et élevées. Cette loi s'exprime par:

$$\log p = a + bf \quad (6)$$

où

$p$ : probabilité foEs >  $f$ ,

$f$ : fréquence en MHz,

$a$  et  $b$ : constantes ajustables, de telle sorte que  $b$  soit la pente dans une courbe  $\log p$  en fonction de  $f$ .

Une courbe indiquant la moyenne annuelle donne, pour les faibles pourcentages de temps, des pourcentages de temps approximativement égaux aux tiers des pourcentages correspondants pour les mois d'été. A titre de comparaison, on a ajouté des courbes de probabilité relatives aux heures de jour (0800-2300 h) pour les mois d'été, époque où l'on observe l'intensité maximale de l'ionisation E sporadique.

Supposons que, dans une certaine région, il y a une différence entre un pourcentage de temps pour 7 MHz obtenu avec les cartes mondiales des Fig. 12, 13, 14 ou 15 et le pourcentage fourni par la courbe de probabilité moyenne des Fig. 2 à 6. On peut obtenir une valeur de foEs pour un pourcentage de temps donné en traçant une nouvelle courbe de probabilité parallèle à la courbe initiale pour la région considérée, et déplacée par rapport à cette courbe initiale d'une quantité égale à la différence constatée.

Les Fig. 7 à 11 montrent les variations diurnes de l'occurrence de foEs pour des tranches de 4 heures à l'intérieur des 4 régions définies plus haut, pour les mois d'été et les autres mois conformément à leurs propres caractéristiques. On voit que foEs accuse un minimum très net après midi, dans les régions B et C, surtout en été. Pour la prévision exacte du comportement de l'intensité des signaux Es, il faudra peut-être utiliser des tranches horaires plus étroites que quatre heures pour représenter les variations diurnes de foEs.

##### 4.2 Basses latitudes

Les Fig. 16 à 21 montrent la relation entre la valeur de foEs et le pourcentage de temps d'apparition de foEs aux basses latitudes. Ces figures permettent de constater une différence très nette entre une ceinture très étroite autour de l'équateur d'inclinaison (angle d'inclinaison  $\pm 6^\circ$ ) et la région adjacente avec une inclinaison allant jusqu'à  $\pm 20^\circ$ , ces deux régions pouvant être appelées respectivement région équatoriale et région sub-équatoriale. Comme on peut le constater en comparant les Fig. 2 à 6, seule la région sub-équatoriale (et non pas la région équatoriale) est sujette à la loi de probabilité de Phillips.

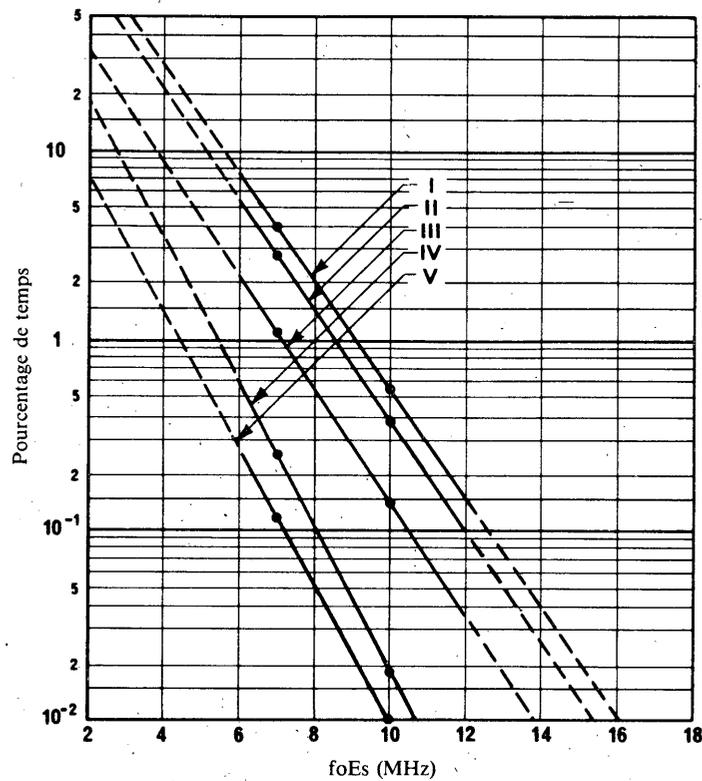


FIGURE 2 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, dans la région A.

- Région A: Europe et Afrique du Nord  
 I: de mai à août (08 h 00-23 h 00)  
 II: de mai à août  
 III: moyenne annuelle.  
 IV: mars, avril, septembre et octobre  
 V: de novembre à février

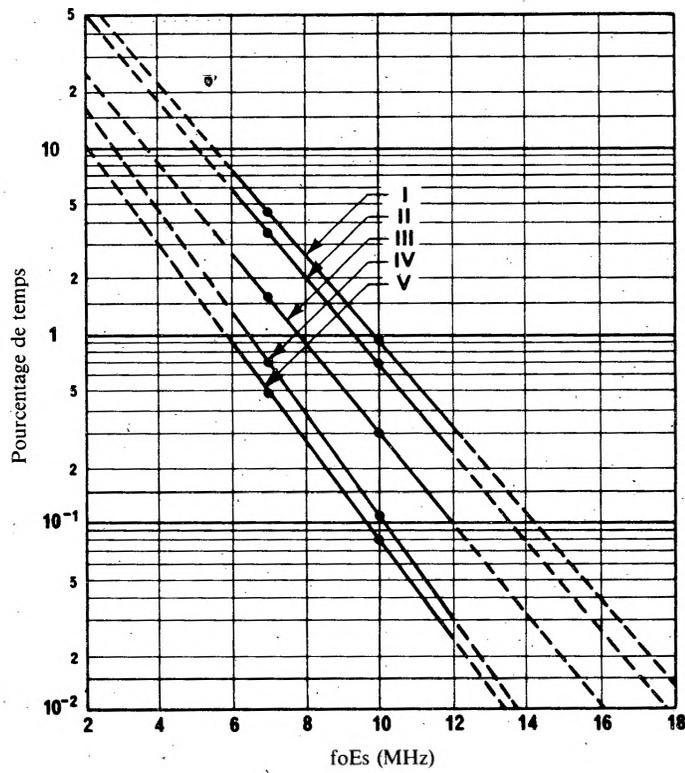


FIGURE 3 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, dans la région B

Région B: Amérique du Nord

I: de mai à août (08 h 00-23 h 00)

II: de mai à août

III: moyenne annuelle

IV: mars, avril, septembre et octobre

V: de novembre à février

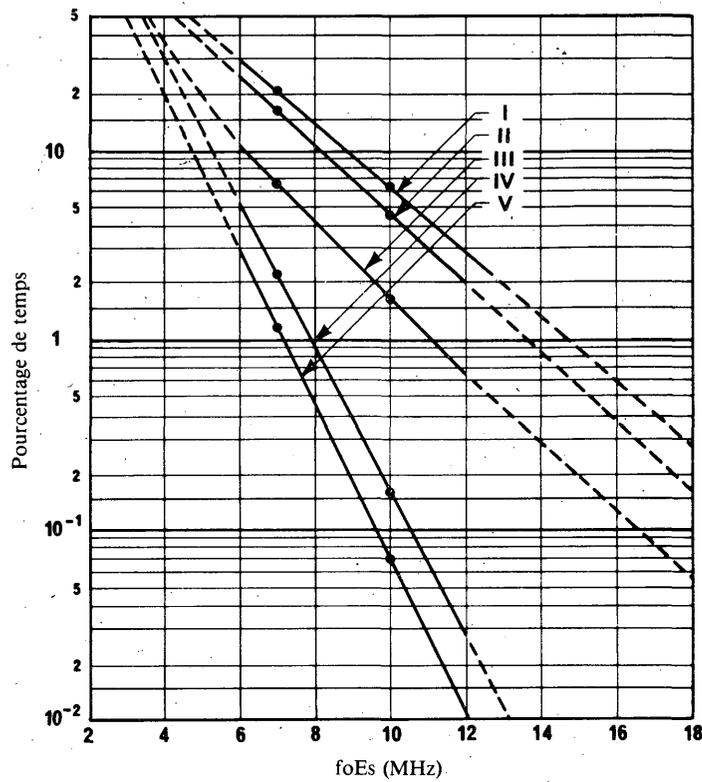


FIGURE 4 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, dans la région C

Région C: Asie (Extrême-Orient)

I: de mai à août (08 h 00-23 h 00)

II: de mai à août

III: moyenne annuelle

IV: mars, avril, septembre et octobre

V: de novembre à février

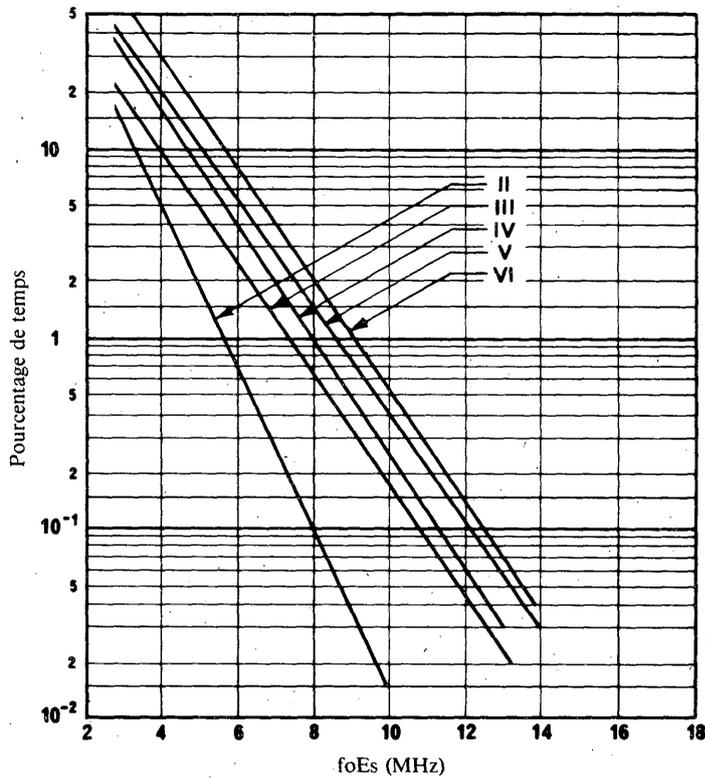


FIGURE 5 – Valeurs de foEs égalées ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, dans la région D

- Région D: Amérique du Sud  
 II: de mai à août  
 III: moyenne annuelle  
 IV: mars, avril, septembre et octobre  
 V: de novembre à février  
 VI: de novembre à février (08 h 00-23 h 00)

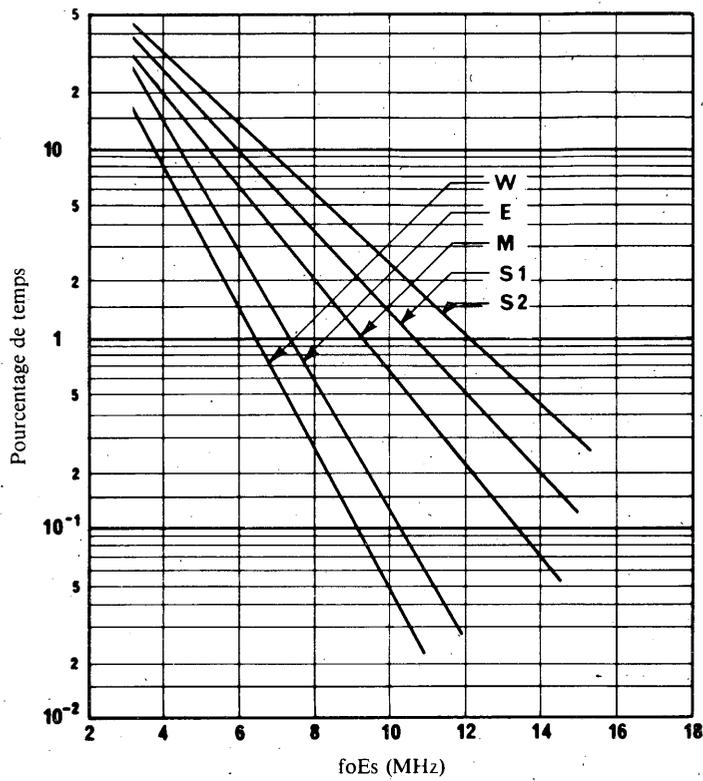


FIGURE 6 – Valeurs de foEs égalées ou dépassées pour les pourcentages de temps indiqués

Valeur moyenné: régions A, B, C et D  
 S1: été  
 S2: été (08.h 00-23 h 00)  
 M: moyenne annuelle  
 E: équinoxe  
 W: hiver

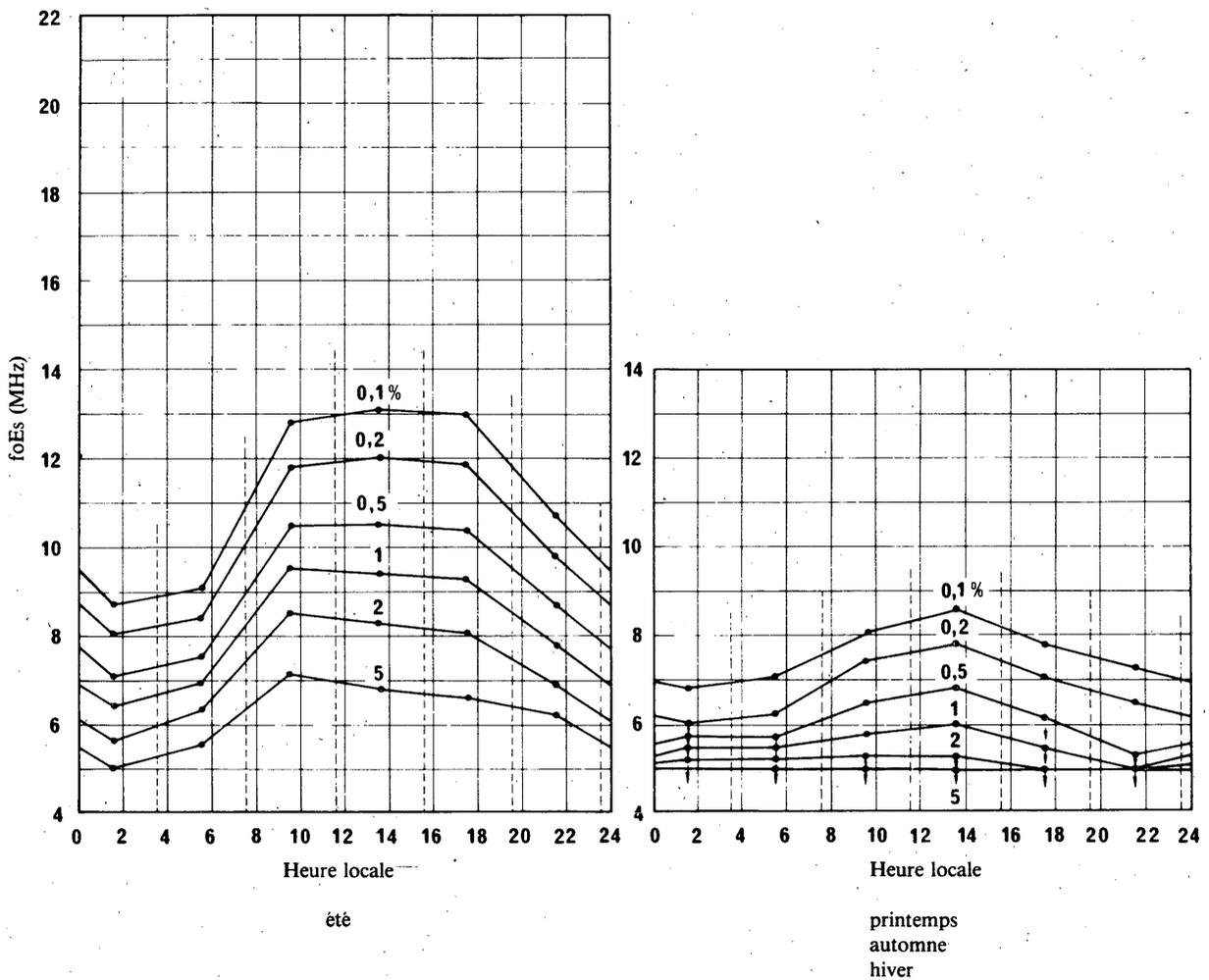


FIGURE 7 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, en tant que paramètre de la courbe par tranches horaires de 4 heures (indiquées par des lignes verticales en pointillé) dans la région A (Europe et Afrique du Nord)

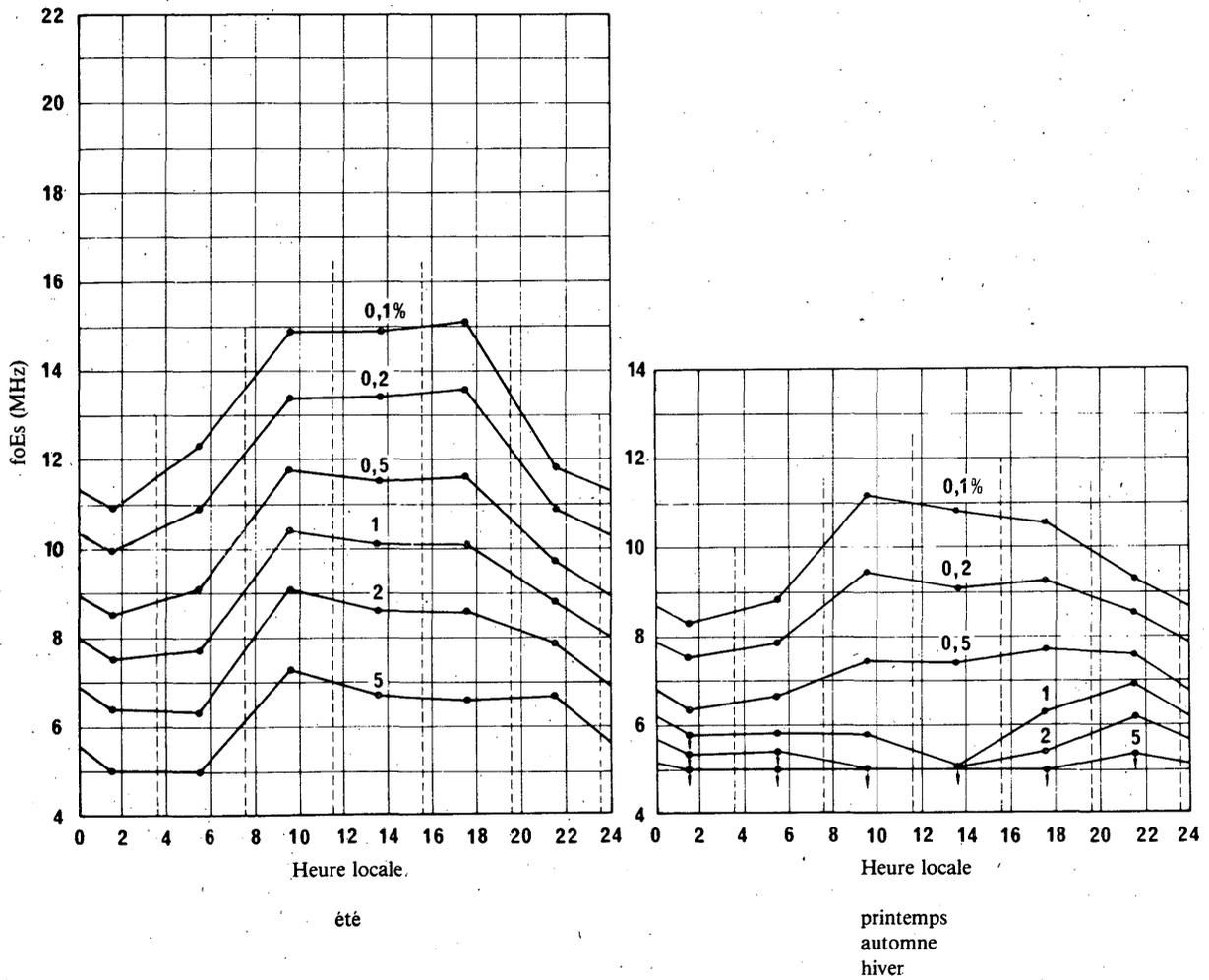


FIGURE 8 – Valeurs de foEs égalées ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, en tant que paramètre de la courbe par tranches horaires de 4 heures (indiquées par des lignes verticales en pointillé) dans la région B (Amérique du Nord)

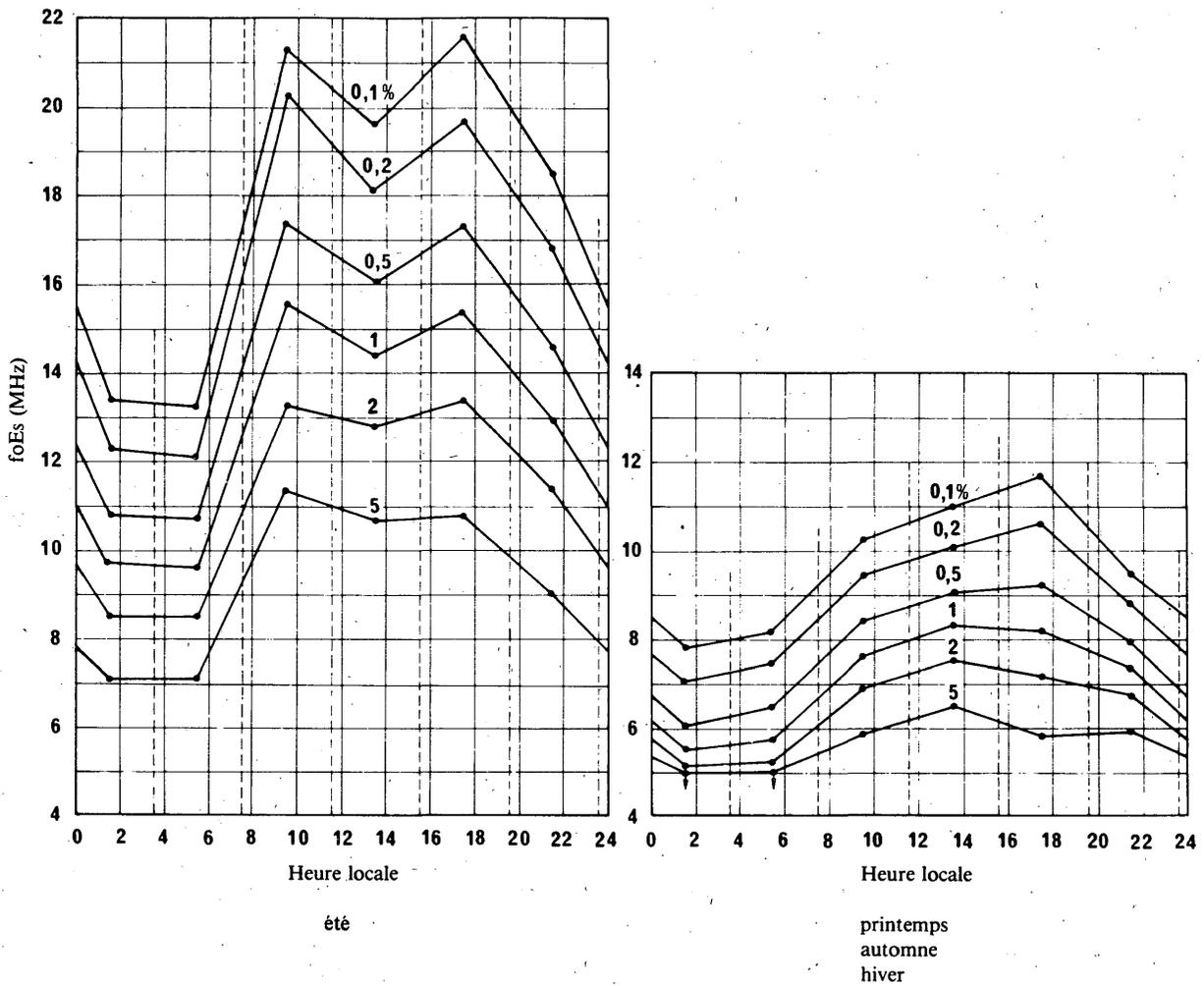


FIGURE 9 – Valeurs de foEs égalées ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués comme paramètre sur la courbe, à l'intérieur de tranches horaires de 4 heures (indiquées par des lignes verticales en pointillé) dans la région C (Asie (Extrême-Orient))

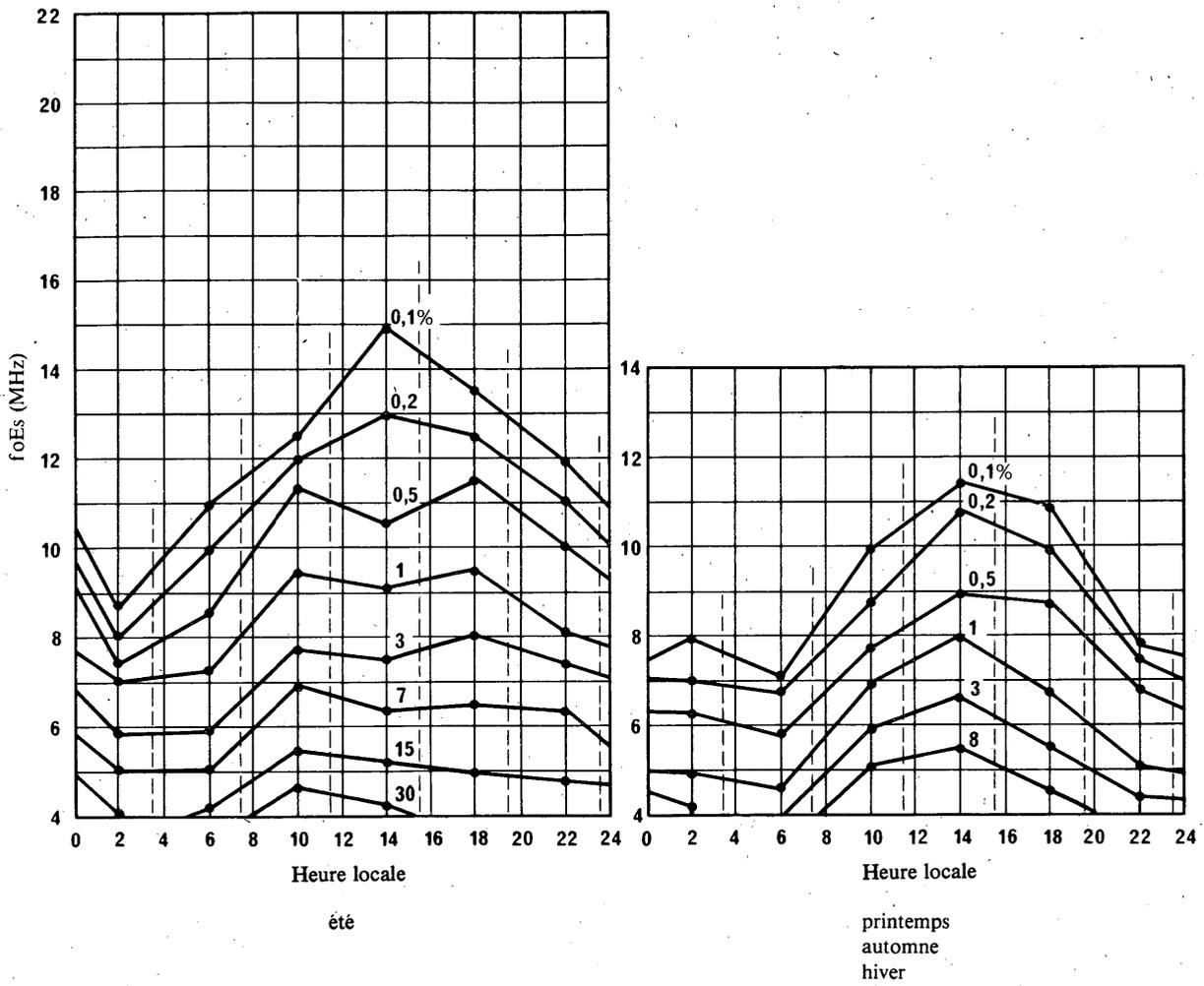


FIGURE 10 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, en tant que paramètre de la courbe par tranches horaires de 4 heures (indiquées par des lignes verticales en pointillé) dans la région D (Amérique du Sud)

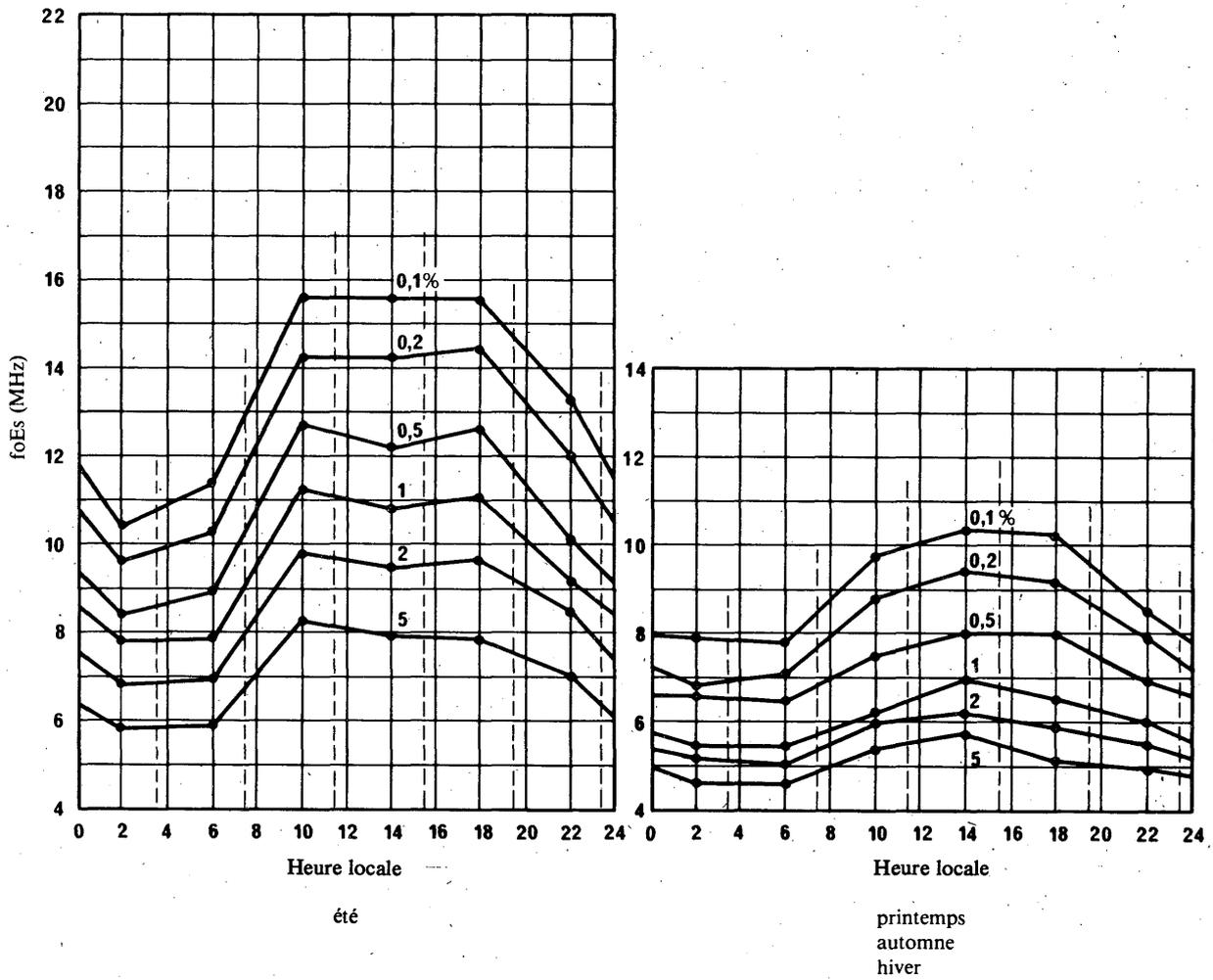


FIGURE 11 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués, en tant que paramètre de la courbe par tranches horaires de 4 heures (indiquées par des lignes verticales en pointillé) pour les régions A, B, C et D

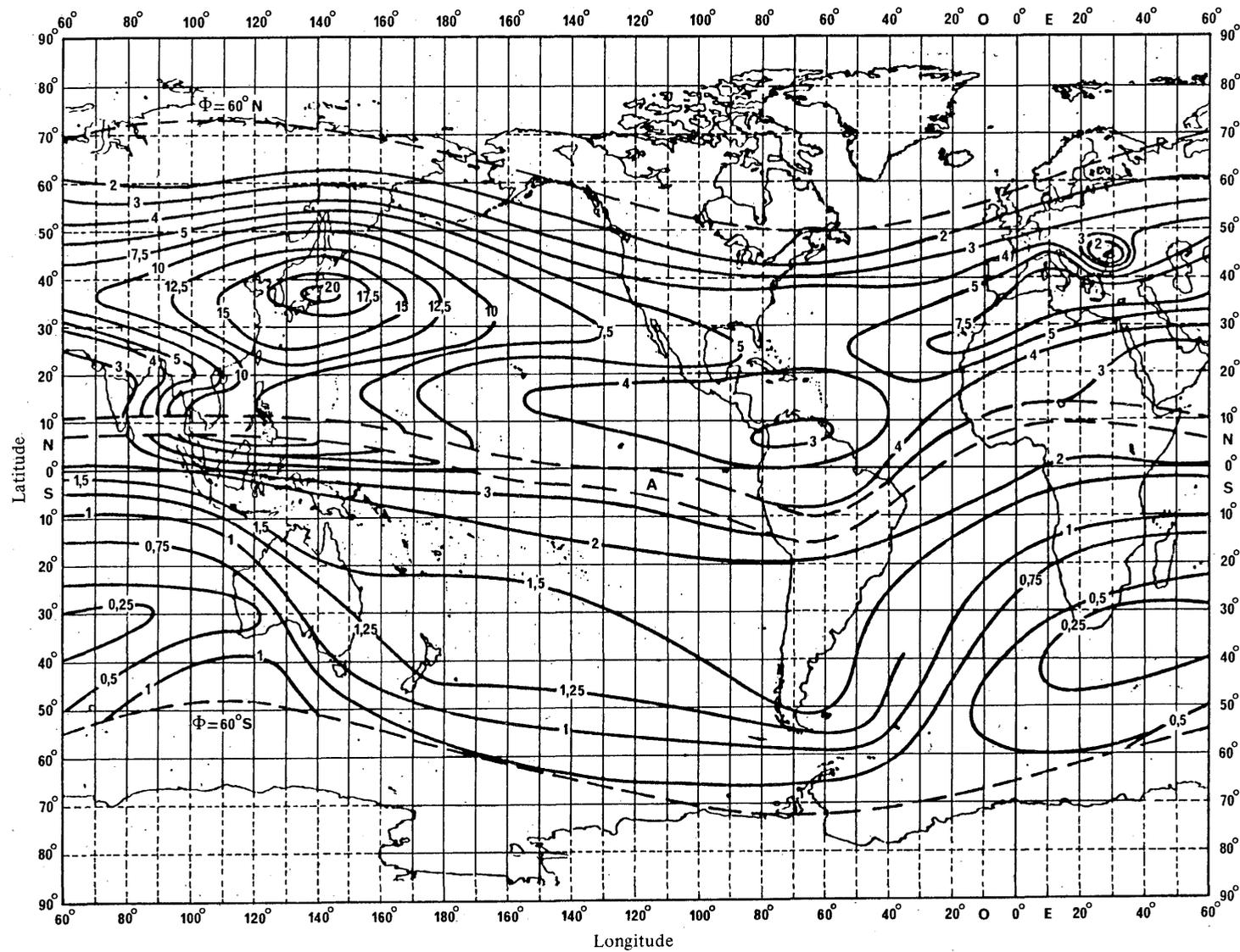


FIGURE 12 — Pourcentages de temps pendant lesquels la fréquence critique de la couche E sporadique (foEs) égale ou dépasse 7 MHz sous incidence verticale dans les régions de moyenne latitude et pour les mois de mai, juin, juillet et août

A: région de basse latitude (voir le § 4)

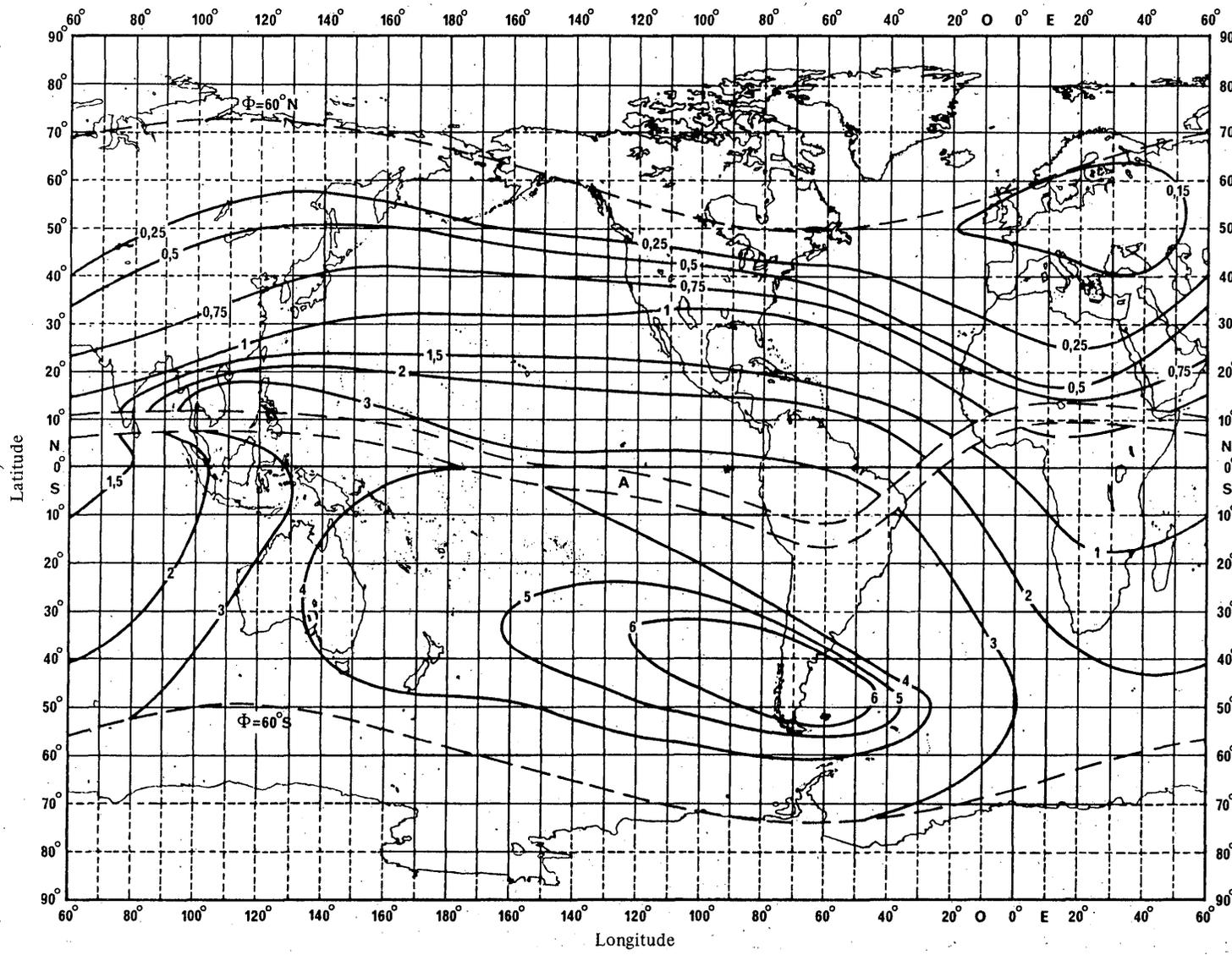


FIGURE 13 – Pourcentages de temps pendant lesquels la fréquence critique de la couche E sporadique (foEs) égale ou dépasse 7 MHz sous incidence verticale dans les régions de moyenne latitude et pour les mois de novembre, décembre, janvier et février

A: région de basse latitude (voir le § 4)

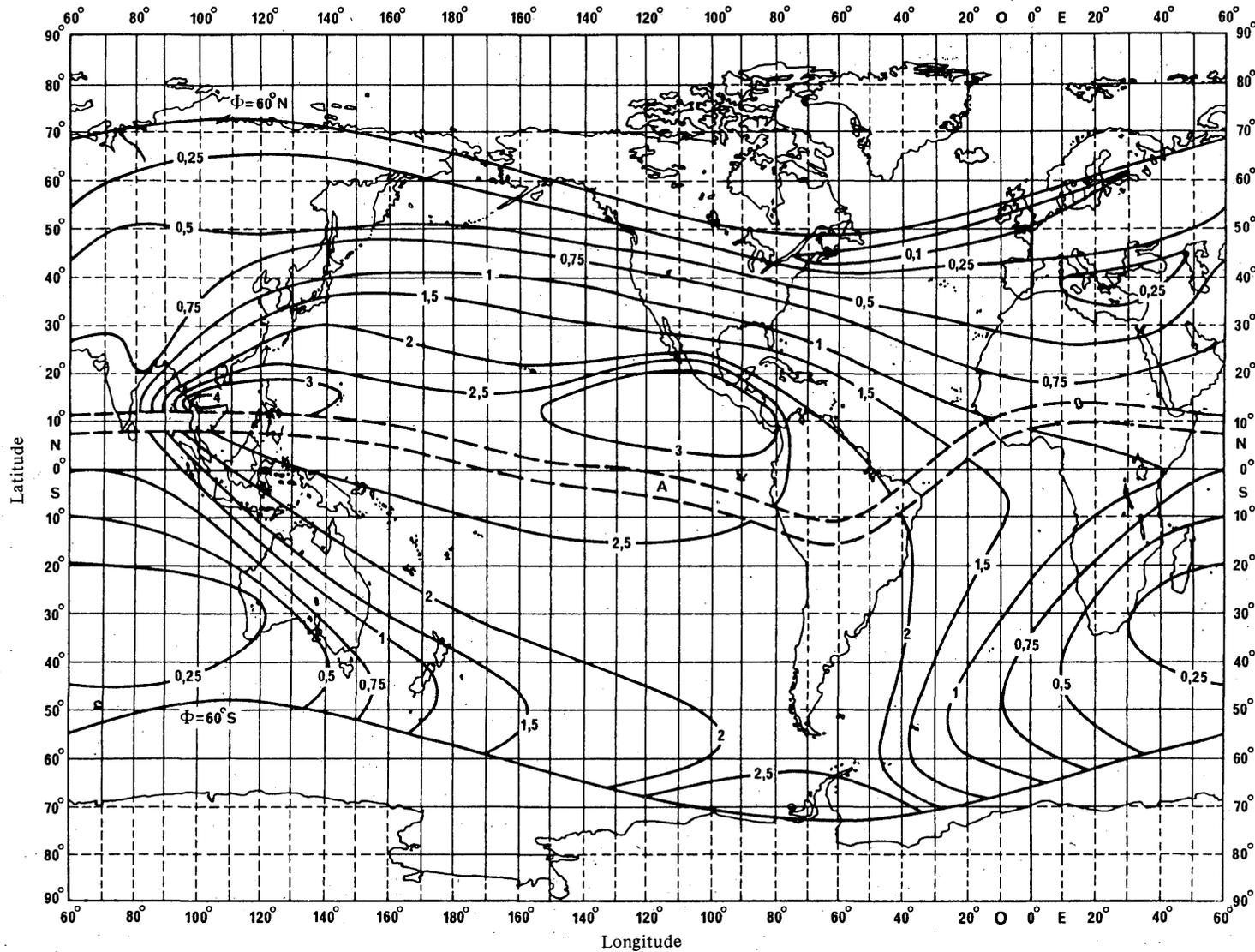


FIGURE 14 – Pourcentages de temps pendant lesquels la fréquence critique de la couche E sporadique ( $f_oE_s$ ) égale ou dépasse 7 MHz sous incidence verticale dans les régions de moyenne latitude et pour les mois de mars, avril, septembre et octobre

A: région de basse latitude (voir le § 4)

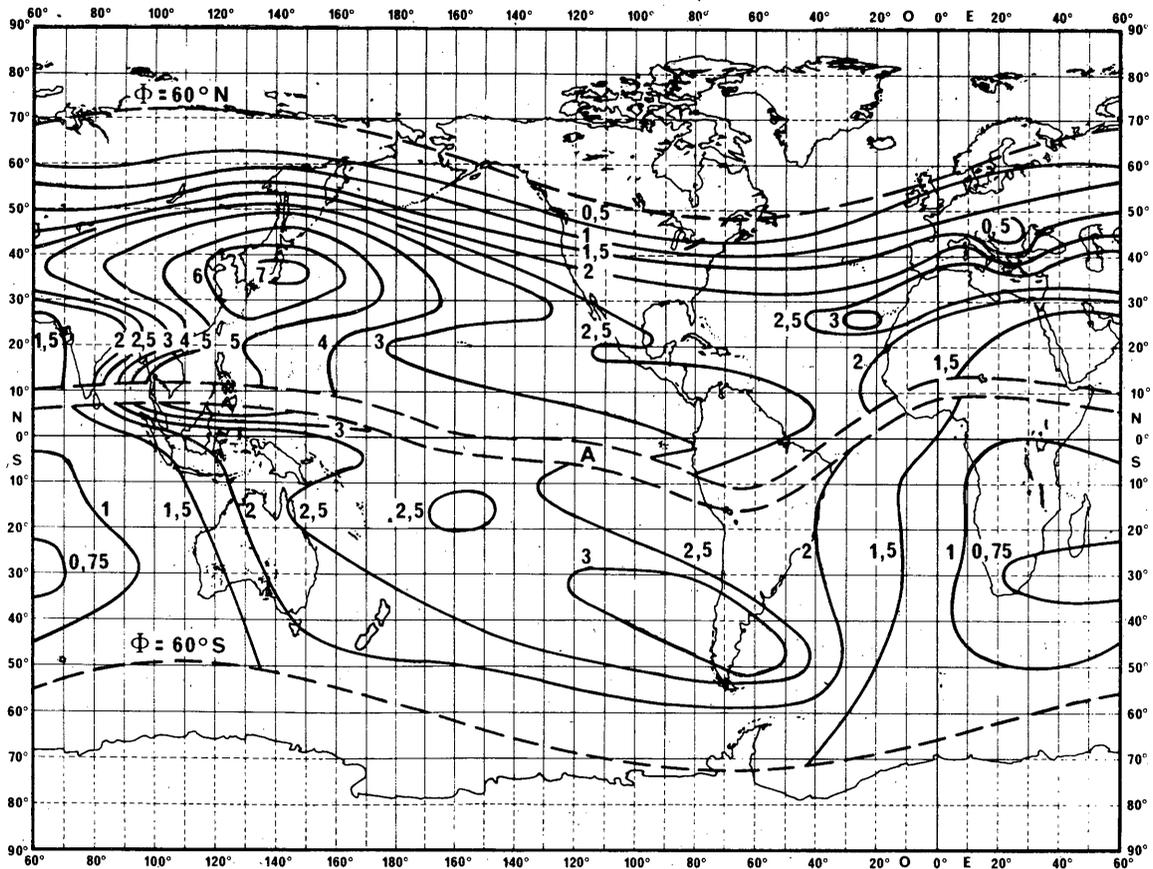


FIGURE 15 — Pourcentages de temps pendant lesquels la fréquence critique de l'ionisation sporadique ( $f_oE_s$ ) égale ou dépasse 7 MHz sous incidence verticale, dans les régions de moyenne latitude pendant les 12 mois de l'année

A: région de basse latitude (voir le § 4)

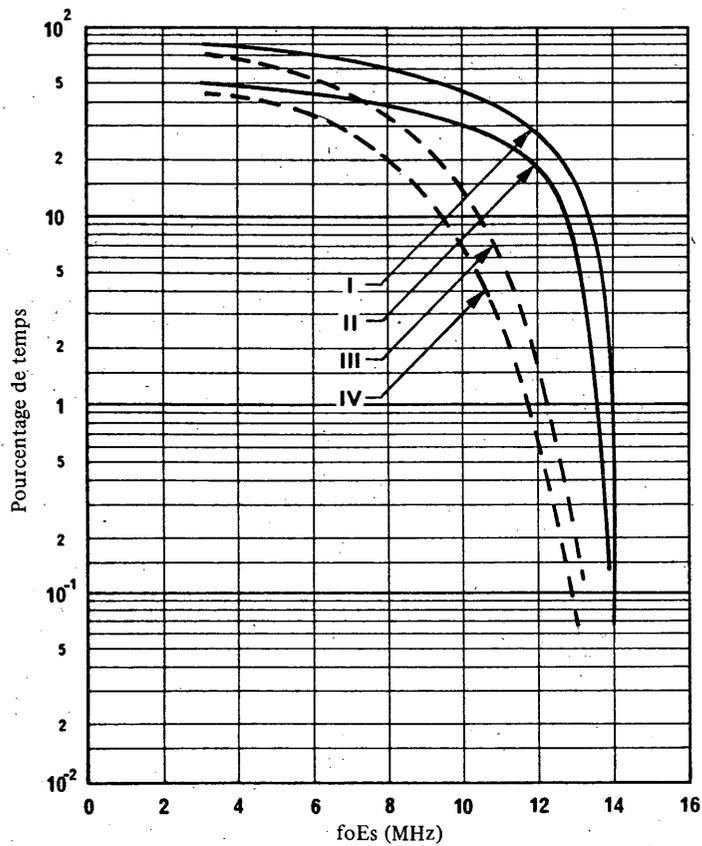


FIGURE 16 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région E: Asie équatoriale (latitude d'inclinaison  $\pm 6^\circ$ )

- I: années d'activité solaire maximale (0600-1800 h).  
Moyenne annuelle
- II: années d'activité solaire maximale.  
Moyenne annuelle
- III: années d'activité solaire médiane et faible (0600-1800 h)  
Moyenne annuelle
- IV: années d'activité solaire médiane et faible.  
Moyenne annuelle

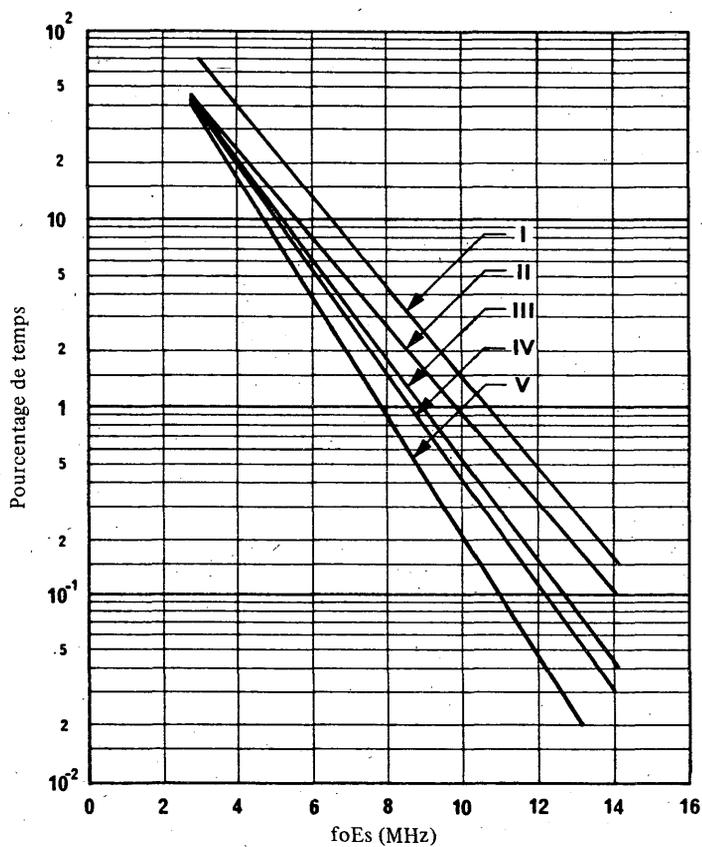


FIGURE 17 – Valeurs de foEs égalées ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région E: Asie subéquatoriale (entre ±6° et ±20° de latitude d'inclinaison)

I: été (0600-1800 h)

II: été

III: moyenne annuelle

IV: équinoxe

V: hiver

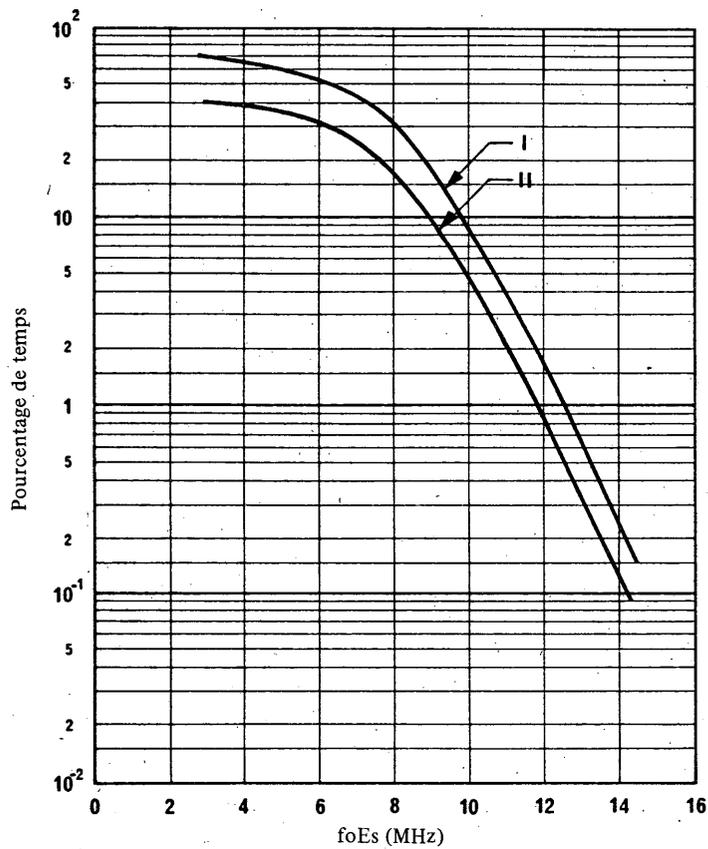


FIGURE 18 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région F: Afrique équatoriale (latitude d'inclinaison  $\pm 6^\circ$ )

I: moyenne annuelle (0600-1800 h)

II: moyenne annuelle

*Note.* – Les différences entre les saisons sont inférieures à l'erreur annuelle moyenne. Par ailleurs, il n'y a pas de variation notable en fonction de l'activité solaire.

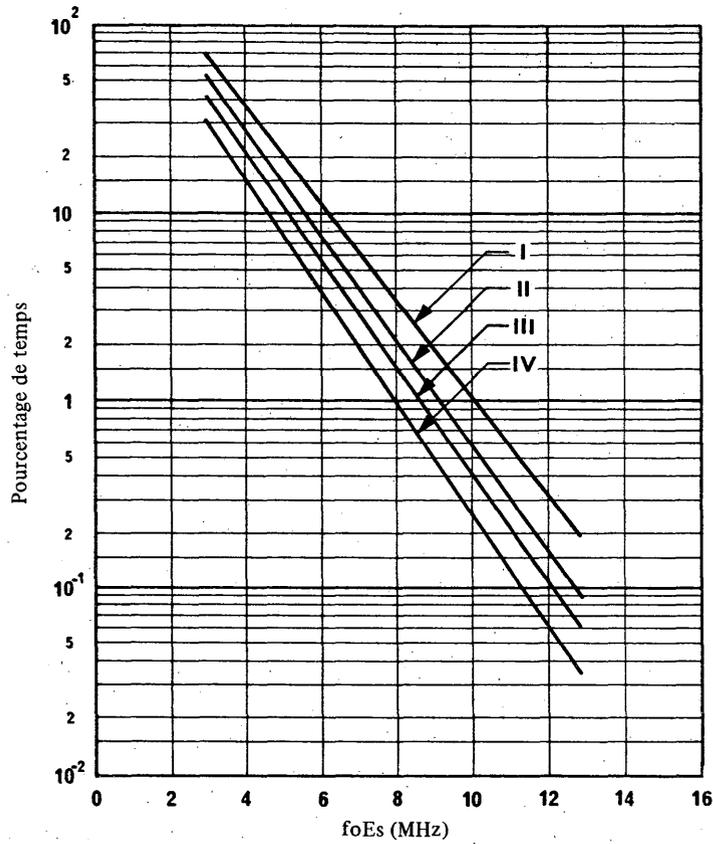


FIGURE 19 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région F: Afrique subéquatoriale (entre  $\pm 6^\circ$  et  $\pm 20^\circ$  de latitude d'inclinaison)

I: été (0600-1800 h)

II: été

III: moyenne annuelle et équinoxe

IV: hiver

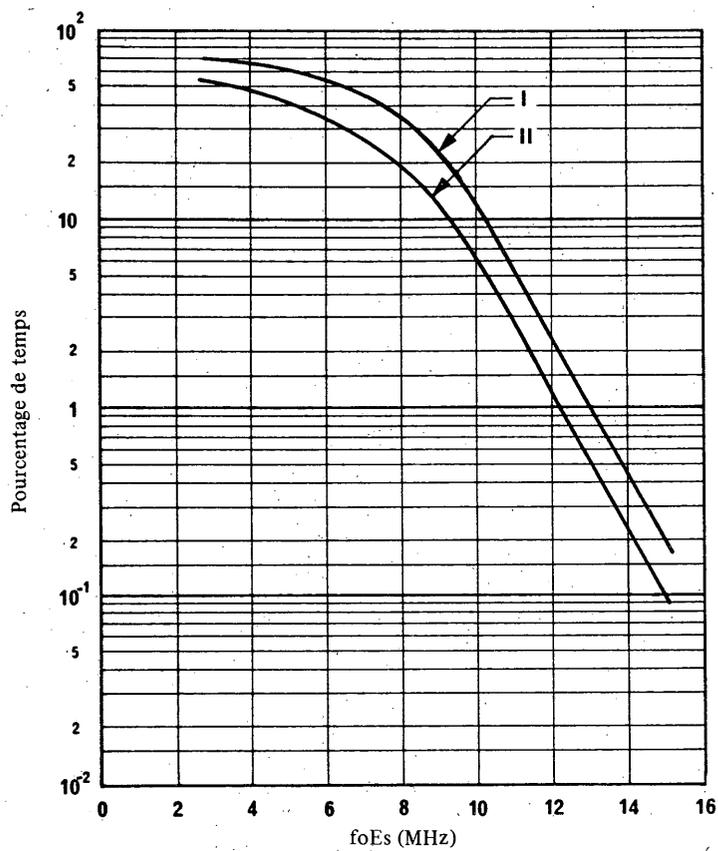


FIGURE 20 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région G: Amérique équatoriale (latitude d'inclinaison  $\pm 6^\circ$ )

I: moyenne annuelle (0600-1800 h)

II: moyenne annuelle

Note. – Les différences entre les saisons sont inférieures à l'erreur annuelle moyenne.

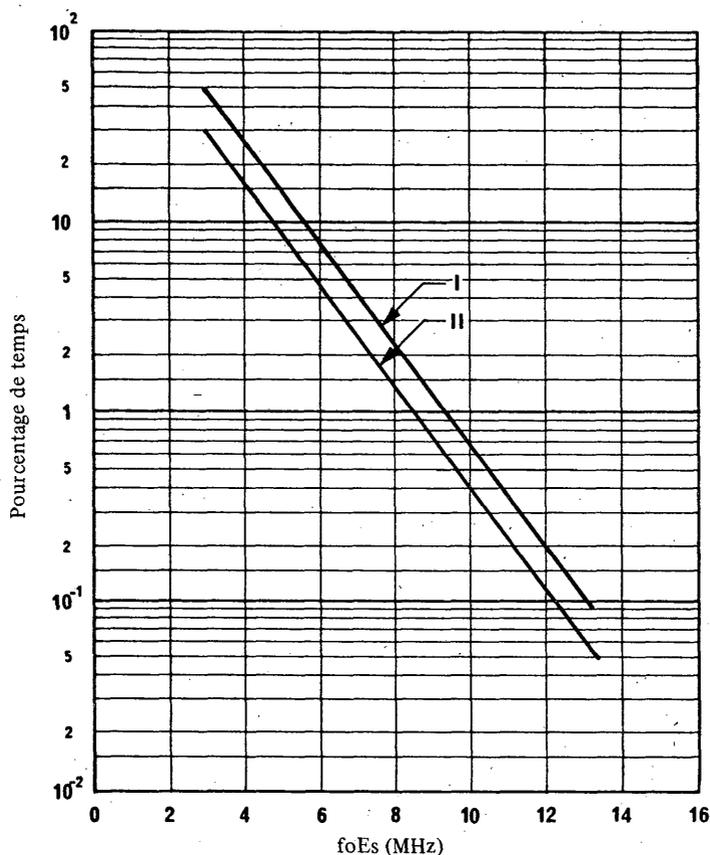


FIGURE 21 – Valeurs de foEs égales ou dépassées pendant les pourcentages de temps indiqués

Région G: Amérique subéquatoriale (entre  $\pm 6^\circ$  et  $\pm 20^\circ$  de latitude d'inclinaison)

I: moyenne annuelle

II: moyenne annuelle

Note. – Les différences entre les saisons sont inférieures à l'erreur annuelle moyenne.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GIRALDEZ, A. E. [1984] Long distance Abnormal VHF propagation. *Contributions on Radiopropagation and Electromagnetic Compatibility 1982-1984* – SECYT, Secretaría de Ciencia y Técnica, Buenos Aires, Argentine.
- MIYA, K. et SASAKI, T. [1966] Characteristics of ionospheric Es propagation and calculation of Es signal strength. *Radio Sci.*, Vol. 1, 99-108.
- MIYA, K., SHIMIZU, K. et KOJIMA, T. [1978] Oblique-incidence sporadic-E propagation and its ionospheric attenuation. *Radio Sci.*, Vol. 13, 3, 559-570.
- SMITH, E. K. [1976] World maps of sporadic E (foEs > 7 MHz) for use in prediction of VHF oblique-incidence propagation. OT Special Publication 76-10, National Technical Information Service (NTIS) Springfield, Va. 22161, Etats-Unis d'Amérique.
- SMITH, E. K. [1978] Temperate zone sporadic E maps (foEs > 7 MHz) *Radio Sci.*, Vol. 13, 3, 571-575.
- UER [1976] Propagation ionosphérique des ondes métriques en Europe (Télévision en bande I). Document technique de l'UER TECH 3214, Vol. I et II. Centre technique, 32, Avenue Albert Lancaster, 1180-Bruxelles, Belgique.

Documents du CCIR

[1978-82]: 6/63 (URSS).

#### BIBLIOGRAPHIE

- MORO, E. S. M. [1984] Anamalous VHF propagations. *Contributions on Radiopropagation and Electromagnetic Compatibility 1982-1984*. SECYT, Secretaría de Ciencia y Técnica, Buenos Aires, Argentine.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

**SECTION 6G: MESURES ET BANQUES DE DONNÉES RELATIVES A LA PROPAGATION-  
IONOSPHERIQUE**

**Cette Section ne comporte pas de Recommandations.**

---

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## RÉSOLUTIONS ET VŒUX

## RÉSOLUTION 4-4

**DIFFUSION DE RENSEIGNEMENTS RELATIFS AUX INDICES  
FONDAMENTAUX POUR LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE**

(1963-1966-1974-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que  $R_{12}$ ,  $IG_{12}$  et  $\Phi_{12}$  ont été recommandés en tant qu'indices à utiliser pour la propagation ionosphérique (Recommandation 371);
- b) qu'il y a intérêt à mettre à la disposition des administrations les valeurs observées et prévues les plus récentes de ces indices,

## DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. de prier le Directeur du CCIR:
  - 1.1 de prendre les dispositions voulues pour obtenir la valeur moyenne mensuelle de  $\Phi$  ainsi que les données solaires et ionosphériques nécessaires pour le calcul des valeurs mensuelles des indices  $R_{12}$  et  $IG_{12}$ ;
  - 1.2 de faire publier ces indices dans le *Journal des télécommunications* ainsi que toutes prévisions des indices que peuvent fournir les administrations et les organisations;
  - 1.3 d'envisager de rendre ces indices disponibles dans des bulletins informatisés qui pourront être interrogés en temps réel, par l'intermédiaire des réseaux de télécommunications internationaux, par les administrations et les autres organismes intéressés;
2. d'inviter les organisations qui obtiennent actuellement des données solaires et ionosphériques fondamentales utiles pour l'élaboration de ces indices à poursuivre leurs observations et à en transmettre les résultats au Directeur du CCIR.

## RÉSOLUTION 63-3 \*

**PROGRAMMES D'ORDINATEUR POUR LA PRÉVISION  
DES CARACTÉRISTIQUES IONOSPHERIQUES, DE L'AFFAIBLISSEMENT  
DE TRANSMISSION DE L'ONDE IONOSPHERIQUE ET DES BRUITS**

(1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que les Rapports du CCIR contiennent la description de méthodes de prévision de l'état de l'ionosphère et des caractéristiques de propagation des ondes radioélectriques;
- b) que, pour utiliser efficacement les méthodes en question, on a besoin de programmes d'ordinateur ainsi que des données numériques de référence à leur associer;
- c) qu'il est coûteux pour les diverses organisations d'établir leurs propres programmes d'ordinateur en vue de faire ces prévisions.

## DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

## 1. de charger le Directeur du CCIR:

- 1.1 d'inviter les organismes qui, à l'heure actuelle, ont leurs propres programmes d'ordinateur, leurs propres données numériques de référence et la documentation connexe concernant les méthodes de prévision décrites dans les Rapports et les Recommandations de la Commission d'études 6, à étudier la possibilité de mettre ces informations à la disposition du Secrétariat du CCIR par l'intermédiaire de la Commission d'études 6;
- 1.2 d'élaborer des programmes d'ordinateur en langage normalisé (si de tels programmes n'existent pas déjà), ainsi que les données numériques et la documentation appropriée (en spécifiant la référence de la version du Rapport correspondant);
- 1.3 de fournir ces documents pour diffusion ou vente aux administrations membres et à d'autres organismes;
- 1.4 d'établir des listes des programmes d'ordinateur et des données numériques de référence disponibles et de les publier dans les documents appropriés du CCIR et dans le Journal des télécommunications, ainsi que des descriptions et des exemples techniques à l'appui.

## ANNEXE I

LISTE DES PROGRAMMES INFORMATIQUES FONDÉS SUR LES MÉTHODES DE PRÉVISION  
DÉCRITES DANS LES RAPPORTS ET RECOMMANDATIONS DE LA  
COMMISSION D'ÉTUDES 6 DISPONIBLES AU SECRÉTARIAT DU CCIR

- 1. Méthode du CCIR pour la prévision de la propagation des ondes décimétriques (Rapport 894):
  - troisième méthode informatique du CCIR pour l'évaluation de la MUF, du champ de l'onde ionosphérique, du rapport signal/bruit, de la LUF et de la fiabilité de référence de circuit.
 Le programme associé (REP 894-2), fondé sur le Rapport 894-2 (Düsseldorf, 1990), est disponible pour ordinateurs centraux et pour micro-ordinateurs.
- 2. Méthode provisoire du CCIR pour l'évaluation du champ et de l'affaiblissement de transmission de l'onde ionosphérique pour les fréquences comprises entre les limites approximatives de 2 et 30 MHz (Rapport 252):
  - prévision de l'affaiblissement de transmission et du champ.
 Le programme associé, HFMLOSS, est disponible pour ordinateurs centraux.
- 3. Deuxième méthode informatisée provisoire du CCIR pour l'évaluation du champ et de l'affaiblissement de transmission de l'onde ionosphérique pour les fréquences comprises entre 2 et 30 MHz (Supplément au Rapport 252):
  - méthode améliorée de prévision de l'affaiblissement de transmission et du champ.
 Le programme associé, SUP252, est disponible pour ordinateurs centraux.

\* La présente Résolution est portée à l'attention de la Commission d'études 1.

4. Caractéristiques et applications des données relatives au bruit radioélectrique atmosphérique (Rapports 322-2 (Genève, 1982) et 322-3 (Dubrovnik, 1986)) et au bruit radioélectrique artificiel (Rapport 258):

- prévision de la puissance du bruit et du champ sur toute fréquence au-dessus de 10 kHz, pour un emplacement géographique et une heure quelconques.

Le programme relatif au Rapport 322-2, NOISEY, est disponible pour ordinateurs centraux; celui relatif au Rapport 322-3, NOISEDAT, l'est pour micro-ordinateurs.

5. Atlas CCIR des caractéristiques ionosphériques (Rapport 340):

- prévision pour un emplacement géographique quelconque, à des heures données et pour des emplacements donnés, à une heure quelconque, des caractéristiques suivantes:
  - a) médiane de foF2 (coefficients numériques d'Oslo)
  - b) médiane de foF2 (coefficients numériques de New Delhi)
  - c) médiane de M(3000)F2
  - d) médiane de foE
  - e) médiane de foF1
  - f) médiane, décile supérieur et décile inférieur de foEs - maximum et minimum de l'activité solaire
  - g) médiane, décile supérieur et décile inférieur de fbEs - minimum de l'activité solaire
  - h) médiane de h'F - maximum et minimum de l'activité solaire
  - j) médiane de h'F,F2 - maximum et minimum de l'activité solaire
  - k) probabilité d'occurrence de F-diffus - maximum et minimum de l'activité solaire;
- prévisions pour un trajet de propagation et une heure quelconques des MUF de référence et d'exploitation des couches E et F.

Les programmes associés, MUFFY, HRMNTH et WOMAP, sont disponibles pour ordinateurs centraux.

6. Méthode simple d'estimation de la MUF de référence et du champ des ondes décimétriques:

Le programme associé, MINIFTZ, est disponible pour micro-ordinateurs.

*Note 1* - Les programmes disponibles pour ordinateurs centraux sont écrits en langage FORTRAN 4 ou FORTRAN 77 et sont compatibles avec le système IBM. Le programme cité au § 1 est fourni sur disquette et ceux cités aux § 2 à 5 sont disponibles sur bandes magnétiques dont les caractéristiques sont les suivantes:

- 9 pistes
- Code: EBCDIC ou ASCII/ISO 7
- Densité: 800 ou 1600 bit/pouce
- Avec ou sans labels (normalement sans labels)
- Longueur de l'enregistrement: fixe (de préférence de 80 caractères) ou variable.

Lors de la commande auprès du CCIR, il convient de spécifier les options souhaitées.

*Note 2* - Les programmes pour micro-ordinateurs sont disponibles sur disquette 360 koctets ou 1,2 Moctets de 5 pouces 1/4 (MS-DOS).

*Note 3* - Pour de plus amples détails concernant les méthodes exposées dans le Rapport 894, le Rapport 252 et le Supplément au Rapport 252, se reporter à la Recommandation 533.

## ANNEXE II

### DONNÉES NUMÉRIQUES DE RÉFÉRENCE QU'ON PEUT SE PROCURER AU CCIR POUR L'APPLICATION DES MÉTHODES ÉNUMÉRÉES DANS L'ANNEXE I

Pour certaines méthodes de prévision énumérées dans l'Annexe I, des données de référence particulières s'imposent. Ces données sont disponibles sur bande magnétique ou sur disque souple pour application sur unité centrale de traitement, ou sur disque souple seulement pour évaluation sur micro-ordinateur. On dispose de trois bandes magnétiques appelées bandes de données 1 à 3. Chaque bande a été élaborée dans le but d'être utilisée pour des procédures et des programmes bien particuliers, mais dans la mesure où elles contiennent chacune un certain nombre d'ensembles de données différents, elles peuvent être utilisées partiellement à d'autres fins.

On trouvera au Tableau I la liste des données disponibles sur chacune des bandes et des indications concernant les documents d'origine auxquels elles se réfèrent.

TABLEAU I - Contenu des bandes de données ionosphériques 1-3

	Données	Document d'origine	Numéro de la bande		
			1	2	3
1	foF2 (coefficients d'Oslo)	Rapport 340, Partie 2	x		x
2	foF2 (coefficients de New Delhi)	Rapport 340, Partie 2		x	
3	M(3000)F2	Rapport 340, Partie 2	x	x	x
4	foE	Rapport 252	x	x	
5	foEs médiane et décile	Rapport 340, Partie 5	x	x	x
6	h'F	Rapport 340, Partie 7	x	x	
7	h'F, F2	Rapport 340, Partie 7			x
8	$F_u$ et $F_l$	Rapport 252	x	x	x
9	Régression de la MUF avec K	Barghausen et autres [1969]	x	x	
10	Surcroît d'affaiblissement de système: médiane et écarts types	Rapport 252	x	x	
11	Surcroît d'affaiblissement du système: incertitudes	Barghausen et autres [1969]	x	x	
12	$T_u$ et $T_l$	Supplément au Rapport 252			x
13	Frontières terre/mer	Rapport 252	x	x	x
14	Puissance de bruit atmosphérique à 1 MHz (représentation en temps local)	Rapport 322-2	x		
15	Puissance de bruit atmosphérique à 1 MHz (représentation en temps universel)	Rapport 322-2		x	x
16	Dépendance de la fréquence, écarts des déciles et incertitudes de prévision de la puissance de bruit atmosphérique	Rapport 322-2	x	x	x
17	Champ magnétique terrestre	Rapport 340, Partie 2			x
18	Coordonnées géomagnétiques corrigées	Supplément au Rapport 252			x

Les caractéristiques des bandes magnétiques sont identiques à celles figurant en Annexe I, à l'exception de la longueur d'enregistrement, fixée à 120 caractères. On dispose aussi d'un programme pour convertir les bandes au format binaire.

On dispose de deux jeux de disques (A et B). Le jeu A contient les données binaires nécessaires à la méthode du Rapport 894, tandis que le jeu B contient, sous forme binaire ou formatées, toutes les données contenues actuellement dans les trois bandes magnétiques de données.

Le Tableau II énumère les données disponibles sur chaque jeu de disques et en indique les documents d'origine.

TABLEAU II — Contenu des jeux de disques de données A et B

	Caractéristique	Document d'origine	Jeu de disques	
			A	B
1	foF2 (coefficients d'Oslo)	Rapport 340-6, Partie 2	x	x
2	foF2 (coefficients de New Delhi)	Rapport 340-6, Partie 2		x
3	foEs médiane et décile	Rapport 340-6, Partie 6		x
4	M(3000)F2	Rapport 340-6, Partie 2	x	x
5	foE	Rapport 340-6, Partie 4		x
6	h'F (Jeu 1)	Rapport 340-6, Partie 8		x
7	h'F (Jeu 2)	Rapport 340-6, Partie 8		x
8	h'F, F2	Rapport 340-6, Partie 8		x
9	$F_u$ et $F_l$	Rapport 252-2		x
10	Surcroît d'affaiblissement de système: médiane et écarts types	Rapport 252-2	x	x
11	$T_u$ et $T_l$	Supplément au Rapport 252-2		x
12	Puissance de bruit atmosphérique à 1 MHz (représentation en temps universel)	Rapport 322-2		x
13	Puissance de bruit atmosphérique à 1 MHz (représentation en temps local)	Rapport 322-2		x
14	Puissance de bruit atmosphérique à 1 MHz (représentation en temps local)	Rapport 322-3	x	x
15	Dépendance de la fréquence, écarts des déciles et incertitudes de prévision de la puissance du bruit atmosphérique	Rapport 322-3	x	x
16	Frontières terre/mer	Rapport 252-2		x
17	Champ magnétique terrestre	Rapport 340-6, Partie 2		x
18	Coordonnées géomagnétiques corrigées	Supplément au Rapport 252-2		x
19	Incertaines sur le surcroît d'affaiblissement de système	Barghausen et autres [1969]		x
20	Régression de la MUF avec K	Barghausen et autres [1969]		x

Les caractéristiques des disques souples sont données en Annexe I. Pour les données formatées la longueur d'enregistrement maximale est de 80 octets. Le nombre de disques dépend de leur capacité et il est indiqué au Tableau III.

TABLEAU III – Nombre de disques souples

Capacité du disque	Jeu de disques A	Jeu de disques B	
		(Binaire)	(Formaté)
360 kilooctets	1	4	14
1,2 mégaoctets	1	1	4

On dispose aussi d'un programme de conversion des données formatées du jeu B en données binaires.

Des informations supplémentaires relatives au contenu des bandes magnétiques de données, aux disques et aux programmes associés peuvent être obtenues auprès du Secrétariat du CCIR.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARGHAUSEN, A. F., FINNEY, J. W., PROCTOR, L. L. et SCHULTZ, L. D. [1969] Predicting long-term operational parameters of high-frequency sky-wave telecommunication systems. ESSA Tech. Rep. ERL 110-1TS 78, US Govt. Printing Office, Washington, DC.

#### ANNEXE III

##### BANQUES DE DONNÉES DE MESURES DU CHAMP DISPONIBLES SUR BANDES MAGNÉTIQUES AU SECRÉTARIAT DU CCIR

Le GTI 6/1 a établi des banques de données de valeurs de champ mesurées en ondes décamétriques, en vue de poursuivre la vérification des procédures de prévision [Bradley, 1985; Suessmann, 1989]. Les banques de données actuellement disponibles sont les suivantes:

#### 1. Banque de données C

Elle comprend les champs mesurés en ondes décamétriques pour 180 combinaisons de circuits et de fréquences (fréquences comprises entre 4,8 et 26 MHz) et pour des longueurs de trajet comprises entre 175 et 25 000 km.

#### 2. Banque de données D1

Elle comprend les champs mesurés en ondes décamétriques pour 181 combinaisons de circuits et de fréquences (fréquences comprises entre 2,5 et 26 MHz) et pour des longueurs de trajet comprises entre 175 et 26 000 km.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRADLEY, P. A [1985] New CCIR Data Base of measured HF field strengths prepared for IWP 6/13. GTI 6/1, Document 250.  
SUESSMANN, P. [1989] CCIR Data Bank D1. GTI 6/1, Document 331.

## ANNEXE IV

PROGRAMMES INFORMATIQUES DISPONIBLES DE CARACTÉRISTIQUES D'ANTENNE  
(TENANT COMPTE DE L'IMPORTANCE D'UNE ÉVALUATION CORRECTE  
DU GAIN D'ANTENNE DANS L'ÉVALUATION DE LA PROPAGATION  
DES ONDES DÉCAMÉTRIQUES)

1. Le calcul du gain d'antenne dans une direction quelconque est inclus dans le programme SUP252 pour les types d'antenne suivants:

- a) demi-doublet vertical à la masse
- b) doublet vertical
- c) doublet horizontal
- d) antenne en losange horizontale avec impédance terminale
- e) antenne log-périodique horizontale
- f) antenne Yagi horizontale
- g) rideau de doublets horizontaux à écran parfaitement conducteur
- h) antenne en V inclinée avec impédance terminale
- j) antenne en losange inclinée avec impédance terminale
- k) antenne à long fil inclinée
- l) antenne en L renversé
- m) antenne en demi-losange
- n) doublet arbitrairement incliné
- p) antenne en losange double inclinée
- q) antenne en boucle.

2. Des progiciels pour micro-ordinateurs permettant de calculer les diagrammes des types d'antenne énumérés ci-dessous sont disponibles auprès du Secrétariat du CCIR:

- Réseaux de doublets demi-onde horizontaux pour ondes décamétriques (HFARRAYS) et antennes en losange horizontales pour ondes décamétriques (HFRHOMBS); voir les Circulaires de l'UIT N<sup>os</sup> 22 et 22 *bis* du 3 décembre 1984.

Le programme HFARRAYS permet de calculer le diagramme de n'importe quel type de réseau de doublets demi-onde horizontaux, depuis le doublet unique jusqu'aux rideaux complexes à une hauteur arbitraire au-dessus d'un sol imparfaitement conducteur.

Le programme HFRHOMBS permet de calculer le diagramme d'antennes en losange horizontales avec des valeurs arbitraires de la longueur du côté, de l'angle et de la hauteur au-dessus d'un sol imparfaitement conducteur.

- Réseaux composés d'un maximum de quatre éléments verticaux pour ondes kilométriques et hectométriques (LFMFANT); voir les Circulaires de l'UIT N<sup>os</sup> 64 du 3 décembre 1985 et 64 *bis* du 26 juin 1986.

Le programme LFMFANT permet de calculer le diagramme de réseaux se composant au maximum de quatre éléments verticaux de hauteur arbitraire. Les calculs peuvent être effectués pour un sol parfaitement ou imparfaitement conducteur.

- Réseaux de doublets demi-onde horizontaux multibande à tir dévié ou non avec réflecteur aperiodique sur un sol imparfaitement conducteur et pour ondes décamétriques (HFMULSLW); voir la Circulaire de l'UIT N<sup>o</sup> 95 du 13 août 1986.

- Réseaux de doublets demi-onde horizontaux, à bande simple ou double, à tir dévié ou non avec réflecteur à doublets accordés sur un sol imparfaitement conducteur et pour ondes décamétriques (HFDUASLW); voir la Circulaire de l'UIT N<sup>o</sup> 95 du 13 août 1986.

Une variante du programme HFDUASLW, intitulée HFDUASL1 est également disponible. Le programme permet de calculer le diagramme de réseaux de doublets alimentés en extrémité, à tir dévié ou non.

## ANNEXE V

## PROGRAMMES INFORMATIQUES ENCORE NÉCESSAIRES

- Méthode de prévision du champ de l'onde ionosphérique pour les fréquences comprises entre 150 et 1600 kHz (Annexe I à la Recommandation 435).

*Note* – Un logiciel a été développé pour l'utilisation de cette méthode par Inuki et autres [1983].

- Méthode du CCIR pour calculer le champ en présence d'ionisation sporadique de la Région E (Annexe I à la Recommandation 534).

*Note* – Un logiciel a été mis au point par le GTI 6/8 pour cette méthode [CCIR, 1986-90].

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INUKI, H., WAKAI, N. et KURIKI, I. [septembre 1983] Développement du programme d'ordinateur pour la prévision du champ de l'onde ionosphérique (ondes kilométriques et ondes hectométriques) (en japonais). *Rev. Radio Res. Labs. Japon*, Vol. 29, 152, 467-485.

*Documents du CCIR:*

[1986-90]: 6/184 (GTI 6/8).

---

## RÉSOLUTION 74-1\*

## DÉTERMINATION DES NOMBRES DE TACHES SOLAIRES

(1982-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

que l'Observatoire de Zurich a cessé d'établir les nombres relatifs de taches solaires  $R_Z$  depuis le 31 décembre 1980,

## DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. de prier le Directeur du CCIR:

1.1 de reconnaître que, pour les besoins du CCIR, les nombres relatifs de taches solaires préparés par le Centre de données pour les indices des taches solaires (SIDC) dirigé par M. A. Koeckelenbergh à l'Observatoire de Belgique (Uccle), ont pris la suite des précédents nombres relatifs de taches solaires  $R_Z$ , à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1981. Les nouveaux nombres relatifs internationaux de taches solaires sont désignés par le symbole  $R_I$ ;

1.2 de prendre note du fait que les services suivants, antérieurement fournis par l'Observatoire de Zurich, sont désormais assurés par le SIDC:

1.2.1 détermination et diffusion *rapide* mensuelle des *nombres relatifs internationaux provisoires de taches solaires* aux institutions et services internationaux qui ont besoin de ces données;

1.2.2 détermination et diffusion des *Prévisions des nombres relatifs internationaux mensuels lissés de taches solaires*;

1.2.3 détermination et diffusion annuelle des *nombres relatifs internationaux définitifs de taches solaires*;

---

\* Cette Résolution doit être portée à l'attention du CIUS, de l'UAI et de l'URSI.

## RÉSOLUTION 111

CAMPAGNE DE MESURES DU CHAMP DANS LA GAMME  
DES ONDES DÉCAMÉTRIQUES

(1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que, dans sa Recommandation N° 514 (HFBC-87), la CAMR HFBC-87 invite le CCIR à entreprendre des études en ce qui concerne la méthode de prévision de la propagation dans la gamme des ondes décimétriques adoptée par la Conférence et à recommander à la fois des améliorations de la méthode et plus tard, en cas de besoin, une méthode améliorée à utiliser à l'avenir pour les bandes d'ondes décimétriques attribuées en exclusivité au service de radiodiffusion;
- b) que des progrès sensibles semblent peu probables tant qu'on ne disposera pas d'une base de données substantielle de nouvelles mesures;
- c) que le Rapport 1149 propose d'effectuer une campagne de mesures du champ et qu'il souligne la nécessité d'assurer une coordination, une formation professionnelle, etc.;
- d) que la Recommandation N° 514 (HFBC-87) recommande en outre aux administrations:
- d'entreprendre des programmes de mesures du champ dans la gamme des ondes décimétriques;
  - de fournir au CCIR des données sous une forme permettant leur étude;
- e) que la Décision 84 indique qu'il conviendrait d'interrompre les efforts portant sur la réalisation d'une campagne de mesures d'un an et de prier instamment les administrations d'entreprendre ces mesures à plus long terme,

## DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. que les administrations devront être instamment priées de faciliter l'exécution de cette campagne en fournissant des émissions à partir d'au moins neuf emplacements dans le monde et en installant et en exploitant, dans la mesure du possible, des stations de réception dans le monde entier;
2. que la campagne de mesures devra durer, si possible, pendant un cycle solaire complet mais que les émissions sur moins de cinq fréquences à partir d'un même emplacement offriront pendant une perspective intéressante pour les mesures;
3. que le Directeur du CCIR devra coordonner l'ensemble des activités entreprises au titre de cette campagne et diffuser les renseignements nécessaires pour l'organiser et la mener à bien;
4. que le Directeur du CCIR devra, en outre, prendre les dispositions nécessaires pour assurer la réception des données sur disquettes, aux fins de validation et d'incorporation dans une banque de données des mesures;
5. que les administrations, le Directeur du CCIR et d'autres organes de l'UIT, dans la mesure où les ressources le permettent, devront s'employer à fournir les directives et la formation nécessaires concernant l'installation et l'exploitation des stations de mesure.

## RÉSOLUTION 112

## RAPPORT DE LA COMMISSION D'ÉTUDES 6 DU CCIR A LA CAMR HFBC(93)

(1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que la Recommandation N° 514 de la HFBC-87 invite le CCIR à entreprendre des études en ce qui concerne la méthode de prévision de la propagation pour les ondes décimétriques adoptée par la Conférence et à recommander à la fois des améliorations de la méthode et plus tard, en cas de besoin, une méthode améliorée à utiliser à l'avenir pour les bandes d'ondes décimétriques attribuées en exclusivité au service de radiodiffusion;
- b) que le GTI 6/1 entreprend actuellement ces études (voir la Décision 85);
- c) que le rapport des travaux devrait être soumis à la CAMR HFBC(93) en temps voulu pour que l'IFRB puisse tenir compte des résultats obtenus,

## DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

que le Directeur du CCIR présentera aux administrations et à l'IFRB, 16 mois avant la date du début de la CAMR HFBC(93), le rapport des études effectuées au sein de la Commission d'études 6.

---

## VŒU 22-5

**SONDAGES RÉGULIERS DE L'IONOSPHERE**

(Programme d'études KA/6)

(1966-1970-1974-1978-1986-1990)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) que les observations régulières effectuées par le réseau actuel de stations au sol de sondage ionosphérique, ainsi que les résultats des programmes de sondages obliques et d'observations par satellite, constituent les bases d'améliorations continues des prévisions ionosphériques à court et à long terme;
- b) qu'étant donné l'importance croissante de la recherche spatiale et des communications avec les stations spatiales, il sera nécessaire de continuer à recueillir régulièrement des renseignements sur l'ionosphère et, éventuellement, d'en modifier la nature et d'en augmenter le nombre;
- c) que la Commission G de l'URSI a créé un Groupe consultatif du réseau d'ionosondes (INAG) qui est chargé de conseiller les stations de sondage ionosphérique en matière scientifique et de donner à l'URSI des avis sur les questions concernant l'ensemble du réseau,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU que les administrations s'efforcent:

1. de continuer l'exploitation du réseau d'ionosondes ainsi que l'échange, de préférence sous forme numérique, des données de base pour lesquelles il existe une forte demande, par l'intermédiaire des Centres mondiaux de données;
2. d'installer de nouvelles ionosondes ou de transférer des ionosondes existantes en des emplacements recommandés par le CCIR en exécution du Programme d'études KA/6 ou bien d'aider les organisations responsables de l'installation de nouvelles ionosondes ou du déplacement des anciennes;
3. de consulter l'URSI (INAG) sur toutes questions concernant l'installation ou la fermeture de stations du réseau d'ionosondes ou sur des projets de modifications au programme d'exploitation ou d'analyse des ionogrammes;
4. d'encourager les travaux entrepris au titre du Programme d'études KA/6 concernant l'emploi de données ionosphériques fournies par des programmes d'observations par satellite et d'étudier les possibilités d'utilisation, pour les prévisions ionosphériques, des données ainsi obtenues dont disposent maintenant les Centres mondiaux de données.

*Note* — Le Directeur du CCIR est prié de transmettre le texte de ce Vœu à l'Union radioscopique internationale (URSI), ainsi qu'à l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), au Comité spécial pour la physique Soleil-Terre (SCOSTEP), au Comité scientifique pour les recherches antarctiques (SCAR) et au Comité pour les recherches spatiales (COSPAR), aux fins de commentaires.

## VŒU 23-4\*

OBSERVATIONS NÉCESSAIRES EN VUE DE L'ÉTABLISSEMENT  
DES INDICES FONDAMENTAUX POUR LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE

(Programme d'études 26A/6)

(1966-1970-1974-1982-1986)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

- a) qu'il est recommandé d'utiliser l'indice  $IG_{12}$  pour les prévisions des valeurs médianes mensuelles de foF2 pour des dates se situant certainement au cours des six mois et peut-être même au cours des douze mois suivant la date de la dernière valeur IG;
- b) qu'il est recommandé d'utiliser l'indice  $\Phi$  pour établir les prévisions des médianes mensuelles de foE, foF1 et foF2 certainement jusqu'à 6 mois, et peut-être même jusqu'à 12 mois à l'avance, par rapport à la date de la dernière observation de la valeur de  $\Phi$ ;
- c) qu'il est recommandé d'utiliser la moyenne glissante sur 12 mois du nombre de taches solaires  $R_{12}$  comme indice pour toutes les prévisions ionosphériques faites plus de 12 mois à l'avance,

## ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

1. d'encourager les treize stations d'observation ionosphérique suivantes, établies de longue date (ou celles qui les remplacent) à poursuivre leur activité en vue de l'établissement de l'indice  $IG_{12}$ :

Canberra	College	Johannesburg	Port Stanley
Christchurch	Delhi	Moscou	Slough
Churchill	Huancayo	Mundaring	Tokyo
			Wallops Island

2. d'encourager le National Research Council (NRC) à Ottawa (Canada) à poursuivre ses mesures de l'intensité de bruit solaire radioélectrique sur 10,7 cm, qui sont nécessaires à l'établissement de l'indice  $\Phi$ ;

3. d'encourager le Centre de données pour les indices des taches solaires (SIDC) dirigé par M. A. Koeckelenbergh, patronné par l'Observatoire royal de Belgique et l'Institut d'Astronomie de l'Université libre de Bruxelles, à poursuivre la détermination et la diffusion des nombres relatifs internationaux de taches solaires.

---

\* Ce Vœu doit être porté à l'attention du NRC, du SIDC et de l'URSI.

**ÉVALUATION DE LA MÉTHODE DU CCIR POUR LA PRÉVISION  
DE LA PROPAGATION DES ONDES DÉCAMÉTRIQUES**

(Programme d'études 30A/6)

(1974-1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il est recommandé d'utiliser la méthode décrite dans le Rapport 894,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

1. que les administrations et organisations apprécient les mérites de cette méthode, compte tenu de leurs besoins;
2. que les administrations et organisations fassent connaître au Directeur du CCIR, à l'intention du Groupe de travail intérimaire 6/1, le jugement qu'elles auront porté sur ces méthodes.

*Note* — Voir aussi le Vœu 68 et la Recommandation 533.

---

## VŒU 67

**OBSERVATIONS GÉOPHYSIQUES ET SOLAIRES NÉCESSAIRES POUR  
LA PRÉVISION A COURT TERME DE LA PROPAGATION IONOSPHERIQUE**

(Programme d'études 27A/6)

(1982)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

que l'utilisation efficace des fréquences radioélectriques dépend de l'existence de données solaires et géophysiques mondiales les plus fiables possibles obtenues à l'aide d'observations effectuées au sol et par satellite,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU que les administrations s'efforcent par tous les moyens:

1. de faire des observations régulières (comme celles dont il est question dans les Rapports 727 et 888) dans le cadre des réseaux mondiaux en vue de fournir les données fondamentales nécessaires aux prévisions à court terme;
2. de mettre en place de nouvelles installations pour faire des observations dans les régions où il n'existe pas de réseau approprié de stations d'observation.

*Note* — Le Directeur du CCIR est prié de transmettre ce texte, avec les Rapports 727 et 888, à l'Union radioscopique internationale (URSI), à l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), à l'Union astronomique internationale (UAI), au Comité spécial pour la physique Soleil-Terre (SCOSTEP) et au Comité pour la recherche spatiale (COSPAR), afin de recueillir les observations de ces organismes.

---

**BANQUE DE DONNÉES CONCERNANT LES MESURES DU CHAMP DE L'ONDE  
IONOSPHERIQUE DANS LA GAMME DES ONDES DÉCAMÉTRIQUES**

(Question 42/6)

(1982-1990)

Le CCIR,

**CONSIDÉRANT**

- a) que, si l'on veut contrôler la précision des méthodes d'évaluation du champ et en mettre au point de nouvelles, il faut disposer de résultats d'observation du champ de l'onde ionosphérique recueillis, dans la gamme des ondes décimétriques, dans des conditions normalisées, pour une grande variété de trajets et de conditions d'exploitation;
- b) que le Rapport 253 indique de façon détaillée comment procéder aux observations et en présenter les résultats en vue d'obtenir des données normalisées présentant le maximum d'intérêt;
- c) que le Rapport 1149 fournit les spécifications pour une campagne de mesures de champ destinée à améliorer les méthodes de prévision;
- c) que le CCIR, par le Groupe de travail intérimaire 6/1, a établi une banque de données de mesure, mais que le contenu de cette banque est insuffisant pour le but recherché,

**ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU**

1. que les administrations et organisations fassent leur possible pour fournir au Directeur du CCIR, en vue de les inclure dans la banque de données, les résultats de mesures dont elles disposent;
2. qu'elles recueillent et fournissent de nouvelles données en se conformant aux procédures décrites en détail dans le Rapport 253;
3. que, bien que les données recueillies et fournies conformément au Rapport 253 soient préférables, les administrations et organisations qui disposent d'autres données soient encouragées à les fournir. La nature de ces données et la manière de les traiter devraient alors être expliquées de façon adéquate.

*Note* — Voir aussi le Vœu 45.

---

VŒU 69

**MESURES DE CHAMP AUX FRÉQUENCES INFÉRIEURES  
A 1,7 MHz ENVIRON**

(Programme d'études 31D/6)

(1982)

Le CCIR,

## CONSIDÉRANT

que de nouvelles données sur la propagation aux fréquences inférieures à 1,7 MHz environ sont nécessaires,

## ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

1. que les administrations et organisations qui ont la possibilité d'effectuer des mesures de champ et de phase, ou qui peuvent procéder à des émissions convenant à de telles mesures, soient encouragées à participer à des campagnes de mesures, particulièrement dans les parties du monde où l'on a fait peu de mesures;
  2. que les administrations et les organisations communiquent leurs résultats au Directeur du CCIR. Dans la mesure du possible on utilisera pour cela les formulaires normalisés du Vœu 46.
-

UTILISATION POUR LA PRÉVISION DE foF2 D'UN INDICE  
D'ACTIVITÉ SOLAIRE (IG) DÉDUIT D'OBSERVATIONS IONOSPHERIQUES

(1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

- a) que le Rapport 340 contient des cartes et des données numériques complètes qui fournissent le moyen le plus répandu de prévoir la foF2 en fonction du nombre des taches solaires;
- b) que les prévisions ainsi effectuées sont, dans certaines régions du monde et à certains moments (voir le Rapport 430), entachées d'erreurs excessives et qu'il serait avantageux, pour l'efficacité des communications, que l'on dispose d'un système de prévision donnant une meilleure précision;
- c) qu'il a été proposé que l'indice IG [Liu et autres, 1983] déduit d'observations ionosphériques et obtenu indépendamment du nombre de taches solaires, soit utilisé avec les données contenues dans le Rapport 340;
- Note.* — Dans cet article, le nouvel indice appelé IG dans le présent document est appelé GESSN.
- d) qu'il a été prouvé que l'on peut utilement améliorer les prévisions de foF2 si l'on utilise l'indice  $IG_{12}$  à la place de l'indice  $R_{12}$ ;
- e) que l'on dispose des valeurs mensuelles de l'indice IG pour les 40 dernières années et que l'on fait actuellement des prévisions des valeurs futures de  $IG_{12}$  en appliquant la même méthode que pour les prévisions de  $R_{12}$  (voir la Recommandation 371);
- f) que les valeurs prévues de l'indice  $IG_{12}$  pour tout un cycle solaire sont disponibles auprès du Secrétariat du CCIR,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU

que le «Science and Engineering Research Council» du Royaume-Uni soit encouragé à poursuivre les prévisions de l'indice  $IG_{12}$  pour l'évaluation de la foF2 et à en communiquer les résultats au Directeur du CCIR à l'intention des administrations et organisations qui désirent les utiliser.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LIU, R. Y., SMITH, P. A. et KING, J. W. [1983] Un nouvel indice solaire dont l'utilisation améliore les prévisions de foF2 fondées sur l'Atlas du CCIR. *J. des Télécomm.*, Vol. 50, VIII, 408-414.

---

## VŒU 85\*

**MESURES DES CARACTÉRISTIQUES  
DU BRUIT RADIOÉLECTRIQUE ATMOSPHERIQUE**

(1986)

Le CCIR,

**CONSIDÉRANT**

- a) que l'intensité du bruit radioélectrique atmosphérique limite la qualité de fonctionnement des circuits radioélectriques fonctionnant à des fréquences inférieures à environ 30 MHz;
- b) que les renseignements contenus dans le Rapport 322-2 (Genève, 1982) sont utilisés depuis longtemps comme élément de planification des services de radiocommunication;
- c) que le Rapport 322-3 fournit de nouveaux renseignements sur les caractéristiques du bruit radioélectrique atmosphérique qui, dans certaines parties du monde, diffèrent considérablement des données indiquées dans la version précédente du Rapport;
- d) que de nouvelles études sont nécessaires comme indiqué en détail dans le Programme d'études 29B/6,

ÉMET A L'UNANIMITÉ LE VŒU que les administrations et exploitations privées reconnues s'emploient:

1. à faire des mesures de l'intensité et d'autres caractéristiques du bruit radioélectrique atmosphérique en tenant compte de la nécessité de distinguer le bruit naturel du bruit artificiel;
2. à analyser les résultats des mesures du bruit radioélectrique atmosphérique sur la base des paramètres utilisés dans le Rapport 322 de manière à faciliter la comparaison;
3. à évaluer les effets pratiques de l'application des renseignements du Rapport 322 à la planification des systèmes de radiocommunication.

---

\* Ce Vœu doit être porté à l'attention des Commissions d'études 1, 3, 7, 8 et 10.

