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

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

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

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

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

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

© International Telecommunication Union

XVII A.P.
DÜSSELDORF
21.5-1.6 1990
CCIR

XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
DÜSSELDORF, 1990

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

RECOMMANDATIONS DU CCIR, 1990

(AINSI QUE RÉSOLUTIONS ET VOEUX)

VOLUME V

PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON 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 I, Art. 11, numéro 84.*

XVII A.P.
DÜSSELDORF
21.5-1.6 1990
CCIR

XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE
DÜSSELDORF, 1990

UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

RECOMMANDATIONS DU CCIR, 1990

(AINSI QUE RÉSOLUTIONS ET VOEUX)

VOLUME V

PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

CCIR COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOCOMMUNICATIONS

92-61-04212-0

Genève, 1990

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

PLAN DES VOLUMES I A XV
DE LA XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU CCIR

(Düsseldorf, 1990)

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

© UIT

1990
Imprimé en Suisse

RÉPARTITION DES TEXTES DE LA XVII[e] ASSEMBLÉE PLÉNIÈRE DU CCIR PARMI LES VOLUMES I A XV

Les Volumes I à XV et leurs Annexes, XVII[e] Assemblée plénière, contiennent tous les textes du CCIR actuellement en vigueur. Ils se substituent à ceux de l'édition de la XVI[e] 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 sucessives 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

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 (1)
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 (1)	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 (1)	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 (1)	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.

(1) 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 (1)	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 (1)
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.

(1) 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		

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 + XII	69	VIII-1	95	X-1 + XI-1
		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	76	IV-1 + X-1 + XI-1 + XII	100	I
51	X/XI-2			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 V

PROPAGATION DANS LES MILIEUX IONISÉS

(Commission d'études 5)

TABLE DES MATIÈRES

		Page
Plan des Volumes I à XV de la XVII[e] Assemblée plénière du CCIR		II
Répartition des textes de la XVII[e] 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 5 et Introduction par le Rapporteur principal de la Commission d'études 5		XIII
Section 5A — Textes d'intérêt général		
Introduction aux textes de la Commission d'études 5. *Propagation dans les milieux non ionisés*		1
Rec 525-1	Calcul de la propagation en espace libre	5
Rec 341-2	Notion d'affaiblissement de transmission pour les liaisons radioélectriques	10
Rec 311-5	Acquisition, présentation et analyse des données obtenues au cours de l'étude de la propagation troposphérique	16
Rec 310-7	Définitions des termes relatifs à la propagation dans les milieux non ionisés	17
Section 5B — Effets du sol (y compris la propagation de l'onde de sol)		
Rec 368-6	Courbes de propagation de l'onde de sol entre 10 kHz et 30 MHz	21
Rec 526-1	Propagation par diffraction	37
Rec 527-2	Caractéristiques électriques du sol	38
Section 5C — Effets de l'atmosphère (radiométéorologie)		
Rec 369-4	Atmosphère de référence pour la réfraction	41
Rec 453-2	Formule donnant l'indice de réfraction radioélectrique	42
Rec 676	Affaiblissement par les gaz de l'atmosphère	43
Rec 677	Emissions radioélectriques provenant de sources naturelles à des fréquences supérieures à 50 MHz	44
Rec 678	Caractérisation de la variabilité naturelle des phénomènes de propagation	45
Rec 581-2	Notion de «mois le plus défavorable»	46
Section 5D — Aspects relatifs à la radiodiffusion de Terre et aux services mobiles de Terre		
Rec 370-5	Courbes de propagation sur ondes métriques et décimétriques dans la gamme des fréquences comprises entre 30 et 1000 MHz. *Services de radiodiffusion*	47
Rec 616	Données sur la propagation nécessaires pour les services mobiles maritimes de Terre fonctionnant à des fréquences supérieures à 30 MHz	75
Rec 528-2	Courbes de propagation dans les bandes d'ondes métriques, décimétriques et centimétriques pour le service mobile aéronautique et le service de radionavigation aéronautique	76
Rec 529-1	Données de propagation et méthodes de prévision en ondes métriques et décimétriques pour les services mobiles terrestres	85

Pag

Section 5E – Aspects relatifs au service fixe de Terre

Rec 530-3 Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre 8

Rec 617 Données sur la propagation nécessaires pour la conception des faisceaux hertziens transhorizon 8

Section 5F – Aspects relatifs aux systèmes de télécommunications spatiales

Rec 618-1 Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication Terre-espace 89

Rec 679 Données de propagation nécessaires pour la conception des systèmes de radiodiffusion par satellite 90

Rec 680 Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles maritimes Terre-espace 91

Rec 681 Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles terrestres Terre-espace 92

Rec 682 Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication aéronautiques mobiles Terre-espace 93

Section 5G – Facteurs de propagation intervenant dans les brouillages: Systèmes spatiaux et de Terre

Rec 452-4 Données sur la propagation nécessaires à l'évaluation des brouillages entre stations situées à la surface de la Terre 95

Rec 619 Données sur la propagation nécessaires à l'évaluation des brouillages entre des stations dans l'espace et des stations situées à la surface de la Terre 96

Rec 620 Données sur la propagation nécessaires au calcul des distances de coordination 97

Résolutions

Résolution 72-2 Manuel des courbes de propagation de l'onde de sol 99

Résolution 73-1 Atlas mondial de la conductivité du sol 100

Résolution 79 Etudes de propagation radioélectrique dans les régions tropicales (voir Volume XIV-1) 101

INDEX DES TEXTES PAR ORDRE NUMÉRIQUE

		Page
SECTION 5A:	Textes d'intérêt général	1
SECTION 5B:	Effets du sol (y compris la propagation de l'onde de sol)	21
SECTION 5C:	Effets de l'atmosphère (radiométéorologie)	41
SECTION 5D:	Aspects relatifs à la radiodiffusion de Terre et aux services mobiles de Terre	47
SECTION 5E:	Aspects relatifs au service fixe de Terre	87
SECTION 5F:	Aspects relatifs aux systèmes de télécommunications spatiales	89
SECTION 5G:	Facteurs de propagation intervenant dans les brouillages: Systèmes spatiaux et de Terre	95

RECOMMANDATIONS	Section	Page
Recommandation 310-7	5A	17
Recommandation 311-5	5A	16
Recommandation 341-2	5A	10
Recommandation 368-6	5B	21
Recommandation 369-4	5C	41
Recommandation 370-5	5D	47
Recommandation 452-4	5G	95
Recommandation 453-2	5C	42
Recommandation 525-1	5A	5
Recommandation 526-1	5B	37
Recommandation 527-2	5B	38
Recommandation 528-2	5D	76
Recommandation 529-1	5D	85
Recommandation 530-3	5E	87
Recommandation 581-2	5C	46
Recommandation 616	5D	75
Recommandation 617	5E	88
Recommandation 618-1	5F	89
Recommandation 619	5G	96
Recommandation 620	5G	97
Recommandation 676	5C	43
Recommandation 677	5C	44
Recommandation 678	5C	45
Recommandation 679	5F	90
Recommandation 680	5F	91
Recommandation 681	5F	92
Recommandation 682	5F	93

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

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

COMMISSION D'ÉTUDES 5

PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

Mandat:

Etudier, dans le but d'améliorer les radiocommunications, la propagation des ondes radioélectriques (et l'étude des bruits radioélectriques associés):

- à la surface de la Terre,
- à travers les régions non ionisées de l'atmosphère terrestre,
- et dans l'espace où l'effet d'ionisation et négligeable.

1986-1990	*Rapporteur principal:*	A. KALININE (URSS)
	Vice-Rapporteurs principaux:	F. FEDI (Italie) Y. HOSOYA (Japon)

Pour la prochaine période d'études, conformément à la Résolution 61, adoptée à la XVII[e] 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 5

PROPAGATION DES ONDES RADIOÉLECTRIQUES DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

Domaine de compétence:

Propagation des ondes radioélectriques et des bruits radioélectriques associés dans les milieux non ionisés à et au-dessus de la surface de la Terre afin d'améliorer les systèmes de radiocommunication.

1990-1994	*Rapporteur principal:*	A. KALININE (URSS)
	Vice-Rapporteurs principaux:	F. FEDI (Italie) Y. HOSOYA (Japon)

INTRODUCTION PAR LE RAPPORTEUR PRINCIPAL DE LA COMMISSION D'ÉTUDES 5

Au cours de la période d'études 1986-1990, la Commission d'études 5 a poursuivi l'examen approfondi des divers aspects de la propagation des ondes radioélectriques dans des milieux non ionisés, en tenant compte des besoins des différents services de Terre et spatiaux. Le fait que plus de 400 documents aient été examinés au cours des réunions intérimaire et finale de la Commission d'études 5 témoigne du volume de travail accompli.

La Commission d'études 5 continue à renforcer sa coopération avec d'autres Commissions d'études afin de répondre aux besoins concrets des Commissions d'études responsables des divers services. En particulier, il a été décidé, lors de la réunion finale, que la Commission d'études 5 doit participer à deux Groupes de travail intérimaires mixtes, l'un chargé d'établir le rapport du CCIR à la CAMR-92 et l'autre devant traiter de la détermination de la zone de coordination afin de mettre à jour l'Appendice 28 du Règlement des radiocommunications.

Activités des Groupes de travail intérimaires

Les travaux entrepris au sein des quatre GTI de la Commission d'études 5 depuis la XVI[e] Assemblée plénière sont résumés ci après:

GTI 5/1 (Décision 3)

Influence de la surface de la Terre et aspects d'intérêt général relatifs à la propagation troposphérique

Président: A. Blomquist (Suède)

Le GTI 5/1 a tenu deux réunions mais ses travaux ont été pour la plupart effectués par correspondance et par le Secrétariat. Ces travaux ont concerné principalement les domaines suivants:

- préparation d'un Manuel des courbes de propagation de l'onde de sol, conformément à la Résolution 72;
- améliorations de la Recommandation 368, y compris la tolérance pour tenir compte de l'effet du champ proche;
- méthodes de traitement de la propagation par diffraction sur des arêtes vives multiples et méthodes de prévision autonomes pour les trajets au-dessus de terrains irréguliers;
- examen des textes de nature générale contenus dans le Volume V, y compris un projet de révision de l'«Introduction aux textes».

A sa réunion finale, la Commission d'études a estimé que le GTI s'est acquitté avec succès de son mandat et que la Décision 3 devait être supprimée. Le GTI 5/1 a donc été dissous.

Cependant, la Commission d'études reconnaît la nécessité d'entreprendre certaines études spécifiques relatives aux effets du terrain et des structures artificielles. En particulier, un tel travail pourrait tirer fortement parti de l'utilisation de bases de données numériques topographiques. Par conséquent, la Commission d'études a adopté la Décision 102 (Prévisions de propagation fondées sur des bases de données topographiques numériques incluant l'irrégularité du terrain et les structures artificielles) portant création du nouveau GTI 5/6 chargé d'entreprendre les études correspondantes.

GTI 5/2 (Décision 4)

Données relatives à la propagation troposphérique pour la planification des systèmes de Terre entre points fixes et spatiaux et pour la détermination de la probabilité de brouillage entre les systèmes

Président: P.M. Hall (Royaume Uni)

Le GTI s'est réuni deux fois pendant la période d'études et ses travaux ont principalement porté sur les domaines suivants:

- examen et mise au point des bases de données de la Commission d'études 5, récemment mises en œuvre dans le cadre d'un système informatique de gestion de base de données;
- examen des résultats des Groupes chargés des essais responsables de la mise à l'épreuve des méthodes de prévision contenues dans les Sections E, F et G; ces travaux ont abouti à la recommandation d'une seule méthode pour l'affaiblissement par les précipitations sur un trajet Terre-espace;
- préparation de réponses à des questions adressées à la Commission d'études 5 par d'autres Commissions d'études.

La Décision 4, révisée à la réunion finale, couvre non seulement les aspects plus généraux des sujets évoqués dans les Sections E, F et G, mais demande qu'un accent particulier soit mis sur les sujets suivants:

- données de propagation relatives à la prévision des niveaux de brouillage et détermination de la distance de coordination;
- conséquences des nouvelles données provenant des régions tropicales sur les méthodes de prévision de l'affaiblissement par les précipitations recommandées dans les Rapports 338 et 564.

GTI 5/3 (Décision 5)

Influence des régions non ionisées de l'atmosphère sur la propagation des ondes

Président: F. Fedi (Italie)

Le GTI s'est réuni deux fois pendant la période d'études et a apporté des modifications importantes à de nombreux textes fondamentaux sur la radiométéorologie. Par ailleurs, il a établi le Rapport 1147 sur l'évaluation statistique des données qui concerne particulièrement les travaux actuels de la Commission d'études relatifs à l'essai des méthodes de prévision en fonction de données mesurées.

Parmi les autres sujets, on peut citer:

- la structure verticale et horizontale de la pluie;
- le comportement en latitude de la hauteur de l'isotherme zéro;
- le changement d'échelle de fréquence;

- l'examen des données sur les taux de précipitation dans les faibles latitudes et la constitution d'une banque de données du CCIR sur l'intensité des précipitations;
- l'influence des nuages et du brouillard aux fréquences supérieures à environ 20 GHz;
- le modèle de scintillation troposphérique et les données de mesure associées.

Outre les études générales des phénomènes radiométéorologiques, une version révisée de la Décision 5 demande que soient entreprises des études spécifiques sur les sujets suivants:

- climatologie et variation naturelle des précipitations et leurs effets;
- données et modèles météorologiques pour la prévision de l'affaiblissement sur les trajets Terre-espace pour des pourcentages de temps compris entre 0,1 et 10%.

GTI 5/5 (Décision 50)

Données relatives à la propagation troposphérique pour les services de radiodiffusion de Terre et les services mobiles de Terre

Président: H. Berthod (France)

Avec deux réunions, l'activité du GTI a été dominée par les travaux intersessions en vue de la CARR AFBC. Lors de la préparation du chapitre sur la propagation destiné au Rapport du CCIR à la seconde session de la Conférence, on a utilisé de précieuses données de mesure obtenues du Burkina Faso, de Tel Aviv et de l'Afrique du Sud, ainsi que les études entreprises sur la base des données disponibles en matière de réfractivité; on a également préparé des documents relatifs au partage dans la Bande V de télévision ainsi qu'à l'utilisation de la polarisation circulaire en radiodiffusion télévisuelle.

De plus, le GTI a commencé une réévaluation profonde de la méthode de prévision décrite dans la Recommandation 370 pour le service de radiodiffusion dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques, en vue de mettre au point une méthode universelle pour tous les trajets de propagation de point à zone, et comprenant par conséquent les systèmes mobiles. Le GTI a également procédé à une révision approfondie du Rapport 567 relatif aux données de propagation des services mobiles terrestres ainsi qu'aux méthodes de prévision.

Au cours de la réunion finale de la Commission d'études, il a été décidé de supprimer la Décision 50 et par conséquent de dissoudre le GTI 5/5. Cependant, il a été reconnu qu'un complément d'étude était nécessaire en relation avec les services de radiodiffusion de Terre et les services mobiles terrestres et, par conséquent, la Commission d'études a invité le Rapporteur principal, en consultation avec le Directeur du CCIR, à identifier les études nécessaires qui seraient ultérieurement entreprises par un nouveau GTI. Le mandat de ce nouveau GTI (GTI 5/7) a trait particulièrement à la spécification d'une méthode de prévision uniforme qui convienne à la fois aux services de radiodiffusion et aux services mobiles terrestres.

GTI ORB(2) (Etudes que doit entreprendre le CCIR pendant la période intersessions et qui doivent être soumises à la seconde session de la CAMR ORB-88)

La contribution de la Commission d'études 5 au GTIM a été confiée à un Rapporteur spécial qui, avant la réunion, a examiné les données de propagation contenues dans le Volume V et qui se rapportent aux études intersessions et les a résumées en vue de leur examen ultérieur au sein du GTIM.

GTIM AFBC(2) (Etudes préparatoires du CCIR en vue de la CARR AFBC(2))

Pendant la période d'études, le GTIM a tenu deux réunions. La contribution de la Commission d'études 5 a été présentée principalement par l'intermédiaire du GTI 5/5 qui a établi le chapitre du rapport du CCIR relatif à la propagation.

Résultats principaux

Lors des réunions intérimaire et finale de la Commission d'études 5, des adjonctions et des améliorations ont été apportées à la plupart des textes de la Commission d'études, des nouvelles Recommandations et de nouveaux Rapports ont été élaborés et un temps considérable a été consacré à la mise à jour des Questions et des Programmes d'études. Les adjonctions et modifications apportées aux textes de toutes les sections du Volume V sont résumées ci-après.

Section 5A — Textes d'intérêt général

Le Rapport 1144 a été élaboré concernant la constitution de banques de données sur la propagation des ondes radioélectriques, nécessaires pour la mise à jour des méthodes actuelles de prévision et pour la mise au point de nouvelles méthodes. Ce Rapport indique les formats de présentation des données concernant les divers aspects de la propagation des ondes radioélectriques. La Recommandation 311 a été modifiée compte tenu du nouveau Rapport. L'introduction aux textes de la Commission d'études 5 a été mise à jour. Des adjonctions et des modifications ont été apportées à la Recommandation 310 «Définitions des termes relatifs à la propagation dans les milieux non ionisés» et au Rapport 1007 «Lois de probabilité dans la propagation des ondes radioélectriques». Il a été décidé de ne pas réimprimer le Rapport 227 «Méthodes générales de mesure du champ et de certaines grandeurs qui s'y rapportent» dans la prochaine édition du Volume V étant donné qu'il s'agit là d'un texte de référence. Un renvoi au Volume V de la XVI^{e} Assemblée plénière du CCIR, où figure le Rapport, serait suffisant.

Section 5B – Effets du sol (y compris la propagation de l'onde de sol)

Le Rapport 1145 a été établi. Intitulé «Propagation sur un terrain irrégulier avec et sans végétation», ce Rapport étudie différents modèles d'approximation de l'irrégularité du terrain ainsi que des méthodes de prévision de l'affaiblissement de transmission sur un terrain irrégulier. Le Rapport évalue également l'affaiblissement dû aux effets de terrains boisés et broussailleux. Des adjonctions et des modifications ont été apportées au Rapport 715 «Propagation par diffraction» et au Rapport 1008 «Réflexion sur la surface de la Terre». En ce qui concerne le Rapport 227, la Commission d'études a décidé que le Rapport 336 ne serait pas réimprimé et que des renvois seraient faits à la version contenue dans le Volume V (Dubrovnik, 1986).

Section 5C – Effets de l'atmosphère (radiométéorologie)

Trois nouvelles Recommandations ont été élaborées: Recommandation 676 «Affaiblissement par les gaz de l'atmosphère», Recommandation 677 «Emissions radioélectriques provenant de sources naturelles à des fréquences supérieures à 50 MHz» et Recommandation 678 «Caractérisation de la variabilité naturelle des phénomènes de propagation». On a également établi le Rapport 1147 intitulé «Evaluation statistique des données», dans lequel des modèles spécifiques sont proposés pour le calcul de la variabilité des données de propagation. Des adjonctions et des modifications ont été apportées au Rapport 563 «Données radiométéorologiques», au Rapport 721 «Affaiblissement dû aux hydrométéores en particulier aux précipitations, et autres particules atmosphériques», au Rapport 718 «Effets de la réfraction troposphérique sur la propagation des ondes radioélectriques», au Rapport 723 «Statistiques relatives au mois le plus défavorable», au Rapport 722 «Transpolarisation due à l'atmosphère», au Rapport 719 «Affaiblissement par les gaz de l'atmosphère» et au Rapport 882 «Diffusion par les précipitations».

Section 5D – Aspects relatifs à la radiodiffusion de Terre et aux services mobiles de Terre

Des adjonctions et des modifications ont été apportées au Rapport 567 «Données de propagation et méthodes de prévision pour les services mobiles terrestres fonctionnant dans les bandes de fréquences comprises entre 30 MHz et 3 GHz», concernant notamment le phénomène de dépolarisation, les effets de la végétation et des bâtiments sur l'intensité du champ et l'évaluation de la structure du signal multitrajet. Certains nouveaux éléments ont été inclus dans le texte du Rapport 239 «Résultats statistiques relatifs à la propagation pour le service de radiodiffusion dans la gamme des fréquences comprises entre 30 et 1 000 MHz» et du Rapport 562 «Données de propagation pour la radiodiffusion de Terre et les systèmes de communication point à multipoint dans les bandes de fréquences supérieures à 10 GHz».

Section 5E – Aspects relatifs au service fixe de Terre

Des modifications importantes ont été apportées au texte de la Recommandation 530 «Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre». Cette Recommandation contient maintenant des détails concernant les aspects de la propagation des ondes radioélectriques traités dans le Rapport 338 et qui sont applicables à de tels systèmes. Le Rapport 338 a été remplacé par un nouveau texte. De nouvelles données ont été consignées dans le Rapport 238 «Données sur la propagation et méthodes de prévision nécessaires pour les faisceaux hertziens transhorizon».

Section 5F – Aspects relatifs aux systèmes de télécommunications spatiales

Quatre nouvelles Recommandations ont été élaborées. La Recommandation 679, intitulée «Données de propagation nécessaires pour la conception des systèmes de radiodiffusion par satellite», propose que les données contenues dans le Rapport 565 soient utilisées pour ces systèmes. La Recommandation 680, intitulée «Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles maritimes Terre-espace», propose que les données contenues dans le Rapport 884 soient utilisées pour ces systèmes. La Recommandation 681, intitulée «Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication mobiles terrestres Terre-espace», propose que les méthodes décrites dans le Rapport 1009 soient utilisées pour ces systèmes. La Recommandation 682 intitulée «Données de propagation nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication aéronautiques mobiles Terre-espace», propose que les données contenues dans le Rapport 1148 soient utilisées pour ces systèmes; le Rapport 1148 décrit les effets spécifiques de la propagation des aéronefs volant à haute altitude et à grande vitesse. Des modifications ont été apportées au Rapport 618 «Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour la conception de systèmes de télécommunication Terre-espace». De nouveaux éléments ont été ajoutés à tous les Rapports de la section 5F.

Section 5G – Facteurs de propagation intervenant dans les brouillages: systèmes spatiaux et de Terre

Le Rapport 1146 relatif à «La diffusion par le terrain en tant que facteur de brouillages» a été élaboré. Des adjonctions ont été apportées au Rapport 569 «Evaluation des facteurs de propagation liés aux problèmes de brouillage entre stations situées sur la surface de la Terre aux fréquences supérieures à 0,5 GHz» et au Rapport 885 «Données sur la propagation nécessaires à l'évaluation des brouillages entre stations dans l'espace et stations situées à la surface de la Terre».

Questions et Programmes d'études

Un travail considérable a été accompli pour la mise à jour des Questions et des Programmes d'études. On a particulièrement veillé à formuler les Questions de manière à donner des directives suffisamment détaillées pour l'étude d'aspects de la propagation ayant une incidence sur les besoins des différents services. Sur la base des Questions et des Programmes d'études existants, 13 nouvelles Questions et deux Questions révisées ont été élaborées:

- Question 1-4/5 — Influence du sol sur la propagation au-dessous de 30 MHz
- Question 2-5/5 — Données radiométéorologiques nécessaires pour la planification des systèmes de communication de Terre et spatiale et les applications de la recherche spatiale
- Question 9/5 — Prévision de propagation compte tenu des caractéristiques détaillées du terrain, et des bases de données numériques du terrain
- Question 10/5 — Effets des irrégularités du terrain, de la végétation et des bâtiments sur la propagation troposphérique
- Question 11/5 — Données de propagation nécessaires au service de radiodiffusion de Terre entre 30 MHz et 10 GHz
- Question 12/5 — Données de propagation nécessaires au service mobile terrestre entre 30 MHz et 10 GHz
- Question 13/5 — Données de propogation nécessaires à la radiodiffusion de Terre au-dessus de 10 GHz
- Question 14/5 — Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires aux systèmes à visibilité directe
- Question 15/5 — Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires aux systèmes transhorizon
- Question 16/5 — Données de propagation sur le bruit et méthodes de prévision nécessaires aux systèmes de télécommunication spatiale
- Question 17/5 — Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour le service de radiodiffusion par satellite dans les bandes de fréquences supérieures à 0,5 GHz environ
- Question 18/5 — Données de propagation et méthodes de prévision nécessaires pour les services mobiles et de radiorepérage par satellite dans les bandes de fréquences supérieures à 0,5 GHz environ
- Question 19/5 — Facteurs de propagation affectant le partage des bandes de fréquences
- Question 20/5 — Rôle joué par la diffusion provoquée par les précipitations dans les brouillages entre systèmes de Terre et systèmes spatiaux
- Question 21/5 — Diffusion due au terrain en tant que facteur de brouillage.

Tâches principales prévues pour la prochaine période d'études

La tâche la plus urgente pour la prochaine période d'études consiste à définir des méthodes normalisées pour la prévision des caractéristiques statistiques des signaux pour les divers services. A l'heure actuelle, nombre des Rapports du Volume V ne fournissent que des solutions de remplacement fondées généralement sur des données nationales. Il convient de comparer ces méthodes entre elles et en fonction de l'important volume de données expérimentales contenues dans les banques de données. Ces comparaisons devraient indiquer les méthodes les plus acceptables, c'est-à-dire celles qui donnent le maximum de précision dans la prévision et ce, pour la plus large gamme de conditions climatiques et topographiques. On pourrait alors recommander l'application de ces méthodes à l'échelon mondial.

Une tâche de routine qui est toujours importante consiste à recueillir davantage de données expérimentales sur la propagation dans différentes conditions naturelles et dans différentes bandes de fréquences, en tenant compte des caractéristiques opérationnelles spécifiques des différents systèmes radioélectriques.

Le développement intensif des systèmes mobiles à satellites (terrestre, maritime, aéronautique et de navigation) exige que l'on entreprenne des études portant sur les effets exercés par l'environnement sur les caractéristiques des signaux de ces systèmes: affaiblissement du signal dû à l'irrégularité du terrain, à la végétation et aux bâtiments, diffusion de l'onde, réflexion et trajets multiples.

Etant donné le succès grandissant des faisceaux hertziens numériques à visibilité directe et à débit élevé, il est nécessaire d'entreprendre des études expérimentales et théoriques portant sur la distorsion de l'amplitude du signal en fonction de la fréquence et de la phase en fonction de la fréquence, distorsions qui ont un effet extrêmement négatif sur le fonctionnement de ces systèmes. Il sera particulièrement important d'étudier ces distorsions sur des trajets plats, où l'effet de réflexion de la surface de la Terre est considérable et il faut utiliser un modèle de signal statistique à trois trajets pour décrire les processus.

Comme par le passé, il sera nécessaire de poursuivre les efforts en vue de déterminer la dépendance précise des niveaux des signaux brouilleurs par rapport à la distance, à la hauteur de l'antenne, à la fréquence et aux conditions climatiques et topograhiques.

SECTION 5A: TEXTES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

INTRODUCTION AUX TEXTES DE LA COMMISSION D'ÉTUDES 5

PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

La Commission d'études 5 a pour mandat d'étudier la propagation des ondes radioélectriques (y compris le bruit radioélectrique)

- à la surface de la Terre,
- à travers les régions non ionisées de l'atmosphère terrestre,
- dans l'espace extra-atmosphérique, là où l'effet d'ionisation est négligeable,

dans le but d'améliorer les radiocommunications. Les effets dus au terrain dépendent soit de la topographie, soit des caractéristiques électriques de la surface de la Terre; ces effets se font sentir dans toute l'étendue du spectre des fréquences radioélectriques. La partie la plus importante de la région non ionisée de l'atmosphère est la troposphère. Son influence sur la propagation est très importante aux fréquences supérieures à environ 30 MHz mais devient moins importante lorsque la fréquence diminue. La propagation dans l'espace extra-atmosphérique est surtout une extension du concept d'espace libre largement appliqué dans les calculs en général. Ces facteurs définissent donc les domaines d'activité essentiels de la Commission d'études 5.

Le problème fondamental auquel un ingénieur des radiocommunications se trouve confronté lorsqu'il doit mettre sur pied un service est d'obtenir un rapport signal utile/signal brouilleur satisfaisant dans les systèmes analogiques ou un très faible taux d'erreur dans les systèmes numériques. Dans ce contexte, le signal brouilleur peut être composé:

- de bruit qui prend naissance dans l'équipement terminal ou qui est inhérent au système et résulte d'une propagation par trajets multiples (par exemple, le bruit d'intermodulation dans les liaisons MRF-MF);
- de bruit artificiel, c'est-à-dire de bruit radioélectrique résultant de l'activité humaine à l'exclusion des autres sources d'émission;
- de bruit dû à des causes naturelles, y compris le bruit d'origine extra-terrestre;
- d'échos dus aux trajets multiples;
- de signaux brouilleurs émis par d'autres services de radiocommunication.

Il appartient à l'ingénieur de faire appel à un signal approprié qui réponde aux caractéristiques de qualité du service en question, dans les conditions prévues de son fonctionnement. Pour résoudre ce problème, il faut connaître le niveau et la variation du signal utile, d'une part et le signal brouilleur, d'autre part. De plus, on peut être plus ou moins maître du signal brouilleur.

Les données relatives à l'affaiblissement et à l'évanouissement escomptés d'un signal servent à déterminer la puissance, les caractéristiques de l'antenne, la portée utile ou la longueur du bond; à partir de là, on peut évaluer la qualité de fonctionnement du service pour tel ou tel pourcentage de temps (par exemple, 99%) à un emplacement de réception donné ou pour un pourcentage spécifié d'emplacements (par exemple, 50%) à l'intérieur d'une zone de réception. Ces données de propagation sont également nécessaires pour évaluer le niveau des signaux brouilleurs qui ne sont dépassés que pendant un faible pourcentage de temps (par exemple, 0,1%), et ici encore au point de réception ou aux points de réception considérés.

La façon la plus efficace d'obtenir des informations sur la propagation consiste à rassembler et à analyser les données de mesure sur un long terme. Par exemple, les mesures du champ reçu qui résultent d'une transmission sur la fréquence considérée peuvent fournir des statistiques concernant le niveau du signal escompté. En outre, l'utilité de ces données peut être considérablement accrue lorsqu'on mesure simultanément la principale caractéristique qui influe sur la propagation; c'est le cas, par exemple des mesures simultanées du taux de précipitations et du niveau du signal reçu en provenance d'une transmission par satellite en ondes centimétriques. Ces deux séries de données peuvent, à leur tour, servir de base à une méthode de prévision de la propagation qui pourra alors être appliquée dans d'autres régions dont les caractéristiques de propagation sont analogues (par exemple, taux de précipitations analogue). L'exactitude d'une telle technique de prévision dépend étroitement des moyens utilisés pour obtenir ces données ainsi que de leur valeur et il y a lieu de signaler que, dans de nombreuses régions du monde, la mise au point d'une méthode de prévision satisfaisante est subordonnée au rassemblement d'un nombre suffisamment grand de données de mesure.

Les Recommandations fournissent des données et proposent des méthodes suffisamment fiables pour la planification ou pour la mise en place de services. Les Rapports donnent des informations et des données supplémentaires ou décrivent la situation provisoire de méthodes susceptibles de devenir des Recommandations. Dans certains Rapports, un choix de méthodes est proposé, aucune d'entre elles n'étant considérée comme méthode préférée.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

Un Rapport intitulé «Atlas mondial de la conductivité du sol» (Rapport 717) est publié à part. La Commission d'études 5 a élaboré également un Manuel des courbes de propagation de l'onde de sol. De plus, la Commission d'études 5 s'est fondée sur les données mesurées pour constituer des banques de données servant à évaluer les méthodes de prévision exposées dans le Volume V. Les détails correspondants sont fournis dans le Rapport 1144.

1. Types de services

D'une manière générale, les services peuvent être répartis en deux catégories:

- les services point à point;
- les services point à zone; par exemple: radiodiffusion sonore, télévision, services mobiles.

Ces deux catégories peuvent à leur tour se subdiviser d'une manière générale:

- en services pour lesquels les trajets de propagation sont exclusivement terrestres,
- en services pour lesquels les trajets de propagation sont des trajets Terre-espace ou des trajets espace-espace.

Lorsqu'on étudie le projet d'un service de Terre point à point, on tient dûment compte des caractéristiques topographiques du terrain sur le trajet de propagation entre les points considérés. S'il s'agit de services de Terre point à zone, on peut considérer que la propagation a lieu sur une multitude de trajets distincts; cependant, comme il est pratiquement impossible d'exécuter un levé topographique pour chacun de ces trajets, on s'est fondé jusqu'ici principalement sur une base statistique pour déterminer la qualité de service. Une approche plus rigoureuse au problème des services point à zone est d'ailleurs maintenant possible grâce à certaines méthodes informatiques récemment mises au point et à l'affinement de l'estimation des caractéristiques de la propagation sur des trajets types.

2. Caractéristiques de la propagation

2.1 *Aspects relatifs à la fréquence*

La propagation des ondes radioélectriques le long du trajet de transmission repose sur de nombreux facteurs dont l'importance relative dépend essentiellement de la fréquence. Dans les bandes des ondes kilométriques et des ondes hectométriques, la propagation est fortement influencée par les caractéristiques électriques du sol et, selon l'heure du jour et la saison, par l'ionosphère. La propagation dans la bande des ondes décamétriques est principalement conditionnée par la réfraction ionosphérique, bien que sur de courtes distances, les trajets directs entre l'émetteur et le récepteur puissent être gênés par des obstacles dus au terrain. Lorsque la fréquence augmente dans la bande des ondes métriques, l'intensité des effets ionosphériques diminue et ainsi aux ondes métriques et décimétriques, la propagation dépend principalement des particularités du terrain et des caractéristiques météorologiques de la basse atmosphère ou de la troposphère. Ces deux derniers facteurs revêtent également une importance fondamentale aux hyperfréquences mais au-dessus de 6 GHz environ, il faut tenir compte également des effets de la pluie; aux fréquences supérieures à 12 GHz environ, par exemple, la pluie peut devenir l'élément déterminant.

2.2 *Effets dus au terrain*

Lorsque les ondes radioélectriques se propagent à la surface de la Terre ou par le sol, les caractéristiques de la propagation sont déterminées:

- par les propriétés électriques de la surface du sol,
- par la configuration physique de la surface de la Terre, y compris la végétation et les structures de dimensions quelconques édifiées par l'homme.

Au-dessus d'environ 30 MHz, c'est la configuration physique du terrain qui compte le plus. Son effet sur l'affaiblissement de transmission global est déterminé par la fréquence utilisée, ainsi que par les caractéristiques électriques en cause et la topographie du terrain. Il convient de noter que, dans le cas de la propagation troposphérique près de la surface terrestre, les irrégularités du terrain jouent toujours un rôle important.

2.3 *Effets dus à la troposphère*

Les ondes qui se propagent à travers les régions non ionisées de l'atmosphère subissent l'influence de ses composants gazeux, ainsi que de toutes formes de nuages et de précipitations. L'importance relative de ces facteurs dépend du climat et de la fréquence.

Les effets des composants gazeux de l'atmosphère sur la propagation des ondes radioélectriques sont l'absorption d'énergie et les variations de l'indice de réfraction qui entraînent la réflexion, la réfraction et la diffusion des ondes. L'absorption, qui résulte principalement de la présence d'oxygène, de vapeur d'eau et d'eau à l'état liquide, n'est pas significative aux fréquences inférieures à environ 3 GHz. Mais, bien que les phénomènes liés aux variations de l'indice de réfraction apparaissent déjà aux fréquences inférieures à 30 MHz, c'est surtout dans la planification des systèmes aux fréquences supérieures à 30 MHz environ qu'ils jouent un rôle important.

Les nuages et les précipitations influent sur la propagation de deux façons fondamentales:

- par absorption d'une partie de l'énergie qui les traverse,
- par diffusion et changement de polarisation des ondes radioélectriques.

La diffusion contribue nettement à l'affaiblissement du lobe frontal, mais elle joue aussi un rôle important en détournant l'énergie dans d'autres directions, y compris vers l'arrière en direction de l'émetteur. Ici aussi, ces effets sont importants aux fréquences supérieures à 3 GHz environ.

Quand la forme des particules diffusantes n'est pas sphérique, la polarisation de l'onde se modifie. La diffusion par des particules d'eau s'accompagne d'un affaiblissement important de l'onde, alors que dans le cas des particules de glace l'affaiblissement est généralement négligeable.

La variabilité des caractéristiques de la propagation sous l'influence des effets dus aux phénomènes atmosphériques est de la plus grande importance pour la détermination des brouillages que les systèmes radioélectriques sont susceptibles de subir, en particulier dans le cas des modes de propagation associés à des émissions bien au-delà de l'horizon.

2.4 *Effets dus à la propagation par trajets multiples*

On entend par là tous les cas où le signal effectivement reçu comporte plusieurs composantes qui parviennent à l'antenne de réception par différents trajets de transmission. Ces composantes peuvent avoir des phases différentes et des amplitudes différentes; leurs relations de phase peuvent varier continuellement avec le temps. Ce phénomène est dû à une multiplicité de trajets dans la troposphère, à des réflexions sur des objets comme les avions et les immeubles, à des réflexions spéculaires et diffuses sur la surface de la Terre, ainsi que sur des interfaces horizontales entre différentes couches de l'atmosphère. Cette multiplicité des trajets (cause de tous les évanouissements rapides observés sur les liaisons radioélectriques) peut détériorer considérablement la qualité d'un service, notamment en ce qui concerne la largeur de bande.

2.5 *Bruit radioélectrique*

La Commission d'études 5 étudie le bruit radioélectrique naturel aux fréquences supérieures à 50 MHz environ, qui limite ou perturbe le fonctionnement des systèmes utilisant la propagation troposphérique. Elle s'intéresse tout particulièrement au bruit radioélectrique émis par les molécules d'oxygène et de vapeur d'eau présentes dans l'atmosphère, au bruit extra-terrestre provenant de sources solaire, planétaire, galactique et cosmique ainsi qu'au bruit radioélectrique thermique émis par la Terre. (Pour les autres formes de bruit radioélectrique voir le Volume VI.)

3. Répartition des textes

La Commission d'études 5 est d'avis que la répartition ci-après des textes est la plus commode pour les applications pratiques des données sur la propagation. Cependant, il importe de reconnaître les relations mutuelles qui existent entre beaucoup de caractéristiques de la propagation; dans un grand nombre de cas, les effets de plus d'un mode de propagation se superposent; aussi est-il essentiel d'avoir une compréhension bien nette de chacun de ces phénomènes et de leur probabilité d'occurrence pour être à même d'évaluer leur effet global sur un système particulier.

Section 5A: Textes d'intérêt général

Cette section comprend des Recommandations sur les définitions de termes relatifs à la propagation, des notions générales sur la propagation y compris la notion d'affaiblissement de transmission, le calcul de l'affaiblissement en espace libre et la présentation des données obtenues au cours de l'étude de la propagation troposphérique. Elle contient aussi des Rapports sur les distributions statistiques utilisées pour la propagation des ondes radioélectriques et sur les mesures du champ et de certaines grandeurs qui s'y rapportent.

Section 5B: Effets du sol (y compris la propagation de l'onde de sol)

Cette section contient des Recommandations sur les courbes de propagation de l'onde de sol aux fréquences inférieures à 30 MHz et sur la propagation par diffraction. Les caractéristiques électriques du sol ainsi que l'influence du terrain sur la propagation troposphérique sont traitées dans des Rapports spécifiques.

Section 5C: Effets de l'atmosphère (radiométéorologie)

Cette section contient des informations sur les caractéristiques météorologiques et physiques de l'atmosphère qui influent sur la propagation radioélectrique. On y trouve aussi des renseignements sur les statistiques relatives à ces facteurs atmosphériques et leur relation par rapport à divers effets de propagation mais l'influence de ces effets sur des systèmes ou services particuliers n'y est pas étudiée.

Section 5D: Aspects relatifs à la radiodiffusion de Terre et aux services mobiles de Terre

Cette section se rapporte aux études et aux mesures permettant d'élaborer des méthodes statistiques et des courbes de propagation servant à la prévision des champs utiles et des champs brouilleurs dont la connaissance est nécessaire à une exploitation efficace des services de radiodiffusion de Terre et des services mobiles de Terre, ainsi que, le cas échéant, à la planification de ces services.

On y étudie aussi les conditions dans lesquelles ces courbes et ces méthodes doivent être interprétées ou utilisées en fonction des variations de certains paramètres qui peuvent influer de manière importante sur les applications concrètes: hauteur de l'antenne de réception, nature du trajet de propagation, environnement de l'emplacement de réception, etc., sans négliger pour autant les facteurs qui, affectant ou non le niveau du champ, peuvent affecter la qualité du service dans les systèmes analogiques et numériques.

Section 5E: Aspects relatifs au service fixe de Terre

Cette section fournit des informations axées sur les services, en vue de la planification des trajets de Terre en visibilité directe (faisceaux hertziens) et des trajets transhorizon («diffusion troposphérique»).

Le Rapport 338 traite des effets de la propagation qui influent sur les trajets de Terre à visibilité directe et décrit de manière détaillée les méthodes de prévision quand c'est possible. L'accent est mis sur la prévision des affaiblissements de propagation importants et sur l'amélioration que peuvent apporter les systèmes en diversité; toutefois, la réduction de la discrimination de polarisation et la distorsion due aux effets de la propagation sont traitées également.

Les données sur la propagation et les méthodes de prévision nécessaires à la conception des systèmes de faisceaux hertziens transhorizon sont examinées dans le Rapport 238 qui couvre surtout la prévision des affaiblissements de propagation importants pour les statistiques annuelles et pour celles du mois le plus défavorable. Ici encore, l'amélioration due à l'utilisation de système en diversité est évoquée.

Section 5F: Aspects relatifs aux systèmes de télécommunications spatiales

Le Rapport 564 contient des données sur la propagation et les méthodes de prévision nécessaires pour les systèmes des télécommunications spatiales. Dans ce Rapport, on insiste surtout sur les applications intéressant le service fixe par satellite bien que certaines de ces méthodes soient également applicables à d'autres services. L'affaiblissement peut être provoqué par les gaz atmosphériques, les précipitations et les nuages, ainsi que par les tempêtes de sable et de poussière. Des méthodes pas à pas de prévision sont indiquées dans la mesure du possible. Les effets de scintillation et de la propagation par trajets multiples sont également décrits. La prévision de la performance en transpolarisation occupe une place importante et des méthodes de prévision sont indiquées. L'estimation des retards de propagation et les limitations de la largeur de bande sont traitées.

Les quatre autres Rapports examinent des problèmes particuliers à la radiodiffusion par satellite (Rapport 565), aux services mobiles maritimes par satellite (Rapport 884) et aux services mobiles terrestres par satellite (Rapport 1009) et aux services mobiles aéronautiques par satellite (Rapport 1148). Chacun de ces cas pose des problèmes spécifiques en plus de ceux dont il est question dans le Rapport 564. Des méthodes de prévision sont indiquées.

Section 5G: Facteurs de propagation intervenant dans les brouillages causés aux systèmes spatiaux ou de Terre

Les Rapports contenus dans cette section concernent la prévision du risque d'apparition de niveaux du signal qui peuvent causer des brouillages dans le même canal et fournissent des données sur la propagation pour le calcul des distances de coordination. Le Rapport 569 traite de la prévision des brouillages qui peuvent survenir entre stations spatiales et stations de Terre ou entre des stations de Terre. Le Rapport 885 traite de la prévision des brouillages entre stations spatiales et stations situées à la surface de la Terre. Les données sur la propagation nécessaires au calcul de la distance de coordination sont fournies dans le Rapport 724 pour la coordination entre stations terriennes et stations de Terre, ainsi que dans le Rapport 1010 pour la coordination entre stations terriennes (qui peuvent à la fois être assez peu éloignées les unes des autres et utiliser de petites antennes). Dans la plupart de ces Rapports, on a jugé utile de présenter séparément les considérations relatives à la prévision dans des conditions d'atmosphère claire et pour les cas où la diffusion due à des hydrométéores peut provoquer des brouillages.

RECOMMANDATION 525-1

CALCUL DE LA PROPAGATION EN ESPACE LIBRE

(1978-1982)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

que la propagation en espace libre est une référence fondamentale pour la technique des radiocommunications,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

qu'il convient d'utiliser les méthodes exposées dans l'Annexe I pour calculer l'affaiblissement en espace libre.

ANNEXE I

1. Introduction

Comme la propagation en espace libre est souvent prise comme référence dans les autres textes du CCIR, on a rassemblé dans cette Annexe certaines formules qui la concernent. En outre, des nomogrammes permettent un calcul graphique approché qui peut être utile dans de nombreux cas.

2. Formules fondamentales pour les liaisons de télécommunication

La propagation en espace libre peut être calculée de deux façons différentes, chacune d'elles étant plus spécialement adaptée à un type de service.

2.1 *Liaisons point à zone*

S'il existe un émetteur desservant de nombreux récepteurs distribués de façon aléatoire (radiodiffusion, service mobile), on calcule le champ en un point situé à une certaine distance de l'émetteur et dans une direction donnée, par la relation:

$$E = \frac{\sqrt{30\,p}}{d} \qquad (1)$$

où:

E: est la valeur efficace du champ, exprimée en volts par mètre (Note 1),

p: est la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) dans la direction du point en question, exprimée en watts (Note 2),

d: est la distance de l'émetteur au point en question, exprimée en mètres.

La formule (1) est souvent remplacée par la formule (2) qui utilise des unités pratiques:

$$E_{\mathrm{mV/m}} = 173\,\frac{\sqrt{p_{\mathrm{kW}}}}{d_{\mathrm{km}}} \qquad (2)$$

Ces relations sont représentées par la Fig.1.

Pour les antennes fonctionnant dans les conditions de propagation en espace libre, on peut obtenir la force cymomotrice en multipliant E et d de l'expression (1). Elle s'exprime en volts.

Note 1. – Si l'onde est à polarisation elliptique et non rectiligne et si on désigne par E_x et E_y les composantes du champ électrique suivant deux axes orthogonaux, le premier membre de l'équation (1) doit être remplacé par $\sqrt{E_x^2 + E_y^2}$. On ne peut en déduire E_x et E_y que si on connaît le taux d'ellipticité. Pour une polarisation circulaire, on devrait remplacer E par $E\sqrt{2}$.

Note 2. – Pour les antennes situées à la surface du sol et fonctionnant à des fréquences relativement basses en polarisation verticale, on ne considère généralement le rayonnement que dans le demi-espace supérieur. On doit tenir compte de ce fait pour déterminer la p.i.r.e. (voir la Recommandation 368).

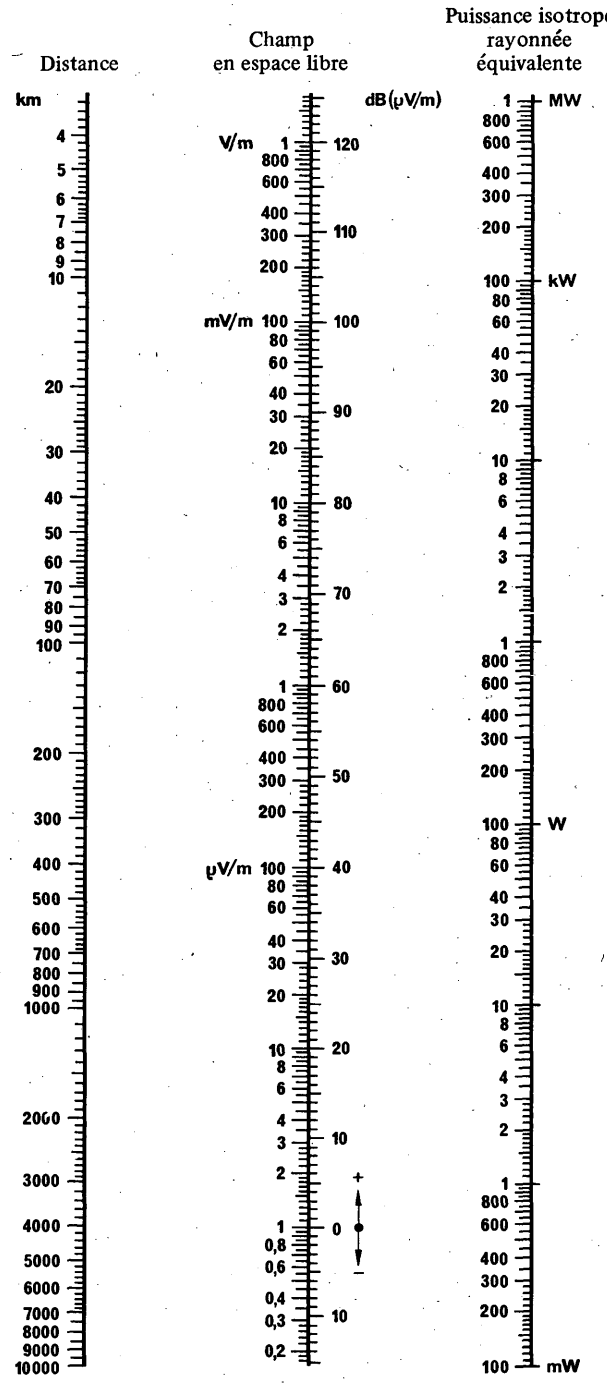


FIGURE 1 – *Champ électromagnétique en espace libre*

2.2 *Liaisons point à point*

S'il s'agit d'une liaison point à point, il est préférable de calculer l'affaiblissement en espace libre entre antennes isotropes, appelé aussi affaiblissement de propagation en espace libre (symboles: A_0 ou L_{bf}) de la manière suivante:

$$A_0 = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \tag{3}$$

dans laquelle:

A_0 : étant l'affaiblissement de propagation en espace libre, exprimé en décibels,

d : étant la distance,

λ : étant la longueur d'onde,

d et λ étant exprimés avec la même unité.

La formule (3) peut encore s'écrire en utilisant la fréquence au lieu de la longueur d'onde.

$$A_0 = 32{,}5 + 20 \log f_{\text{MHz}} + 20 \log d_{\text{km}} \quad \text{dB} \tag{4}$$

Les relations (3) et (4) sont représentées sur la Fig. 2.

2.3 *Relations entre les caractéristiques d'une onde plane*

En outre, il existe des relations entre les caractéristiques d'une onde plane (ou d'une onde assimilable à une onde plane) en un point:

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = \frac{4\pi p_r}{\lambda^2} \tag{5}$$

où:

S : est la puissance surfacique, exprimée en watts par mètre carré,

E : est la valeur efficace du champ, exprimée en volts par mètre,

p_r : est la puissance, exprimée en watts, captée par une antenne isotrope placée en ce point,

λ : est la longueur d'onde, exprimée en mètres.

La relation (5) est représentée à la Fig. 3.

3. Affaiblissement de propagation en espace libre d'un système radar (symboles: A_{0r} ou L_{br})

Les systèmes radar constituent un cas particulier, car le signal y subit un premier affaiblissement dans son trajet entre l'émetteur et la cible et un second affaiblissement dans son trajet entre la cible et le récepteur. Pour un radar utilisant la même antenne à l'émission et à la réception, on peut exprimer l'affaiblissement de propagation en espace libre (basic transmission loss) A_{0r} donné par la relation:

$$A_{0r} = 103{,}4 + 20 \log f + 40 \log d - 10 \log \sigma \quad \text{dB} \tag{6}$$

dans laquelle:

σ : est la section droite de la cible radar (en m^2),

d : la distance entre le radar et la cible (en km),

f : la fréquence du système (en MHz).

La section droite de cible radar d'un objet est le rapport de la puissance totale diffusée isotrope équivalente à la puissance surfacique incidente.

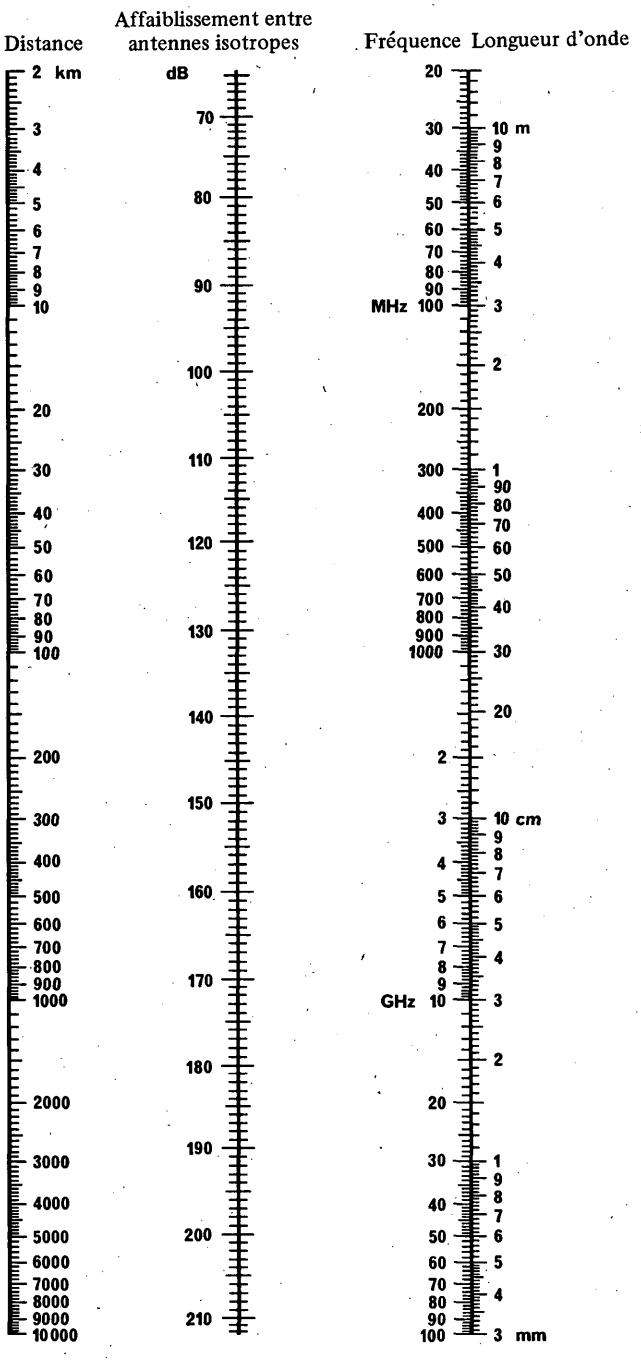


FIGURE 2 – *Affaiblissement de transmission en espace libre entre antennes isotropes*

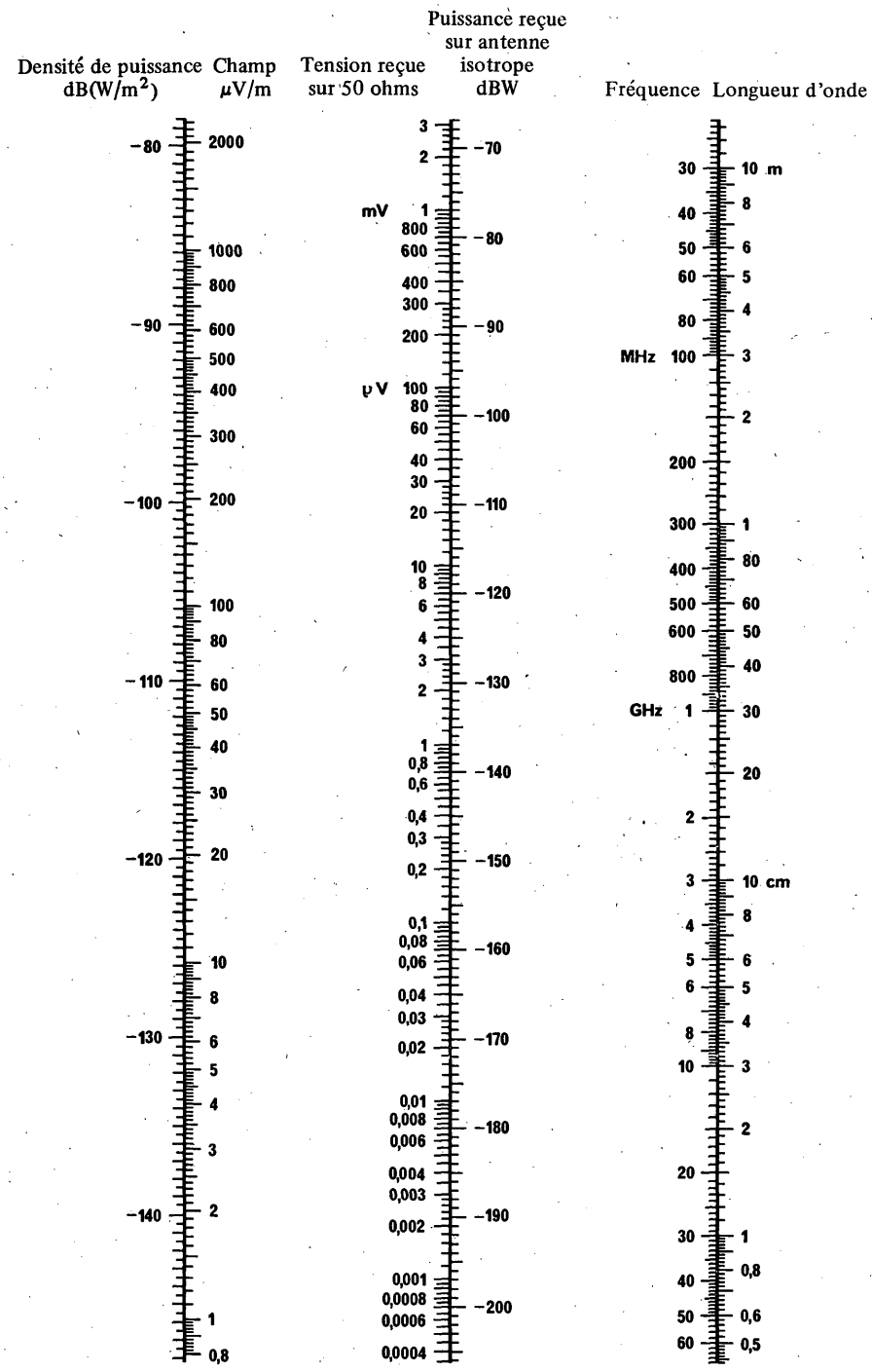


FIGURE 3 – *Caractéristiques d'une onde plane*

BIBLIOGRAPHIE

BOITHIAS, L. [1972] *Calcul par nomogrammes de la propagation des ondes* (édition quadrilingue), Eyrolles, Paris.

RECOMMANDATION 341-2*

NOTION D'AFFAIBLISSEMENT DE TRANSMISSION POUR LES LIAISONS RADIOÉLECTRIQUES**

(1959-1982-1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, dans une liaison radioélectrique entre un émetteur et un récepteur, le rapport de la puissance fournie par l'émetteur à la puissance disponible à l'entrée du récepteur dépend de plusieurs facteurs tels que les pertes dans les antennes ou dans les lignes de transmission qui les alimentent, l'affaiblissement dû aux divers mécanismes de propagation, les pertes dues à une mauvaise adaptation des impédances ou de la polarisation, etc.;

b) qu'il est souhaitable de normaliser la terminologie et les notations employées pour caractériser l'affaiblissement de transmission et les composantes de cet affaiblissement;

c) que, pour la propagation, la Recommandation 525 fournit les conditions de référence de propagation en espace libre,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que, pour caractériser une liaison radioélectrique qui met en jeu un émetteur, un récepteur, leurs antennes, les circuits associés et le milieu de propagation, on utilise les termes, les définitions et les notations suivants:

1. Affaiblissement global (d'une liaison radioélectrique)* (Symboles: A_l ou L_l)

Rapport, habituellement exprimé en décibels, de la puissance fournie par l'émetteur d'une liaison radioélectrique, à la puissance fournie au récepteur correspondant, dans les conditions réelles d'installation, de propagation et d'exploitation.

Note. – Il y a lieu de préciser dans chaque cas les points où sont déterminées la puissance fournie par l'émetteur et la puissance fournie au récepteur, par exemple:

- avant ou après les filtres ou multiplexeurs à fréquence radioélectrique qui peuvent être employés à l'émission ou à la réception,
- à l'entrée ou à la sortie des lignes d'alimentation des antennes d'émission et de réception.

2. Affaiblissement entre bornes d'antennes – Affaiblissement du système (Symboles: A_s ou L_s)

Pour une liaison radioélectrique, rapport, habituellement exprimé en décibels, de la puissance fournie aux bornes d'entrée de l'antenne d'émission à la puissance disponible aux bornes de sortie de l'antenne de réception.

Note 1. – La puissance disponible d'une source est la puissance maximale réelle qu'une source peut fournir à une charge, c'est-à-dire la puissance qui serait fournie à une charge dont l'impédance serait conjuguée de celle de la source.

Note 2. – L'affaiblissement entre bornes d'antennes peut être exprimé par:

$$A_s = 10 \log (p_t/p_a) = P_t - P_a \quad \text{dB} \qquad (1)$$

où:

p_t : puissance radioélectrique fournie aux bornes d'entrée de l'antenne d'émission, et

p_a : puissance du signal radiofréquence disponible aux bornes de sortie de l'antenne de réception.

Note 3. – L'affaiblissement entre bornes d'antennes ne comprend pas les affaiblissements dans les lignes d'alimentation; en revanche, il comprend tous les affaiblissements dans les circuits radioélectriques associés à l'antenne, tels que les pertes dans le sol, les pertes diélectriques, les pertes dans les inductances de charge et les résistances terminales.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la CMV.

** Dans toute la présente Recommandation, les majuscules désignent les rapports (dB) des grandeurs correspondantes, représentées par des minuscules. Par exemple: dans $P_t = 10 \log p_t$, P_t est la puissance délivrée à l'entrée de l'antenne d'émission, exprimée en dB par rapport à 1 W, et p_t est la puissance d'entrée (W).

*** On trouvera une représentation graphique de cette notion et des suivantes à la Fig. 1.

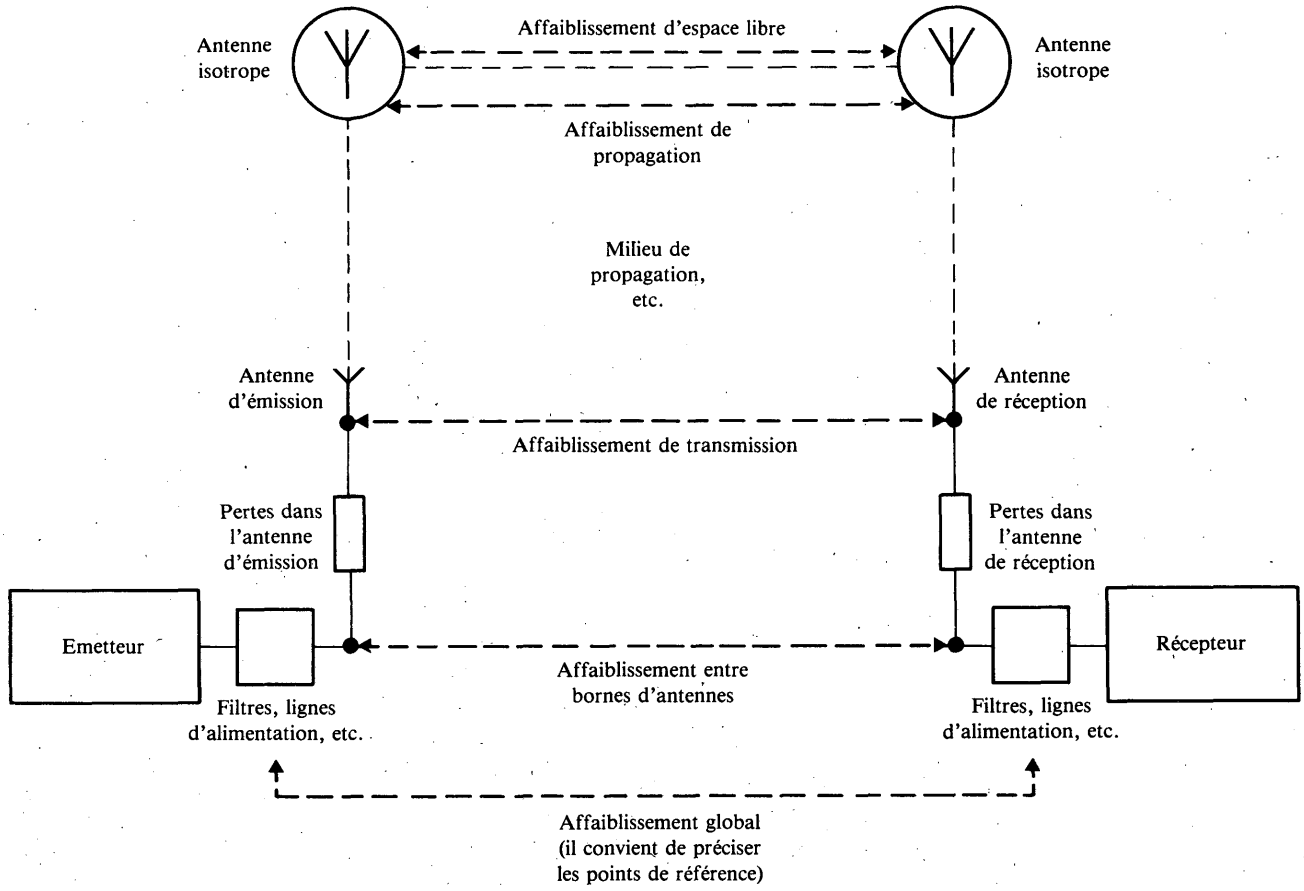


FIGURE 1 – *Tableau synoptique des termes utilisés pour la notion de l'affaiblissement de transmission*

3. Affaiblissement de transmission (d'une liaison radioélectrique) (Symboles: A ou L)

Rapport, habituellement exprimé en décibels, de la puissance rayonnée par l'antenne d'émission d'une liaison radioélectrique à la puissance qui serait disponible à la sortie de l'antenne de réception s'il n'y avait aucune perte dans les circuits radiofréquence, en supposant que les diagrammes de rayonnement des antennes sont conservés.

Note 1. – L'affaiblissement de transmission peut être exprimé par:

$$A = A_s - A_{tc} - A_{rc} \qquad \text{dB} \tag{2}$$

dans laquelle A_{tc} et A_{rc} désignent respectivement les affaiblissements exprimés en décibels dans les circuits des antennes d'émission et de réception, à l'exclusion de la dissipation d'énergie due au rayonnement; en d'autres termes, A_{tc} et A_{rc} sont définis par 10 log (r'/r), r' désignant la composante résistive de l'impédance de l'antenne, et r sa résistance de rayonnement.

Note 2. – L'affaiblissement de transmission est égal à l'affaiblissement entre bornes d'antennes diminué de l'affaiblissement dû aux pertes dans les circuits radioélectriques associés aux antennes.

4. Affaiblissement de propagation (d'une liaison radioélectrique) – Affaiblissement entre antennes isotropes (d'une liaison radioélectrique) (Symboles: A_i ou L_b)

Affaiblissement de transmission qui serait obtenu si les antennes étaient remplacées par des antennes isotropes de même polarisation que les antennes réelles, le trajet de propagation étant conservé, mais les effets des obstacles proches des antennes étant négligés.

Note 1. – L'affaiblissement de propagation est égal au rapport de la puissance isotrope rayonnée équivalente de l'ensemble émetteur, à la puissance disponible à la sortie d'une antenne de réception isotrope.

Note 2. – L'effet du sol local à proximité de l'antenne est pris en compte dans le calcul du gain d'antenne, mais non dans celui de l'affaiblissement de transmission.

5. Affaiblissement d'espace libre (d'une liaison radioélectrique) (Symboles: A_0 ou L_{bf})

Affaiblissement de transmission qui serait obtenu si les antennes étaient remplacées par des antennes isotropes placées dans un milieu diélectrique parfait, homogène, isotrope et illimité, la distance entre les antennes étant conservée (voir la Recommandation 525).

Note. – Si la distance d entre les antennes est beaucoup plus grande que la longueur d'onde λ, l'affaiblissement en espace libre est égal, en décibels, à:

$$A_0 = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB} \tag{3}$$

6. Affaiblissement de transmission pour un trajet radioélectrique (Symboles: A_t ou L_t)

Affaiblissement de transmission pour un trajet de propagation particulier, égal à l'affaiblissement de propagation diminué des gains de l'antenne d'émission et de l'antenne de réception dans les directions de ce trajet (voir l'Annexe I).

Note. – L'affaiblissement de transmission pour un trajet radioélectrique peut s'exprimer par:

$$A_t = A_i - G_t - G_r \quad \text{dB} \tag{4}$$

dans laquelle G_t et G_r sont les directivités (voir l'Annexe I) des antennes d'émission et de réception, dans les directions de propagation et pour la polarisation considérées.

7. Affaiblissement par rapport à l'espace libre (d'une liaison radioélectrique) (Symboles: A_m ou L_m)

Différence entre l'affaiblissement de propagation et l'affaiblissement d'espace libre, exprimés en décibels.

Note 1. – L'affaiblissement par rapport à l'espace libre peut s'exprimer par:

$$A_m = A_i - A_0 \quad \text{dB} \tag{5}$$

Note 2. – On peut décomposer l'affaiblissement par rapport à l'espace libre (A_m) en plusieurs affaiblissements, tels que:

- *l'affaiblissement d'absorption* (absorption par l'ionosphère, par les gaz de l'atmosphère ou par les précipitations);
- *l'affaiblissement par diffraction* comme pour le cas de l'onde de sol;
- *l'affaiblissement dû à la réflexion équivalente ou à la diffusion*, comme dans le cas de l'ionosphère, compte tenu des effets de toute focalisation ou défocalisation due à la courbure d'une couche réfléchissante;
- *l'affaiblissement par couplage de polarisation*, lequel peut provenir de tout défaut d'adaptation de polarisation entre les antennes pour le trajet particulier considéré;
- *la «baisse de gain d'antenne»* ou *dégradation du gain d'antenne*, qui peut être due à la présence de phénomènes importants de diffusion sur le trajet;
- *l'effet des interférences entre le rayon direct et les rayons réfléchis* par le sol, par des obstacles ou par des couches atmosphériques.

ANNEXE I

1. Directivité

La directivité dans une direction donnée est le rapport de l'intensité de rayonnement (puissance par unité d'angle solide (stéradian)) dans cette direction à l'intensité moyenne de rayonnement dans toutes les directions.

Lorsque l'on convertit l'affaiblissement de transmission ou, dans des cas spécifiques, l'affaiblissement de transmission pour un trajet radioélectrique en un affaiblissement de propagation, il faut tenir compte des directivités des antennes d'émission et de réception, dans la direction et pour la polarisation choisies. Dans les cas où les caractéristiques de l'antenne sont influencées par la présence du sol au voisinage de l'antenne ou par d'autres obstacles (qui n'affectent pas le trajet), la directivité est la valeur obtenue avec l'antenne in situ.

Dans le cas particulier de la propagation par onde de sol avec les antennes situées au sol ou à son voisinage, bien que la directivité de l'antenne de réception G_r soit déterminée par la définition ci-dessus, l'aire équivalente pour le signal (et par conséquent la puissance disponible) est inférieure à sa valeur en espace libre. La valeur à utiliser pour G_r doit donc être réduite (voir l'Annexe II).

2. Antennes normalisées de référence

Dans l'étude de la propagation sur des liaisons radioélectriques faisant intervenir diverses bandes de fréquences, on utilise un certain nombre d'antennes de référence, auxquelles se réfèrent les textes du CCIR. Conformément à la Recommandation 311, il convient que cette référence soit clairement définie dans chaque cas, par rapport à une antenne isotrope.

Le gain en puissance d'une antenne est défini comme le rapport, habituellement exprimé en décibels, entre la puissance nécessaire à l'entrée d'une antenne de référence sans pertes et la puissance fournie à l'entrée de l'antenne donnée, pour que les deux antennes produisent dans une direction donnée le même champ ou la même puissance surfacique, à la même distance. En l'absence d'indication contraire, il s'agit du gain de l'antenne dans la direction du maximum de rayonnement. On peut éventuellement considérer le gain pour une polarisation spécifiée.

Suivant l'antenne de référence choisie, on distingue:

a) *le gain isotrope ou absolu* (G_i) lorsque l'antenne de référence est une antenne isotrope isolée dans l'espace;

b) *le gain par rapport à un doublet demi-onde* (G_d) lorsque l'antenne de référence est un doublet demi-onde, isolé dans l'espace, dont le plan équatorial contient la direction donnée;

c) *le gain par rapport à une antenne verticale courte* (G_v) lorsque l'antenne de référence est un conducteur rectiligne beaucoup plus court que le quart de la longueur d'onde, normal à la surface d'un plan parfaitement conducteur qui contient la direction donnée.

(Le gain en puissance correspond à la directivité maximale pour des antennes sans affaiblissement.)

Le Tableau I donne les différences de directivité G_t entre certaines antennes de référence types. Les valeurs correspondantes de la force cymomotrice y sont également indiquées pour une puissance rayonnée de 1 kW.

TABLEAU I – *Directivité de certaines antennes de référence types et relation avec la force cymomotrice*

Antenne de référence	g_t	G_t (1) (dB)	Force cymomotrice pour une puissance rayonnée de 1 kW, (V)
Antenne isotrope en espace libre	1	0	173
Doublet de Hertz en espace libre	1,5	1,75	212
Doublet demi-onde en espace libre	1,65	2,15	222
Antenne unipolaire verticale courte sur un sol parfaitement conducteur (2)	3	4,8	300
Antenne unipolaire quart d'onde sur un sol parfaitement conducteur	3,3	5,2	314

(1) $G_t = 10 \log g_t$

Les valeurs de G_r (g_r) sont égales à celles de G_t (g_t) pour des antennes en espace libre. Voir l'Annexe II pour les valeurs de G_r dans le cas des antennes sur un sol parfaitement conducteur.

(2) Dans le cas d'une antenne unipolaire, on suppose que l'antenne est proche d'un sol parfaitement conducteur.

ANNEXE II

Influence du milieu environnant sur l'antenne

Lorsque les antennes sont installées au sol ou à proximité du sol et que l'on recourt à la propagation de l'onde de sol (c'est-à-dire lorsque $h < \lambda$, surtout aux fréquences inférieures à 30 MHz), la valeur de la résistance de rayonnement de l'antenne en espace libre est modifiée par la présence du sol. En conséquence, la puissance surfacique à l'antenne de réception (laquelle résulte de la somme vectorielle du rayon direct et des rayons réfléchis) dépend de la hauteur de l'antenne d'émission et la surface de captation équivalente de l'antenne de réception dépend de sa hauteur au-dessus du sol.

Pour illustrer l'influence du milieu sur le fonctionnement d'un couple d'antennes (formant un circuit élémentaire), on considérera l'affaiblissement de transmission entre deux doublets électriques verticaux courts et sans pertes, situés à des hauteurs respectives h_t et h_r au-dessus d'une surface plane parfaitement conductrice, la distance d entre ces deux doublets, comptée au-dessus de cette surface étant très grande par rapport à la longueur d'onde. La puissance surfacique S (W/m^2) à la hauteur h_r est donnée par:

$$S = \frac{p'_t \cos^4 \psi}{4\pi d^2 (1 + \Delta_t)} \times 1{,}5 \left[2 \cos (kh_t \sin \psi) \right]^2 \qquad (6)$$

Il convient de noter ce qui suit:

– la distance entre les antennes est remplacée par une valeur supérieure d sec ψ,

où

$$\psi = \text{arc tg} \frac{h_r - h_t}{d}$$

– le champ électrique dû au doublet varie comme cos ψ,

– la résistance de rayonnement en espace libre est multipliée par $(1 + \Delta_t)$

avec

$$\Delta_t = \frac{3}{(2\ kh_t)^2} \left[\frac{\sin 2\ kh_t}{2\ kh_t} - \cos 2\ kh_t \right] \qquad (7)^*$$

où

$$k = 2\ \pi/\lambda$$

lorsque

$h_t = 0$, $\Delta_t = 1$; lorsque $h_t > \lambda$, $\Delta_t \rightarrow 0$;

– du fait de l'addition vectorielle du rayon direct et des rayons réfléchis, la valeur de la puissance surfacique en espace libre est multipliée par

$$\frac{\left[2 \cos (kh_t \sin \psi) \right]^2}{(1 + \Delta_t)}$$

ce qui équivaut à un changement de la directivité dû à la présence de la surface réfléchissante. Le facteur multiplicatif est égal à 2 lorsque $h_t = h_r = 0$.

La surface de captation équivalente de l'antenne de réception est donnée par:

$$a_e = \frac{1{,}5\ \lambda^2 \cos^2 \psi}{4\pi (1 + \Delta_r)} \qquad (8)$$

Il convient de noter ce qui suit:

– la surface de captation dans la direction de l'antenne d'émission est réduite dans le rapport de 1 à cos^2 ψ;

– la résistance de rayonnement est modifiée comme il a été indiqué à l'équation (7) où Δ_t et h_t sont remplacés par Δ_r et h_r;

– la valeur en espace libre de la surface de captation est multipliée par $\frac{\cos^2 \psi}{(1 + \Delta_r)}$; cela signifie que la présence de la surface réfléchissante réduit de moitié la surface de captation par rapport à sa valeur en espace libre dans le cas où $h_t = h_r = 0$;

– le gain g_t étant par définition égal à 2 × 1,5 lorsque $h_t = h_r = 0$, il importe de noter qu'il n'en est pas de même pour g_r: la valeur correcte pour le gain g_r est $1{,}5/2 = g_t/4$.

---

* Cette relation a été obtenue par S. A. Schelkunoff, aux chapitres VI et IX de son ouvrage *Electromagnetic Waves*, D. Van Nostrand Co., 1943.

Puisque $p'_a = Sa_e$, on peut combiner les relations (6) et (8) pour obtenir une expression de l'affaiblissement de transmission entre deux doublets électriques verticaux, courts et sans pertes, au-dessus d'une surface plane parfaitement conductrice.

$$A = A_0 - 6{,}0 - 10 \log \left[(1{,}5 \cos^2 \psi)^2 \frac{(\cos^2 kh_t \sin \psi)}{(1 + \Delta_r)(1 + \Delta_t)} \right] \quad \text{dB} \qquad (9)$$

On considérera les deux cas suivants:

$$h_t = h_r = 0; \qquad \Delta_t = \Delta_r = 1; \qquad \psi = 0$$

$$A = A_0 - 3{,}5 \quad \text{dB}$$

A est alors égal à sa valeur en espace libre.

$$h_t = h_r \gg \lambda; \qquad \Delta_t = \Delta_r \to 0; \qquad \psi \to 0$$

$$A = A_0 - 3{,}5 - 6{,}0 \quad \text{dB}$$

RECOMMANDATION 311-5

ACQUISITION, PRÉSENTATION ET ANALYSE DES DONNÉES OBTENUES AU COURS DE L'ÉTUDE DE LA PROPAGATION TROPOSPHÉRIQUE

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

que, pour faciliter la comparaison des résultats, il est souhaitable que les données concernant la propagation soient acquises et présentées d'une manière uniforme,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les indications figurant dans le Rapport 1144 soient appliquées:
- au choix des paramètres appropriés à la mesure ou au calcul des données de propagation,
- à la présentation des résultats;

2. que, pour l'analyse de données, les lois de probabilité décrites dans le Rapport 1007 soient utilisées.

RECOMMANDATION 310-7*

DÉFINITIONS DES TERMES RELATIFS A LA PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

(1951-1959-1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il importe d'avoir des définitions approuvées des termes relatifs à la propagation utilisés dans le Volume V,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que la liste des définitions ci-dessous soit adoptée en vue de son incorporation dans le Vocabulaire.

VOCABULAIRE DES TERMES RELATIFS A LA PROPAGATION DANS LES MILIEUX NON IONISÉS

	Terme	Définition
A.	*Termes se rapportant aux ondes radioélectriques*	
A1.	*Transpolarisation*	Apparition, en cours de propagation, d'une composante de polarisation orthogonale à la polarisation prévue.
A2.	*Discrimination de polarisation*	Pour une onde radioélectrique émise avec une polarisation donnée, rapport, au point de réception, de la puissance reçue avec la polarisation prévue à la puissance reçue avec la polarisation orthogonale. *Note* – La discrimination de polarisation dépend des caractéristiques des antennes et du milieu de propagation.
A3.	*Isolement de polarisation*	Pour deux ondes radioélectriques émises à la même fréquence, avec la même puissance et avec des polarisations orthogonales, rapport de la puissance copolaire à l'entrée d'un récepteur donné à la puissance contrapolaire à l'entrée de ce même récepteur.
A4.	*Dépolarisation*	Phénomène selon lequel tout ou partie de la puissance d'une onde radioélectrique émise avec une polarisation déterminée n'a plus de polarisation déterminée après propagation.
B.	*Termes se rapportant aux effets du sol sur la propagation des ondes radioélectriques*	
B1.	*Propagation en espace libre*	Propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu diélectrique idéal homogène pouvant être considéré comme infini dans toutes les directions. *Note* – Pour la propagation en espace libre, la norme de chaque vecteur du champ électromagnétique, dans une direction donnée quelconque et au-delà d'une distance à la source qui est déterminée par les dimensions de la source et par la longueur d'onde, est inversement proportionnelle à la distance à la source.
B2.	*Propagation en visibilité*	Propagation entre deux points pour lesquels le trajet radioélectrique direct est suffisamment éloigné des obstacles pour que la diffraction ait une influence négligeable.
B3.	*Horizon radioélectrique*	Lieu des points où les trajets radioélectriques provenant d'une source radioélectrique ponctuelle sont tangents à la surface de la Terre. *Note* – En règle générale, l'horizon radioélectrique et l'horizon géométrique sont différents du fait de la réfraction atmosphérique.
B4.	*Profondeur de pénétration (dans le sol)*	Profondeur au-dessous de la surface terrestre à laquelle l'amplitude d'une onde radioélectrique incidente sur la surface est affaiblie dans le rapport 1/e (0,368) par rapport à sa valeur à la surface.
B5.	*Surface lisse*	Surface séparant deux milieux, ayant de grandes dimensions par rapport à la longueur d'onde de l'onde incidente, et dont les irrégularités sont suffisamment petites pour donner une réflexion spéculaire.

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la CCV.

B6. *Surface rugueuse* — Surface séparant deux milieux, dont les dimensions sont grandes par rapport à la longueur d'onde de l'onde incidente, et dont les irrégularités ont une répartition spatiale aléatoire et provoquent une réflexion diffuse.

B7. *Coefficient de réflexion diffuse* — Rapport de l'amplitude de l'onde incohérente réfléchie par une surface irrégulière à l'amplitude de l'onde incidente.

B8. *Mesure de l'irrégularité du terrain; Δh* — Paramètre statistique qui caractérise les variations de la hauteur du sol le long de tout ou partie d'un trajet de propagation.

Note – Par exemple, Δh est souvent spécifié comme étant la différence entre les valeurs dépassées respectivement par 10% et 90% (intervalle interdécile) des hauteurs du terrain mesurées en des points régulièrement espacés sur une section spécifiée du trajet.

B9. *Gain d'obstacle* — Rapport du champ électromagnétique dû à la diffraction d'arête sur un obstacle isolé au champ qui résulterait de la seule diffraction sphérique en l'absence de cet obstacle.

C. *Termes se rapportant aux effets troposphériques sur la propagation des ondes radioélectriques*

C1. *Troposphère* — Région inférieure de l'atmosphère terrestre, immédiatement au-dessus de la surface de la Terre et dans laquelle la température décroît lorsque l'altitude augmente, sauf dans certaines couches locales d'inversion de température. Cette partie de l'atmosphère s'étend jusqu'à une altitude de l'ordre de 9 km aux pôles et de 17 km à l'équateur.

C2. *Inversion de température (dans la troposphère)* — Augmentation de température avec la hauteur dans la troposphère.

C3. *Rapport de mélange* — Rapport de la masse de la vapeur d'eau à la masse de l'air sec dans un volume donné d'air (exprimé généralement en g/kg).

C4. *Indice de réfraction; n* — Rapport entre la vitesse des ondes dans le vide et dans le milieu considéré.

C5. *Coïndice; N* — Excès N sur l'unité, exprimé en millionièmes, de l'indice de réfraction n dans l'atmosphère:

$$N = (n - 1)\, 10^6$$

C6. *Unité N* — Unité sans dimension dans laquelle est exprimé le coïndice.

C7. *Indice de réfraction modifié* — Somme de l'indice de réfraction n de l'air à l'altitude h et du rapport de cette altitude au rayon de la Terre, a:

$$n + \frac{h}{a}$$

C8. *Module de réfraction; M* — Excès M sur l'unité, exprimé en millionièmes, de l'indice de réfraction modifié:

$$M = \left(n + \frac{h}{a} - 1\right) 10^6 = N + 10^6 \frac{h}{a}$$

C9. *Unité M* — Unité sans dimension dans laquelle est exprimé le module de réfraction, M.

C10. *Gradient normal du coïndice* — Valeur conventionnelle du gradient vertical du coïndice, utilisée pour les études de réfraction, et prise égale à -40 N/km. Elle correspond approximativement à la valeur médiane du gradient sur le premier kilomètre d'altitude dans les régions tempérées.

C11. *Atmosphère radioélectrique normale* — Atmosphère ayant un gradient normal du coïndice de réfraction.

C12. *Atmosphère de référence pour la réfraction* — Atmosphère dans laquelle $n(h)$ décroît en fonction de la hauteur comme indiqué par la formule (2) de la Recommandation 369.

C13. *Infraréfraction* — Réfraction pour laquelle le gradient du coïndice de réfraction est supérieur au gradient normal.

C14. *Superréfraction* — Réfraction pour laquelle le gradient du coïndice de réfraction est inférieur au gradient normal.

C15. *Rayon terrestre équivalent* — Rayon d'une Terre fictive, sphérique et sans atmosphère, déterminé de façon que les trajets radioélectriques soient rectilignes, les altitudes et les distances le long du sol étant les mêmes que sur la Terre réelle supposée entourée d'une atmosphère dont le gradient vertical du coïndice est constant.

Note 1 – La notion de rayon terrestre équivalent implique que les trajets radioélectriques ne font en aucun point un angle trop grand avec l'horizontale locale.

Note 2 – Pour une atmosphère ayant un gradient normal du coïndice, le rayon terrestre équivalent est égal approximativement aux 4/3 du rayon réel de la Terre, ce qui correspond à environ 8500 km.

C16. *Facteur multiplicatif du rayon terrestre; k* — Rapport du rayon terrestre équivalant au rayon réel de la Terre.

Note – Le facteur multiplicatif k du rayon terrestre est lié au gradient vertical dn/dh de l'indice de réfraction n et au rayon réel de la Terre a par la relation:

$$k = \frac{1}{1 + a\,\frac{dn}{dh}}$$

C17. *Couche de guidage* — Couche troposphérique caractérisée par un gradient négatif du module de réfraction qui est ainsi susceptible de guider des ondes radioélectriques par la formation d'un conduit troposphérique.

C18. *Conduit (troposphérique); guide troposphérique* — Statification quasi horizontale de la troposphère dans laquelle l'énergie d'ondes radioélectriques de fréquences suffisamment élevées reste pratiquement confinée et se propage avec un affaiblissement très inférieur à ce qu'il serait dans une atmosphère homogène.

Note – Un conduit troposphérique se compose d'une couche de guidage et, dans le cas d'un conduit élevé, de la portion d'atmosphère située au-dessous et dans laquelle la valeur du module de réfraction est supérieure à la valeur minimale atteinte dans la couche de guidage.

C19. *Conduit au sol; conduit de surface* — Conduit troposphérique dont la limite inférieure est au sol.

C20. *Conduit élevé* — Conduit troposphérique dont la limite inférieure est au-dessus du sol.

C21. *Epaisseur du conduit* — Différence d'altitude entre les surfaces limites, inférieure et supérieure, d'un conduit troposphérique radioélectrique.

C22. *Hauteur du conduit* — Hauteur au-dessus du sol de la surface inférieure d'un conduit élevé.

C23. *Intensité du conduit* — Différence entre les valeurs maximale et minimale du module de réfraction dans un conduit troposphérique.

Note – L'intensité d'un conduit est la même que celle de sa couche de guidage.

C24. *Propagation (troposphérique) guidée* — Propagation guidée d'ondes radioélectriques à l'intérieur d'un conduit troposphérique.

Note – A des fréquences suffisamment élevées, plusieurs modes électromagnétiques de propagation guidée peuvent exister dans un même conduit troposphérique.

C25. *Propagation transhorizon* — Propagation troposphérique entre deux points situés au voisinage du sol, le point de réception étant au-delà de l'horizon radioélectrique du point d'émission.

Note – La propagation transhorizon peut mettre en jeu divers phénomènes tels que la diffraction, la diffusion et la réflexion sur des couches troposphériques. Toutefois, la propagation troposphérique guidée n'est pas considérée comme une propagation transhorizon car l'horizon radioélectrique n'est plus défini.

C26. *Propagation par diffusion troposphérique* — Propagation troposphérique due à la diffusion par de nombreuses inhomogénéités ou discontinuités de l'indice de réfraction de l'atmosphère.

C27. *Hydrométéores*

Ensemble des particules d'eau ou de glace qui peuvent exister dans l'atmosphère ou être déposées sur la surface de la Terre.

Note – La pluie, le brouillard, les nuages, la neige et la grêle sont les principaux hydrométéores.

C28. *Aérosols*

Petites particules se trouvant dans l'atmosphère (autres que le brouillard et les gouttelettes des nuages) et qui ne tombent pas rapidement sous l'effet de la pesanteur.

C29. *(Propagation par) diffusion par les précipitations*

Propagation troposphérique due à la diffusion causée par les particules des hydrométéores et notamment la pluie.

C30. *Propagation par trajets multiples*

Propagation du même signal radioélectrique entre un point d'émission et un point de réception selon plusieurs trajets radioélectriques distincts.

C31. *Scintillation*

Fluctuations rapides et erratiques d'une ou plusieurs caractéristiques d'un signal reçu (amplitude, phase, polarisation, direction d'arrivée), dues aux fluctuations de l'indice de réfraction du milieu de transmission.

C32. *Dégradation du gain; perte par couplage antenne-milieu*

Diminution apparente de la somme des gains, exprimés en décibels, des antennes d'émission et de réception, lorsque des phénomènes de diffusion importants se produisent sur le trajet de propagation.

C33. *Intensité de précipitation; intensité de pluie*

Débit en eau d'une précipitation, exprimé par la hauteur d'eau qui provient de la précipitation tombée au sol par unité de temps.

Note – L'intensité de pluie est généralement exprimée en millimètres par heure.

SECTION 5B: EFFETS DU SOL (Y COMPRIS LA PROPAGATION DE L'ONDE DE SOL)

RECOMMANDATION 368-6*

COURBES DE PROPAGATION DE L'ONDE DE SOL ENTRE 10 kHz ET 30 MHz

(1951-1959-1963-1970-1974-1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

que, compte tenu de la complexité du calcul, il est utile de disposer d'un jeu de courbes d'onde de sol pour un certain nombre de valeurs types de fréquences et de caractéristiques du sol,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les courbes de l'Annexe I, utilisées dans les conditions spécifiées ci-dessous, soient adoptées pour la détermination du champ de l'onde de sol aux fréquences entre 10 kHz et 30 MHz;

2. qu'en règle générale, ces courbes ne soient utilisées pour déterminer le champ que dans le cas où l'on peut prévoir avec certitude une amplitude négligeable des réflexions ionosphériques. La propagation ionosphérique est étudiée dans le Volume VI;

3. que ces courbes ne soient pas utilisées pour les applications dans lesquelles l'antenne de réception est située à une hauteur considérable au-dessus de la surface de la Terre;

Note – C'est-à-dire lorsque $\varepsilon_r \ll 60\,\lambda\sigma$, les courbes sont utilisables jusqu'à une hauteur $h = 1{,}2\,\sigma^{1/2}\,\lambda^{3/2}$.

4. que ces courbes, établies pour des trajets homogènes dans les conditions fixées à l'Annexe I, soient aussi utilisées pour déterminer le champ sur des trajets mixtes, tel que cela est indiqué à l'Annexe II.

ANNEXE I

CONDITIONS DE VALIDITÉ (TRAJETS HOMOGÈNES)

Les courbes de propagation de la présente Recommandation sont calculées à partir des hypothèses suivantes:

- elles se réfèrent à une terre sphérique et homogène;
- dans la troposphère, l'indice de réfraction décroît exponentiellement avec la hauteur comme indiqué à la Recommandation 369;
- les antennes d'émission et de réception sont toutes deux situées au sol;
- l'élément rayonnant est une antenne monopole verticale courte. (Le moment du doublet équivalent est $5\,\lambda/2\,\pi$, voir le Rapport 714.) En supposant que cette antenne verticale soit située à la surface d'une Terre assimilée à un plan parfaitement conducteur, et qu'elle soit excitée de manière à rayonner une puissance de 1 kW, le champ rayonné à 1 km de distance aurait une valeur de 300 mV/m; ceci correspond à une force cymomotrice de 300 V (voir la Recommandation 525);
- les courbes sont tracées pour des distances mesurées autour de la surface courbe de la Terre;
- les courbes donnent la valeur de la composante verticale du champ de rayonnement, c'est-à-dire celle qui peut être effectivement mesurée dans la région du champ lointain de l'antenne.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 8 et 10.

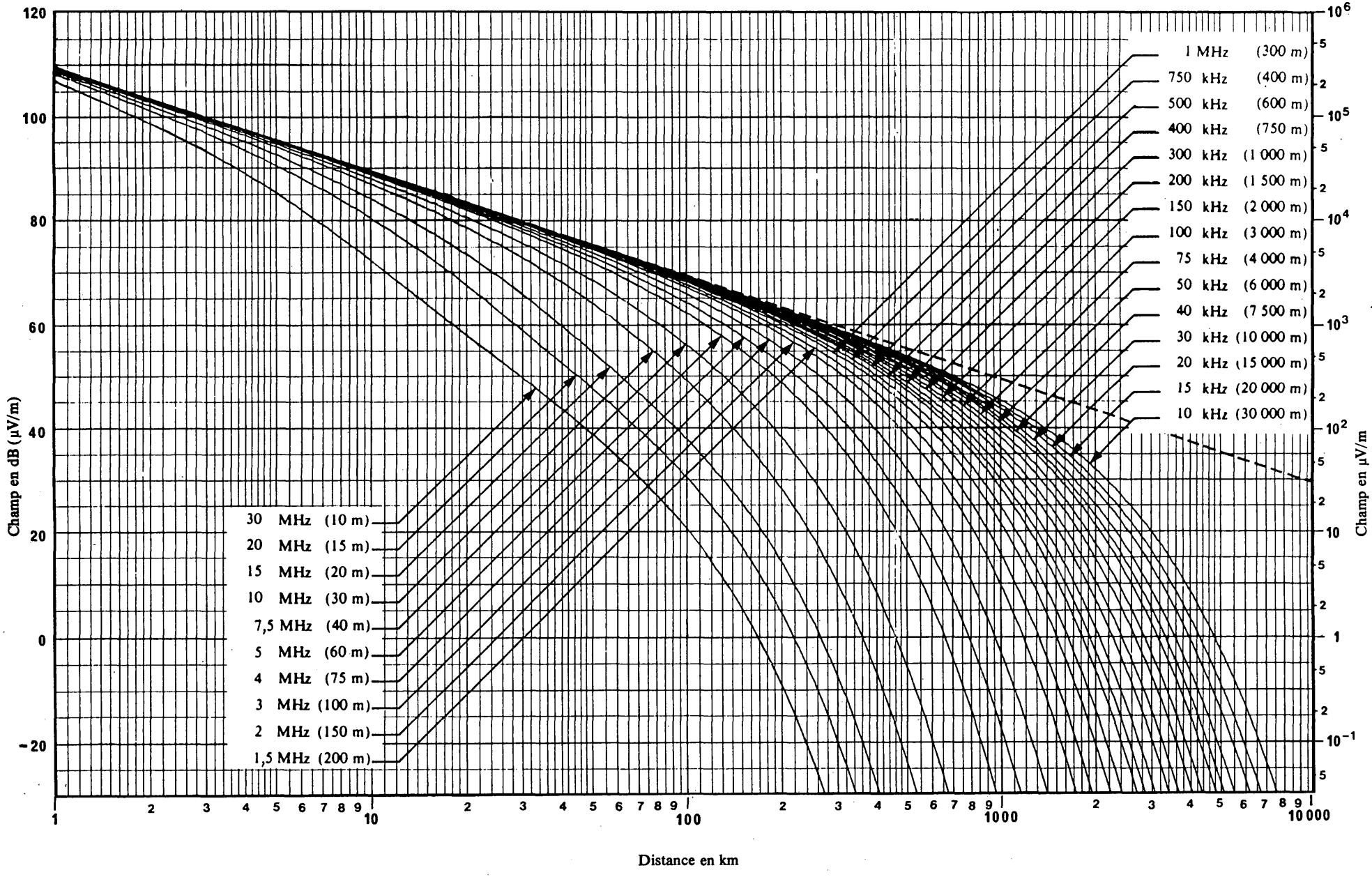


FIGURE 1 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Eau de mer, salinité faible, $\sigma = 1$ S/m, $\varepsilon = 80$*

– – – Inverse de la distance

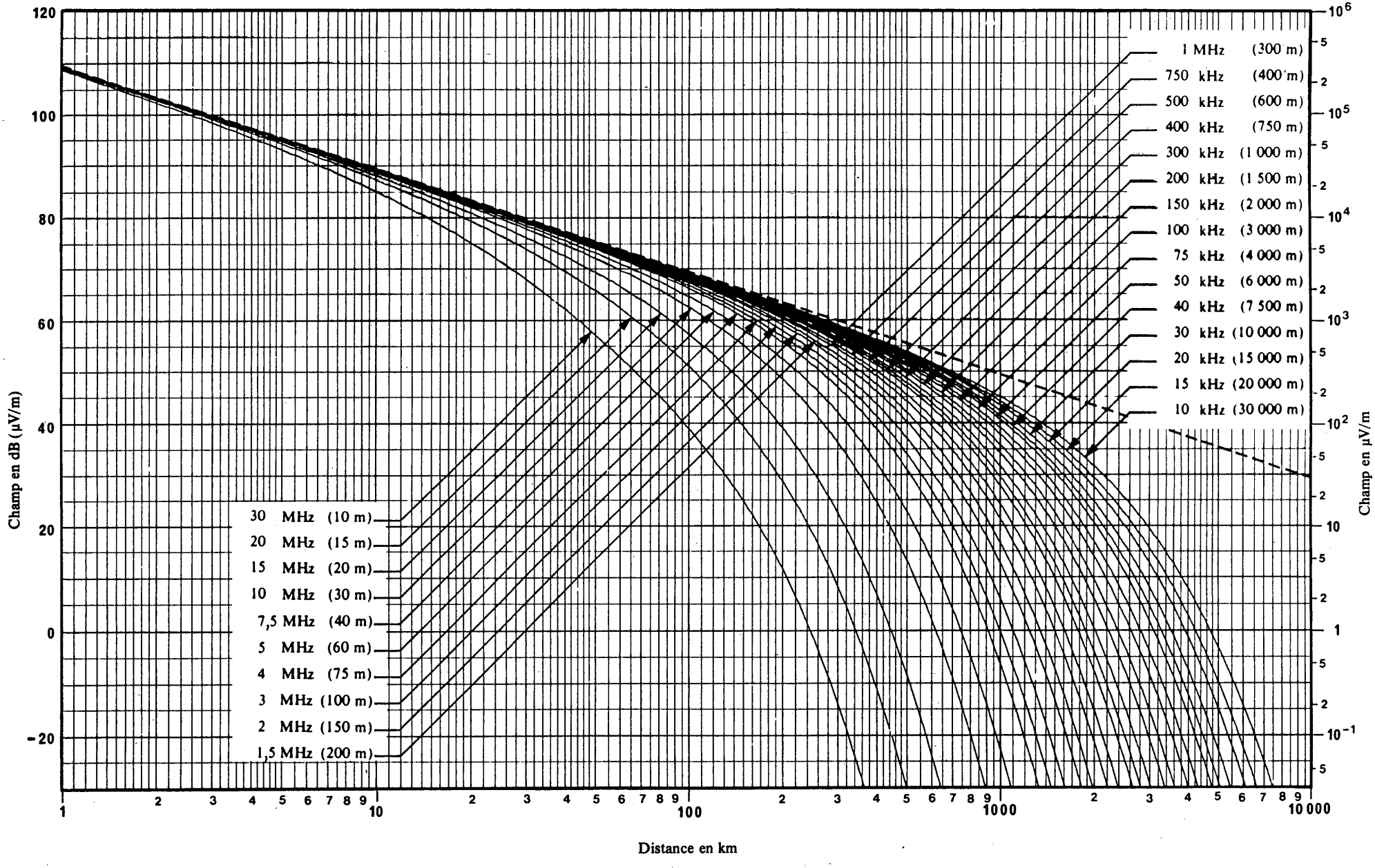


FIGURE 2 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Eau de mer, salinité moyenne, $\sigma = 5$ S/m, $\varepsilon = 70$*

– – – – Inverse de la distance

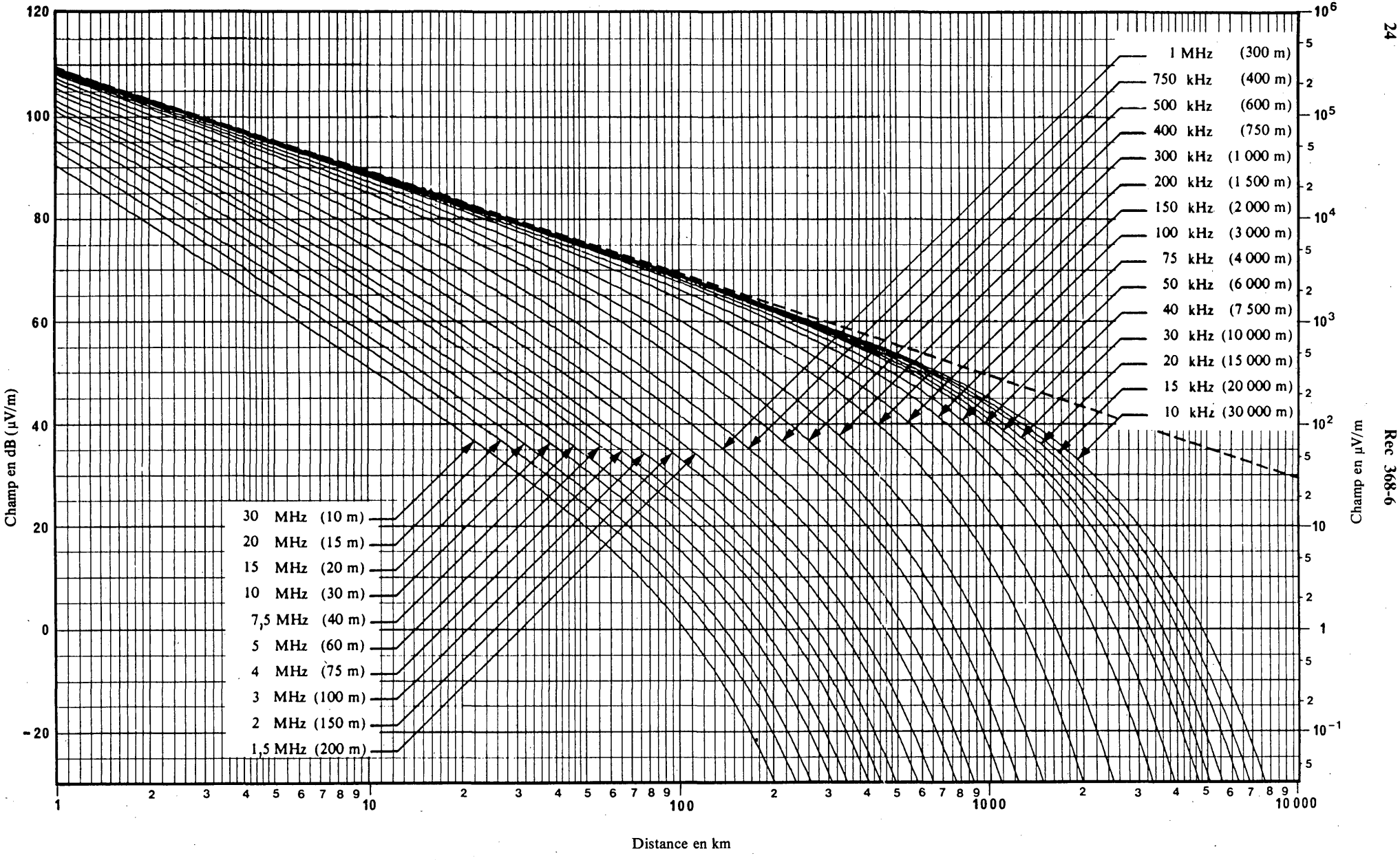


FIGURE 3 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Eau douce,* $\sigma = 3 \times 10^{-3}$ *S/m,* $\varepsilon = 80$

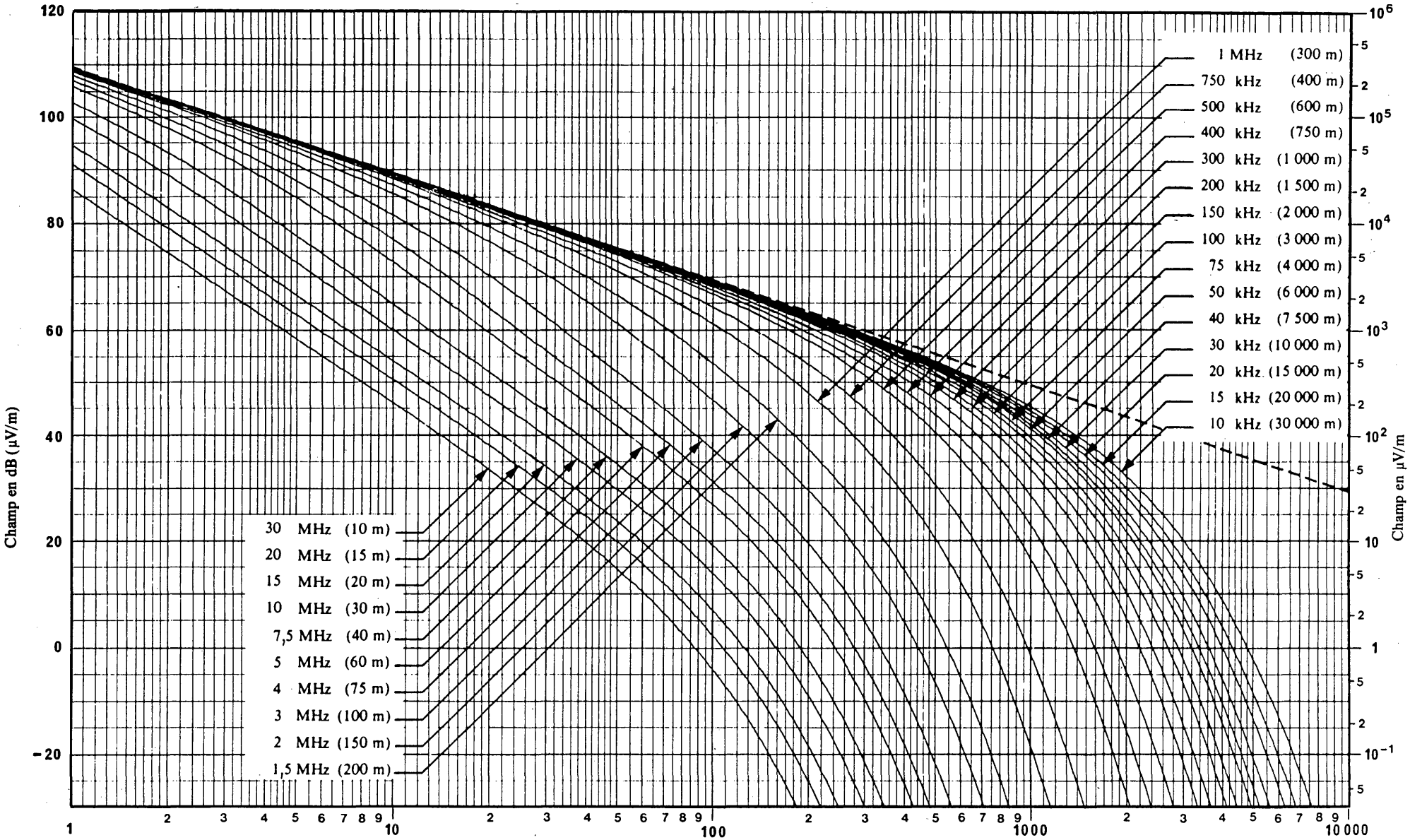


FIGURE 4 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Terre,* $\sigma = 3 \times 10^{-2}$ *S/m,* $\varepsilon = 40$

– – – – Inverse de la distance

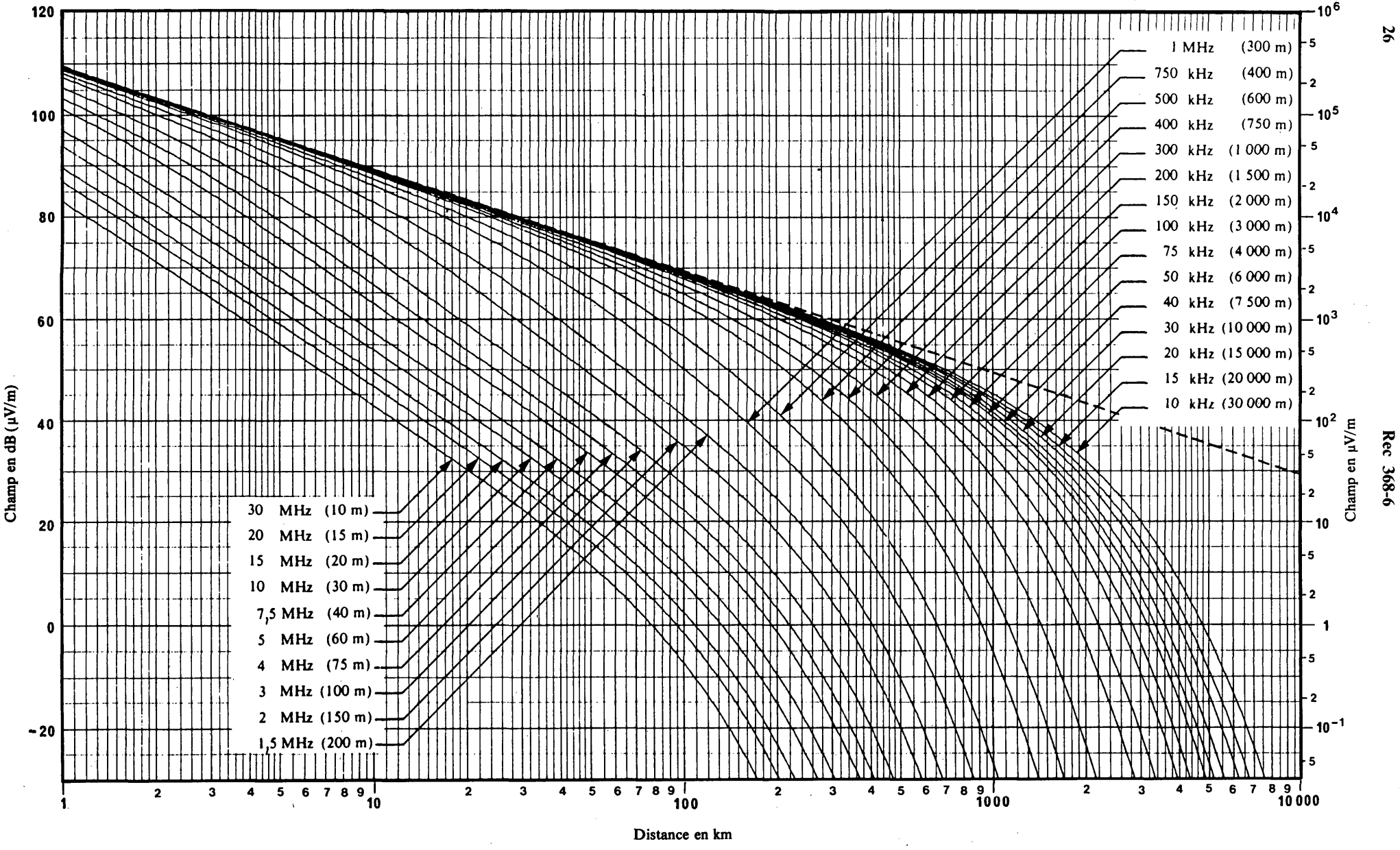


FIGURE 5 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Sol humide,* $\sigma = 10^{-2}$ *S/m,* $\varepsilon = 30$

– – – – Inverse de la distance

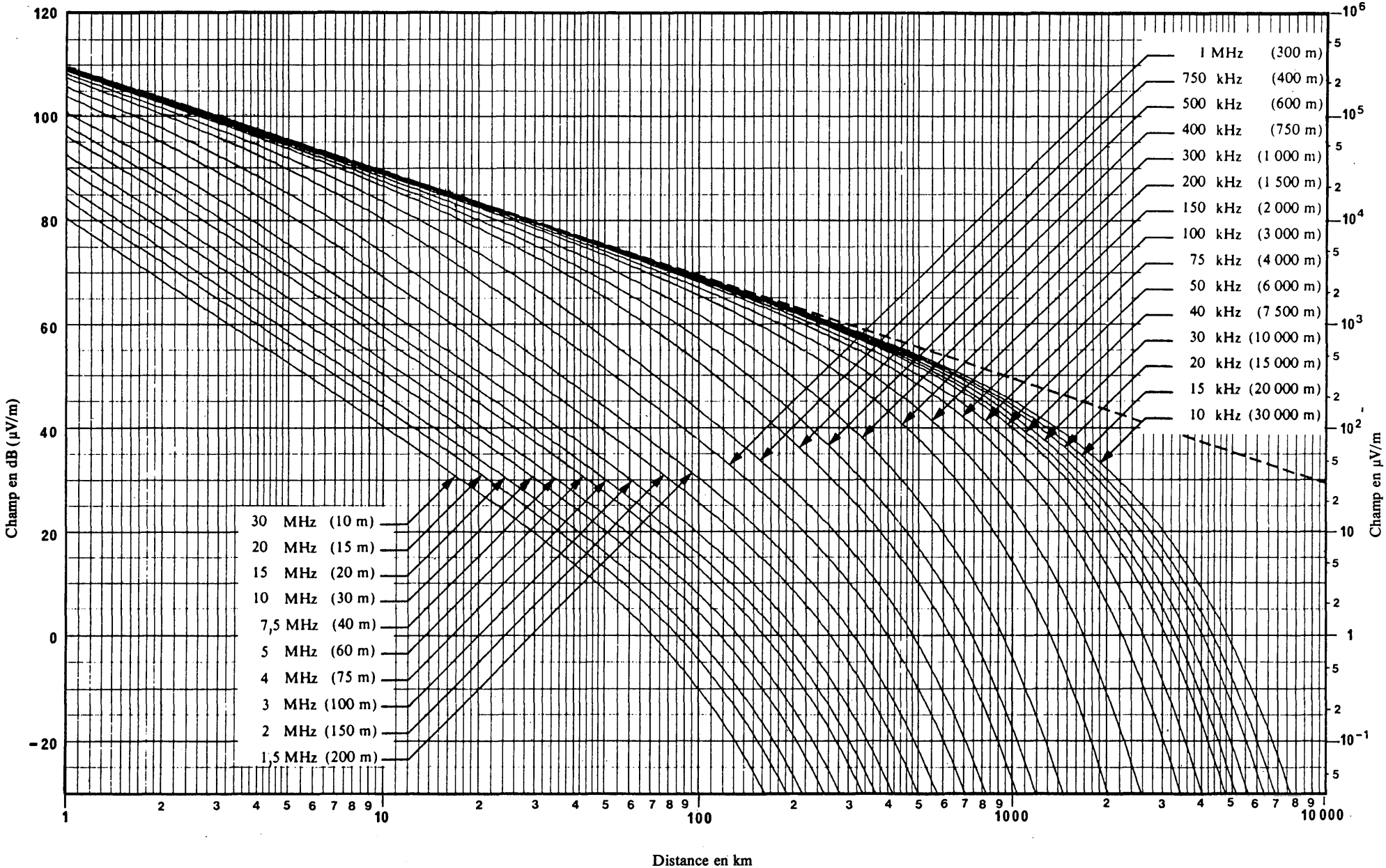


FIGURE 6 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Terre,* $\sigma = 3 \times 10^{-3}$ *S/m,* $\varepsilon = 22$

– – – – Inverse de la distance

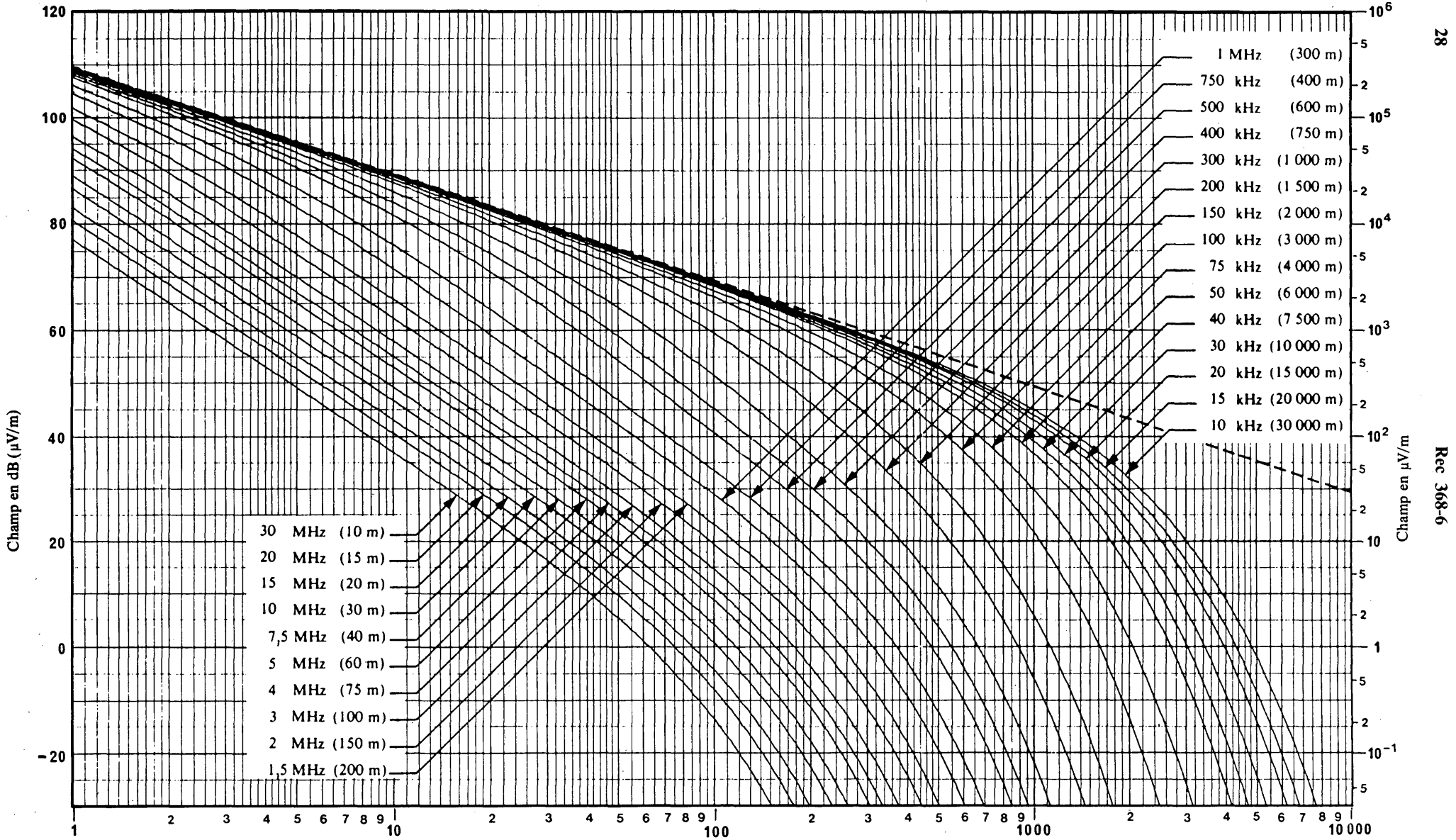


FIGURE 7 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Sol moyennement sec,* $\sigma = 10^{-3}$ *S/m,* $\varepsilon = 15$

– – – – Inverse de la distance

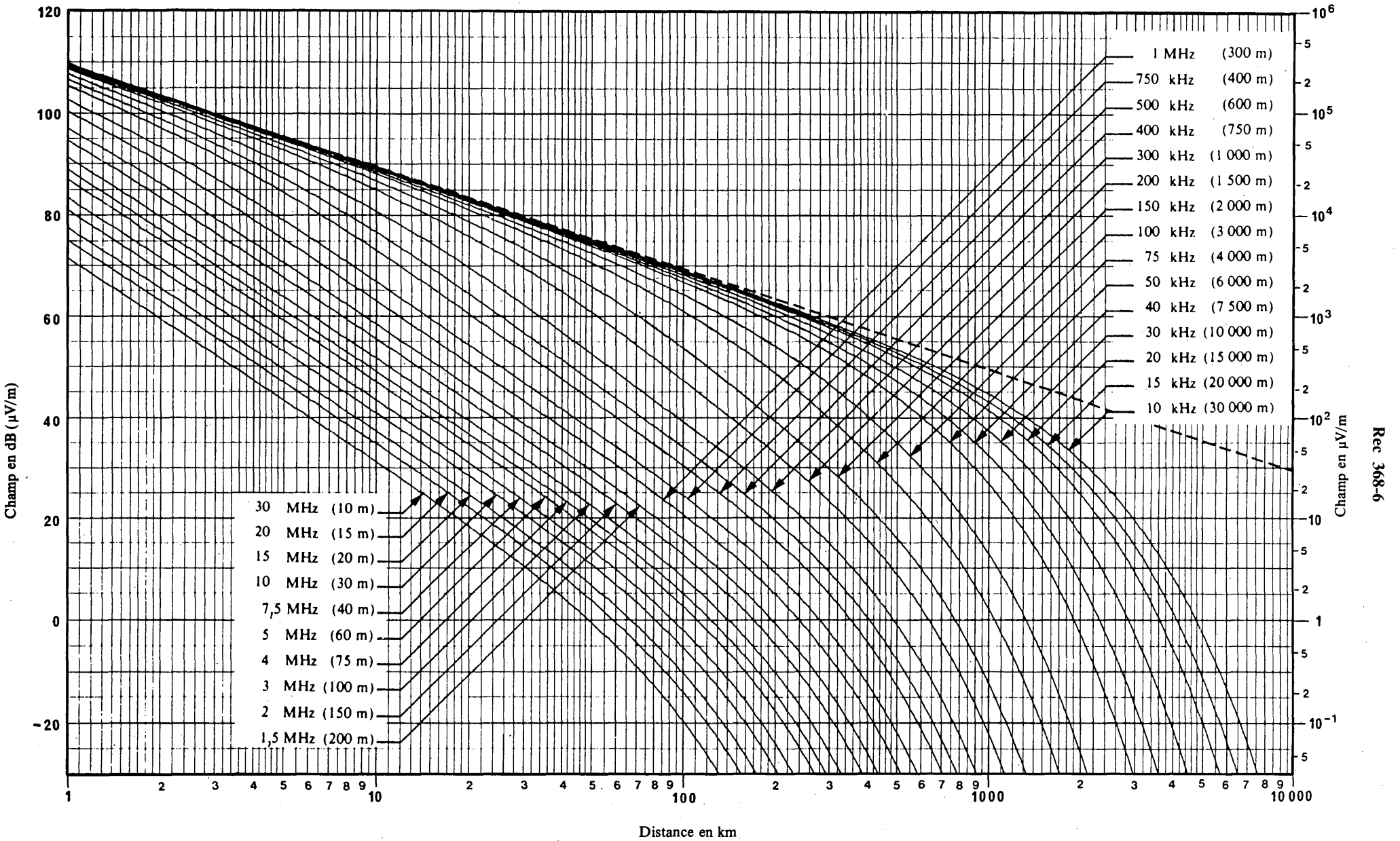
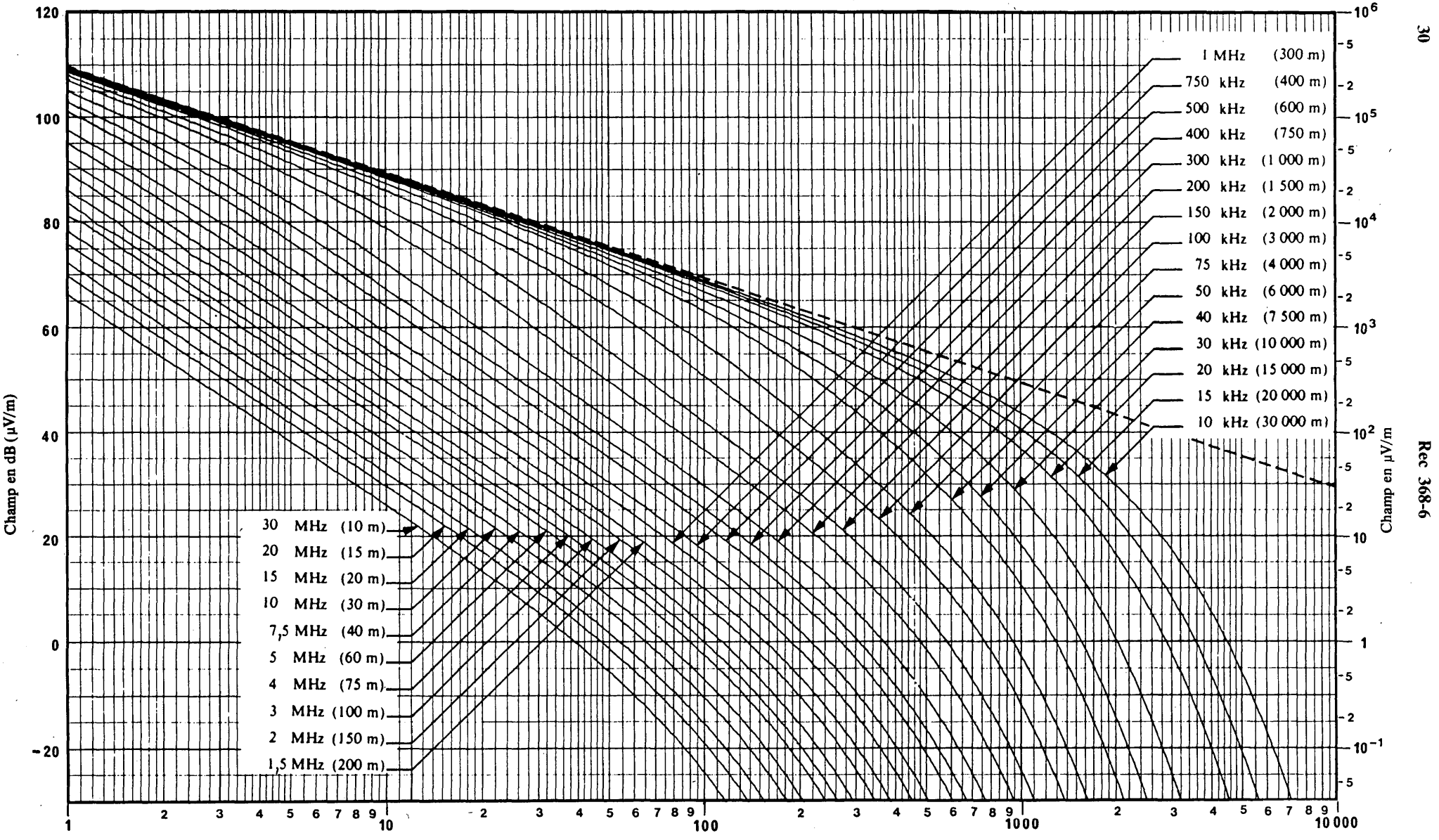


FIGURE 8 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Sol sec,* $\sigma = 3 \times 10^{-4}$ *S/m,* $\varepsilon = 7$

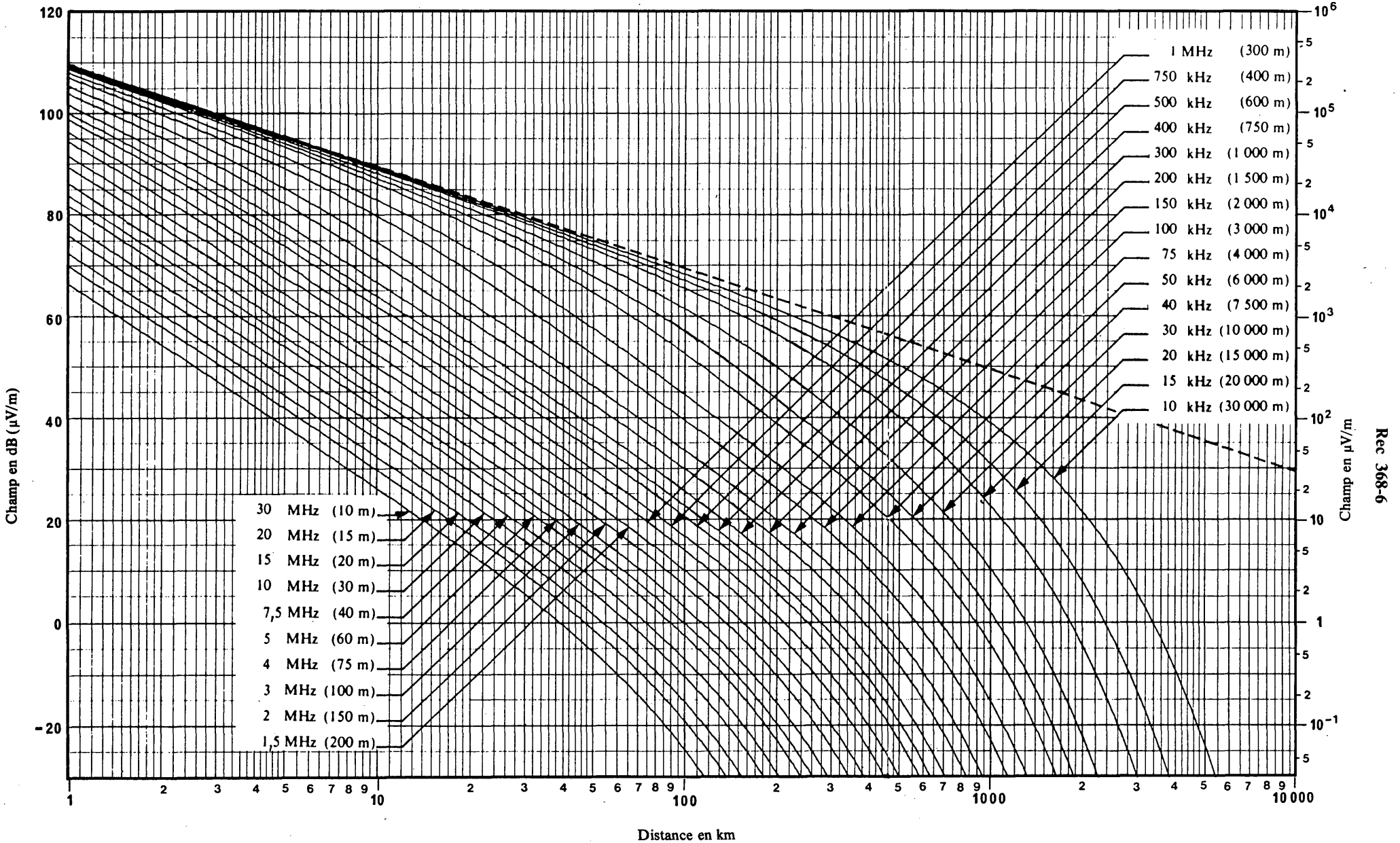
– – – – Inverse de la distance



Rec 368-6

FIGURE 9 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Sol très sec,* $\sigma = 10^{-4}$ *S/m,* $\varepsilon = 3$

– – – – Inverse de la distance



Rec 368-6

FIGURE 10 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Glace d'eau douce, −1 °C, σ = 3 × 10⁻⁵ S/m, ε = 3*

– – – – Inverse de la distance

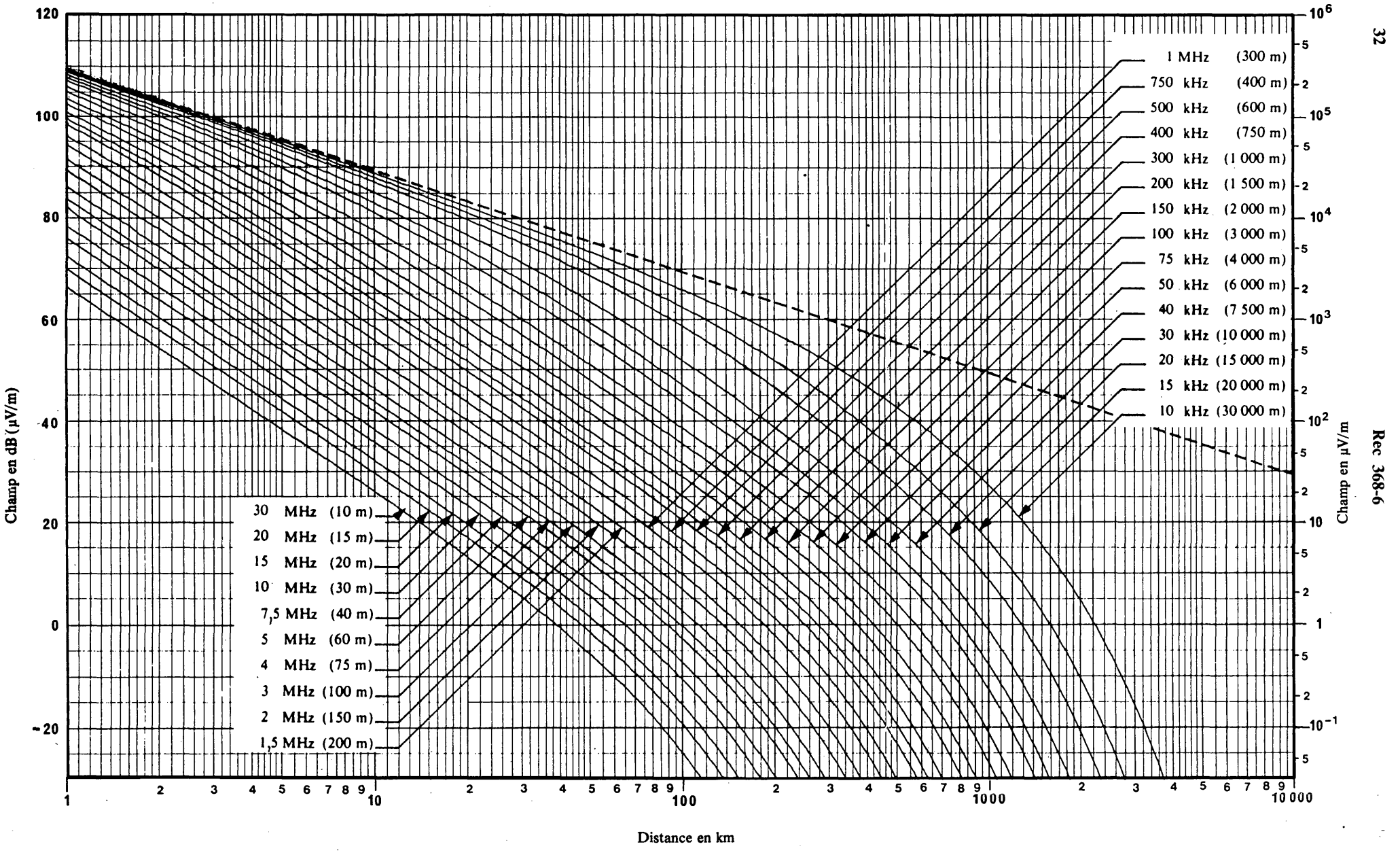


FIGURE 11 – *Courbes de propagation de l'onde de sol. Glace d'eau douce, −10 °C, σ = 10⁻⁵ S/m, ε = 3*

– – – – Inverse de la distance

Note 1 – La courbe en pointillé, intitulée «inverse de la distance», à laquelle les courbes sont asymptotiques pour les courtes distances, passe par la valeur de champ de 300 mV/m à une distance de 1 km; pour appliquer les courbes aux autres antennes de référence, voir le Tableau I de la Recommandation 341.

Note 2 – On a utilisé pour le calcul le programme GRWAVE et les méthodes décrites dans le Rapport 714.

Note 3 – L'affaiblissement de propagation correspondant aux mêmes conditions pour lesquelles les courbes ont été calculées peut être obtenu à partir de la valeur du champ E (dB(μV/m)) grâce à la formule suivante:

$$L_b \equiv A_i = 142{,}0 + 20 \log f_{\mathrm{MHz}} - E \qquad \mathrm{dB}$$

Pour déterminer l'influence du milieu environnant sur l'antenne d'émission et sur l'antenne de réception, on doit se référer à la Recommandation 341.

Note 4 – Les courbes fournissent la valeur du champ total à la distance r avec une erreur inférieure à 1 dB lorsque kr est supérieur à 10 environ, avec $k = 2\pi/\lambda$. On peut inclure les effets de champ proche (c'est-à-dire l'induction et le champ statique) en augmentant le champ (en décibels) de:

$$10 \log \left\{ 1 - \frac{1}{(kr)^2} + \frac{1}{(kr)^4} \right\}$$

On obtient ainsi le champ total à ± 0,1 dB près pour la mer et un sol humide et à ± 1 dB près pour n'importe quel sol de conductivité supérieure à 10^{-3} S/m.

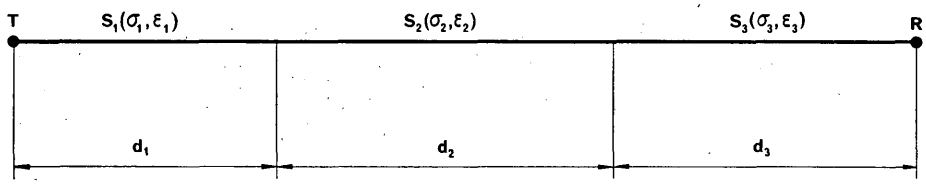
Note 5 – Pour l'une ou l'autre des antennes, si l'emplacement de l'antenne est plus que la hauteur moyenne du terrain le long du trajet entre les antennes, alors que la hauteur équivalente de l'antenne est la hauteur de l'antenne au-dessus de la hauteur moyenne du terrain le long du trajet. Il faut comparer la valeur de la hauteur équivalente de l'antenne à la valeur calculée de la hauteur limite d'antenne donnée au point 3 du «RECOMMANDE» pour déterminer si les courbes sont applicables pour le trajet considéré.

ANNEXE II

APPLICATION AUX TRAJETS MIXTES

1. Les courbes de l'Annexe I sont applicables à la détermination de la propagation sur des trajets mixtes (au-dessus d'un sol régulier hétérogène), de la façon suivante:

Ces trajets peuvent être constitués de sections S_1, S_2, S_3, etc., de longueurs d_1, d_2, d_3, etc., ayant des conductivités et des permittivités respectives σ_1, ε_1; σ_2, ε_2; σ_3, ε_3, etc., comme le montre le schéma ci-dessous pour trois sections:



Parmi les diverses méthodes semi-empiriques permettant de déterminer la propagation sur de tels trajets, celle due à [Millington, 1949] est la plus précise et satisfait à la condition de réciprocité. Avec cette méthode, on suppose que des courbes sont disponibles pour les différents types de terrain correspondant aux sections S_1, S_2, S_3, etc., supposées individuellement homogènes, et se rapportant toutes à la même source T définie, par exemple, par une courbe «inverse de la distance». Les valeurs pour toute autre source pourront ensuite être obtenues par l'application d'un coefficient.

On choisit, pour une fréquence donnée, la courbe correspondant à la section S_1 et l'on relève le champ $E_1(d_1)$ en dB(μV/m) à la distance d_1. La courbe correspondant à la section S_2 permet d'obtenir ensuite les champs $E_2(d_1)$ et $E_2(d_1 + d_2)$ puis on trouve, de façon similaire, à l'aide de la courbe s'appliquant à la section S_3, les champs $E_3(d_1 + d_2)$ et $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$ et ainsi de suite.

Le champ à la réception E_R est alors défini par l'expression:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \qquad (1)$$

On inverse alors le processus en appelant R l'émetteur et T le récepteur; on obtient ainsi un champ E_T défini par l'expression:

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1) \quad (2)$$

Le champ recherché est donné par ½ $[E_R + E_T]$, la manière d'étendre le calcul à un nombre plus grand de sections étant évidente.

Cette méthode pourrait en principe être étendue aux changements de phase si l'on disposait des courbes correspondantes de la phase en fonction de la distance pour un sol homogène. Ces données seraient nécessaires pour l'application aux systèmes de navigation. Cette méthode due à Millington est généralement d'un usage facile, surtout quand on dispose d'un ordinateur.

2. Dans les travaux de planification pour lesquels on a besoin de connaître la couverture d'un émetteur donné, il est commode de recourir à un *procédé graphique*, fondé sur la même méthode, et qui permet d'évaluer rapidement la distance à laquelle le champ a une valeur donnée.

On trouvera ci-dessous une brève description de cette méthode graphique.

La Fig. 12 s'applique à un trajet composé de deux sections homogènes de longueurs d_1 et d_2, et de caractéristiques électriques respectives σ_1, ε_1, et σ_2, ε_2. On suppose que, dans cet exemple, le module de la permittivité (constante diélectrique) complexe* $|\varepsilon'(\sigma_1, \varepsilon_1)|$ est supérieur à $|\varepsilon'(\sigma_2, \varepsilon_2)|$. Aux distances d supérieures à d_1, la courbe du champ obtenue par la méthode de Millington (§ 1) est située entre les courbes correspondant aux deux jeux de constantes $E(\sigma_1, \varepsilon_1)$ et $E(\sigma_2, \varepsilon_2)$. A la distance $d = 2\ d_1$ (d_1 étant la distance de l'émetteur à la ligne de démarcation entre les deux terrains), la courbe de Millington se situe à mi-chemin entre les deux courbes précitées si le champ est tracé selon une échelle linéaire en dB. De plus, cette courbe possède une asymptote située à m dB de la courbe $E(\sigma_2, \varepsilon_2)$, comme le montre la Fig. 12. Ici, m est la demi-différence entre les courbes $E(\sigma_1, \varepsilon_1)$ et $E(\sigma_2, \varepsilon_2)$ au point $d = d_1$. Il est facile de tracer la courbe qui en résulte en connaissant le point par où elle passe pour $d = 2\ d_1$ et son asymptote.

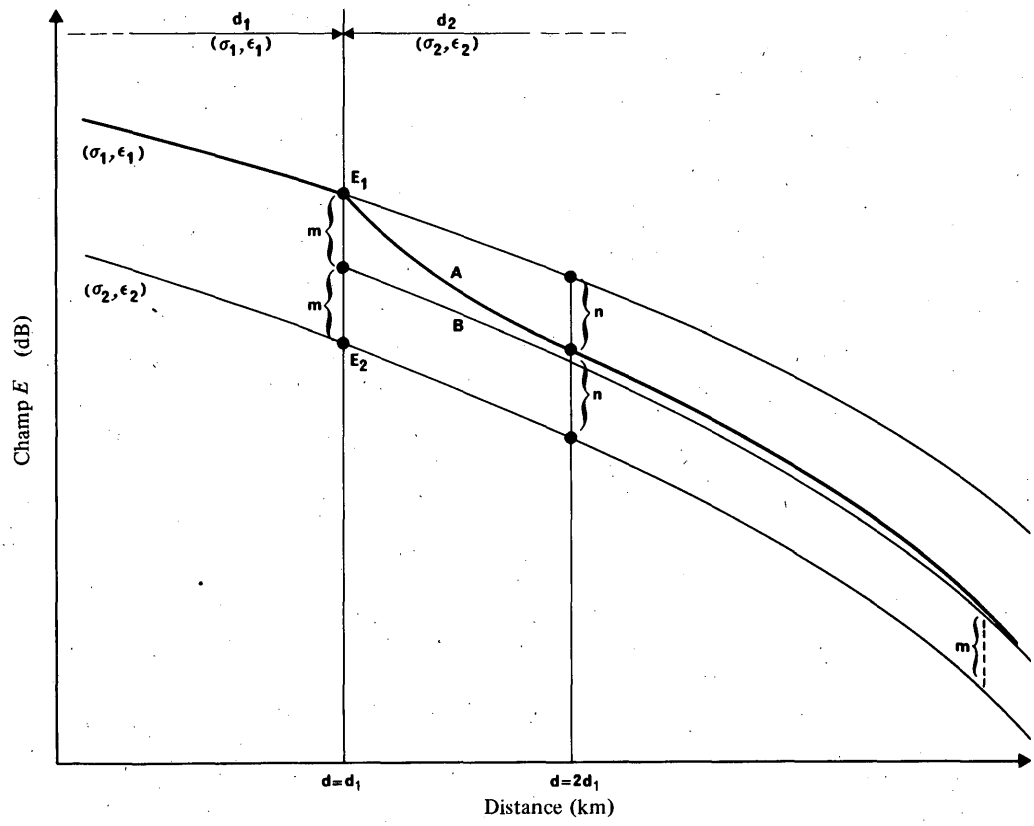


FIGURE 12 – *Comparaison des résultats*

A: Courbe du champ de Millington
B: Courbe asymptote

* Voir le Rapport 229.

La Fig. 13 représente la courbe de Millington pour un trajet composé de deux sections, dont les caractéristiques électriques sont d'abord σ_2 et ε_2, puis σ_1 et ε_1, le module de la permittivité complexe $|\varepsilon'(\sigma_1, \varepsilon_1)|$ étant supérieur à $|\varepsilon'(\sigma_2, \varepsilon_2)|$. On peut appliquer la même procédure, sans oublier que cette fois l'asymptote est parallèle à la courbe $E(\sigma_1, \varepsilon_1)$.

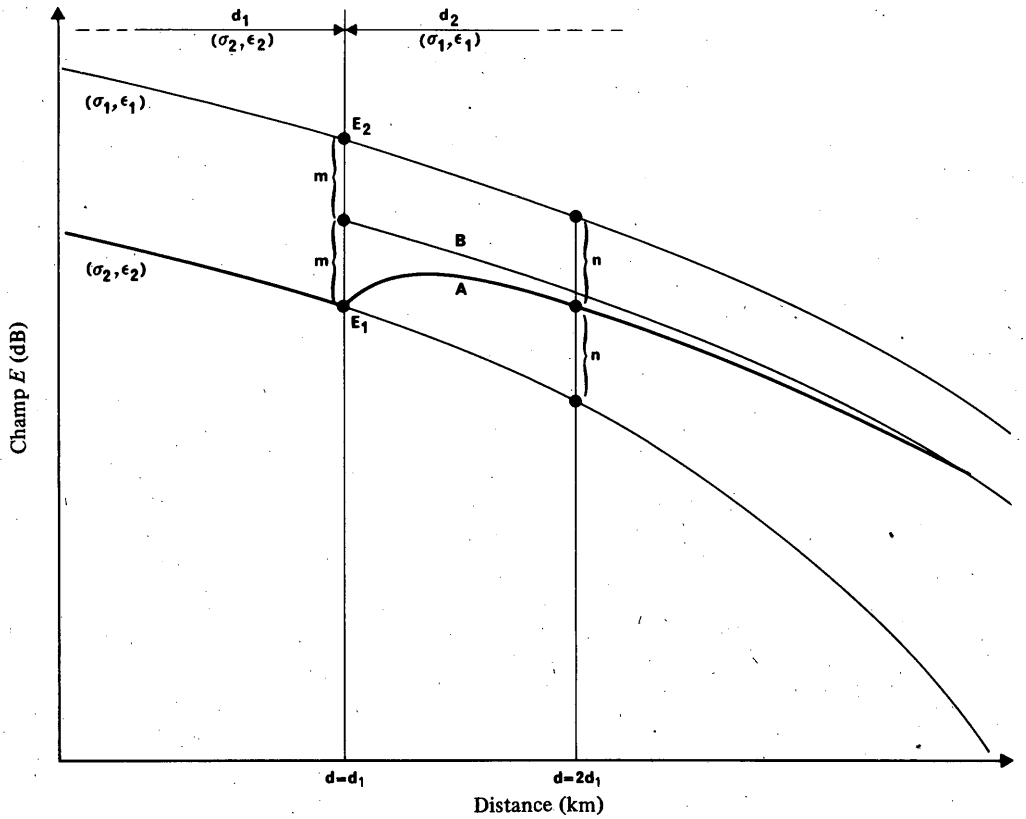


FIGURE 13 – *Comparaison des résultats*

A: Courbe du champ de Millington
B: Courbe asymptote

Pour les trajets comportant plus de deux sections, chaque changement de section peut être traité séparément comme le premier. La courbe qui en résulte doit être continue, les éléments de courbe de chaque section subissant un déplacement parallèle à la courbe extrapolée à l'extrémité de la section précédente.

Pour l'emploi de la méthode graphique, il serait commode que l'on dispose de courbes de propagation de l'onde de sol valables pour divers jeux de caractéristiques électriques pour chaque fréquence considérée. Ces courbes peuvent être tracées d'après celles de l'Annexe I. Toutefois, on trouvera des courbes adaptées aux bandes des ondes kilométriques et hectométriques dans le Rapport 717 (publié séparément), qui donne également des exemples de calcul des courbes pour les trajets mixtes.

La précision de la méthode graphique dépend de la différence de pente des courbes du champ et donc, dans une certaine mesure, de la fréquence. Dans la bande des ondes kilométriques, la différence entre la méthode décrite dans le § 1 de la présente Annexe et cette méthode approchée est normalement minime, mais, dans la partie supérieure de la bande des ondes hectométriques, la différence ne dépassera pas 3 dB dans la majorité des cas. Pour une description complète de la méthode graphique, on peut se référer à Stokke [1975].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MILLINGTON, G. [janvier 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Partie III, Vol. 96, **39**, 53-64.

STOKKE, K. N. [1975] Analyse graphique de la méthode de Millington pour le calcul du champ au-dessus d'un terrain non homogène. UIT, *J. des Télécomm.*, Vol. 42, N° III, 157-163.

BIBLIOGRAPHIE

DAMBOLDT, T. [13-16 avril 1981] HF Ground-wave field-strength measurements on mixed land-sea paths. IEE Second International Conference on Antennas and Propagation, Heslington, York, Royaume-Uni.

FURUTSU, K. [1955] Propagation of electro-magnetic waves over a flat earth across a boundary separating different media and coastal refraction. *J. Radio Res. Lab.*, Japon, **2**, 1.

GROSSKOPF, J. [mars 1950] Zur Ausbreitung von Mittelwellen über inhomogenes Gelände (Propagation des ondes hectométriques sur terrain non homogène). Fernmeldetech. *FTZ*, Vol. 3, **3**, 118-121.

MILLINGTON, G. et ISTED, G. A. [juillet 1950] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. Part 2. Experimental evidence and practical implications. *Proc. IEE*, Partie III, Vol. 97, **48**, 209-222.

SENIOR, T. B. A. [1957] Radio propagation over a discontinuity in the earth's electrical properties: II Coastal refraction. *Proc. IEE*, Partie C, Vol. 104, **43**, 139-147.

WAIT, J. R. [juillet-août 1961] On the theory of mixed-path ground-wave propagation on a spherical earth. *NBS J. Res.*, Vol. 65D, **4**, 401-410.

RECOMMANDATION 526-1

PROPAGATION PAR DIFFRACTION

(1978-1982)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il est nécessaire de fournir des renseignements d'ingénierie pour le calcul du champ sur des trajets par diffraction,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les informations contenues dans le Rapport 715 soient utilisées pour le calcul du champ sur des trajets par diffraction.

RECOMMANDATION 527-2

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DU SOL*

(1978-1982-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que la propagation de l'onde de sol dépend surtout des caractéristiques électriques du sol, y compris de la végétation, et que la mesure dans laquelle les couches inférieures influent sur les valeurs des caractéristiques électriques du sol dépend de la profondeur à laquelle pénètre l'énergie radioélectrique;

b) que l'on a besoin de connaître les valeurs de la permittivité relative et de la conductivité en fonction de la fréquence pour divers types de sols;

c) que l'on a besoin de connaître la profondeur de pénétration en fonction de la fréquence,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que, pour calculer le champ de l'onde de sol aux fréquences intéressées et dans les conditions indiquées, on emploie les courbes de l'Annexe I à la présente Recommandation.

ANNEXE I

Il convient, au sujet des courbes, de noter spécialement ce qui suit:

- Les valeurs de la permittivité relative (constante diélectrique) et de la conductivité données par la Fig. 1 pour divers types de sols indiquent la gamme approximative de valeurs que l'on peut observer dans diverses conditions; cependant, dans des situations extrêmes, on peut observer des valeurs se situant en dehors de cette gamme. Dans les zones fertiles très humides, on relèvera des valeurs de conductivité beaucoup plus fortes, alors que, dans les régions montagneuses ou arctiques, la conductivité peut descendre à 10^{-5} S/m aux fréquences inférieures à 100 MHz. De même, quand le sol est recouvert de neige, on peut trouver des valeurs de permittivité plus basses que celles qu'indique la courbe E de la Fig. 1. La conductivité des lacs et des rivières augmente avec la teneur de l'eau en impuretés.
- Aux fréquences basses, sauf pour l'eau de mer, il y a lieu, comme le montre la Fig. 2, de tenir compte des couches d'une profondeur de 100 m, sinon davantage. Cela est d'une importance particulière lorsque les couches supérieures ont la conductivité la plus faible et que l'énergie peut donc pénétrer plus facilement aux niveaux inférieurs. De tels cas se présentent, par exemple, pour les lacs et zones océaniques recouverts de glace.
- On trouvera une description de l'affaiblissement dû à la végétation dans le Rapport 1145.

* Voir aussi le Rapport 229.

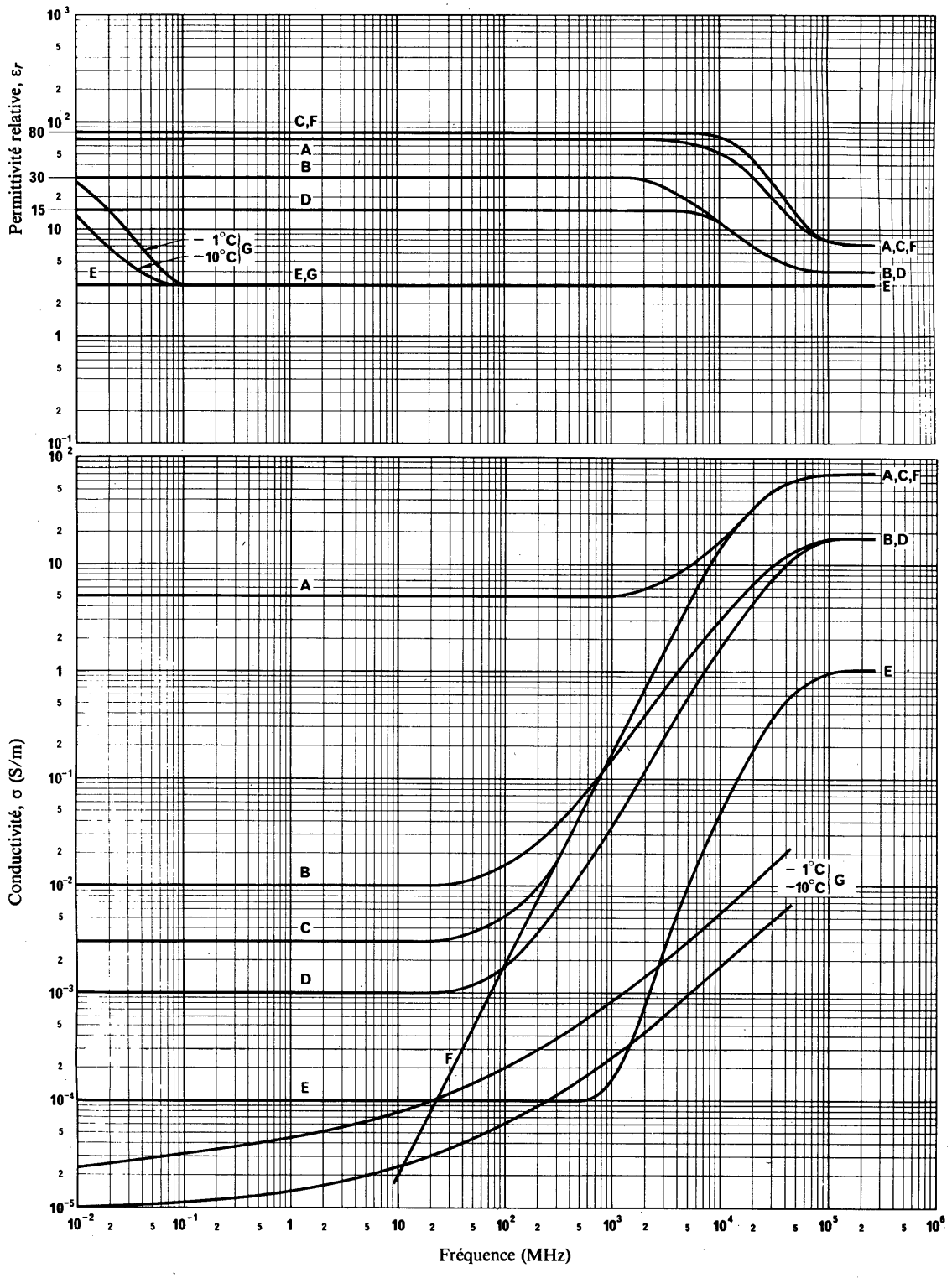


FIGURE 1 – *Permittivité relative, ε_r, et conductivité, σ, en fonction de la fréquence*

A: eau de mer (salinité moyenne), 20° C
B: sol humide
C: eau douce, 20° C
D: sol moyennement sec
E: sol très sec
F: eau pure, 20° C
G: glace (eau douce)

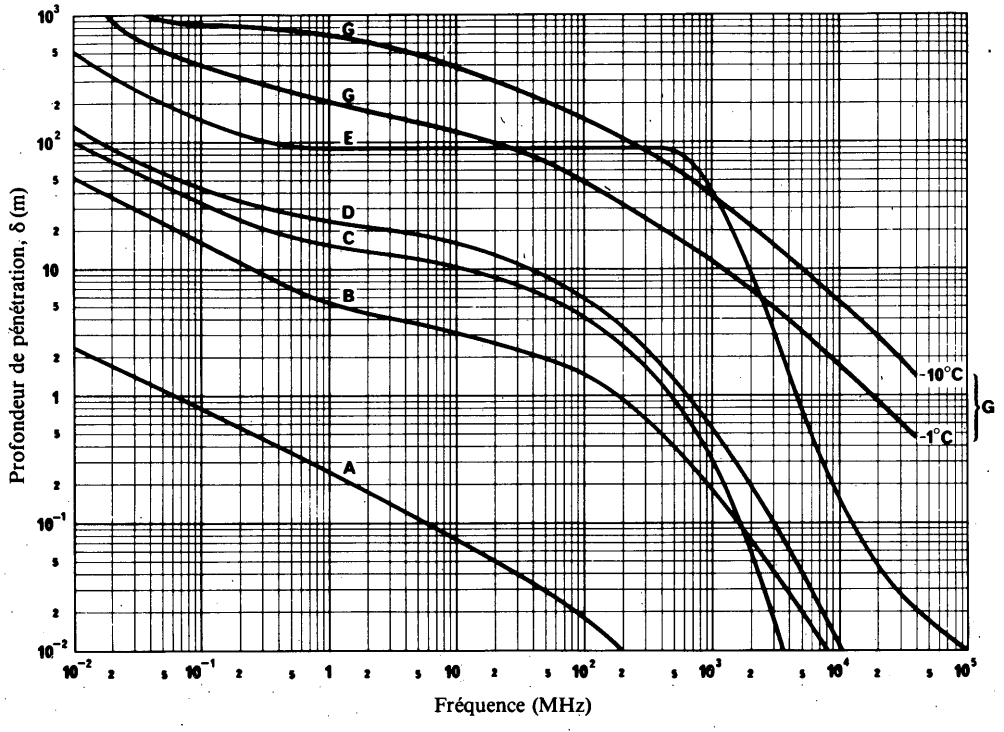


FIGURE 2 – *Profondeur de pénétration δ en fonction de la fréquence*

A: eau de mer
B: sol humide
C: eau douce
D: sol moyennement sec
E: sol très sec
G: glace (eau douce)

SECTION 5C: EFFETS DE L'ATMOSPHÈRE (RADIOMÉTÉOROLOGIE)

RECOMMANDATION 369-4

ATMOSPHÈRE DE RÉFÉRENCE POUR LA RÉFRACTION

(Question 2/5)

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

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que la variation de l'indice de réfraction n de l'air en fonction de la hauteur h, aux fréquences radioélectriques, s'exprime de manière satisfaisante par une loi exponentielle

$$n(h) = 1 + a \times \exp(-bh) \quad (1)$$

a et b étant des paramètres qui peuvent être déterminés pour différents climats par des méthodes statistiques;

b) qu'il est nécessaire d'avoir une référence commune facilitant les comparaisons des calculs,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que l'atmosphère de référence pour la réfraction soit définie par la relation:

$$n(h) = 1 + 315 \times 10^{-6} \times \exp(-0{,}136\ h) \quad (2)$$

h désignant la hauteur en kilomètres au-dessus du niveau de la mer.

RECOMMANDATION 453-2

FORMULE DONNANT L'INDICE DE RÉFRACTION RADIOÉLECTRIQUE

(Question 2/5)

(1970-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

la nécessité d'utiliser une formule unique pour le calcul de l'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que l'indice de réfraction radioélectrique de l'atmosphère n soit donné par la formule suivante:

$$n = 1 + N \times 10^{-6} \quad (1)$$

dans laquelle:

N est le coïndice exprimé par:

$$N = \frac{77{,}6}{T}\left(P + 4810\,\frac{e}{T}\right) \quad (2)$$

P: pression atmosphérique (mb)*

e: tension de vapeur d'eau (mb)*

T: température absolue (K).

---

* Il convient de noter que l'Organisation météorologique mondiale a recommandé l'adoption de hPa qui est numériquement identique à mb, en tant qu'unité de pression atmosphérique.

RECOMMANDATION 676

AFFAIBLISSEMENT PAR LES GAZ DE L'ATMOSPHÈRE

(Question 2/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il est nécessaire d'évaluer l'affaiblissement par les gaz de l'atmosphère sur les trajets terrestres et les trajets obliques,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

d'utiliser les procédures spécifiées dans le Rapport 719 pour le calcul de l'affaiblissement par les gaz de l'atmosphère.

RECOMMANDATION 677

ÉMISSIONS RADIOÉLECTRIQUES PROVENANT DE SOURCES NATURELLES A DES FRÉQUENCES SUPÉRIEURES A 50 MHz

(Question 2/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il est nécessaire de connaître la température de brillance du ciel pour évaluer les limites de qualité de fonctionnement des systèmes imposées par le bruit,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

l'utilisation du Rapport 720 pour le calcul de la température de brillance du ciel à des fréquences supérieures à 50 MHz.

RECOMMANDATION 678

CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ NATURELLE DES PHÉNOMÈNES DE PROPAGATION

(Question 2/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) qu'il faut connaître la variabilité naturelle des phénomènes de propagation pour la conception des systèmes de télécommunication;

b) qu'il existe une procédure de prévision pour l'estimation des statistiques des variations d'année en année dans la fraction de temps de dépassement du mois le plus défavorable de l'année, définie dans la Recommandation 581,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que la Fig. 2 du Rapport 723 soit utilisée pour l'estimation de la variation d'année en année escomptée de la fraction de temps de dépassement pendant le mois le plus défavorable de l'année;

2. que la variation escomptée autour d'une valeur moyenne à long terme prévue soit indiquée en fonction d'une période de récurrence.

Note – La période de récurrence est définie comme $1/p$, p étant la probabilité de dépassement de la valeur spécifiée dans un intervalle d'analyse. Par exemple, la valeur médiane d'une longue série de valeurs de fraction de temps de dépassement pendant le mois le plus défavorable de l'année aurait une période de récurrence de 2 ans.

RECOMMANDATION 581-2

NOTION DE «MOIS LE PLUS DÉFAVORABLE»

(Question 2/5)

(1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que les critères de qualité de fonctionnement des systèmes de radiocommunication se réfèrent souvent à «un mois quelconque» pris comme période de référence;

b) que la conception de ces systèmes nécessite des données statistiques sur les effets de propagation sur la période de référence des critères de qualité de fonctionnement;

c) qu'il faut donc disposer d'une définition univoque de la période de référence,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que la fraction du temps pendant laquelle une valeur de seuil prédéterminée est dépassée au cours du mois le plus défavorable d'une année soit appelée «fraction de temps du dépassement pendant le mois le plus défavorable de l'année»;

2. que la valeur statistique correspondant au critère de qualité de fonctionnement se référant à «un mois quelconque» soit la moyenne à long terme des fractions de temps des dépassements pendant le mois le plus défavorable de l'année;

3. que le mois le plus défavorable d'une année soit, dans le cas d'une valeur de seuil prédéterminée correspondant à une dégradation quelconque de la qualité de fonctionnement, le mois, pris dans une période de douze mois civils consécutifs, au cours duquel le niveau de seuil est dépassé pendant la durée la plus longue. Le mois le plus défavorable n'est pas nécessairement le même pour tous les niveaux de seuil.

Note – Le Rapport 723 présente un modèle de conversion des valeurs moyennes de la fraction de temps du dépassement pendant l'année en valeurs moyennes de la fraction de temps du dépassement pendant le mois le plus défavorable de l'année. Il indique les valeurs globales des paramètres de ce modèle ainsi que des valeurs plus détaillées pour plusieurs régions du monde.

SECTION 5D: ASPECTS RELATIFS A LA RADIODIFFUSION DE TERRE ET AUX SERVICES MOBILES DE TERRE

RECOMMANDATION 370-5*

COURBES DE PROPAGATION SUR ONDES MÉTRIQUES ET DÉCIMÉTRIQUES DANS LA GAMME DES FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 30 ET 1000 MHz**

Services de radiodiffusion

(Programme d'études 7D/5)

(1951-1953-1956-1959-1963-1966-1974-1978-1982-1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est nécessaire de fournir des indications aux ingénieurs chargés des plans relatifs aux services de radiodiffusion travaillant dans les bandes des ondes métriques et décimétriques pour toutes les conditions climatiques;

b) qu'il est important de déterminer la distance géographique minimale entre les stations travaillant sur les mêmes canaux ou sur des canaux adjacents, afin d'éviter les brouillages intolérables occasionnés par une propagation troposphérique à grande distance;

c) que les courbes figurant en annexe sont fondées sur l'analyse statistique d'un nombre considérable de données expérimentales (voir le Rapport 239),

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les courbes figurant à l'Annexe I soient adoptées pour être utilisées provisoirement dans les conditions suivantes:

1. les valeurs de champ ont été ajustées de façon à correspondre à une puissance de 1 kW rayonnée par un doublet demi-onde;

2. les courbes sont établies à partir de mesures faites principalement sous des climats tempérés, comprenant des mers «froides» et des mers «chaudes» telles que la mer du Nord et la mer Méditerranée. D'amples études ont montré récemment que les conditions de propagation sont sensiblement différentes dans certaines régions des mers «très chaudes» sujettes à des phénomènes de superréfraction. Des propositions provisoires pour traiter de cette situation sont contenues dans le § 3.6 du Rapport 239;

3. la hauteur de l'antenne d'émission est définie comme étant la hauteur de cette antenne au-dessus du niveau moyen du sol entre les distances de 3 km et de 15 km à partir de l'émetteur, dans la direction du récepteur;

4. la hauteur de l'antenne de réception est définie comme étant la hauteur au-dessus du terrain local;

5. le paramètre Δh (voir la Recommandation 310) est utilisé pour définir le degré d'irrégularité du terrain; pour les services de radiodiffusion, il est appliqué pour des distances comprises entre 10 km et 50 km à partir de l'émetteur (voir la Fig. 6 et le Rapport 239);

6. des méthodes permettant de déterminer les champs au-dessus de trajets mixtes terre-mer sont décrites dans le Rapport 239;

7. le champ dépend de la hauteur de l'antenne de réception aussi bien que de la nature de son environnement immédiat. Des données relatives au gain de hauteur de l'antenne de réception sont fournies dans les § 2.4 et 3.4 et à la Fig. 17. D'autres informations concernant ces deux effets sont données dans les Rapports 239 et 567;

8. il convient de tenir compte de l'affaiblissement dû à un terrain boisé ou à la végétation (voir la Fig. 2 du Rapport 236);

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 10 et 11.

** Il faut souligner que les courbes de cette Recommandation sont destinées à résoudre les problèmes de brouillage sur une zone étendue dans la planification des services de radiodiffusion. On ne doit pas les employer pour des liaisons entre deux points déterminés, car on peut, dans ce dernier cas, déterminer le profil réel du terrain et employer des méthodes plus précises pour prévoir le champ.

9. on obtient une précision accrue des valeurs prévues du champ en tenant compte du terrain local à l'emplacement de réception, en choisissant un angle de dégagement approprié. La méthode utilisée est décrite dans le Rapport 239. Dans les régions de collines et de montagnes, on devrait tenir compte de la diffusion par le terrain.

ANNEXE I

1. Introduction

1.1 Les courbes de propagation représentent des valeurs de champ exprimées en fonction de divers paramètres, dans le cas des ondes métriques et dans celui des ondes décimétriques. Certaines de ces courbes s'appliquent à des trajets terrestres et d'autres à des trajets maritimes. Les courbes relatives aux trajets terrestres ont été établies à partir de données obtenues principalement dans le type de climat tempéré qu'on rencontre en Europe et en Amérique du Nord. Les courbes relatives aux trajets maritimes ont été établies à partir de données obtenues principalement dans les régions de la mer Méditerranée et de la mer du Nord.

1.2 Les courbes de propagation représentent les valeurs du champ dépassées dans 50% des emplacements pour différents pourcentages du temps. Elles correspondent à différentes hauteurs d'antenne d'émission et à une hauteur de l'antenne de réception égale à 10 m. Les courbes relatives aux trajets terrestres renvoient à une valeur de Δh égale à 50 m qui est généralement applicable au type de terrain moyennement vallonné tel qu'on le trouve fréquemment en Europe et en Amérique du Nord.

1.3 Pour les pourcentages d'emplacements autres que 50%, les courbes de distribution de probabilité figurent également dans la présente Annexe.

1.4 Les estimations des valeurs de champ sur les trajets mixtes doivent être faites selon les méthodes décrites dans le Rapport 239.

1.5 La majorité des mesures ayant été faite à des distances inférieures à 500 km, les résultats donnés par ces courbes sont moins fiables au-delà de cette distance. Les portions de courbes en tirets, obtenues par extrapolation, ont pour seul but de donner une idée générale des valeurs probables du champ.

1.6 Toutes ces courbes sont basées sur des valeurs à long terme (plusieurs années) et peuvent être considérées comme représentatives des conditions climatiques moyennes qui règnent dans toutes les régions tempérées. Il convient de noter cependant que, pour des périodes courtes (quelques heures par exemple, voire quelques jours), il peut exister des champs très supérieurs à ceux indiqués par ces courbes, particulièrement au-dessus de terrains relativement plats.

1.7 On sait que le champ médian varie dans les différentes régions selon le climat; les données recueillies aux Etats-Unis et en Europe occidentale dans les conditions climatiques les plus diverses montrent qu'il est possible d'établir une corrélation entre la valeur médiane des champs observés et le gradient de l'indice de réfraction dans le premier kilomètre d'atmosphère au-dessus du niveau du sol. Si ΔN est défini comme $10^6(n_1 - n_s)$, où n_s représente l'indice de réfraction à la surface du sol, et n_1 l'indice de réfraction à 1 km de hauteur au-dessus du sol, on a, dans une atmosphère normale, $\Delta N \approx -40$; les courbes 50% des Fig. 1a et 1b s'appliquent à ce cas. Si la valeur moyenne de ΔN dans une région donnée est sensiblement différente de -40, on obtiendra la valeur médiane du champ pour les distances au-delà de l'horizon en appliquant aux courbes un facteur de correction de $-0{,}5(\Delta N + 40)$ dB. Dans le cas où l'on ne connaît pas ΔN, mais où l'on a des données qui permettent de calculer la valeur moyenne de N_s où $N_s = 10^6(n_s - 1)$, on peut, au moins pour les régions tempérées, appliquer un autre facteur de correction, qui est de $0{,}2(N_s - 310)$ dB. Bien que ces facteurs de correction n'aient été établis jusqu'ici que pour les zones géographiques susmentionnées, ils peuvent cependant servir d'indication pour les corrections qui pourraient être nécessaires dans d'autres zones géographiques. La mesure dans laquelle il est correct d'appliquer des corrections similaires aux courbes de champ dépassé pendant 1% et 10% du temps n'est pas connue. On s'attend, toutefois, à ce qu'une correction importante soit nécessaire pour les valeurs dépassées pendant 1% et 10% du temps dans les régions où la superréfraction prédomine pendant une partie appréciable du temps.

2. Ondes métriques

2.1 Les courbes des Fig. 1a, 2a, 3a et 4a représentent les valeurs du champ dépassé en 50% des emplacements et pour 50%, 10%, 5% et 1% du temps lorsqu'il s'agit de trajets terrestres pour lesquels une valeur de Δh égale à 50 m est considérée comme représentative. Pour une autre valeur de Δh, il convient d'effectuer une correction donnée par les courbes de la Fig. 7 (voir aussi le Rapport 239). Pour les pourcentages d'emplacements autres que 50%, les corrections peuvent être obtenues à partir de la courbe de distribution de la Fig. 5.

2.2 Les courbes des Fig. 1b, 2b, 2c, 3b, 3c, 4b et 4c représentent les valeurs du champ dépassé en 50% des emplacements pour 50%, 10%, 5% et 1% du temps lorsqu'il s'agit de trajets maritimes en mers froides et en mers chaudes, les caractéristiques climatiques de ces mers étant à rapprocher de celles qui sont observées en mer du Nord et en mer Méditerranée respectivement.

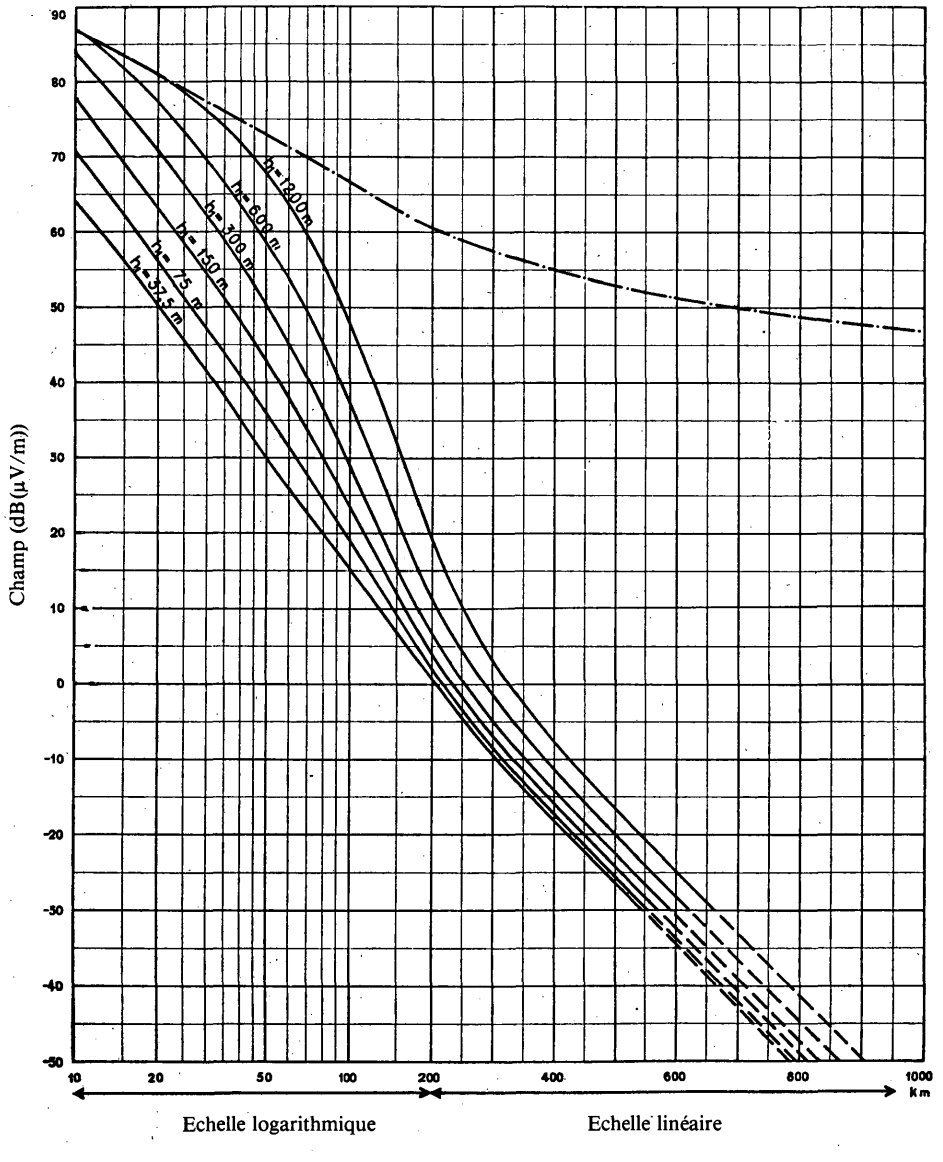


Figure 1a – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (Bandes I, II et III) - Trajets terrestres - 50% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

—.— Espace libre

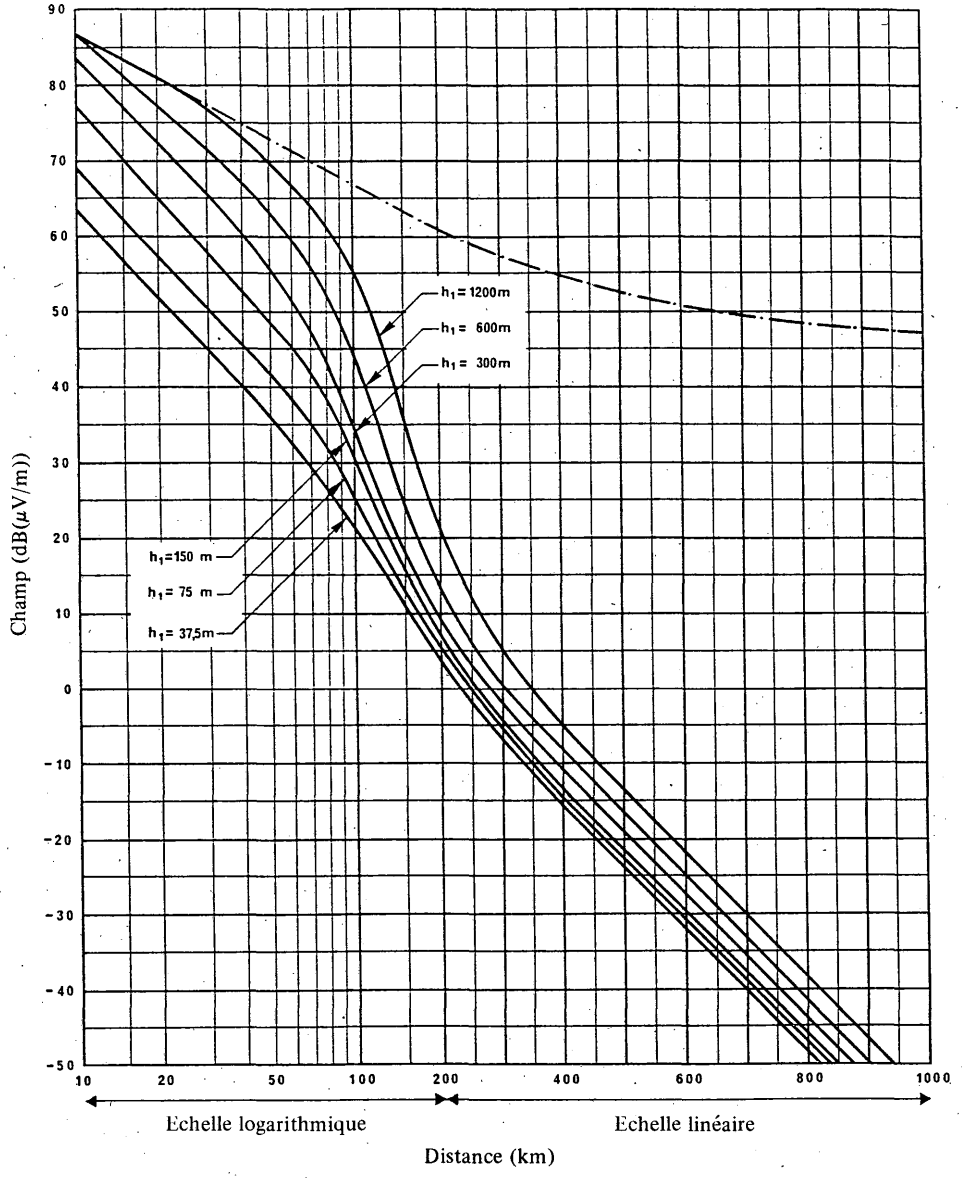


FIGURE 1b – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) – Mer –
50% du temps – 50% des emplacements – h_2 = 10 m

—·— Espace libre

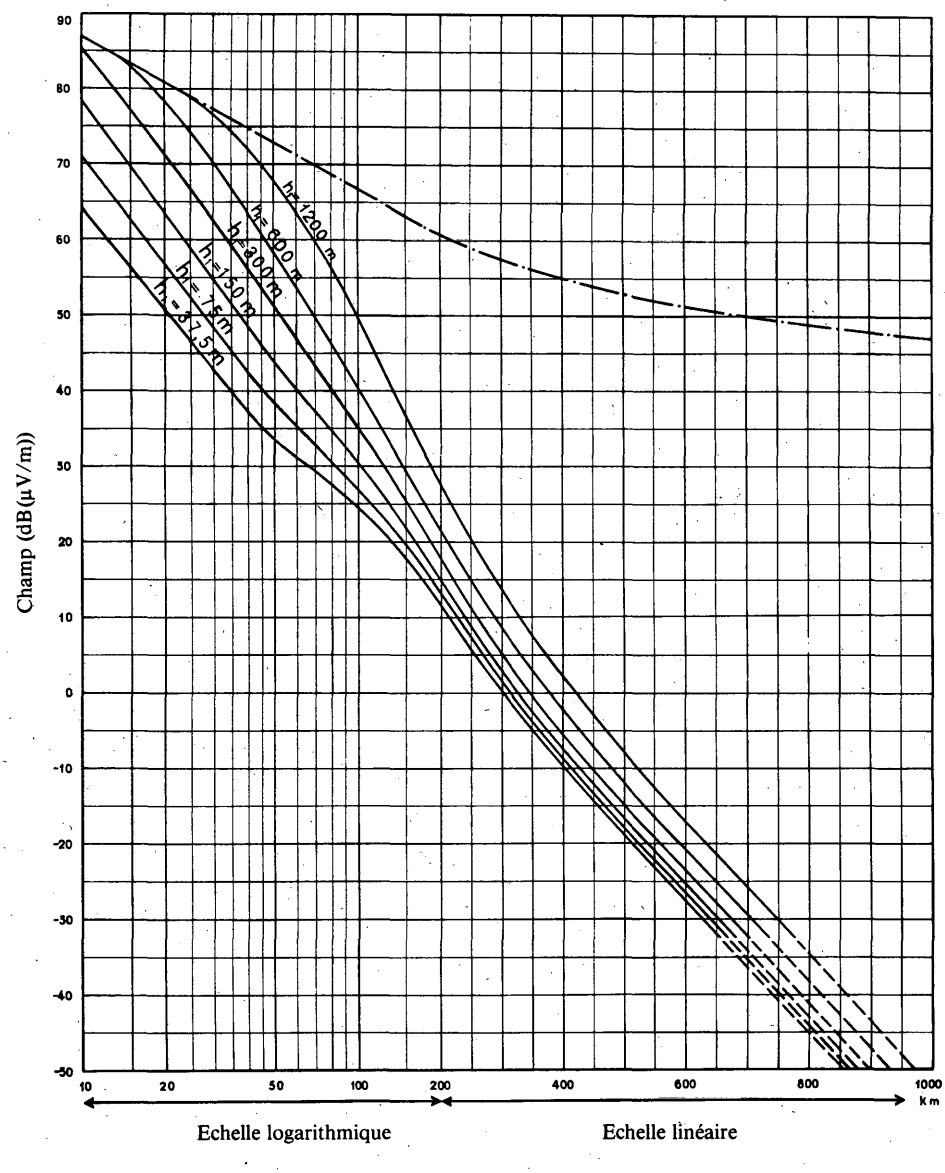


FIGURE 2*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (Bandes I, II et III) - Trajets terrestres - 10% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

—.— Espace libre

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

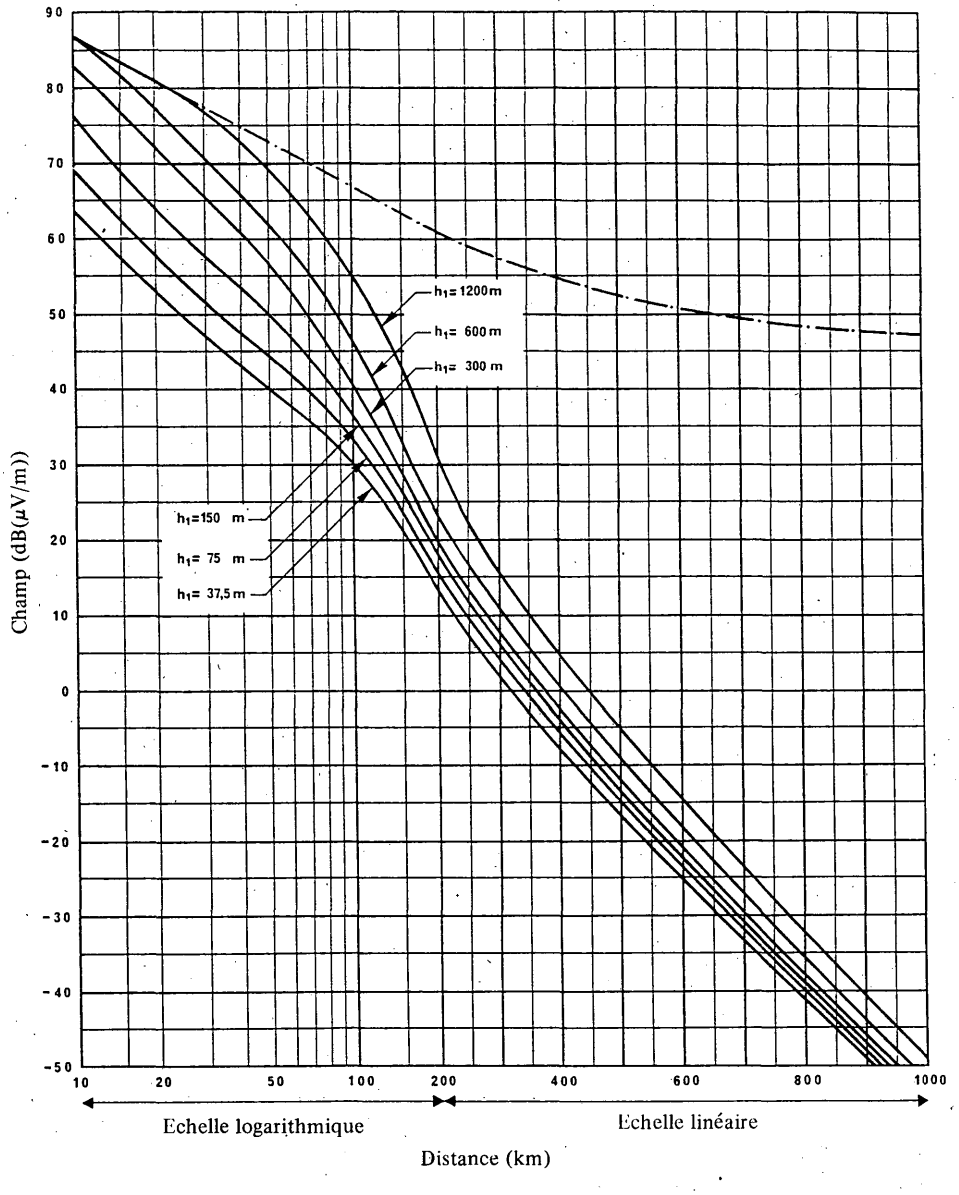


FIGURE 2b – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) - Mer froide -
10% du temps - 50% des emplacements - h_2 = 10 m

— · — Espace libre

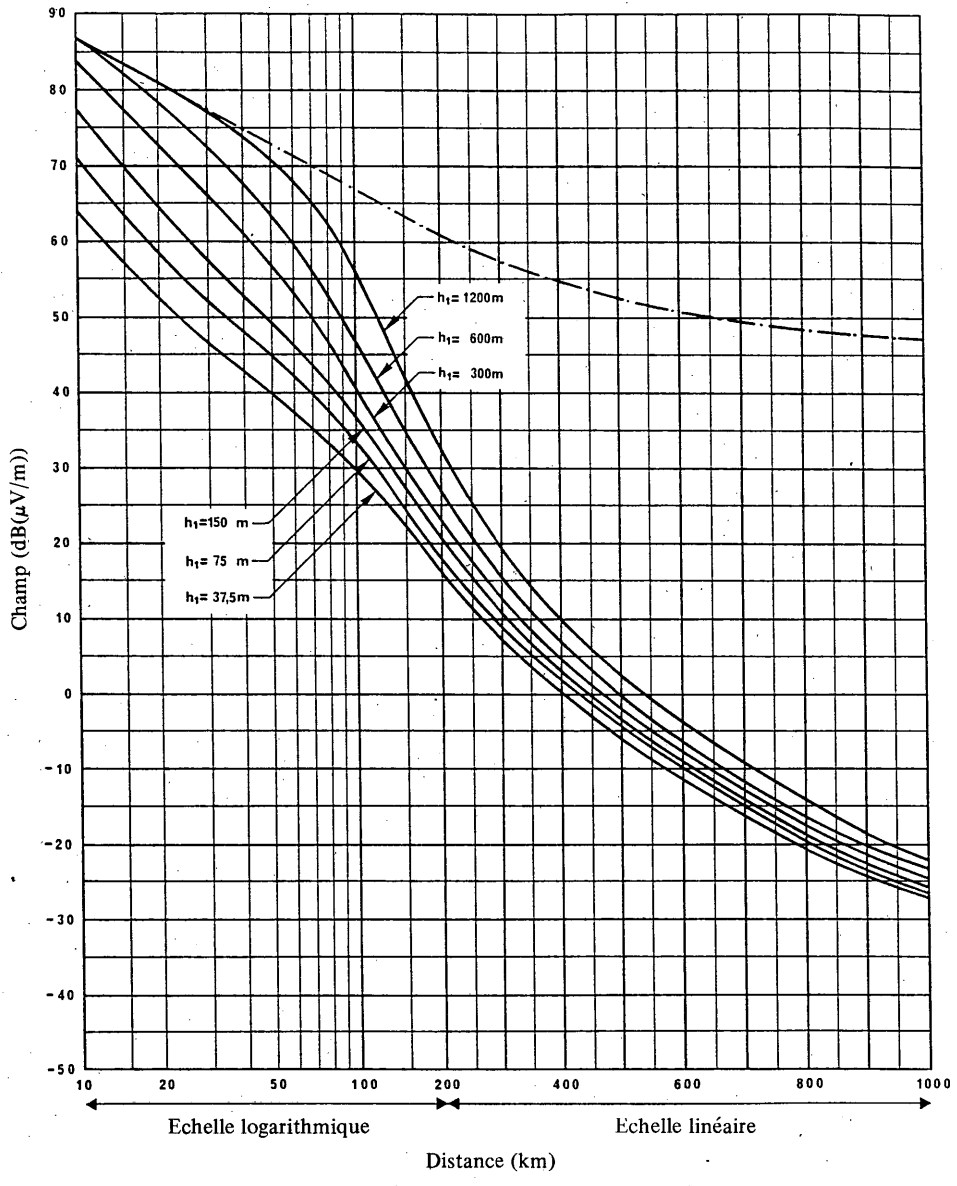


FIGURE 2c – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) - Mer chaude -
10% du temps - 50% des emplacements - h_2 = 10 m

—·— Espace libre

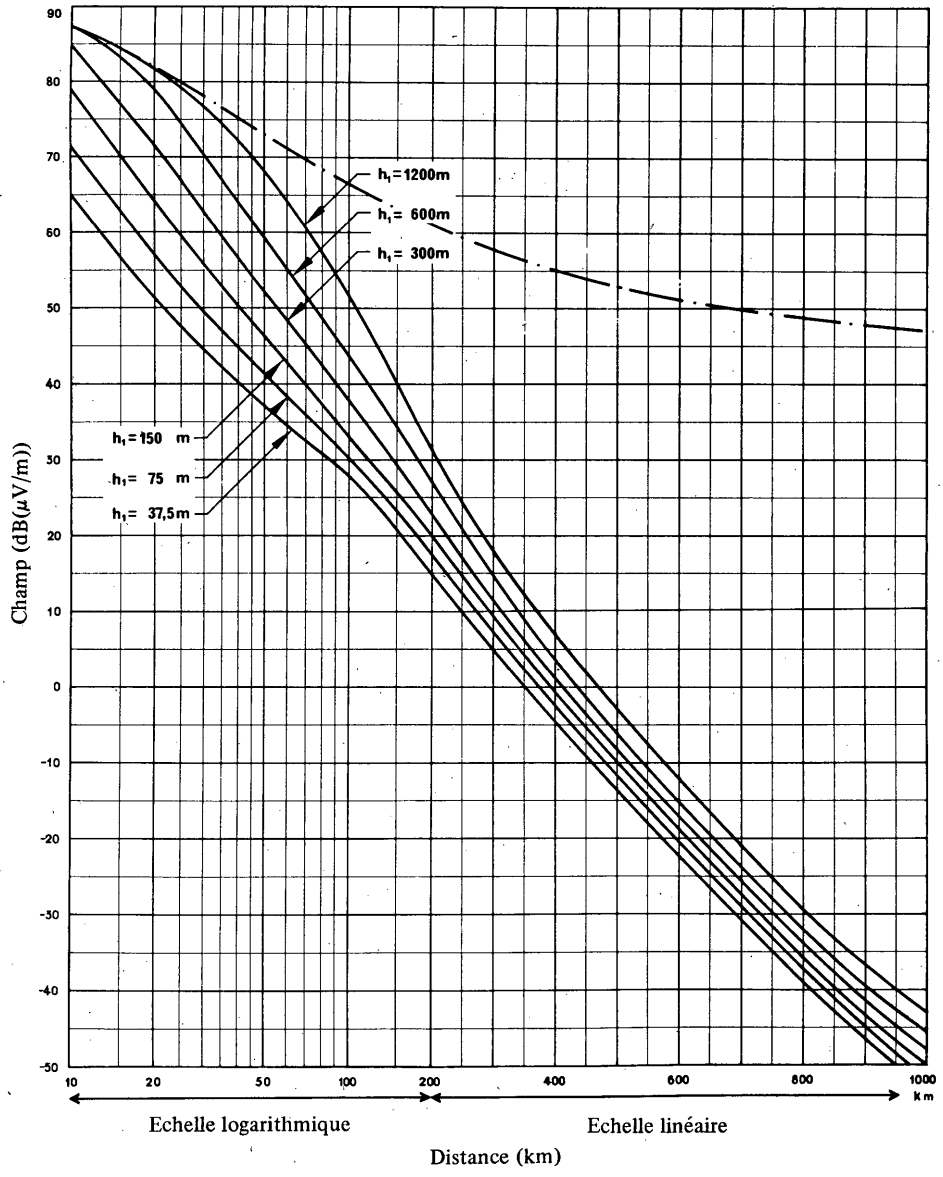


FIGURE 3*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (Bandes I, II et III) - Trajets terrestres - 5% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

—·— Espace libre

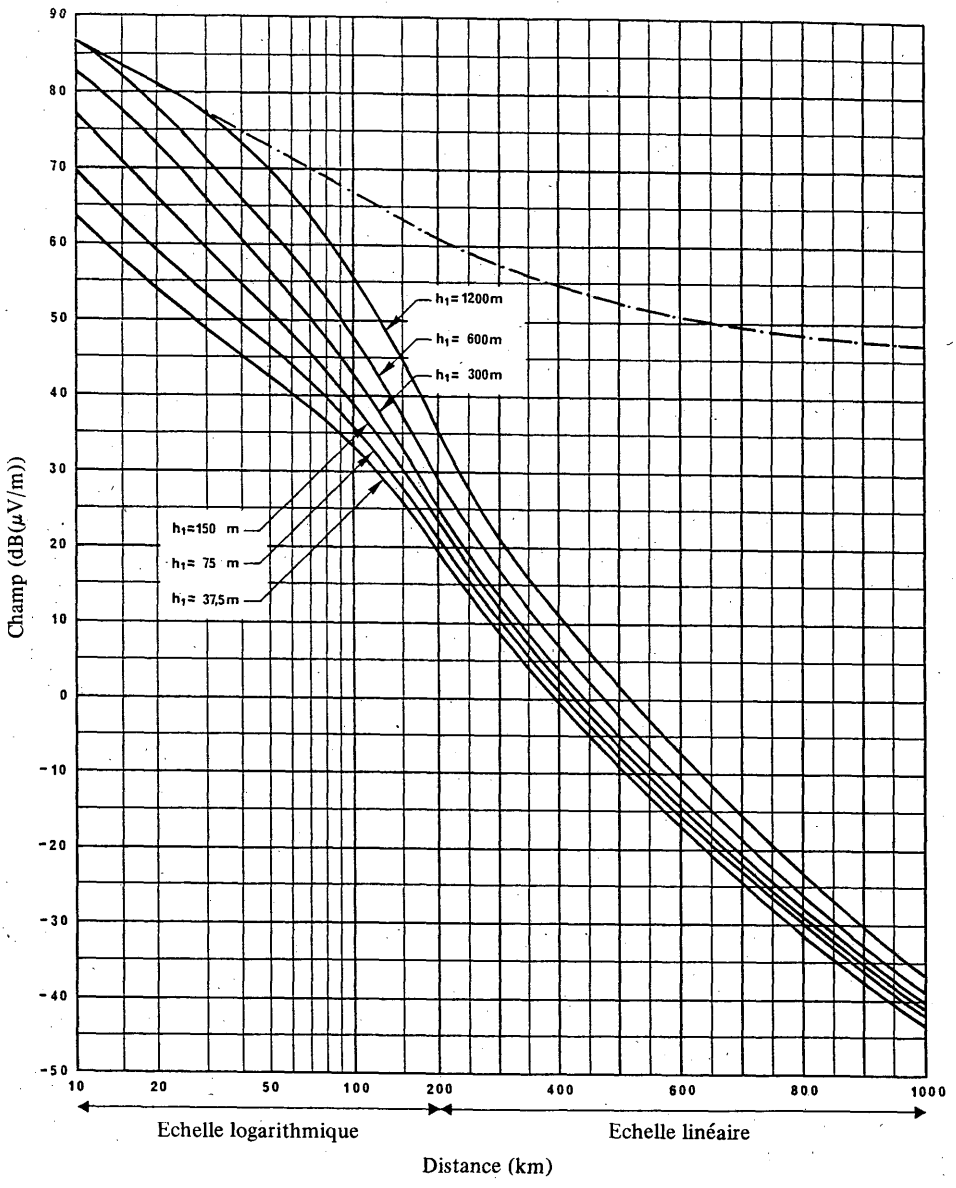


FIGURE 3b – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) - Mer froide -
5% du temps - 50% des emplacements - h_2 = 10 m

— · — Espace libre

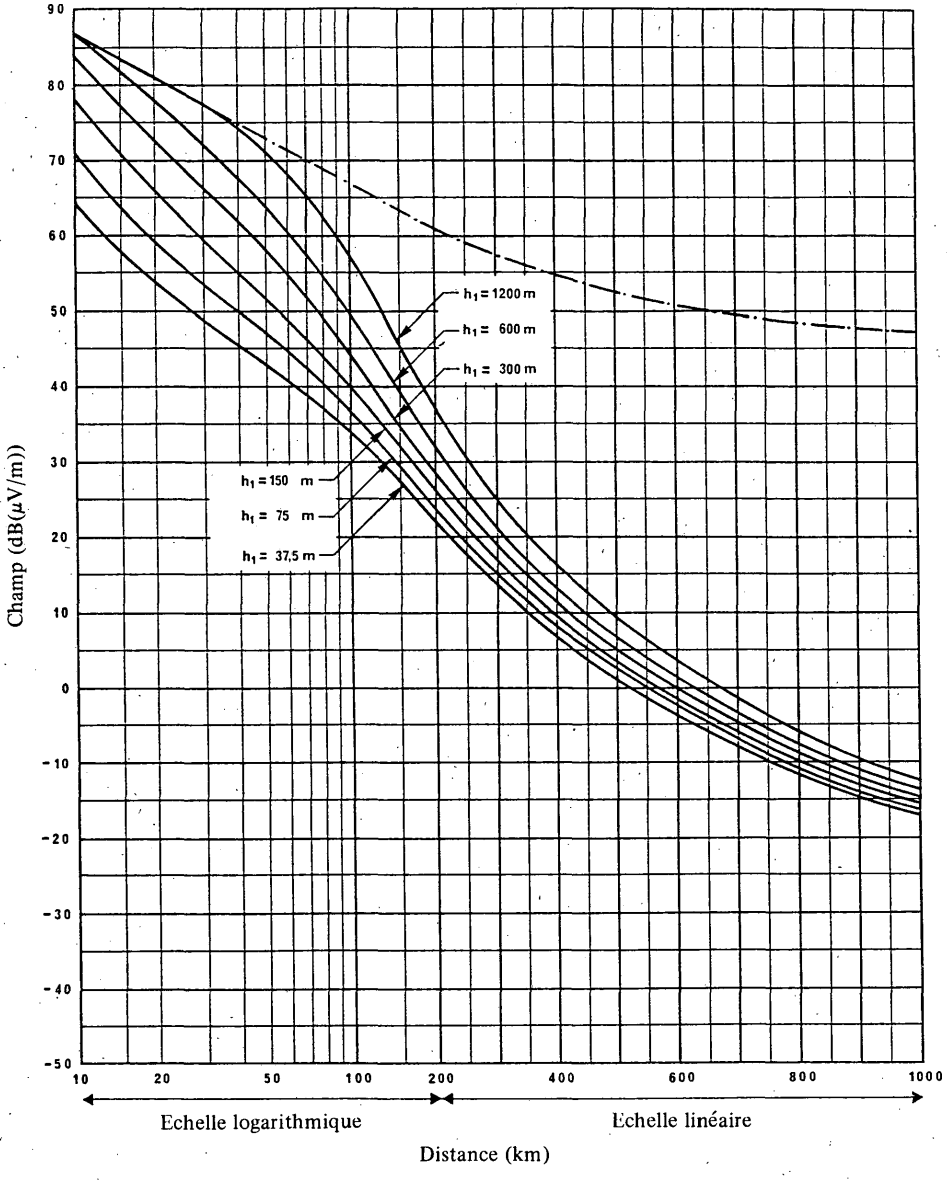


FIGURE 3c – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) - Mer chaude - 5% du temps - 50% des emplacements - h_2 = 10 m

— · — Espace libre

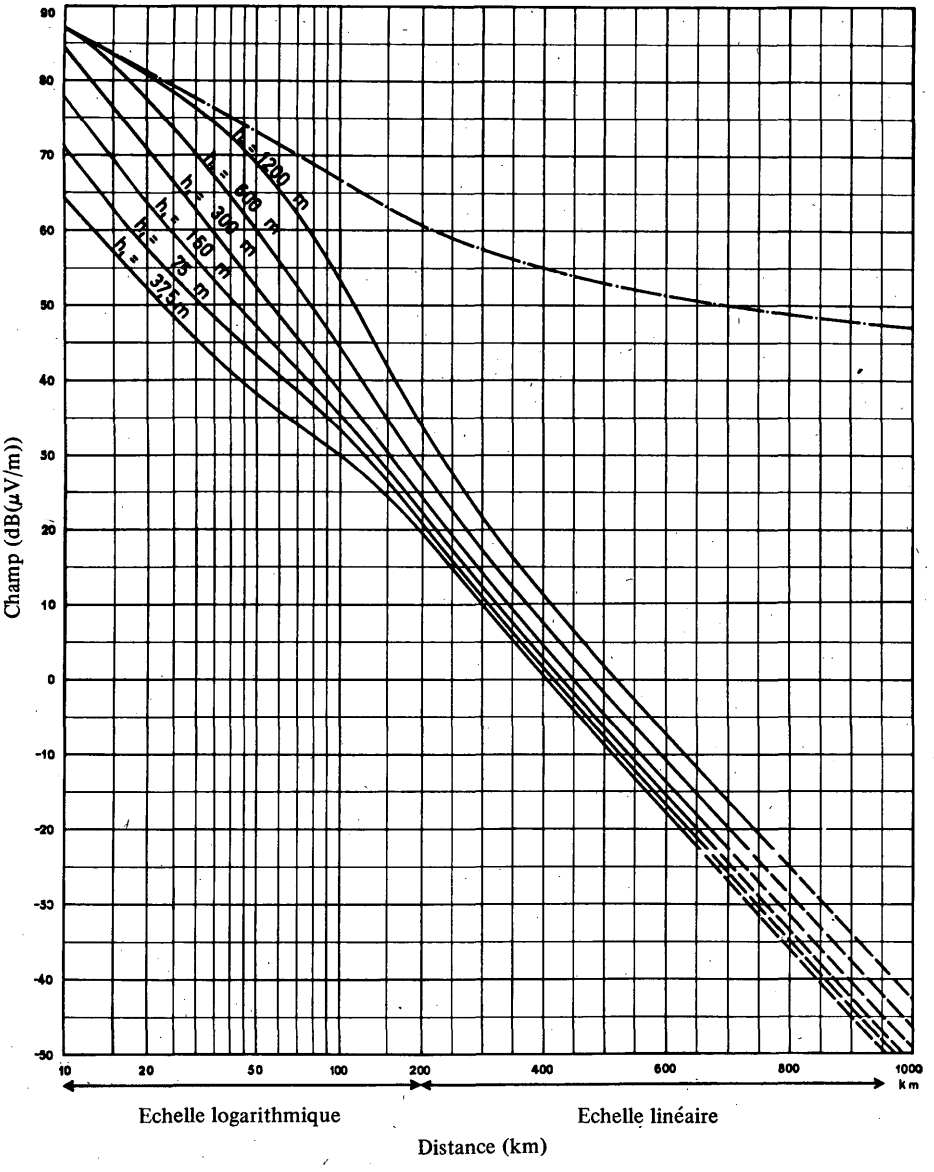


FIGURE 4*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (Bandes I, II et III) - Trajets terrestres - 1% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

—·— Espace libre

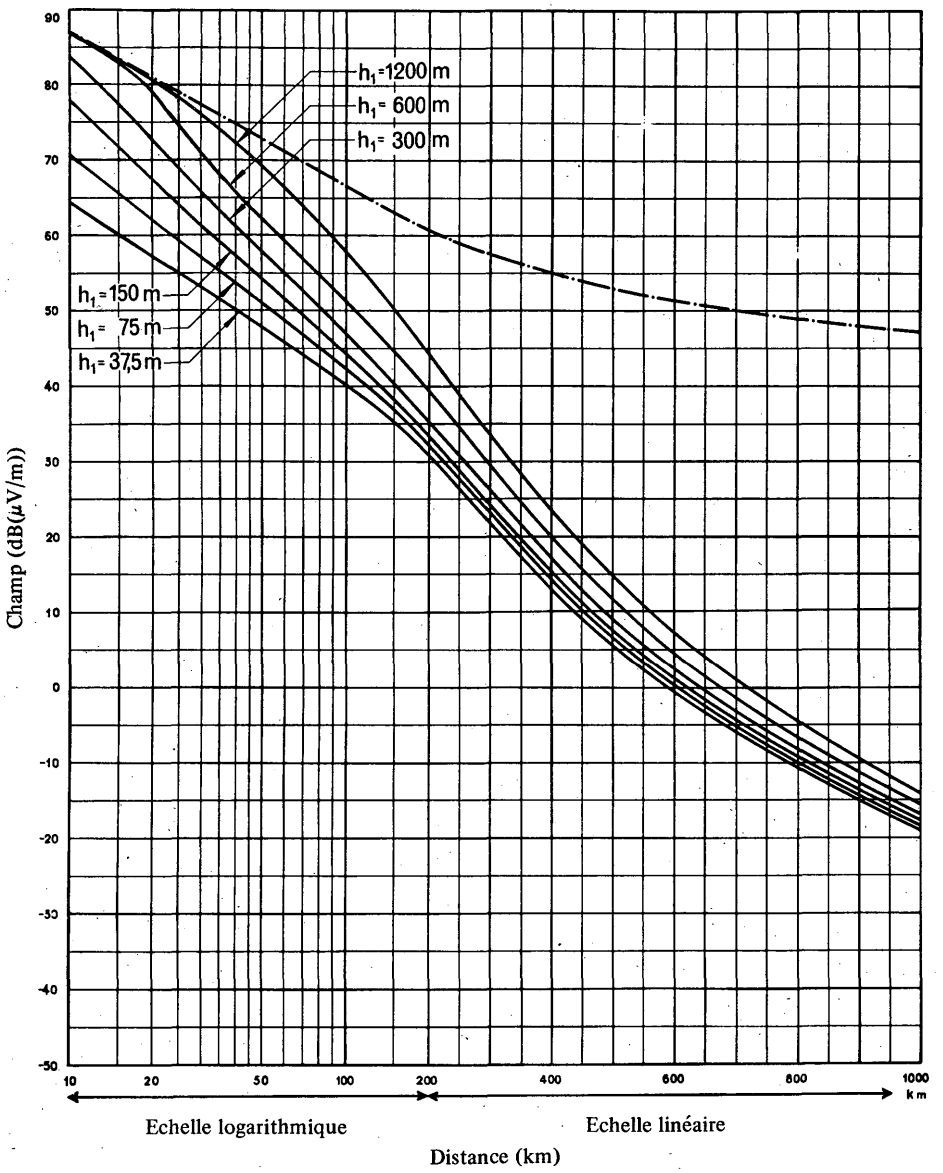


FIGURE 4*b* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (Bandes I, II et III) - Mer froide - 1% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m

—·— Espace libre

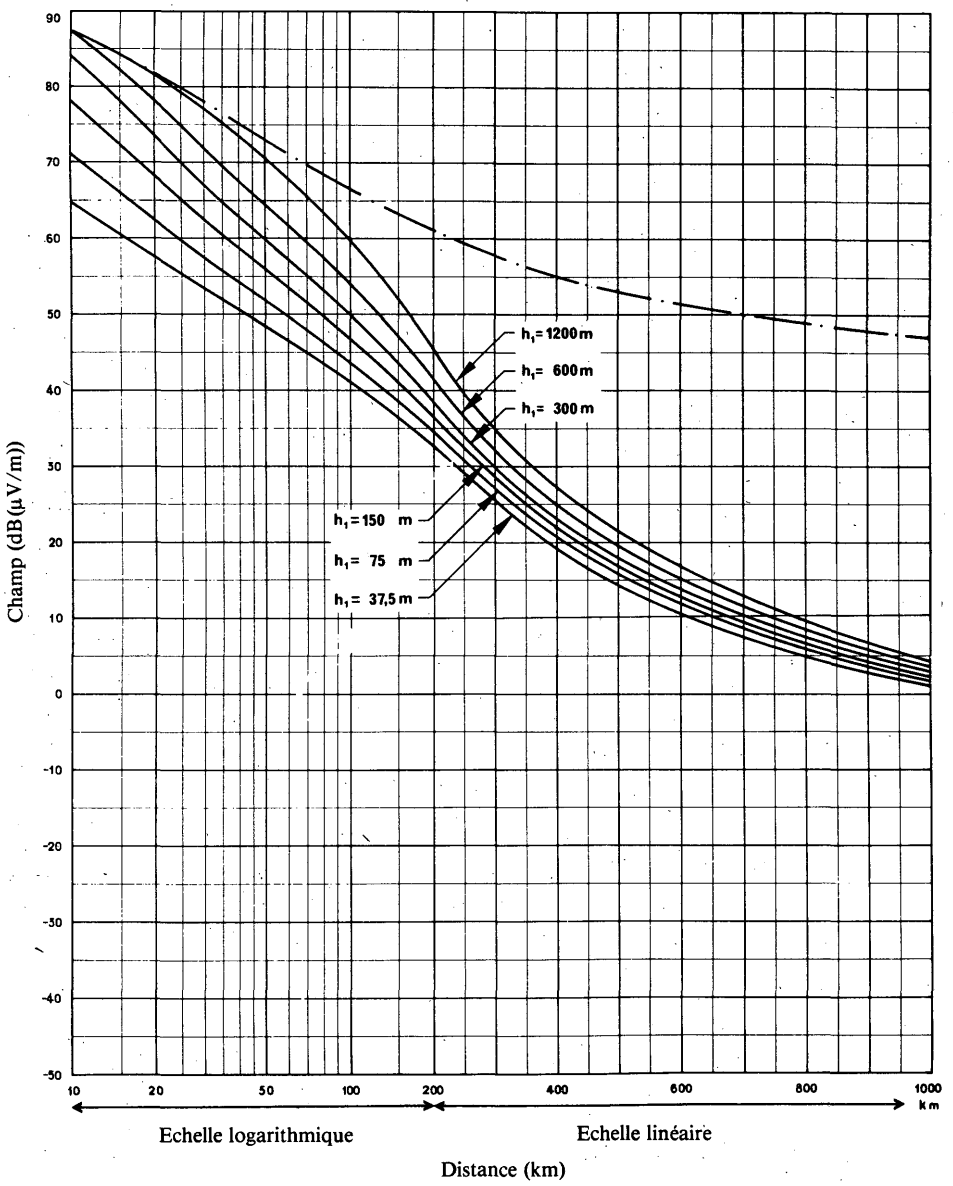


FIGURE 4c – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III) – Mer chaude (à l'exclusion des zones soumises à une superréfraction intense) – 1% du temps – 50% des emplacements – $h_2 = 10$ m

—·— Espace libre

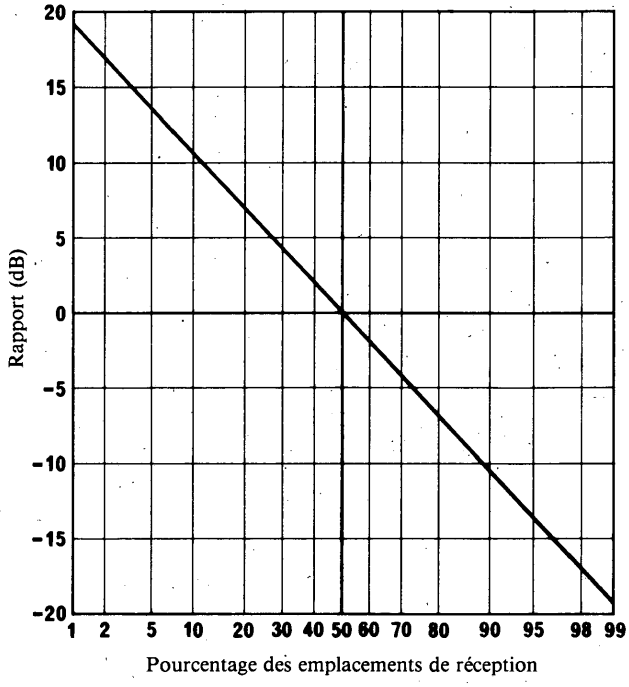


FIGURE 5 – *Rapport (dB) entre le champ pour un pourcentage donné des emplacements de réception et le champ pour 50 % des emplacements de réception*

Fréquences: 30 à 250 MHz (bandes I, II et III)

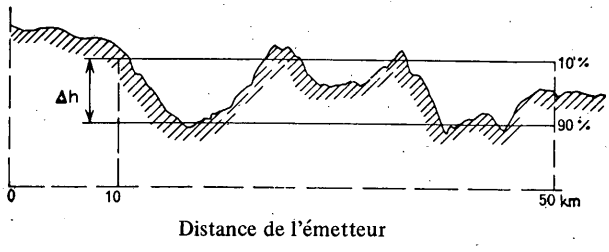


FIGURE 6 – *Application du paramètre Δh aux services de radiodiffusion*

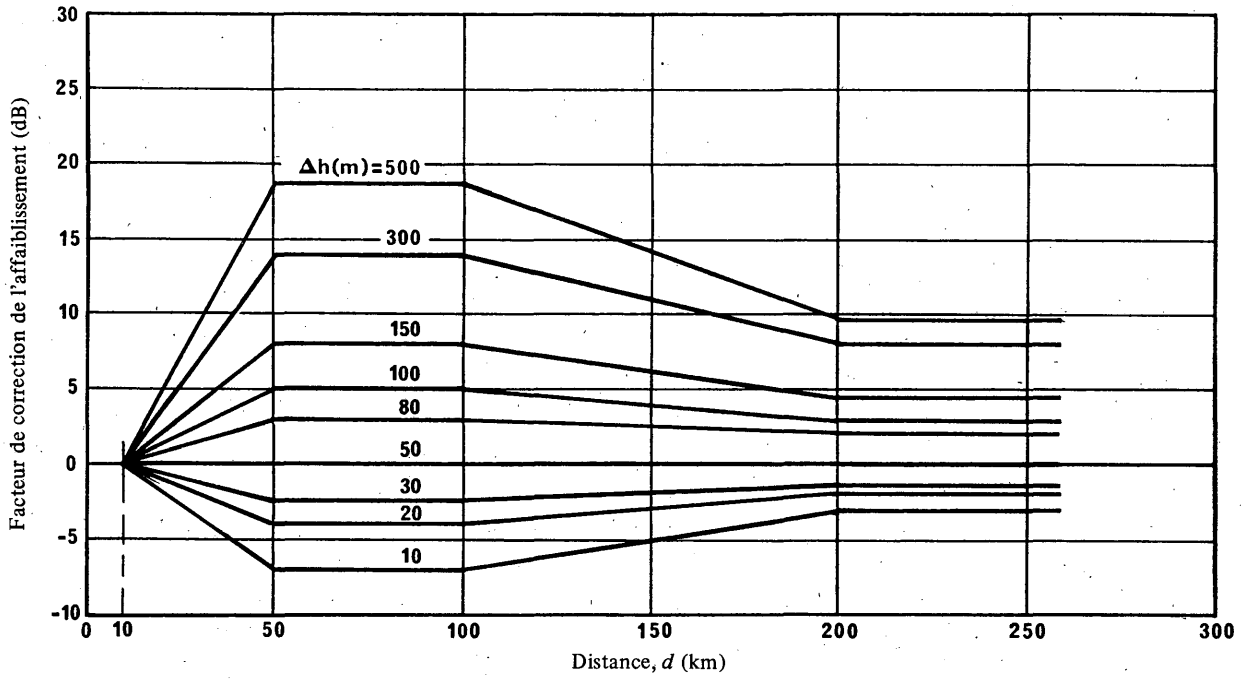


FIGURE 7 – *Facteur de correction de l'affaiblissement en fonction de la distance d (km) et Δh*

Fréquences de 80 à 250 MHz (bandes II et III)

2.3 Dans les zones sujettes à des phénomènes de superréfraction prononcés, on pourra tenir compte des informations contenues au § 3.6 du Rapport 239.

2.4 En abaissant la hauteur de l'antenne de réception de 10 m à 3 m au-dessus du niveau du sol, on peut s'attendre à voir diminuer les valeurs de champ médianes dans les proportions suivantes: dans les bandes I et II, 9 dB pour un terrain accidenté ou plat dans les zones urbaines et rurales; dans la bande III, 7 dB pour un terrain plat dans les zones rurales et 11 dB pour un terrain urbain ou accidenté. Ces valeurs s'appliquent à des distances jusqu'à 50 km. Pour des distances dépassant 100 km, il convient de réduire ces valeurs de moitié, et d'utiliser une interpolation linéaire pour les distances intermédiaires (voir également le Rapport 239).

2.5 L'ionosphère peut influencer la propagation aux fréquences inférieures des ondes métriques, en particulier aux fréquences inférieures à 90 MHz environ, ceci principalement par les effets de l'ionisation sporadique de la couche E. Dans certaines circonstances, ce mode de propagation peut influencer le champ dépassé pendant de faibles pourcentages de temps à des distances de plus de 500 km environ; dans la région de l'équateur magnétique et dans la zone aurorale, des pourcentages plus élevés du temps peuvent être atteints. Néanmoins, on peut généralement négliger ces effets ionosphériques pour la plupart des applications où l'on se réfère à la présente Recommandation, et les courbes de propagation de la présente Annexe ont été établies dans cette hypothèse. Voir le Rapport 259 et la Recommandation 534 pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse.

3. Ondes décimétriques

3.1 Les courbes des Fig. 9, 10 et 11 représentent les valeurs du champ dépassé en 50% des emplacements et pour 50%, 10% et 1% du temps dans le cas de trajets terrestres pour lesquels une valeur de Δh égale à 50 m est considérée comme représentative. Pour d'autres valeurs de Δh, il convient d'apporter une correction donnée par les courbes de la Fig. 8. Les facteurs de correction relatifs aux pourcentages d'emplacements autres que 50% peuvent être obtenus d'après les courbes de distribution de la Fig. 12.

3.2 Les courbes des Fig. 13, 14a, 14b, 15a, 15b, 16a et 16b représentent les valeurs du champ dépassé en 50% des emplacements et pour 50%, 10%, 5% et 1% du temps sur des trajets maritimes en mers froides et en mers chaudes, les caractéristiques climatiques de ces mers étant à rapprocher de celles qui sont observées en mer du Nord et en mer Méditerranée respectivement.

3.3 Dans les zones sujettes à des phénomènes de superréfraction prononcés, on pourra tenir compte des informations contenues au § 3.6 du Rapport 239.

3.4 En abaissant la hauteur de l'antenne du récepteur de 10 m à 3 m au-dessus du niveau du sol, on peut s'attendre à voir diminuer les valeurs médianes du champ. La Fig. 17 représente la variation de la valeur médiane en fonction de Δh pour les zones rurales. On peut estimer la valeur médiane à 7 dB pour les zones de banlieue et à 14 dB pour les zones urbaines. Les valeurs indiquées ci-dessus s'appliquent à des distances jusqu'à 50 km. Pour des distances dépassant 100 km, il convient de réduire ces valeurs de moitié, comme sur la Fig. 17, et d'utiliser une interpolation linéaire pour les distances intermédiaires.

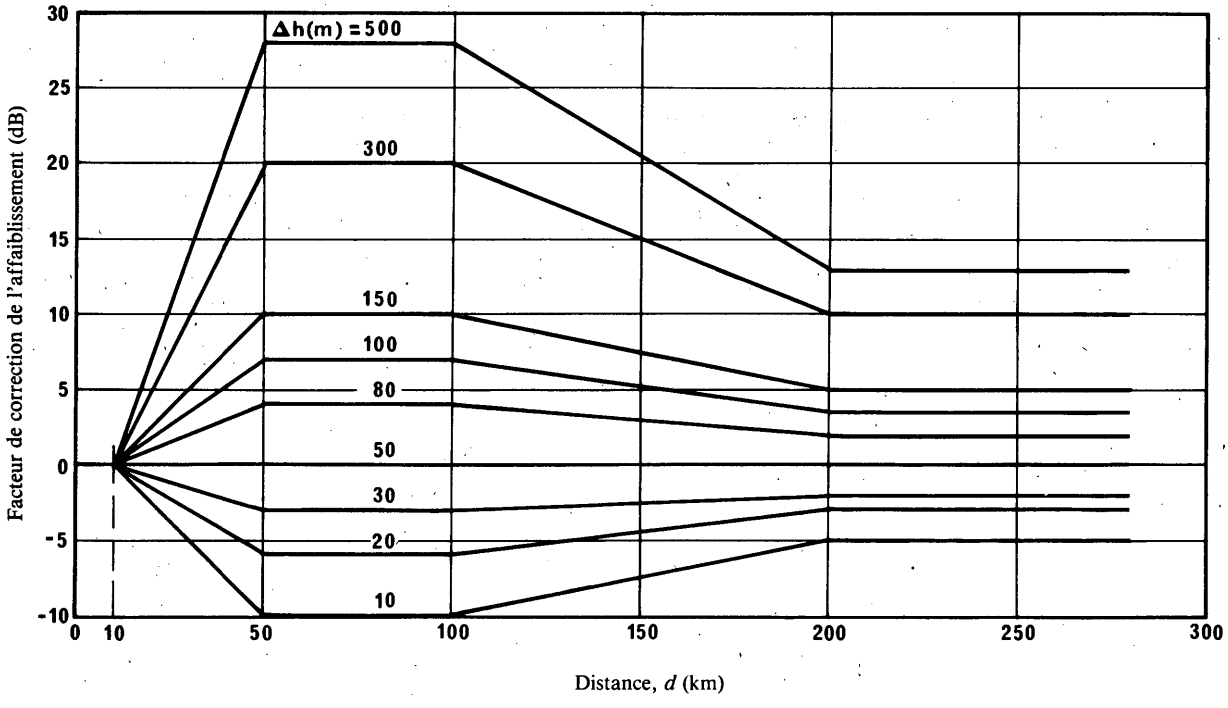


FIGURE 8 – *Facteur de correction de l'affaiblissement en fonction de la distance d (km) et* Δh
Fréquences de 450 à 1000 MHz (bandes IV et V)

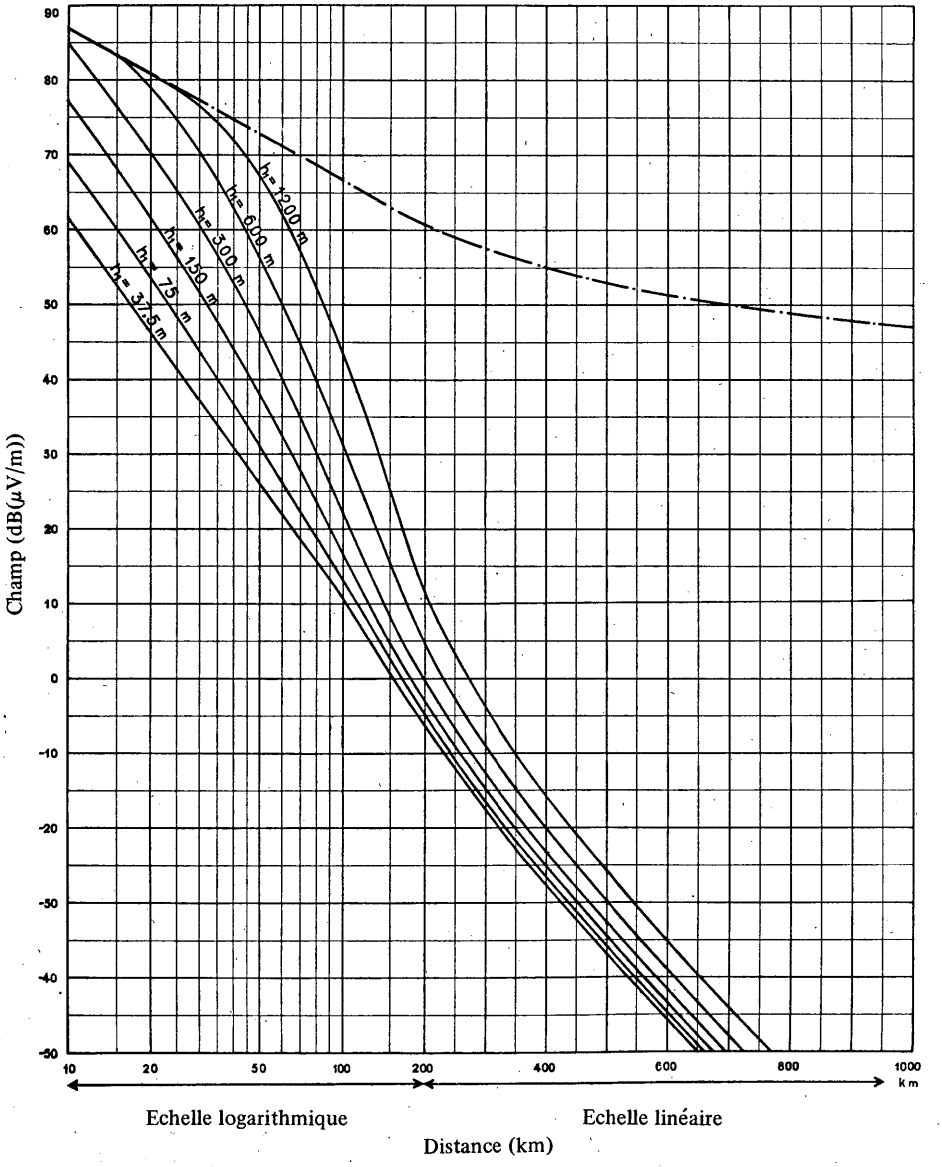


FIGURE 9 – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*
Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Trajets terrestres - 50% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

— · — Espace libre

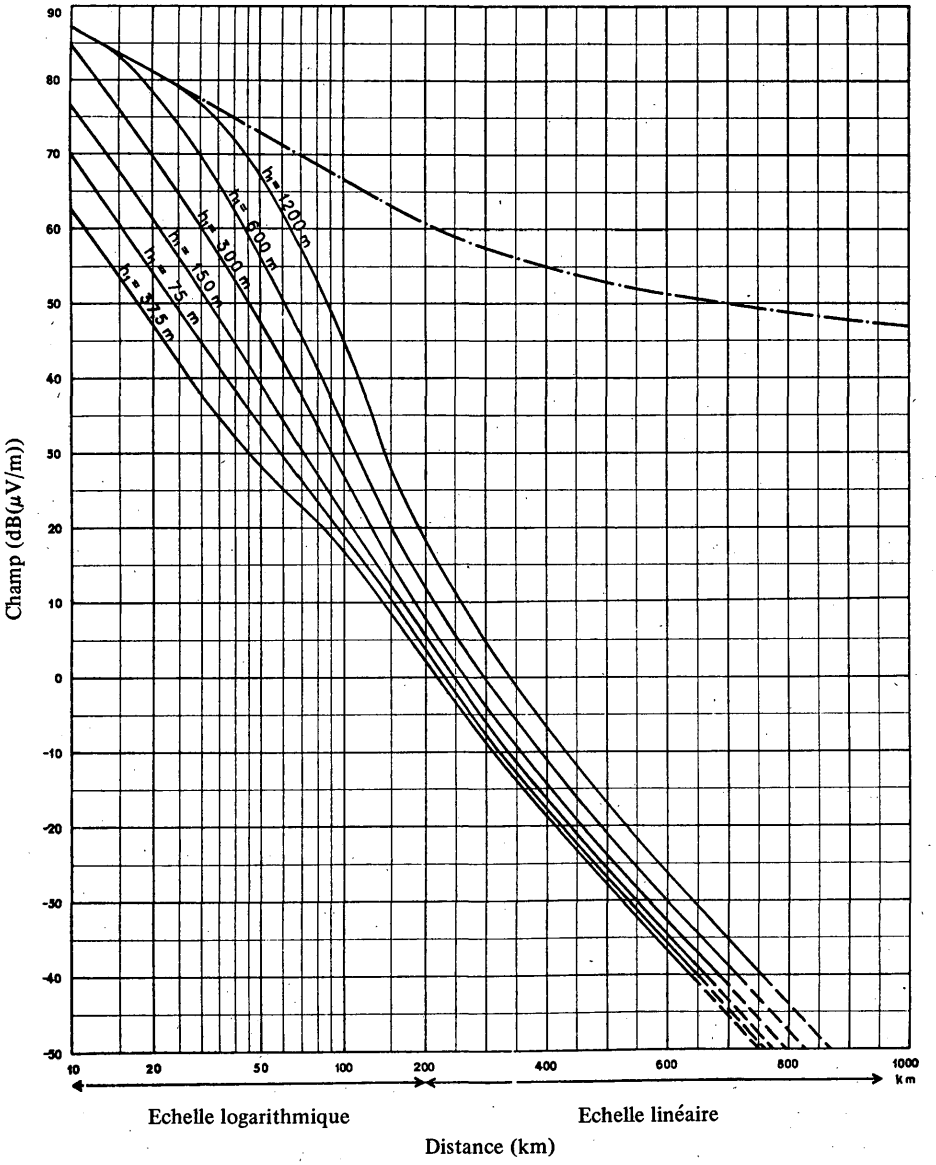


FIGURE 10 – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*
Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Trajets terrestres - 10% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

— · — Espace libre

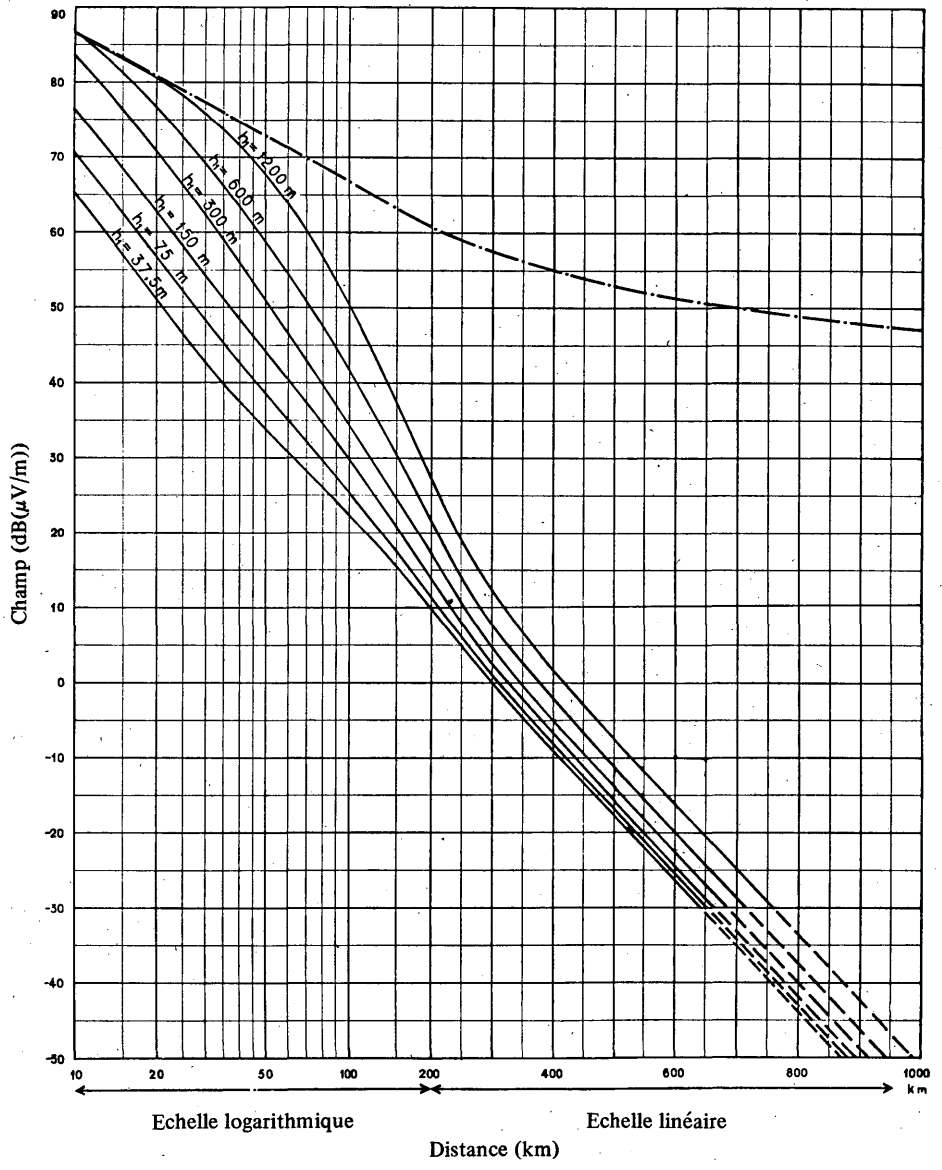


FIGURE 11 – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Trajets terrestres - 1% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m - $\Delta h = 50$ m

— · — Espace libre

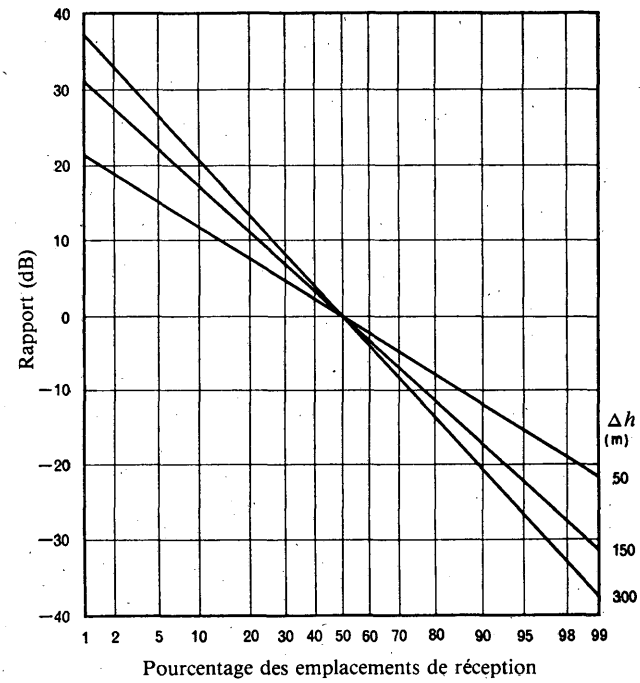


FIGURE 12 – *Rapport (dB) entre le champ pour un pourcentage donné des emplacements de réception et le champ pour 50 % des emplacements de réception*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (bandes IV et V)

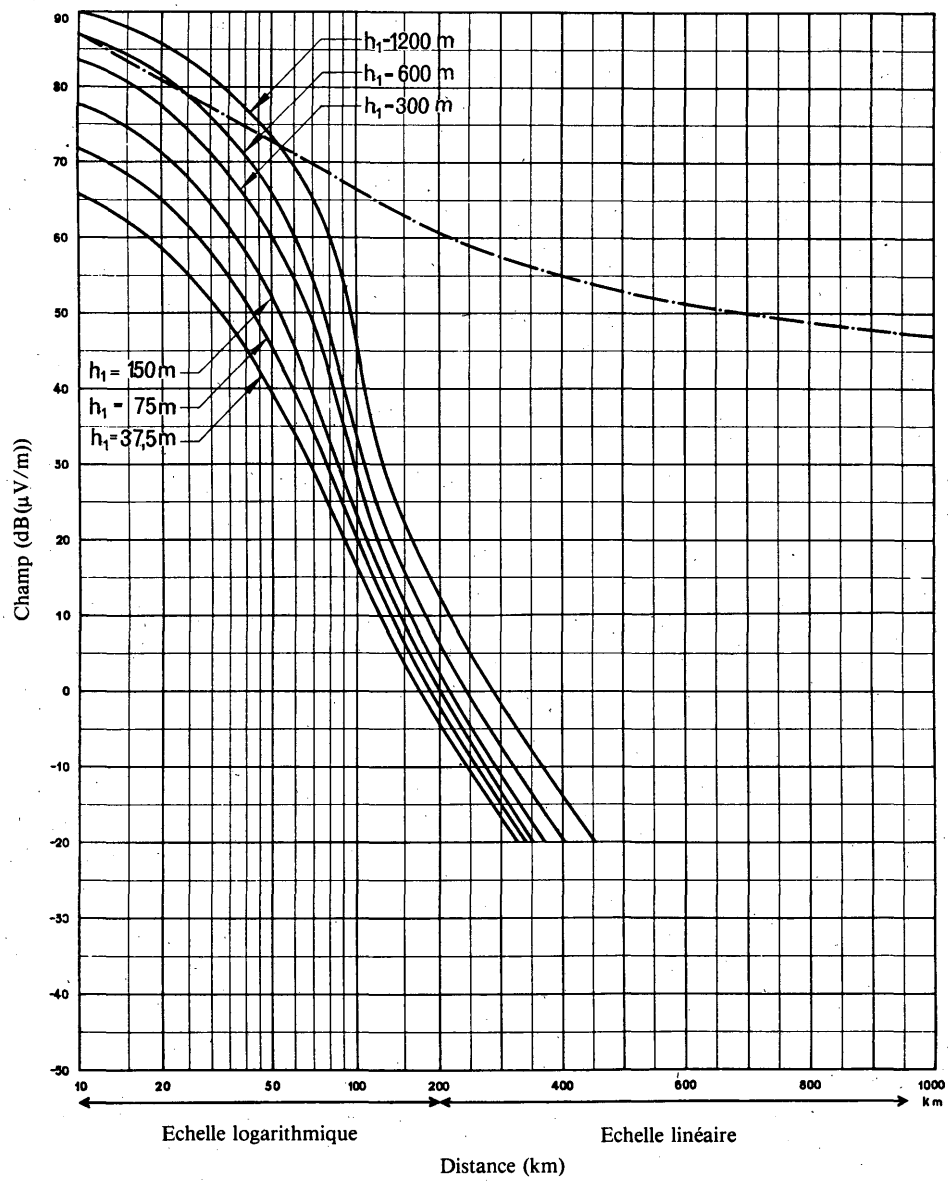


FIGURE 13 – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) – Mer – 50% du temps – 50% des emplacements – $h_2 = 10$ m

_ . _ Espace libre

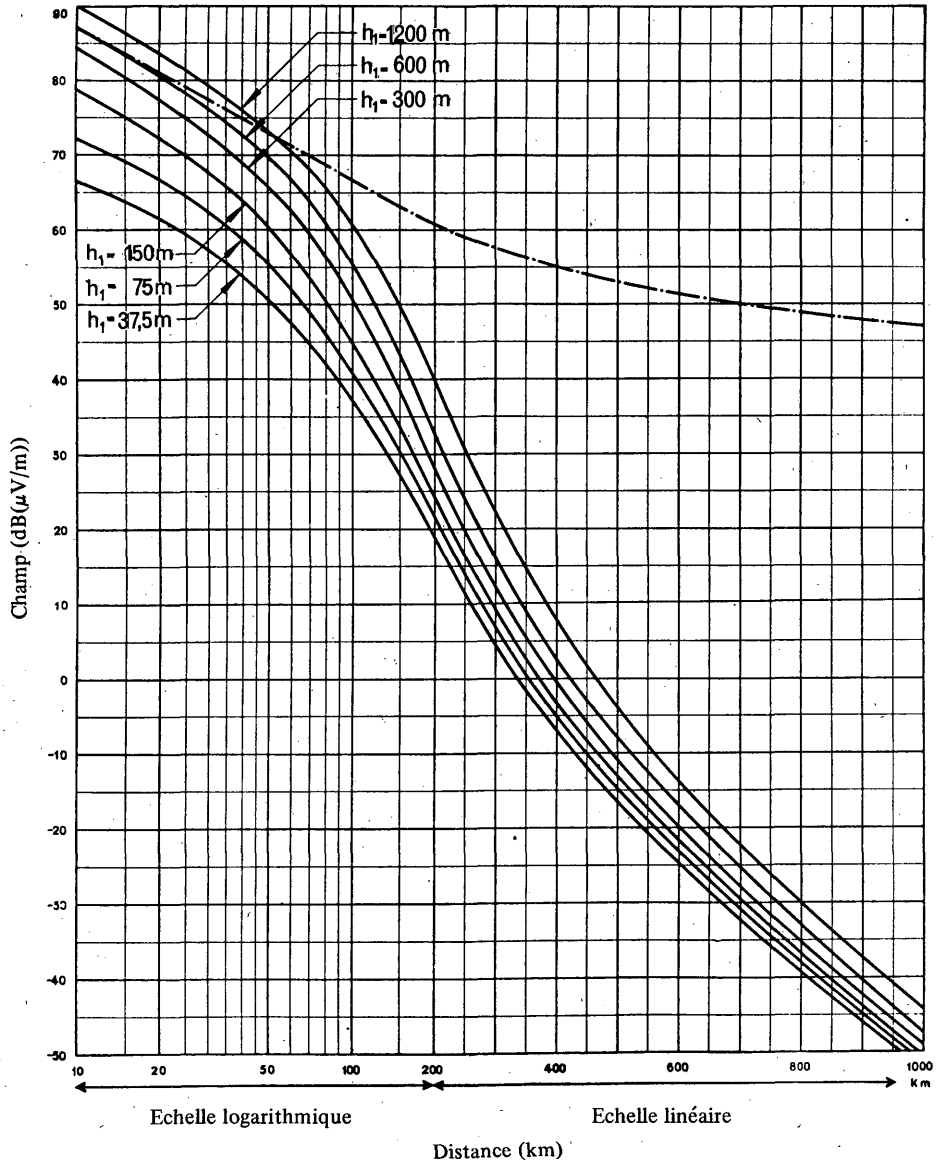


FIGURE 14*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*
Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Mer froide - 10% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

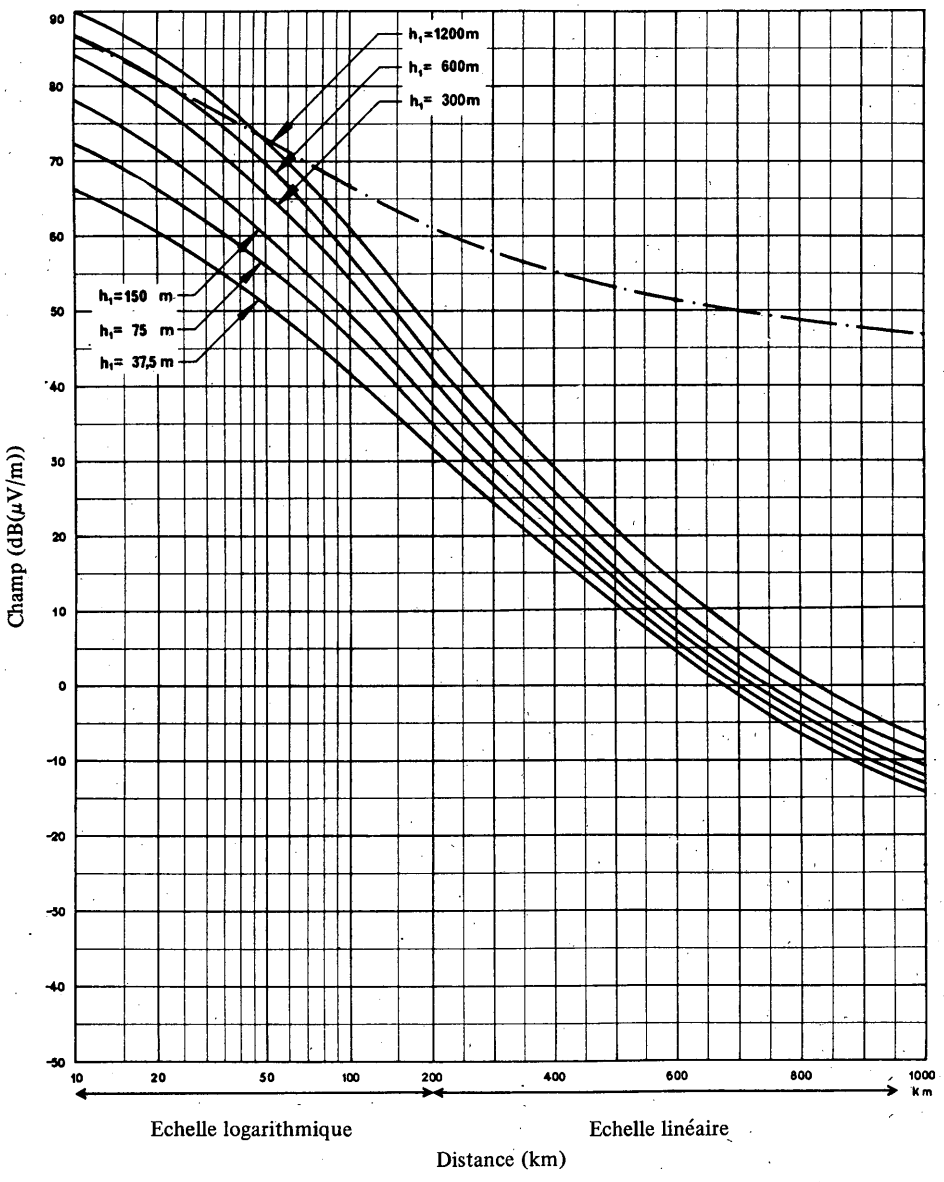


FIGURE 14*b* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) – Mer chaude – 10% du temps – 50% des emplacements – $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

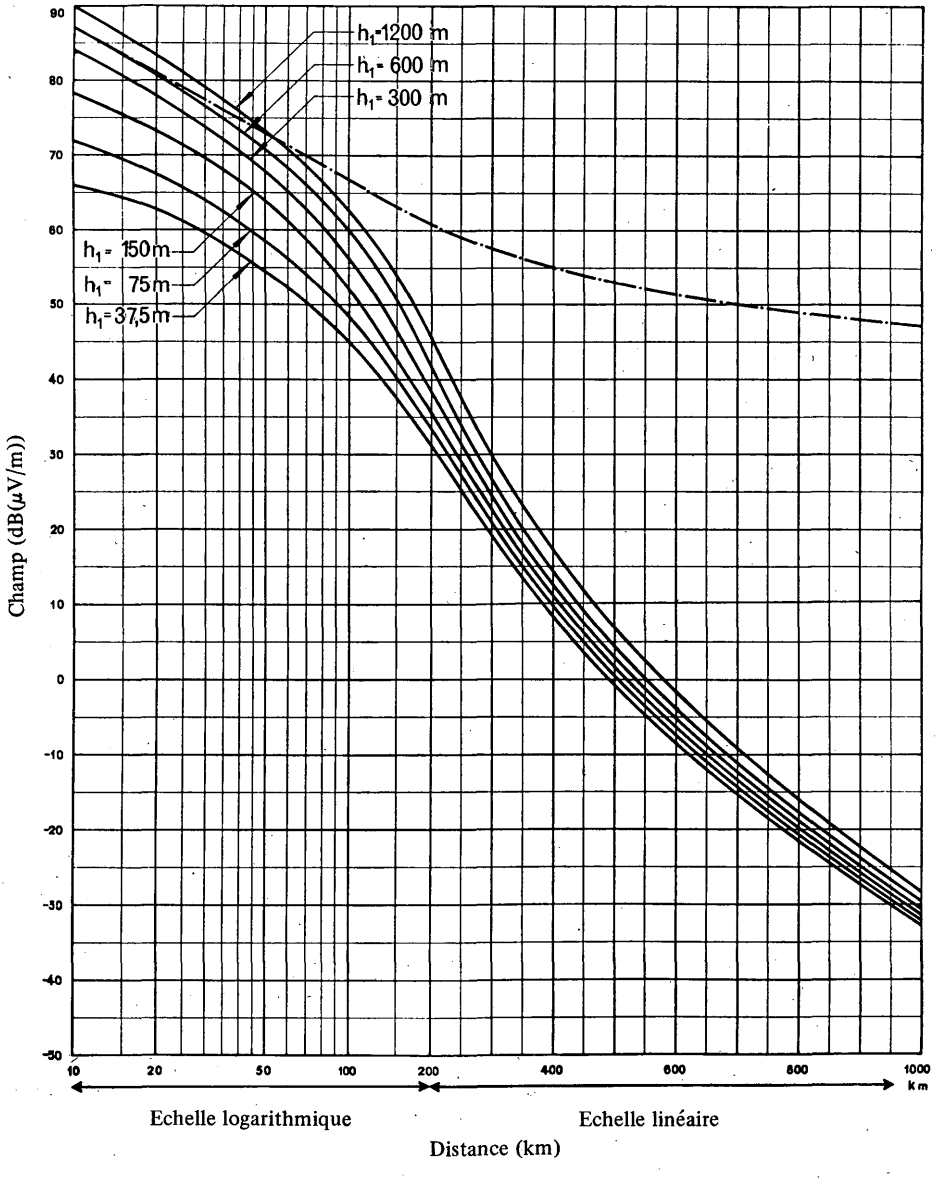


FIGURE 15*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*
Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Mer froide - 5% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

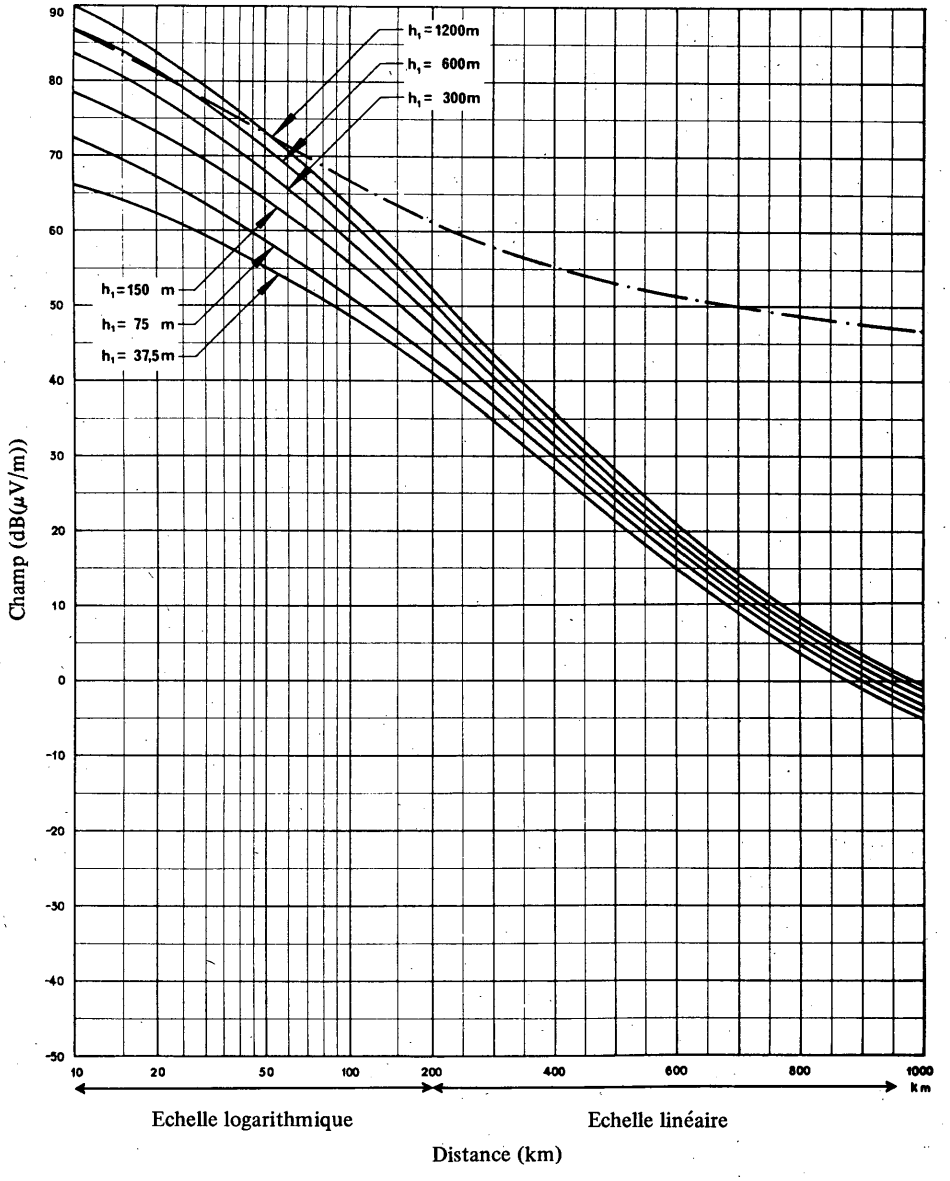


FIGURE 15*b* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Mer chaude - 5% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

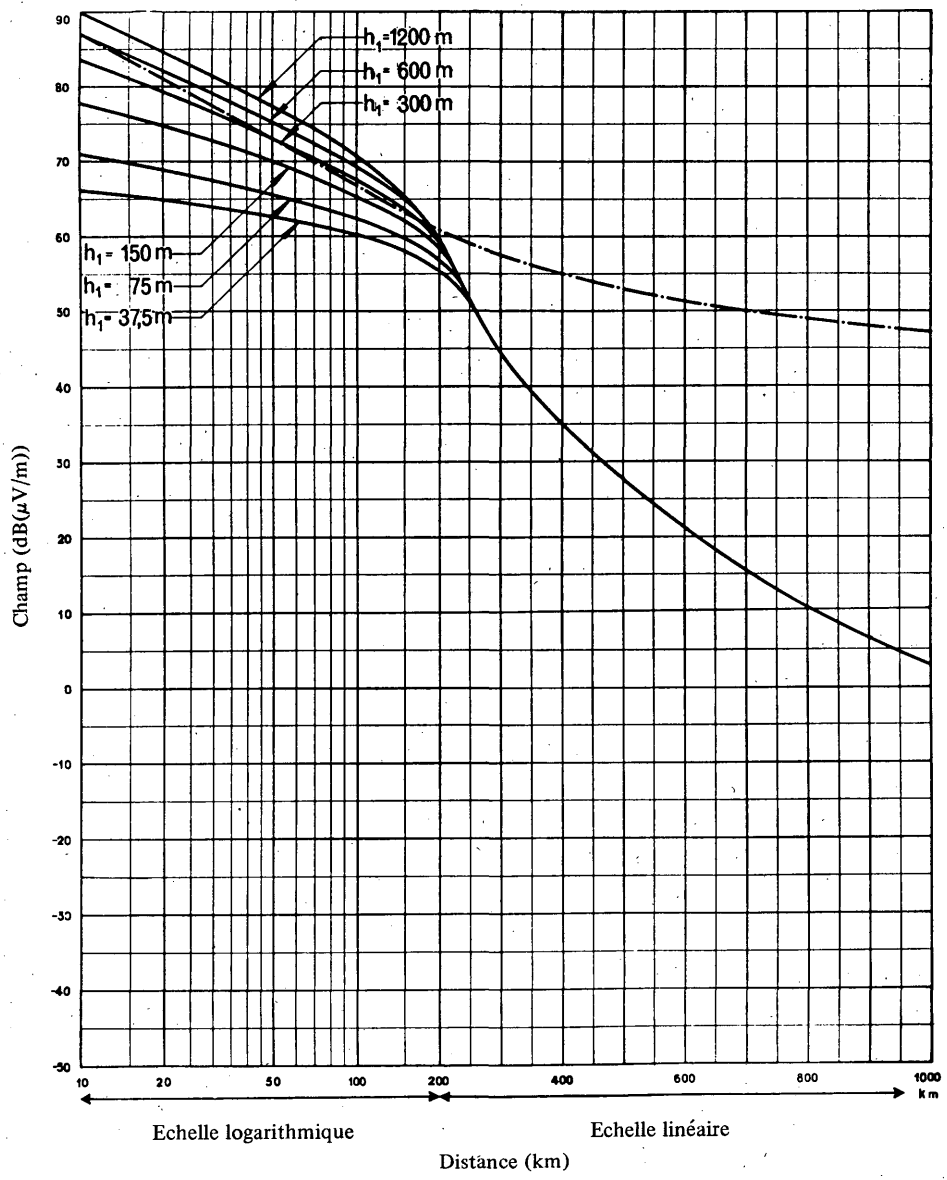


FIGURE 16*a* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) - Mer froide - 1% du temps - 50% des emplacements - $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

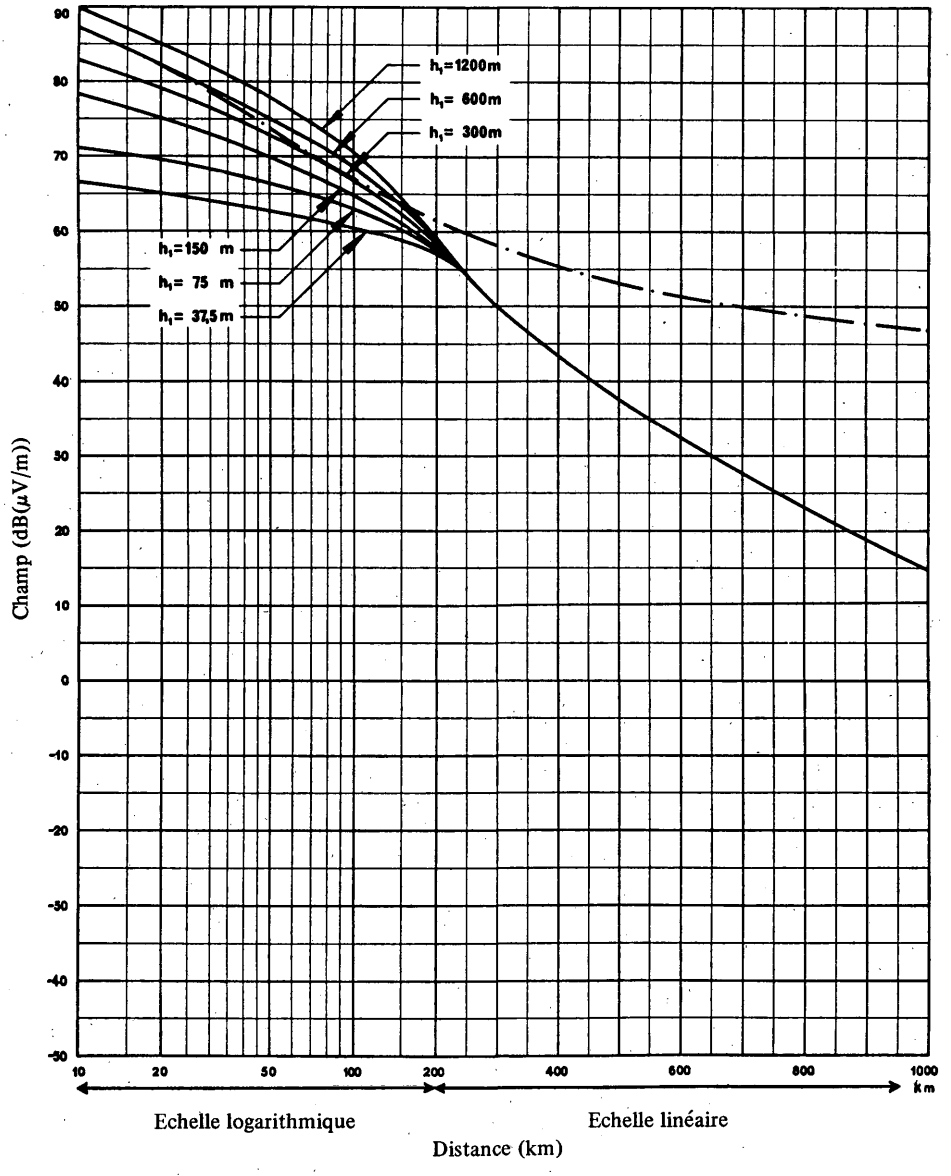


FIGURE 16*b* – *Champ (dB(μV/m)) pour 1 kW de puissance apparente rayonnée*

Fréquences: 450 à 1000 MHz (Bandes IV et V) – Mer chaude (à l'exclusion des zones soumises à une superréfraction intense) – 1% du temps – 50% des emplacements – $h_2 = 10$ m

— · — Espace libre

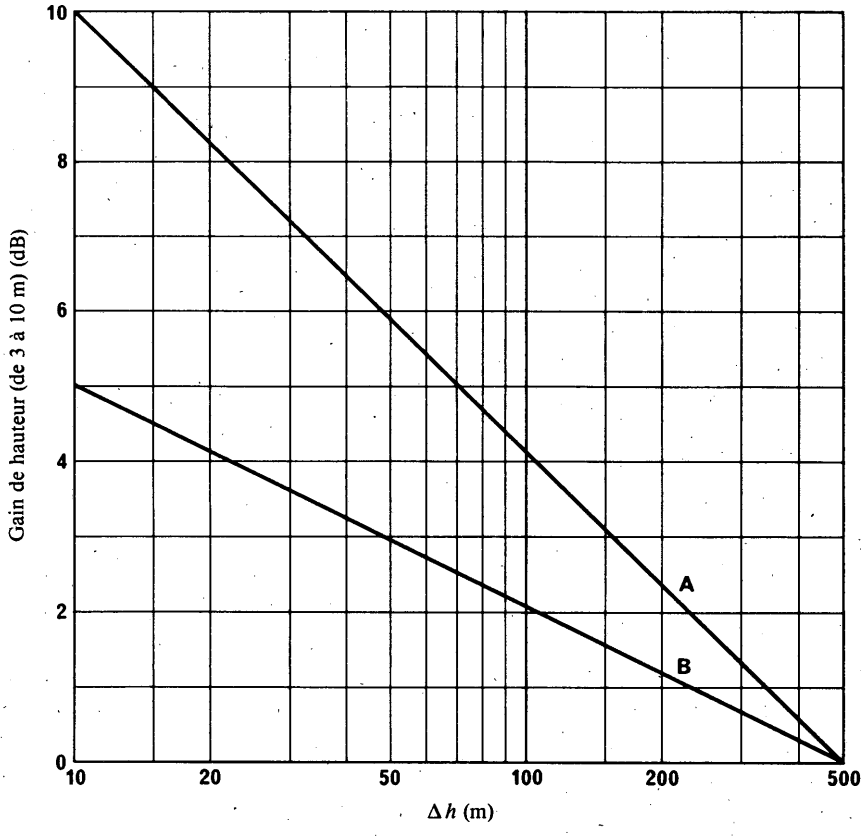


FIGURE 17 – *Facteur de gain de hauteur (de 3 à 10 m) en fonction de Δh pour des fréquences de 450 à 1000 MHz (bandes IV et V); d est la distance à l'émetteur*

A: $d \leqslant 50$ km
B : $d \geqslant 100$ km

RECOMMANDATION 616

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LES SERVICES MOBILES MARITIMES DE TERRE FONCTIONNANT A DES FRÉQUENCES SUPÉRIEURES A 30 MHz

(Programme d'études 7F/5)

(1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est nécessaire de fournir des directives aux ingénieurs pour la planification des services mobiles maritimes de Terre qui seront exploités dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques;

b) que les facteurs qui influent sur la propagation dans les services mobiles maritimes de Terre, y compris ceux qui sont assurés dans les ports, les zones côtières et les voies d'eau intérieures, peuvent différer des facteurs qui interviennent dans l'exploitation des autres services fonctionnant dans les bandes susmentionnées;

c) que des données sur la propagation sont nécessaires pour différents types d'environnement maritime, plus précisément en ce qui concerne la polarisation verticale;

d) que des courbes de champ sont indiquées dans l'Annexe I à la Recommandation 370 pour les trajets au-dessus de la mer dans certaines zones maritimes,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les courbes données dans l'Annexe I à la Recommandation 370 soient utilisées à titre provisoire pour la planification des services mobiles maritimes de Terre, compte tenu des conditions particulières applicables;

2. qu'à titre provisoire également, les valeurs de champ pour des trajets mixtes, terrestres et maritimes, soient calculées selon les méthodes énoncées dans le Rapport 239.

RECOMMANDATION 528-2*

COURBES DE PROPAGATION DANS LES BANDES D'ONDES MÉTRIQUES, DÉCIMÉTRIQUES ET CENTIMÉTRIQUES POUR LE SERVICE MOBILE AÉRONAUTIQUE ET LE SERVICE DE RADIONAVIGATION AÉRONAUTIQUE

(Programme d'études 7F/5)

(1978-1982-1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que l'on a besoin de donner des directives aux ingénieurs pour la planification des services aéronautiques dans les bandes des ondes métriques, décimétriques et centimétriques;

b) que le modèle de propagation utilisé pour obtenir les courbes figurant dans l'Annexe II est fondé sur un grand nombre de données expérimentales (voir Annexe I);

c) que le service aéronautique, ayant souvent pour fonction d'assurer la sécurité de la vie humaine, nécessite de ce fait un niveau de disponibilité plus élevé que de nombreux autres services;

d) qu'il convient d'adopter une disponibilité dans le temps de 0,95 pour assurer un service plus fiable,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que l'on adopte les courbes de l'Annexe II pour déterminer les affaiblissements de propagation pour 5%, 50% et 95% du temps pour les hauteurs d'antenne (des stations au sol ou des stations d'aéronef) que l'on peut rencontrer dans les services aéronautiques.

Note. – Il convient de souligner que ces courbes sont fondées sur des données obtenues principalement pour un climat continental tempéré. Ces courbes doivent être utilisées avec prudence pour les autres climats.

ANNEXE I

ÉLABORATION ET APPLICATION DES COURBES

Les méthodes de prévision de l'affaiblissement de transmission élaborées pour les systèmes utilisant la propagation troposphérique [NBS, 1967] ont été étendues et incorporées dans le modèle de propagation IF-77 [Johnson et Gierhart, 1979] qui détermine l'affaiblissement de propagation pour 5, 50 et 95% du temps pour des hauteurs d'antenne applicables aux services aéronautiques [Johnson et Gierhart, 1978]. Elles reposent sur un grand nombre de données expérimentales et l'on a procédé à des comparaisons très poussées des prévisions avec les données [Johnson et Gierhart, 1979]. Dans les calculs, on est parti de l'hypothèse d'une Terre lisse (paramètre de terrain $\Delta h = 0$) et d'un facteur de rayon équivalent k de 4/3 (coïndice au sol $N_s = 301$) et on a appliqué une correction pour compenser la courbure excessive des rayons donnée par le modèle $k = 4/3$ aux altitudes élevées. On a également utilisé les constantes pour un sol moyen, la polarisation horizontale, des antennes isotropes et les statistiques d'évanouissements à long terme pour le climat tempéré continental. Ces paramètres peuvent être considérés comme raisonnables dans bien des cas et comme correspondant à la plus mauvaise hypothèse dans d'autres cas. Il faut néanmoins utiliser les courbes avec précaution si les conditions diffèrent sérieusement de celles qui ont été admises ici.

A l'exception d'une zone «voisine» de l'horizon radioélectrique, on a obtenu les valeurs de l'affaiblissement de propagation pour les trajets «en deçà de l'horizon» en ajoutant l'affaiblissement dû à l'absorption atmosphérique (en dB) à l'affaiblissement de transmission correspondant aux conditions d'espace libre. Pour la zone «voisine» de l'horizon radioélectrique, on a calculé les valeurs de l'affaiblissement de transmission selon les lois de l'optique géométrique, pour tenir compte de l'interférence entre le rayon direct et un rayon réfléchi à la surface de la Terre. On a raccordé les segments des courbes obtenues par ces deux méthodes de manière à constituer une courbe telle que les valeurs médianes de l'affaiblissement de propagation augmentent de façon uniforme avec la distance.

On n'a pas fait un usage exclusif du modèle d'interférence à deux rayons pour les calculs des valeurs médianes en deçà de l'horizon, car la forme lobée qui en résulte pour les trajets courts dépend beaucoup des caractéristiques de la surface du sol (tant de son irrégularité que de ses caractéristiques électriques), des conditions atmosphériques (le rayon fictif de la Terre varie avec le temps) et des caractéristiques de l'antenne (polarisation, orientation et diagramme de directivité). Les courbes ainsi obtenues seraient souvent plus trompeuses qu'utiles, en ce sens que les détails de la forme lobée sont sous l'influence étroite de paramètres qu'il est difficile de déterminer avec une exactitude suffisante. Cependant, la forme lobée est examinée du point de vue statistique dans le calcul de variabilité.

---

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

Pour les disponibilités dans le temps autres que 0,50, les courbes de l'affaiblissement de propagation L_b ne présentent pas toujours une croissance monotone en fonction de la distance. Cela provient du fait que les changements de la variabilité avec la distance peuvent parfois l'emporter sur les variations du niveau médian. La variabilité comprend des contributions à la fois des variations de la médiane horaire ou évanouissements de puissance à long terme (Rapport 238), et des évanouissements par interférence dans le courant d'une heure ou évanouissements à court terme. Dans l'évanouissement à court terme, entrent en jeu à la fois la réflexion sur le sol et la propagation par trajets multiples troposphériques.

Les courbes de l'Annexe II ont été choisies dans une série beaucoup plus importante de courbes lissées établies par ordinateur [Johnson et Gierhart, 1980].

Les courbes de l'affaiblissement de propagation $L_b(0,05)$ peuvent être utilisées pour évaluer les valeurs de L_b pour un signal brouilleur qui est dépassé pendant 95% du temps (100% − 5%). Les courbes $L_b(0,50)$ permettent d'évaluer les conditions de propagation de la médiane (50%). Les courbes $L_b(0,95)$ peuvent être utilisées pour évaluer la limite de portée d'un signal utile disponible pendant 95% du temps en l'absence de brouillage.

Le rapport de protection prévu ou le rapport signal utile/signal brouilleur à l'entrée du récepteur dépassé pendant au moins 95% du temps, $R(0,95)$, peut s'évaluer au moyen des courbes de l'Annexe II en procédant comme suit:

$$R(0,95) = R(0,50) + Y_R(0,95) \tag{1}$$

$$R(0,50) = [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{utile} - [P_t + G_t + G_r - L_b(0,50)]_{brouilleur} \tag{2}$$

et

$$Y_R = - \sqrt{[L_b(0,95) - L_b(0,50)]^2_{utile} + [L_b(0,05) - L_b(0,50)]^2_{brouilleur}} \tag{3}$$

Dans la relation (2), P_t est la puissance émise et G_t et G_r sont les gains isotropes des antennes d'émission et de réception; toutes ces grandeurs doivent être exprimées en dB.

On pourrait aisément inclure dans la formule (3) d'autres variables, comme le gain d'antenne, lorsqu'on sait déterminer les lois de variation pertinentes. L'utilisation continue (100%) ou simultanée des voies est implicite dans l'emploi de la relation $R(0,95)$ ci-dessus, de sorte que les conséquences d'un fonctionnement intermittent de l'émetteur doivent être considérées à part.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

JOHNSON, M. E. et GIERHART, G. D. [1978] Applications guide for propagation and interference analysis computer programs (0.1 to 20 GHz). DOT-Rep. FAA-RD-77-60, NTIS Accession N° ADA 053242. National Technical Information Services, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.

JOHNSON, M. E. et GIERHART, G. D. [1979] Comparison of measured data with IF-77 propagation model predictions. DOT-Rep. FAA-RD-79-9, NTIS Accession N° ADA 076508. National Technical Information Services, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.

JOHNSON, M. E. et GIERHART, G. D. [1980] An atlas of basic transmission loss (0.125, 0.3, 1.2, 5.1, 9.4, 15.5 GHz). DOT-Rep. FAA-RD-80-1, NTIS Accession N° ADA 088153, National Technical Information Services, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.

NBS [1967] National Bureau of Standards, Tech. Note N° 101, révisée, I et II, AD 687820 et AD 687821, National Technical Information Services, Springfield, Va., 22161, Etats-Unis d'Amérique.

ANNEXE II

DESCRIPTION DES COURBES

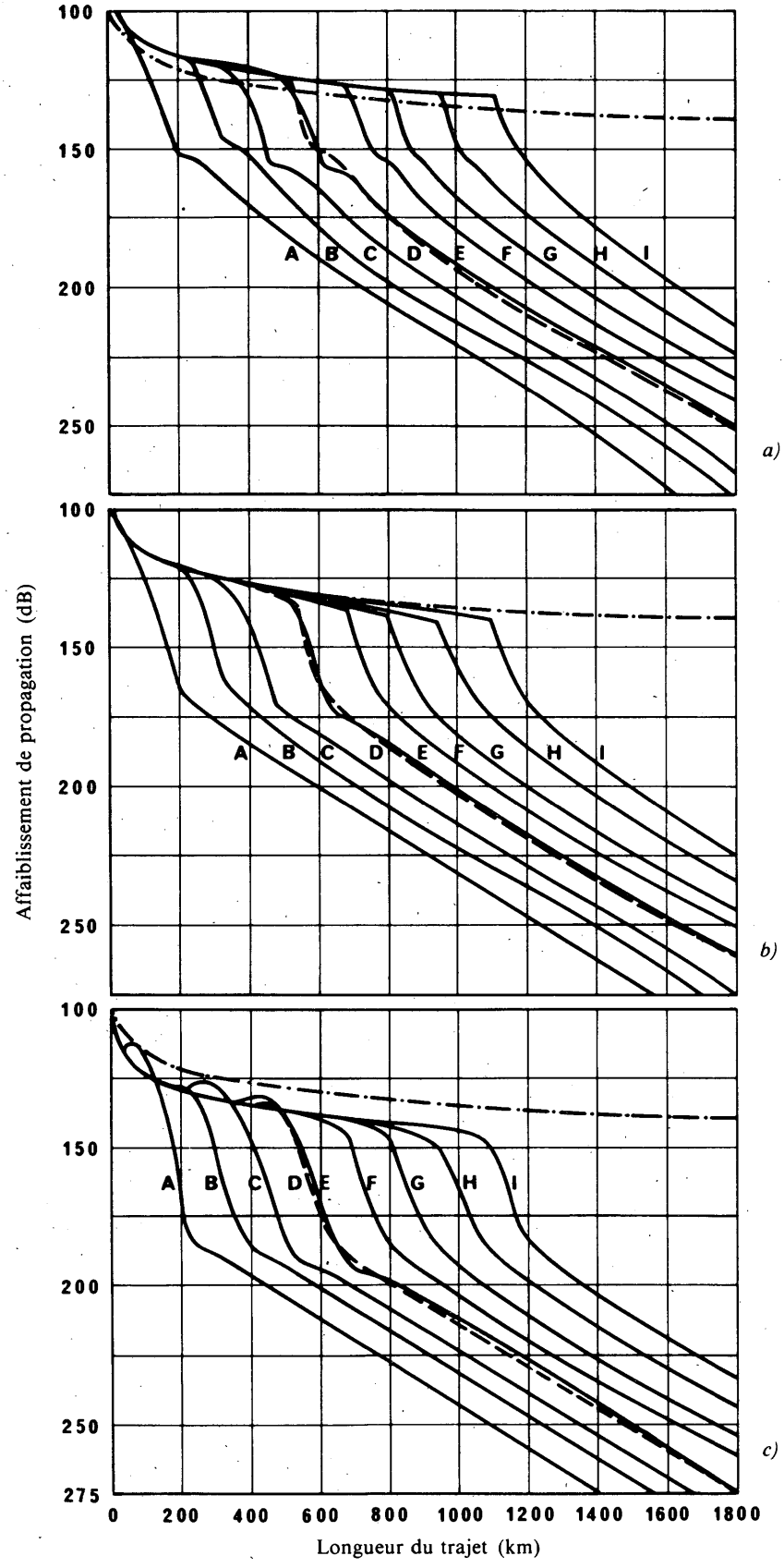
Les courbes sont contenues dans les Fig. 1 à 6. Il convient de noter les points suivants:

1. Ces figures donnent les valeurs médianes de l'affaiblissement de propagation L_b pour les fréquences 125, 300, 1200, 5100, 9400 et 15 500 MHz.

2. Chaque figure comporte trois jeux de courbes (en haut, au milieu et en bas) correspondant respectivement à un affaiblissement de propagation $L_b(0,05)$, $L_b(0,50)$ et $L_b(0,95)$. Ces valeurs d'affaiblissement correspondent à des temps de disponibilité de 5, 50 et 95%. Par exemple, $L_b(0,95)$ = 200 dB signifie que l'affaiblissement de propagation est égal ou inférieur à 200 dB pendant 95% du temps.

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 125 MHz
$L_b(0,05)$

b) 125 MHz
$L_b(0,50)$

c) 125 MHz
$L_b(0,95)$

FIGURE 1 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 125 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

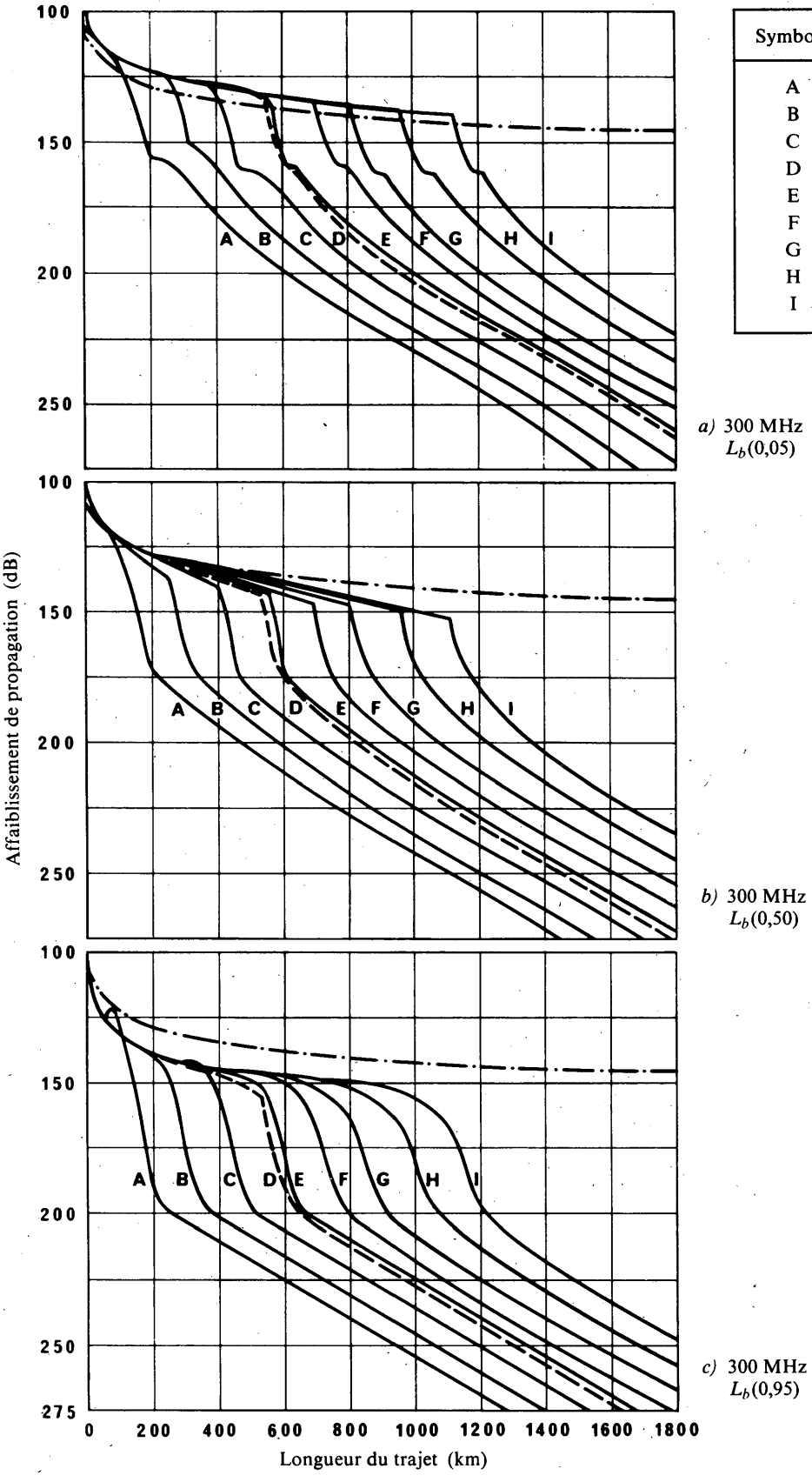
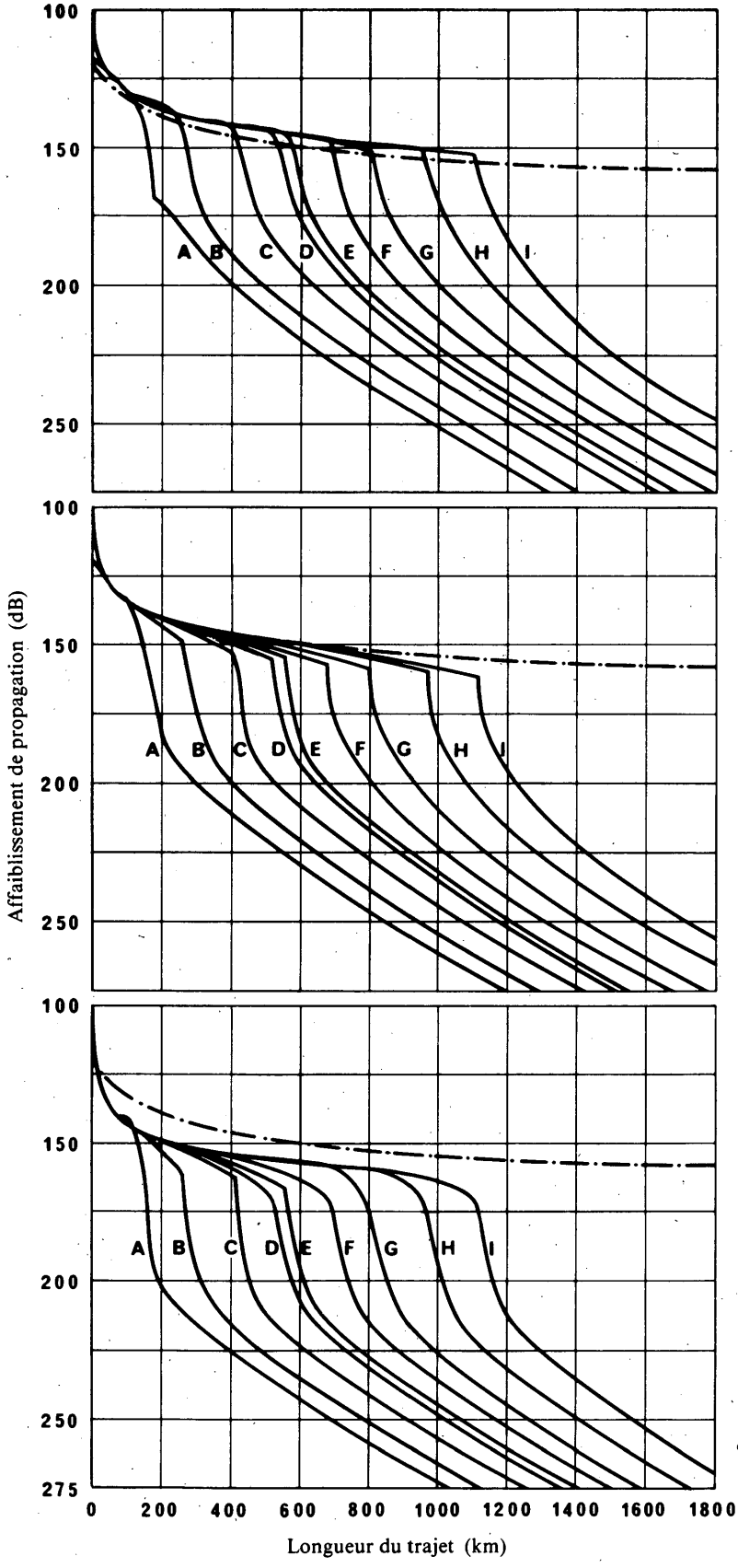


FIGURE 2 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 300 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000



a) 1200 MHz $L_b(0,05)$

b) 1200 MHz $L_b(0,50)$

c) 1200 MHz $L_b(0,95)$

FIGURE 3 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 1200 MHz pour des pourcentages de temps de 5 %, 50 % et 95 %*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

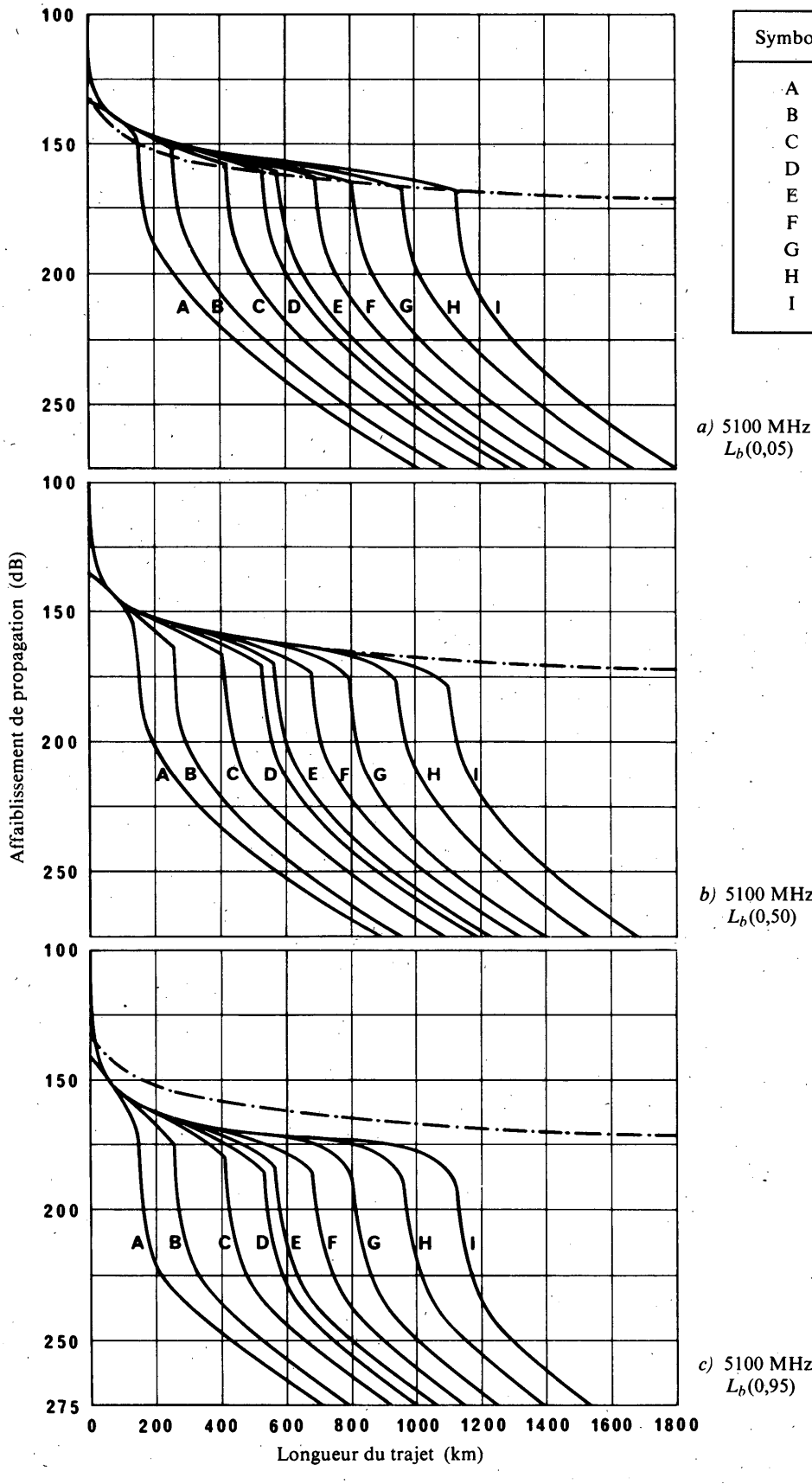


FIGURE 4 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 5100 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

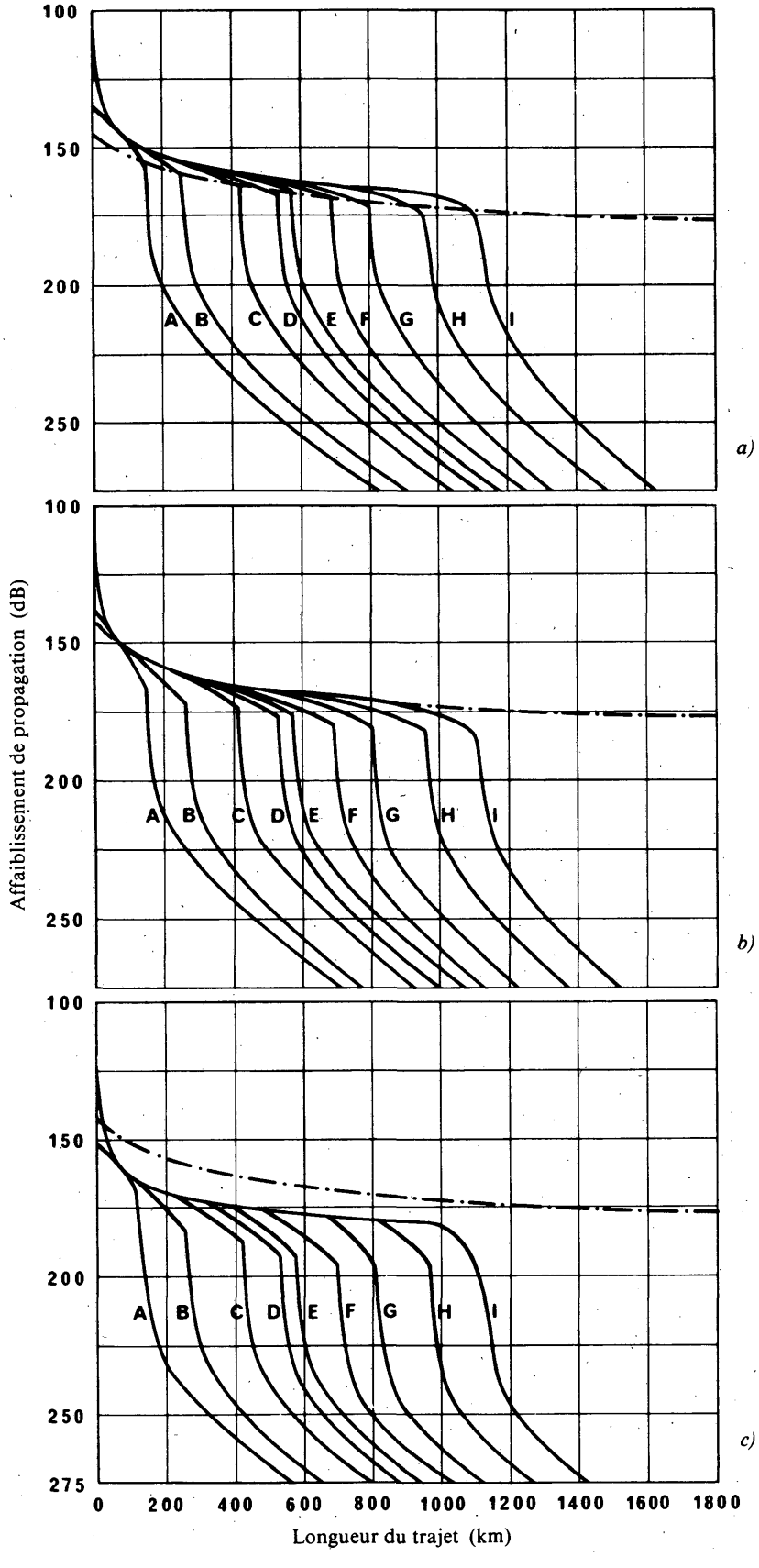


FIGURE 5 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 9400 MHz pour des pourcentages de temps de 5 %, 50 % et 95 %*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

Symboles désignant les hauteurs des antennes

Symbole	H_1 (m)	H_2 (m)
A	15	1000
B	1000	1000
C	15	10000
D	1000	10000
E	15	20000
F	1000	20000
G	10000	10000
H	10000	20000
I	20000	20000

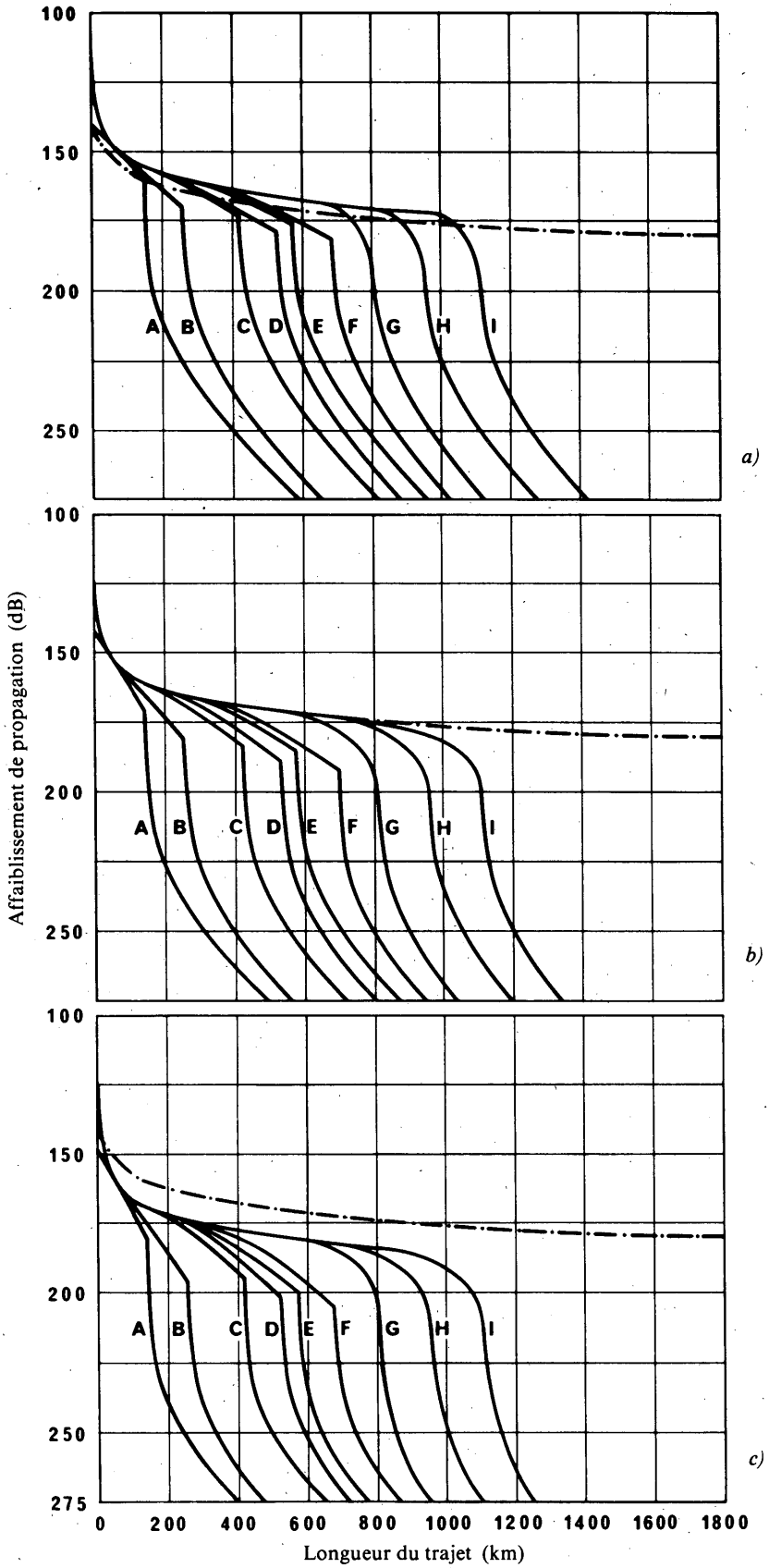


FIGURE 6 – *Affaiblissement de propagation à la fréquence 15 500 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%*

La courbe en pointillé correspond à la propagation en espace libre

3. Les hauteurs d'antenne indiquées vont de 15 m à 20 000 m (il s'agit aussi bien des stations au sol que des aéronefs en vol).

4. L'élaboration et l'application de ces courbes sont examinées dans l'Annexe I.

5. Pour une distance nulle, $L_b(0,50)$ est simplement la valeur en espace libre correspondant à une longueur de trajet égale à la différence de hauteur entre les antennes. Les courbes pour l'espace libre ont été calculées pour une différence de hauteur de 19 985 m.

ANNEXE III

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Des essais de propagation à 930 MHz sur des trajets air vers sol ont été effectués au Japon en novembre 1982 ainsi qu'en avril et en juin 1983. D'après les résultats, l'affaiblissement de propagation sur un trajet en visibilité directe présentait une bonne concordance avec l'affaiblissement d'espace libre. La distance de visibilité calculée à partir des données de mesure était, à une altitude de 10 000 m, plus courte que celle impliquée par les courbes de l'Annexe II [Akeyama et autres, 1984].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AKEYAMA, A., SAKAGAMI, S. et YOSHIZAWA, K. [mars 1984] 900 MHz band propagation characteristics on air-to-ground paths. National Convention Record N° 669, of the Institute of Electronics and Communication Engineers of Japan, Tokyo, Japon.

RECOMMANDATION 529-1 *

DONNÉES DE PROPAGATION ET MÉTHODES DE PRÉVISION EN ONDES MÉTRIQUES ET DÉCIMÉTRIQUES POUR LES SERVICES MOBILES TERRESTRES

(Question 12/5)

(1978-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

qu'il est nécessaire de fournir des directives aux ingénieurs pour la planification des services mobiles terrestres de radiocommunications dans les bandes d'ondes métriques et décimétriques,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les méthodes indiquées dans le Rapport 567 soient adoptées ** en vue de déterminer le champ et d'autres caractéristiques du signal qui peuvent se présenter dans le service mobile terrestre.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 8.

** Il convient de souligner que les courbes relatives à la bande des ondes décimétriques sont fondées sur les données mesurées dans des zones urbaines déterminées et doivent être utilisées avec prudence s'il s'agit d'autres zones.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 5E: ASPECTS RELATIFS AU SERVICE FIXE DE TERRE

RECOMMANDATION 530-3*

DONNÉES DE PROPAGATION ET MÉTHODES DE PRÉVISION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DE FAISCEAUX HERTZIENS A VISIBILITÉ DIRECTE DE TERRE

(Question 14/5)

(1978-1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre, il est nécessaire que l'on dispose de méthodes de prévision et de données appropriées en matière de propagation;

b) que l'on a mis au point des méthodes qui permettent de prévoir les paramètres de propagation les plus importants qui affectent la planification des faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre;

c) que, dans toute la mesure possible, ces méthodes ont été testées par rapport aux données mesurées disponibles et qu'elles se sont révélées être d'une précision à la fois compatible avec la variabilité naturelle des phénomènes de propagation et adéquate pour la plupart des applications actuelles en matière de planification de systèmes;

d) que, pour certains paramètres de propagation, toutefois, les renseignements existants ne sont pas encore suffisants pour permettre d'établir et de tester convenablement les méthodes de prévision, notamment dans certaines régions géographiques,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les méthodes exposées dans le Rapport 338 pour la prévision des paramètres énumérés ci-après soient adoptées pour la planification des faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre dans les gammes de validité respectives indiquées dans le Rapport:

1.1 affaiblissement dû aux gaz;

1.2 statistiques des évanouissements par diffraction, et critères correspondants pour le dégagement du trajet;

1.3 distribution des évanouissements dus à la propagation par trajets multiples dans une bande étroite pour de faibles pourcentages du temps (méthodes 1 et 2, selon les cas) et pour d'autres pourcentages du temps;

1.4 distribution à long terme de l'affaiblissement dû à la pluie à partir de l'intensité de précipitation ponctuelle;

1.5 distribution à long terme de l'affaiblissement dû à la pluie à une fréquence à partir de l'affaiblissement à une autre fréquence (similitude en fréquence);

1.6 distribution à long terme du XPD à partir de celle du CPA;

1.7 distribution à long terme du XPD à une fréquence/polarisation, à partir de celle à une autre fréquence/polarisation;

2. que les données actuelles et les autres renseignements qui figurent dans les autres parties du Rapport 338 soient utilisés pour la planification des faisceaux hertziens à visibilité directe de Terre.

---

* La présente Recommandation doit être portée à l'attention de la Commission d'études 9.

RECOMMANDATION 617*

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DES FAISCEAUX HERTZIENS TRANSHORIZON

(1986

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les faisceaux hertziens transhorizon, il est nécessaire que l'on possède des données appropriées sur la propagation;

b) que les données dont on dispose jusqu'à présent ne permettent pas de mettre au point des méthodes de prévision fiables et suffisamment précises pour toutes les régions du monde;

c) qu'il existe cependant des méthodes qui donnent une précision suffisante, du moins dans certaines régions,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les méthodes exposées dans le Rapport 238 soient adoptées provisoirement pour la planification des faisceaux hertziens transhorizon.

---

* Cette Recommandation doit être portée à l'attention des Commissions d'études 1 et 9.

SECTION 5F: ASPECTS RELATIFS AUX SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES

RECOMMANDATION 618-1*

DONNÉES DE PROPAGATION ET MÉTHODES DE PRÉVISION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DE SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION TERRE-ESPACE

(Question 16/5)

(1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les systèmes de télécommunication Terre-espace, il est nécessaire que l'on dispose de méthodes de prévision et de données appropriées en matière de propagation;

b) que l'on a mis au point des méthodes qui permettent de prévoir les paramètres de propagation les plus importants, dont la connaissance est nécessaire à la planification des systèmes de télécommunication Terre-espace;

c) que, dans toute la mesure possible, ces méthodes ont été testées par rapport aux données disponibles, et qu'elles se sont révélées être d'une précision à la fois compatible avec la variabilité naturelle des phénomènes de propagation et adéquate pour la plupart des applications actuelles en matière de planification des systèmes;

d) que, pour certains paramètres de propagation, toutefois, les renseignements existants ne sont pas encore suffisants pour permettre d'établir et de tester convenablement les méthodes de prévision, notamment dans certaines régions géographiques,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que les méthodes exposées dans le Rapport 564 pour la prévision des paramètres énumérés ci-après soient adoptées pour la planification des systèmes de radiocommunication Terre-espace, dans les gammes de validité respectives indiquées dans le Rapport:

1.1 affaiblissement dû aux gaz;

1.2 statistiques à long terme de l'affaiblissement dû à la pluie à partir de l'intensité de précipitation ponctuelle;

1.3 similitude en fréquence (long terme) des statistiques de l'affaiblissement dû à la pluie;

1.4 facteur d'amélioration de diversité d'emplacement ou gain de diversité d'emplacement;

1.5 statistiques mensuelles ou à long terme des scintillations d'amplitude;

1.6 statistiques à long terme de la transpolarisation due aux hydrométéores, calculées à partir des statistiques d'affaiblissement du signal copolaire;

1.7 similitude en fréquence ou en polarisation (long terme) de la transpolarisation due aux hydrométéores;

2. que les données actuelles et les autres renseignements qui figurent dans les autres parties du Rapport 564 soient utilisés.

Note – Pour plus d'informations concernant la planification des systèmes de radiodiffusion par satellite, ainsi que les services mobiles par satellite (maritime, terrestre et aéronautique), on peut se reporter respectivement aux Rapports 565, 884, 1009 et 1148.

---

* Cette Recommandation est portée à l'attention des Commissions d'études 4, 6, 7, 8, 10 et 11.

RECOMMANDATION 679*

DONNÉES DE PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DES SYSTÈMES DE RADIODIFFUSION PAR SATELLITE

(Question 17/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les systèmes de radiodiffusion par satellite, il est nécessaire que l'on dispose de données de propagation et de méthodes de prévision appropriées;

b) que les méthodes du Rapport 564 sont recommandées pour la planification des systèmes de télécommunication Terre-espace;

c) que de nouveaux développements des méthodes de prévision pour des applications spécifiques aux systèmes de radiodiffusion par satellite sont nécessaires pour donner une précision adéquate dans toutes les conditions d'exploitation;

d) qu'il existe cependant des méthodes qui donnent une précision suffisante pour de nombreuses applications,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les données actuelles de propagation figurant dans le Rapport 565 soient adoptées pour la planification des systèmes de radiodiffusion par satellite, en plus des méthodes préconisées dans la Recommandation 618.

---

* Cette Recommandation est portée à l'attention des Commissions d'études 10 et 11.

RECOMMANDATION 680*

DONNÉES DE PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DE SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION MOBILES MARITIMES TERRE-ESPACE

(Question 18/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les systèmes de télécommunication mobiles maritimes Terre-espace, il est nécessaire de disposer de données de propagation et de méthodes de prévision appropriées;

b) que les méthodes du Rapport 564 sont recommandées pour la planification de systèmes de télécommunication Terre-espace;

c) que de nouveaux développements des méthodes de prévision pour des applications spécifiques aux systèmes mobiles maritimes par satellite sont nécessaires pour donner une précision adéquate dans toutes les conditions d'exploitation;

d) qu'il existe toutefois des méthodes donnant une précision suffisante dans de nombreuses applications,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

d'adopter les méthodes actuelles exposées dans le Rapport 884 pour la planification des systèmes de télécommunication mobiles maritimes Terre-espace, ces méthodes s'ajoutant à celles qui sont préconisées dans la Recommandation 618.

---

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

RECOMMANDATION 681 *

DONNÉES DE PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DE SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION MOBILES TERRESTRES TERRE-ESPACE

(Question 18/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les systèmes de télécommunication mobiles terrestres Terre-espace, il est nécessaire de disposer de données de propagation et de méthodes de prévision appropriées;

b) que les méthodes du Rapport 564 sont recommandées pour la planification de systèmes de télécommunication Terre-espace;

c) que de nouveaux développement des méthodes de prévision pour des applications spécifiques aux systèmes mobiles terrestres par satellite sont nécessaires pour donner une précision adéquate dans toutes les régions du monde et dans toutes les conditions d'exploitation;

d) qu'il existe toutefois des méthodes donnant une précision suffisante dans certaines régions et dans de nombreuses applications,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

d'adopter les données actuelles de propagation figurant dans le Rapport 1009 pour la planification des systèmes de télécommunication mobiles terrestres Terre-espace, en plus des méthodes préconisées dans la Recommandation 618.

---

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

RECOMMANDATION 682*

DONNÉES DE PROPAGATION NÉCESSAIRES POUR LA CONCEPTION DE SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION AÉRONAUTIQUES MOBILES TERRE-ESPACE

(Question 18/5)

(1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour planifier convenablement les systèmes de télécommunication aéronautiques mobiles Terre-espace, il est nécessaire de disposer de données de propagation et de méthodes de prévision appropriées;

b) que les méthodes du Rapport 564 sont recommandées pour la planification des systèmes de télécommunication Terre-espace;

c) que de nouveaux développements des méthodes de prévision pour des applications spécifiques aux systèmes aéronautiques mobiles par satellite sont nécessaires pour donner une précision adéquate dans toutes les conditions d'exploitation;

d) qu'il existe cependant des méthodes qui donnent une précision suffisante pour de nombreuses applications,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que les données actuelles sur la propagation figurant dans le Rapport 1148 soient adoptées pour la planification des systèmes de télécommunication Terre-espace du service aéronautique mobile, en plus des méthodes préconisées dans la Recommandation 618.

---

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

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECTION 5G: FACTEURS DE PROPAGATION INTERVENANT DANS LES BROUILLAGES: SYSTÈMES SPATIAUX ET DE TERRE

RECOMMANDATION 452-4*

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION DES BROUILLAGES ENTRE STATIONS SITUÉES A LA SURFACE DE LA TERRE

(1970-1974-1978-1982-1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour évaluer convenablement les brouillages entre stations situées à la surface de la Terre, il est nécessaire de posséder des données appropriées sur la propagation, qui soient fondées sur les facteurs d'influence du terrain et des conditions atmosphériques;

b) que les données disponibles jusqu'à présent ne permettent pas de mettre au point des méthodes de prévision fiables et suffisamment précises pour toutes les régions du monde;

c) qu'il existe cependant plusieurs méthodes qui offrent une précision suffisante, du moins dans certaines régions,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

1. que, pour évaluer les brouillages entre stations de communication point à point situées à la surface de la Terre et fonctionnant sur des fréquences supérieures à 500 MHz environ, les administrations utilisent la méthode de prévision de la propagation décrite dans le Rapport 569;

2. que, pour la prévision de la propagation des signaux brouilleurs entre stations de communication point à point situées à la surface de la Terre et fonctionnant sur des fréquences inférieures à 500 MHz environ, on utilise les données de la Recommandation 370 de la façon suivante:

- afin d'obtenir les renseignements relatifs à 1% du temps pour ce qui concerne les liaisons point à point, il convient d'utiliser les courbes appropriées, pour 1% du temps, de la Recommandation 370 et d'appliquer le facteur de conversion relatif à 1% des emplacements de réception donné par la Fig. 5 de cette Recommandation;
- les courbes susmentionnées se trouvent dans les Fig. 4a, 4b et 4c de la Recommandation 370 qui correspondent respectivement à la terre, aux mers froides et aux mers chaudes, et sont, par conséquent, équivalentes aux zones définies au § 3.2.3 du Rapport 569;
- vu l'insuffisance des données dont on dispose actuellement, il n'est pas encore possible de proposer une méthode de prévision de la propagation des signaux brouilleurs pour moins de 1% du temps;

3. que, pour évaluer les brouillages causés aux liaisons point à zone fonctionnant entre 30 MHz et 1 GHz, les administrations utilisent les méthodes de prévision de la propagation décrites, selon le cas, dans les Recommandations 370, 528 et 529.

---

* Cette Recommandation est portée à l'attention des Commissions d'études 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 et 11.

RECOMMANDATION 619*

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES A L'ÉVALUATION DES BROUILLAGES ENTRE DES STATIONS DANS L'ESPACE ET DES STATIONS SITUÉES A LA SURFACE DE LA TERRE

(1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) que, pour évaluer convenablement les brouillages entre des stations dans l'espace et des stations situées à la surface de la Terre, il est nécessaire de posséder des données appropriées sur la propagation, qui soient fondées sur les facteurs d'influence du terrain et des conditions atmosphériques;

b) que les données disponibles jusqu'à présent ne permettent pas de mettre au point des méthodes de prévision fiables et suffisamment précises pour toutes les régions du monde;

c) qu'il existe cependant plusieurs méthodes qui offrent une précision suffisante, du moins dans certaines régions,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que, pour évaluer les brouillages entre des stations dans l'espace et des stations situées à la surface de la Terre, les administrations utilisent provisoirement les méthodes de calcul de la propagation exposées dans le Rapport 885.

---

* Cette Recommandation est portée à l'attention des Commissions d'études 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 et 11.

RECOMMANDATION 620*

DONNÉES SUR LA PROPAGATION NÉCESSAIRES AU CALCUL DES DISTANCES DE COORDINATION

(1986)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) les termes de la Résolution N° 60 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications, Genève, 1979;

b) que la zone de coordination est la zone entourant une station terrienne, telle que tout brouillage entre cette station terrienne et les stations de Terre situées à l'extérieur de cette zone peut être considéré comme négligeable;

c) que la détermination de la zone de coordination devrait être fondée sur les meilleures données de propagation disponibles et que les méthodes de prévision de l'affaiblissement le long d'un trajet de brouillage devraient être compatibles avec celles qui permettent de déterminer la zone de coordination correspondante,

RECOMMANDE A L'UNANIMITÉ

que, pour déterminer la zone de coordination, dans le cas des fréquences comprises entre 1 et 40 GHz, les administrations utilisent provisoirement les méthodes de calcul de la propagation exposées dans le Rapport 724 pour la planification nationale (c'est-à-dire non internationale).

---

* Cette Recommandation est portée à l'attention des Commissions d'études 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 et 11.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

RÉSOLUTIONS

RÉSOLUTION 72-2

MANUEL DES COURBES DE PROPAGATION DE L'ONDE DE SOL

(1982-1986-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

a) qu'il est encore nécessaire d'établir les courbes de propagation de l'onde de sol pour les fréquences supérieures à 10 MHz, en particulier pour différentes hauteurs d'antenne et différentes polarisations;

b) que l'on dispose actuellement du programme d'ordinateur GRWAVE qui permet de réviser les courbes contenues dans le Manuel des courbes de propagation de l'onde de sol pour tenir compte des profils d'indice de réfraction décrits dans la Recommandation 369;

c) que l'obtention et la diffusion des programmes d'ordinateurs sont une pratique courante au sein du Secrétariat du CCIR,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

qu'il convient de demander au Directeur du CCIR:

1. de calculer et de publier les courbes de propagation de l'onde de sol au moyen du programme GRWAVE pour les fréquences, les hauteurs d'antenne, les profils d'indice de réfraction et les conditions au sol spécifiés par la Commission d'études 5;

2. de faire en sorte que le programme d'ordinateur GRWAVE soit disponible sur demande aux administrations membres et à d'autres organismes;

3. d'effectuer toutes les comparaisons jugées nécessaires par la Commission d'études 5, avec d'autres programmes existants.

RÉSOLUTION 73-1

ATLAS MONDIAL DE LA CONDUCTIVITÉ DU SOL

(1982-1990)

Le CCIR,

CONSIDÉRANT

que les administrations ont besoin de cartes adéquates de conductivité lors de la planification des services de radiocommunication et de radionavigation de toute nature dans les bandes d'ondes myriamétriques, kilométriques et hectométriques,

DÉCIDE A L'UNANIMITÉ

1. que le Directeur du CCIR doit continuer à développer l'Atlas mondial des valeurs de la conductivité équivalente du sol en utilisant les données les plus récentes à mesure qu'elles seront disponibles;

2. que l'Atlas, contenu dans le Rapport 717, continuera à être publié séparément,

ET PRIE LES ADMINISTRATIONS

de fournir leurs renseignements sous la forme de cartes adéquates et de corriger, s'il y a lieu, les renseignements déjà fournis (voir le Rapport 717); dans tous les cas, la fréquence concernée doit être indiquée. En particulier, on a besoin d'urgence de données concernant les pays non représentés dans l'Atlas.

RÉSOLUTION 79

ÉTUDES DE PROPAGATION RADIOÉLECTRIQUE DANS LES RÉGIONS TROPICALES

(1982)

Ce texte est publié dans le Volume XIV-1.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

[redacted]