



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

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

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

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

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

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

C.C.I.R.

NEW DELHI, 1970

SUPPLÉMENT N° 1 AU RAPPORT 340

SUPPLEMENT N° 1 TO REPORT 340

SUPLEMENTO N° 1 AL INFORME 340

ATLAS C.C.I.R. DES CARACTÉRISTIQUES IONOSPÉRIQUES

C.C.I.R. ATLAS OF IONOSPHERIC CHARACTERISTICS

ATLAS C.C.I.R. DE LAS CARACTERÍSTICAS IONOSFÉRICAS



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

GENÈVE, 1971

C.C.I.R.

NEW DELHI, 1970

SUPPLÉMENT N° 1 AU RAPPORT 340

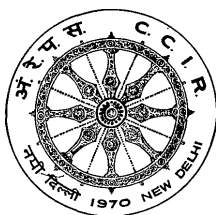
SUPPLEMENT N° 1 TO REPORT 340

SUPLEMENTO N° 1 AL INFORME 340

ATLAS C.C.I.R. DES CARACTÉRISTIQUES IONOSPHERIQUES

C.C.I.R. ATLAS OF IONOSPHERIC CHARACTERISTICS

ATLAS C.C.I.R. DE LAS CARACTERÍSTICAS IONOSFÉRICAS



UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

GENÈVE, 1971



PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

Le Rapport 340-1 adopté à l'unanimité se compose :

1. du Rapport 340 qui a déjà fait l'objet d'une publication séparée,
2. du Supplément N° 1 qui fait l'objet de la présente publication.

Report 340-1 adopted unanimously, consists of :

1. Report 340, which has already been published as a separate volume,
2. Supplement N° 1, which is presented in this publication.

El Informe 340-1, adoptado por unanimidad, se compone de :

1. Informe 340, que se ha publicado ya separadamente,
2. Suplemento N° 1 al Informe 340, objeto de la presente publicación.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Partie 1. — (Addendum)	7
Partie 2. — Jeu revisé de coefficients numériques pour foF2	7
Partie 3. — Prédiction de la EJP de la couche F1	7
Introduction	7
Détermination de la fréquence critique de la couche F1 (foF1)	8
Détermination de la EJP de la couche F1	9
Partie 4. — Jeu de coefficients numériques pour foEs et fbEs	15
Partie 5. — Relations entre divers indices solaires et ionosphériques	15

CONTENTS

	Page
Part 1. — (Addendum)	19
Part 2. — Revised set of numerical coefficients for foF2	19
Part 3. — Prediction of the F1-layer EJP	19
Introduction	19
Determination of the F1 layer critical frequency	20
Determination of F1 layer EJP	21
Part 4. — Set of numerical coefficients for foEs and fbEs	27
Part 5. — Relationship between various solar and ionospheric indices	27

ÍNDICE

	Página
Parte 1. — (Adendum)	31
Parte 2. — Juego revisado de coeficientes numéricos de foF2	31
Parte 3. — Predicción de la EJP de la capa F1	31
Introducción	31
Determinación de la frecuencia crítica de la capa F1	32
Determinación de la EJP de la capa F1	33
Parte 4. — Juego de coeficientes numéricos para foEs y fbEs	39
Parte 5. — Relaciones entre diversos índices solares e ionosféricos	39

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

PARTIE 1

(Addendum)

Page 12, *ajouter* l'alinéa suivant après l'équation (3) :

« Dans les équations (2a), (2b) et (3), $U_{2j,k}$ et $U_{2j-1,k}$ peuvent être exprimés sous la forme $U_{s,k}$ où s correspond à $2j$ ou à $2j-1$. Dans les Tableaux 1 à 48, les coefficients des cartes numériques sont donnés en fonction des valeurs de s et k ».

Page 404, après le titre du nomogramme, *ajouter* :

« On considère que la valeur de FOT (fréquence optimale de travail) est égale à celle de la EJP équivalente ».

PARTIE 2

JEU RÉVISÉ DE COEFFICIENTS NUMÉRIQUES POUR foF2

On a remis au C.C.I.R., aux fins de reproduction et de vente, un jeu révisé de cartes perforées de coefficients numériques définissant les variations diurnes, géographiques, saisonnières et undécennales (cycle d'activité solaire) de foF2. Les soixante cartes numériques représentant les médianes mensuelles de foF2 de janvier 1954 à décembre 1958 ont fait l'objet d'une analyse dans laquelle on a tenu compte des variations annuelles et undécennales de l'ionosphère. On a fait usage d'un polynôme du second degré pour représenter la variation undécennale des coefficients, et d'une série de Fourier pour représenter leur variation annuelle. Les nouveaux coefficients remplacent les coefficients de foF2 (Oslo, 1966) et leur emploi ne redonnera donc pas exactement les cartes de l'Atlas des caractéristiques ionosphériques du C.C.I.R. Étant donné que ces coefficients tiennent compte des variations saisonnières et undécennales de foF2, on peut faire la prévision d'une carte de la foF2 médiane mensuelle pour n'importe quel jour, quelle semaine ou quel mois de l'année.

PARTIE 3

PRÉVISION DE LA EJP DE LA COUCHE F1

Introduction

On trouvera ci-dessous une méthode de prévision de la médiane mensuelle de la EJP de la couche F1 dans laquelle cette couche est considérée en soi et non dans le cadre d'une extension du système de prévision relatif à la couche E. Les expressions obtenues pour prévoir la fréquence critique de la couche F1 étaient fondées sur les données enregistrées de 1954 à 1966 en 39 stations ionosphériques situées dans les deux hémisphères [Du Charme, Petrie et Eyfrig, 1971]. Les agents en service dans les stations ionosphériques de bien des pays utilisent des méthodes normalisées pour réduire les observations ionosphériques [Pigott et Rawer, 1961]. La EJP de la couche F1 pour un circuit oblique se déduit de la connaissance de la fréquence de pénétration au point milieu du trajet et d'un facteur de EJP de la couche F1, pour la distance appropriée le long de l'arc de grand cercle [Petrie et Stevens, 1965].

Détermination de la fréquence critique de la couche F1 (foF1)

Divers chercheurs [Scott, 1952; Allen, 1948; Ratcliffe et Weekes, 1960] ont signalé que la foF1 varie avec la distance zénithale du Soleil et que l'on peut d'ordinaire représenter son comportement de façon tout à fait précise par la formule :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

où $\chi \leq \chi_m$ (valeur maximale de la distance zénithale du Soleil pour laquelle la couche F1 est observée en un lieu donné)

et les paramètres f_s et n dépendant de l'activité solaire et de l'emplacement [Scott, 1952; Harnischmacher, 1950].

Il arrive cependant que les variations diurnes de foF1 en des lieux voisins de l'équateur soient indépendantes de la distance zénithale du Soleil en période d'activité solaire élevée [Lange-Hesse, 1959].

Plusieurs chercheurs [Theissen, 1953; Davies, 1965] ont fourni des indications sur les variations de f_s et de n avec l'activité solaire. On a trouvé [Du Charme, Petrie et Eyfrig, 1971] une relation à peu près linéaire entre les paramètres de la couche F1 et divers indices ionosphériques et solaires. D'après Minnis [1955], la représentation de ces paramètres par I_{F2} est un peu meilleure que par le nombre de Zurich R_{12} .

Il convient cependant d'utiliser l'indice R_{12} pour les prévisions relatives à la couche F1, car le C.C.I.R. recommande cet indice pour toutes les prévisions ionosphériques faites plus de 12 mois à l'avance.

Kervin [1967] a signalé des différences dans le comportement de foF1 entre l'Amérique du Nord et l'Europe, mais ces différences sont considérablement réduites du simple fait que l'on représente les données en fonction de la latitude géomagnétique. L'emploi de cette latitude comme coordonnée a conduit à une meilleure représentation des variations de la couche F1 que celui des coordonnées géographiques, de l'inclinaison magnétique, de l'inclinaison magnétique modifiée ou de latitude magnétique invariante [Du Charme, Petrie et Eyfrig, 1971].

La foF1 peut, pour toute valeur de R_{12} , se déduire des expressions suivantes :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

$$\text{avec } f_s = f_{s0} + 0,01 (f_{s100} - f_{s0}) R_{12}$$

$$f_{s0} = 4,35 + 0,0058 \lambda - 0,000120 \lambda^2$$

$$f_{s100} = 5,35 + 0,0110 \lambda - 0,000230 \lambda^2$$

$$n = 0,093 + 0,00461 \lambda - 0,0000540 \lambda^2 + 0,00031 R_{12}$$

$$\lambda \quad \text{étant la latitude géomagnétique en degrés.}$$

La distance zénithale maximale du Soleil pour laquelle la couche F1 est présente est donnée par les expressions simples ci-après :

$$\chi_m = \chi_0 + 0,01 (\chi_{100} - \chi_0) R_{12} \text{ (degrés)}$$

$$\text{avec } \chi_0 = 50,0 + 0,348 \lambda$$

$$\chi_{100} = 38,7 + 0,509 \lambda$$

Une carte du monde (page 394 du Rapport 340), un tracé de grands cercles (page 395) et une carte de latitudes géomagnétiques (Fig. 1) faciliteront la détermination des trajets, de la distance le long du grand cercle et des points de réflexion. La connaissance de la latitude géomagnétique au point de réflexion permet de déterminer f_s , n et χ_m pour n'importe quelle valeur de R_{12} en se servant des renseignements contenus dans les Fig. 2 à 4. Le nomogramme de la Fig. 5 permet de déterminer la valeur de foF1 d'après celles de f_s , n et χ . Aux pages 397 à 402 du Rapport 340 figurent des diagrammes de la distance zénithale du Soleil pour chaque mois. Le calcul de foF1 n'est valable que sous réserve de la condition $\chi \leq \chi_m$.

Détermination de la EJJ de la couche F1

La propagation ionosphérique par la couche F₁ présente de l'importance pour les distances de 2000 à 3400 km, spécialement aux latitudes élevées et moyennes pendant les mois d'été. Pour ces distances de transmission, Petrie et Stevens [1965] ont déterminé des facteurs de EJJ qui permettent de calculer cette référence. Ils ont obtenu ces facteurs au moyen de calculs, par tracé de rayons, de la densité électronique en fonction de profils de hauteur déterminés en partant d'ionogrammes représentatifs pour midi, enregistrés sous des latitudes moyennes et élevées. On admet que ces facteurs sont applicables pour toutes les valeurs de la distance zénithale du Soleil. Le facteur de EJJ peut se déduire des expressions numériques suivantes, R_{12} étant compris entre 0 et 150.

$$\text{Facteur de EJJ} = J_0 - 0,01 (J_0 - J_{100}) R_{12}$$

$$\text{avec} \quad J_0 = 0,16 + 2,64 \times 10^{-3} D - 0,40 \times 10^{-6} D^2$$

$$J_{100} = -0,52 + 2,69 \times 10^{-3} D - 0,39 \times 10^{-6} D^2$$

D étant la distance le long du grand cercle, en kilomètres (entre 2 000 et 3 400 km).

Pour les calculs effectués à la main, on peut tirer le facteur EJJ de la Fig. 6. La EJJ de la couche F1 est égale au produit de la foF1 par le facteur de EJJ.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN, C.W. [1948] Critical frequencies, sunspots and sun's ultra violet radiation. *Terr. Magn. Atmos. Elect.*, **53**, 433-448.
- DAVIES, K. [1965] *Ionospheric Radio Propagation*. National Bureau of Standards Monograph 80, United States Department of Commerce, Washington.
- Du CHARME, E.D., PETRIE, L.E. et EYFRIG, R. [1971] A method for predicting the F1 layer critical frequency. *Radio Science*, **6** (New Series) 369-377.
- HARNISCHMACHER, E. [1950] L'influence solaire sur la couche E normale de l'ionosphère. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, **230**, 1301.
- KERVIN, C. [1967] Non-Chapman-like behaviour of the F1 layer. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **27**, 1299.
- LANGE-HESSE, G. [1959] Average diurnal variation of the critical frequencies of the F1 layer and their dependence on the geographic latitude and season. *Z. für Geophysik*, **25**, 199.
- MINNIS, C.M. [1955] A new index of solar activity based on ionospheric measurements. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **7**, 301.
- PETRIE, L.E. et STEVENS, E.E. [1965] An F1 layer MUF prediction system for northern latitudes. *IEEE Trans. Ant. and Prop.*, **AP13**, 542.
- PIGGOTT, W.R. et RAWER, K. [1961] *U.R.S.I. — Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- RATCLIFFE, J.A. et WEEKES, K. [1960] *Physics of the Upper Atmosphere*. Edited by J.A. Ratcliffe, Chapter 9, Academic Press, New York.
- SCOTT, J.C.W. [1952] The solar control of the E and F1 layers at high latitudes. *J. Geophys. Res.*, **57**, 369.
- THEISSEN, E. [1953] Quelques résultats relatifs à la fréquence critique et au facteur de transmission de la couche ionosphérique F1. *C.R. Acad. Sciences (Paris)*, **A237**, 1104.

BIBLIOGRAPHIE

- PETRIE, L.E. [1968] *Developments of HF Predictions for the Arctic Ionospheric Radio Communication*, 263, Plenum Press.

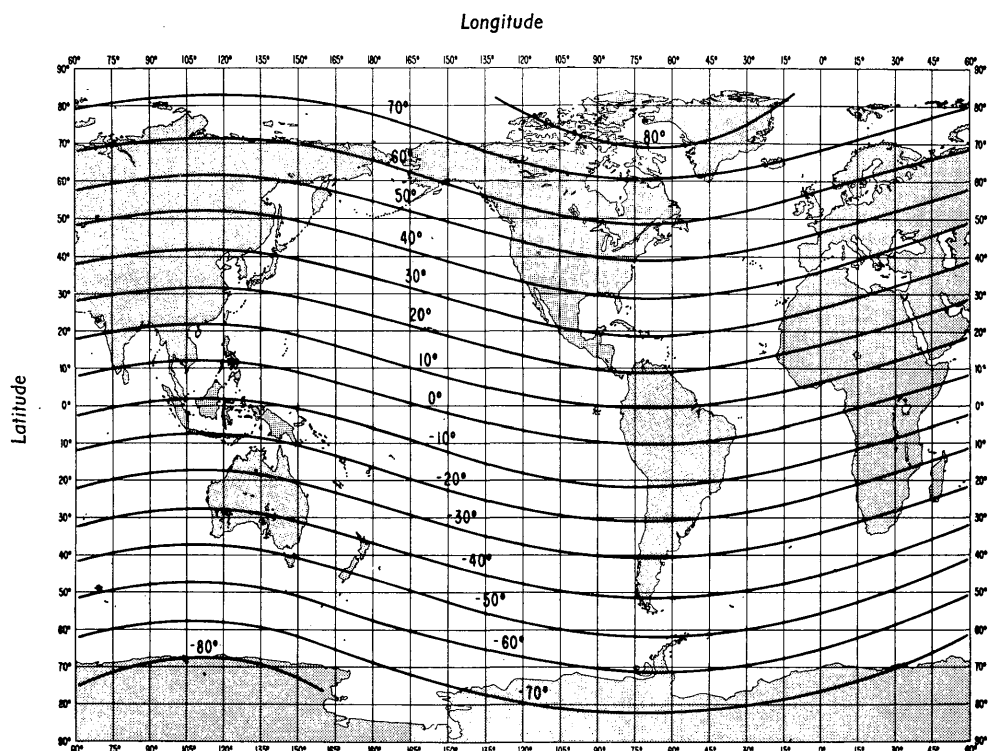


Figure 1

CARTE DU MONDE

LES COURBES REPRÉSENTENT LA LATITUDE GÉOMAGNÉTIQUE

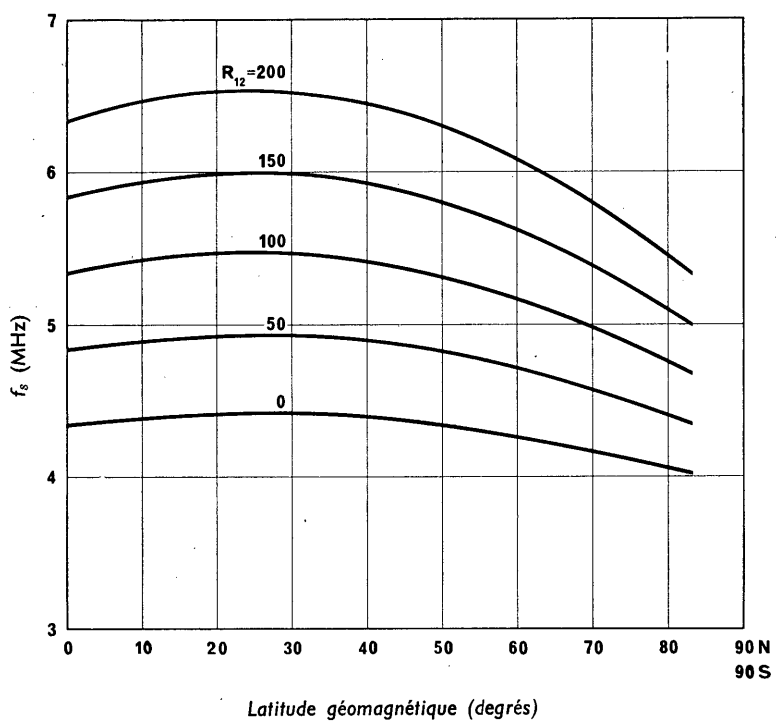


Figure 2

VARIATION DE f_s EN FONCTION DE LA LATITUDE GÉOMAGNÉTIQUE ET R_{12}

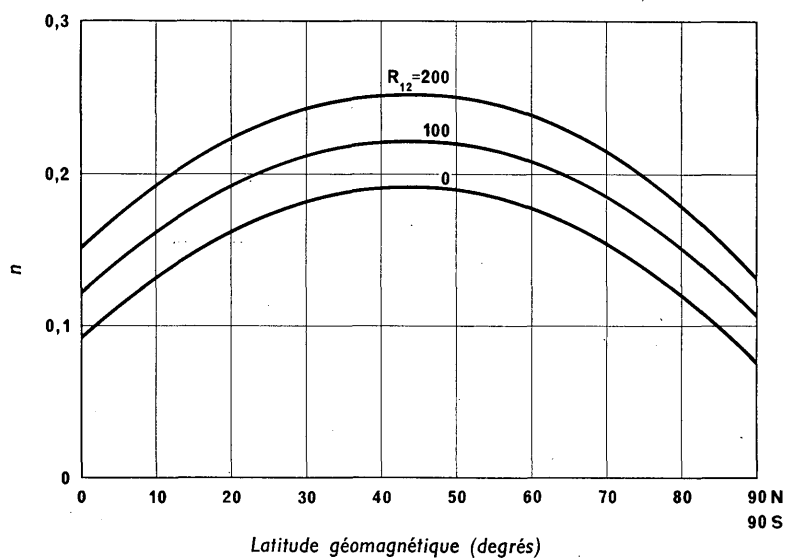


Figure 3

VARIATION DE n EN FONCTION DE LA LATITUDE GÉOMAGNÉTIQUE ET R_{12}

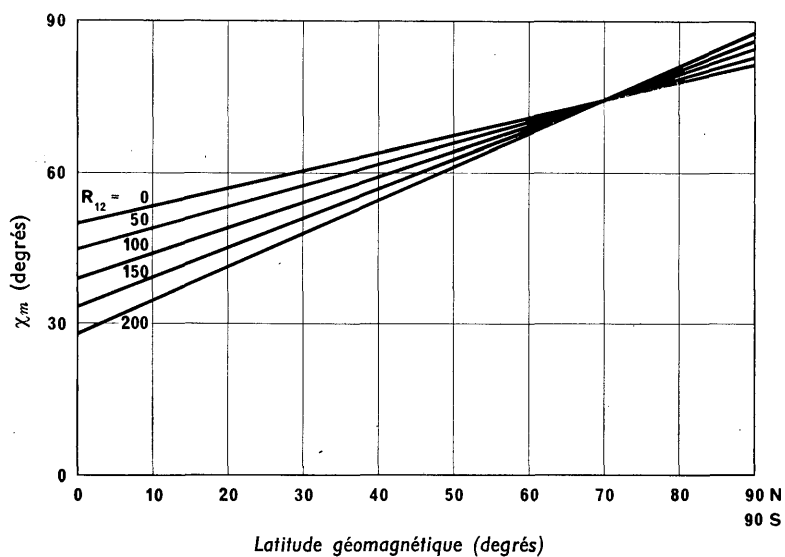


Figure 4

VARIATION DE χ_m EN FONCTION DE LA LATITUDE GÉOMAGNÉTIQUE ET R_{12}

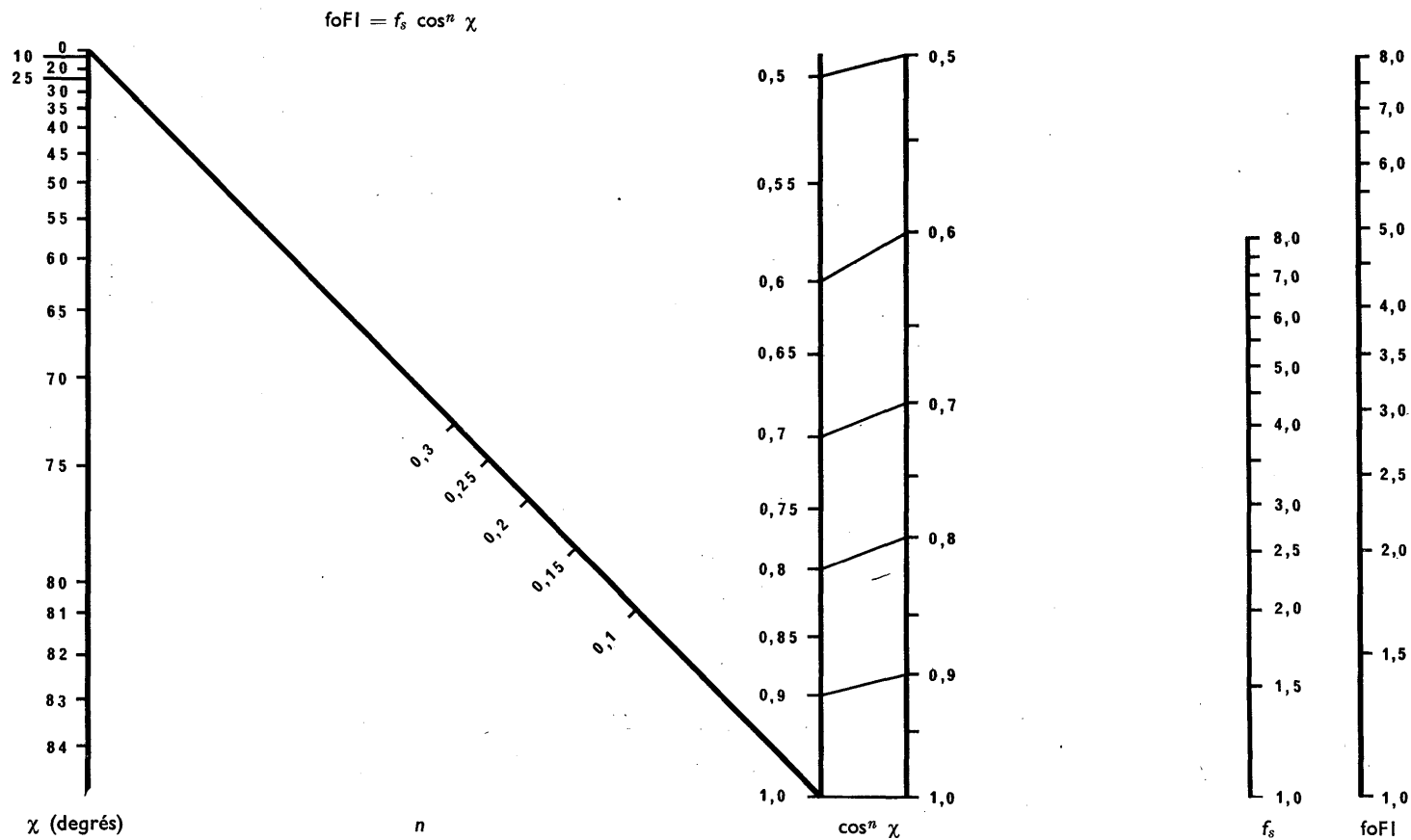


Figure 5

NOMOGRAMME POUR LA DÉTERMINATION DE $foFI$

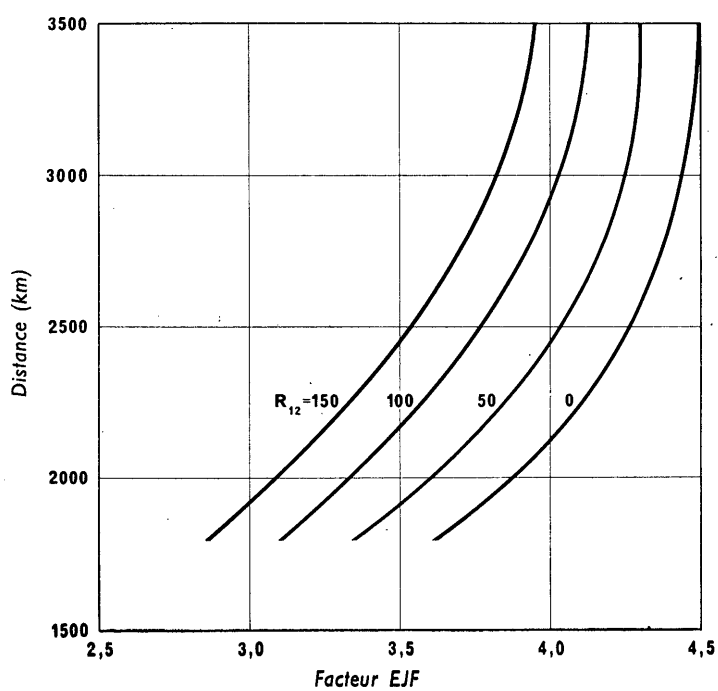


Figure 6
COURBES DU FACTEUR DE DISTANCE RELATIF A LA COUCHE FI

PARTIE 4

JEU DE COEFFICIENTS NUMÉRIQUES POUR foEs ET fbEs

On a remis au C.C.I.R., aux fins de reproduction et de vente, un jeu de cartes perforées de coefficients numériques définissant les variations diurnes, géographiques et saisonnières des valeurs médianes et des déciles inférieur et supérieur de foEs pour une année d'activité solaire minimale et une année d'activité solaire maximale, ainsi qu'un jeu de cartes perforées de coefficients numériques définissant les variations des valeurs médianes et des déciles inférieur et supérieur de fbEs (fréquence d'occultation de la couche E sporadique) pour une année d'activité solaire minimale. Le programme d'ordinateur pour l'emploi de ces coefficients numériques est le même que pour les coefficients numériques pour foF2 et M(3000)F2.

PARTIE 5

RELATIONS ENTRE DIVERS INDICES SOLAIRES ET IONOSPHERIQUES

Les prévisions de caractéristiques ionosphériques du Rapport 340 reposent actuellement sur l'indice solaire R_{12} . Cependant, d'autres indices sont également recommandés pour la prévision des médianes mensuelles pour des dates allant jusqu'à 6 mois à l'avance (voir l'Avis 371-1 et le Rapport 246-2). Les valeurs courantes et les prévisions de ces indices sont publiées régulièrement dans le Journal des télécommunications. L'usage des Fig. 1 à 3 et du Tableau I facilitera l'utilisation de l'Atlas par ceux qui préfèrent employer un indice autre que R_{12} .

BIBLIOGRAPHIE

- JOACHIM, M. [1966] Study of correlation of the three basic indices of ionospheric propagation : R_{12} , I_{F2} and Φ . *Nature*, **210**, 289-290.
- JOACHIM, M. [1966] Un effet d'hystérésis ionosphérique. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **263**, 92-94.
- JOACHIM, M. [1967] L'indice ionosphérique Φ_{F2} . *Journal des télécommunications*, Vol. 34, **9**, 354-356
- JOACHIM, M. et KROUPINE, Y. [1969] Corrélation entre les indices R_{12} et Φ_{F2} relatifs à la propagation ionosphérique. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **269**, 664-665.
- MUGGLETON, L.M. et KOURIS, S.S. [1968] Relation between sunspot number and the ionospheric index I_{F2} . *Radio Science*, **3**, 1109-1110.

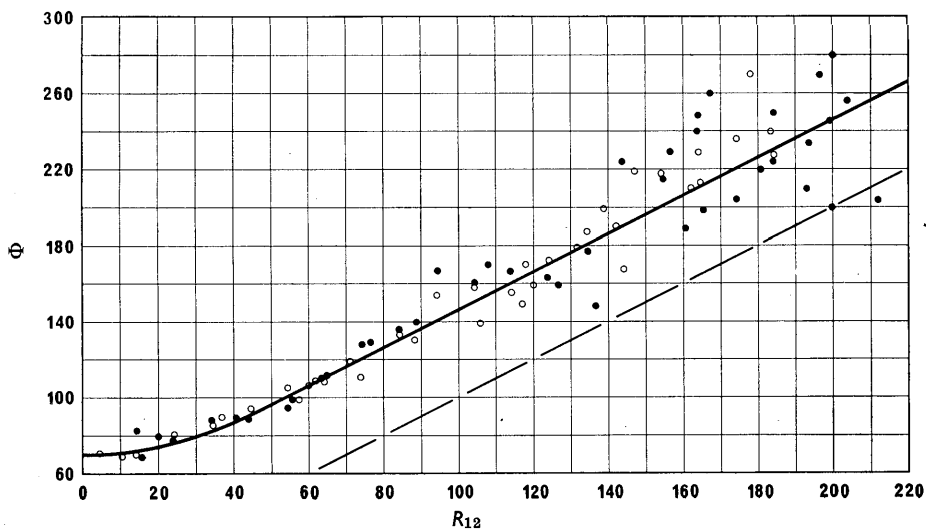


Figure 1
RELATION ENTRE R_{12} ET Φ

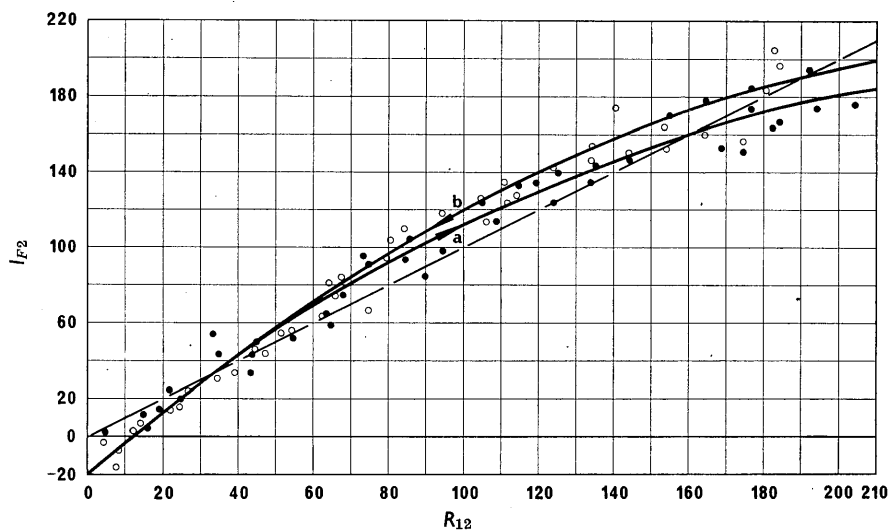


Figure 2
RELATION ENTRE R_{12} ET I_{F2}

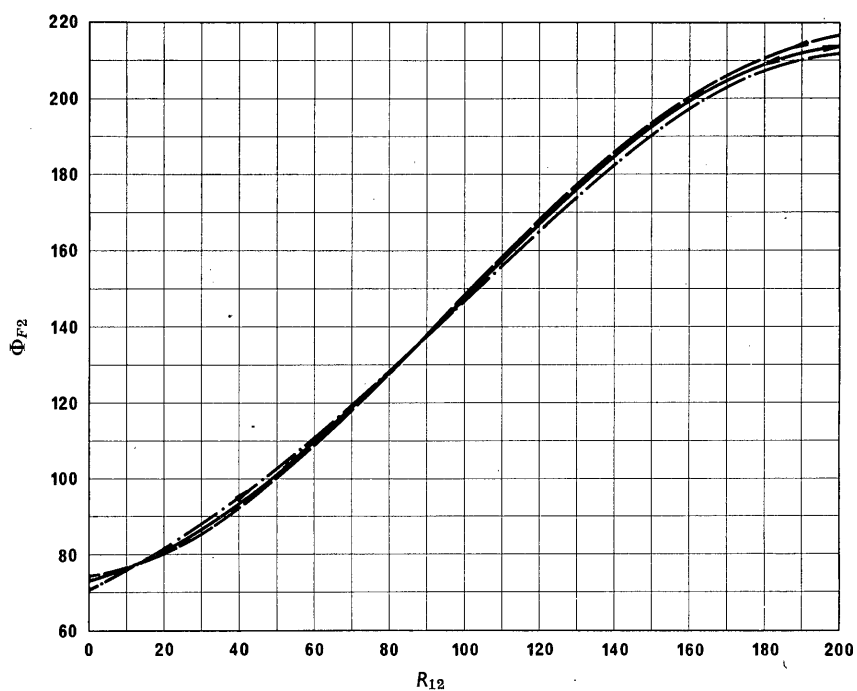


Figure 3
RELATION ENTRE R_{12} ET Φ_{F2}

TABLEAU I

*Relation entre T ,
l'indice ionosphérique utilisé par l'Administration australienne, et R_{12}*

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

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

PART 1

(Addendum)

Page 20, *insert* the following after equation (3) :

“ $U_{2j,k}$ and $U_{2j-1,k}$ in equations (2a), (2b) and (3) can be written as $U_{s,k}$, where s is either $2j$ or $2j-1$. In Tables 1 to 48, the numerical map coefficients are tabulated according to the values of s and k .”

Page 404, after the title of the nomogram, *add* :

“It is assumed that the value of FOT (optimum working frequency) is equal to that of the equivalent E_{JF}.”

PART 2

REVISED SET OF NUMERICAL COEFFICIENTS FOR foF2

A revised set of punched cards of numerical coefficients defining the diurnal, geographical, seasonal and solar cycle variations of the critical frequency of the F2-layer (foF2) has been deposited with the C.C.I.R. for purposes of reproduction and sale. The sixty numerical maps representing the foF2 monthly medians from January 1954 to December 1958 inclusive have been analyzed, taking into account both the annual and solar cycle variations of the ionosphere. A second degree polynomial has been used to represent the solar cycle variation and a Fourier series to represent the annual variation of the coefficients. The new coefficients replace the foF2 coefficients (Oslo, 1966) and will not, therefore, reproduce exactly the charts in the C.C.I.R. Atlas of Ionospheric Characteristics. Since the solar cycle and seasonal variations of foF2 are included in the new coefficients, it is possible to predict a map of monthly median foF2 for any day, week or month of the year.

PART 3

PREDICTION OF THE F1-LAYER E_{JF}

Introduction

A method for predicting the monthly median F1-layer E_{JF} is presented in which the F1-layer is considered separately and not as an extension of an E-layer prediction system. The derived expressions for predicting the F1-layer critical frequency were based on data recorded from 1954 to 1966 at 39 ionospheric stations located in both hemispheres [Du Charme, Petrie and Eyfrig, 1971]. The staff at ionospheric stations in many countries use standardised methods for reducing ionospheric observations [Piggott and Rawer, 1961]. The F1-layer E_{JF} for an oblique circuit is determined from a knowledge of the penetration frequency at the midpoint of the path and an F1-layer E_{JF} factor for the appropriate great circle distance [Petrie and Stevens, 1965].

Determination of the F1-layer critical frequency

Several research workers [Scott, 1952; Allen, 1948; Ratcliffe and Weekes, 1960] have reported that the F1-layer critical frequency, foF1, varies with solar zenith angle and its behaviour can usually be represented quite accurately by the equation :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

where $\chi \leq$ maximum solar zenith angle, χ_m , for which the F1-layer is observed at a given location,

and the parameters f_s and n [Scott, 1952; Harnischmacher, 1950] are dependent on solar activity and location.

However, on some occasions, the diurnal variation of foF1 at locations near the equator is not dependent on the solar zenith angle during periods of high solar activity [Lange-Hesse, 1959].

The variation of the parameters f_s and n with solar activity has been reported by several workers [Theissen, 1953; Davies, 1965]. An approximately linear relationship was found between the F1-layer parameters and various ionospheric and solar indices [Du Charme, Petrie and Eyfrig, 1971]. The ionospheric index I_{F2} [Minnis, 1955] provided a slightly better representation of these parameters than the 12-month smoothed mean value of the Zurich sunspot number, R_{12} . However, the R_{12} index is to be used for the prediction of foF1 because C.C.I.R. recommends this index for all ionospheric predictions for dates more than 12 months in advance.

Kervin [1967] reported differences in behaviour of foF1 for North American and European regions, but these differences are reduced considerably if the data are represented as a function of geomagnetic latitude. The geomagnetic latitude coordinate resulted in a better representation of the F1-layer variations than the geographic, magnetic dip, modified magnetic dip, or magnetic invariant latitude coordinates [Du Charme, Petrie and Eyfrig, 1971].

The foF1 can be determined for any value of R_{12} from the following expressions :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

$$\text{where } f_s = f_{s0} + 0.01 (f_{s100} - f_{s0}) R_{12}$$

$$f_{s0} = 4.35 + 0.0058 \lambda - 0.000120 \lambda^2$$

$$f_{s100} = 5.35 + 0.0110 \lambda - 0.000230 \lambda^2$$

$$n = 0.093 + 0.00461 \lambda - 0.0000540 \lambda^2 + 0.00031 R_{12}$$

and where λ represents geomagnetic latitude in degrees.

The maximum solar zenith angle at which the F1 layer is present is given by the following expressions :

$$\chi_m = \chi_0 + 0.01 (\chi_{100} - \chi_0) R_{12} \text{ (degrees)}$$

$$\text{where } \chi_0 = 50.0 + 0.348 \lambda$$

$$\chi_{100} = 38.7 + 0.509 \lambda$$

A world map and a great circle chart (see Report 340, pp. 394 and 395 respectively) and a map of geomagnetic latitude (Fig. 1) are provided to facilitate determination of path locations, great circle distance and reflection points. From a knowledge of the geomagnetic latitude at the reflection point, the parameters f_s , n and χ_m can be determined for any value of R_{12} using information in Figs. 2, 3 and 4. Using the nomogram in Fig. 5, the value of foF1 can be determined from a knowledge of f_s , n and χ . Charts of the zenith angle of the Sun for each month are presented (see Report 340, pp. 397-402). The calculation of foF1 is valid only for the condition $\chi \leq \chi_m$.

Determination of F1-layer E_{JF}

Ionospheric propagation via the F1 layer is important for transmission distances in the 2000-3400 km range especially at mid and high latitude during the summer months. For these transmission distances, F1-layer E_{JF} factors have been derived [Petrie and Stevens, 1965] for calculating the E_{JF}. The factors were derived from ray tracing calculations on electron density versus height profiles obtained from representative noon ionograms recorded at mid and high latitudes. It is assumed that these factors are applicable for all solar zenith angles. The E_{JF} factor can be determined from the following numerical expressions for R_{12} between 0 to 150 :

$$\text{EJF factor} = J_0 - 0.01 (J_0 - J_{100}) R_{12}$$

$$\text{where } J_0 = 0.16 + 2.64 \times 10^{-3} D - 0.40 \times 10^{-6} D^2$$

$$J_{100} = -0.52 + 2.69 \times 10^{-3} D - 0.39 \times 10^{-6} D^2$$

and where D represents the great circle distance in kilometres in the range 2000 to 3400 km.

For manual computations the E_{JF} factor can be selected from Fig. 6. The F1-layer E_{JF} is computed by multiplying the foF1 by the E_{JF} factor.

REFERENCES

- ALLEN, C.W. [1948] Critical frequencies, sunspots and sun's ultra violet radiation. *Terr. Magn. Atmos. Elect.*, **53**, 433-448.
- DAVIES, K. [1965] *Ionospheric Radio Propagation*. National Bureau of Standards Monograph 80, United States Department of Commerce, Washington.
- Du CHARME, E.D., PETRIE, L.E. and EYFRIG, R. [1971] A method for predicting the F1 layer critical frequency. *Radio Science*, **6** (New Series) 369-377.
- HARNISCHMACHER, E. [1950] L'influence solaire sur la couche E normale de l'ionosphère. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, **230**, 1301.
- KERVIN, C. [1967] Non-Chapman-like behaviour of the F1 layer. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **27**, 1299.
- LANGE-HESE, G. [1959] Average diurnal variation of the critical frequencies of the F1 layer and their dependence on the geographic latitude and season. *Z. für Geophysik*, **25**, 199.
- MINNIS, C.M. [1955] A new index of solar activity based on ionospheric measurements. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **7**, 301.
- PETRIE, L.E. and STEVENS, E.E. [1965] An F1 layer MUF prediction system for northern latitudes. *IEEE Trans. Ant. and Prop.*, **AP13**, 542.
- PIGGOTT, W.R. and RAWER, K. [1961] *U.R.S.I. — Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- RATCLIFFE, J.A. and WEEKES, K. [1960] *Physics of the Upper Atmosphere*. Edited by J.A. Ratcliffe, Chapter 9, Academic Press, New York.
- SCOTT, J.C.W. [1952] The solar control of the E and F1 layers at high latitudes. *J. Geophys. Res.*, **57**, 369.
- THEISSEN, E. [1953] Quelques résultats relatifs à la fréquence critique et au facteur de transmission de la couche ionosphérique F1. *C.R. Acad. Sciences (Paris)*, **A237**, 1104.

BIBLIOGRAPHY

- PETRIE, L.E. [1968] *Developments of HF predictions for the Arctic Ionospheric Radio Communication*, 263, Plenum Press.

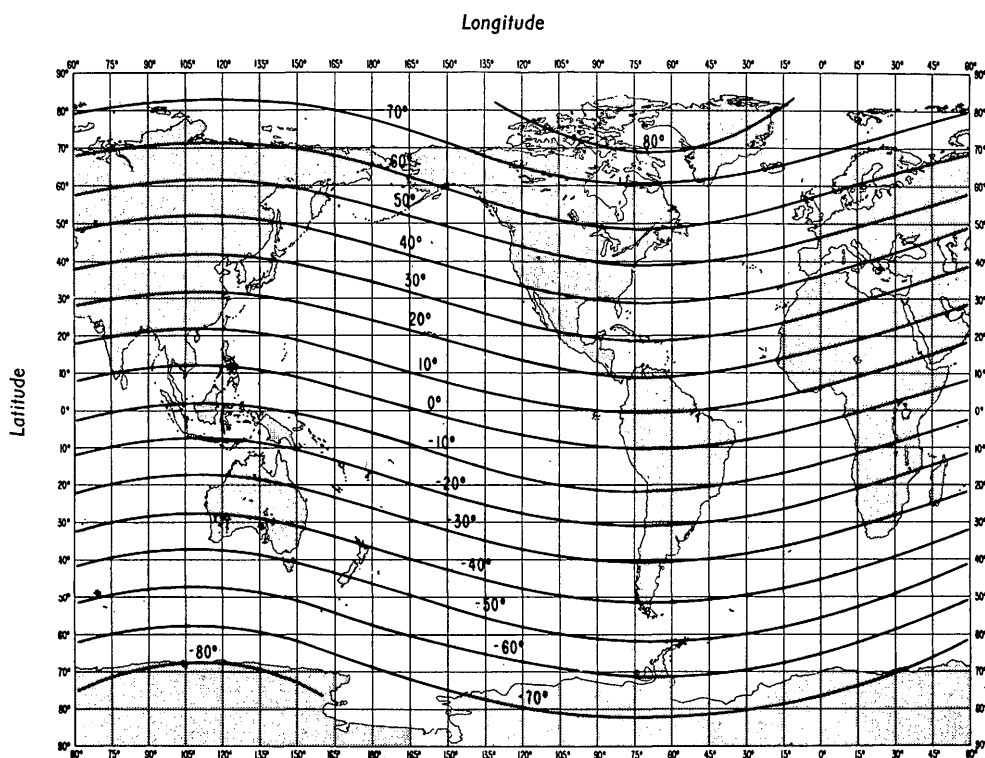


Figure 1
WORLD MAP
THE CURVES REPRESENT GEOMAGNETIC LATITUDES

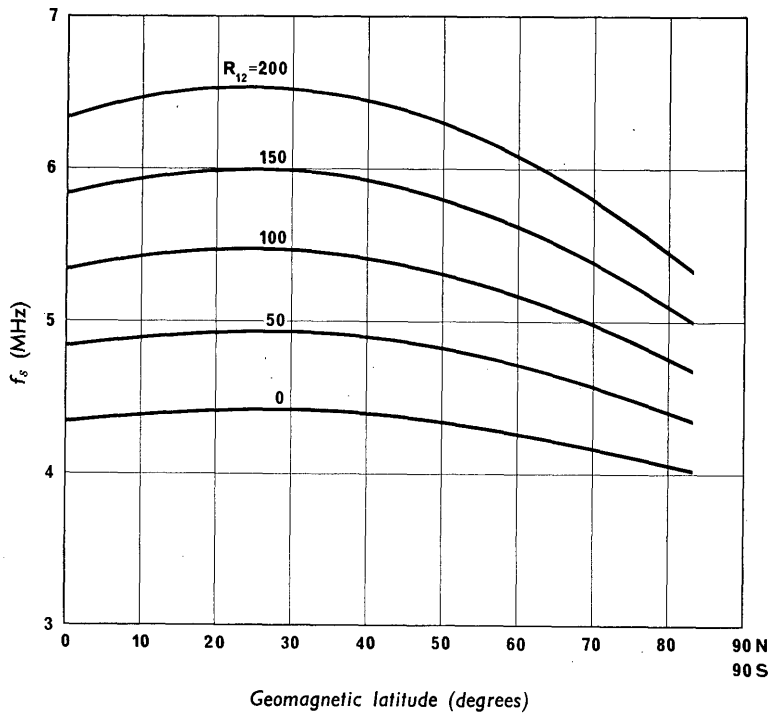


Figure 2
VARIATION OF f_s WITH GEOMAGNETIC LATITUDE AND R_{12}

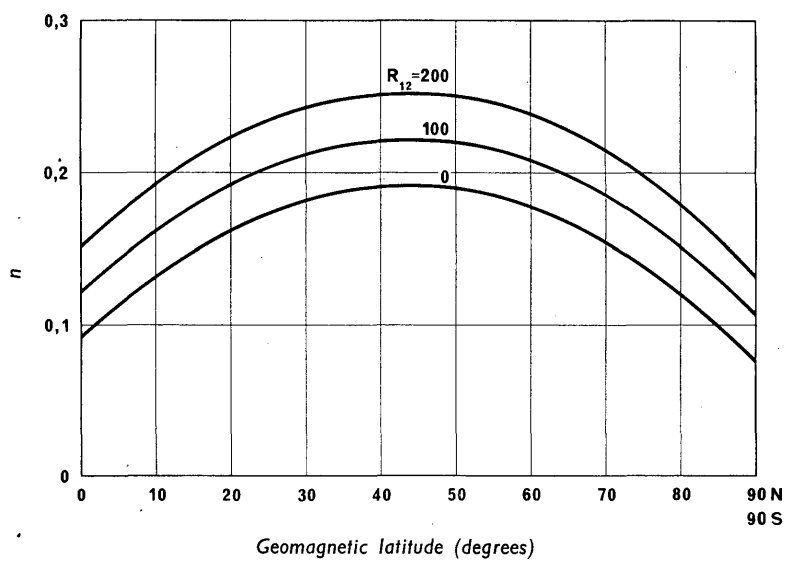


Figure 3
VARIATION OF n WITH GEOMAGNETIC LATITUDE AND R_{12}

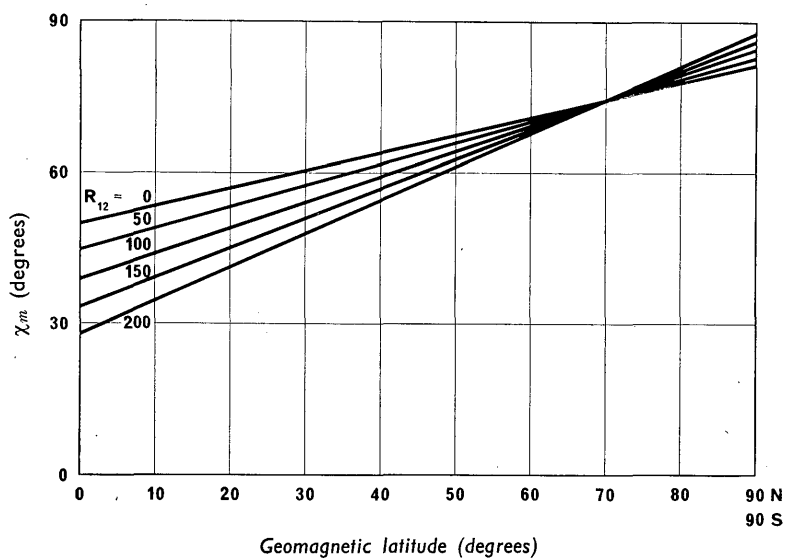


Figure 4
VARIATION OF χ_m WITH GEOMAGNETIC LATITUDE AND R_{12}

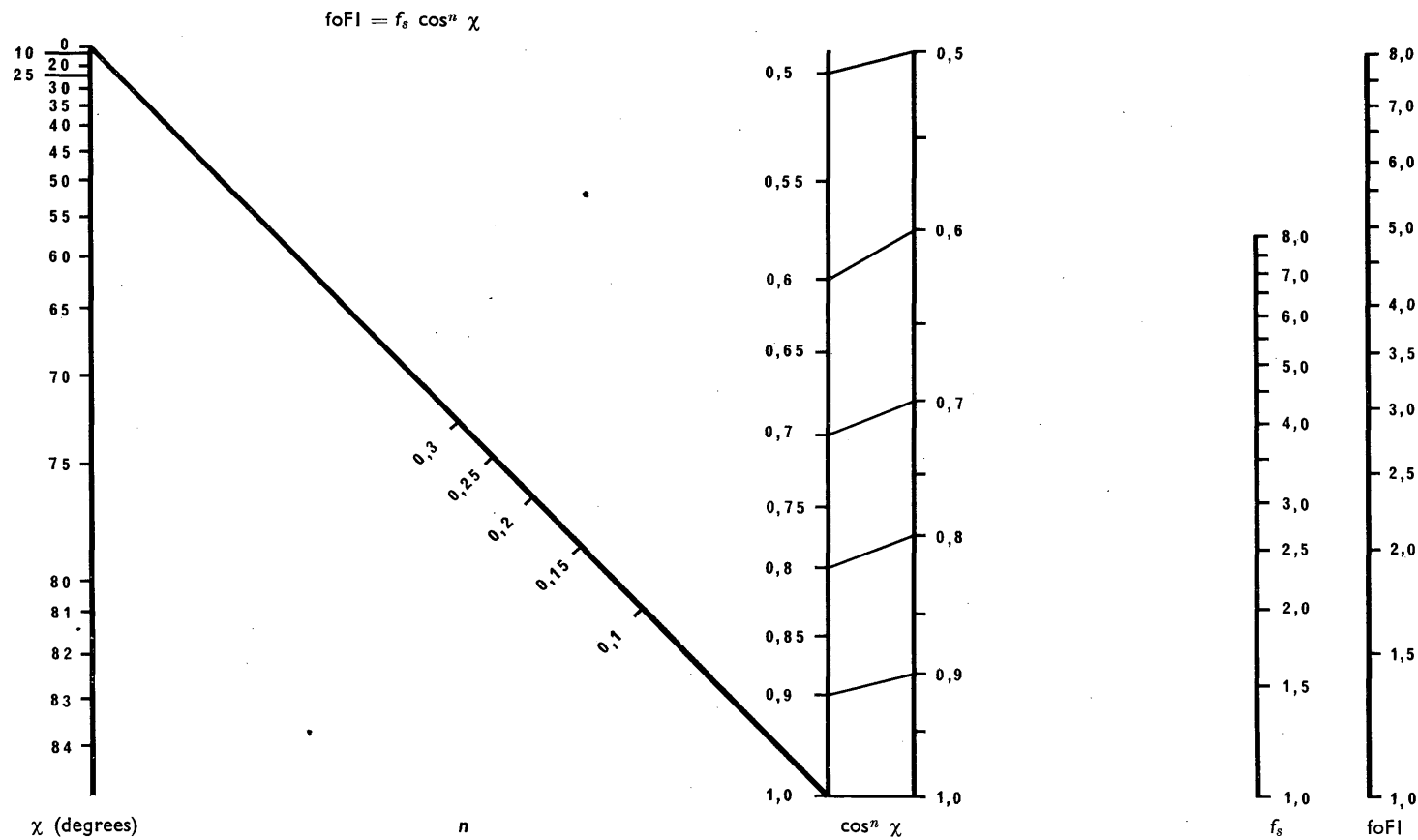


Figure 5
NOMOGRAM FOR DETERMINING $foFI$

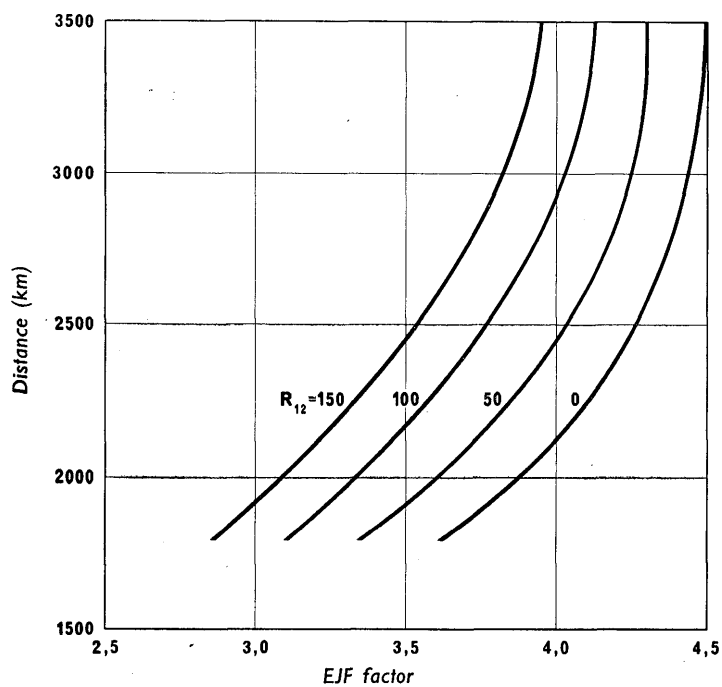


Figure 6
DISTANCE FACTOR CURVES FOR THE FI LAYER

PART 4

SET OF NUMERICAL COEFFICIENTS FOR foEs AND fbEs

A set of punched cards of numerical coefficients defining the diurnal, geographical and seasonal variations of the medians and upper and lower deciles of the foEs for a year of minimum and one of maximum solar activity, and a set of punched cards of numerical coefficients defining the variations of the medians and upper and lower deciles of the fbEs (blanketing sporadic E) for a year of minimum solar activity have been deposited with C.C.I.R. for purposes of reproduction and sale. The computer programme for the use of these numerical coefficients is the same as that for the foF2 and M(3000) F2 numerical coefficients.

PART 5

RELATIONSHIP BETWEEN VARIOUS SOLAR AND IONOSPHERIC INDICES

The predictions of ionospheric characteristics in Report 340 are at present based on the R_{12} solar index. However, other indices are also recommended for use in predicting monthly median values for dates up to six months ahead (Recommendation 371-1 and Report 246-2). The current values and predictions of these indices are published regularly in the I.T.U. Telecommunication Journal. To facilitate use of the Atlas when other indices than R_{12} are preferred, Figs. 1-3 and Table I can be used.

BIBLIOGRAPHY

- JOACHIM, M. [1966] Study of correlation of the three basic indices of ionospheric propagation : R_{12} , I_{F2} and Φ . *Nature*, **210**, 289-290.
- JOACHIM, M. [1966] Un effet d'hystérésis ionosphérique. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **263**, 92-94.
- JOACHIM, M. [1967] The ionospheric index Φ_{F2} . *Telecommunication Journal*, Vol. 34, **9**, 354-356.
- JOACHIM, M. and KRUPIN, Y. [1969] Corrélation entre les indices R_{12} et Φ_{F2} relatifs à la propagation ionosphérique. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **269**, 664-665.
- MUGGLETON, L.M. and KOURIS, S.S. [1968] Relation between sunspot number and the ionospheric index I_{F2} . *Radio Science*, **3**, 1109-1110.

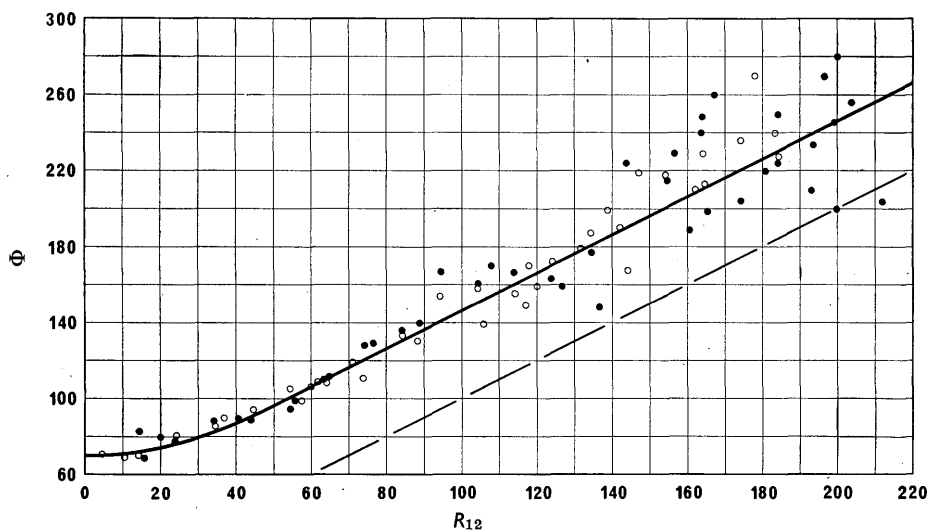


Figure 1
RELATIONSHIP BETWEEN R_{12} AND Φ

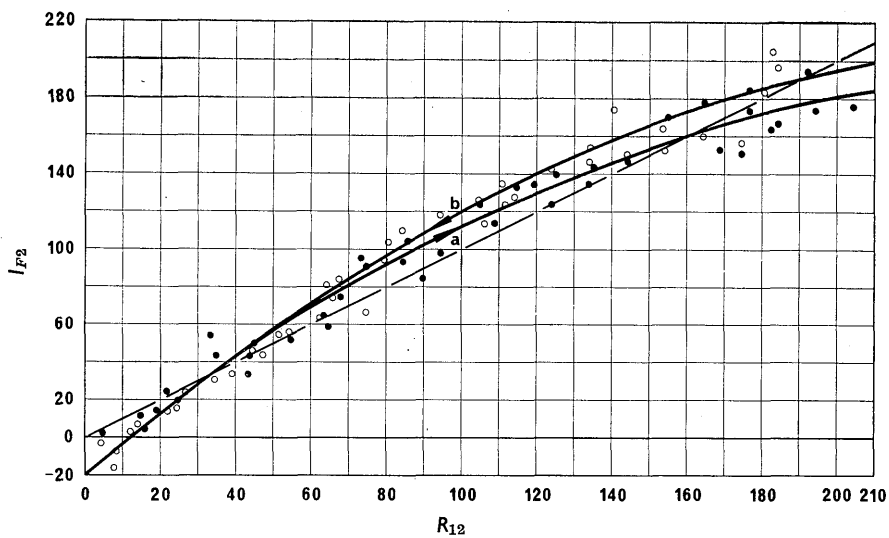


Figure 2
RELATIONSHIP BETWEEN R_{12} AND I_{F2}

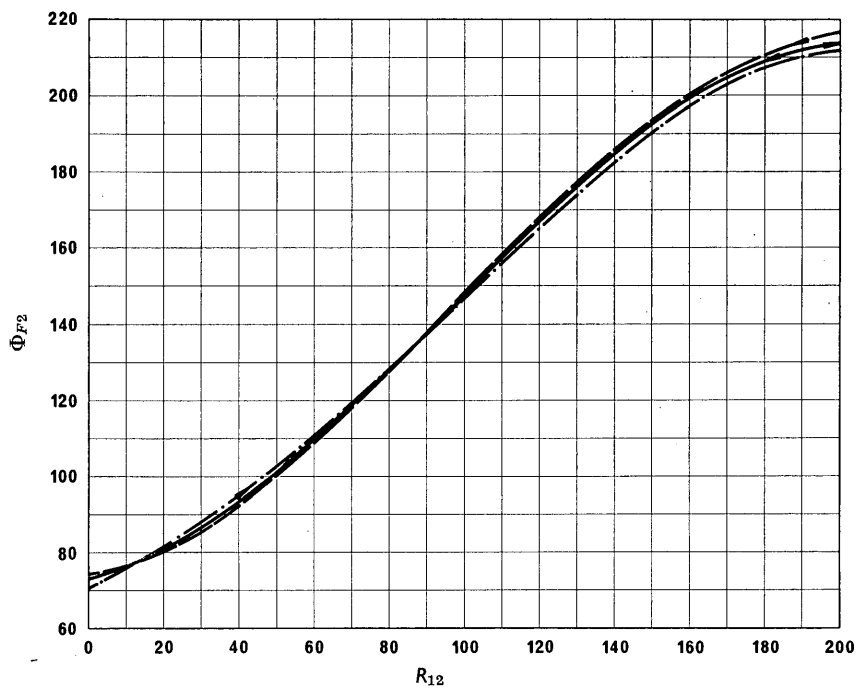


Figure 3
RELATIONSHIP BETWEEN R_{12} AND Φ_{F2}

TABLE I

*Relation between T ,
the ionospheric index used by the Australian Administration, and R_{12}*

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

Month	Intercept (<i>c</i>)	Slope (<i>d</i>)
January	−1·58	0·96
February	0·81	0·94
March	−0·65	0·97
April	−0·54	0·99
May	−0·06	1·00
June	0·34	1·01
July	−0·18	1·00
August	1·19	0·97
September	2·70	0·93
October	1·87	0·93
November	2·45	0·92
December	−0·04	0·96

PARTE 1

(Adéndum)

Página 27, ecuación (3). *Insértese* el párrafo siguiente :

« En las ecuaciones (2a), (2b) y (3), $U_{2j,k}$ y $U_{2j-1,k}$ pueden expresarse como $U_{s,k}$, donde s corresponde a $2j$ o a $2j-1$. En los Cuadros 1 a 48, los coeficientes de los mapas numéricos se indican en función de los valores de s y k ».

Página 404. Después del título del nomograma, *agreguese* :

« Se considera que el valor de FOT (frecuencia óptima de trabajo) es igual al de la EJF equivalente ».

PARTE 2

JUEGO REVISADO DE COEFICIENTES NUMÉRICOS DE foF2

Se ha entregado al C.C.I.R., para su reproducción y venta, un juego revisado de tarjetas perforadas de los coeficientes numéricos que definen las variaciones diurnas, geográficas, estacionales y relacionadas con el ciclo de actividad solar, de la frecuencia crítica de la capa F2 (foF2). Se han analizado los sesenta mapas numéricos que representan las medianas mensuales de foF2 desde enero de 1954 a diciembre de 1958, teniendo en cuenta las variaciones anuales y las relacionadas con el ciclo de actividad solar de la ionosfera. Se ha utilizado un polinomio de segundo grado para representar la variación del ciclo solar y una serie de Fourier para representar la variación anual de los coeficientes. Los nuevos coeficientes sustituyen a los de foF2 (Oslo, 1966), por lo cual no reproducirán con exactitud los diagramas del Atlas C.C.I.R. de las características ionosféricas. Dado que las variaciones en relación con el ciclo de actividad solar y las estacionales de foF2 se tienen en cuenta en los nuevos coeficientes, se puede establecer un mapa de predicción de la foF2 mediana mensual correspondiente a cada día, semana o mes del año.

PARTE 3

PREDICCIÓN DE LA EJF DE LA CAPA F1

Introducción

Se presenta un método de predicción mediana mensual de la EJF de la capa F1 en el que se considera esta última por separado y no como extensión del sistema de predicción de la capa E. Las expresiones deducidas para predecir la frecuencia crítica de la capa F1 se basan en datos recogidos de 1954 a 1966 en 39 estaciones ionosféricas de ambos hemisferios [Du Charme, Petrie y Eyfrig, 1971]. El personal de las estaciones ionosféricas de numerosos países utiliza métodos normalizados para el análisis de las observaciones ionosféricas [Piggott y Rawer, 1961]. La EJF de la capa F1 para un circuito oblicuo se determina conociendo la frecuencia de penetración en el punto medio del trayecto y un factor de la EJF de la capa F1 correspondiente a la distancia de círculo máximo apropiada [Petrie y Stevens, 1965].

Determinación de la frecuencia crítica de la capa F1

Varios investigadores [Scott, 1952; Allen, 1948; Ratcliffe y Weekes, 1960] señalan que la frecuencia crítica de la capa F1, foF1, varía en función del ángulo cenital del Sol y su comportamiento puede representarse con suficiente precisión mediante la ecuación :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

donde $\chi \leq$ ángulo cenital máximo del Sol χ_m , desde el cual se observa la capa F1 en una ubicación determinada,

y donde los parámetros f_s y n [Scott, 1952; Harnischmacher, 1950], dependen de la actividad solar y de la ubicación.

No obstante, hay ocasiones en que la variación diurna de foF1 en ubicaciones próximas al ecuador es independiente del ángulo cenital del Sol en periodos de intensa actividad solar [Lange-Hesse, 1959].

Distintos investigadores [Theissen, 1953; Davies, 1965] han establecido la variación de los parámetros f_s y n con la actividad solar. Han determinado la existencia de una relación aproximadamente lineal entre los parámetros de la capa F1 y varios índices ionosféricos y solares [Du Charme, Petrie y Eyfrig, 1971]. El índice ionosférico I_{F2} [Minnis, 1955] da una representación de esos parámetros algo mejor que la de la media móvil de Zurich (R_{12}) para 12 meses del número de manchas solares. No obstante el índice R_{12} debe utilizarse para la predicción de foF1, puesto que el C.C.I.R. lo recomienda para todas las predicciones ionosféricas con más de 12 meses de antelación.

Kervin [1967] ha establecido diferencias de comportamiento de la foF1 en regiones de Norteamérica y de Europa, pero tales diferencias se reducen considerablemente si se representan los datos en función de la latitud geomagnética. Esta última coordenada permite obtener una mejor representación de las variaciones de la capa F1 que cuando se establecen en función de otras coordenadas como inclinación geográfica magnética, la inclinación magnética modificada o la latitud magnética constante [Du Charme, Petrie y Eyfrig, 1971].

La foF1 puede determinarse para cualquier valor de R_{12} utilizando las siguientes expresiones :

$$\text{foF1} = f_s \cos^n \chi$$

$$\text{donde } f_s = f_{s0} + 0,01 (f_{s100} - f_{s0}) R_{12}$$

$$f_{s0} = 4,35 + 0,0058 \lambda - 0,000120 \lambda^2$$

$$f_{s100} = 5,35 + 0,0110 \lambda - 0,000230 \lambda^2$$

$$n = 0,093 + 0,00461 \lambda - 0,0000540 \lambda^2 + 0,00031 R_{12}$$

siendo λ la latitud geomagnética en grados.

El ángulo cenital máximo del Sol en que está presente la capa F1 viene dado por las siguientes expresiones :

$$\chi_m = \chi_0 + 0,01 (\chi_{100} - \chi_0) R_{12} \text{ (grados)}$$

$$\text{donde } \chi_0 = 50,0 + 0,348 \lambda$$

$$\chi_{100} = 38,7 + 0,509 \lambda$$

Se presenta un mapa del mundo y un trazado de círculos máximos (Informe 340, págs. 394 y 395 respectivamente), así como un mapa de la latitud geomagnética (Fig. 1), para facilitar la determinación de las ubicaciones de los trayectos, de la distancia de círculo máximo y de los puntos de reflexión. Conociendo la latitud geomagnética en el punto de reflexión pueden determinarse los parámetros f_s , n y χ_m para cualquier valor de R_{12} utilizando los datos de las Figs. 2, 3 y 4. Empleando el nomograma de la Fig. 5, puede determinarse el valor de foF1 si se conocen f_s , n y χ . Existen gráficos de ángulo cenital del Sol según los meses (Véase el Informe 340, págs. 397-402). El cálculo de foF1 es valedero sólo para el caso de que $\chi \leq \chi_m$.

Determinación de la E_{JF} de la capa F₁

La propagación ionosférica por la capa F₁ es importante para distancias de transmisión entre 2000 y 3400 km, especialmente en latitudes medias y elevadas, durante los meses de verano. Para las mencionadas distancias de transmisión se han establecido los factores de la E_{JF} de la capa F₁ [Petrie y Stevens, 1965] para el cálculo de dicha E_{JF}. Estos factores se han deducido de cálculos de trazado de rayos en perfiles de densidad electrónica en función de altura, obtenidos en base a ionogramas representativos de medio día en latitudes medias y altas. Se supone que estos factores se aplican a todos los ángulos cenitales del Sol. El factor E_{JF} puede determinarse a base de las siguientes expresiones numéricas para R_{12} comprendido entre 0 y 150 :

$$EJF \text{ factor} = J_0 - 0,01 (J_0 - J_{100}) R_{12}$$

$$\text{donde } J_0 = 0,16 + 2,64 \times 10^{-3} D - 0,40 \times 10^{-6} D^2$$

$$J_{100} = -0,52 + 2,69 \times 10^{-3} D - 0,39 \times 10^{-6} D^2$$

siendo D la distancia de círculo máximo en kilómetros (entre 2000 y 3400 km).

Para cálculos manuales el factor E_{JF} puede elegirse en la Fig. 6. La E_{JF} de la capa F₁ se calcula multiplicando la foF₁ por el factor E_{JF}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, C.W. [1948] Critical frequencies, sunspots and sun's ultra violet radiation. *Terr. Magn. Atmos. Elect.*, **53**, 433-448.
- DAVIES, K. [1965] *Ionospheric Radio Propagation*. National Bureau of Standards Monograph 80, United States Department of Commerce, Washington.
- Du CHARME, E.D., PETRIE, L.E. y EYFRIG, R. [1971] A method for predicting the F₁ layer critical frequency. *Radio Science*, **6** (New Series) 369-377.
- HARNISCHMACHER, E. [1950] L'influence solaire sur la couche E normale de l'ionosphère. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, **230**, 1301.
- KERVIN, C. [1967] Non-Chapman-like behaviour of the F₁ layer. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **27**, 1299.
- LANGE-HESSE, G. [1959] Average diurnal variation of the critical frequencies of the F₁ layer and their dependence on the geographic latitude and season. *Z. für Geophysik*, **25**, 199.
- MINNIS, C.M. [1955] A new index of solar activity based on ionospheric measurements. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **7**, 301.
- PETRIE, L.E. y STEVENS, E.E. [1965] An F₁ layer MUF prediction system for northern latitudes. *IEEE Trans. Ant. and Prop.*, **AP13**, 542.
- PIGGOTT, W.R. y RAWER, K. [1961] *U.R.S.I. — Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.
- RATCLIFFE, J.A. y WEEKES, K. [1960] *Physics of the Upper Atmosphere*. Edited by J.A. Ratcliffe, Chapter 9, Academic Press, New York.
- SCOTT, J.C.W. [1952] The solar control of the E and F₁ layers at high latitudes. *J. Geophys. Res.*, **57**, 369.
- THEISSEN, E. [1953] Quelques résultats relatifs à la fréquence critique et au facteur de transmission de la couche ionosphérique F₁. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, **A237**, 1104.

BIBLIOGRAFÍA

- PETRIE, L.E. [1968] *Developments of HF Predictions for the Arctic Ionospheric Radio Communication*, 263, Plenum Press.

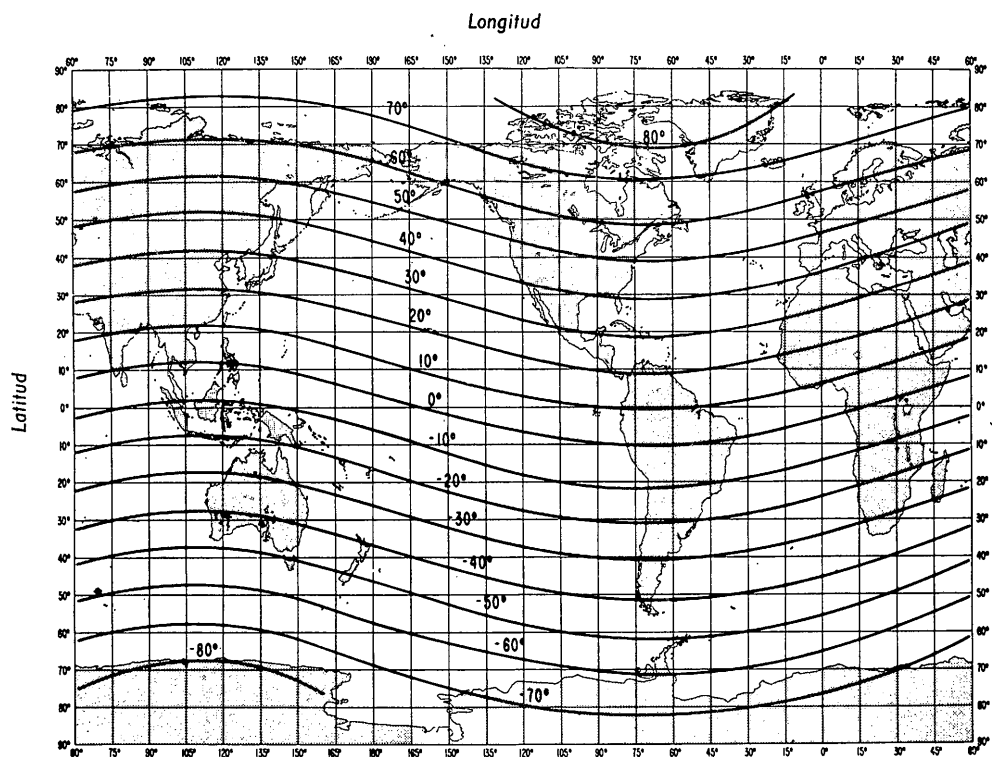


Figura 1

MAPA DEL MUNDO

LAS CURVAS REPRESENTAN LA LATITUD GEOMAGNÉTICA

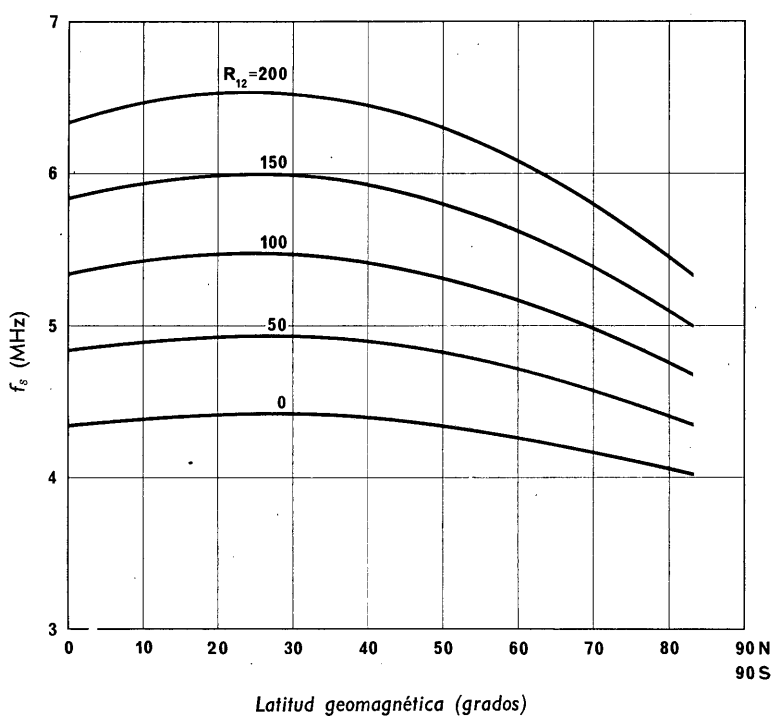


Figura 2

VARIACIÓN DE f_s EN FUNCIÓN DE LA LATITUD GEOMAGNÉTICA Y R_{12}

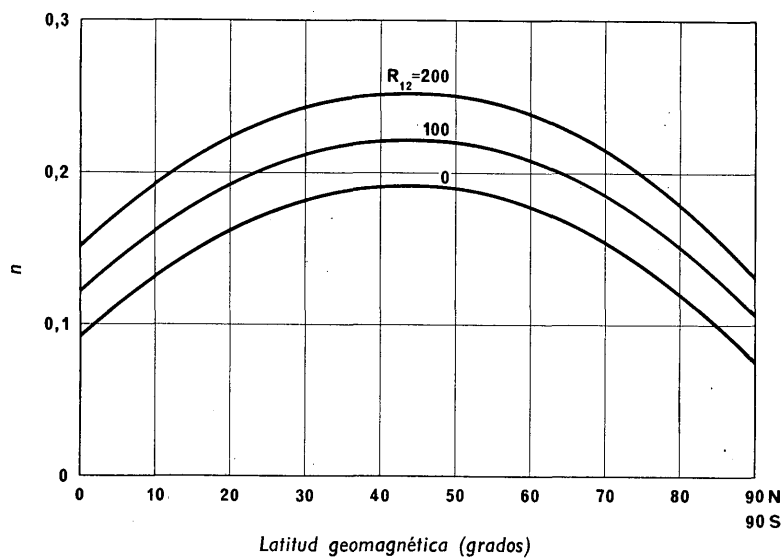


Figura 3

VARIACIÓN DE n EN FUNCIÓN DE LA LATITUD GEOMAGNÉTICA Y R_{12}

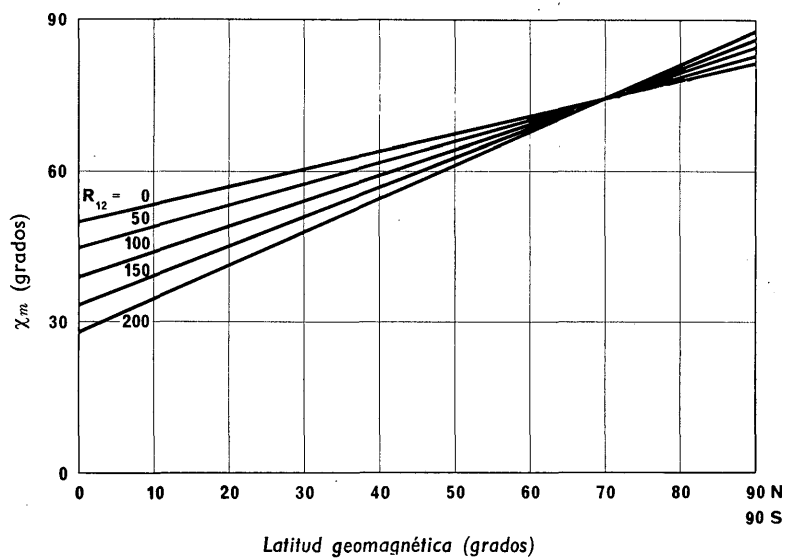


Figura 4

VARIACIÓN DE χ_m EN FUNCIÓN DE LA LATITUD GEOMAGNÉTICA Y R_{12}

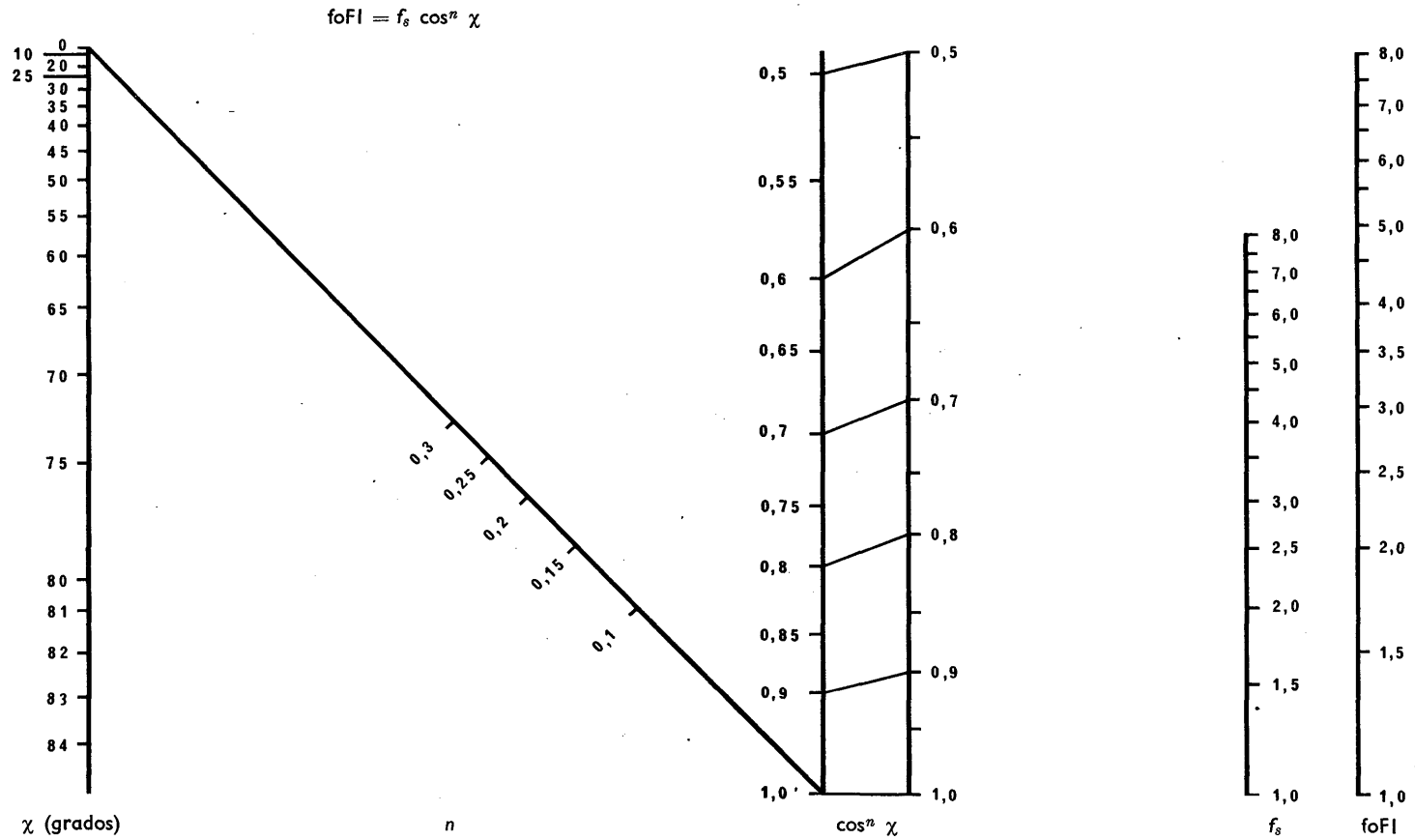


Figura 5
NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACIÓN DE $foFI$

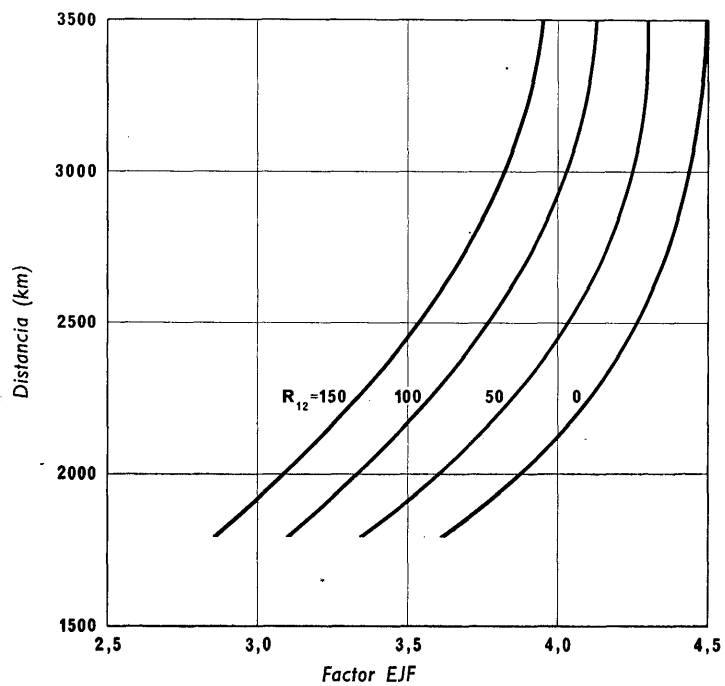


Figura 6

CURVAS DEL FACTOR DE DISTANCIA RELATIVO A LA CAPA FI

PARTE 4

JUEGO DE COEFICIENTES NUMÉRICOS PARA foEs Y fbEs

Se ha remitido al C.C.I.R., para su reproducción y venta, un juego de tarjetas perforadas de coeficientes numéricos que definen las variaciones diurnas, geográficas y estacionales de los valores medianos y los decilos inferior y superior de foEs para un año de mínima actividad solar y un año de máxima actividad solar, así como un juego de tarjetas perforadas de coeficientes numéricos que dan las variaciones de los valores medianos y los decilos inferior y superior de fbEs (frecuencia de apantallamiento de la capa E esporádica) para un año de mínima actividad solar. El programa de calculadora para el empleo de estos coeficientes, es el mismo que el que se utiliza para los coeficientes de foF2 y M(3000)F2.

PARTE 5

RELACIONES ENTRE DIVERSOS ÍNDICES SOLARES E IONOSFÉRICOS

Las predicciones de las características ionosféricas contenidas en el Informe 340 se basan actualmente en el índice solar R_{12} . Sin embargo, son también recomendables otros índices para la predicción de las medianas mensuales de los datos con seis meses de antelación (véase la Recomendación 371-1 y el Informe 246-2). Los valores corrientes y las previsiones de estos índices se publican regularmente en el Boletín de Telecomunicaciones. El uso de las Figs. 1-3 y del Cuadro I facilitará la utilización del Atlas cuando se prefiera emplear un índice distinto del R_{12} .

BIBLIOGRAFÍA

- JOACHIM, M. [1966] Study of correlation of the three basic indices of ionospheric propagation : R_{12} , I_{F2} and Φ . *Nature*, **210**, 289-290.
- JOACHIM, M. [1966] Un effet d'hystérésis ionosphérique. *C.R. Acad. Sci (Paris)*, B, **263**, 92-94.
- JOACHIM, M. [1967] Índice ionosférico Φ_{F2} . *Boletín de telecomunicaciones*, Vol. 34, **9**, 354-356.
- JOACHIM, M. y KRUPIN, Y. [1969] Corrélation entre les indices R_{12} et Φ_{F2} relatifs à la propagation ionosphérique. *C.R. Acad. Sci. (Paris)*, B, **269**, 664-665.
- MUGGLETON, L.M. y KOURIS, S.S. [1968] Relation between sunspot number and the ionospheric index I_{F2} . *Radio Science*, **3**, 1109-1110.

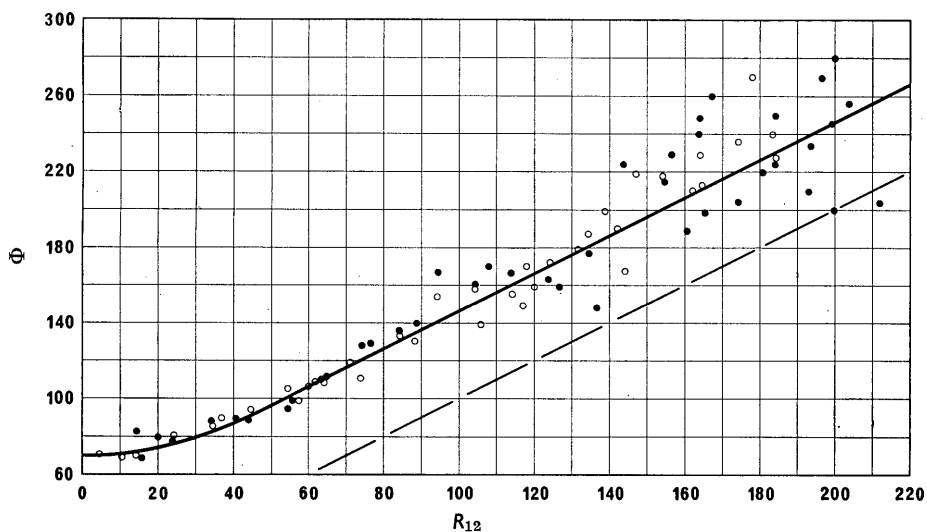


Figura 1
RELACIÓN ENTRE R_{12} Y Φ

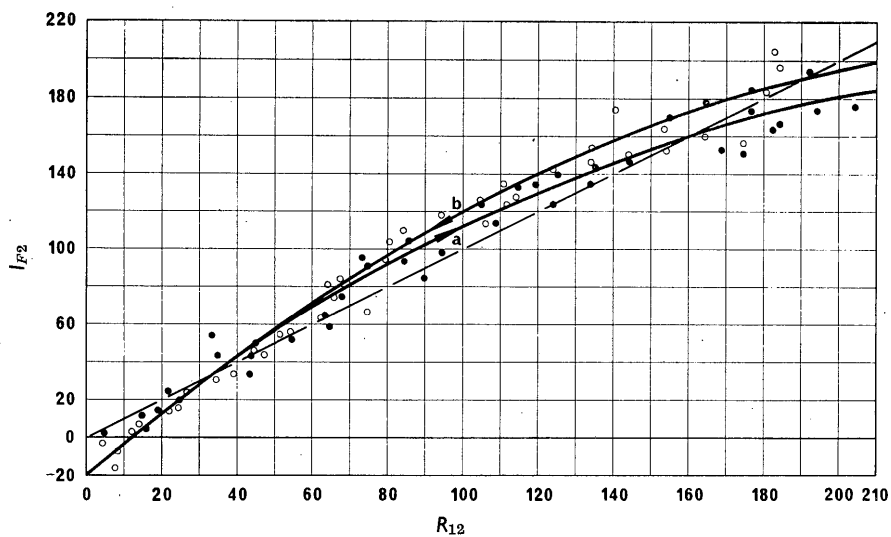


Figura 2
RELACIÓN ENTRE R_{12} E I_{F2}

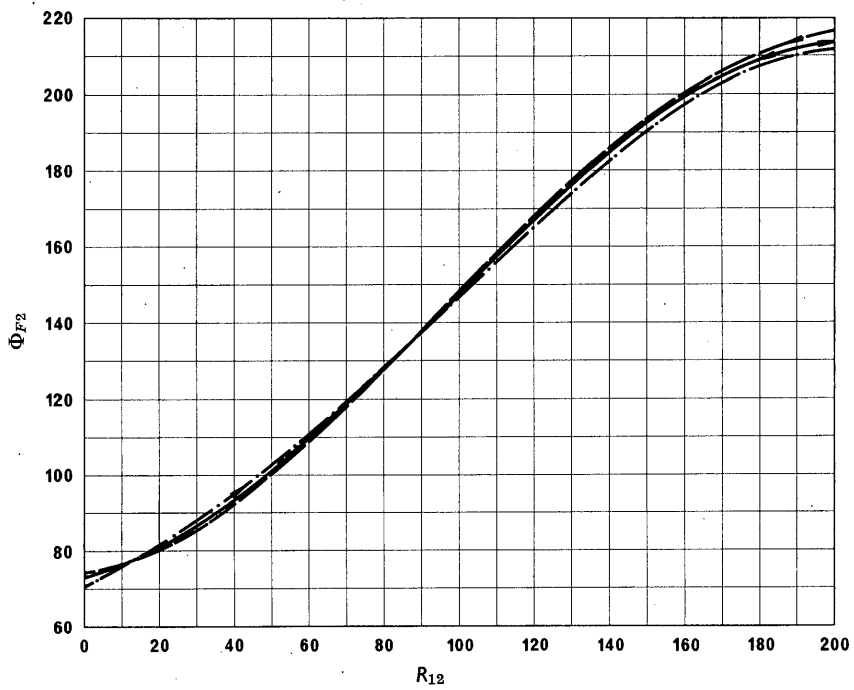


Figura 3
RELACIÓN ENTRE R_{12} Y Φ_{F2}

CUADRO I

*Relación entre T,
índice ionosférico utilizado por la Administración australiana, y R_{12}*

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

Mes	Ordenada en el origen (c)	Pendiente (d)
Enero	-1,58	0,96
Febrero	0,81	0,94
Marzo	-0,65	0,97
Abril	-0,54	0,99
Mayo	-0,06	1,00
Junio	0,34	1,01
Julio	-0,18	1,00
Agosto	1,19	0,97
Septiembre	2,70	0,93
Octubre	1,87	0,93
Noviembre	2,45	0,92
Diciembre	-0,04	0,96

