

## RECOMMANDATION 435-7\*

**MÉTHODE DE PRÉVISION DU CHAMP DE L'ONDE IONOSPHERIQUE POUR LE SERVICE DE RADIODIFFUSION DANS LA GAMME DES FRÉQUENCES COMPRISES ENTRE 150 ET 1 600 kHz\*\***

(Question 31/6)

(1966-1970-1974-1978-1982-1986-1990-1992)

Le CCIR,

*considérant*

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

*recommande*

que la méthode suivante soit adoptée, tout en notant les réserves faites sur sa précision quand elle est appliquée dans certaines régions précisées dans l'Annexe 1.

**1. Introduction**

Cette méthode prévoit les valeurs du champ de l'onde ionosphérique produite de nuit par une ou plusieurs antennes verticales rayonnant une puissance donnée, les mesures étant faites au niveau du sol, au moyen d'un cadre dont le plan vertical coïncide avec le plan du grand cercle qui contient la direction de l'émetteur. Cette méthode s'applique pour des trajets d'une longueur comprise entre 50 et 12 000 km, dans les bandes des ondes kilométriques et des ondes hectométriques

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

**2. Valeur médiane annuelle du champ de nuit**

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

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

dans laquelle:

- $E$ : valeur médiane annuelle des médianes semi-horaires du champ (dB(μV/m)) pour une force cymomotrice d'émission donnée  $V$ , et à une heure donnée  $t$  comptée à partir du coucher ou du lever du Soleil suivant le cas
- $E_0$ : valeur médiane annuelle des médianes semi-horaires du champ (dB(μV/m)) pour une force cymomotrice d'émission de 300 V, à l'heure de référence indiquée au § 2.1
- $V$ : force cymomotrice de l'émetteur, en dB par rapport à une force cymomotrice de référence de 300 V, (voir § 2.2)

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

\*\* Un programme informatique associé à la procédure de prévision décrite dans cette Recommandation est disponible au Secrétariat du CCIR; pour plus de détails, se reporter à la Résolution 63.

$G_S$ : correction du gain dû à la proximité de la mer (dB) (voir § 2.3)

$L_p$ : surcroît d'affaiblissement par couplage de polarisation (dB) (voir § 2.4)

$A = 106,6 - 2 \sin \Phi$ ,  $\Phi$  étant donné par la formule (12)

$p$ : longueur du chemin parcouru par l'onde (km) (voir § 2.5)

$k_R$ : coefficient d'affaiblissement tenant compte de l'absorption ionosphérique, de la focalisation et des affaiblissements aux extrémités et entre bonds dans le cas des trajets à plusieurs bonds (voir § 2.6)

$L_t$ : coefficient d'affaiblissement horaire (dB) (voir § 2.7).

Pour faciliter les calculs, la Fig. 4 donne la quantité  $A - 20 \log p$  pour  $\Phi = 40^\circ$ , en fonction de la distance  $d$  à la surface du sol, tandis que les Fig. 5 à 10 donnent  $E_0$  en fonction de la distance  $d$  à la surface du sol pour diverses valeurs de fréquences et pour diverses valeurs de latitude géomagnétique dans le cas où  $G_S$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro;  $R$  étant la moyenne glissante sur 12 mois du nombre relatif international de taches solaires.

### 2.1 *Heure de référence*

On prend pour heure de référence six heures après le coucher du Soleil en un point  $S$  de la surface de la Terre. Pour les trajets inférieurs à 2 000 km,  $S$  est le point milieu du trajet. Pour les trajets plus longs,  $S$  est situé à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en dernier, cette distance étant comptée le long du grand cercle.

### 2.2 *Force cymomotrice*

La force cymomotrice  $V$  (dB(300V)) est donnée par la formule:

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

dans laquelle:

$P$ : puissance rayonnée (dB(1 kW))

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

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

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

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

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

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

Dans ces formules:

$G_0$ : gain dû à la proximité de la mer (dB), dans le cas où l'extrémité est située sur la côte et où la mer n'est pas occultée par un autre segment terrestre

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

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

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

$G_0$  est donné, sur la Fig. 2, en fonction de  $d$  pour les bandes des ondes kilométriques et hectométriques. Dans la bande des ondes hectométriques,  $G_0 = 10$  dB lorsque  $d$  est supérieure à 6 500 km. Dans la bande des ondes kilométriques,  $G_0 = 4,1$  dB lorsque  $d$  est supérieure à 5 000 km.

Le facteur de correction  $c_1$  est donné par:

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

formule dans laquelle:

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

$$r_1 = 10^3 G_0^2 / Q_1 f \quad (\text{km})$$

$f$ : fréquence (kHz)

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

Le facteur de correction  $c_2$  est donné par:

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

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

où:

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

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

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

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

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

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

#### 2.4 Affaiblissement par couplage de polarisation

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

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

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

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

### 2.5 Longueur du trajet parcouru par l'onde, $p$

Pour des trajets de longueur supérieure à 1 000 km,  $p$  (km) est sensiblement égal à la distance au sol  $d$  (km) entre l'émetteur et le récepteur. Pour les trajets plus courts:

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

La formule (9) peut être utilisée avec une erreur négligeable pour n'importe quelle longueur de trajet. Afin d'éviter toute discontinuité du champ en fonction de la distance, cette formule devra être utilisée dans tous les cas où les distances sont toutes deux inférieures à 1 000 km ou supérieures à 1 000 km.

### 2.6 Coefficient d'affaiblissement

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

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

où  $R$  est la moyenne glissante sur douze mois du nombre relatif international de taches solaires. Dans la bande des ondes kilométriques, le coefficient d'activité solaire  $b = 0$ . Dans la bande des ondes hectométriques,  $b = 4$  pour les trajets situés en Amérique du Nord,  $b = 1$  pour les trajets situés en Europe et en Australie et  $b = 0$  partout ailleurs. Pour les trajets dont les extrémités sont dans des régions différentes, on utilisera la valeur moyenne de  $b$ .

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

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

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

Pour les trajets d'une longueur inférieure à 3 000 km, on prend:

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

où  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont respectivement les latitudes géomagnétiques du point d'émission et du point de réception, déterminées en assimilant le champ magnétique terrestre à celui d'un dipôle placé au centre de la Terre et dont le pôle Nord a pour coordonnées géographiques  $78,5^\circ$  N et  $69^\circ$  O. L'équation pour  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  est donnée à la Fig. 16 et  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$  sont positifs dans l'hémisphère Nord et négatifs dans l'hémisphère Sud. Les trajets d'une longueur dépassant 3 000 km sont divisés en deux parties égales que l'on considère séparément. On prend pour valeur de  $\Phi$  de chaque demi-trajet la moyenne de la latitude géomagnétique d'une extrémité et de celle du point milieu du trajet total, cette dernière étant supposée égale à la moyenne de  $\Phi_T$  et  $\Phi_R$ , de sorte que:

$$\Phi = (3\Phi_T + \Phi_R) / 4 \text{ pour la première moitié du trajet et} \quad (13)$$

$$\Phi = (\Phi_T + 3\Phi_R) / 4 \text{ pour la seconde moitié} \quad (14)$$

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

### 2.7 Coefficient d'affaiblissement horaire

Le coefficient d'affaiblissement horaire  $L_t$  (dB) est donné à la Fig. 3.  $t$  représente le nombre d'heures après le coucher ou avant le lever du Soleil selon le cas. Ces heures sont prises au niveau du sol, au point milieu du trajet lorsque  $d$  est inférieur à 2 000 km et, pour les trajets plus longs, à 750 km de l'extrémité où le Soleil se couche en

dernier ou se lève en premier. Les fortes valeurs du coefficient d'affaiblissement horaire au voisinage de la mi-journée ne sont pas définies (Fig. 3). Pour des heures de cette période, on utilisera une valeur limite de 30 dB. Le coefficient d'affaiblissement horaire ne doit pas être calculé pour les trajets aux latitudes élevées pour lesquels le lever ou le coucher du Soleil ne se produit pas, ni pour les saisons pendant lesquelles il en est de même.

Les équations qui équivalent généralement à ces courbes à 0,5 dB près sont données au § 1 de l'Appendice 1. La Fig. 3 représente la variation diurne moyenne annuelle.

La Fig. 17 donne l'heure du coucher et du lever du Soleil en fonction de l'époque de l'année et de la latitude géographique. Les équations équivalant à ces courbes pour le coucher et le lever du Soleil sont données au § 2 de l'Appendice 1.

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

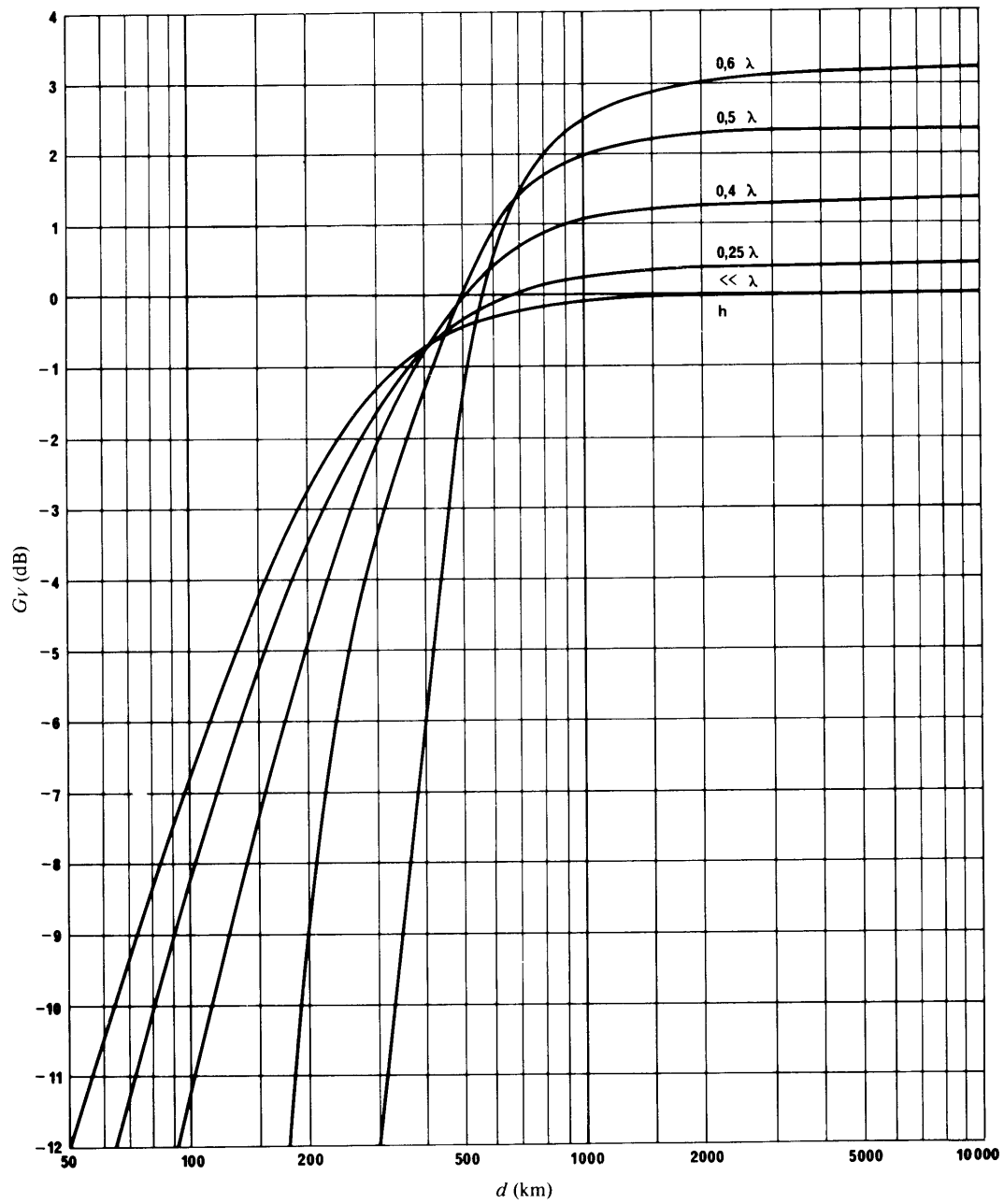
Le champ dépassé pendant 10% du temps total d'une petite série de nuits au cours d'une saison déterminée pendant de courtes périodes centrées sur une heure donnée est supérieur de:

- 6,5 dB dans la bande des ondes kilométriques,
- et de 8 dB dans bande des ondes hectométriques,

à la valeur de  $E_0$  mentionnée au § 2.

FIGURE 1

Gain de l'antenne d'émission ( $G_V$ ) pour des antennes verticales simples  
au-dessus d'un sol parfait

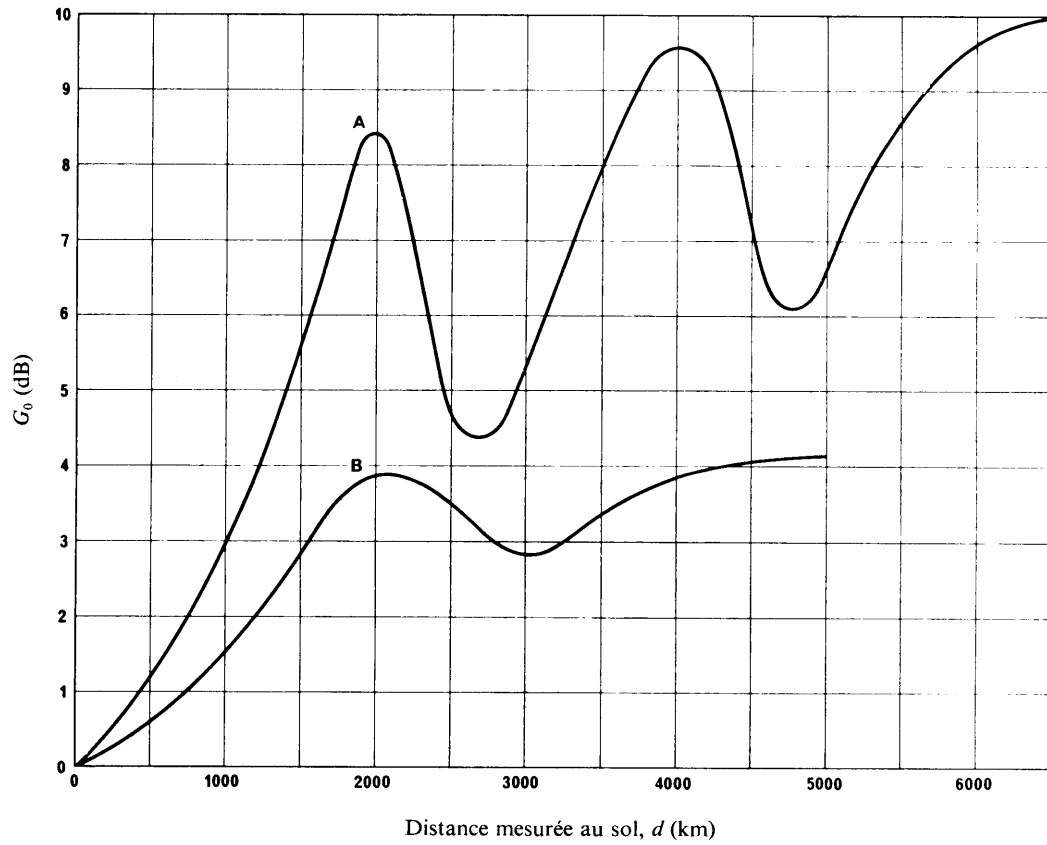


$h$ : hauteur de l'antenne

D01-sc

FIGURE 2

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

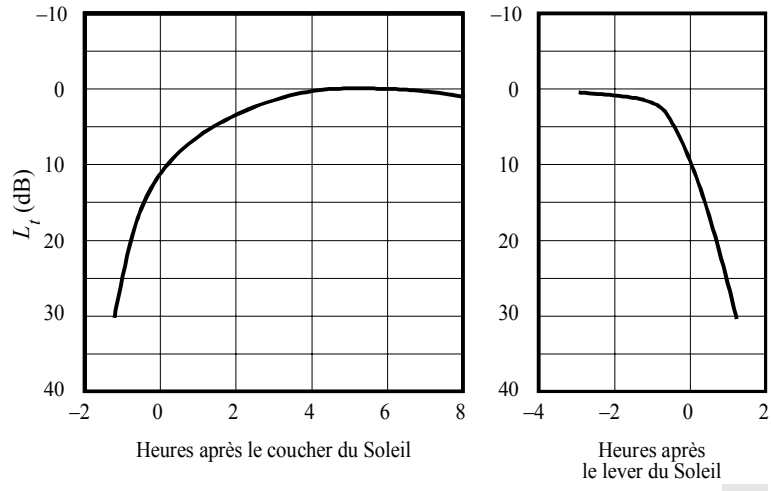


Courbes A: bande des ondes hectométriques  
B: bande des ondes kilométriques

D02-sc

FIGURE 3

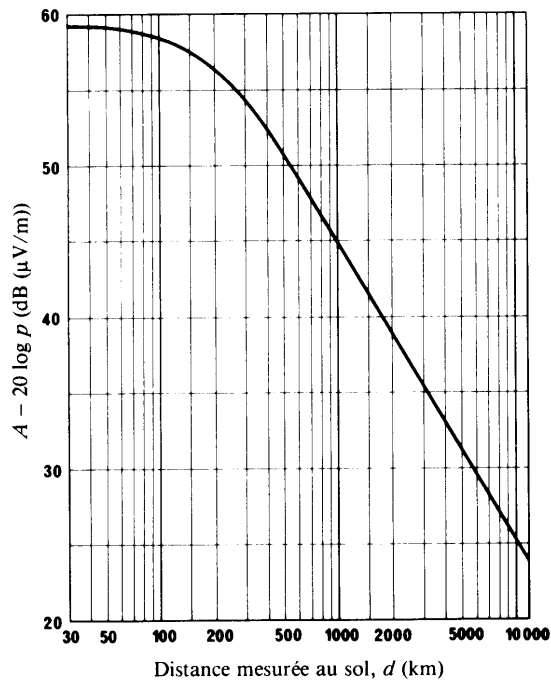
Coefficient d'affaiblissement horaire ( $L_t$ )



D03

FIGURE 4

Champ de référence



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

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

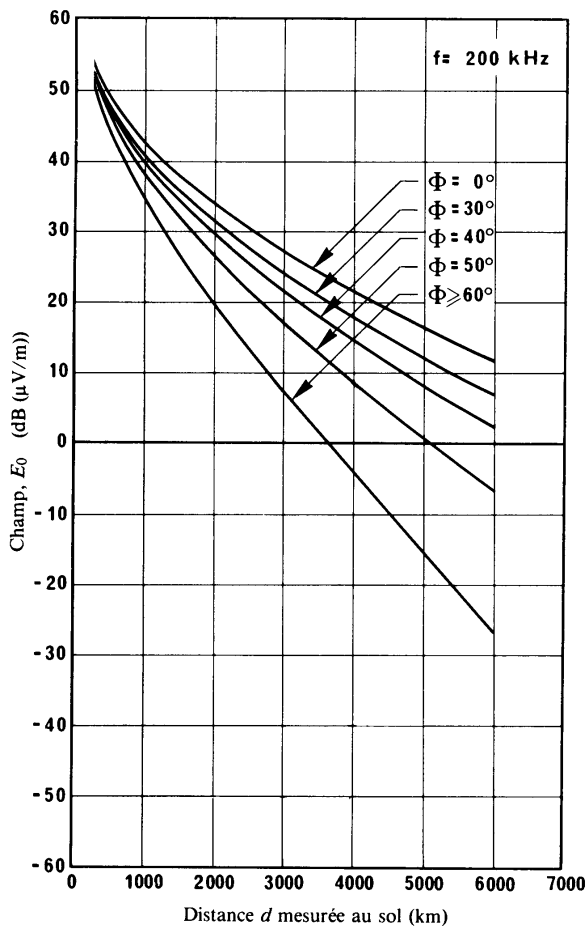
$$\Phi = 40^\circ$$

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

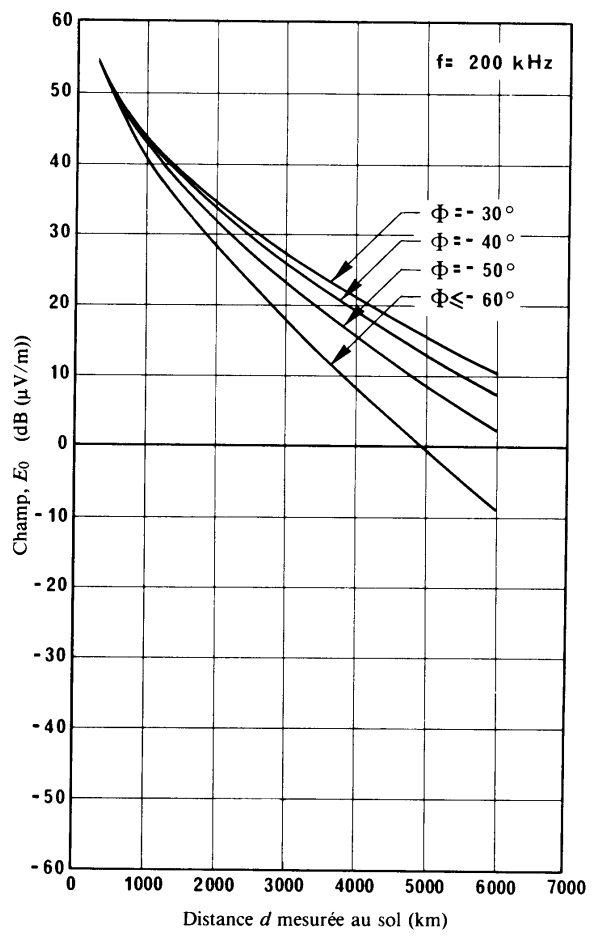
D04-sc



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



a) Hémisphère nord  
 ( $\Phi$  positive)

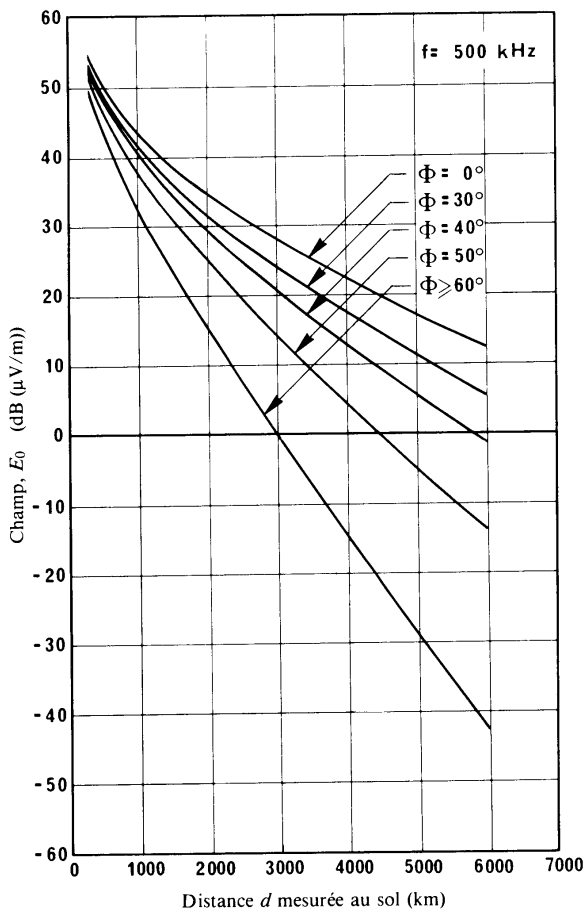


b) Hémisphère sud  
 ( $\Phi$  négative)

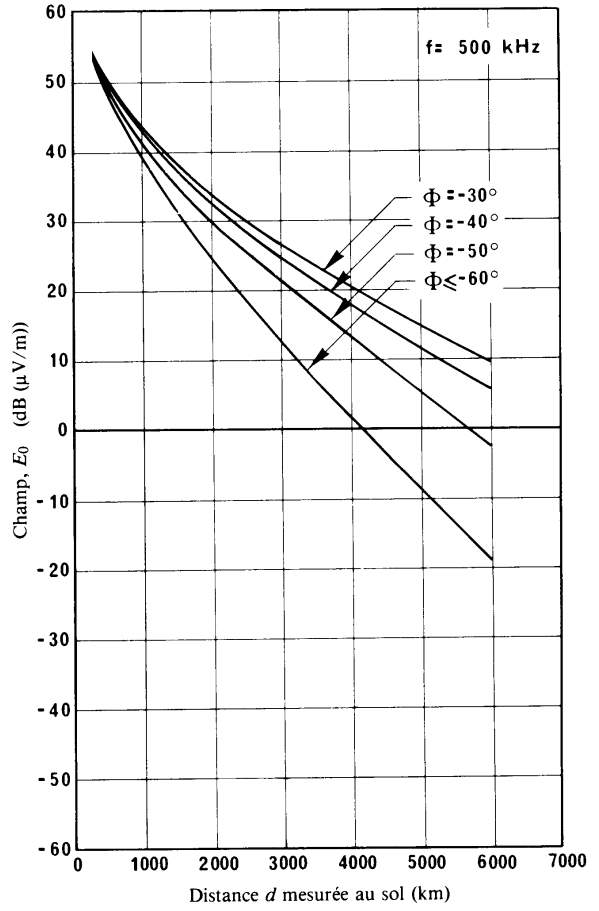
D05-sc

FIGURE 6

Courbes représentant  $E_0$  pour 500 kHz, dans le cas où  $G_S$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique



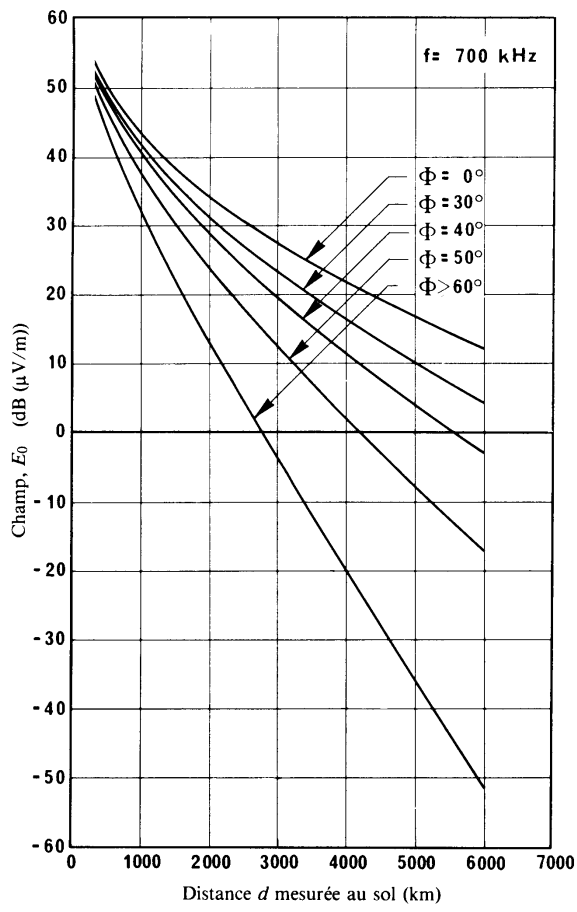
a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)



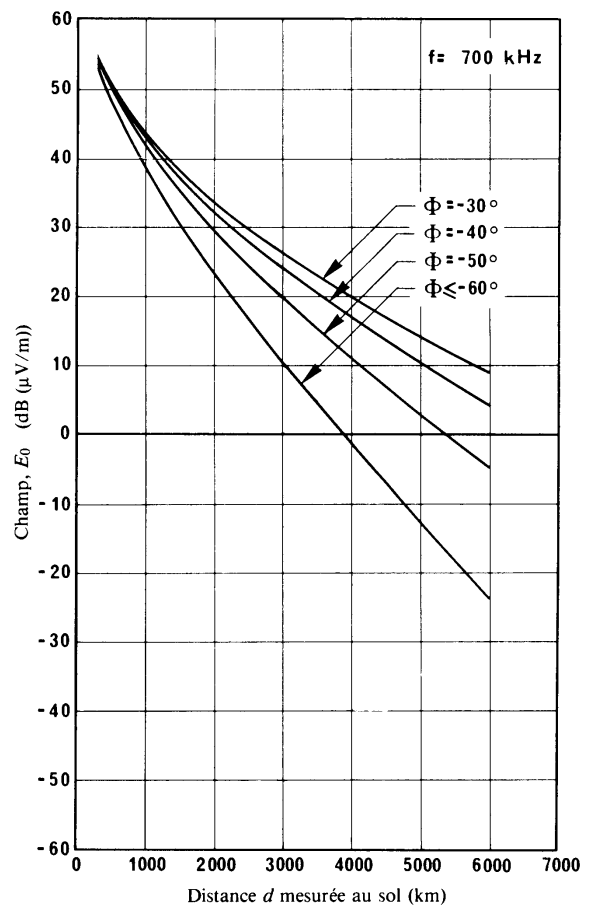
b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

D06-sc

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



a) Hémisphère nord  
 ( $\Phi$  positive)

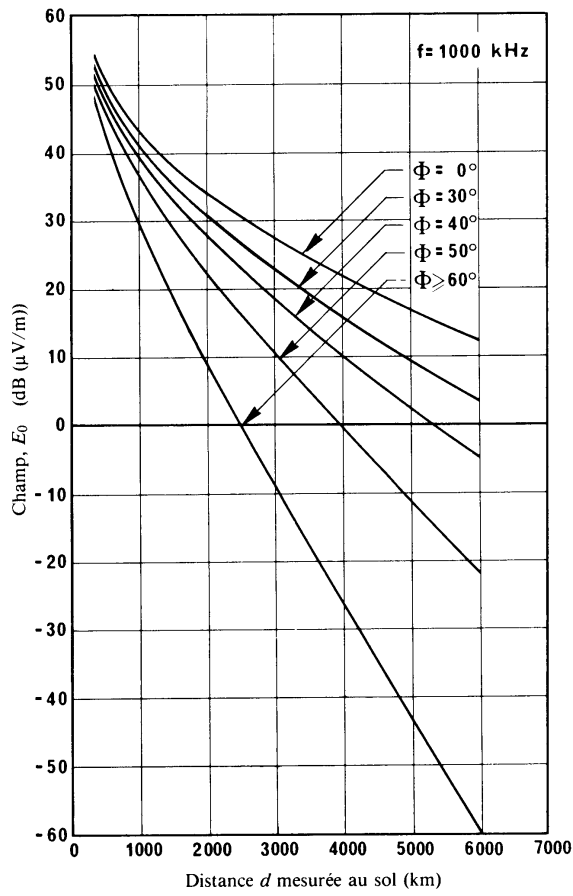


b) Hémisphère sud  
 ( $\Phi$  négative)

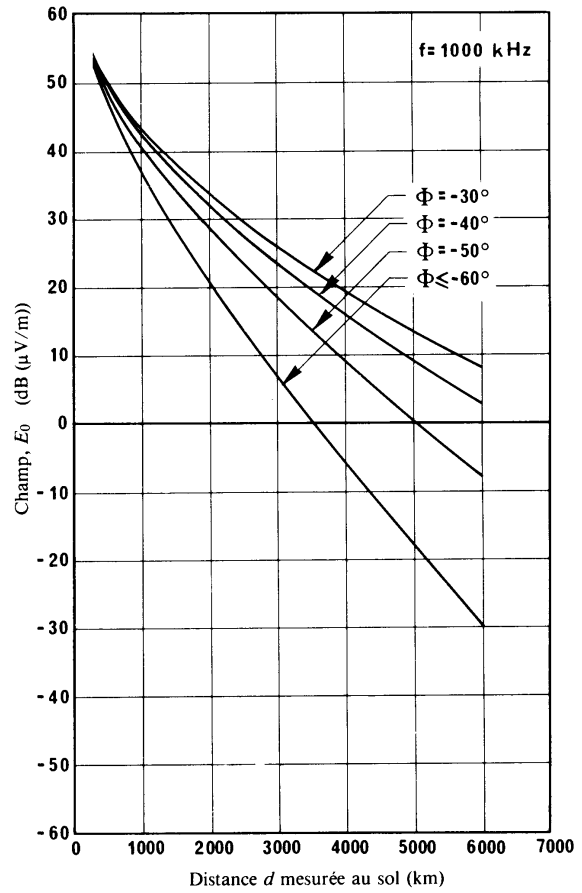
D07-sc

FIGURE 8

Courbes représentant  $E_0$  pour 1 000 kHz, dans le cas où  $G_S$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique



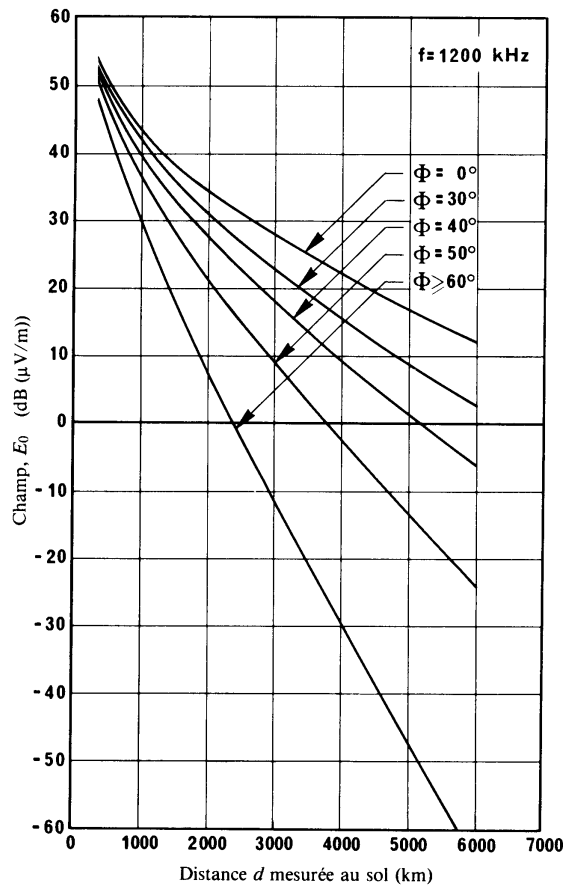
a) Hémisphère nord  
( $\Phi$  positive)



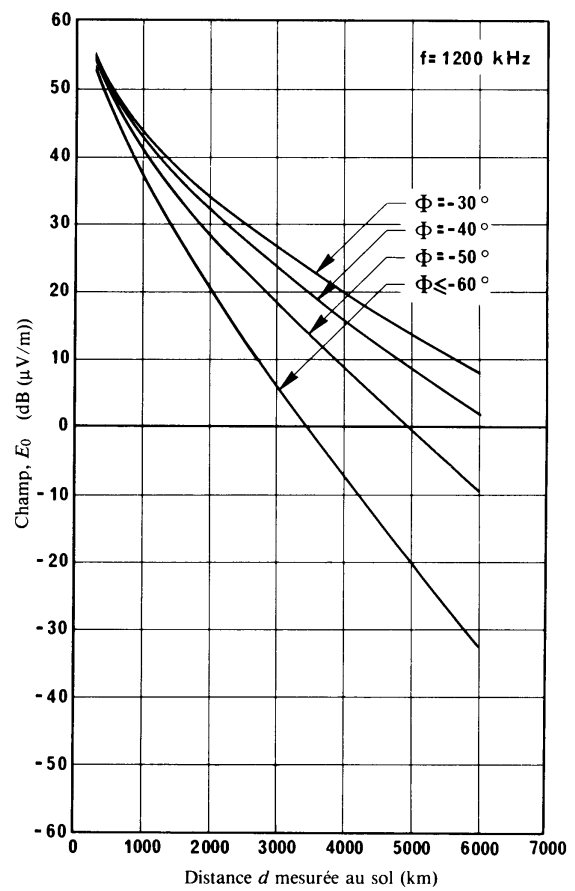
b) Hémisphère sud  
( $\Phi$  négative)

D08-sc

FIGURE 9  
 Courbes représentant  $E_0$  pour 1 200 kHz, dans le cas où  $G_s$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro  
 et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique



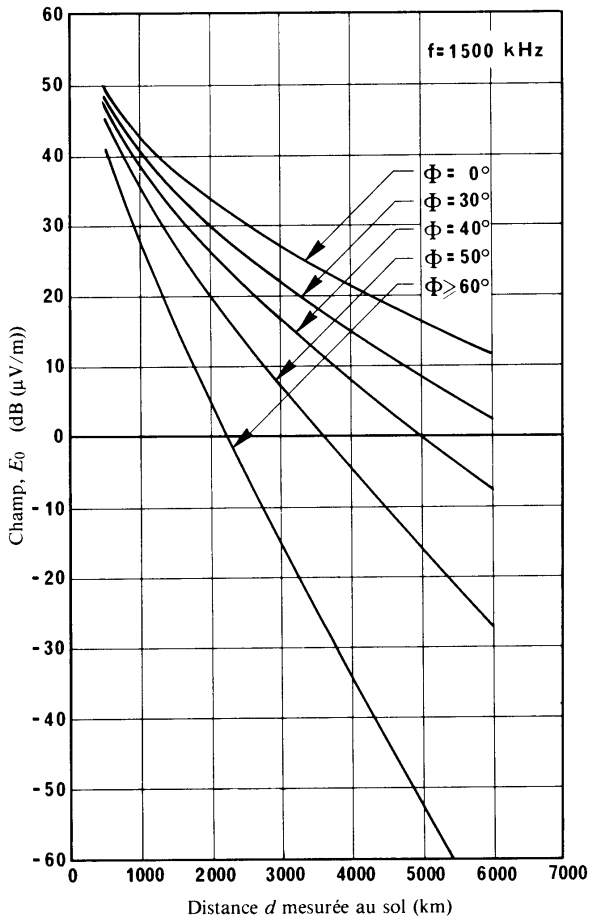
a) Hémisphère nord  
 ( $\Phi$  positive)



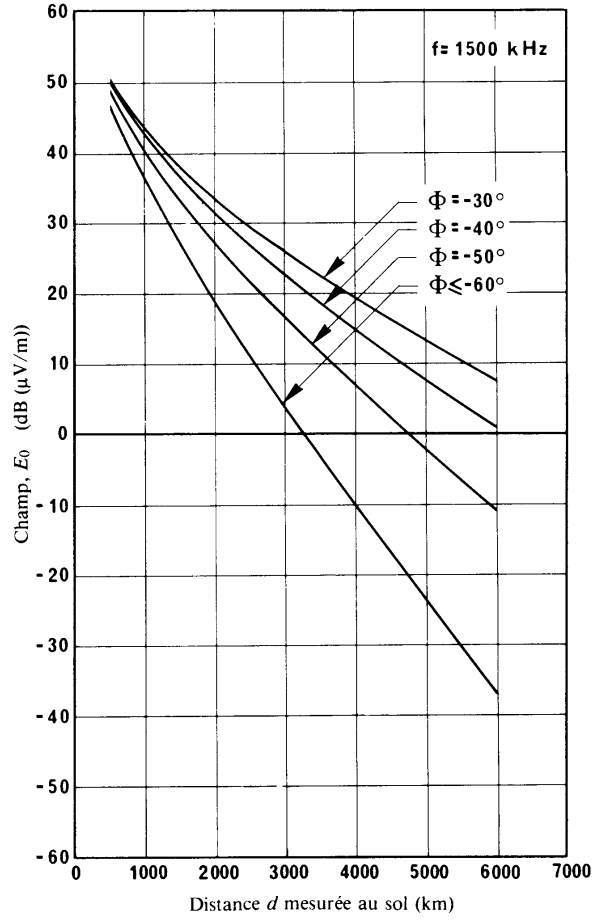
b) Hémisphère sud  
 ( $\Phi$  négative)

D09-sc

FIGURE 10  
 Courbes représentant  $E_0$  pour 1 500 kHz, dans le cas où  $G_S$ ,  $L_p$  et  $R$  sont tous égaux à zéro  
 et pour des valeurs constantes de la latitude géomagnétique



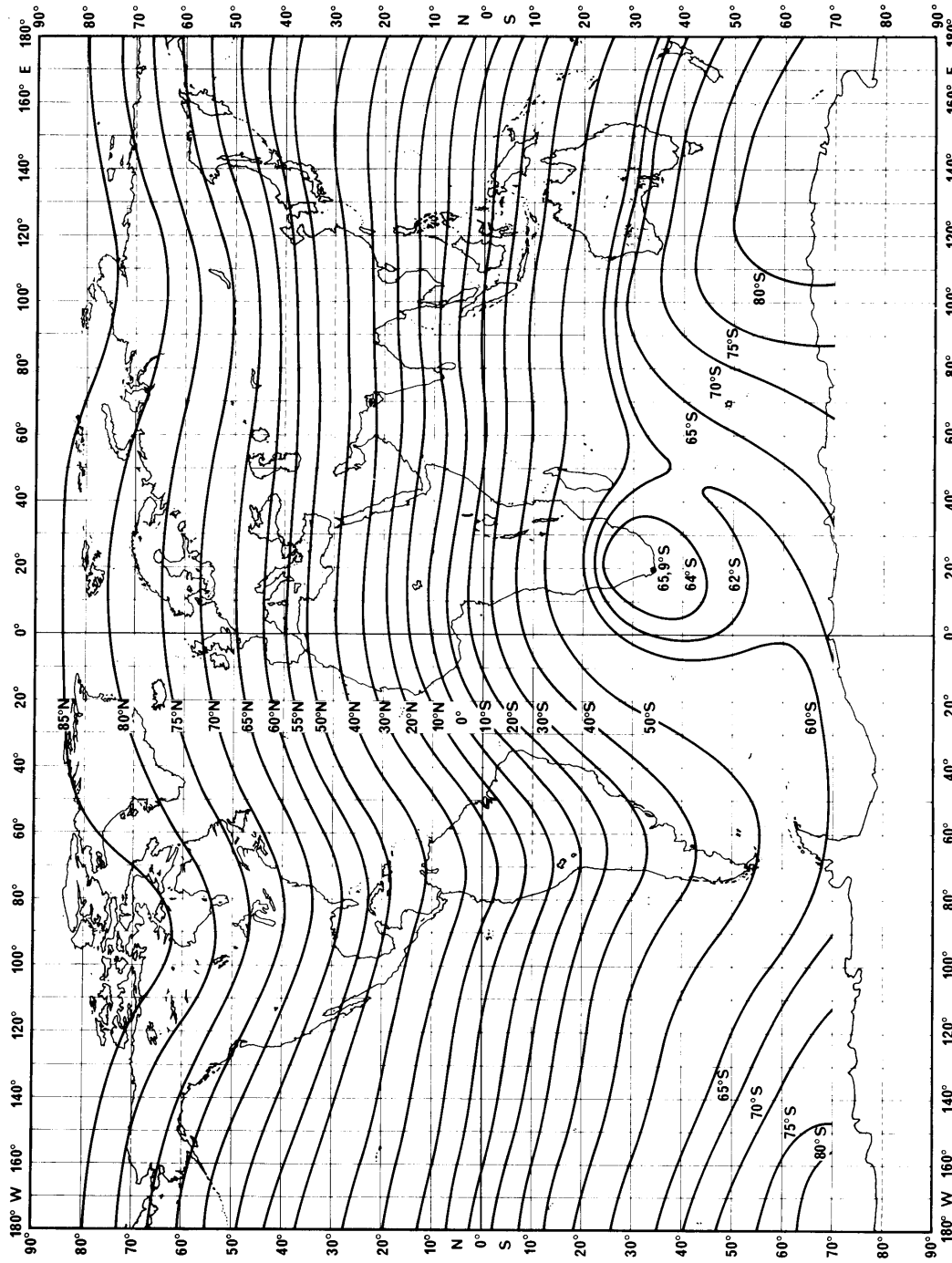
a) Hémisphère nord  
 ( $\Phi$  positive)



b) Hémisphère sud  
 ( $\Phi$  négative)

D10-sc

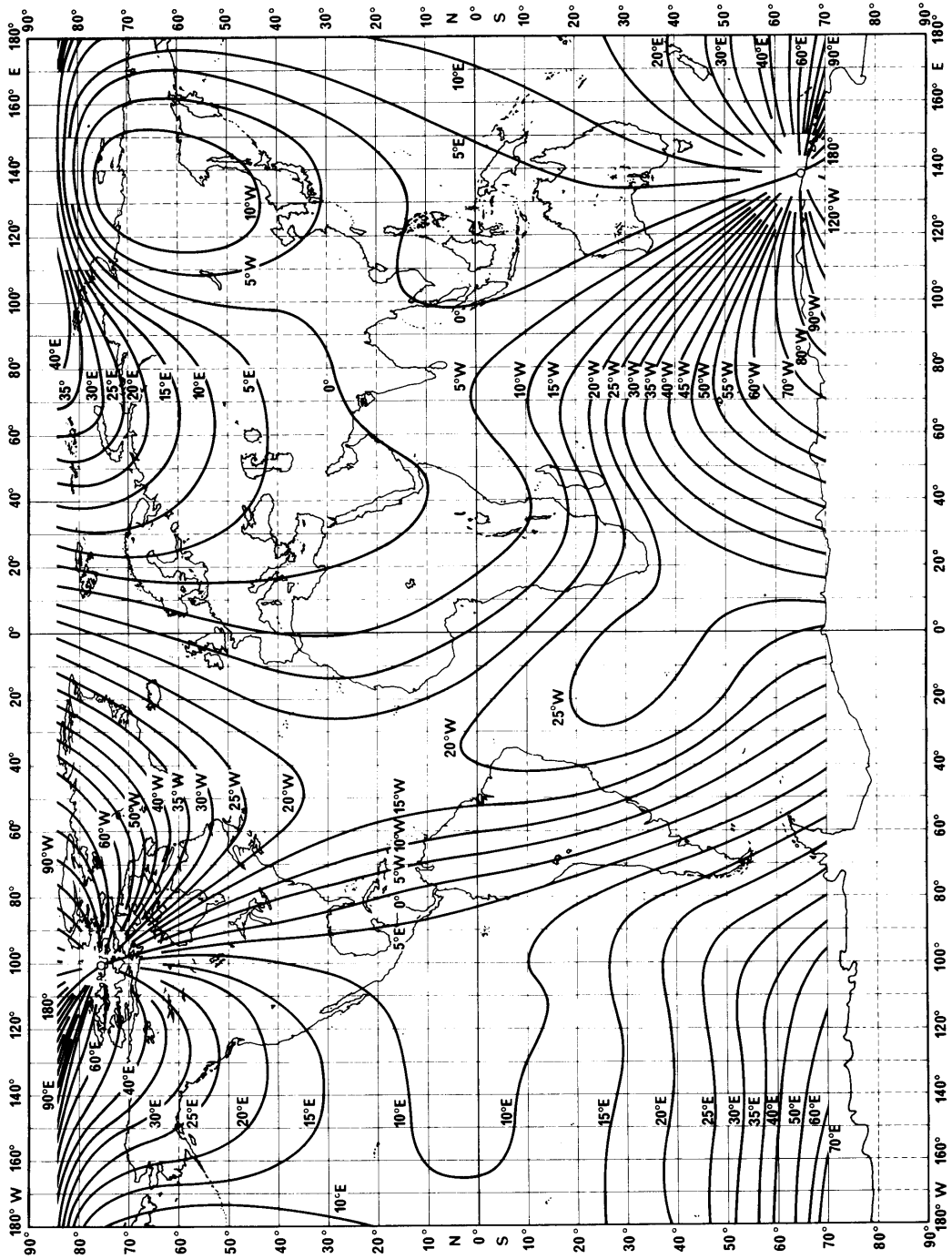
FIGURE 11  
Carte de l'inclinaison magnétique (pour 1975,0)



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

D11-SC

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



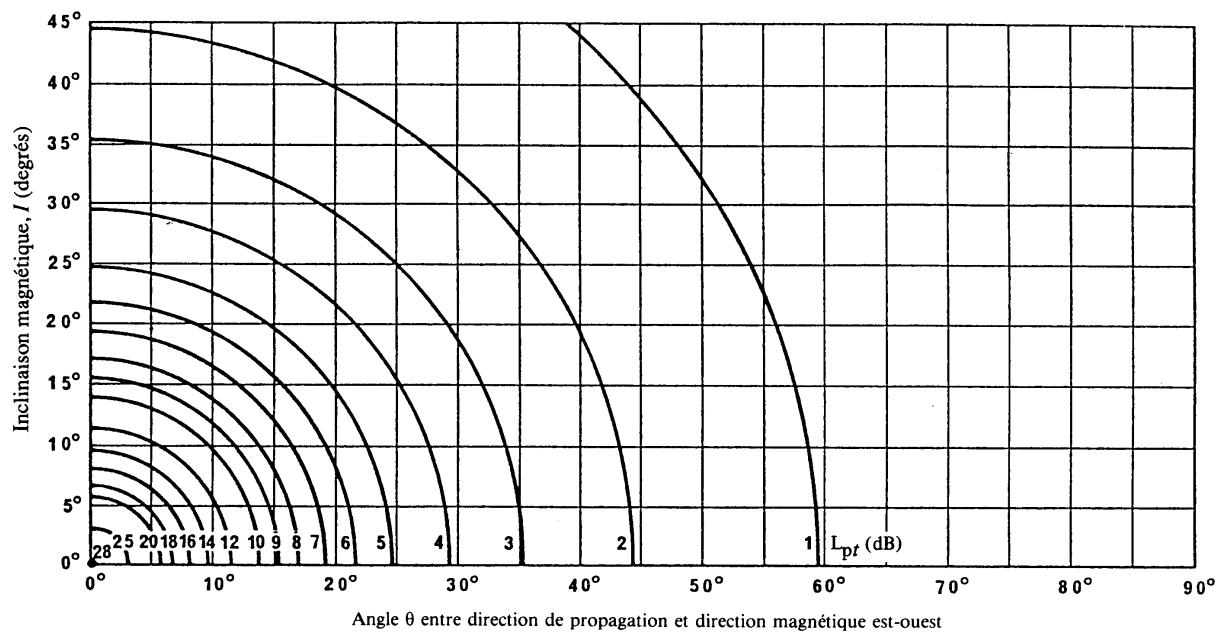
DI2-sc

(Source: Magnetic variation (epoch 1975,0) Chart No. 42 World U.S. Defense Mapping Agency Hydrographic Center)



FIGURE 13

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



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

FIGURE 14a  
Valeurs de  $r_1$  pour diverses fréquences

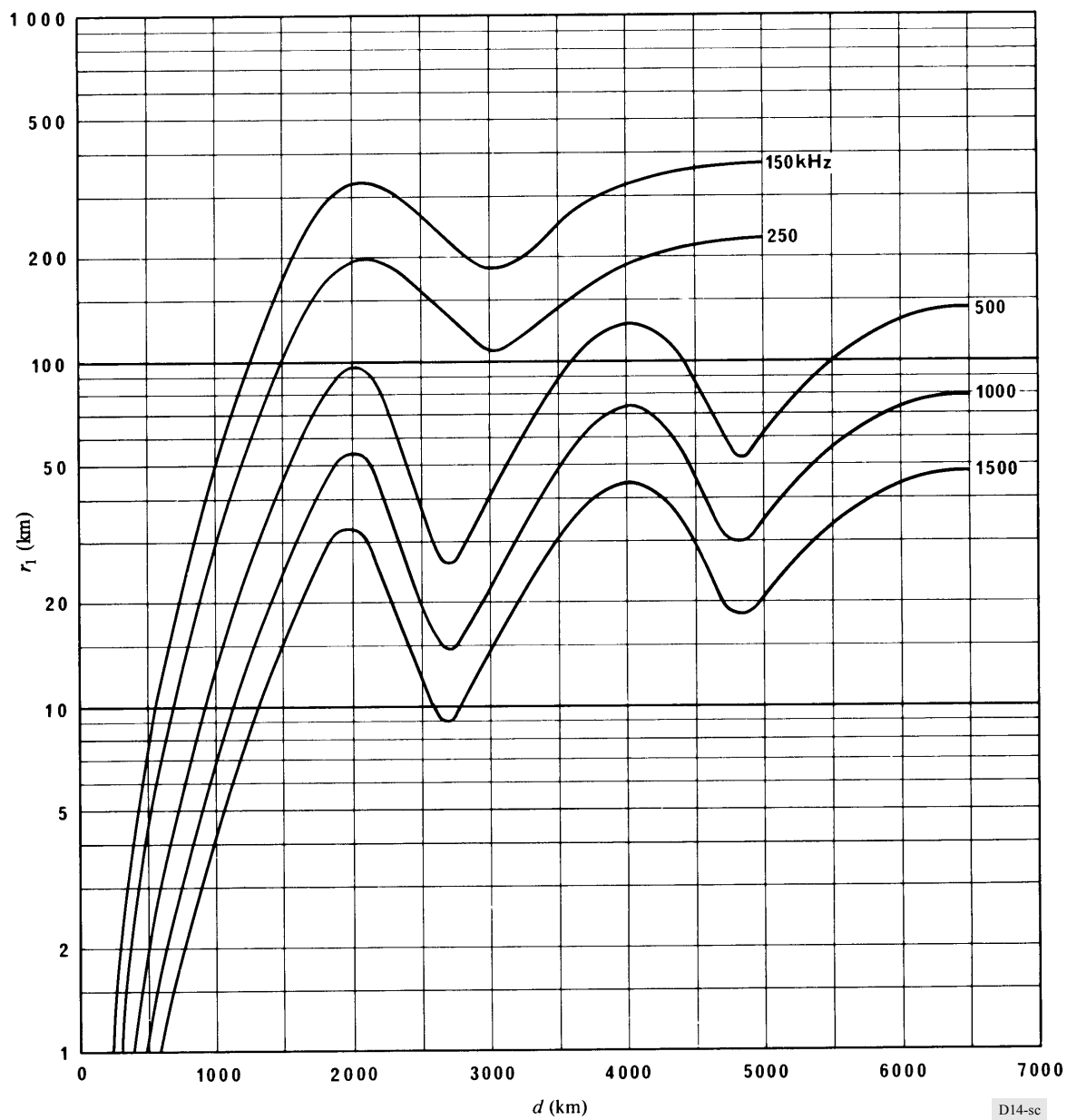


FIGURE 14b  
 Valeurs de  $r_2$  pour diverses fréquences

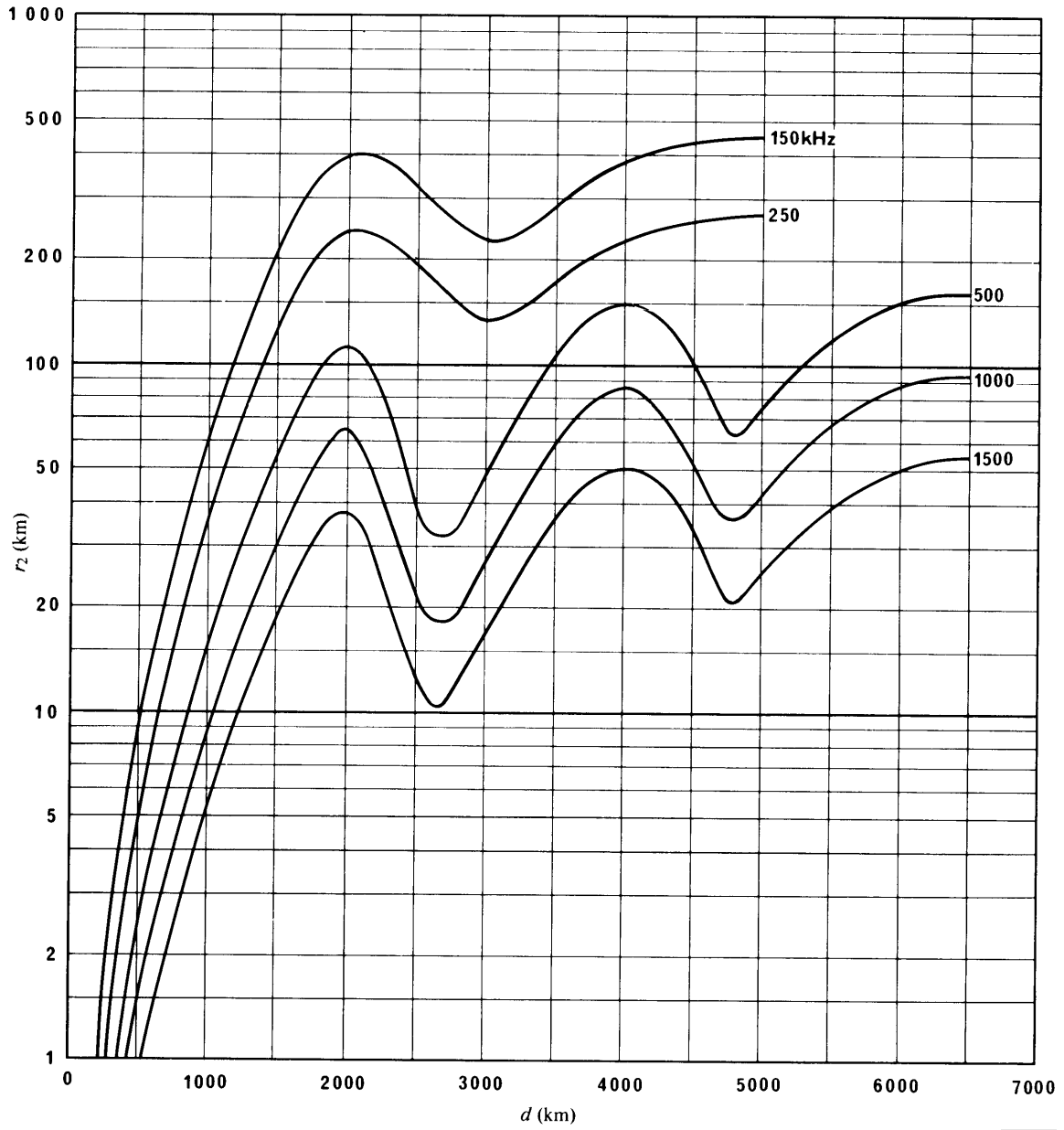
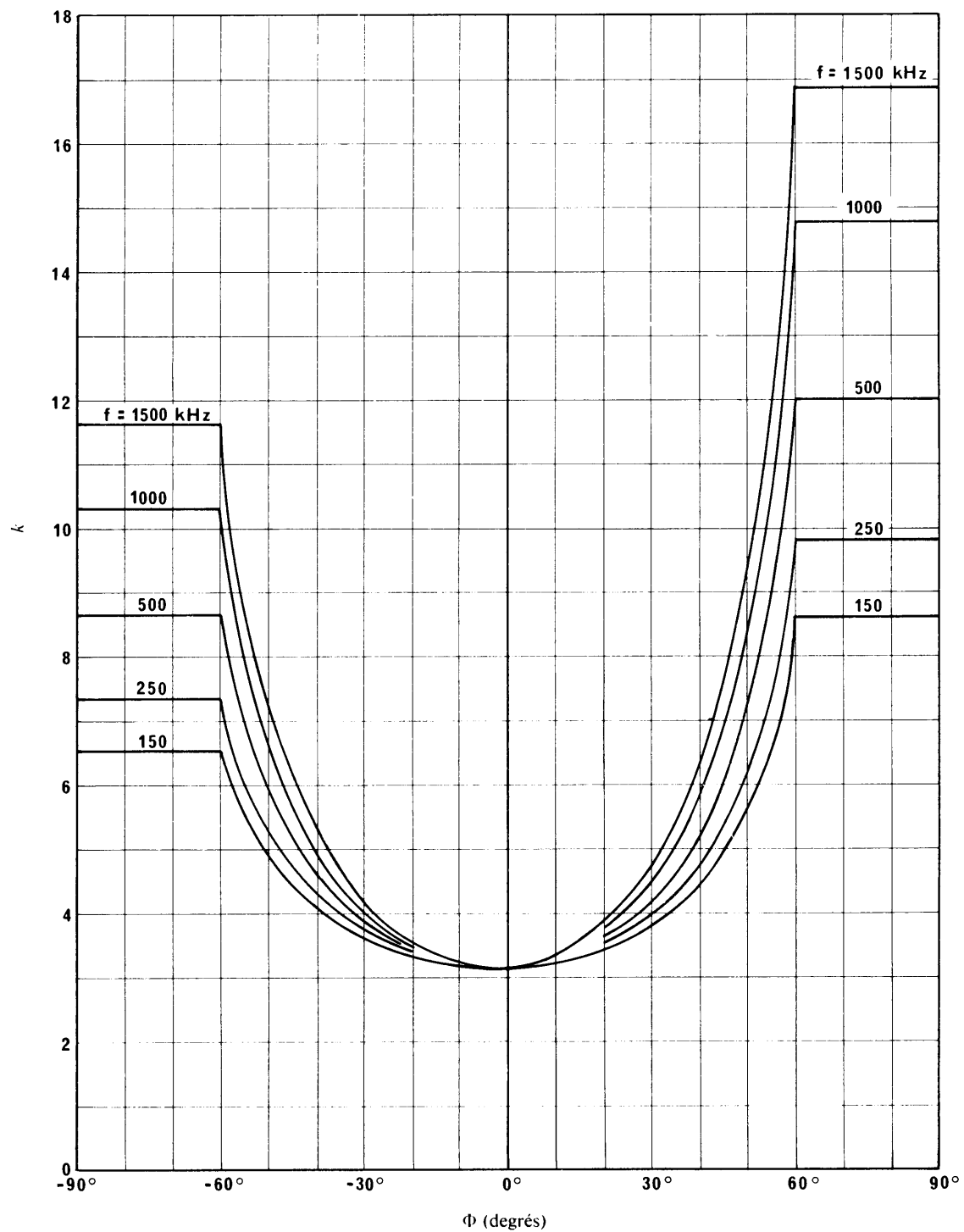


FIGURE 15  
Coefficient d'affaiblissement de référence

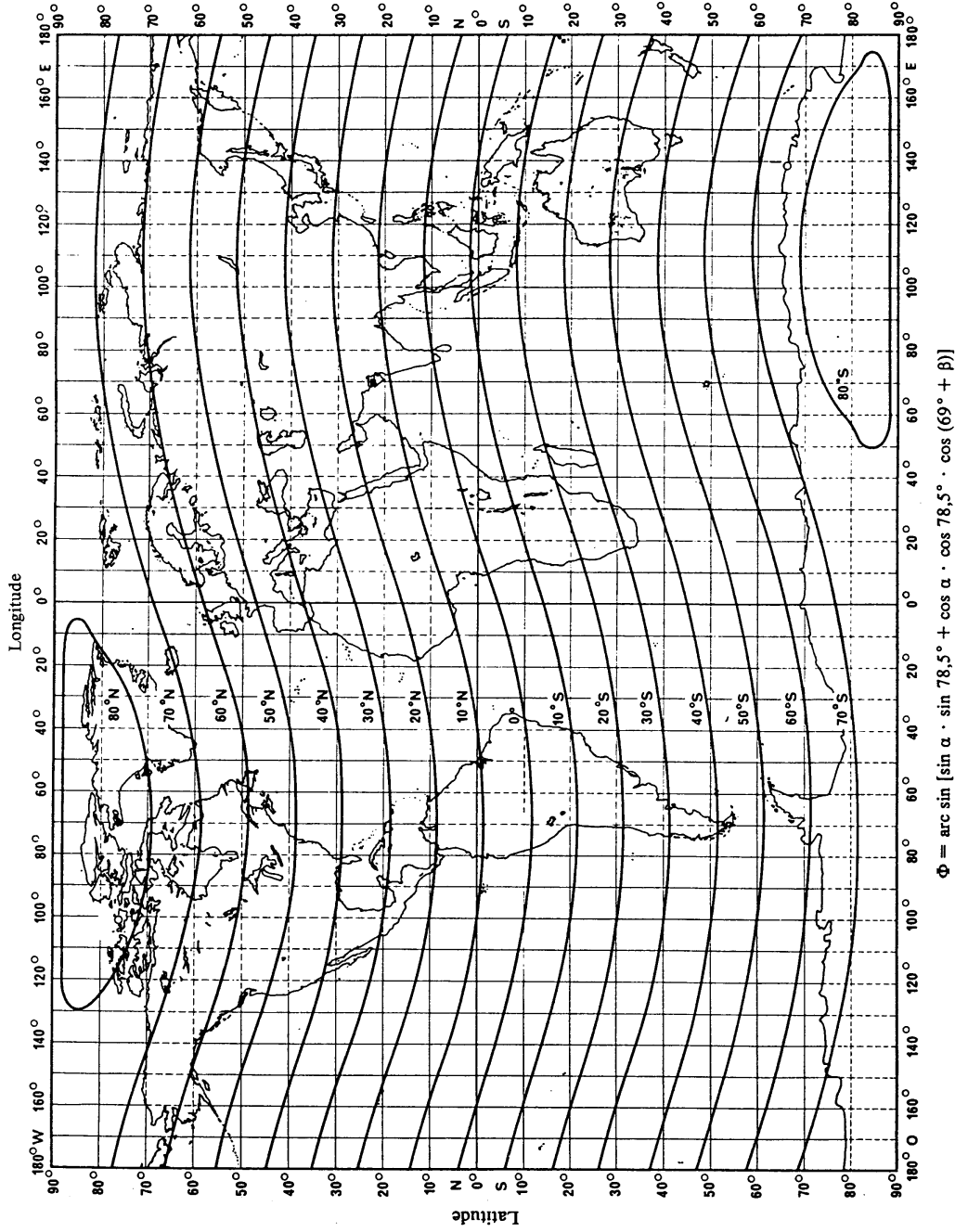


$$k = 3,2 + 0,19 f^{0,4} \operatorname{tg}^2 (\Phi + 3)$$

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

D16-sc

FIGURE 16  
Latitudes géomagnétiques



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

$\Phi$ : latitude géomagnétique

$\alpha$ : latitude géographique

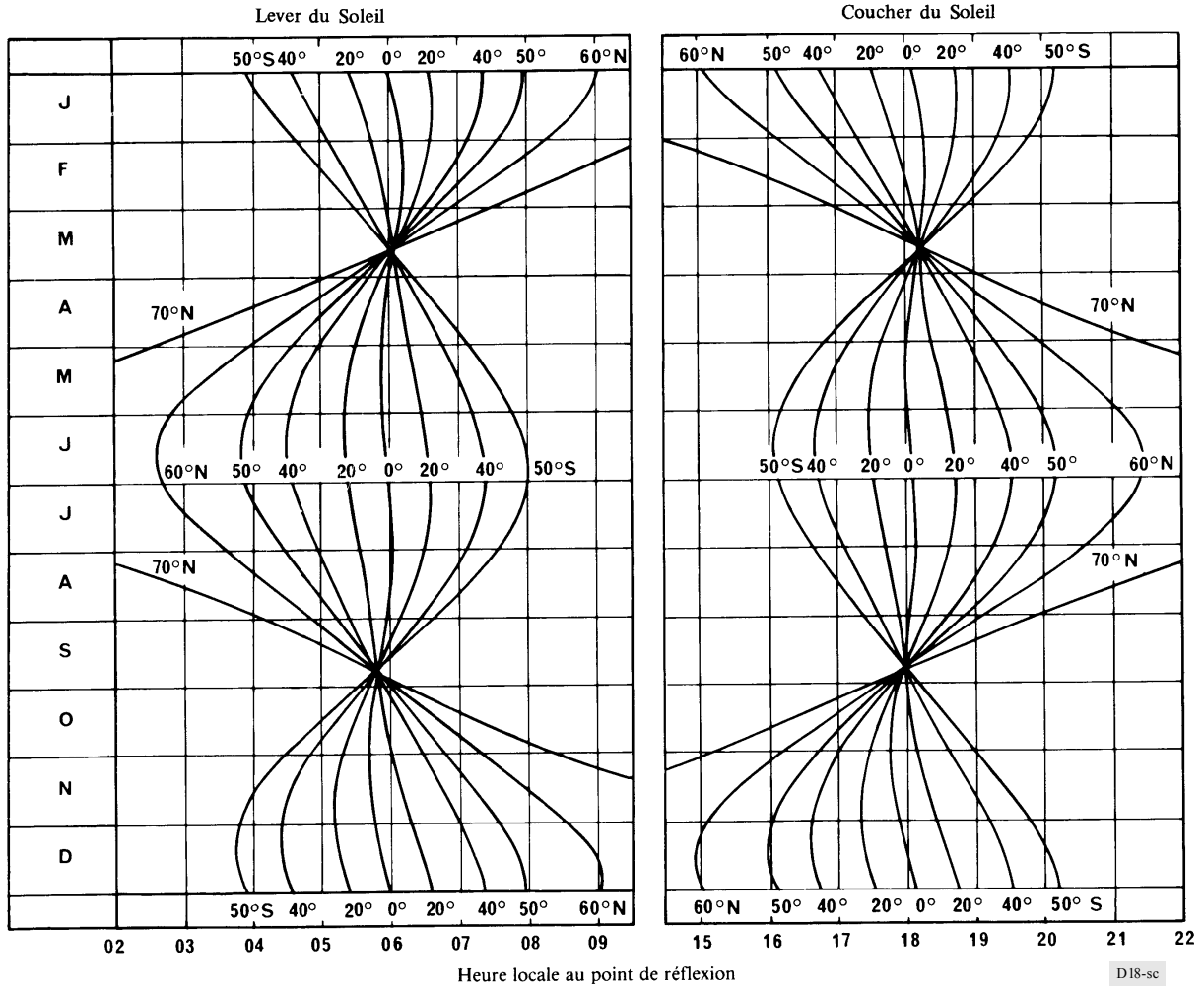
$\beta$ : longitude géographique

Les coordonnées nord et est sont considérées comme positives et les coordonnées sud et ouest négatives.

D17-sc

FIGURE 17

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



APPENDICE 1

Cet Appendice contient des équations susceptibles de remplacer les Fig. 3 et 17 dans le texte de l'Annexe 1, pour évaluer le coefficient d'affaiblissement horaire et les heures du coucher et du lever du Soleil. Les symboles supplémentaires suivants sont utilisés dans le présent Appendice:

Liste des symboles

- $\alpha$  : latitude géographique d'un point sur le trajet (degrés)
- $\beta$  : longitude géographique d'un point sur le trajet (degrés)
- $S$  : heure moyenne locale du coucher ou du lever du Soleil à un point donné.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Noter dans quel quadrant se situe  $L$ .

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

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

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

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

$\sin s = 0,39782 \sin L$ , d'où:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## ANNEXE 1

### Précision de la méthode

La méthode s'applique dans les bandes des ondes kilométriques et des ondes hectométriques, pour des trajets de longueur comprise entre 50 et 12 000 km. Elle n'a cependant été vérifiée, dans la bande des ondes kilométriques, que pour des longueurs de trajet inférieures à 5 000 km. L'exactitude des prévisions varie d'une région à l'autre et peut être améliorée dans certaines régions en apportant à la méthode des modifications telles que celles exposées ci-dessous.

L'asymétrie évidente du coefficient d'affaiblissement de référence (Fig. 15) pourrait avoir disparu si la «latitude magnétique corrigée» avait été utilisée à la place de la latitude géomagnétique. De toute façon, la méthode ne doit être utilisée qu'avec précaution aux latitudes géomagnétiques supérieures à  $60^\circ$ .

Les valeurs de champ mesurées aux Etats-Unis d'Amérique et au Brésil tendent à augmenter aux fréquences les plus élevées; or la variation en fonction de la fréquence donnée par l'équation (11) est dans le sens opposé. Pour ces raisons et pour d'autres, la méthode sera utilisée à titre provisoire dans la Région 2.

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

La méthode prévoit le champ qui devrait être observé si l'émetteur et le récepteur sont situés sur un sol de conductivité moyenne, généralement de 3 à 10 mS/m. Dans certaines zones (voir, par exemple, la Recommandation 832), la conductivité réelle peut tomber à 0,5 mS/m ou atteindre 40 mS/m. Si la conductivité du sol à l'une ou à l'autre extrémité est d'un ordre de grandeur inférieur à 10 mS/m, le champ pourra avoir jusqu'à 10 dB de moins. Si la conductivité du sol aux deux extrémités est d'un ordre de grandeur inférieur à 10 mS/m, la réduction du champ sera doublée. La valeur de l'affaiblissement est fonction de la longueur du trajet et elle est la plus forte pour les ondes s'approchant de l'incidence rasante. La méthode peut être améliorée en faisant une correction lorsque la conductivité du sol est sensiblement différente de celle d'un sol moyen, par exemple en utilisant les renseignements donnés dans les Rapports 265 et 575.

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



Des mesures faites aux Etats-Unis d'Amérique conduisent à penser que la Fig. 3 (coefficient d'affaiblissement horaire) est vraisemblablement précise pour les fréquences voisines de 1 000 kHz pour une année de faible activité solaire. Lorsque la fréquence s'écarte de cette valeur, surtout pendant les heures de transition, on risque de commettre des erreurs appréciables. Ces mesures montrent aussi que l'effet de l'activité solaire est considérablement plus grand deux heures après le coucher du Soleil que six heures après. Pour une année de forte activité solaire, la différence entre le champ six heures après le coucher du Soleil et le champ deux heures après peut donc être beaucoup plus grande que celle qui apparaît sur la Fig. 3.

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

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

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

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

---