

RECOMMANDATION UIT-R P.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**

(Question UIT-R 203/3)

(1978-1982-1986)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

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

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 ont été étendues et incorporées dans le modèle de propagation IF-77 qui détermine l'affaiblissement de propagation pour 5, 50 et 95% du temps pour des hauteurs d'antenne applicables aux services aéronautiques. Elles reposent sur un grand nombre de données expérimentales et l'on a procédé à des comparaisons très poussées des prévisions avec les données. 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 $4/3$ (coïncide 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 (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

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

** La Commission d'études 3 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en 2000 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 44.

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.

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, 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.

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:

$$R(0,95) = R(0,50) + Y_R(0,95) \quad (1)$$

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

et

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

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.

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

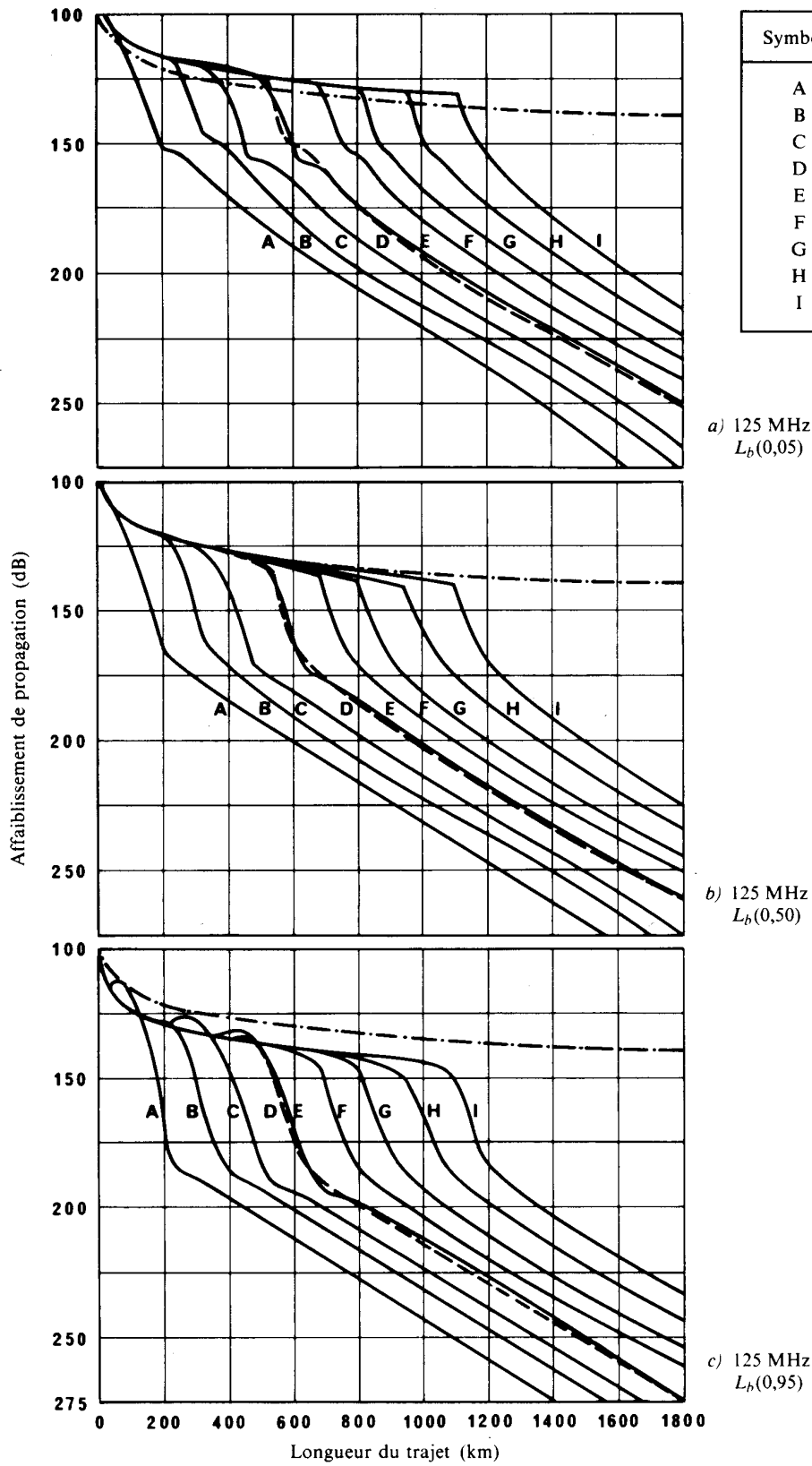
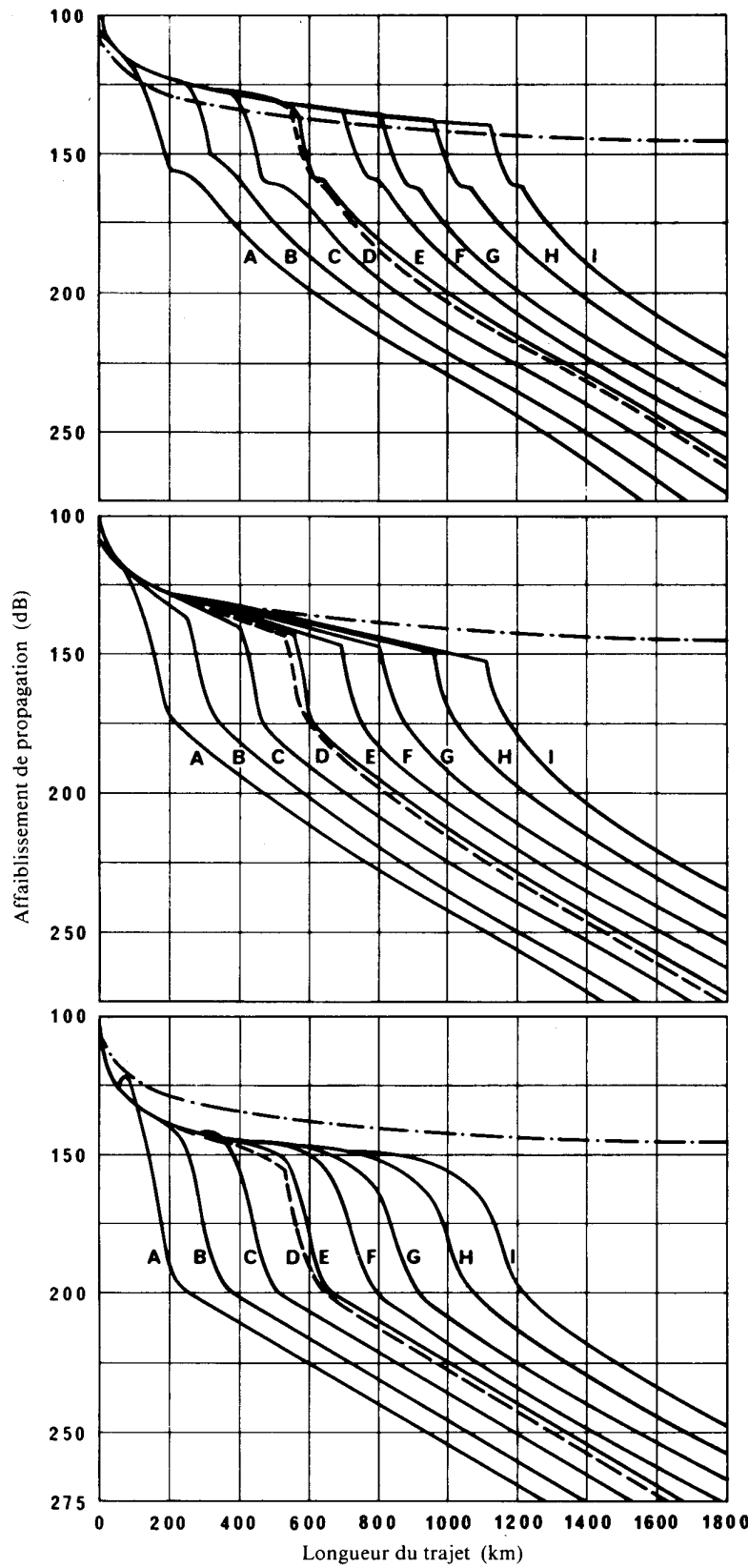


FIGURE 1 - Affaiblissement de propagation à la fréquence 125 MHz pour des pourcentages de temps de 5 %, 50 % et 95 %

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



a) 300 MHz
 $L_b(0,05)$

b) 300 MHz
 $L_b(0,50)$

c) 300 MHz
 $L_b(0,95)$

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

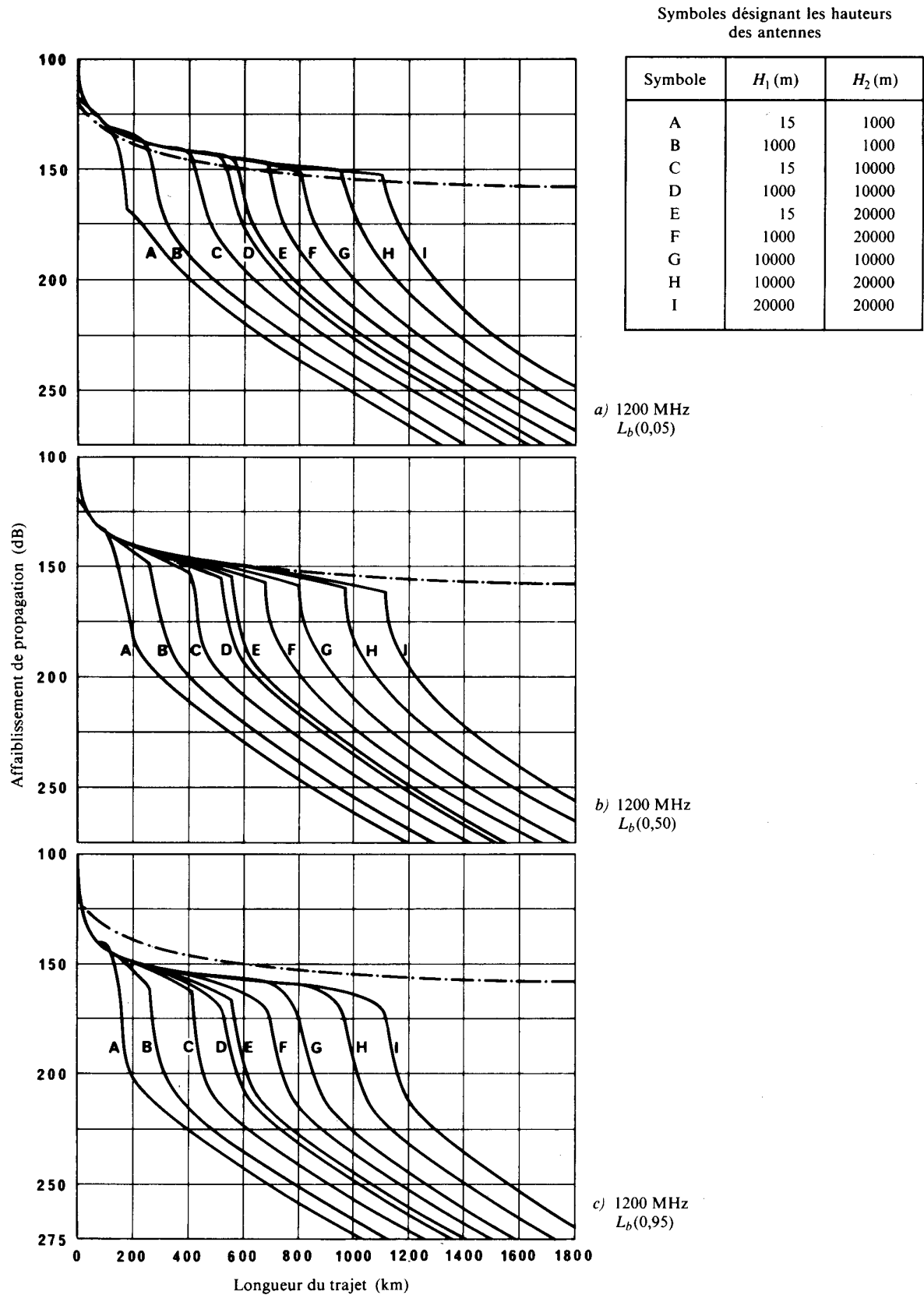
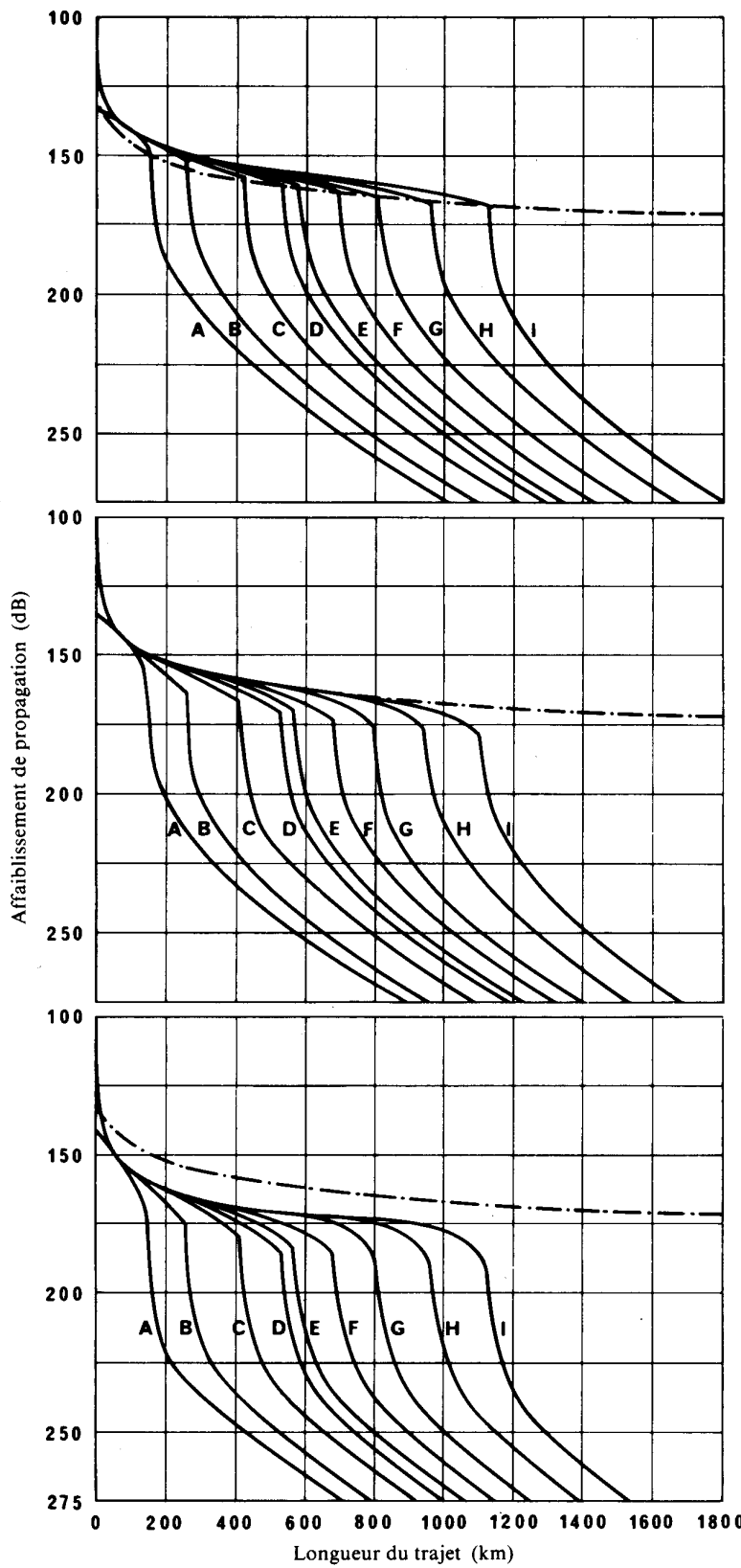


FIGURE 3 — Affaiblissement de propagation à la fréquence 1200 MHz pour des pourcentages de temps de 5 %, 50 % et 95 %

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



a) 5100 MHz
 $L_b(0,05)$

b) 5100 MHz
 $L_b(0,50)$

c) 5100 MHz
 $L_b(0,95)$

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

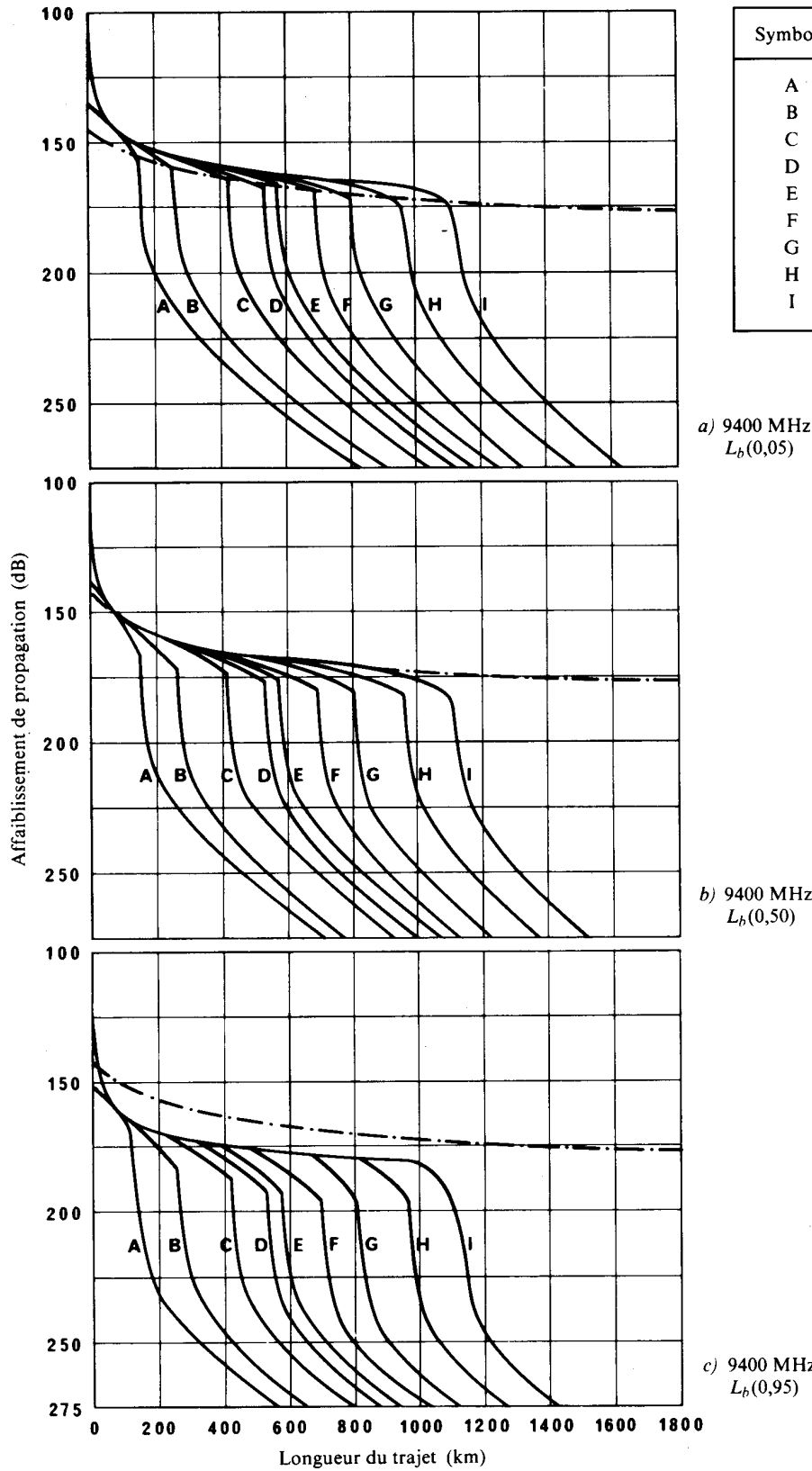


FIGURE 5 - Affaiblissement de propagation à la fréquence 9400 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%

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

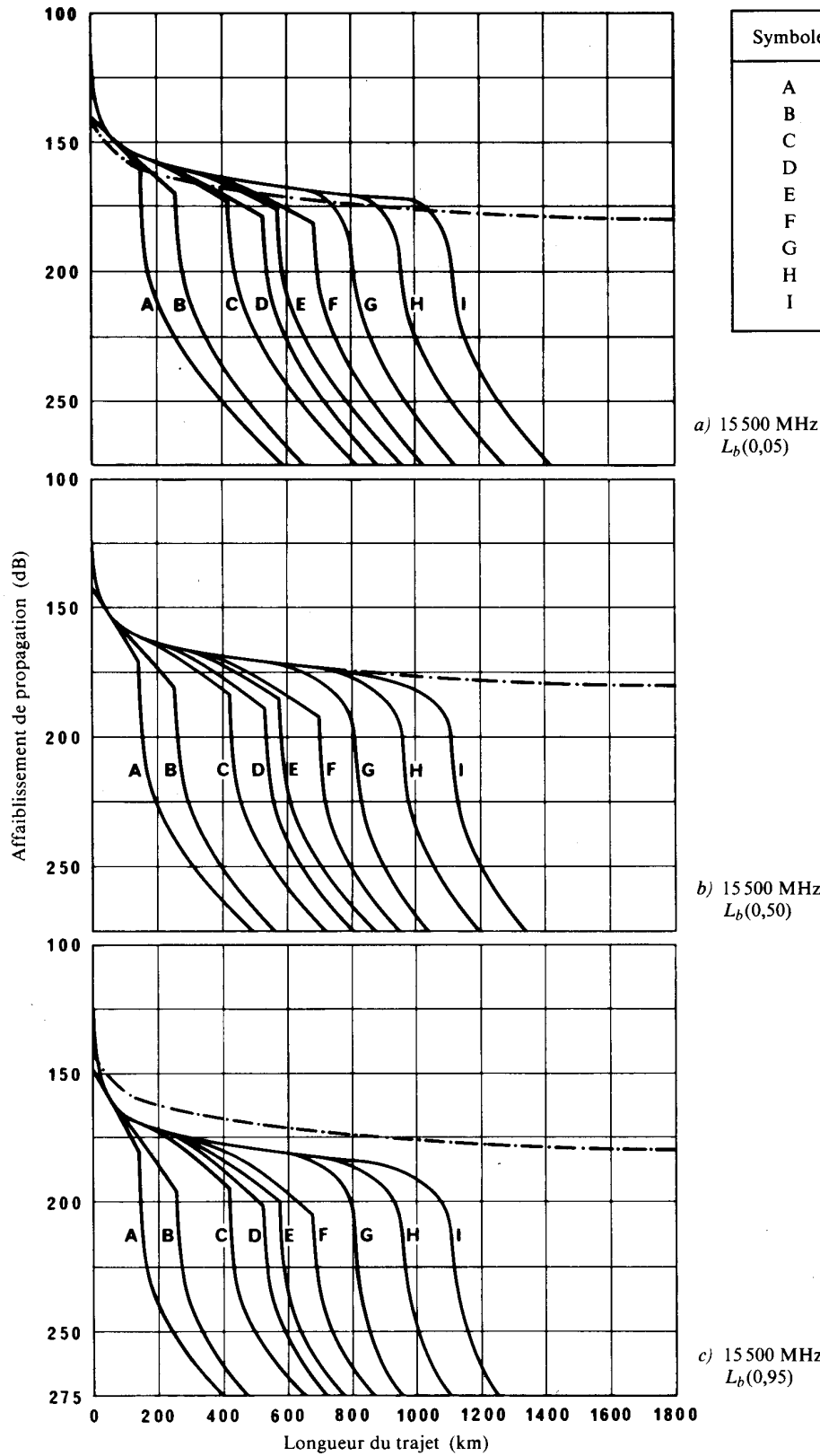


FIGURE 6 — Affaiblissement de propagation à la fréquence 15 500 MHz pour des pourcentages de temps de 5%, 50% et 95%

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.
