

# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

**Recommandation UIT-R P.528-3**  
(02/2012)

**Courbes de propagation dans les bandes  
d'ondes métriques, décimétriques et  
centimétriques pour le service mobile  
aéronautique et le service  
de radionavigation  
aéronautique**

**Série P**  
**Propagation des ondes radioélectriques**



## Avant-propos

Le rôle du Secteur des radiocommunications est d'assurer l'utilisation rationnelle, équitable, efficace et économique du spectre radioélectrique par tous les services de radiocommunication, y compris les services par satellite, et de procéder à des études pour toutes les gammes de fréquences, à partir desquelles les Recommandations seront élaborées et adoptées.

Les fonctions réglementaires et politiques du Secteur des radiocommunications sont remplies par les Conférences mondiales et régionales des radiocommunications et par les Assemblées des radiocommunications assistées par les Commissions d'études.

## Politique en matière de droits de propriété intellectuelle (IPR)

La politique de l'UIT-R en matière de droits de propriété intellectuelle est décrite dans la «Politique commune de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI en matière de brevets», dont il est question dans l'Annexe 1 de la Résolution UIT-R 1. Les formulaires que les titulaires de brevets doivent utiliser pour soumettre les déclarations de brevet et d'octroi de licence sont accessibles à l'adresse <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/fr>, où l'on trouvera également les Lignes directrices pour la mise en oeuvre de la politique commune en matière de brevets de l'UIT-T, l'UIT-R, l'ISO et la CEI et la base de données en matière de brevets de l'UIT-R.

### Séries des Recommandations UIT-R

(Egalement disponible en ligne: <http://www.itu.int/publ/R-REC/fr>)

Séries	Titre
<b>BO</b>	Diffusion par satellite
<b>BR</b>	Enregistrement pour la production, l'archivage et la diffusion; films pour la télévision
<b>BS</b>	Service de radiodiffusion sonore
<b>BT</b>	Service de radiodiffusion télévisuelle
<b>F</b>	Service fixe
<b>M</b>	Services mobile, de radiorepérage et d'amateur y compris les services par satellite associés
<b>P</b>	<b>Propagation des ondes radioélectriques</b>
<b>RA</b>	Radio astronomie
<b>RS</b>	Systèmes de télédétection
<b>S</b>	Service fixe par satellite
<b>SA</b>	Applications spatiales et météorologie
<b>SF</b>	Partage des fréquences et coordination entre les systèmes du service fixe par satellite et du service fixe
<b>SM</b>	Gestion du spectre
<b>SNG</b>	Reportage d'actualités par satellite
<b>TF</b>	Emissions de fréquences étalon et de signaux horaires
<b>V</b>	Vocabulaire et sujets associés

*Note: Cette Recommandation UIT-R a été approuvée en anglais aux termes de la procédure détaillée dans la Résolution UIT-R 1.*

Publication électronique  
Genève, 2013

© UIT 2013

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, par quelque procédé que ce soit, sans l'accord écrit préalable de l'UIT.

RECOMMANDATION UIT-R P.528-3<sup>\*,\*\*</sup>**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)

(1978-1982-1986-2012)

**Domaine d'application**

La présente Recommandation contient une méthode de prévision de l'affaiblissement de transmission de référence dans la gamme de fréquences 125-15 500 MHz pour les services aéronautiques et par satellite. Cette méthode prévoit l'application d'une méthode d'interpolation aux données d'affaiblissement de transmission de référence tirées de jeux de courbes. Ces jeux de courbes sont valides pour les liaisons sol-air, sol-satellite, air-air, air-satellite et satellite-satellite. Les seules données requises dans le cadre de cette méthode sont la distance entre les antennes, la hauteur des antennes au-dessus du niveau moyen de la mer, la fréquence et le pourcentage de temps.

La présente Recommandation explique en outre comment calculer le rapport de protection prévu ou le rapport signal utile/signal brouilleur à l'entrée du récepteur dépassé pendant au moins 95% du temps,  $R(0,95)$ . Pour ce faire, il faut avoir les données supplémentaires suivantes pour le signal utile et pour le signal brouilleur: puissance émise, gain de l'antenne d'émission et gain de l'antenne de réception.

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 2 est fondé sur un grand nombre de données expérimentales (voir Annexe 1);
- 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*

**1** que l'on adopte les courbes de l'Annexe 3 pour déterminer les affaiblissements de transmission de référence pour 1%, 5%, 10%, 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 1 – Il convient de souligner que ces courbes sont fondées sur des données obtenues principalement pour un climat continental tempéré.

NOTE 2 – Les courbes donnent l'affaiblissement de transmission de référence, qui est l'affaiblissement entre deux antennes isotropes théoriques sans perte. Lorsqu'on atténue les trajets

---

\* Cette Recommandation est portée à l'attention de la Commission d'études 5.

\*\* La Commission d'études 3 des radiocommunications a apporté des modifications rédactionnelles à cette Recommandation en avril 2015 conformément aux dispositions de la Résolution UIT-R 1.

multiples dus à la réflexion sur le sol en utilisant des contreponds ou un diagramme de rayonnement vertical pour une antenne directive, l'analyse doit comprendre des diagrammes de rayonnement d'antenne adaptés.

## Annexe 1

### Elaboration 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 transmission de référence pour 1, 5, 10, 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 médianes de l'affaiblissement de transmission de référence 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 transmission de référence 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.

Pour les disponibilités dans le temps autres que 0,50, les courbes de l'affaiblissement de transmission de référence  $L_b$  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 3 ont été choisies dans une série beaucoup plus importante de courbes lissées établies par ordinateur.

Les courbes de l'affaiblissement de transmission de référence  $L_b(0,05)$  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 3 en procédant comme suit:

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

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

et

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

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.

Bien qu'il soit possible de lire les valeurs de l'affaiblissement de transmission directement sur les courbes des Figures de l'Annexe 3 de la présente Recommandation, ces valeurs sont aussi données sous forme de tableaux (voir la partie de la page web du site de l'UIT-R consacrée à la Commission d'études 3 des radiocommunications). Les valeurs sont disponibles sous forme de tableaux sur le site web de la CE 3.

## Annexe 2

### Description des méthodes d'interpolation

#### 1 Introduction

La présente Annexe décrit les différentes étapes du calcul. On trouvera au § 8 de la présente Annexe une description étape par étape de la méthode générale d'interpolation.

La section 2 donne le calcul du champ à partir des valeurs de l'affaiblissement de transmission lues sur les courbes figurant dans l'Annexe 3. Les sections 3 à 8 de la présente Annexe décrivent comment effectuer l'interpolation pour la distance,  $h_1$ ,  $h_2$ , la fréquence et le pourcentage du temps.

#### 2 Champ équivalent

Le champ équivalent à un affaiblissement de transmission donné est obtenu par la formule suivante:

$$E = 139,3 - L_t + 20 \log f \quad \text{dB } (\mu\text{V/m}) \quad (4)$$

où:

- $E$ : champ (dB ( $\mu\text{V/m}$ )) pour une p.a.r. de 1 kW
- $L_t$ : affaiblissement de transmission (dB)
- $f$ : fréquence (MHz).

#### 3 Hauteurs d'antenne, $h_1$ et $h_2$

Si la valeur de  $h_1$  ou  $h_2$  coïncide avec l'une des hauteurs pour lesquelles les courbes sont établies, les valeurs de l'affaiblissement de transmission recherchées seront obtenues directement sur les courbes ou dans les tableaux associés. Dans les autres cas, les valeurs de l'affaiblissement de transmission recherchées doivent être interpolées à partir des affaiblissements de transmission obtenus à partir de deux courbes au moyen de la formule suivante:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(h_{1\text{ou}2} / h_{inf}) / \log(h_{sup} / h_{inf}) \quad \text{dB} \quad (5)$$

où:

- $h_1, h_2$ : hauteurs des antennes au-dessus du niveau moyen de la mer pour lesquelles la prévision est requise (m)
- $h_{inf}$ : hauteur apparente nominale la plus proche en dessous de  $h_1$  ou  $h_2$
- $h_{sup}$ : hauteur apparente nominale la plus proche en dessus de  $h_1$  ou  $h_2$
- $L_{inf}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission pour  $h_{inf}$  à la distance requise
- $L_{sup}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission pour  $h_{sup}$  à la distance requise.

#### 4 Interpolation de l'affaiblissement de transmission en fonction de la distance

A moins que  $d$  coïncide avec l'une des distances données dans les tableaux, l'affaiblissement de transmission doit être calculé par interpolation linéaire du logarithme de la distance en utilisant la relation suivante:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \quad \text{dB} \quad (6)$$

où:

- $d$ : distance pour laquelle la prévision est demandée (km)
- $d_{inf}$ : distance donnée dans le tableau immédiatement inférieure à  $d$
- $d_{sup}$ : distance donnée dans le tableau immédiatement supérieure à  $d$
- $L_{inf}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant à  $d_{inf}$
- $L_{sup}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant à  $d_{sup}$ .

#### 5 Interpolation de l'affaiblissement de transmission en fonction de la fréquence

Si la fréquence considérée n'est pas l'une des fréquences représentées dans les Figures de la présente Recommandation ou dans les Tableaux, l'affaiblissement de transmission recherché doit être calculé en utilisant la formule suivante:

$$L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB} \quad (7)$$

où:

- $f$ : fréquence pour laquelle la prévision est demandée (MHz)
- $f_{inf}$ : fréquence nominale inférieure
- $f_{sup}$ : fréquence nominale supérieure
- $L_{inf}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant à  $f_{inf}$
- $L_{sup}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant à  $f_{sup}$ .

#### 6 Interpolation de l'affaiblissement de transmission en fonction du pourcentage de temps

Les valeurs de l'affaiblissement de transmission pour un pourcentage de temps donné doivent être calculées par interpolation au moyen de la relation suivante:

$$L = L_{sup}(Q_{inf} - Q_t) / (Q_{inf} - Q_{sup}) + L_{inf}(Q_t - Q_{sup}) / (Q_{inf} - Q_{sup}) \quad \text{dB} \quad (8)$$

où:

- $t$ : pourcentage du temps pour lequel la prévision est demandée
- $t_{inf}$ : pourcentage de temps nominal inférieur
- $t_{sup}$ : pourcentage de temps nominal supérieur
- $Q_t = Q_i (t/100)$
- $Q_{inf} = Q_i (t_{inf}/100)$
- $Q_{sup} = Q_i (t_{sup}/100)$

$L_{inf}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant au pourcentage de temps  $t_{inf}$

$L_{sup}$ : valeur de l'affaiblissement de transmission correspondant au pourcentage de temps  $t_{sup}$

où  $Q_i(x)$  est la fonction de distribution normale cumulative complémentaire inverse décrite au § 7.

## 7 Approximation de la fonction de distribution normale cumulative complémentaire inverse

L'approximation suivante de la fonction de distribution normale cumulative complémentaire inverse,  $Q_i(x)$ , est valable pour  $0,01 \leq x \leq 0,99$ :

$$Q_i(x) = T(x) - \xi(x) \quad \text{si } x \leq 0,5 \quad (9a)$$

$$Q_i(x) = -\{T(1-x) - \xi(1-x)\} \quad \text{si } x > 0,5 \quad (9b)$$

où:

$$T(x) = \sqrt{[-2 \ln(x)]} \quad (9c)$$

$$\xi(x) = \frac{[(C_2 \cdot T(x) + C_1) \cdot T(x)] + C_0}{[(D_3 \cdot T(x) + D_2) \cdot T(x) + D_1] \cdot T(x) + 1} \quad (9d)$$

$$C_0 = 2,515517$$

$$C_1 = 0,802853$$

$$C_2 = 0,010328$$

$$D_1 = 1,432788$$

$$D_2 = 0,189269$$

$$D_3 = 0,001308$$

Les valeurs obtenues au moyen des formules ci-dessus sont données dans le Tableau 1.



TABLEAU 1  
Valeurs approximatives de la distribution normale  
cumulative complémentaire inverse

$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$	$q\%$	$Q_i(q/100)$
1	2,327	26	0,643	51	-0,025	76	-0,706
2	2,054	27	0,612	52	-0,050	77	-0,739
3	1,881	28	0,582	53	-0,075	78	-0,772
4	1,751	29	0,553	54	-0,100	79	-0,806
5	1,645	30	0,524	55	-0,125	80	-0,841
6	1,555	31	0,495	56	-0,151	81	-0,878
7	1,476	32	0,467	57	-0,176	82	-0,915
8	1,405	33	0,439	58	-0,202	83	-0,954
9	1,341	34	0,412	59	-0,227	84	-0,994
10	1,282	35	0,385	60	-0,253	85	-1,036
11	1,227	36	0,358	61	-0,279	86	-1,080
12	1,175	37	0,331	62	-0,305	87	-1,126
13	1,126	38	0,305	63	-0,331	88	-1,175
14	1,080	39	0,279	64	-0,358	89	-1,227
15	1,036	40	0,253	65	-0,385	90	-1,282
16	0,994	41	0,227	66	-0,412	91	-1,341
17	0,954	42	0,202	67	-0,439	92	-1,405
18	0,915	43	0,176	68	-0,467	93	-1,476
19	0,878	44	0,151	69	-0,495	94	-1,555
20	0,841	45	0,125	70	-0,524	95	-1,645
21	0,806	46	0,100	71	-0,553	96	-1,751
22	0,772	47	0,075	72	-0,582	97	-1,881
23	0,739	48	0,050	73	-0,612	98	-2,054
24	0,706	49	0,025	74	-0,643	99	-2,327
25	0,674	50	0,000	75	-0,674		

## 8 Procédure d'interpolation des valeurs données dans la présente Recommandation

La procédure pas à pas ci-dessous est destinée à être appliquée à des valeurs extraites des tableaux donnant le champ en fonction de la distance et qui sont disponibles auprès du BR. Elle peut cependant être appliquée à des valeurs extraites des courbes.

*Etape 1:* Pour tout pourcentage de temps donné, déterminer les deux pourcentages de temps nominaux comme suit:

- enregistrer le pourcentage de temps nominal le plus proche au-dessous du pourcentage de temps spécifié (soit la valeur nominale inférieure,  $t_{inf}$ );
- enregistrer le pourcentage de temps nominal le plus proche au-dessus du pourcentage de temps spécifié (soit la valeur nominale supérieure,  $t_{sup}$ ).

Si le pourcentage de temps spécifié est égal à 1%, 5%, 10%, 50%, ou 95%, cette valeur doit être considérée comme étant le pourcentage nominal inférieur et le processus d'interpolation indiqué à l'Etape 8 ne doit pas être appliqué.

*Etape 2:* Pour toute fréquence spécifiée, déterminer les deux fréquences nominales comme suit:

- enregistrer la fréquence nominale la plus proche au-dessous de la fréquence spécifiée (soit la valeur nominale inférieure,  $f_{inf}$ );
- enregistrer la fréquence nominale la plus proche au-dessus de la fréquence spécifiée (soit la valeur nominale supérieure,  $f_{sup}$ ).

Si la fréquence spécifiée est égale à l'une des fréquences apparaissant dans les graphiques ou dans le tableau, cette valeur doit être considérée comme étant la fréquence nominale inférieure et le processus d'interpolation de l'Etape 7 ne doit pas être utilisé.

*Etape 3:* Pour toute distance spécifiée, déterminer les deux distances nominales comme suit:

- enregistrer la distance nominale la plus proche au-dessous de la distance spécifiée (soit la valeur nominale inférieure,  $d_{inf}$ );
- enregistrer la distance nominale la plus proche au-dessus de la distance spécifiée (soit la valeur nominale supérieure,  $d_{sup}$ ).

Si la distance spécifiée est égale à l'une des distances apparaissant dans les graphiques ou dans le tableau, cette valeur doit être considérée comme étant la distance nominale inférieure et le processus d'interpolation de l'Etape 7 ne doit pas être utilisé.

*Etape 4:* Pour le pourcentage de temps nominal inférieur, suivre les Etapes 5 à 8.

*Etape 5:* Pour la fréquence nominale inférieure, suivre les Etapes 6 et 7.

*Etape 6:* Déterminer l'affaiblissement de transmission pour la distance et la hauteur d'antenne d'émission/de base spécifiées, comme suit:

*Etape 6.1:* Déterminer les valeurs nominales de  $h_2$  inférieures et supérieures au moyen de la méthode donnée au § 3 de l'Annexe 2. Si  $h_2$  coïncide avec l'une des valeurs nominales données dans les graphiques ou dans les tableaux, cette valeur doit être prise comme la valeur nominale inférieure de  $h_2$  et le processus d'interpolation de l'Etape 6.9 ne doit pas être appliqué.

*Etape 6.2:* Déterminer les valeurs nominales de  $h_1$  inférieures et supérieures au moyen de la méthode donnée au § 3 de l'Annexe 2. Si  $h_1$  coïncide avec l'une des valeurs nominales données dans les graphiques ou dans les tableaux, cette valeur doit être prise comme la valeur nominale inférieure de  $h_1$  et le processus d'interpolation de l'Etape 6.8 ne doit pas être appliqué.

*Etape 6.3:* Pour la valeur nominale inférieure de  $h_2$ , suivre les Etapes 6.4 à 6.6.

*Etape 6.4:* Pour la valeur nominale inférieure de  $h_1$ , suivre les Etapes 6.5 et 6.6.

*Etape 6.5:* Pour la valeur nominale inférieure de la distance, suivre l'Etape 6.6.

*Etape 6.6:* Déterminer la valeur de l'affaiblissement de transmission pour les valeurs spécifiées de la distance  $d$  et de la hauteur  $h_1$  de l'antenne d'émission/de base.

*Etape 6.7:* Si la distance spécifiée ne coïncide pas avec la distance nominale inférieure, répéter l'Etape 6.6 pour la distance nominale supérieure et effectuer l'interpolation des deux valeurs de l'affaiblissement de transmission pour la distance considérée au moyen de la méthode donnée au § 4 de l'Annexe 2.

*Etape 6.8:* Si la hauteur d'antenne spécifiée,  $h_1$ , ne coïncide pas avec l'une des valeurs nominales, répéter les Etapes 6.5 à 6.7 et effectuer l'interpolation des deux valeurs de l'affaiblissement de transmission pour  $h_1$  au moyen de la méthode donnée au § 3 de l'Annexe 2.

*Etape 6.9:* Si la hauteur d'antenne spécifiée,  $h_2$ , ne coïncide pas avec l'une des valeurs nominales, répéter les Etapes 6.5 à 6.8 et effectuer l'interpolation des deux valeurs de l'affaiblissement de transmission pour  $h_2$  au moyen de la méthode donnée au § 3 de l'Annexe 2.

*Etape 7:* Si la fréquence spécifiée ne coïncide pas avec la fréquence nominale inférieure, répéter l'Etape 6 pour la fréquence nominale supérieure et effectuer l'interpolation des deux valeurs de l'affaiblissement de transmission au moyen de la méthode donnée au § 5 de l'Annexe 2.

*Etape 8:* Si le pourcentage de temps spécifié ne coïncide pas avec le pourcentage de temps nominal inférieur, répéter les Etapes 5 à 7 pour le pourcentage de temps nominal supérieur et effectuer l'interpolation des deux valeurs de l'affaiblissement de transmission au moyen de la méthode donnée au § 6 de l'Annexe 2.

*Etape 9:* Au besoin, convertir l'affaiblissement de transmission en champ équivalent pour le trajet au moyen de la méthode donnée au § 2 de l'Annexe 2.

## Annexe 3

### Description des courbes

Les courbes pour les services aéronautiques sont contenues dans les Fig. 1-1 à 8-5. Il convient de noter les points suivants:

**1** Les Figures 1-1 à 8-5 donnent les valeurs médianes de l'affaiblissement de transmission de référence  $L_b$  pour chacune des valeurs suivantes  $L_b(0,01)$ ,  $L_b(0,05)$ ,  $L_b(0,10)$ ,  $L_b(0,50)$ , et  $L_b(0,95)$  pour les fréquences 125, 300, 600, 1 200, 2 400, 5 100, 9 400 et 15 500 MHz. Ces valeurs d'affaiblissement correspondent à des temps de disponibilité de 1, 5, 10, 50 et 95%. Par exemple,  $L_b(0,95) = 200$  dB signifie que l'affaiblissement de transmission de référence est égal ou inférieur à 200 dB pendant 95% du temps.

**2** Chaque figure comporte trois jeux de courbes (en haut, au milieu et en bas) correspondant respectivement à des valeurs  $h_2$  de 1 000, 10 000 et 20 000 m.

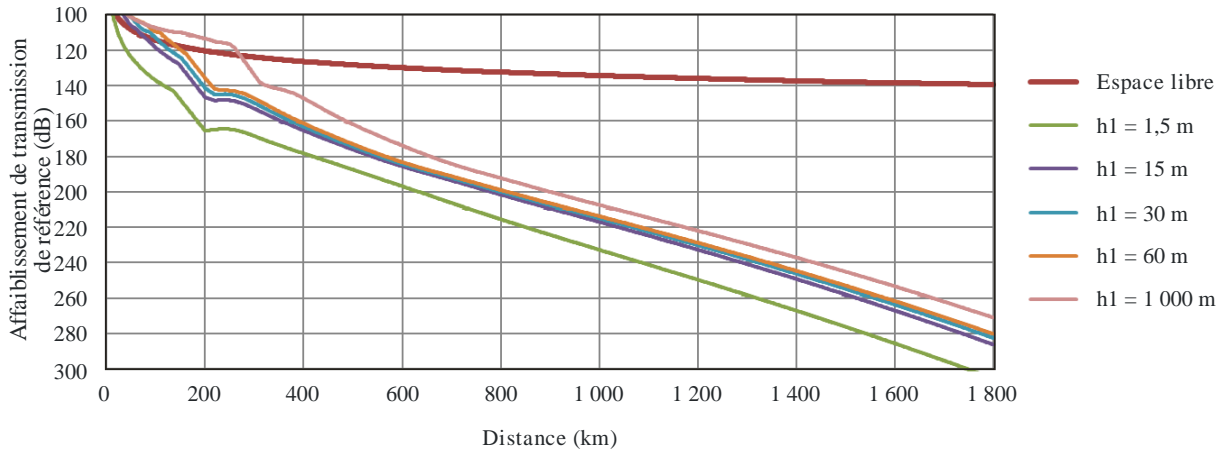
**3** Les hauteurs d'antenne  $h_1$  indiquées vont de 1,5 m à 20 000 m (il s'agit aussi bien des stations au sol que des aéronefs en vol).

**4** L'élaboration et l'application de ces courbes sont examinées dans l'Annexe 1.

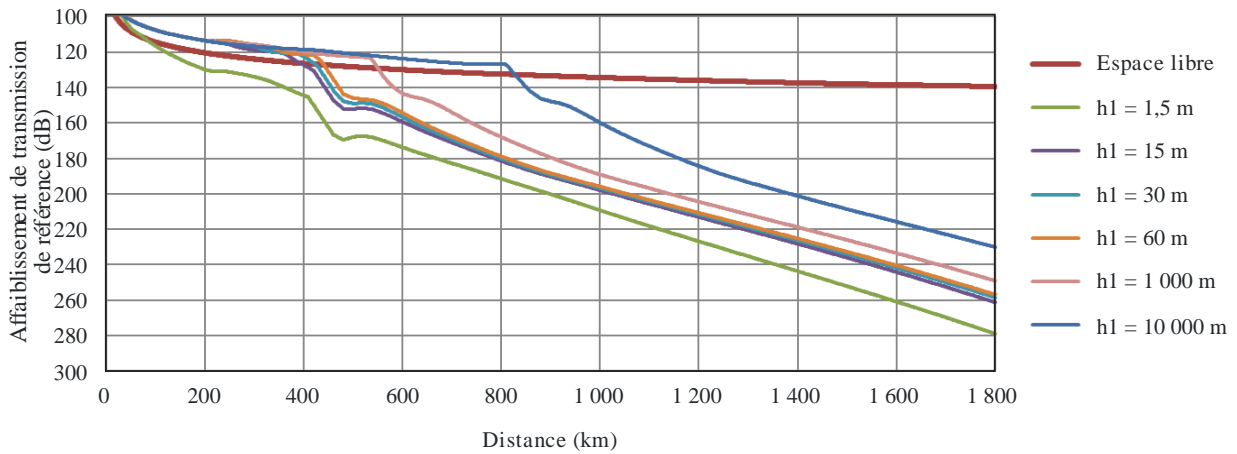
**5** Pour une distance nulle,  $L_b(0,50)$  est simplement la valeur en espace libre correspondant à une longueur de trajet égale à la différence de hauteur entre les antennes. Les courbes pour l'espace libre ont été calculées pour une différence de hauteur de 19 985 m.

FIGURE 1-1

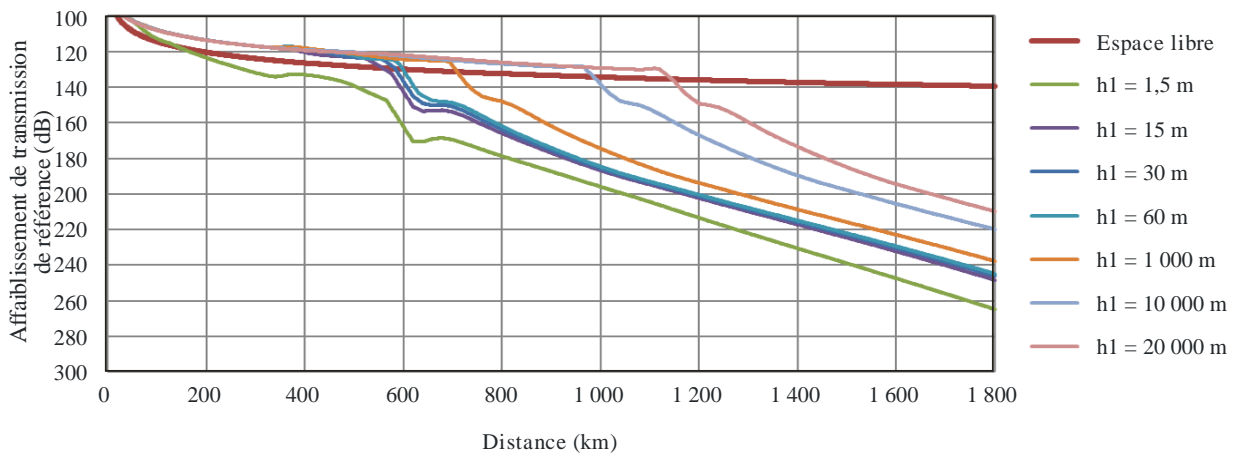
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 125 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



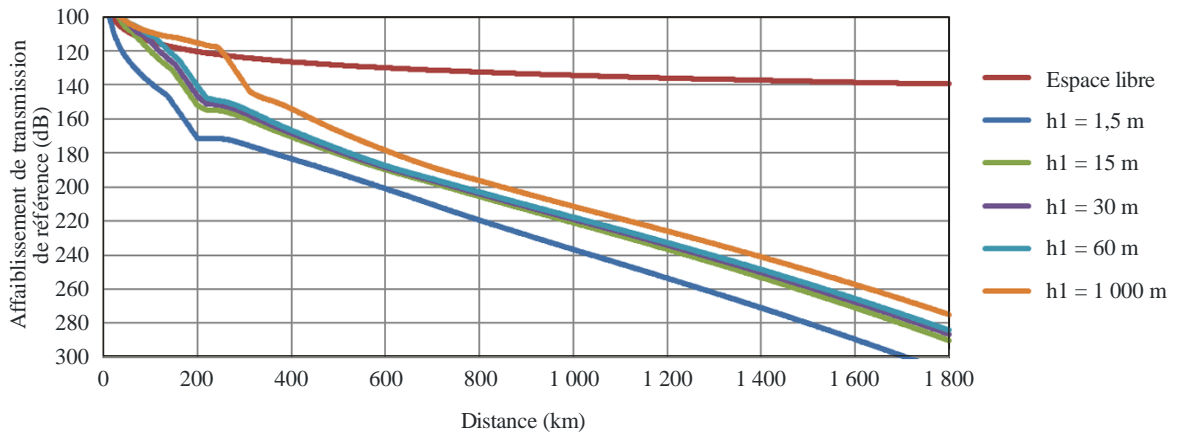
b)  $h_2 = 10000$  m



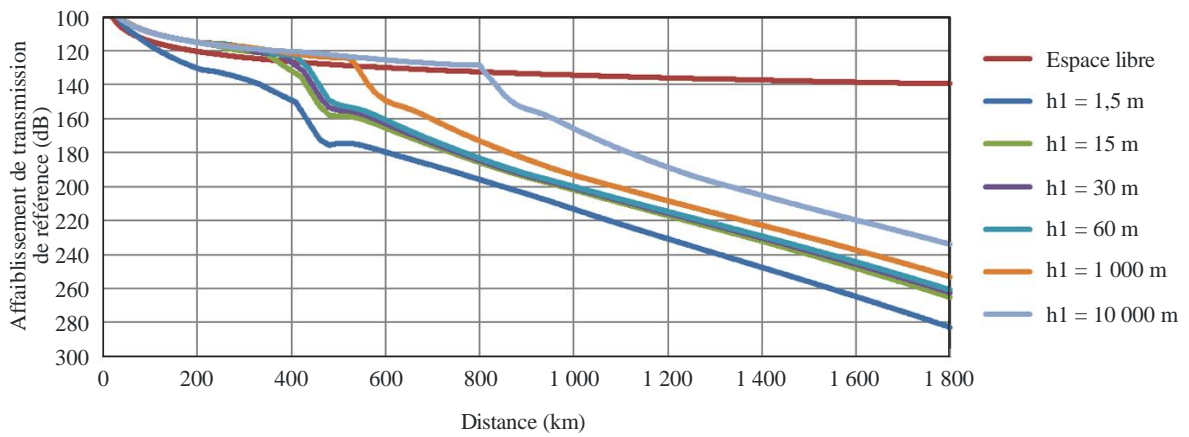
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 1-2

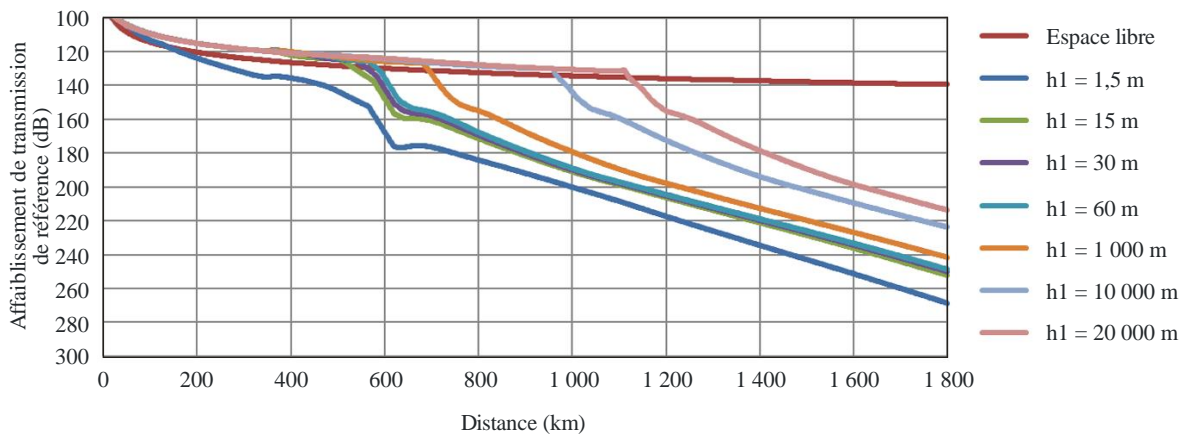
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 125 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



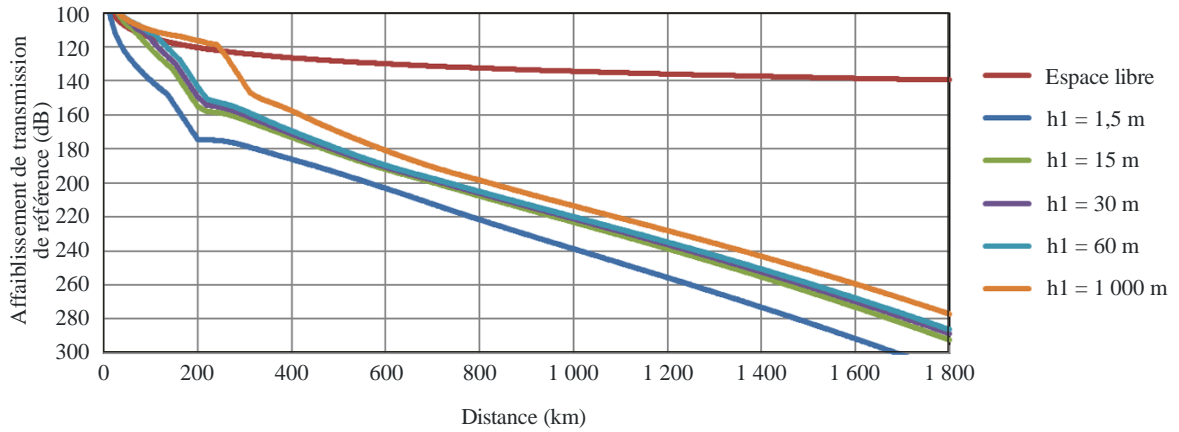
b)  $h_2 = 10000$  m



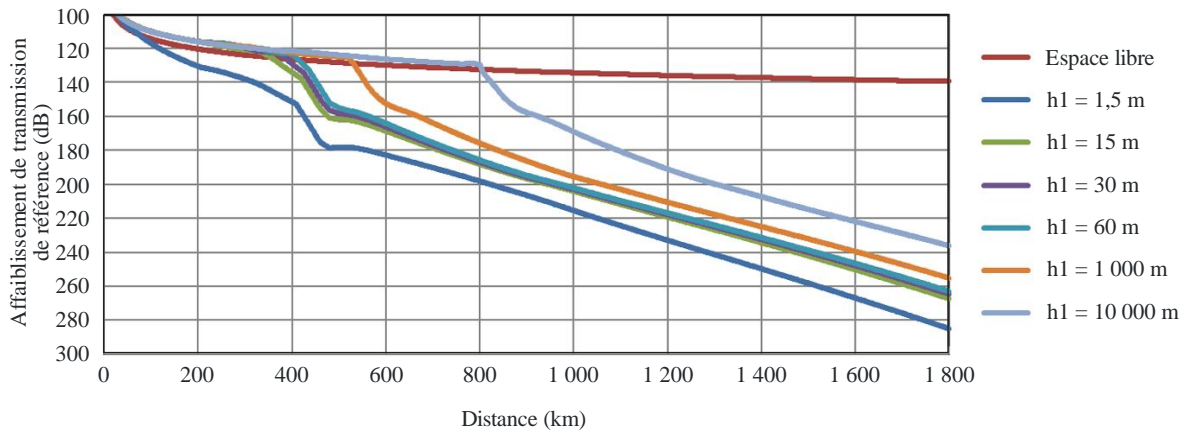
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 1-3

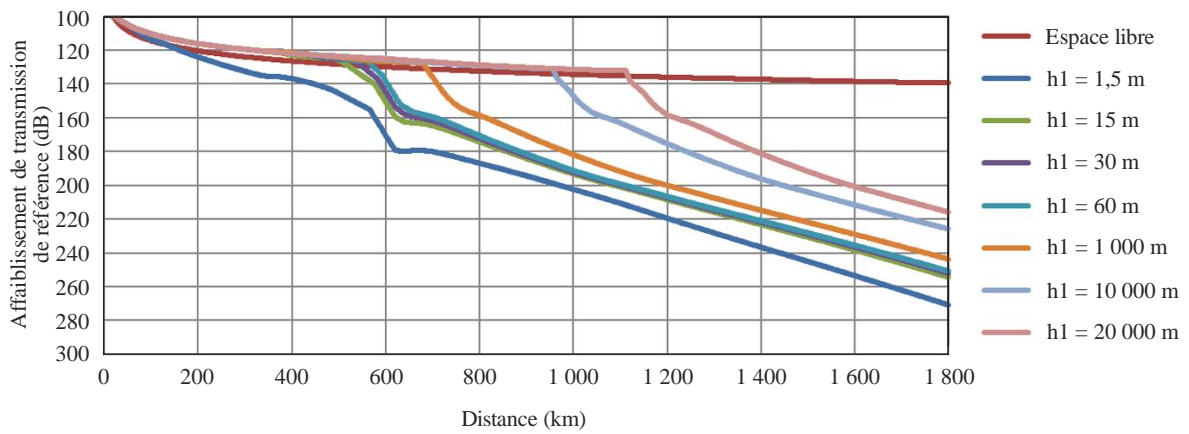
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 125 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



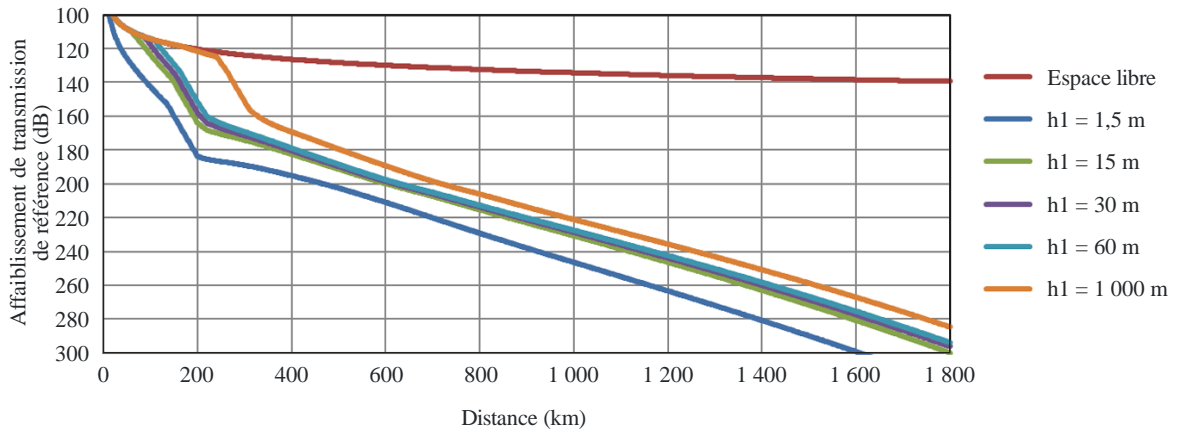
b)  $h_2 = 10000$  m



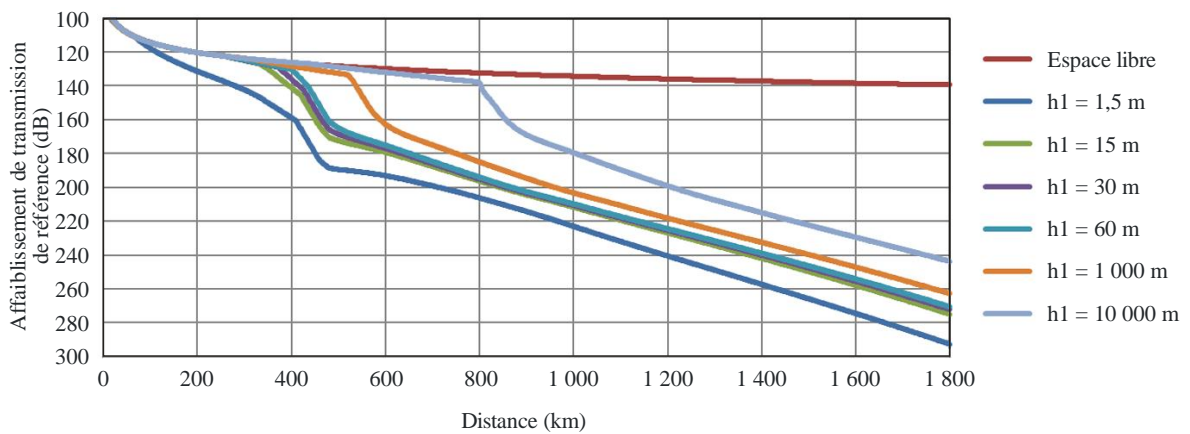
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 1-4

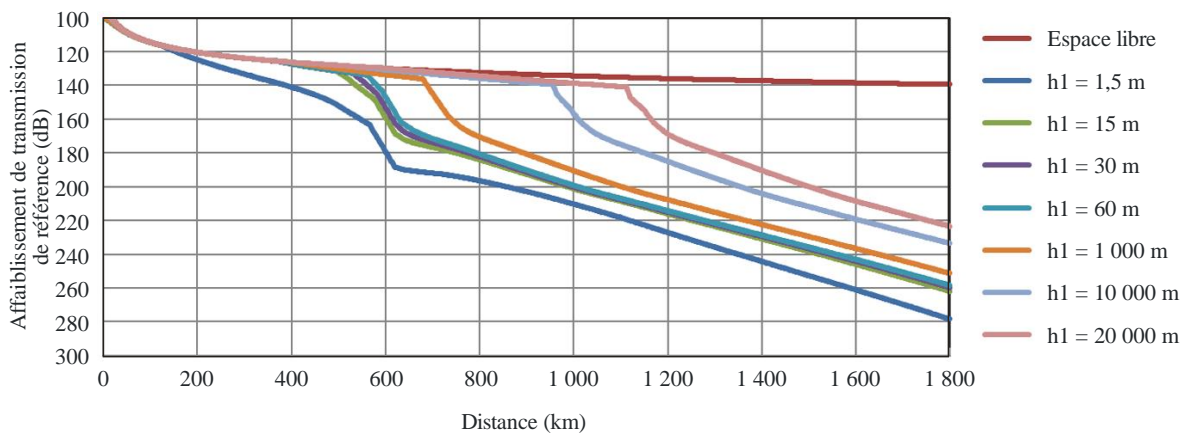
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 125 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\ 000$  m



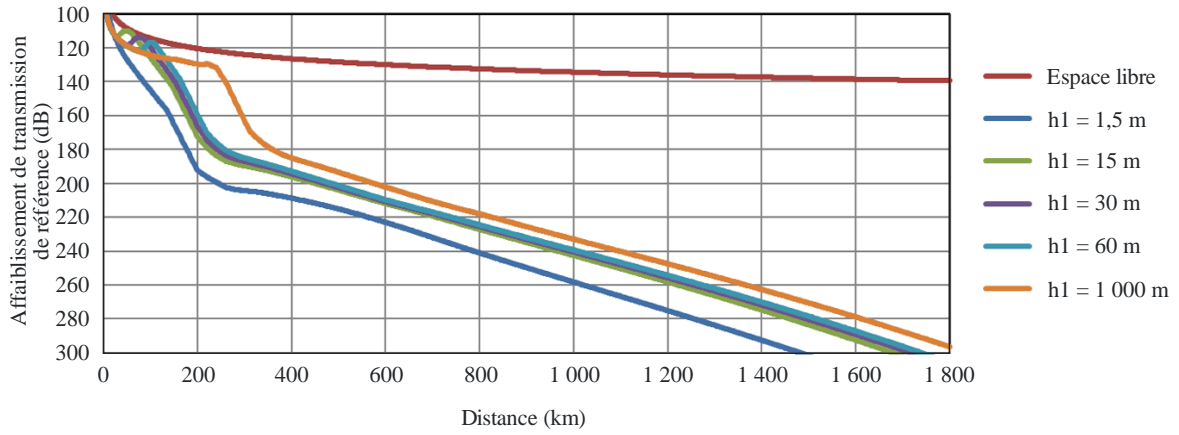
b)  $h_2 = 10\ 000$  m



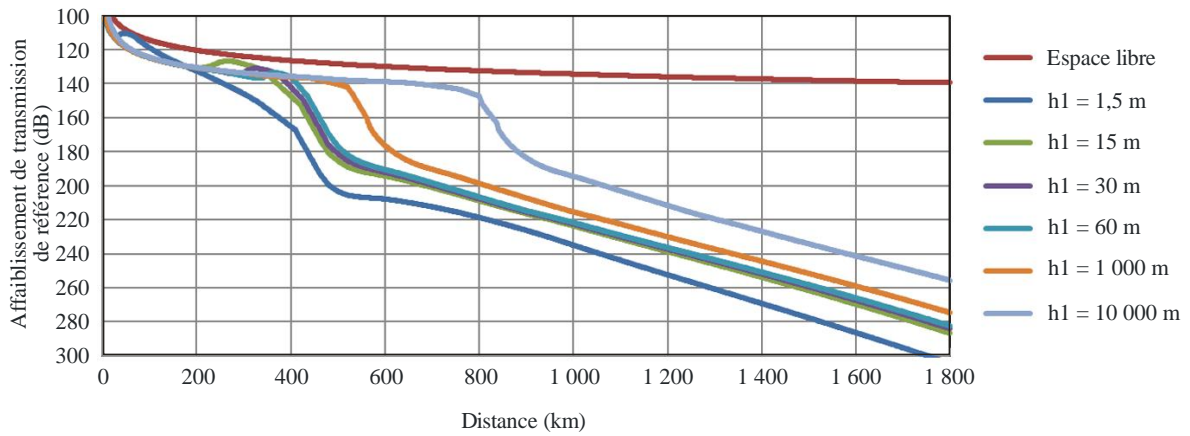
c)  $h_2 = 20\ 000$  m

FIGURE 1-5

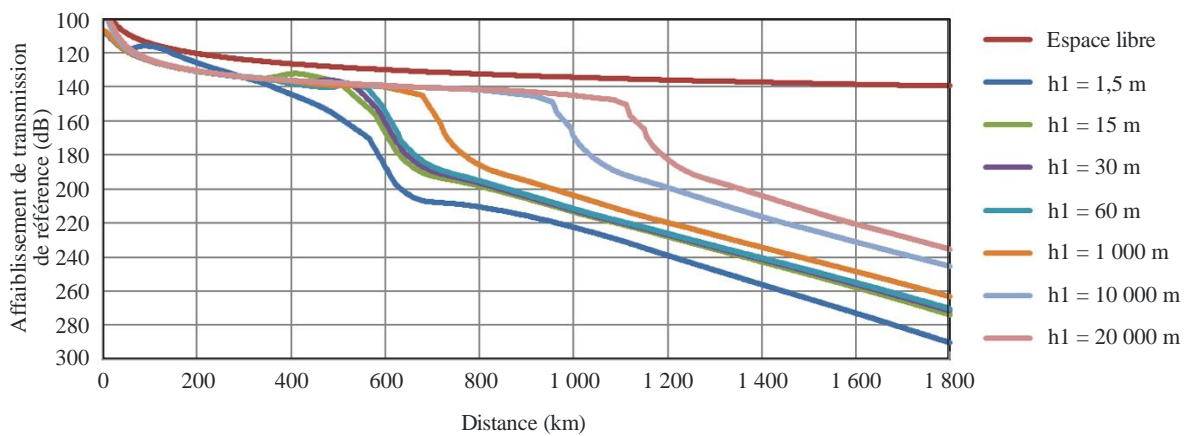
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 125 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\ 000$  m



b)  $h_2 = 10\ 000$  m

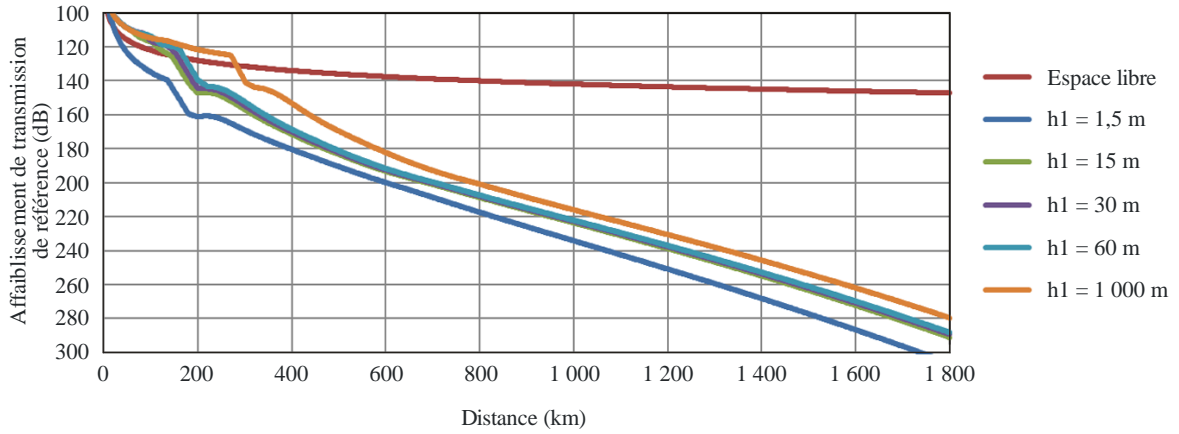


c)  $h_2 = 20\ 000$  m

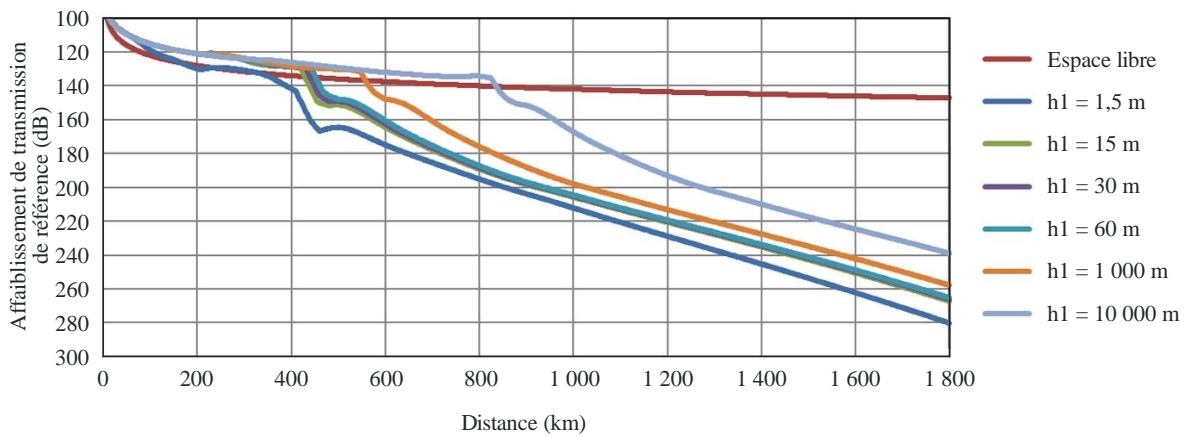


FIGURE 2-1

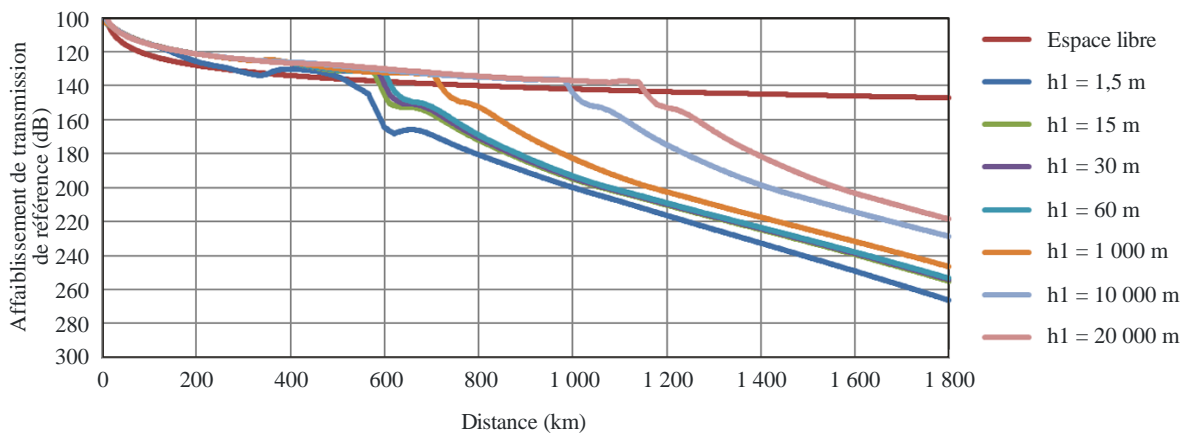
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 300 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



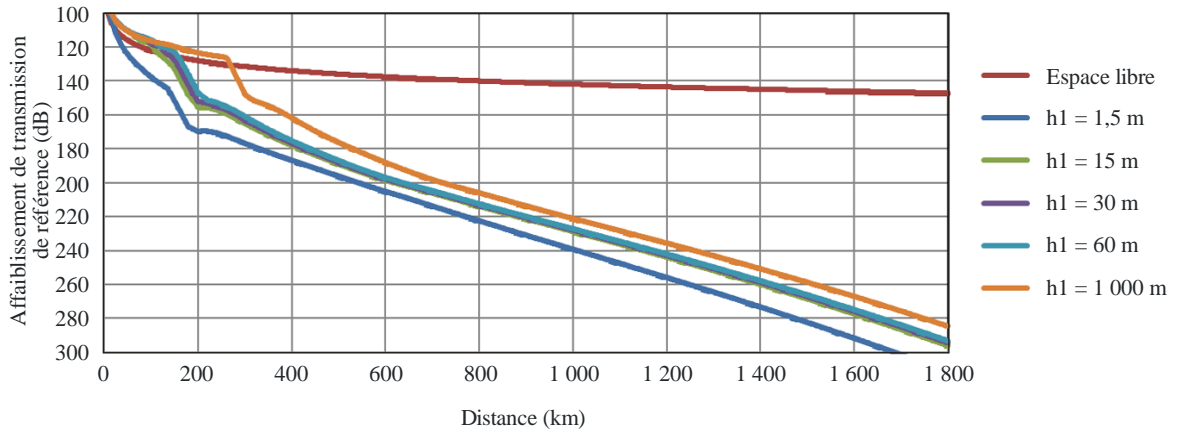
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



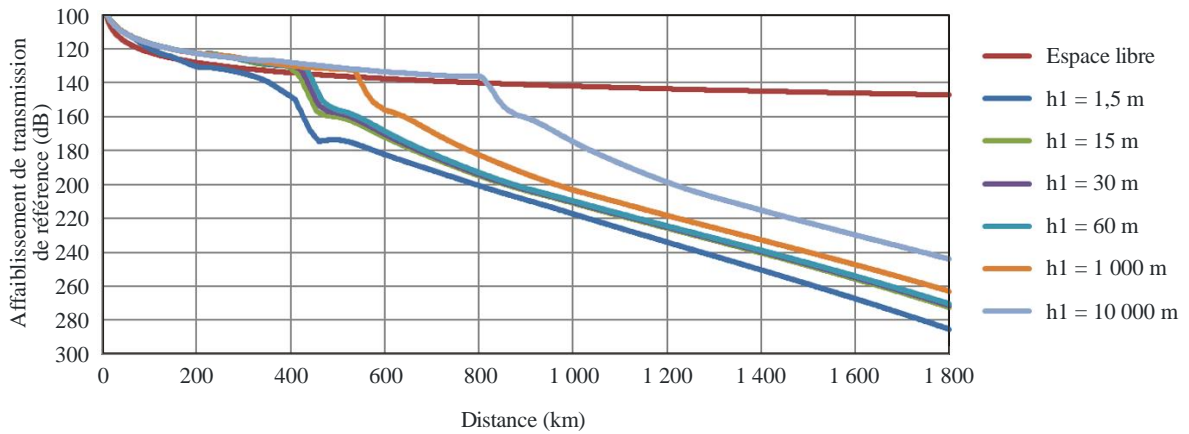
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 2-2

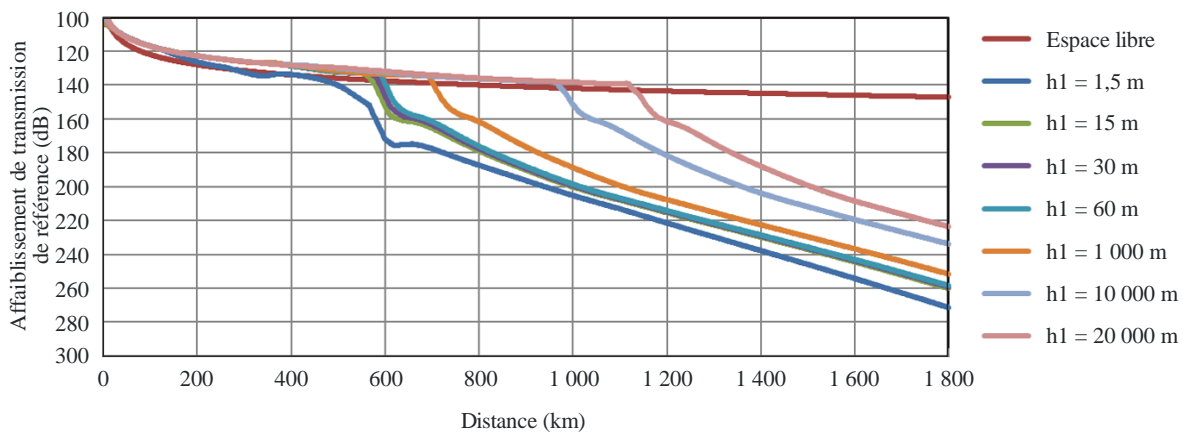
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 300 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



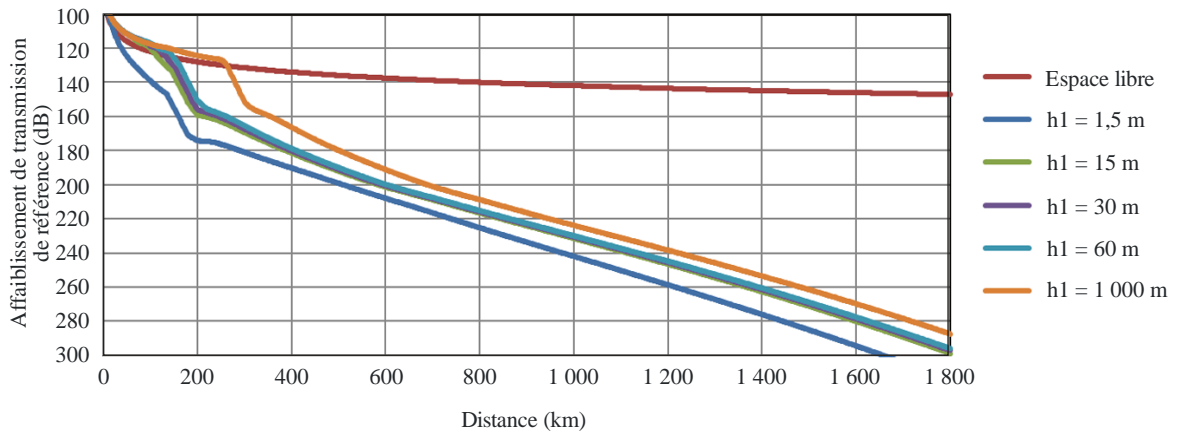
b)  $h_2 = 10000$  m



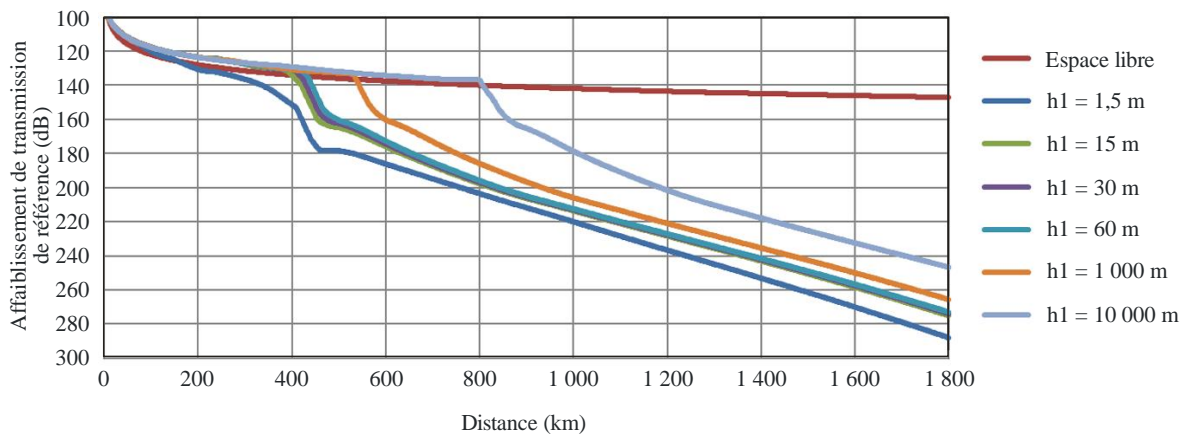
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 2-3

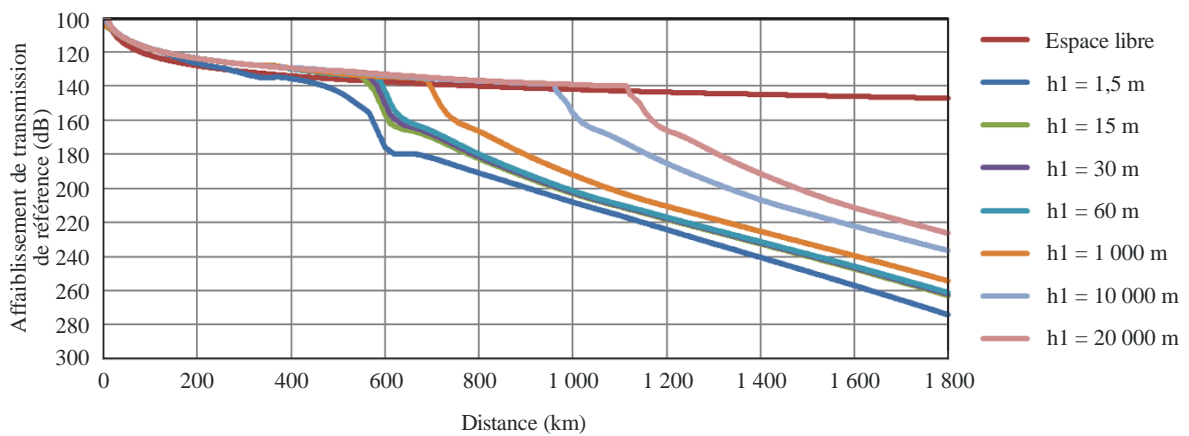
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 300 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



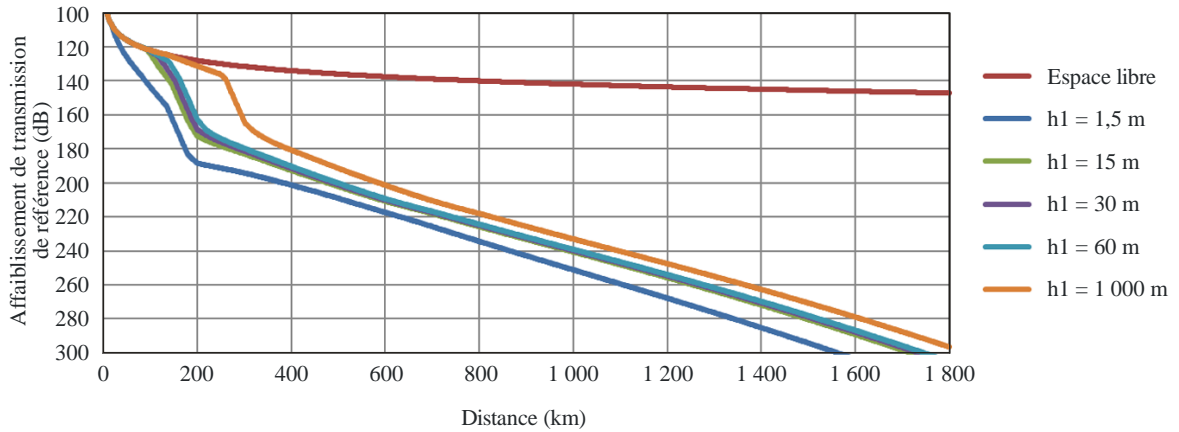
b)  $h_2 = 10000$  m



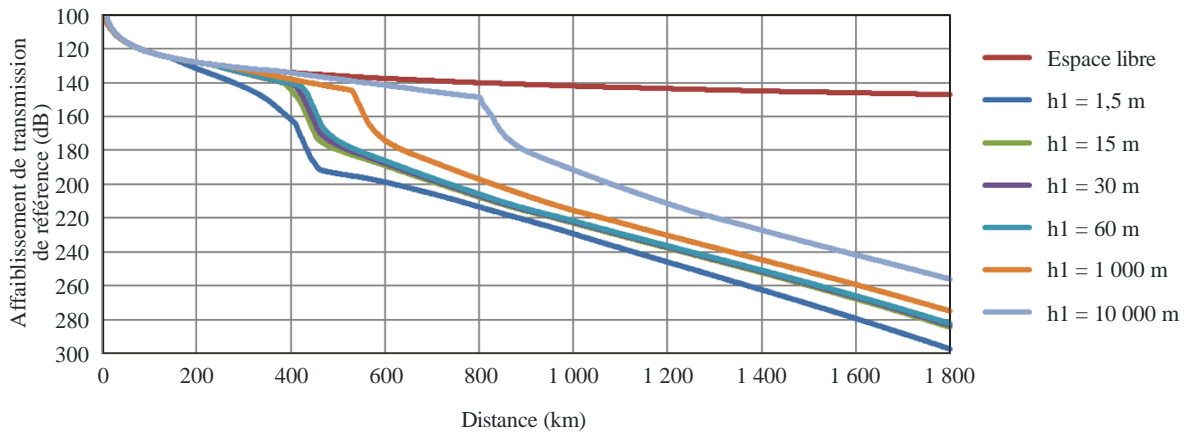
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 2-4

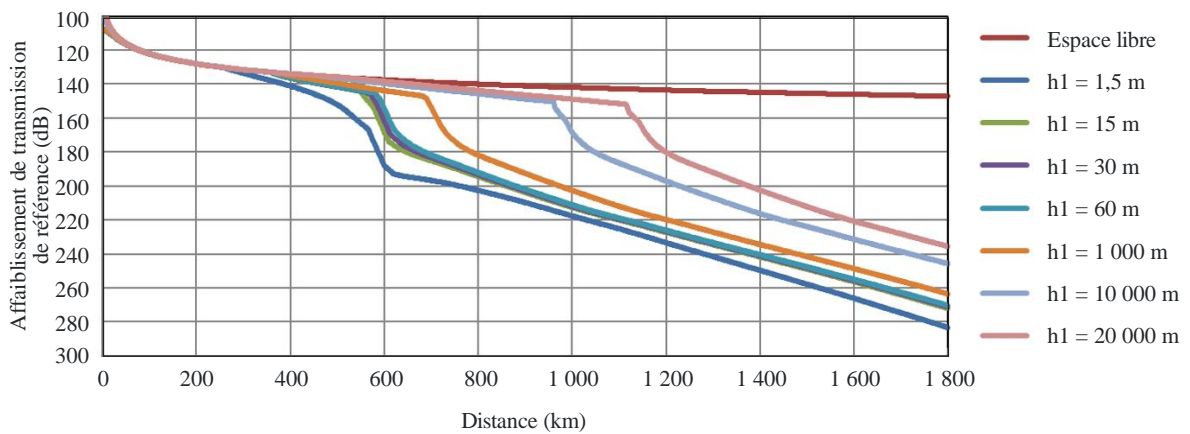
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 300 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



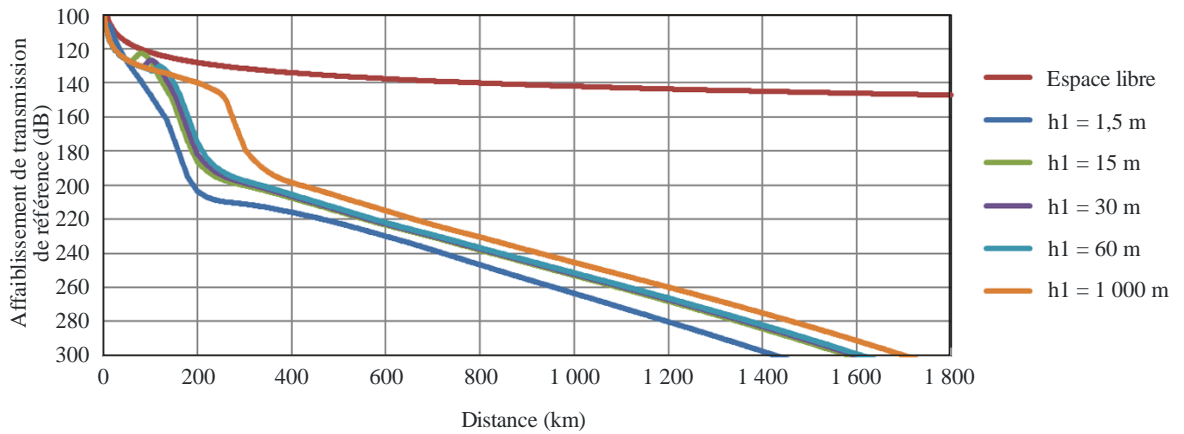
b)  $h_2 = 10000$  m



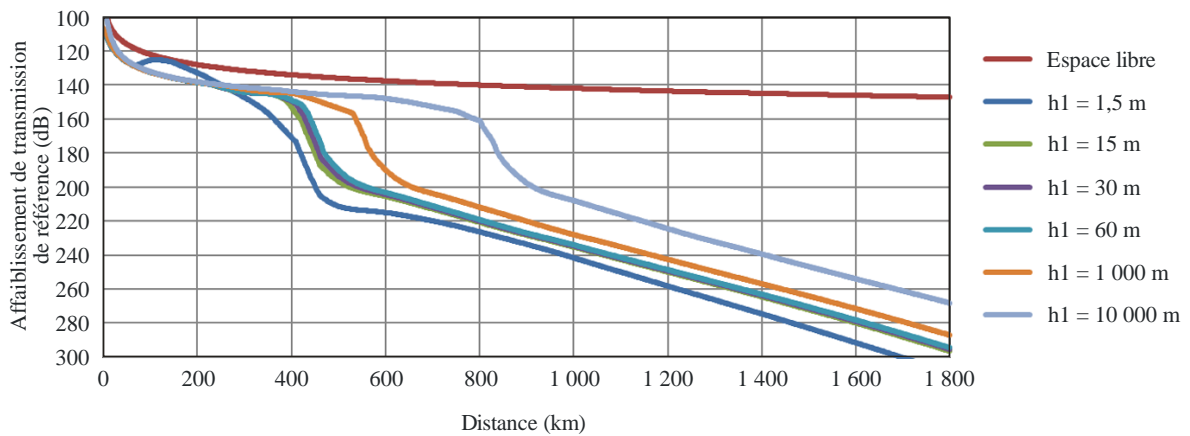
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 2-5

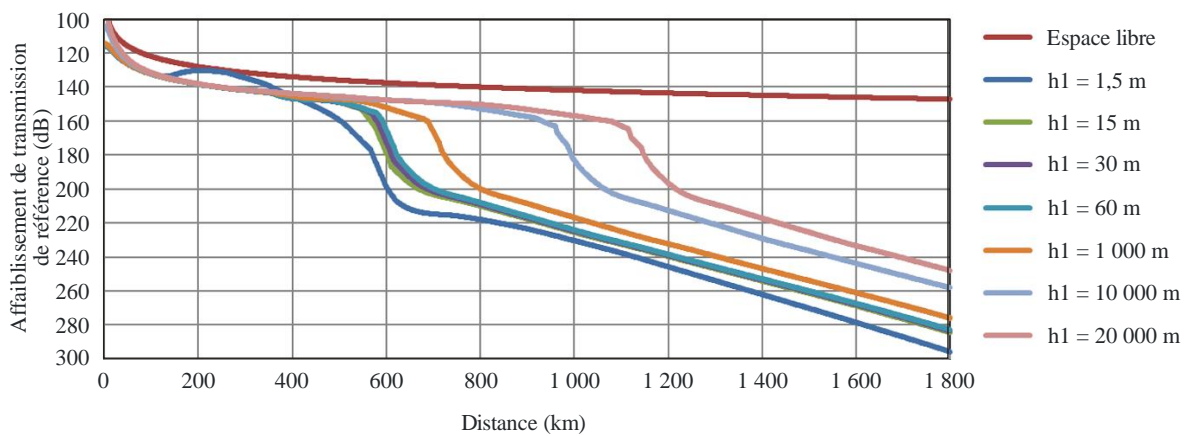
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 300 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



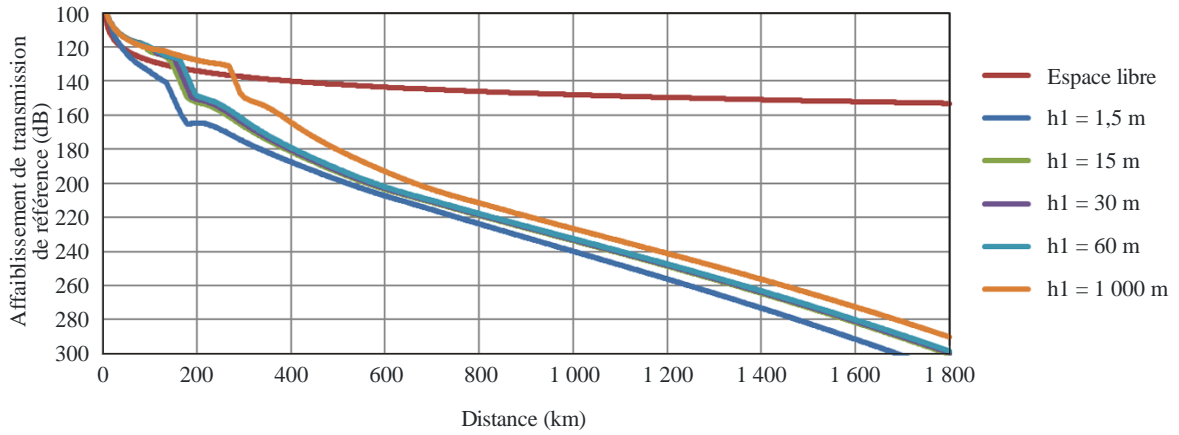
b)  $h_2 = 10000$  m



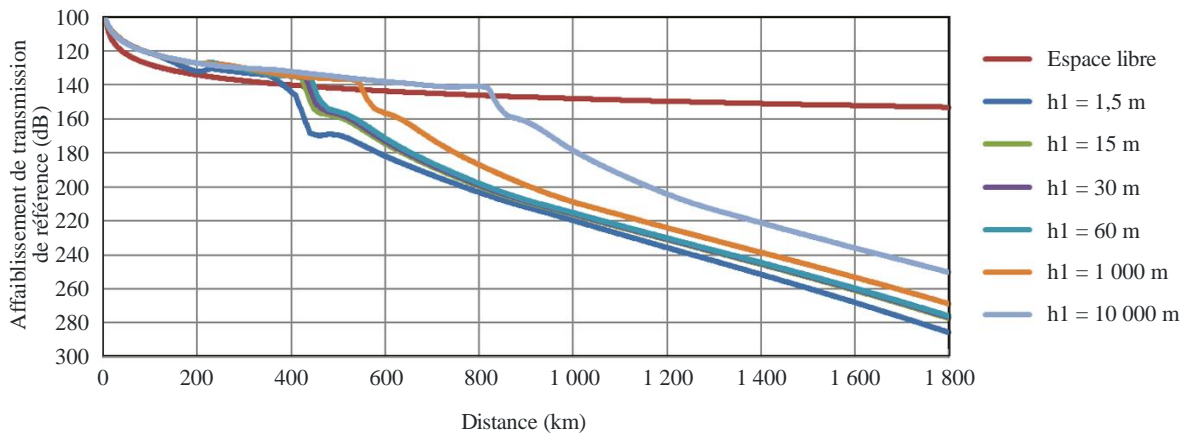
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 3-1

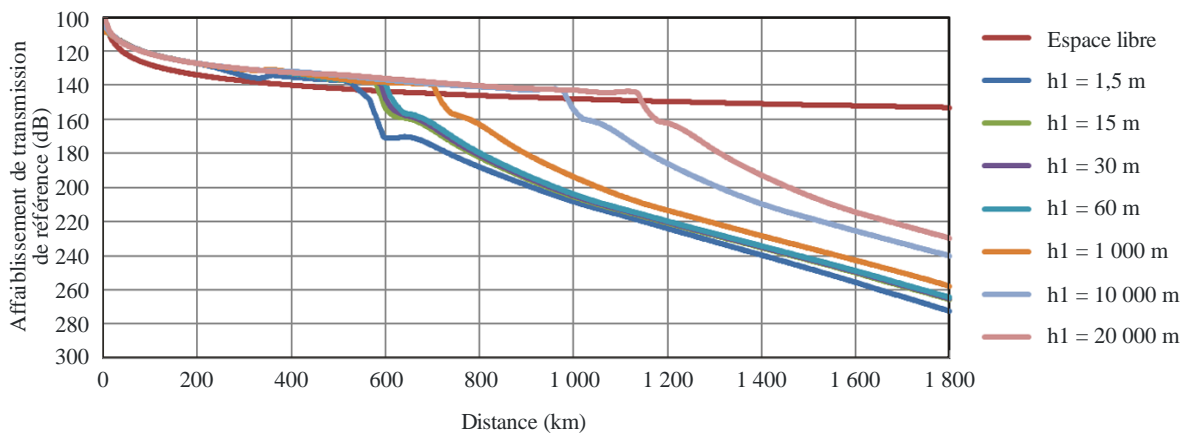
**Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 600 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1**



**a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$**



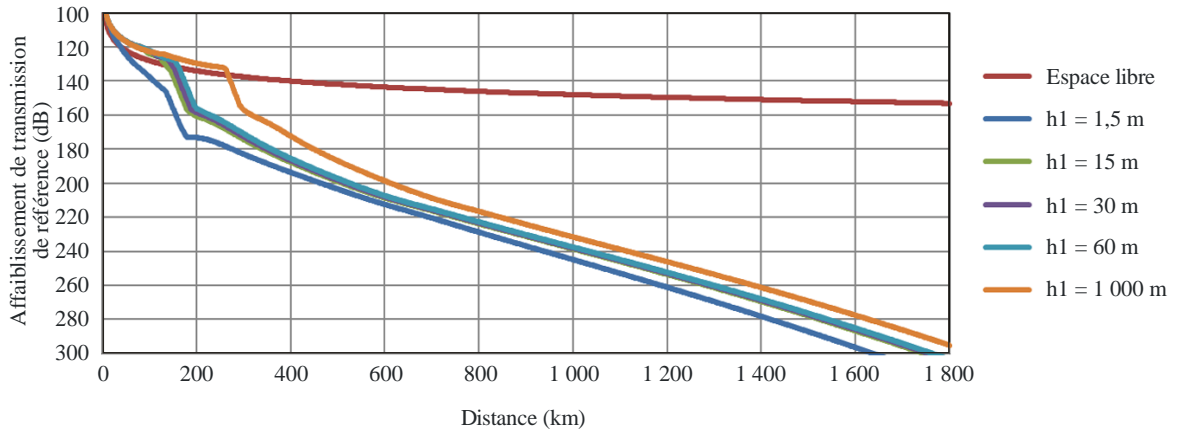
**b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$**



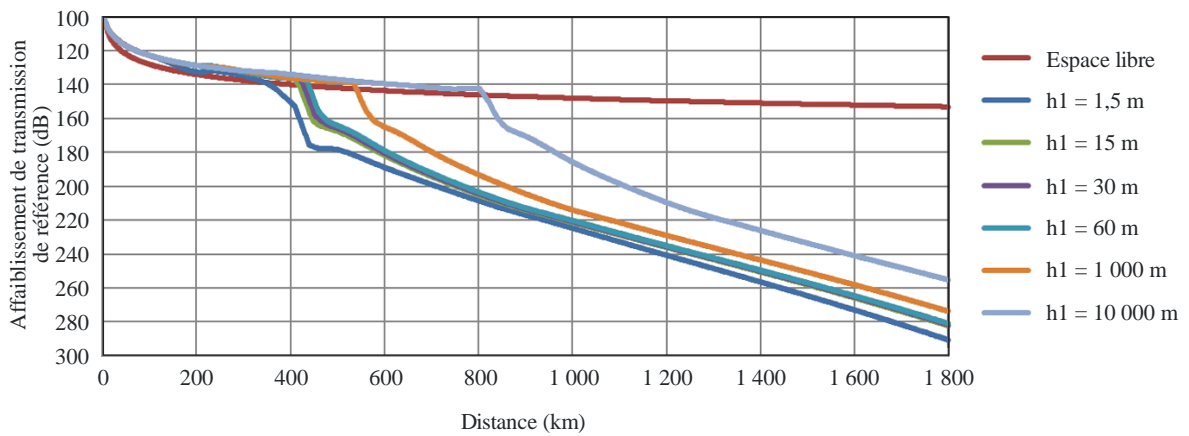
**c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$**

FIGURE 3-2

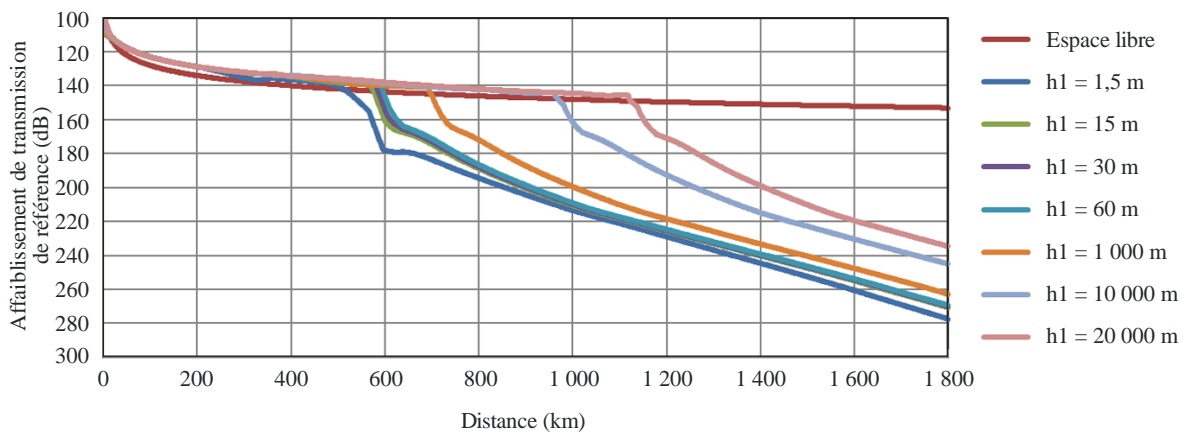
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 600 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



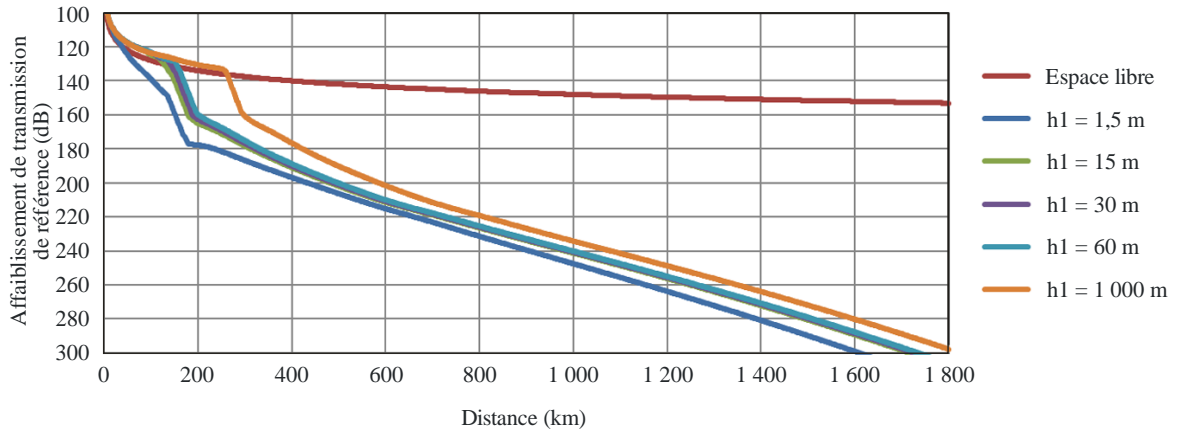
b)  $h_2 = 10000$  m



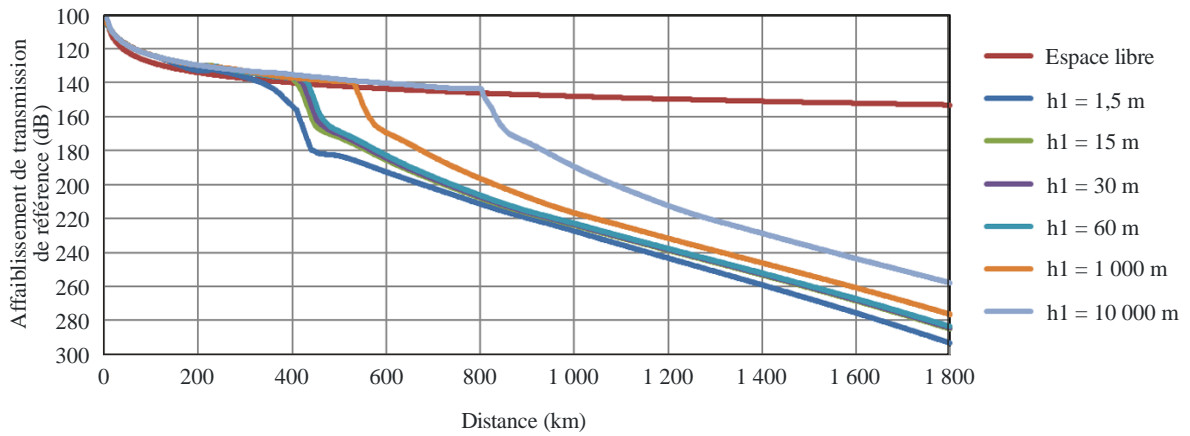
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 3-3

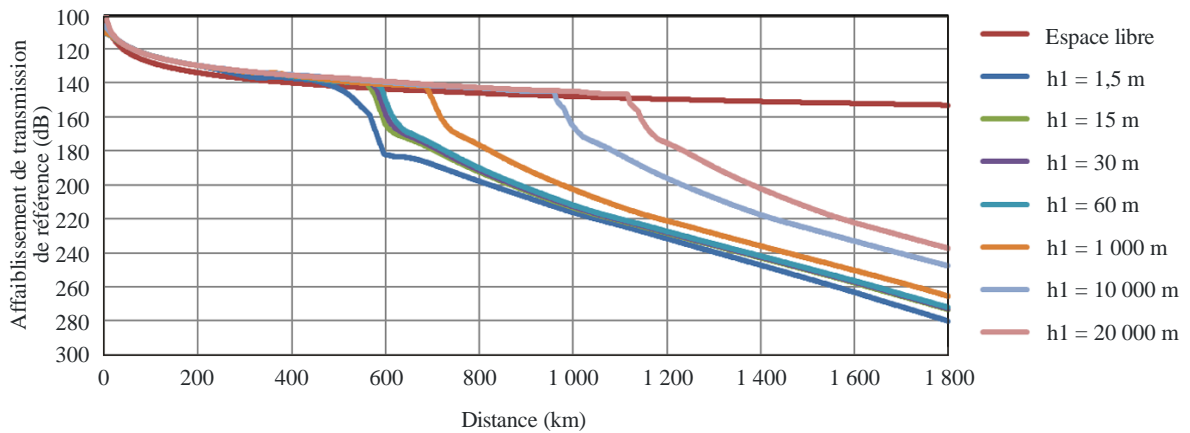
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 600 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



b)  $h_2 = 10000$  m

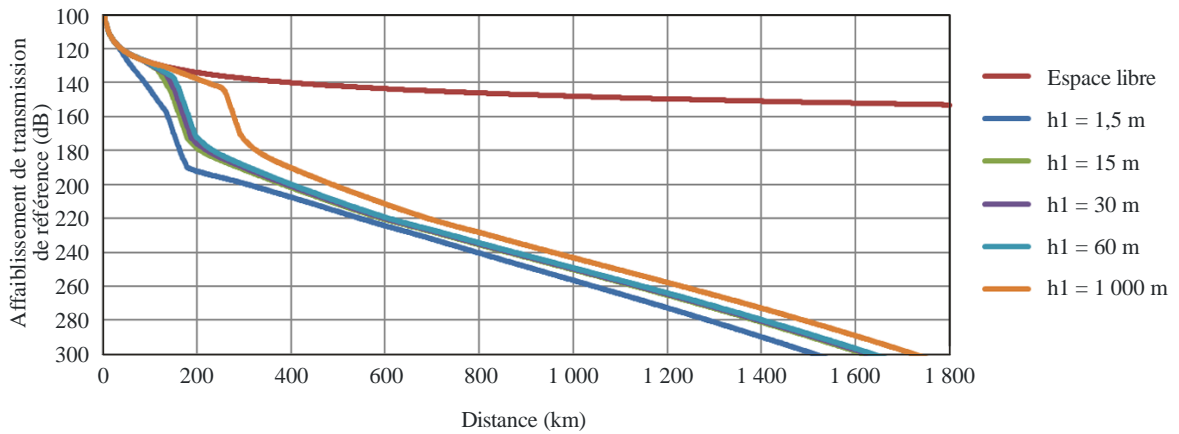


c)  $h_2 = 20000$  m

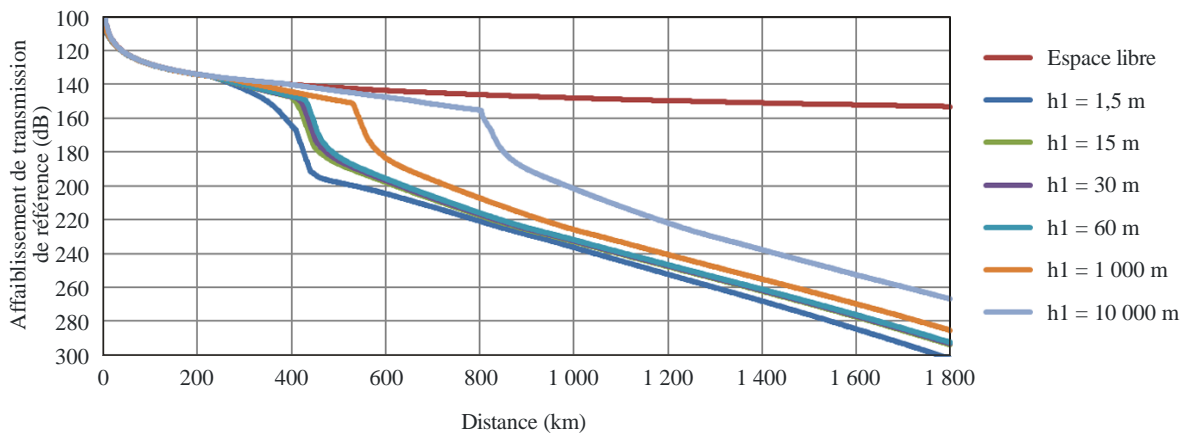


FIGURE 3-4

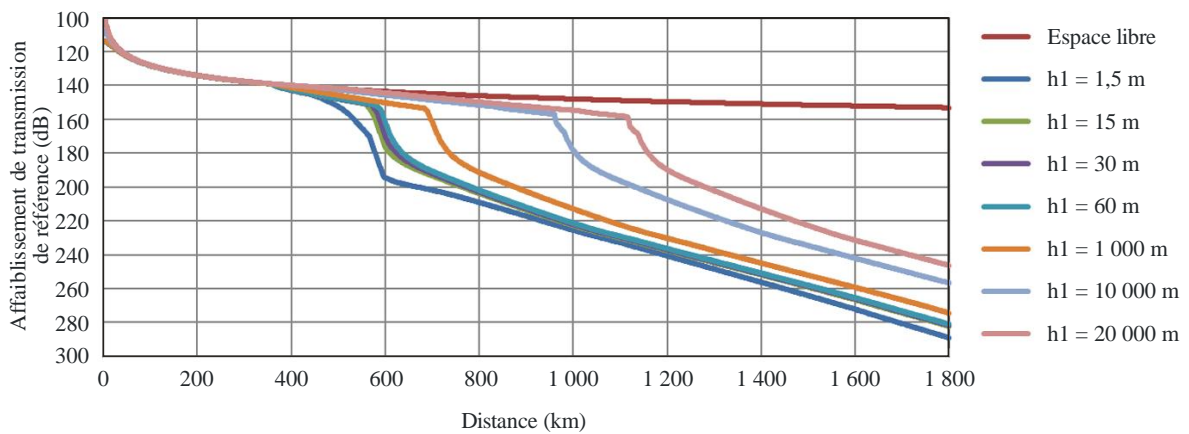
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 600 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



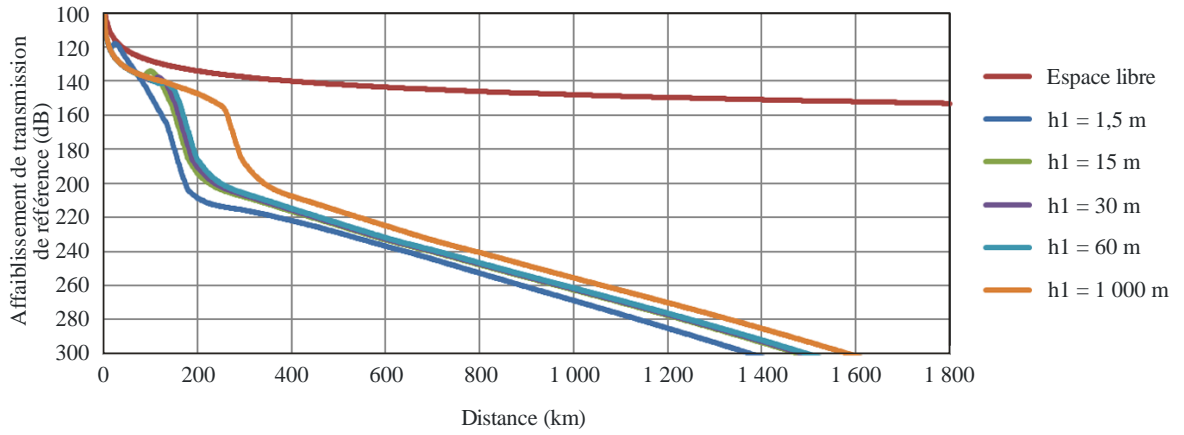
b)  $h_2 = 10000$  m



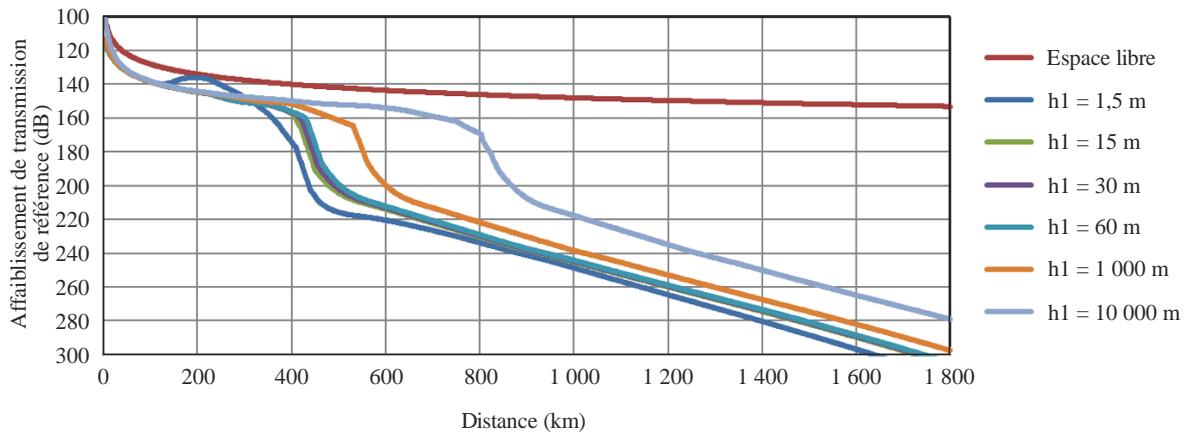
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 3-5

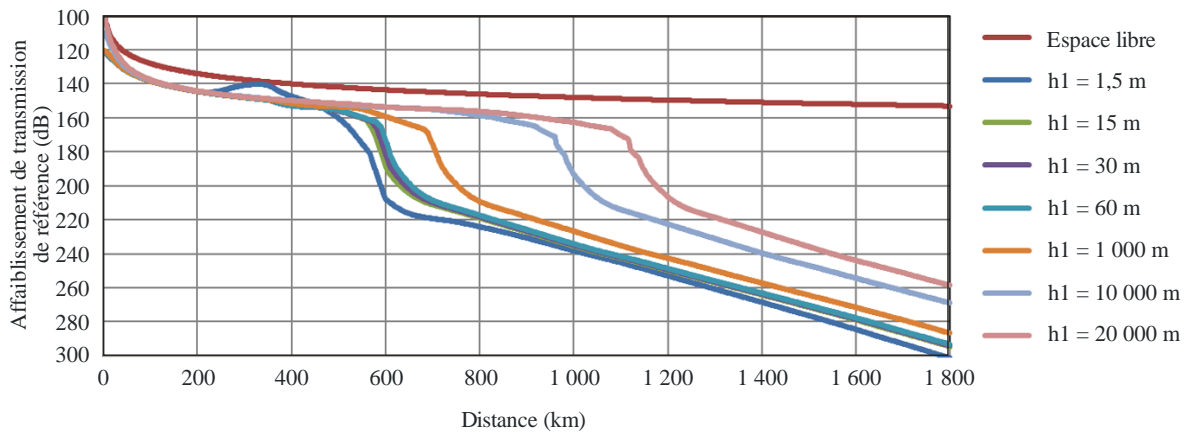
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 600 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



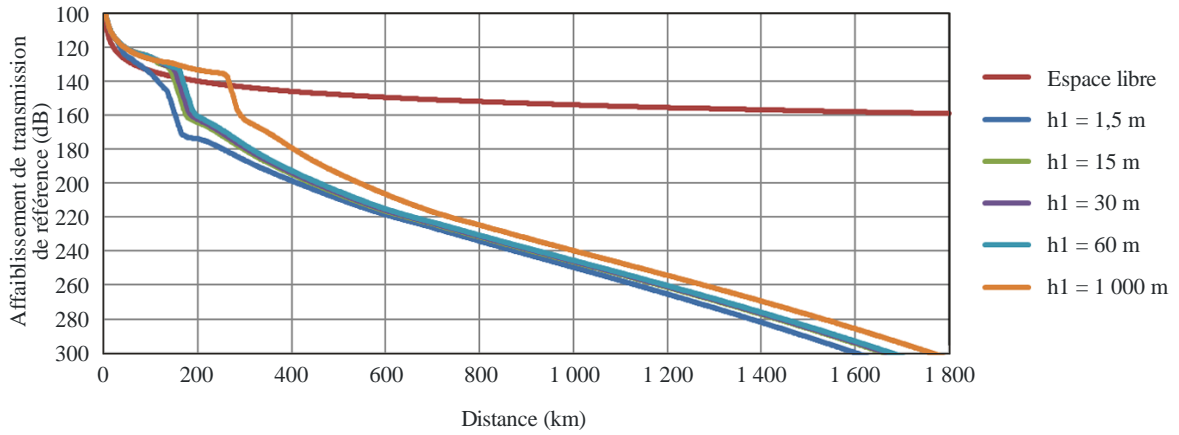
b)  $h_2 = 10000$  m



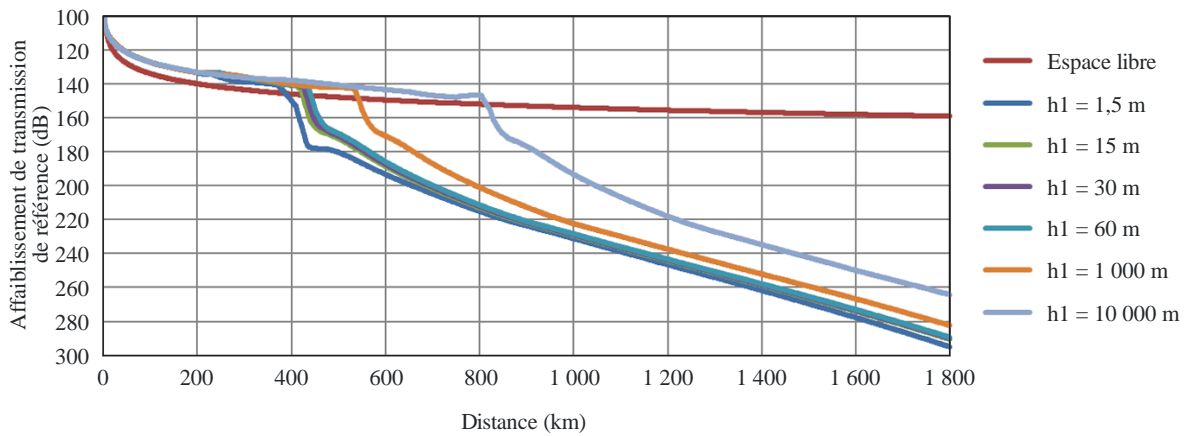
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 4-1

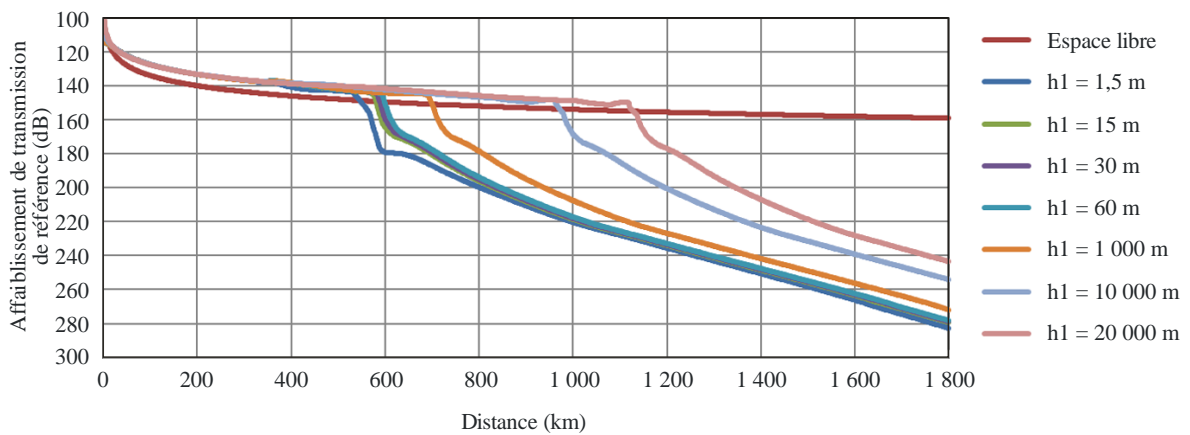
**Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 1 200 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1**



**a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$**



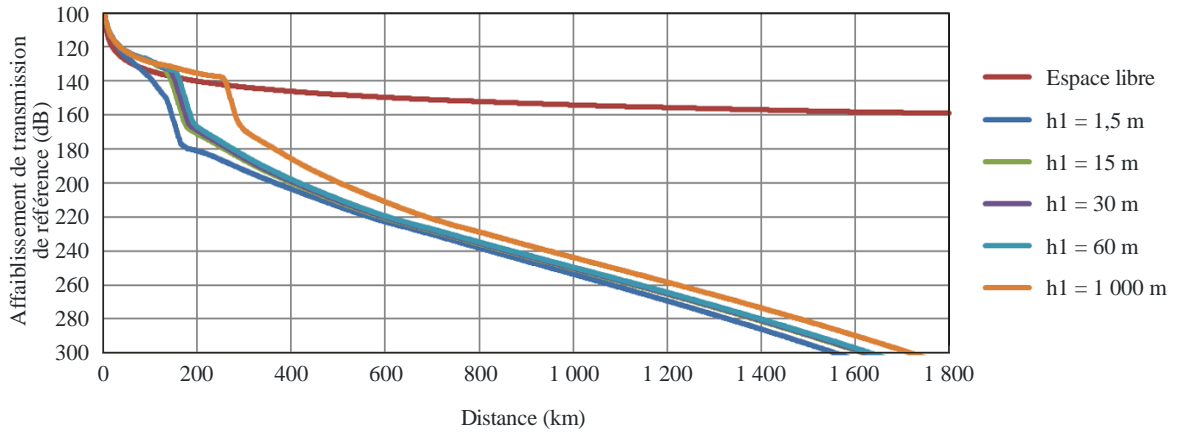
**b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$**



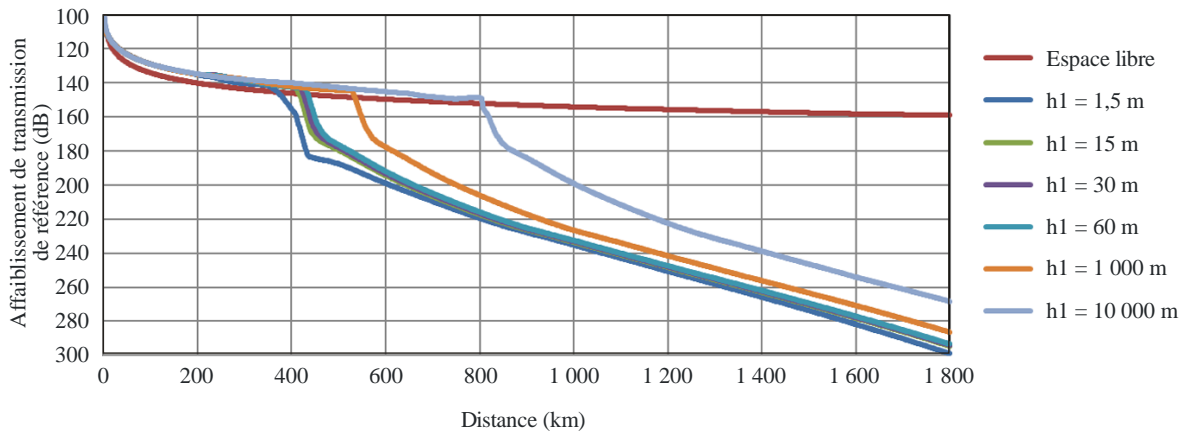
**c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$**

FIGURE 4-2

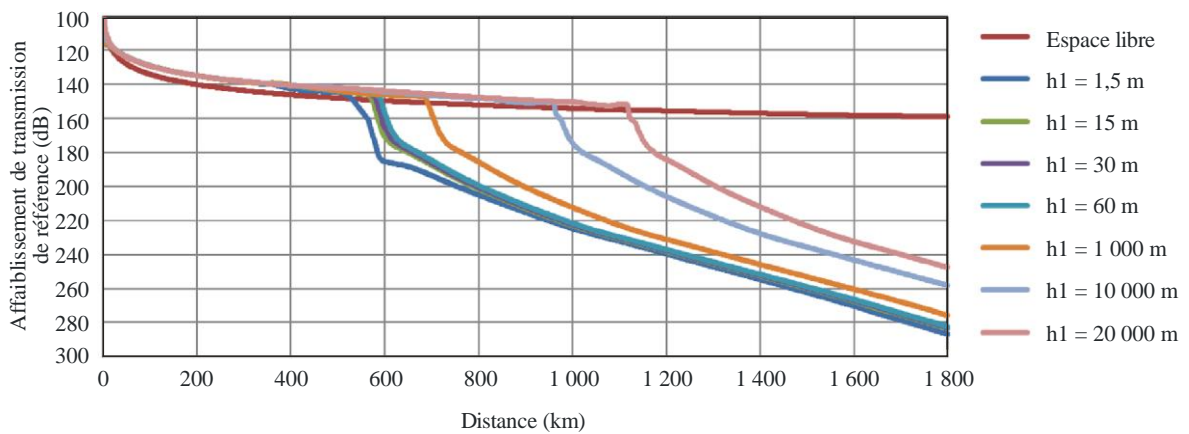
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 1 200 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



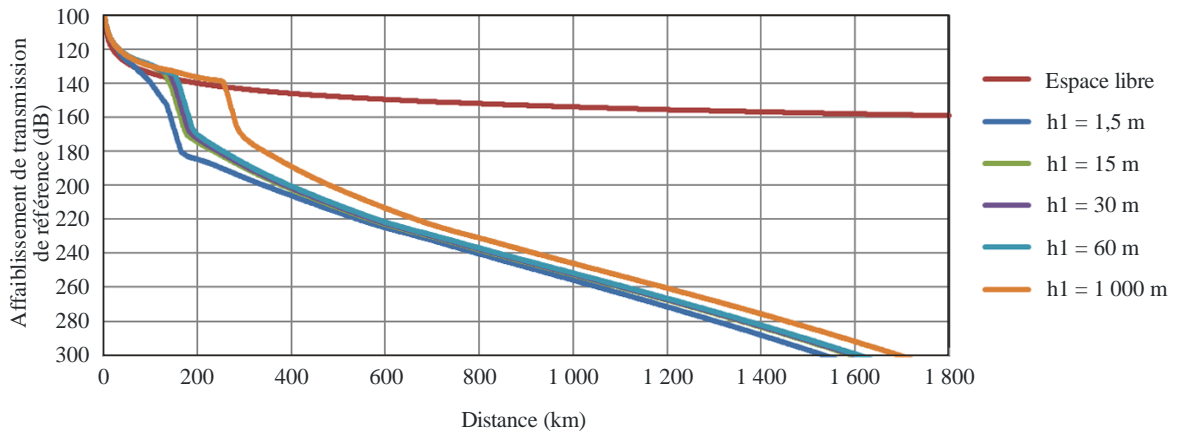
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



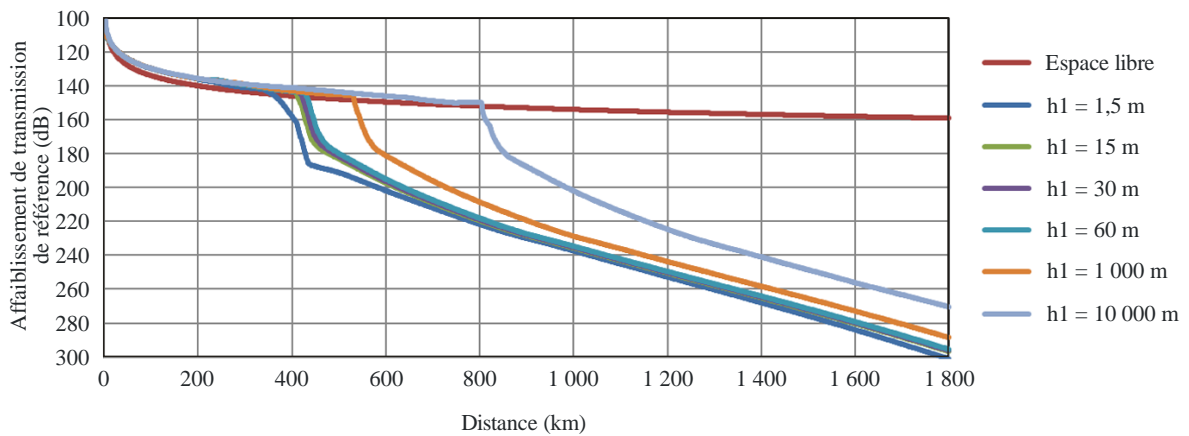
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 4-3

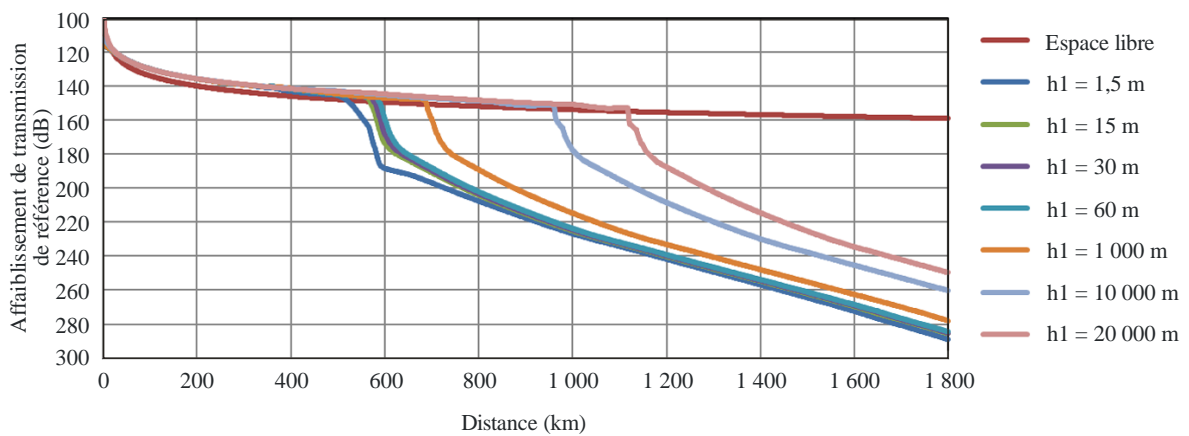
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 1 200 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



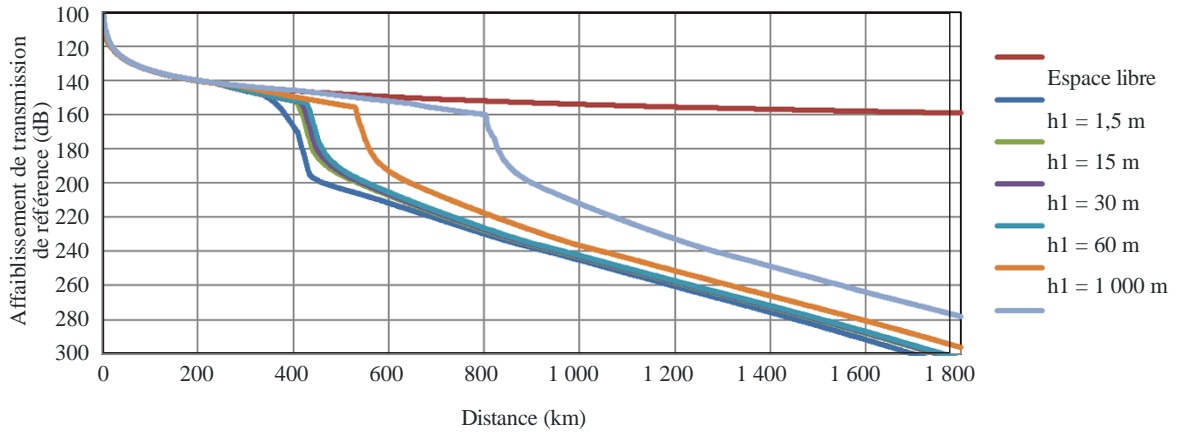
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



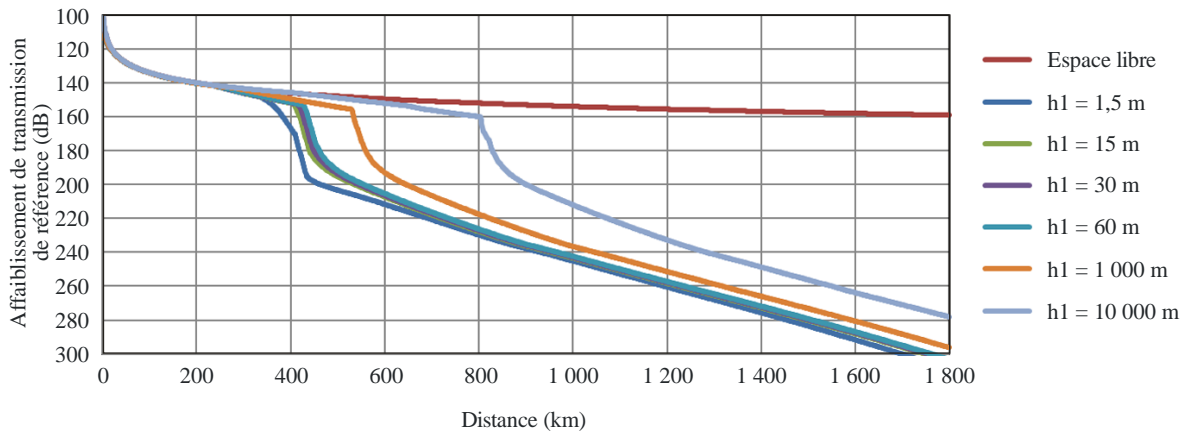
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 4-4

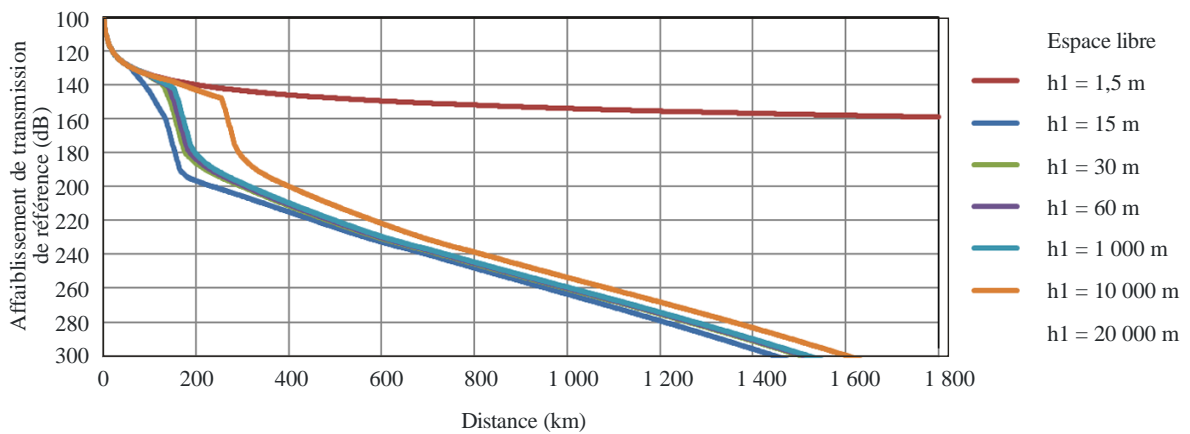
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 1 200 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a) h2 = 1 000 m



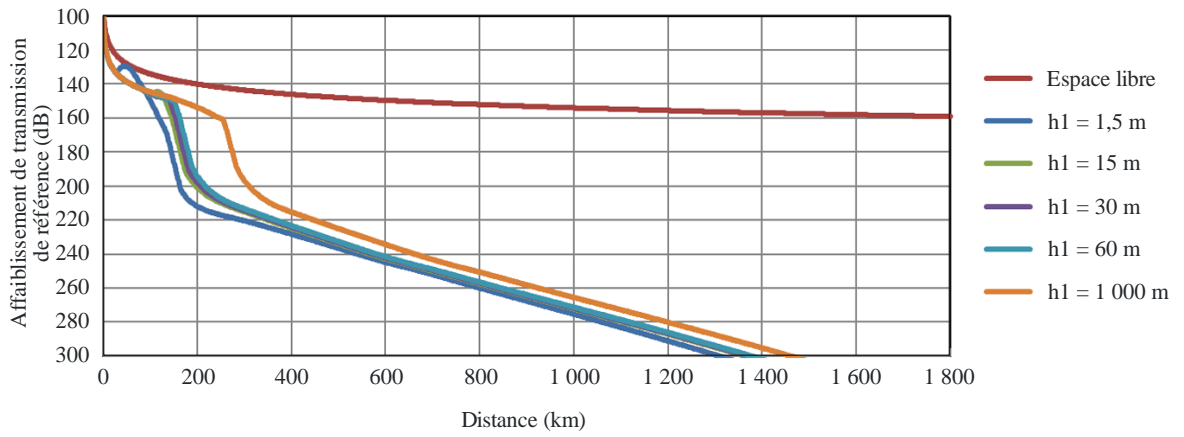
b) h2 = 10 000 m



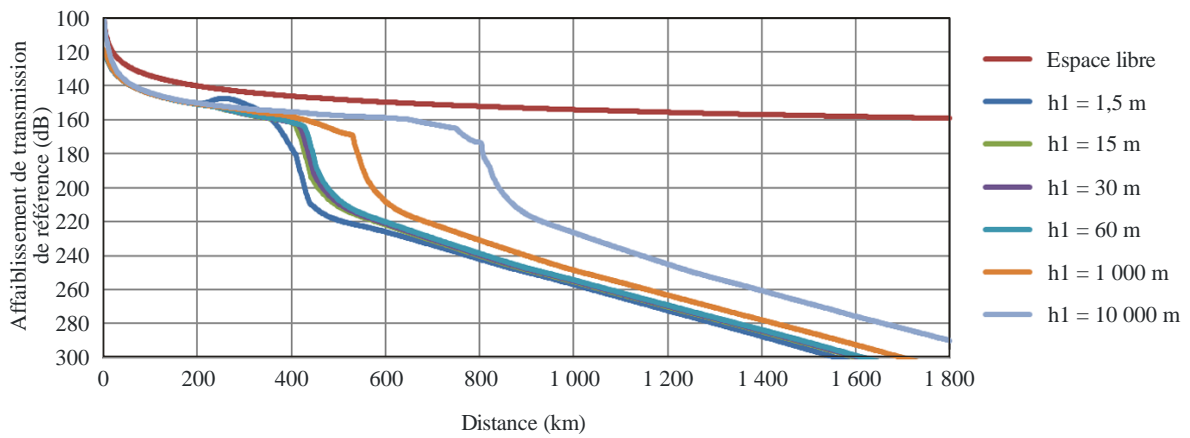
c) h2 = 20 000 m

FIGURE 4-5

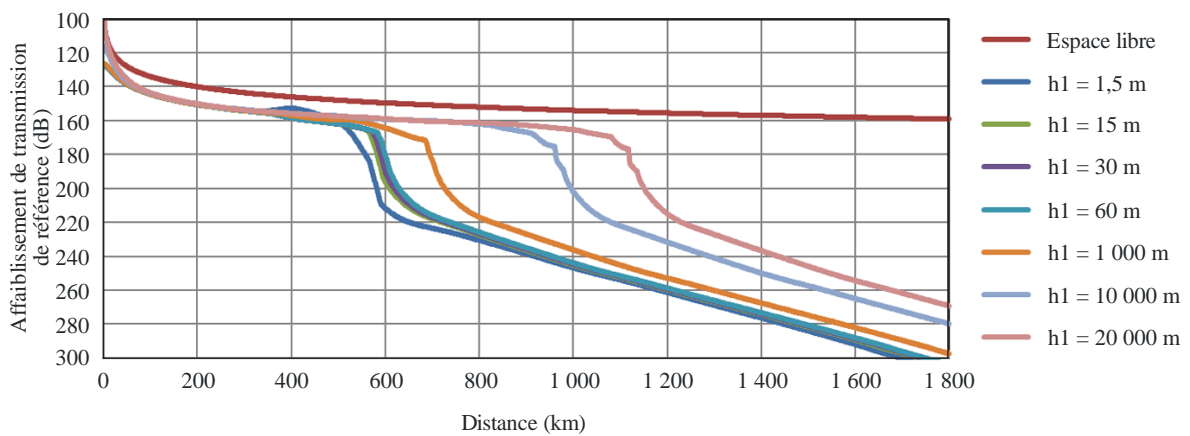
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 1 200 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



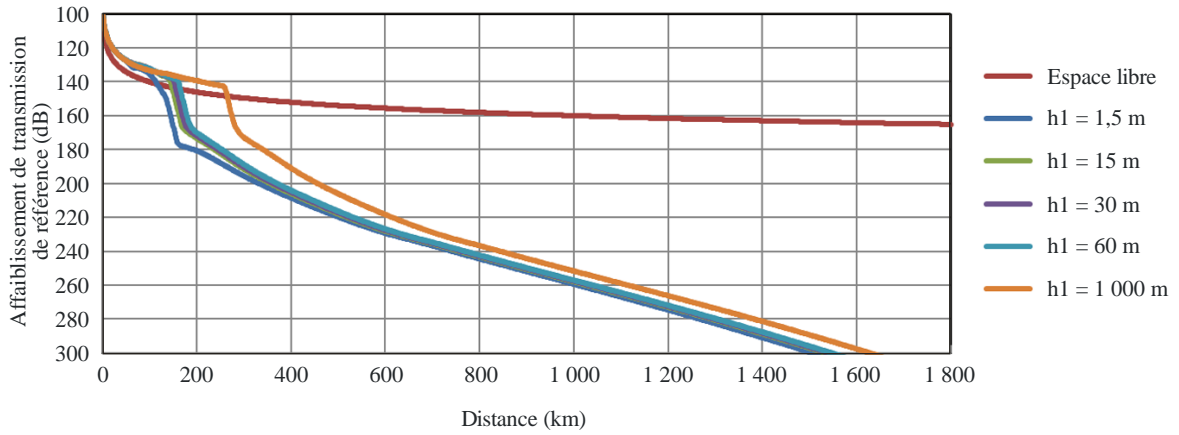
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



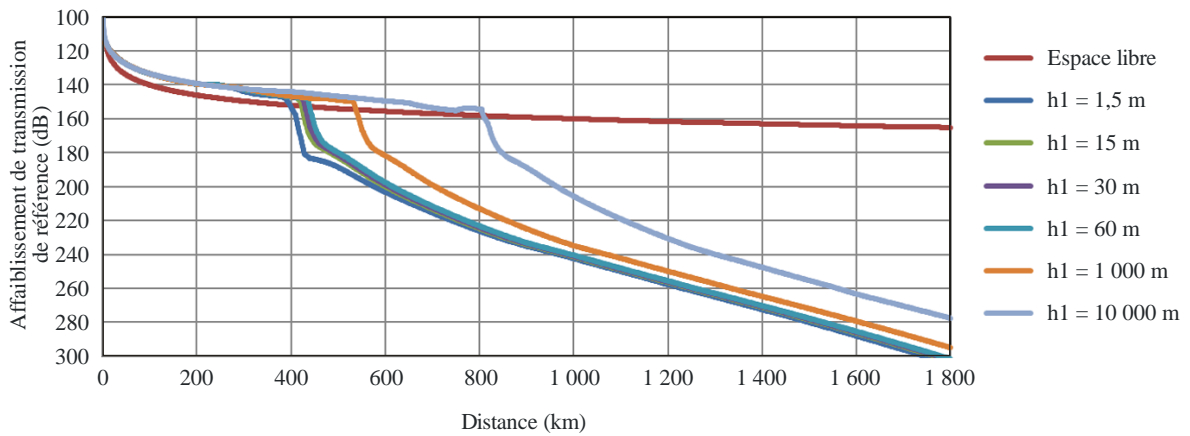
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 5-1

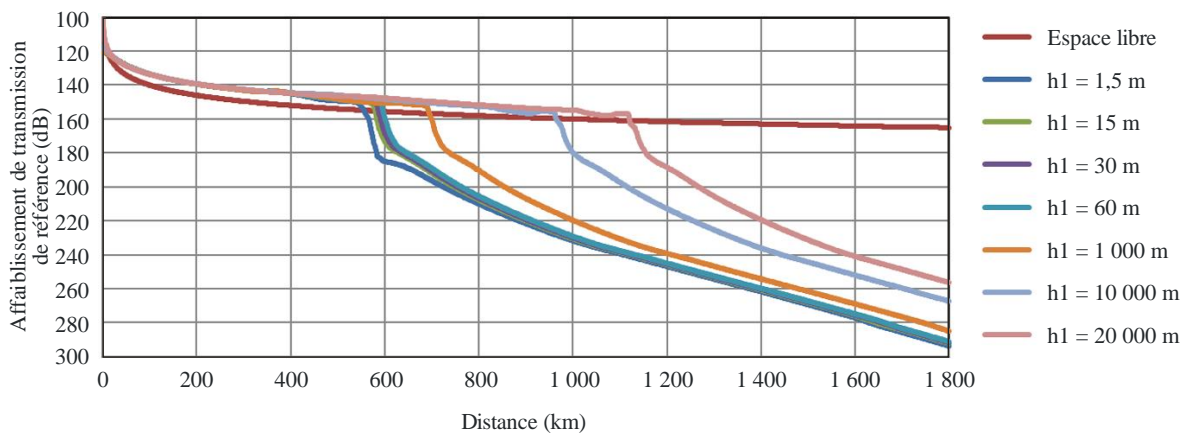
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 2 400 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



b)  $h_2 = 10000$  m

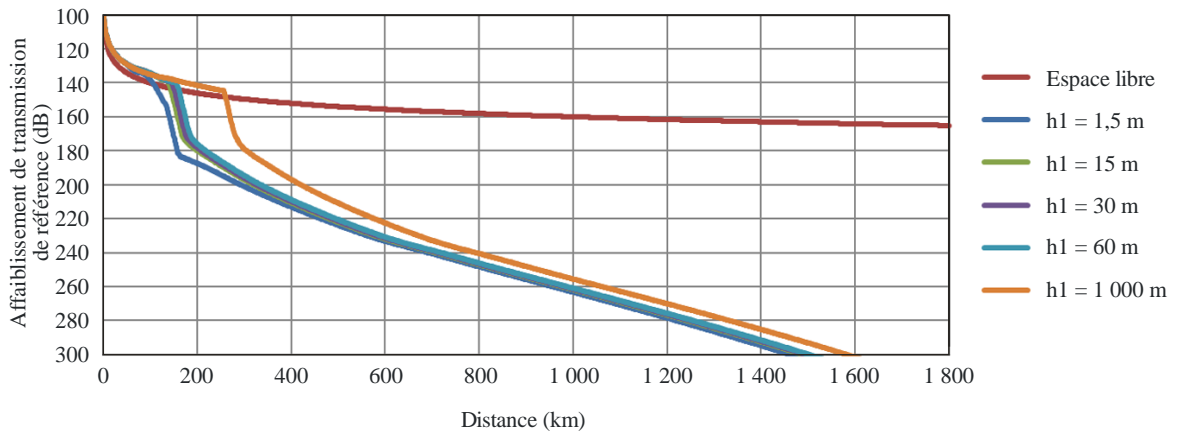


c)  $h_2 = 20000$  m

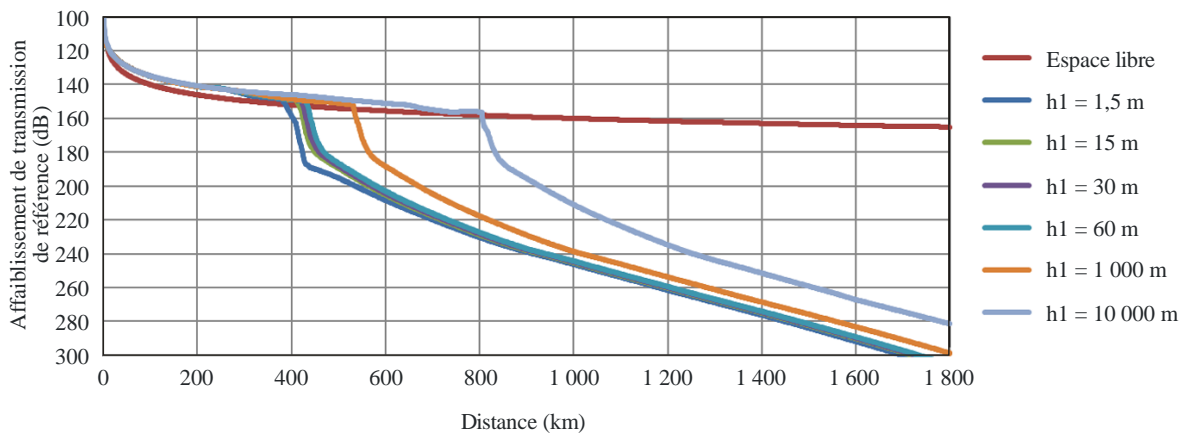


FIGURE 5-2

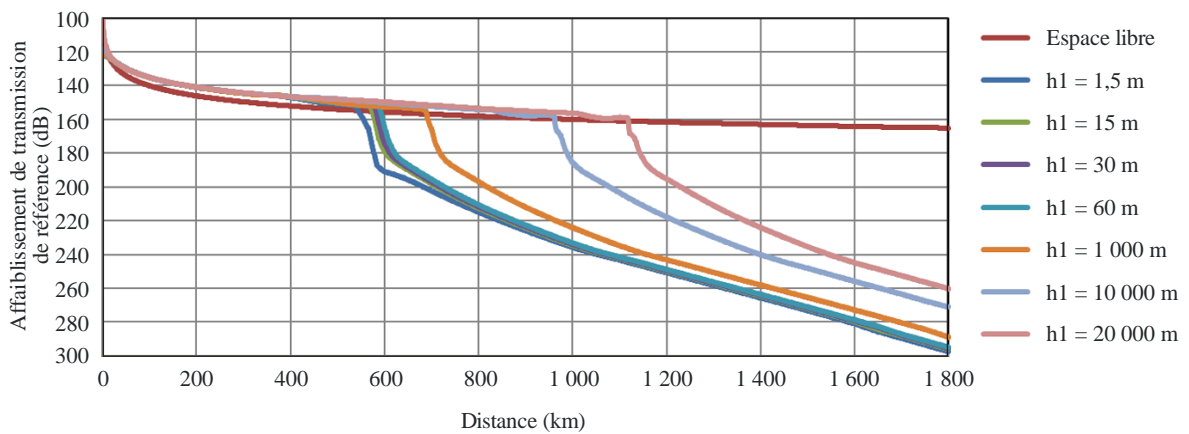
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 2 400 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



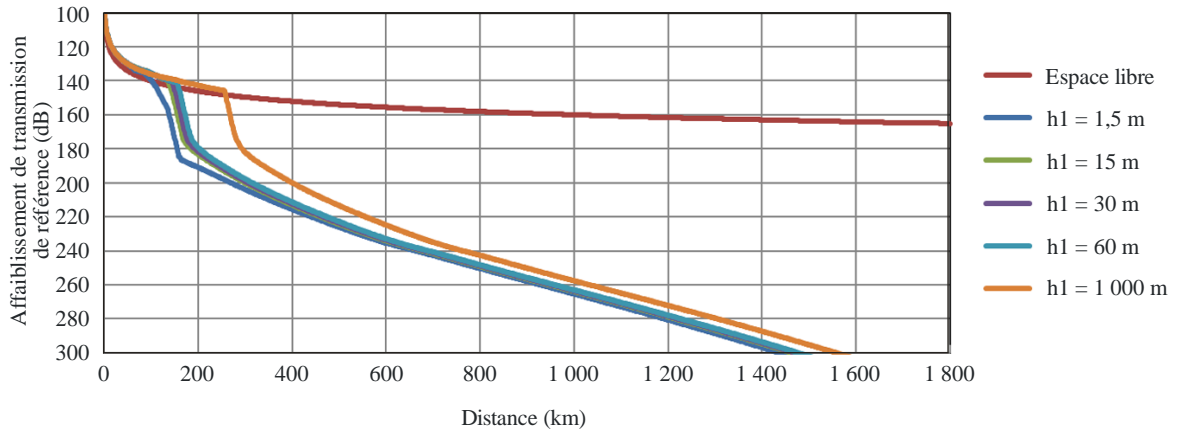
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



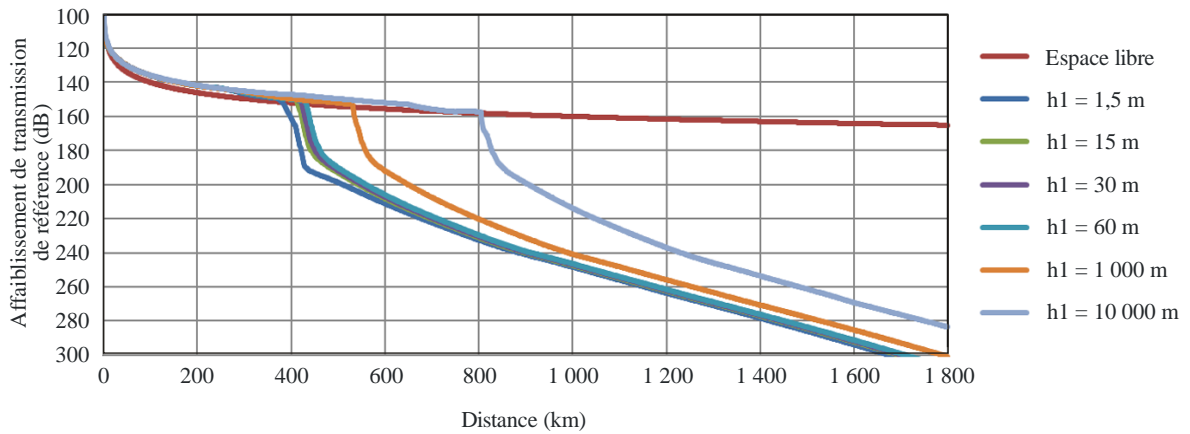
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 5-3

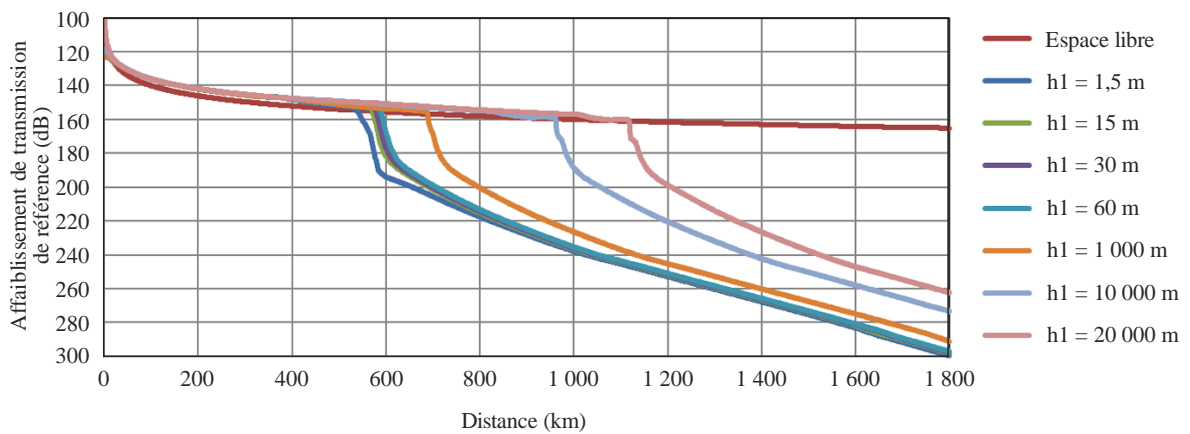
**Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 2 400 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1**



**a)  $h_2 = 1000$  m**



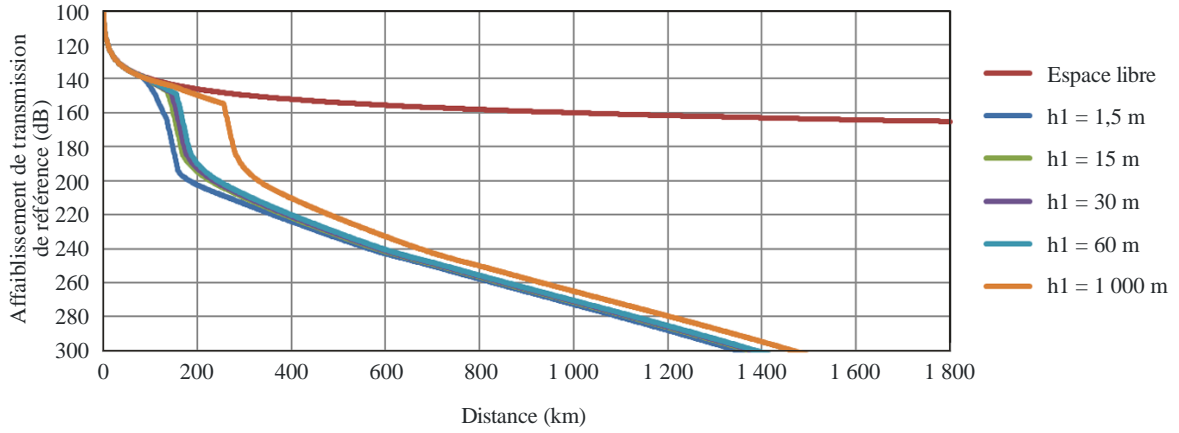
**b)  $h_2 = 10000$  m**



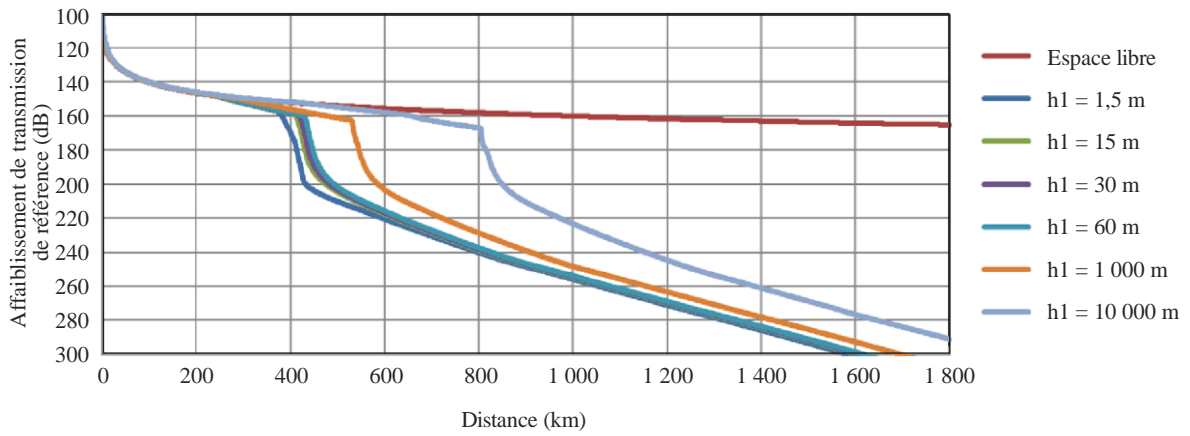
**c)  $h_2 = 20000$  m**

FIGURE 5-4

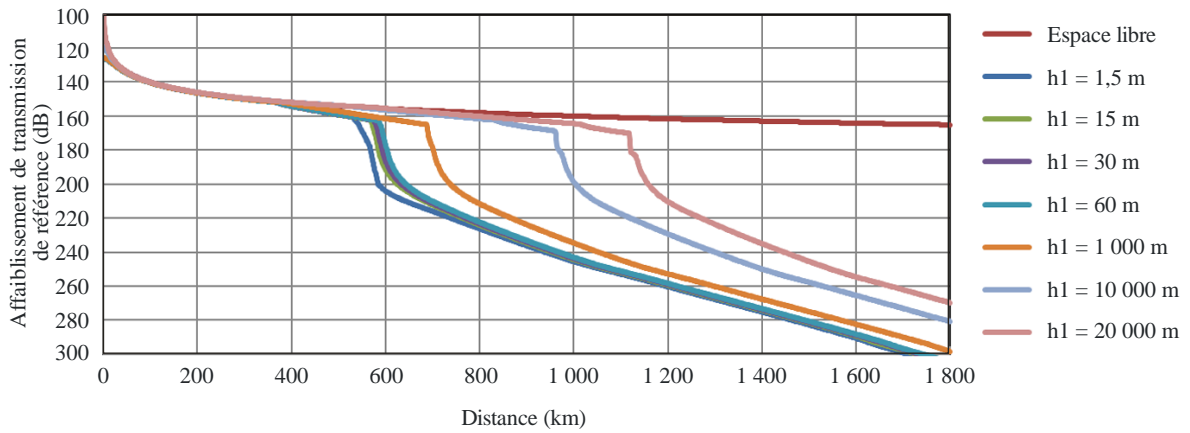
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 2 400 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



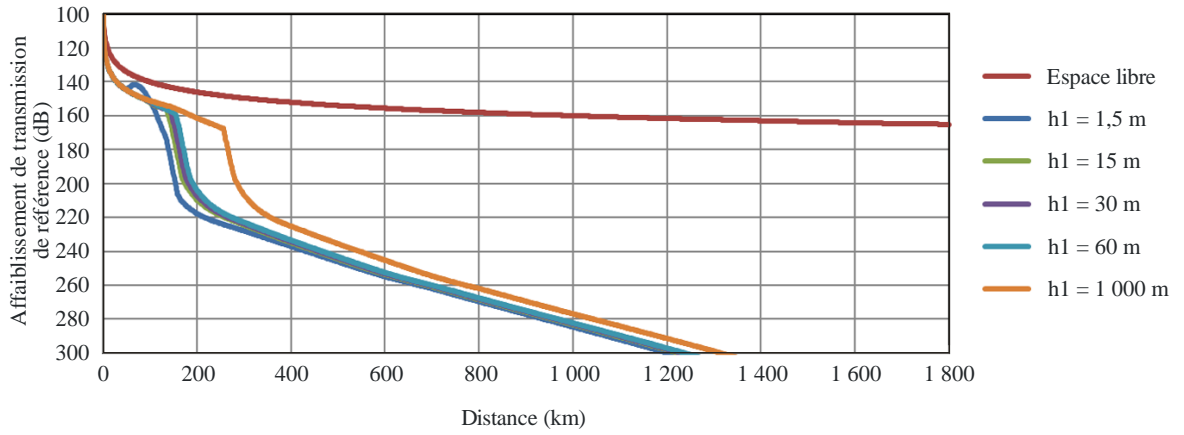
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



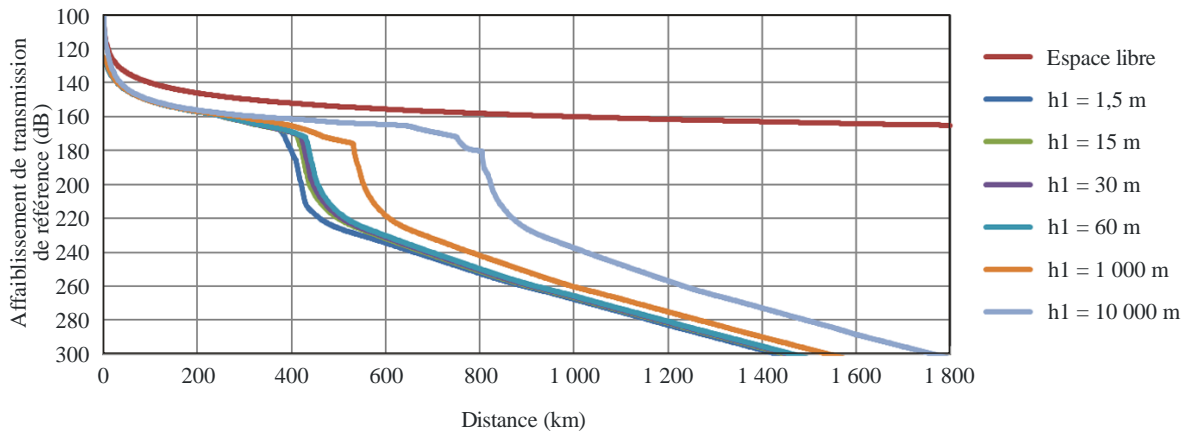
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 5-5

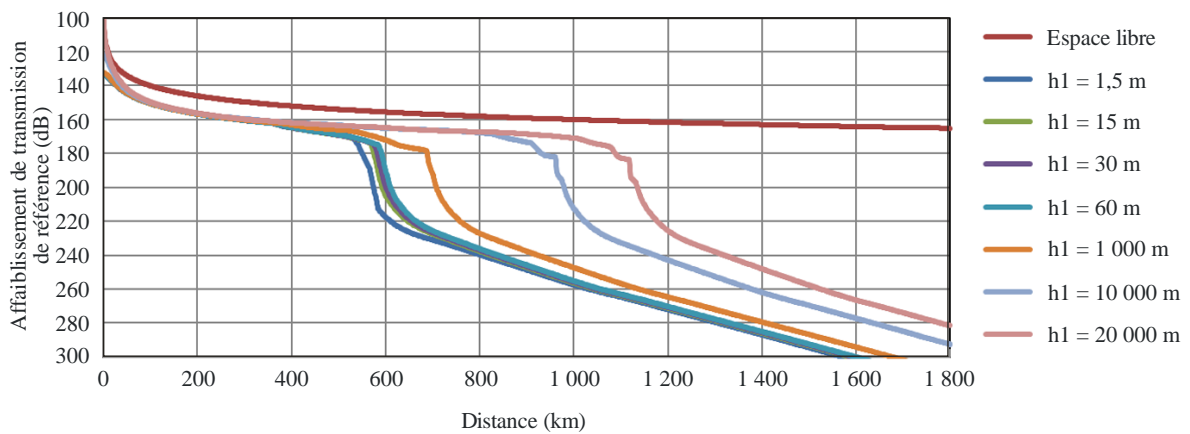
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 2 400 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



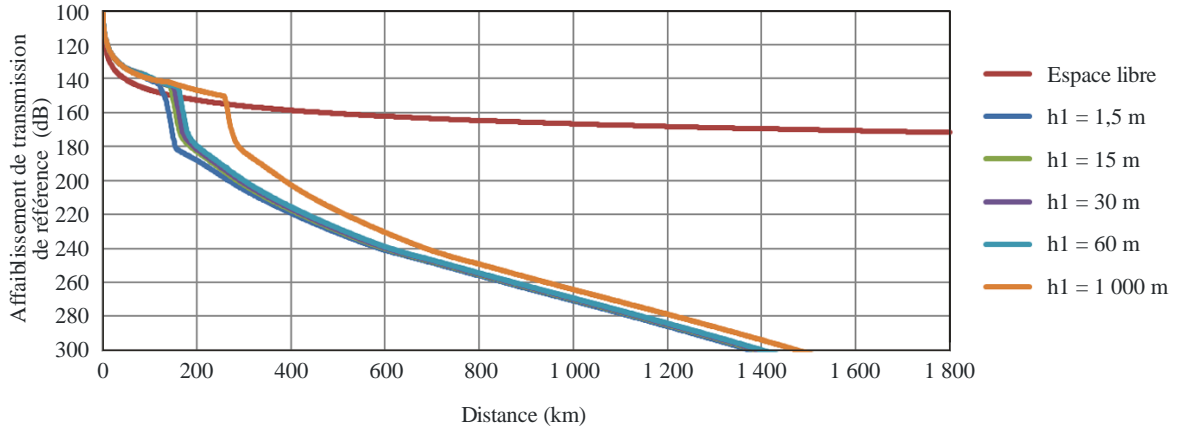
b)  $h_2 = 10000$  m



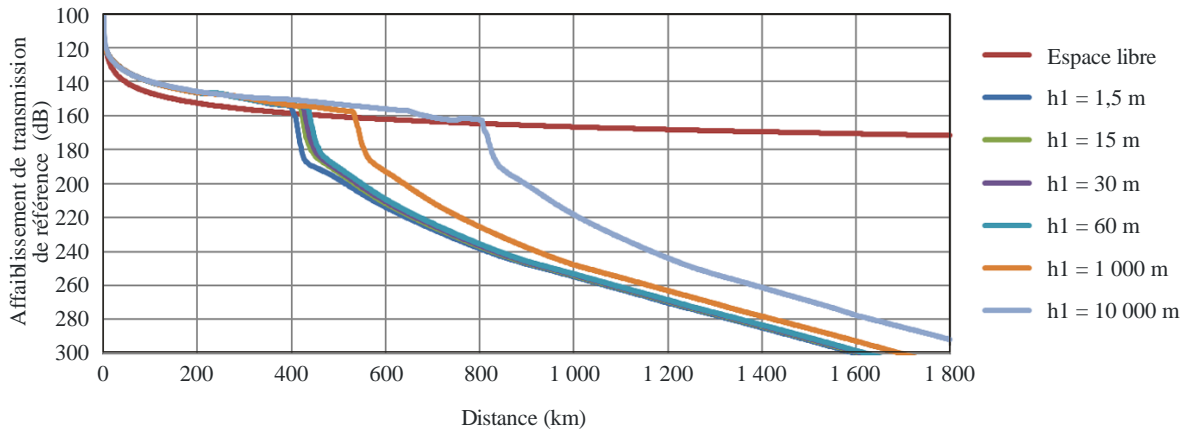
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 6-1

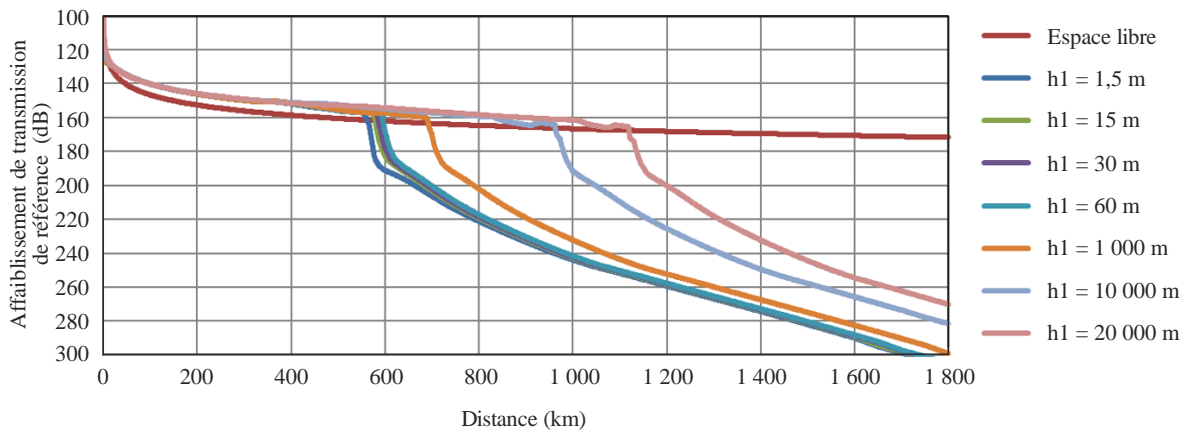
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 5 100 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



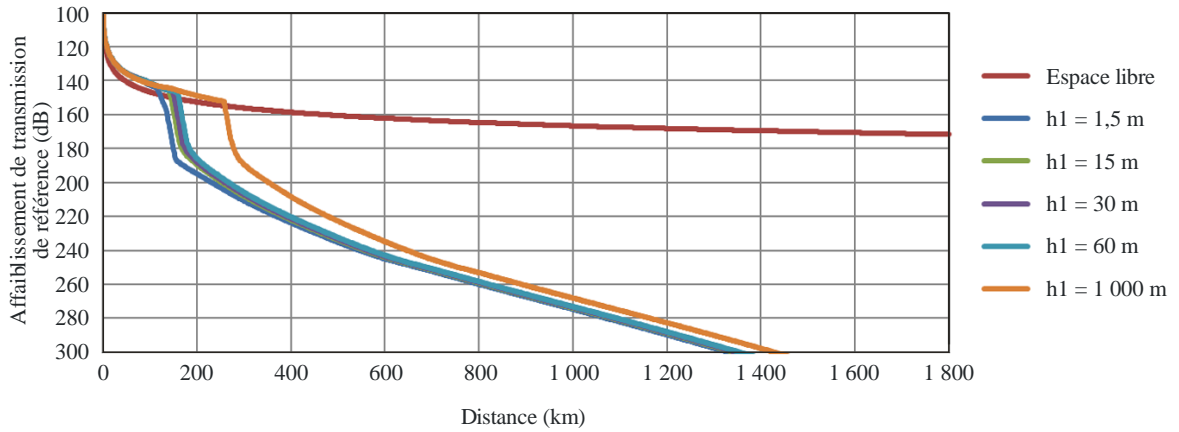
b)  $h_2 = 10000$  m



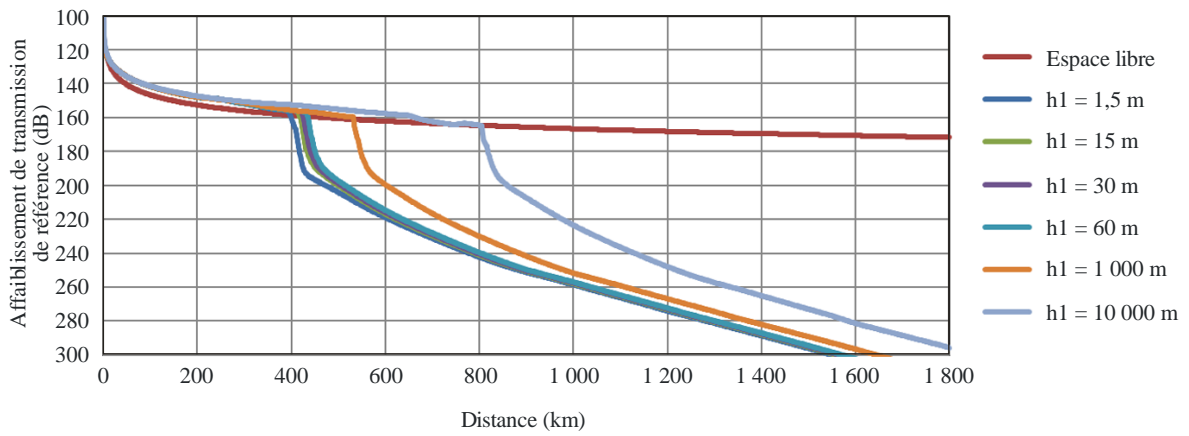
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 6-2

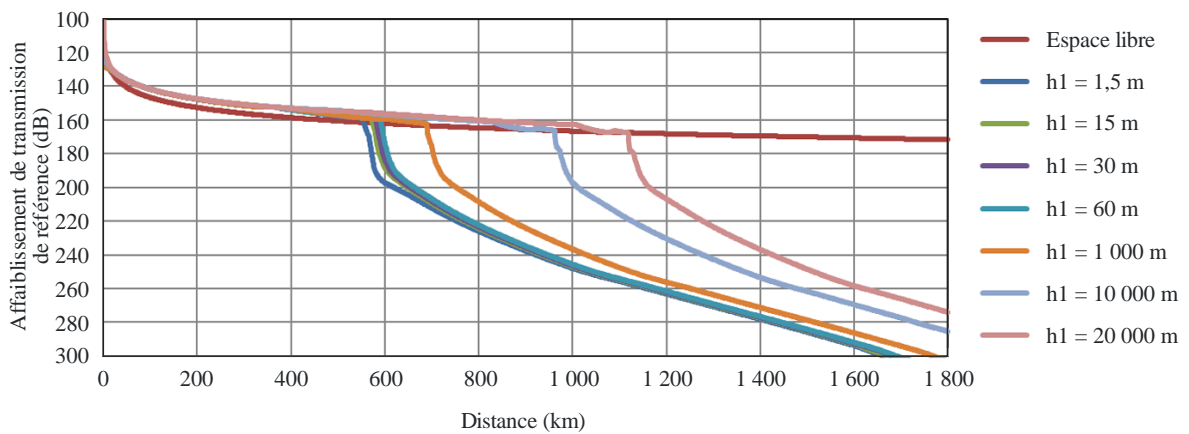
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 5 100 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



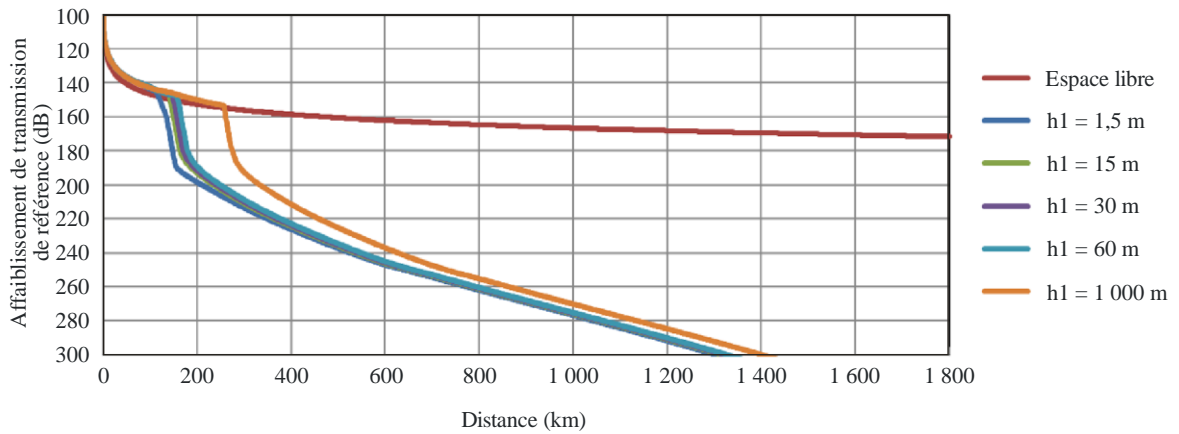
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



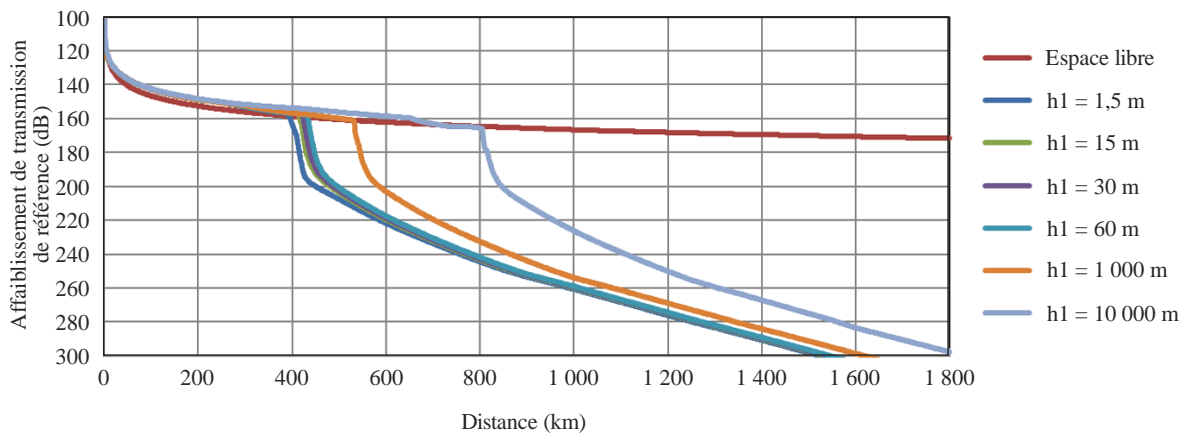
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 6-3

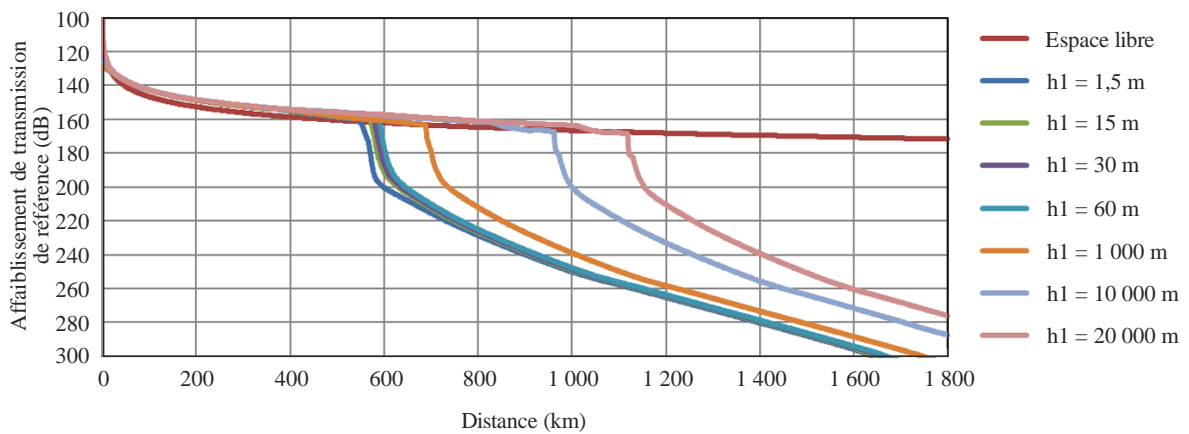
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 5 100 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



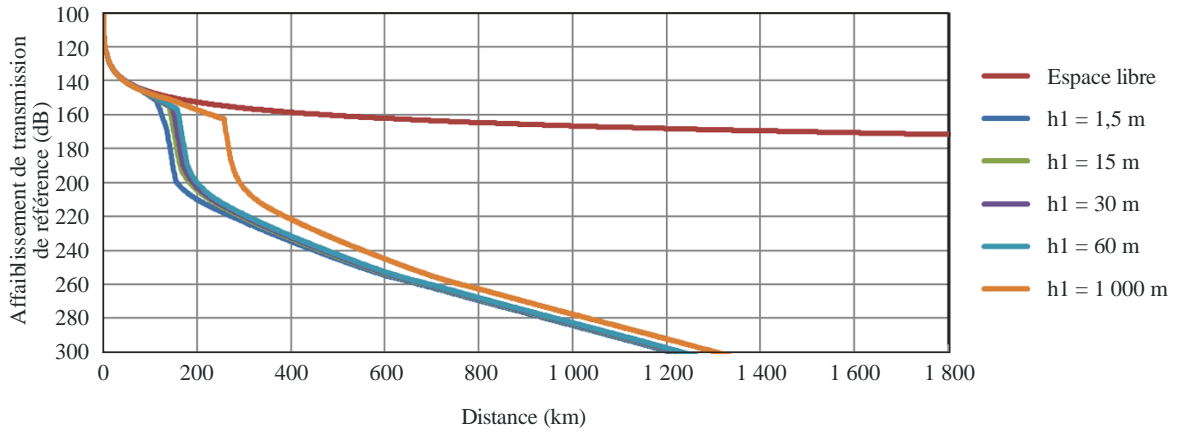
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



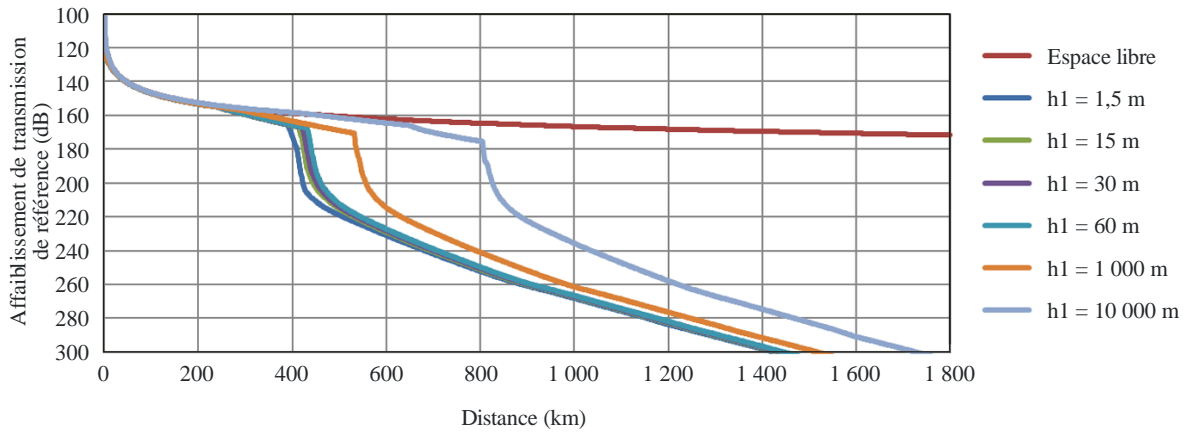
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 6-4

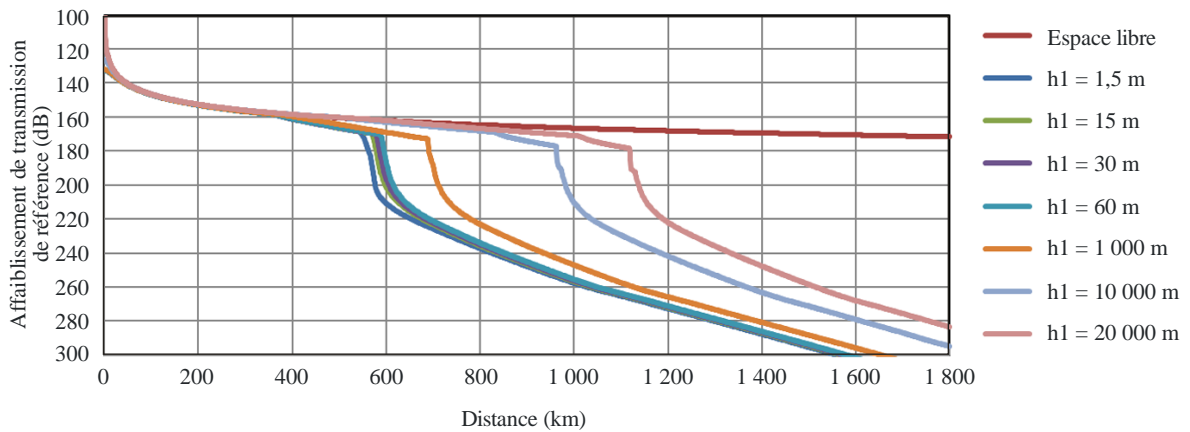
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 5 100 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$

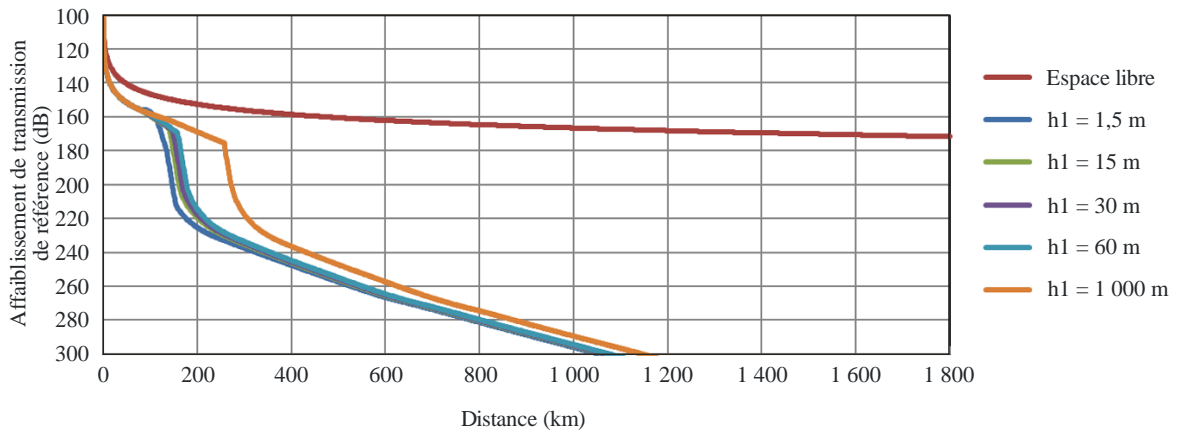


c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

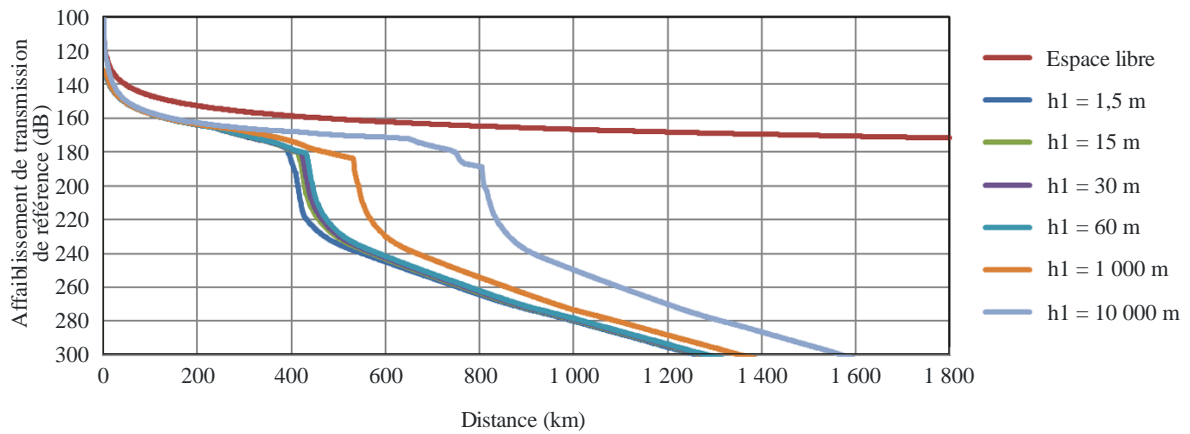


FIGURE 6-5

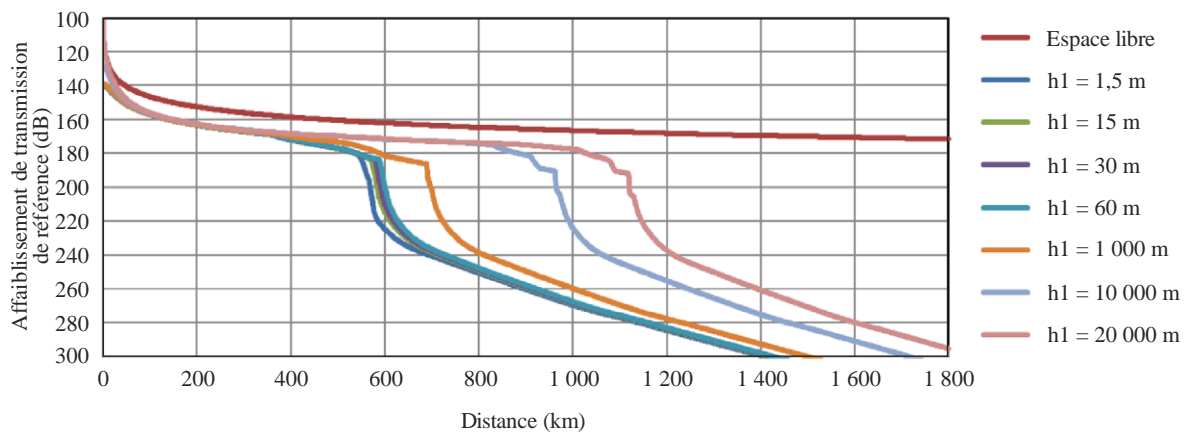
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 5 100 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



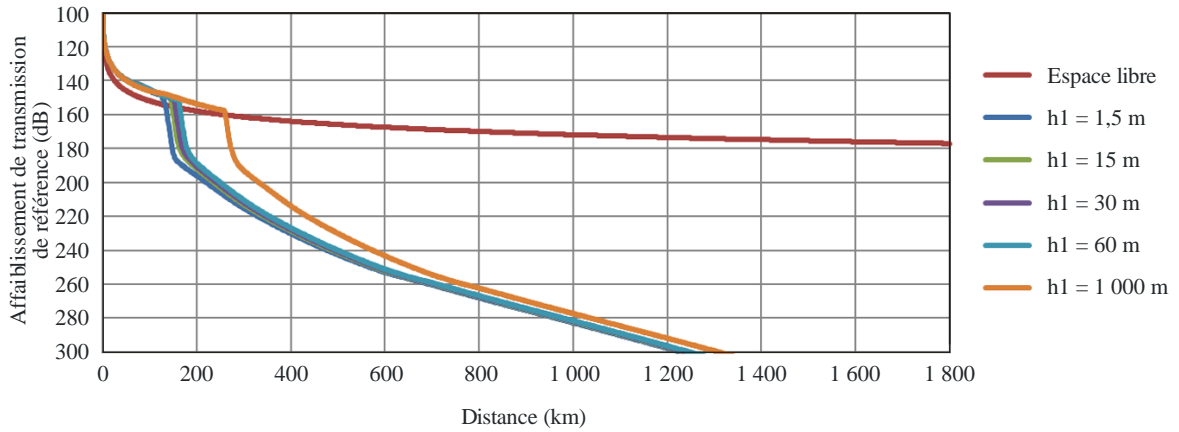
b)  $h_2 = 10000$  m



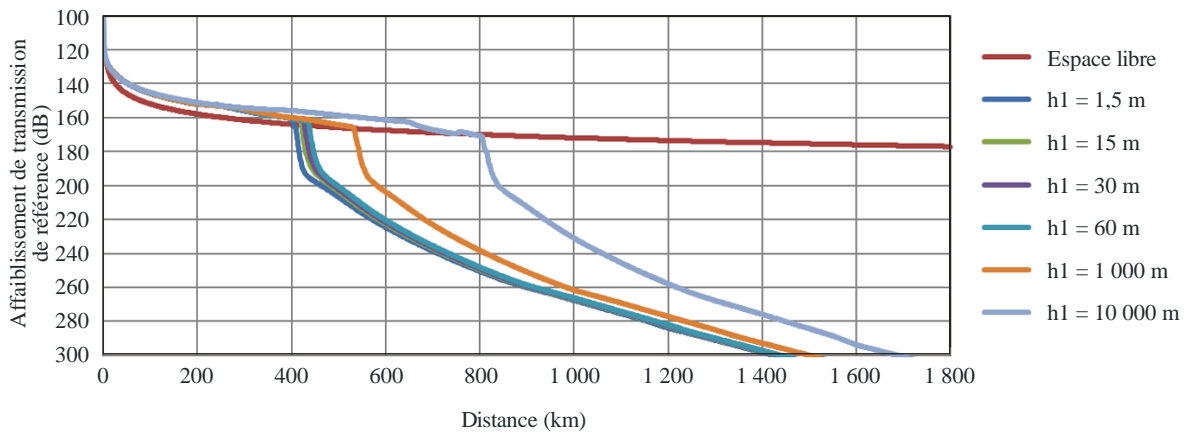
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 7-1

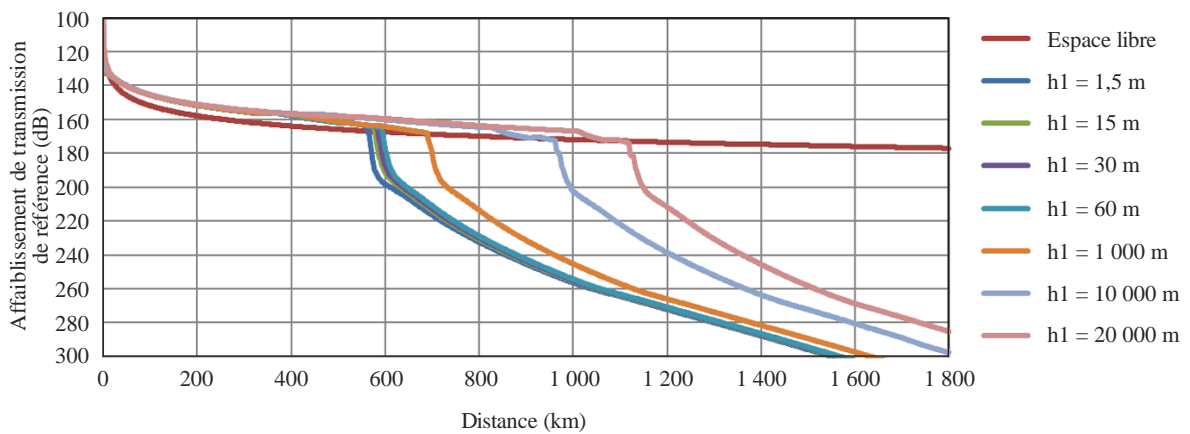
**Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 9 400 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1**



**a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$**



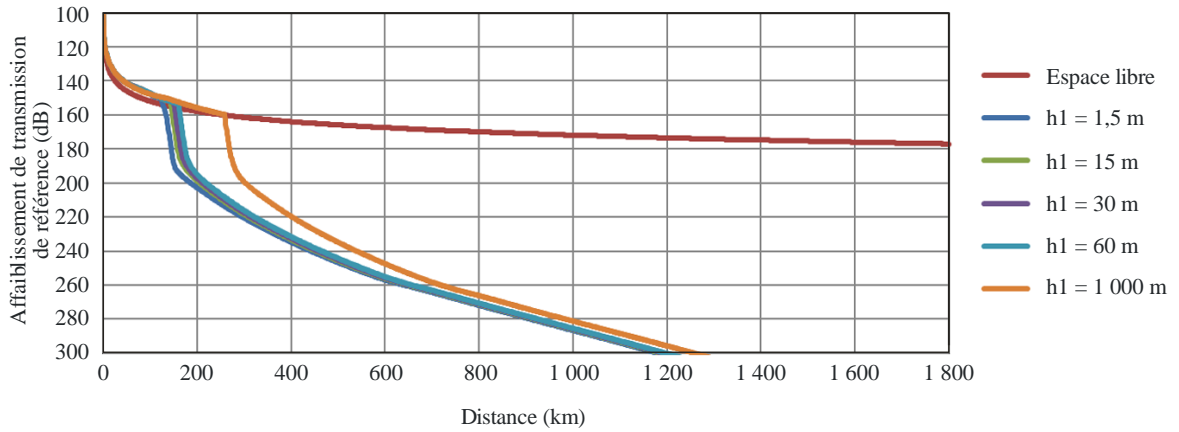
**b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$**



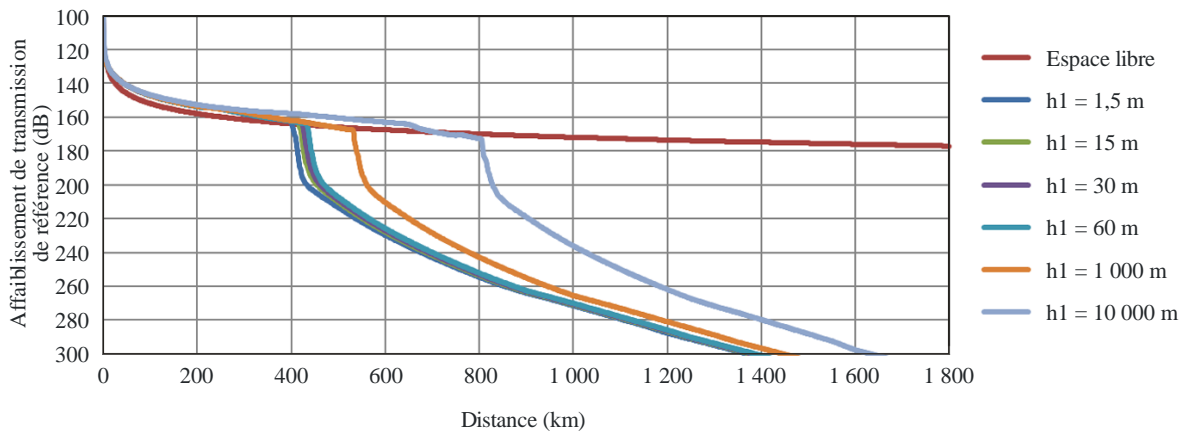
**c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$**

FIGURE 7-2

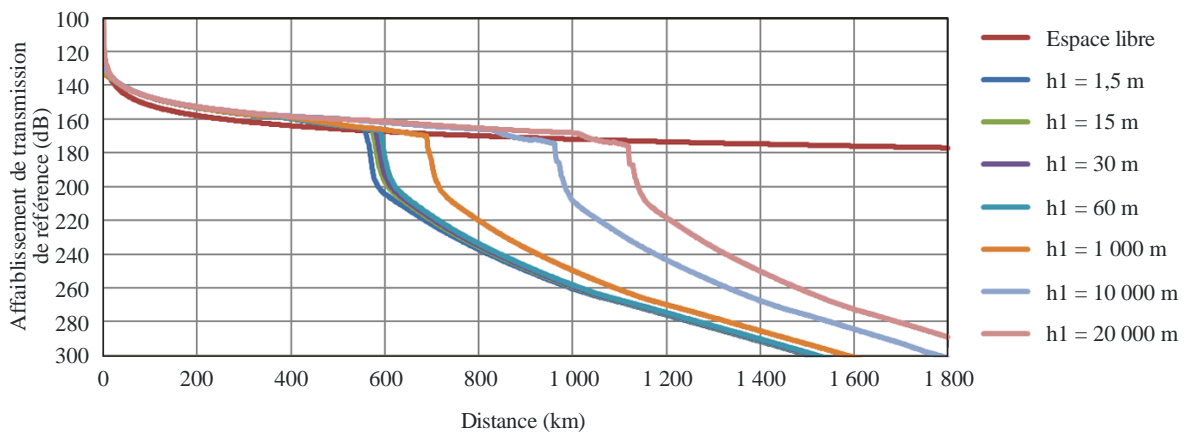
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 9 400 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



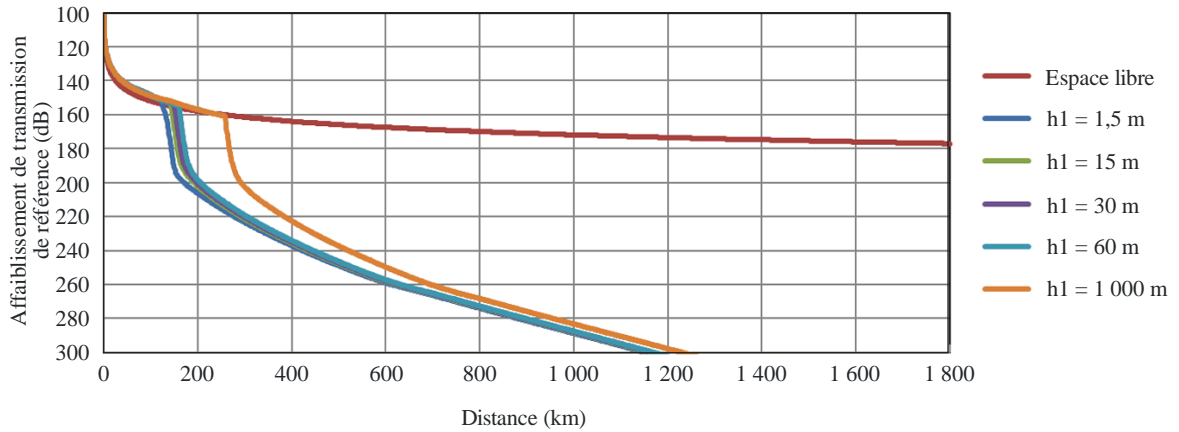
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



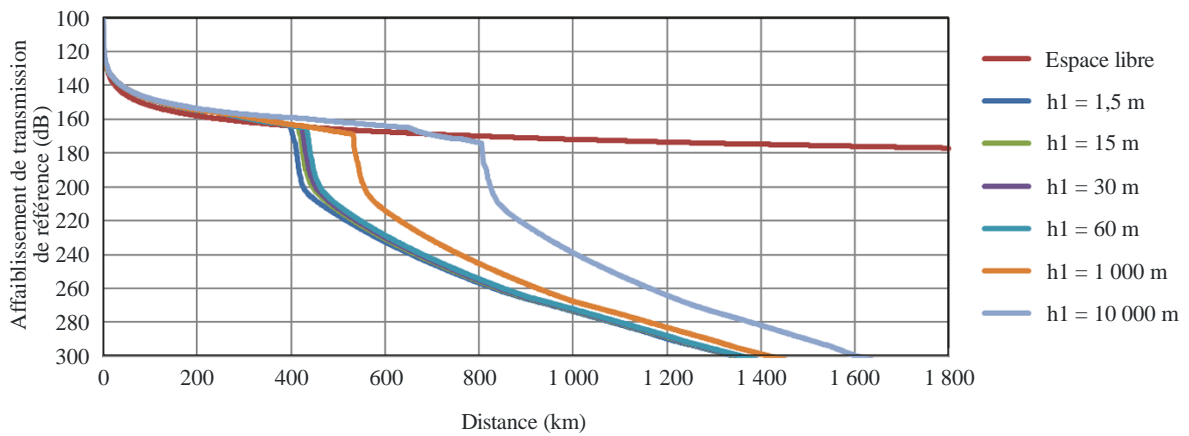
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 7-3

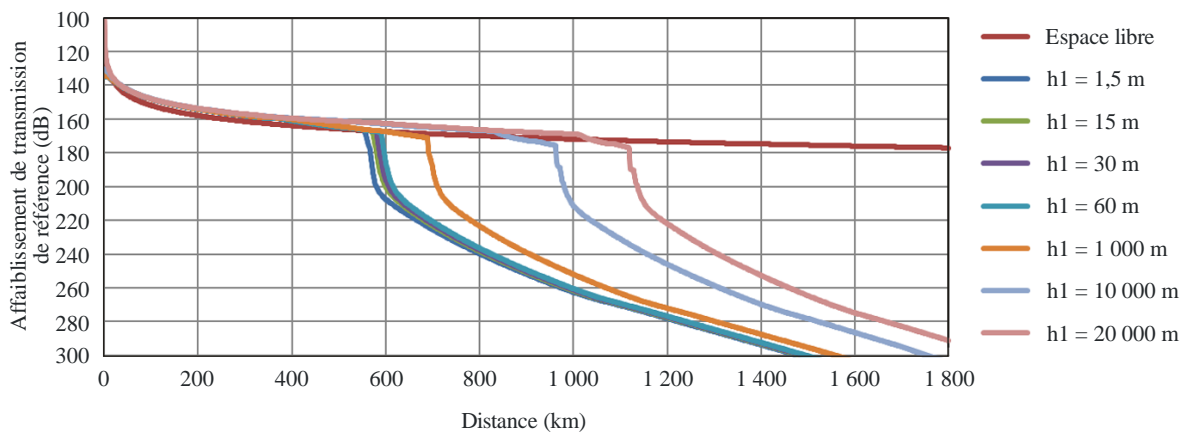
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 9 400 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



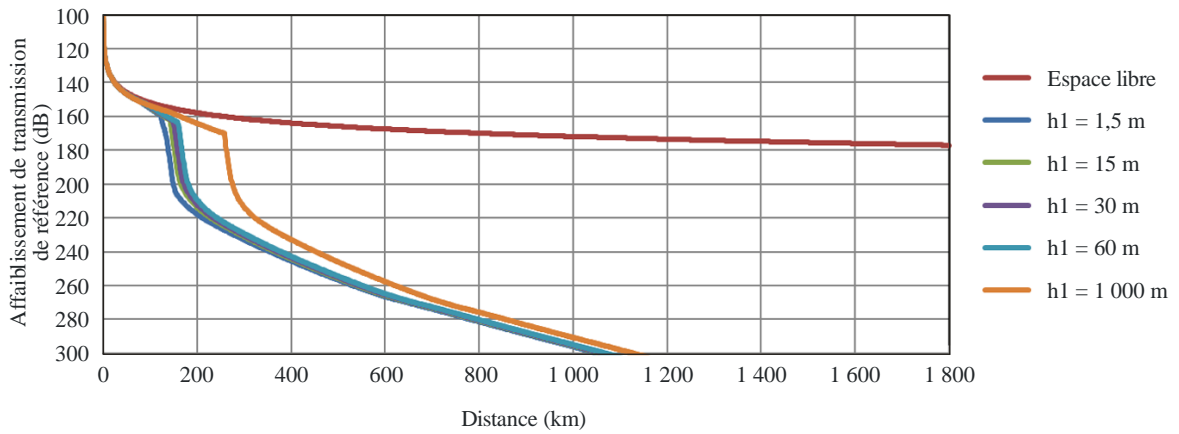
b)  $h_2 = 10000$  m



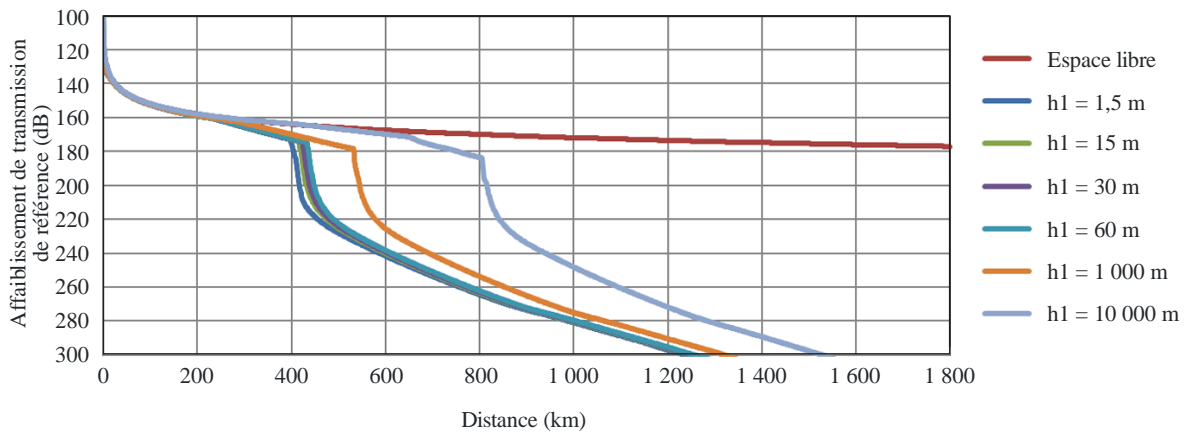
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 7-4

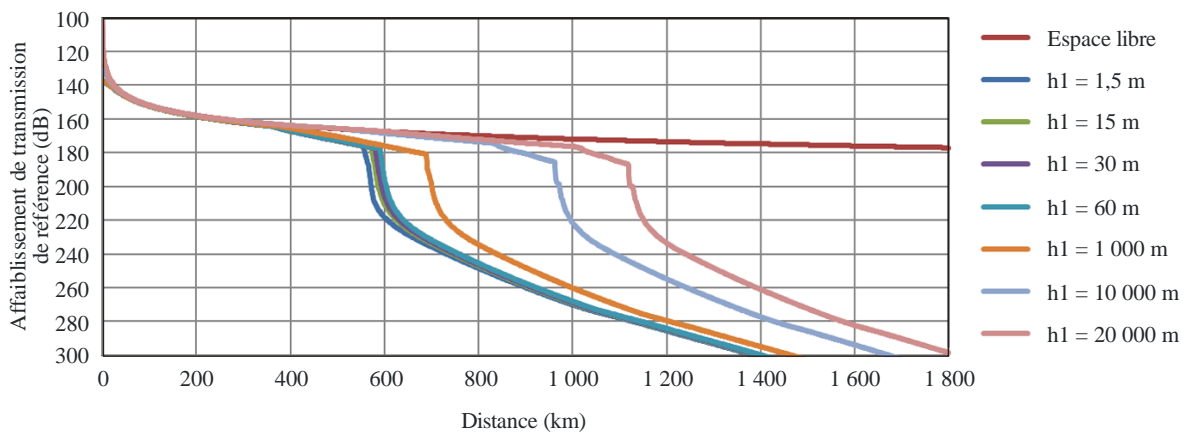
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 9 400 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



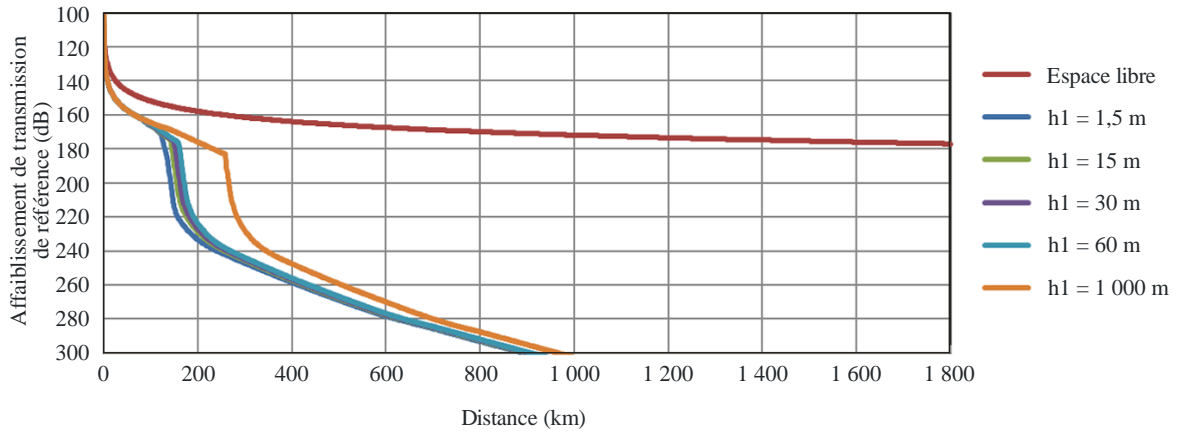
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



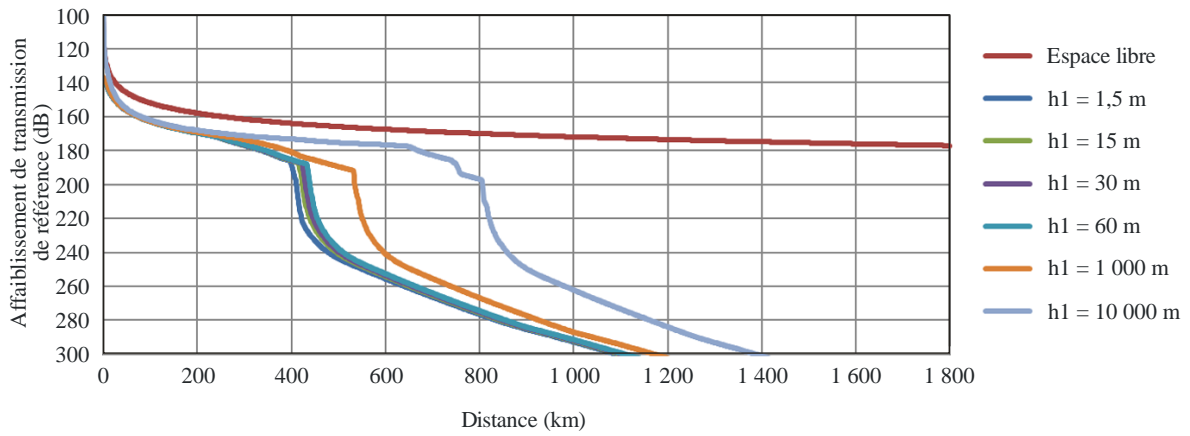
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 7-5

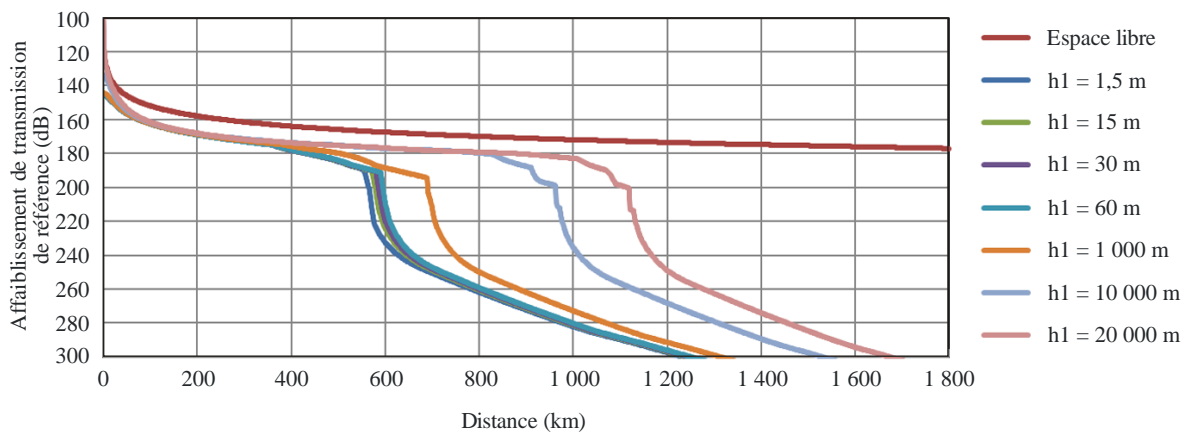
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 9 400 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1\,000\text{ m}$



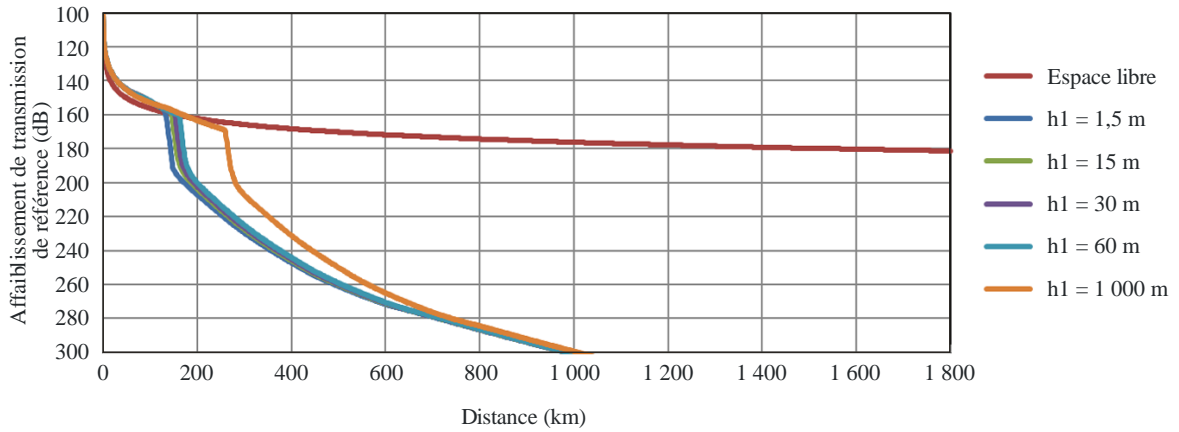
b)  $h_2 = 10\,000\text{ m}$



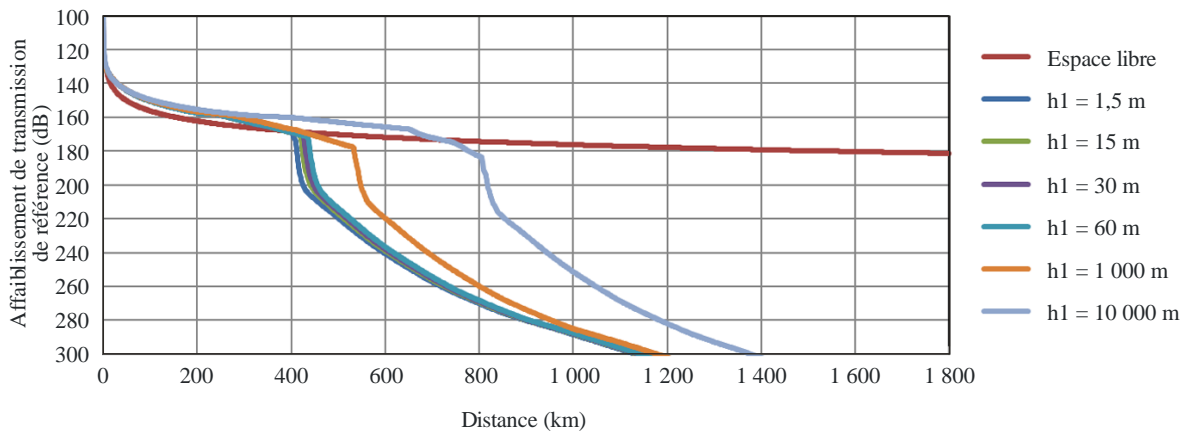
c)  $h_2 = 20\,000\text{ m}$

FIGURE 8-1

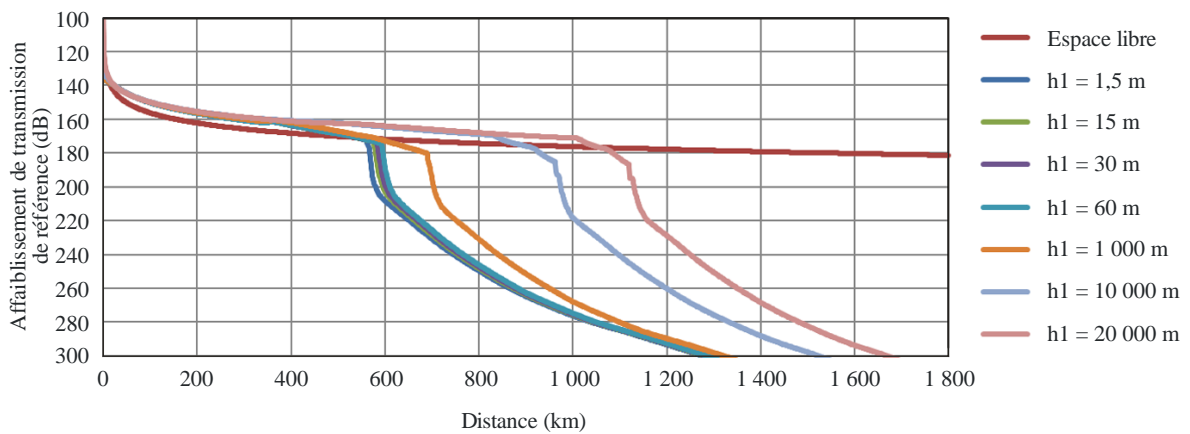
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 15 500 MHz pour 1% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



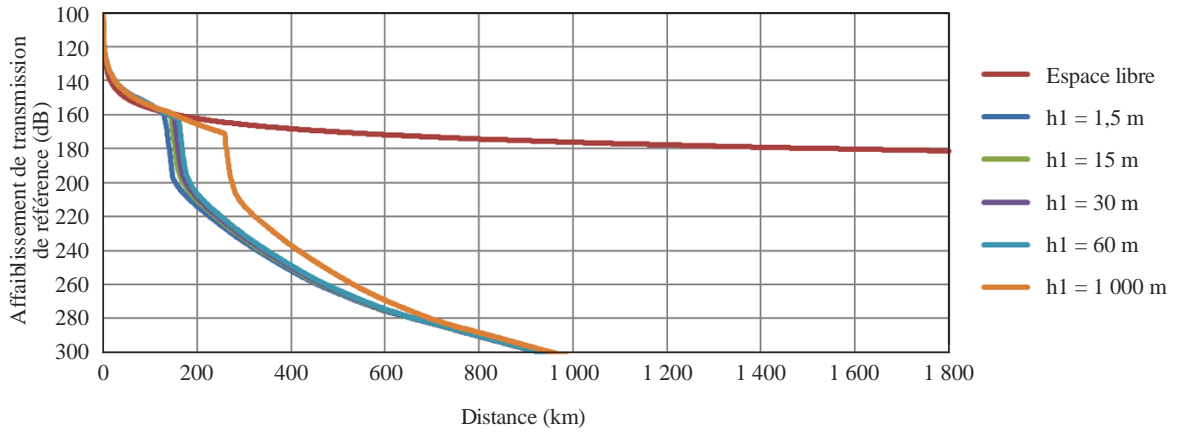
b)  $h_2 = 10000$  m



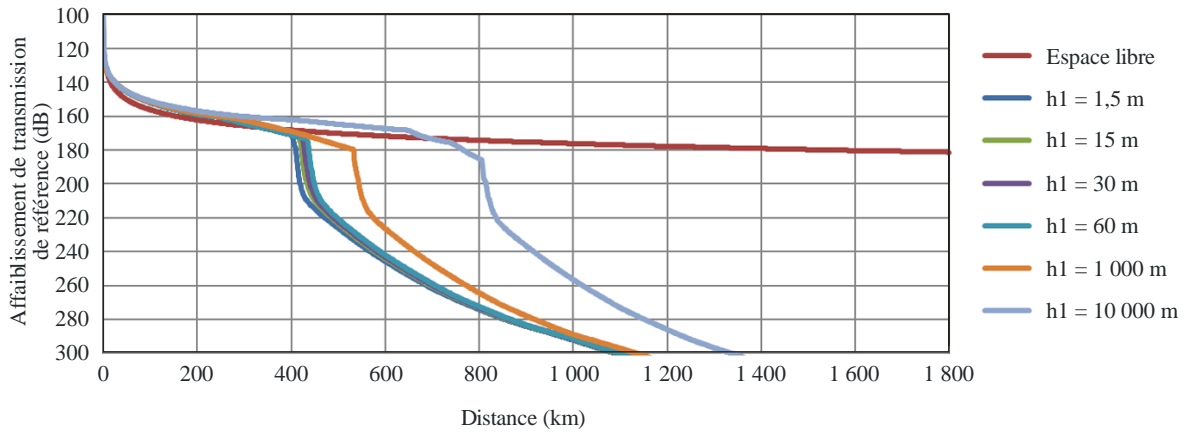
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 8-2

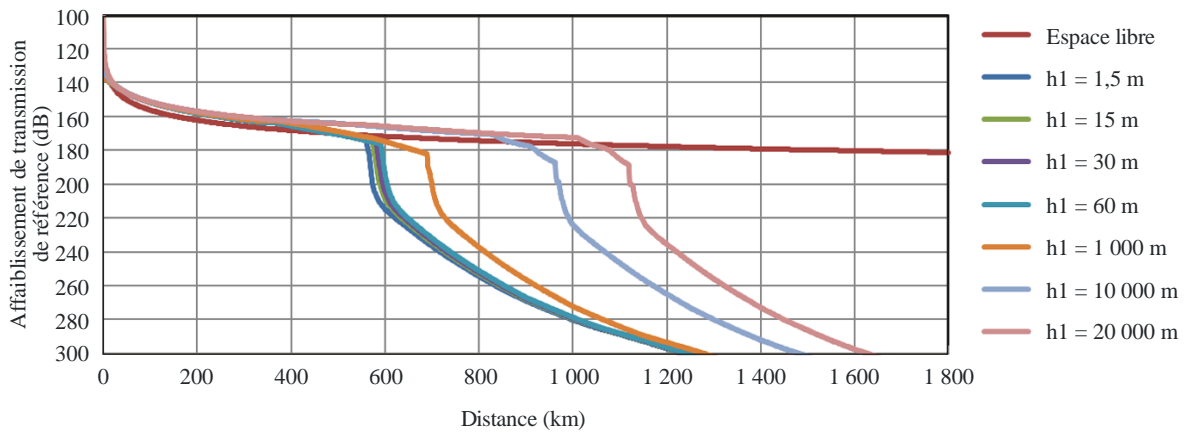
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 15 500 MHz pour 5% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



b)  $h_2 = 10000$  m

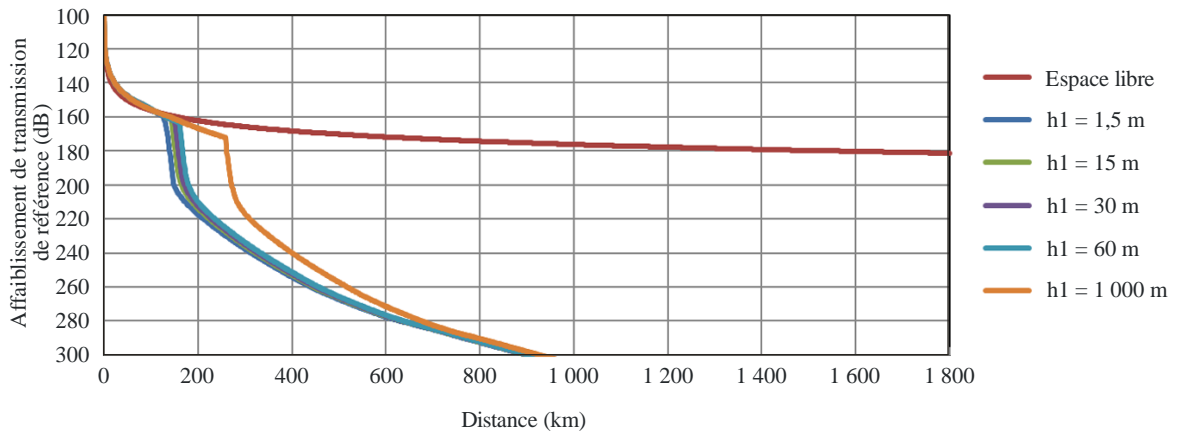


c)  $h_2 = 20000$  m

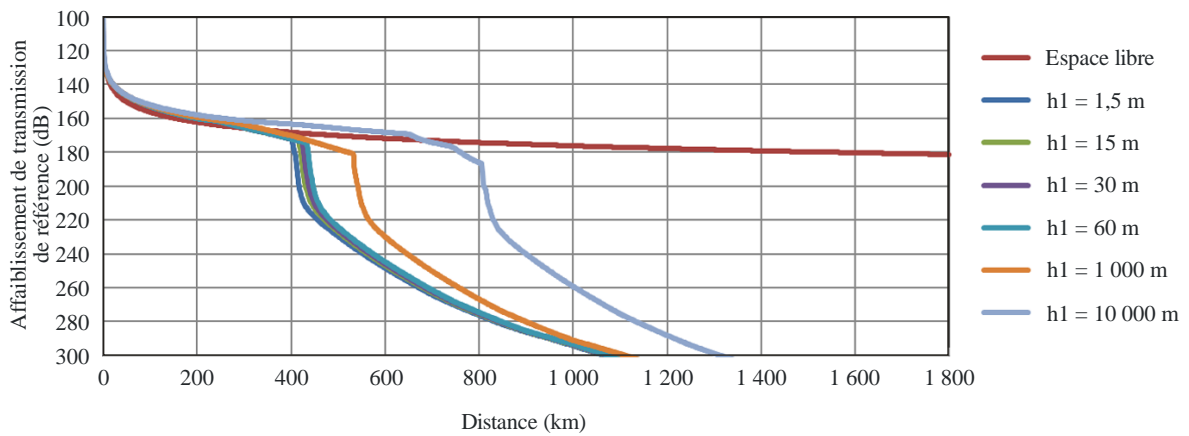


FIGURE 8-3

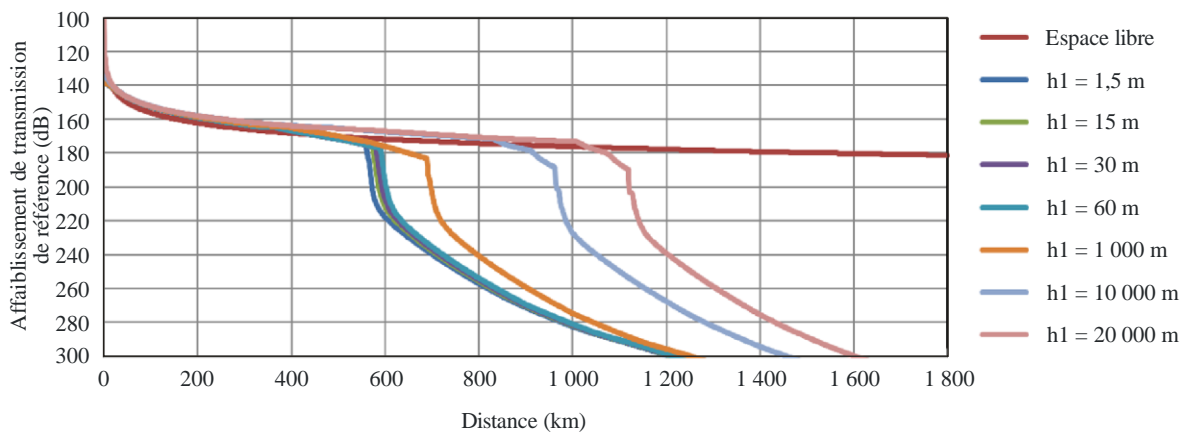
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 15 500 MHz pour 10% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



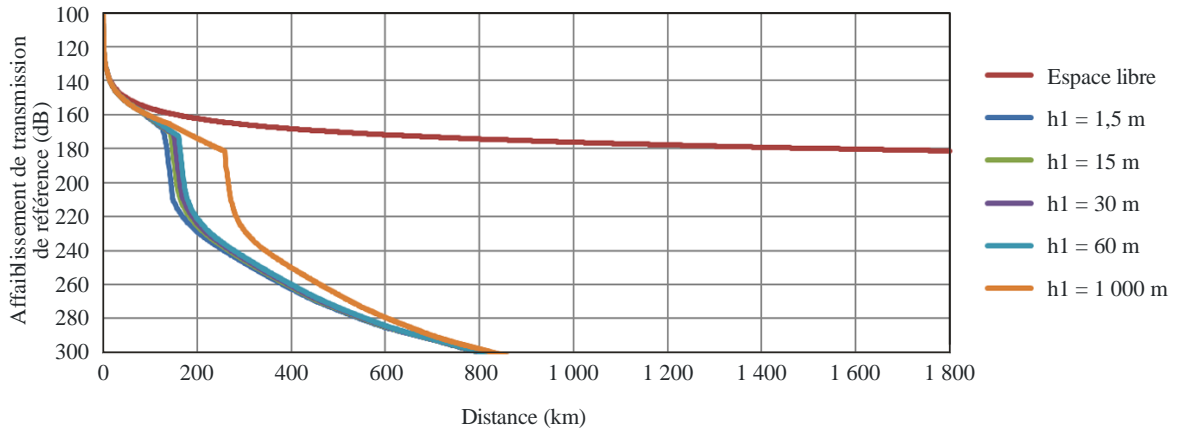
b)  $h_2 = 10000$  m



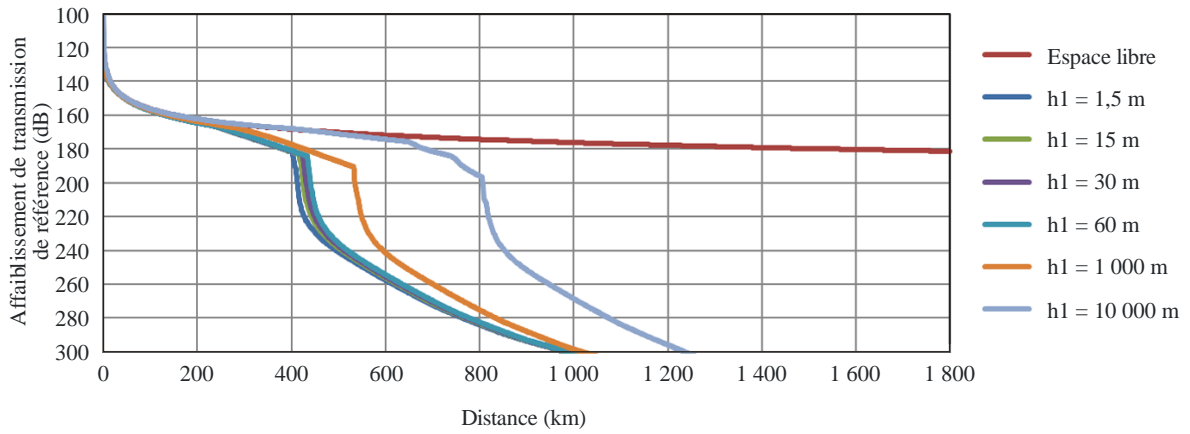
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 8-4

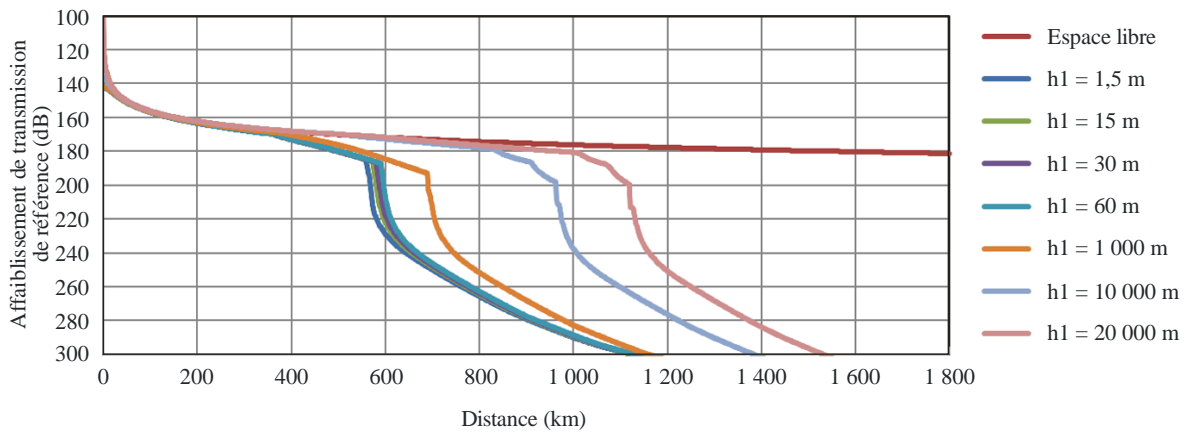
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 15 500 MHz pour 50% du temps pour des valeurs de h1



a)  $h_2 = 1000$  m



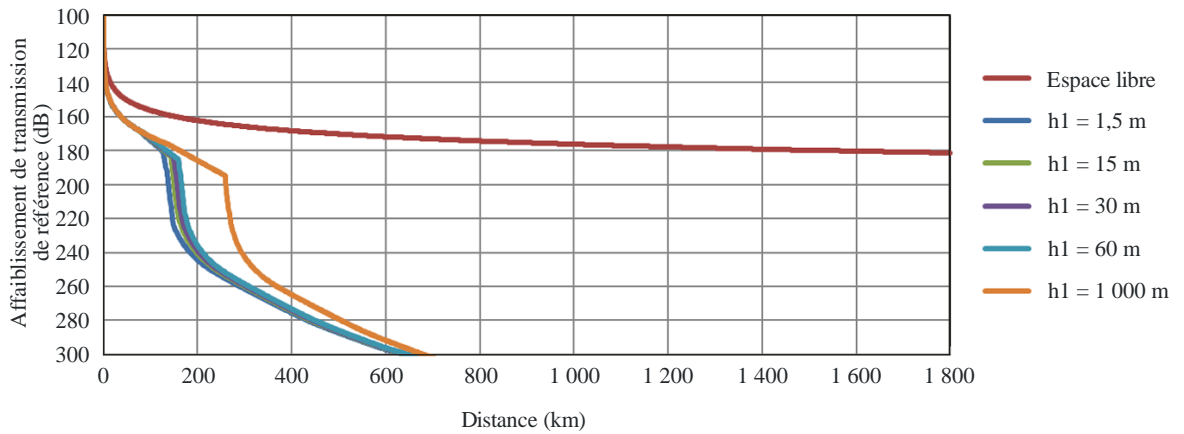
b)  $h_2 = 10000$  m



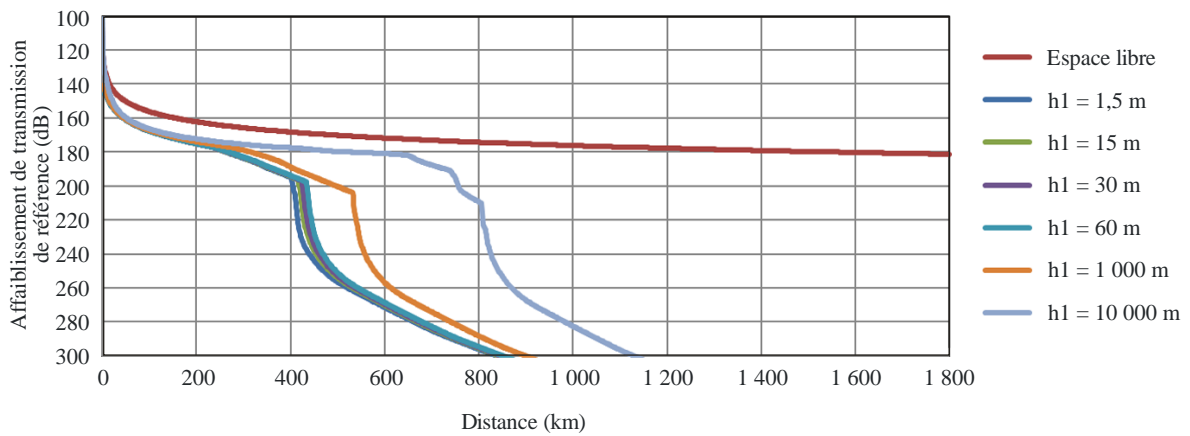
c)  $h_2 = 20000$  m

FIGURE 8-5

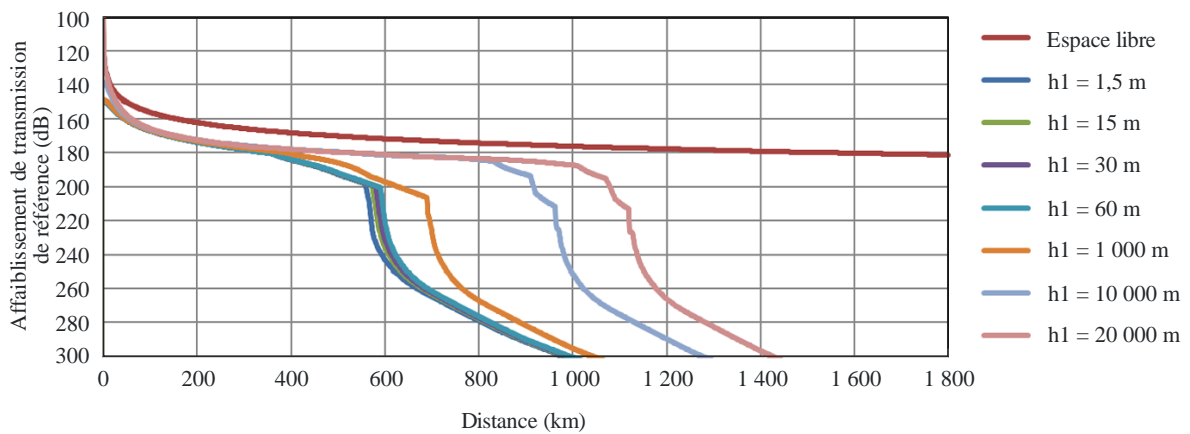
Jeux de courbes pour l'affaiblissement de transmission de référence à 15 500 MHz pour 95% du temps pour des valeurs de h1



a) h2 = 1 000 m



b) h2 = 10 000 m



c) h2 = 20 000 m

## Annexe 4

### 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 3.

---