

BILAN DE LIAISON HERTZIENNE.

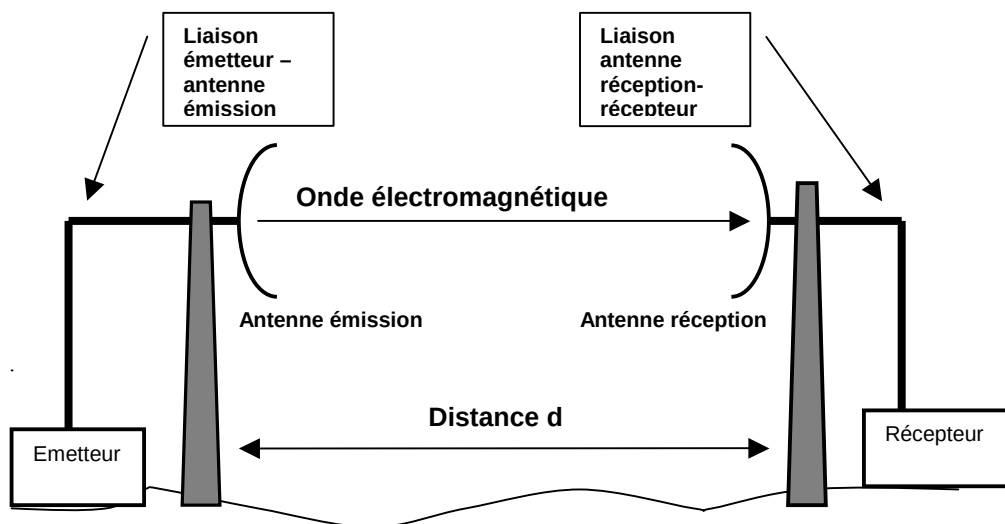
Application au SFH 534

1. Bilan de liaison

Avant d'installer un système de radiocommunication ou une liaison hertzienne, il est nécessaire d'effectuer le calcul du bilan de liaison. En effet, ce calcul permet de déterminer si le niveau de puissance reçue par le récepteur sera suffisant pour que la liaison fonctionne correctement.

1.1. Schéma de principe d'une liaison hertzienne

Le schéma de principe d'une liaison hertzienne est dans le cas général le suivant :



Emetteur : Il est caractérisé par sa puissance émise P_E . Ici P_E sera exprimée en dBm ou dBW. Ordre de grandeur : de quelques mW (0dBm) à plusieurs kW (> 30dBW).

Liaison émetteur- antenne émission : elle est généralement réalisée en câble coaxial. A plus haute fréquence (> quelques GHz), elle peut être réalisée en guide d'onde (voir cours de physique). Elle est caractérisée par son atténuation L_E , exprimée en dB. Dans les petits systèmes, où tout est intégré (WiFi, téléphone mobile, etc..) cette liaison n'existe pas ($L_E = 0$ dB)

Antenne émission : Elle est caractérisée par son Gain d'antenne G_E , exprimé en dBi.

Distance d : c'est la distance entre l'émetteur et le récepteur. On peut montrer (à partir du calcul de la sphère de l'antenne isotrope et de la définition du gain d'antenne), que la distance entre l'émetteur et le récepteur, introduit une atténuation A_{EL} (pour atténuation en espace libre) égale à :

$$A_{EL} = 20 \cdot \log \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

Cette grandeur est exprimée en dB.

Liaison antenne réception- récepteur : comme la liaison émetteur-antenne émission, la liaison antenne réception-récepteur est caractérisée par l'atténuation L_R , exprimée en dB.

Antenne réception : Elle est caractérisée par son gain d'antenne G_R , exprimé en dBi.

Récepteur : Le paramètre qui nous intéresse ici est P_R , puissance reçue par le récepteur. Elle est généralement exprimée en dBm.

1.2. Expression de la puissance reçue

Pour déterminer P_R , la puissance reçue par le récepteur, il suffit en partant de P_E de retrancher toutes les sources d'atténuation du signal et d'ajouter les gains d'antenne.

On obtient ainsi :

$$P_R = P_E - L_E + G_E - A_{EL} + G_R - L_R$$

Remarques :

- le terme $P_E - L_E + G_E$ correspond à la PIRE, au niveau de l'antenne d'émission.
- L_E et L_R sont nuls si l'émetteur et le récepteur sont reliés directement à leurs antennes.

1.3. Sensibilité d'un récepteur

Nous nous contenterons ici d'en donner une définition et une signification pratique.

Définition : La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un rapport signal/bruit déterminé (transmission analogique) ou un taux d'erreur donné en transmission numérique (10^{-3} ou 10^{-6}).

Signification : C'est la puissance minimale en dessous de laquelle la qualité de la liaison est dégradée : craquements importants (« friture ») pour une liaison audio, image dégradée en transmission vidéo (« neige »), taux d'erreur important en transmission numérique (« pixellisation » ou « figeage » de l'image en TV vidéo numérique).

1.4. Condition de bon fonctionnement d'une liaison hertzienne

Pour qu'une liaison hertzienne fonctionne correctement, il faut que la puissance reçue soit supérieure à la sensibilité du récepteur.

De plus, on prendra généralement une marge (on essayera d'avoir des dB en plus) pour tenir compte des atténuations supplémentaires qui peuvent être dues à des réflexions multiples ou à la météo (pluie, neige, brouillard, etc..)

2. Etude d'un système de radiocommunications

2.1. Mise en situation

Vous êtes technicien dans une entreprise qui utilise des faisceaux hertziens (opérateur de téléphonie mobile, par exemple). Vous devez installer une liaison $4 \times 2 \text{ Mbit/s}^*$ de 15 km située à Nice. Vous êtes chargé de faire une étude préliminaire, puis de superviser l'installation.

Vous allez :

- analyser les caractéristiques HF du matériel
- effectuer les calculs préliminaires à l'installation permettant de dimensionner le matériel (ellipsoïde de Fresnel, bilan de liaison, calcul de l'indisponibilité).

Après avoir consulté plusieurs constructeurs, votre choix s'est porté sur un matériel Sodielec SFH 534.

* Le signal de base de la transmission numérique utilisé dans les centraux téléphoniques est, selon la normalisation européenne, celui d'un train numérique à 2048 Kbit/s.

2.2. Caractéristiques du matériel

Un faisceau hertzien est un système de télécommunication, composé de deux extrémités, qui permet de transporter des informations d'un point à un autre. Ici la liaison est duplex, chaque extrémité est à la fois émetteur et récepteur.

Le faisceau hertzien SFH 534 appartient à une famille de faisceaux dédiés à la réalisation de liaisons moyenne capacité ($2 \times 2 \text{ Mbit/s}$ et $4 \times 2 \text{ Mbit/s}$), sur des distances de l'ordre de la dizaine de kilomètres.

Les applications sont multiples :

Raccordement d'abonnés en zone rurale, déport de relais radio GSM, déport de relais radio publiques (Gendarmerie, Pompiers, Police, Armées)

Composition de l'équipement :

Un SFH 534 est composé de deux extrémités semblables comprenant chacune :

- une antenne associée à un coffret HF
- un tiroir d'exploitation

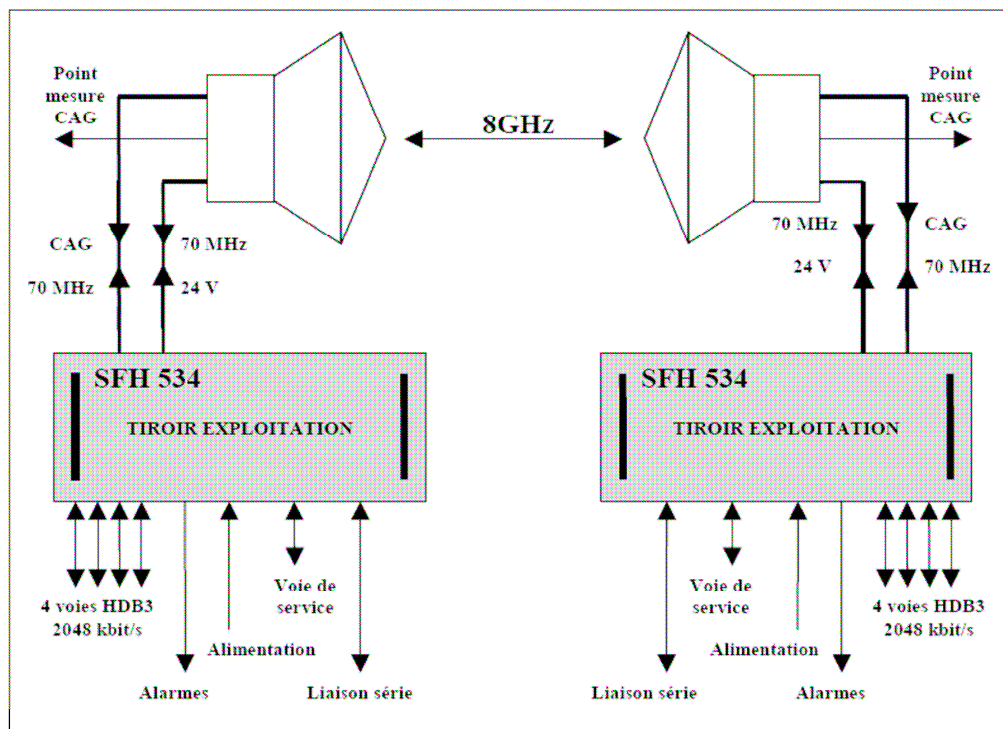
Le coffret HF et l'antenne sont généralement situés à l'extérieur, sur un pylône.

Le tiroir d'exploitation est généralement situé à l'intérieur d'un local technique.

La liaison entre coffret HF et tiroir d'exploitation se fait par l'intermédiaire de deux câbles coaxiaux.

Le tiroir d'exploitation réalise les fonctions de multiplexage des signaux à transmettre, de codage et de modulation-démodulation à la fréquence intermédiaire de 70 MHz.

Le coffret HF réalise les opérations de transposition de fréquence à la fréquence de 8 GHz, en émission et en réception.



Faisceau hertzien SFH534

On donne ici les caractéristiques HF du faisceau hertzien SFH 534 (extraites de la notice technique du produit).

Puissance émise en sortie du coffret : > 21 dBm

Seuil de sensibilité : à TEB = 10^{-3} < -81 dBm

Fréquences émises :

Sous-bande « aller » : 8028 à 8063 MHz , par pas de 7 MHz

Sous-bande « retour » : 8462 à 8497 MHz, par pas de 7 MHz

Espacement entre canaux : 7 MHz

Pertes feeders < 1,5 dB (pour les deux extrémités)

Le SFH 534 est disponible en plusieurs versions d'antennes paraboliques. Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des antennes :

Diamètre antenne	45 cm	60 cm	75 cm	120 cm	180 cm
Gain	28 dBi	31,2 dBi	33,3 dBi	36 dBi	40 dBi
Lobes secondaires	< - 20 dB	< - 20 dB	< - 20 dB	< -21 dB	< -23 dB
Découplage de polarisation	20 dB	32 dB	32 dB	30 dB	30 dB
Ouverture à -3dB	Non spécifié	4,5°	3,6°	2,2°	1,5°

Travail personnel



1

Q.1) Déterminez la puissance émise en mW.

Q.2) Déterminez le nombre de canaux possibles.

Q.3) Commentez et explicitez brièvement le tableau présentant les caractéristiques des antennes.

Remarque : un feeder est un câble hyperfréquence reliant l'antenne au coffret électronique (Liaison émetteur -antenne émission et antenne réception -récepteur). Ils sont au nombre de deux, un par extrémité. Ces câbles introduisent une perte de puissance dont il faudra tenir compte dans le bilan de liaison

2.3. Ellipsoïde de Fresnel

Ce point particulier est spécifique aux faisceaux hertziens et ne s'applique qu'aux liaisons à des fréquences de plusieurs GHz.

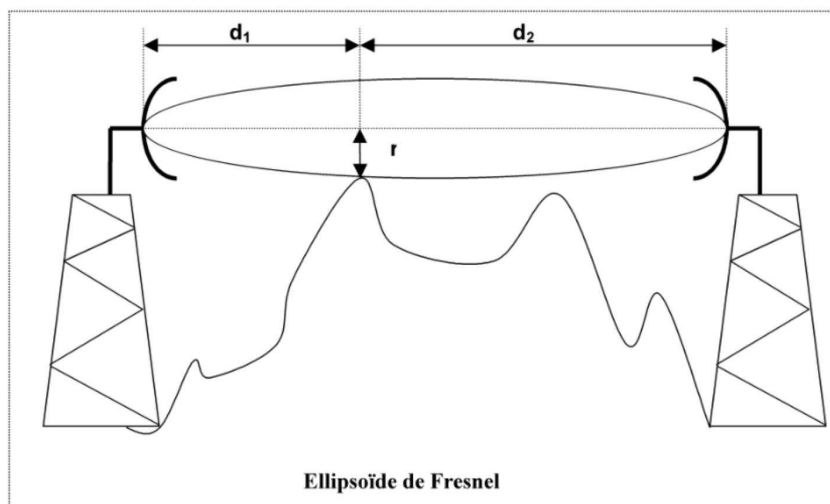
L'ellipsoïde de Fresnel est l'espace défini par la relation :

$$r = \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}} \times \lambda$$

où toutes les dimensions sont exprimées en mètres.

La grandeur r correspond à la valeur strictement minimale pour laquelle l'espace entourant le rayon direct joignant les deux antennes est dégagé de tout obstacle.

Remarque : r est maximum pour $d_1 = d_2$



Travail personnel



2

Q.1) Calculez la longueur d'onde correspondant à la fréquence d'émission minimale et maximale. Quelle valeur retiendrons-nous pour effectuer les calculs numériques sur l'ellipsoïde de Fresnel ? Pourquoi ?

Q.2) Déterminez la valeur maximale de r pour une distance entre les deux extrémités de 15km.

2.4. Bilan de liaison

On désire installer une liaison 4×2 Mbit/s sur une distance de 15 km dans la région de Nice. On suppose que l'on utilise la même antenne en émission et en réception (ce n'est pas une contrainte du produit, mais une simplification des calculs). On considère que la liaison n'est pas opérationnelle si le TEB est $> 10^{-3}$.

Travail personnel



3

Q.1) Calculez l'atténuation en espace libre correspondant à une distance de 15 km dans le « pire cas » de canal.

Q.2) Pour chaque jeu d'antenne, déterminez la puissance reçue, la marge brute (le nombre de dB au dessus du seuil de sensibilité à 10^{-3}) et la marge sur la liaison exprimée en dB par km. Vous synthétiserez tous les résultats dans un tableau.

2.5. Influence de la pluie

En présence de pluie, les gouttes d'eau vont introduire une atténuation significative. L'abaque fourni page suivante, permet de déterminer l'atténuation supplémentaire introduite par la pluie, en fonction de la fréquence, de la polarisation et de l'intensité de la pluie : il suffit de tracer une droite passant par 2 paramètres (fréquence et intensité de pluie) pour trouver le troisième paramètre (atténuation en dB/km).

Travail personnel



4

Q.1) A partir de l'abaque fourni page suivante, déterminez le niveau de pluie admissible (en mm/h) avant coupure de la liaison pour chaque jeu d'antennes. Vous ferez les calculs dans le pire cas de fréquence et en polarisation verticale.

Q.2) Pour minimiser l'influence de la pluie, quelle polarisation vaut-il mieux utiliser ? Justifiez votre réponse.

Q.3) À l'aide des documents France métropolitaine, zones hydrométéorologiques, déterminez la zone hydrométéorologique correspondant à Nice.

Q.4) En déduire la configuration minimale permettant d'avoir une liaison interrompue moins de 0,003 % du temps.

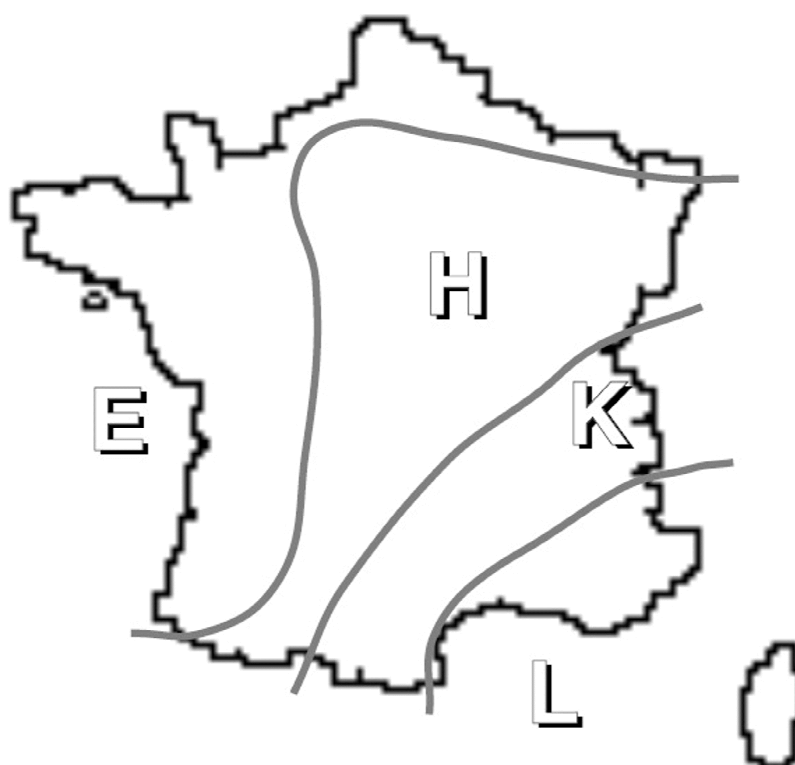
Q.5) Déterminer la durée d'indisponibilité par an.

Q.6) Si la liaison était installée en Bretagne, quelle serait la configuration minimale permettant d'avoir une liaison interrompue moins de 0,003 % du temps ?

Q.7) Commentez ces résultats.

Retrouvez d'autres cours et documents sur :

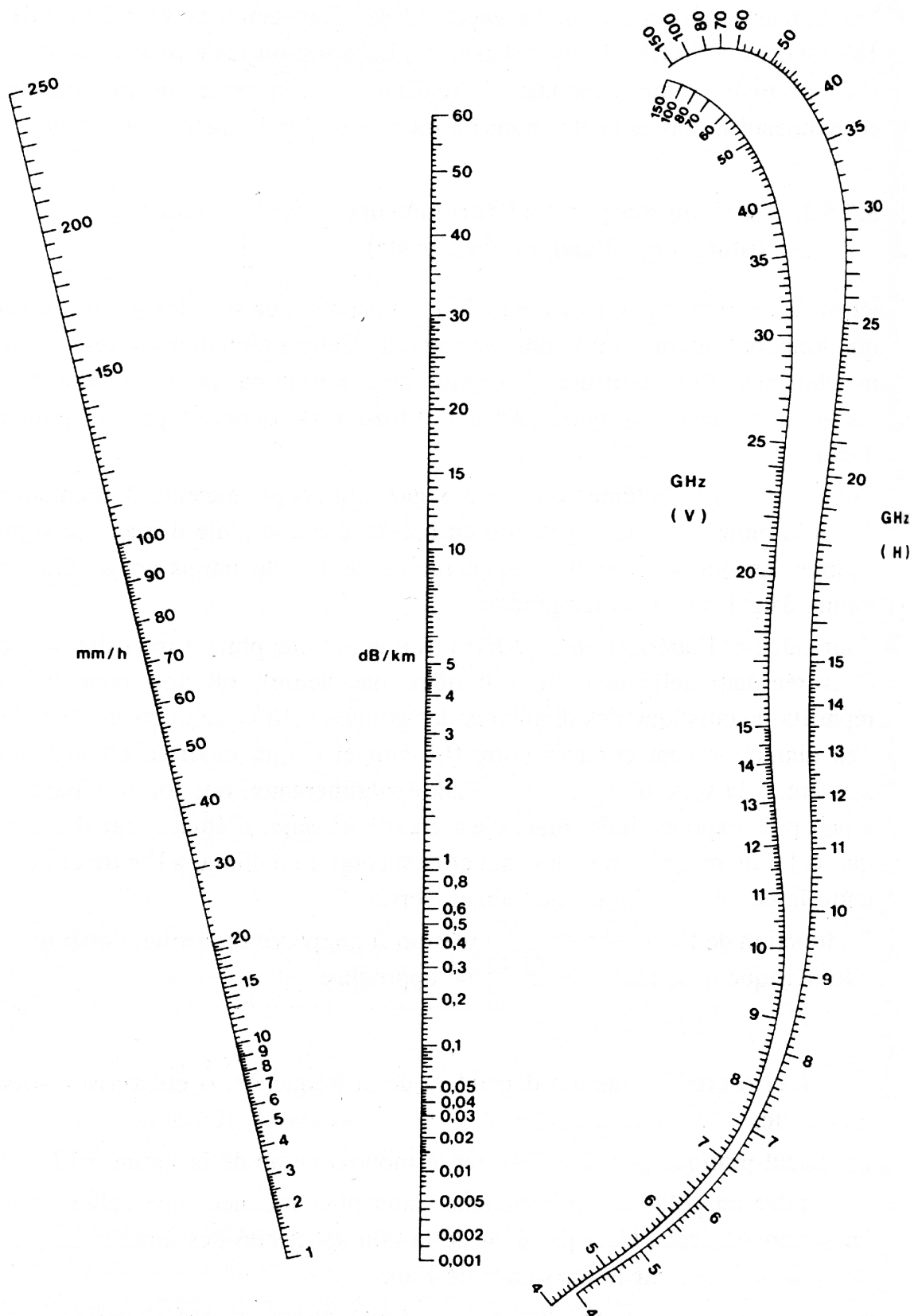
<http://www.louisreynier.com>



France métropolitaine : Zones hydrométéorologiques

Pourcentage du temps (%)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
1	<0,5	1	2	3	1	2	3	2	8	2	2	4	5	12
0,3	1	2	3	5	3	4	7	4	13	6	7	11	15	34
0,1	2	3	5	8	6	8	12	10	20	12	15	22	35	65
0,03	5	6	9	13	12	15	20	18	28	23	33	40	65	105
0,01	8	12	15	19	22	28	30	32	35	42	60	63	95	145
0,003	14	21	26	29	41	54	45	55	45	70	105	95	140	200
0,001	22	32	42	42	70	78	65	83	55	100	150	120	180	250

Zones hydrométéorologiques
Intensité des chutes de pluie dépassée (mm/h)



Monogramme permettant le calcul de l'atténuation due à la pluie.
 Figure extraite de « Les faisceaux hertziens analogiques et numériques,
 E.Fernandez et M. Mathieu, Editions Dunod »