

## RAPPORT 1032-1

**BRUIT RADIOÉLECTRIQUE AMBIANT A BORD DE NAVIRES**

(Question 30/8)

(1986-1990)

**1. Introduction**

1.1 La Recommandation N° 302 de la Conférence administrative mondiale des radiocommunications (Genève, 1987) invite le CCIR à poursuivre son étude qui a pour but d'améliorer tous les critères de partage techniques et d'exploitation relatifs à l'utilisation des canaux radiotéléphoniques côtiers sur ondes décamétriques dans les bandes attribuées exclusivement au service mobile maritime.

1.2 La Question 30/8 est étudiée en application de la Recommandation N° 302; elle identifie, entre autres, la nécessité d'examiner la méthode optimale pour mesurer le bruit artificiel à bord des navires (voir le § 4.1) ainsi que les sources et les niveaux de ce bruit (voir le § 4.2).

1.3 Le présent Rapport décrit une méthode mise au point pour mesurer l'ensemble du bruit ambiant du navire au voisinage des antennes de ce navire et propose quelques résultats préliminaires. On prévoit qu'un tel système permettra d'obtenir une évaluation satisfaisante de la qualité des systèmes de télécommunication à bord des navires et permettra de mieux définir les niveaux de bruit prévus.

1.4 Le Rapport propose également un moyen d'identification des sources de bruit à bord des navires et des moyens pour mesurer leurs niveaux.

**2. Mesure du bruit ambiant****2.1 *Modèle de mesure***

Le modèle optimal pour décrire le bruit est la distribution cumulative de l'enveloppe de bruit à bande limitée, appelée la «répartition de probabilité des amplitudes» (RPA), qui est utilisée dans le Rapport 322. Il s'agit d'une représentation graphique de la probabilité en fonction du champ qui donne la proportion du temps de mesure pendant lequel l'enveloppe de bruit dépasse un niveau de champ donné. Les échelles des coordonnées sont choisies de manière telle que les statistiques de dépassement d'une variable ayant une distribution de Rayleigh, comme l'enveloppe du bruit thermique à bande limitée, soient une droite ayant une pente de  $-0,5$  et une valeur quadratique moyenne avec une probabilité de dépassement de 0,368 ( $E_R$  et  $P_R$  sur la Figure 1).

Les RPA types du bruit de navires ont une allure analogue à celles des RPA atmosphériques car elles se représentent à peu près par deux lignes droites. Du côté des fortes probabilités, la composante normale du bruit donne une ligne droite de pente donnée. Pour les faibles probabilités, elle tend vers une droite de plus forte pente en raison de la plus forte amplitude du bruit impulsif. Toutefois, contrairement à ce qui s'observe pour le bruit atmosphérique, il ne semble pas y avoir de relation utile entre les niveaux de variance de ces deux composantes. La RPA ne peut donc pas se définir en termes de variance du bruit et au moyen de  $V_d$

$$\text{où } V_d = 20 \log_{10} \frac{V_{rms}}{V_{moyen}}$$

En raison des facteurs qui jouent sur le niveau du bruit atmosphérique, ces RPA dépendent de l'emplacement géographique, de l'heure et de la saison. On peut passer des RPA obtenues sous certaines conditions à celles qu'on aurait sous des conditions différentes. Il suffit de tirer par déconvolution la RPA atmosphérique prévisible (tirée du Rapport 322) de la RPA mesurée et de la remplacer par la RPA atmosphérique interactive. On combinera bien sûr les incertitudes statistiques de la façon habituelle.

Les RPA dépendent aussi de la fréquence et de la largeur de bande. De faibles changements de la fréquence (< 10%) n'ont en général guère d'influence mais il n'en va pas de même des variations de la caractéristique passe-bande. La conversion des résultats d'une fréquence ou largeur de bande en une autre n'est pas immédiate.

## 2.2 Méthodes de mesure

Une RPA est produite à partir d'une série d'échantillons de l'enveloppe de bruit à bande limitée, enregistrée pendant un laps de temps fixe. Cette durée est choisie de telle sorte qu'elle soit équivalente à une portion faible mais significative de la durée des communications. On a estimé que 10 minutes conviendraient. Il faut un nombre de RPA tel que toutes les situations de bruit de navires soient représentées, tandis que la composante atmosphérique reste relativement stationnaire.

Le système de détection est équipé d'une antenne monopole de 1 m branchée sur un récepteur d'essai dont la plage de calibration est de 70 dB. L'enveloppe linéaire du bruit détecté est échantillonnée et numérisée avec quantification logarithmique, une précision de 8 bits et un taux d'échantillonnage de 8 KHz. Les échantillons sont groupés par niveau d'amplitude d'où on peut ultérieurement tirer la statistique des dépassements.

## 2.3 Mesures

Au cours des deux dernières années, on a procédé à des mesures de bruits sur 15 navires de types différents en des emplacements géographiques et sous des conditions climatiques très divers. On a enregistré des RPA sur 10 minutes à 2, 4, 8 et 16 MHz, dans une largeur de bande de 2,4 kHz. Les mesures n'ont eu lieu que de jour par des conditions atmosphériques stables (Rawlins et autres, 1986).

La Figure 2 présente quelques exemples de résultats. On y voit une RPA de la moyenne et du décile supérieur et un graphique de l'écart type du bruit de navire, ainsi que la RPA de la moyenne et du décile supérieur prévu pour le bruit atmosphérique. Ils proviennent des données de bruit atmosphérique et du modèle de RPA que donne le Rapport 322 et qui sont fournis ici à titre de référence à l'Annexe I et à la Figure 3.

Ce programme se poursuit pour déterminer l'importance de la composante artificielle du bruit, sa nature statistique et comment l'affectent les modifications du milieu ambiant.

#### 2.4 Traitement des résultats

La RPA fournit une représentation concise et documentée des conditions de bruit à partir desquelles on peut estimer la qualité des systèmes de communications au moyen de méthodes semblables à celles que suggère le Rapport 322 pour le bruit atmosphérique.

Il vaut mieux réduire le nombre des RPA enregistrées tout en conservant l'information qui décrit les statistiques de bruit au cours de la période de la RPA et la variation des conditions au cours de toute la RPA. Tous les jeux homogènes de RPA, c'est-à-dire ceux qui ont été enregistrés dans des conditions analogues (voir section 2.1) sont combinés pour produire une RPA moyenne et le graphique correspondant des écarts types. On les obtient en calculant en chaque point de l'axe des probabilités, la moyenne et l'écart type des valeurs dispersées des ordonnées de la RPA. On a constaté qu'elles avaient une distribution à peu près normale et les procédures de calcul des niveaux de confiance sont donc bien définies.

#### 2.5 Utilisation des résultats

Ces résultats peuvent servir à évaluer la qualité d'un système de radiocommunications dans le bruit ambiant défini par la RPA moyenne et l'écart type que donne la Figure 1.

Il existe en général deux façons d'apprécier la qualité de service d'un système (voir par exemple la Recommandation 339):

- a) le rapport signal sur bruit pour les systèmes vocaux analogiques;
- b) le taux d'erreur binaire pour les systèmes numériques.

Dans les deux cas il faut d'abord déterminer un niveau moyen du signal reçu qui produise au moins la qualité d'écoulement du trafic désirée pour 50% du temps, c'est-à-dire la disponibilité pendant 50% du temps.

On admet généralement que l'intelligibilité d'une voie vocale analogique est nettement plus détériorée par un bruit blanc gaussien que par un bruit impulsif (Spaulding, 1982). Compte tenu de cela, il est normal qu'il faille modifier l'appréciation du rapport signal sur bruit du service (S) en fonction du niveau de la composante de bruit à RPA de Rayleigh ( $E_R$ ). On en tire une valeur du niveau moyen désiré du signal reçu ( $E_A$ ) et l'écart type correspondant ( $\sigma_A$ ) de la Figure 1.

Pour un système numérique, il faut convertir le taux d'erreur binaire en valeur de probabilité, soit une valeur pour laquelle  $P(X \geq x)$  sur la Figure 1 ( $P_d$ ). Cela dépend généralement du modem dont on se sert, pour lequel un exemple cité dans le Rapport 322 donne pour valeur de  $P(X \geq x)$ , pour un système symétrique binaire MDP, deux fois le taux d'erreur binaire (Montgomery, 1954). Le niveau moyen désiré du signal reçu ( $E_d$ ) et l'écart type correspondant ( $\sigma_d$ ) se lisent directement sur la RPA, comme le montre la Figure 1.

Les écarts types définissent le pourcentage du temps au cours duquel une certaine qualité de service est dépassée car il dépend de la variation du bruit. L'analyse est donc identique à celle que recommande le Rapport 322. Il faut considérer les mêmes incertitudes pour estimer par le calcul la probabilité de service. Il peut être en outre nécessaire de calculer les erreurs normalisées lorsque le nombre de RPA est faible.

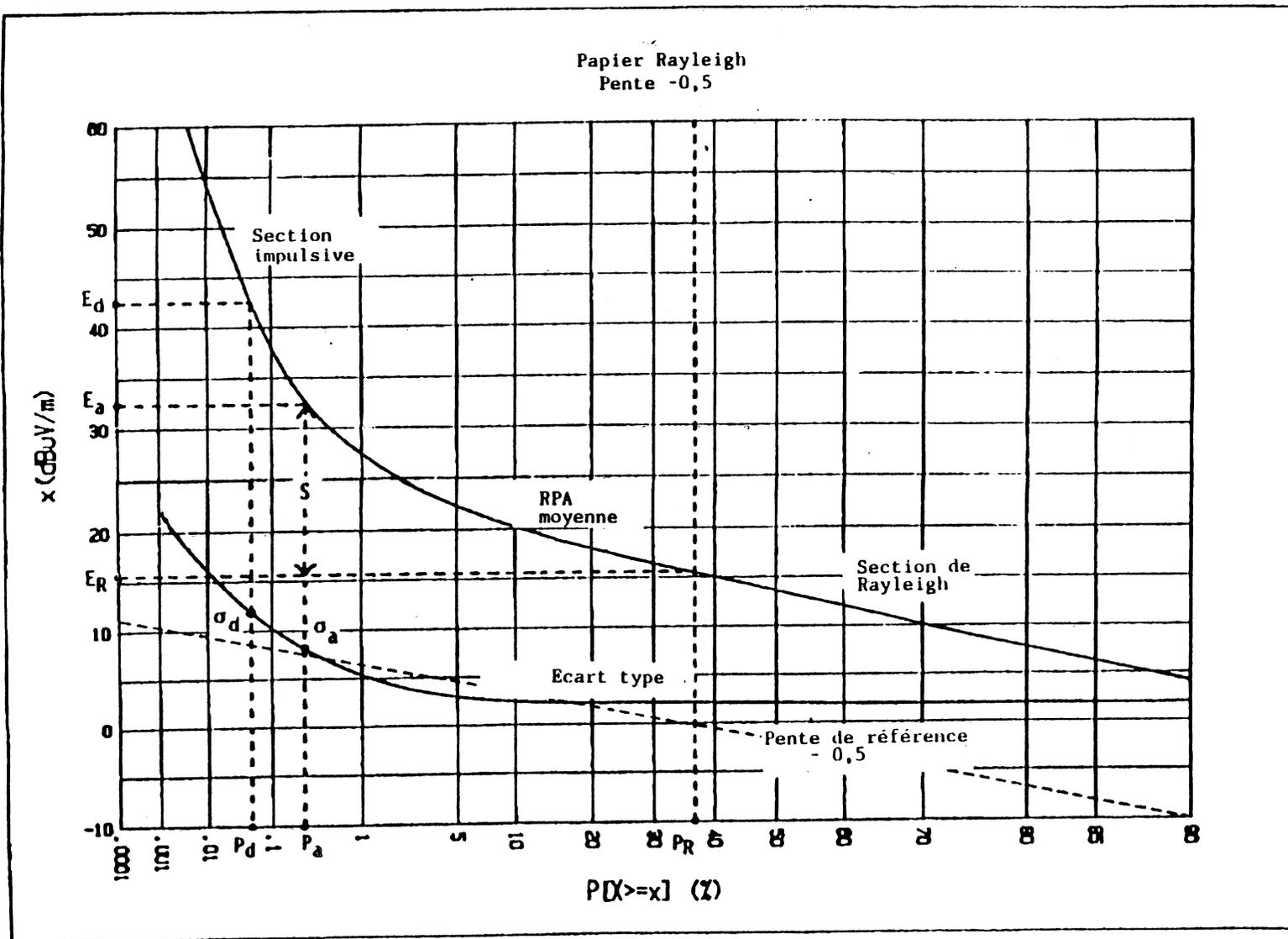


FIGURE 1  
Application des RPA du bruit de navire

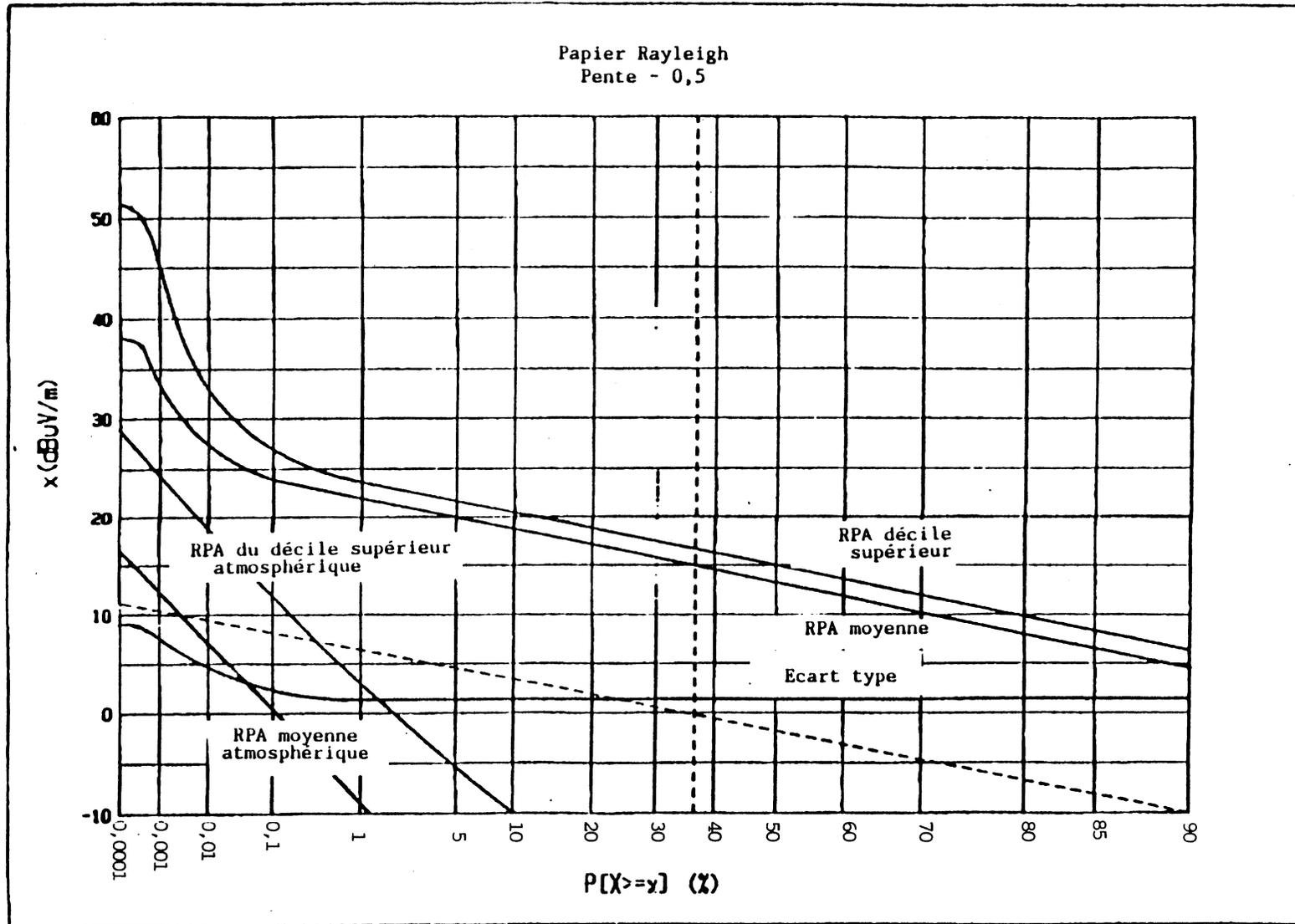


FIGURE 2

RPA du bruit de navire pour le ferry boat Tor Scandinavia à 4 MHz,  
largeur de bande 2,4 kHz, Mer du Nord, juillet 1985

### 3. Identification des sources

Il est généralement difficile d'associer des événements créant du bruit à des activités spécifiques à bord du navire.

Un système de mise en courbe des données a été conçu pour obtenir l'enregistrement en temps réel du champ de bruit efficace pour 1 s et de  $V_d$ .

Cela permet de détecter des événements rares et d'établir la relation entre de tels événements et le fonctionnement d'un équipement de bord particulier. Le faible débit de données simplifie le traitement, l'enregistrement et l'analyse ultérieure des tendances à long terme.

### 4. Conclusion

On considère que le modèle RPA de description de l'enveloppe de bruit est le plus efficace pour la mesure du bruit ambiant sur les navires.

Les résultats obtenus à partir de mesures faites à bord de navires peuvent être utilisés d'une manière similaire à celles des résultats donnés dans le Rapport 322.

La Recommandation 339 (Note 4 du Tableau I) suggère d'utiliser la méthode de la somme quadratique pour combiner la valeur médiane des facteurs de fluctuation de la puissance de l'évanouissement du signal et de l'intensité du bruit, en admettant, par hypothèse, que ces mécanismes sont statistiquement indépendants. Dans ce cas, le bruit est considéré comme étant un bruit atmosphérique, en supposant qu'il n'y a pas de corrélation entre les facteurs de fluctuation à long terme pour l'évanouissement du signal, le bruit atmosphérique et le bruit artificiel, on peut obtenir une bonne estimation du rapport signal sur bruit désiré en appliquant la méthode décrite dans la Recommandation 339 (Note 4 du Tableau I).

Un jeu de données similaire à celui présenté dans ce document pourrait être produit en utilisant la structure du bloc de temps du Rapport 322, à supposer que l'on dispose d'un temps suffisant pour faire les mesures. Avec des données supplémentaires, il serait possible de produire des statistiques simples des séries de temps. Celles-ci pourraient être utilisées avec les RPA pour fournir une description complète du bruit ambiant à bord des navires.

L'utilisation du moniteur  $V_d$  mentionné au § 3 permettrait d'identifier les sources et les niveaux des contributions de bruit radioélectriques à bord des navires.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MONTGOMERY, G.F. [1954], A comparison of amplitude and angle modulation for narrow-band communication of binary-coded messages in fluctuation noise, Proc. IRE, Vol. 42, 447.

RAWLINS, A.D. et JOHNSON, M.A. [1986], The measurement of radio noise levels on ships, IERE 5th Conference on Electromagnetic Compatibility, York, UK.

SPAULDING, A.D. [1982], Atmospheric radio noise and its effects on telecommunications systems, Handbook of Atmospherics, Ch. 6, Ed. H. Volland, CRC Press, Boca Raton, F1, USA.



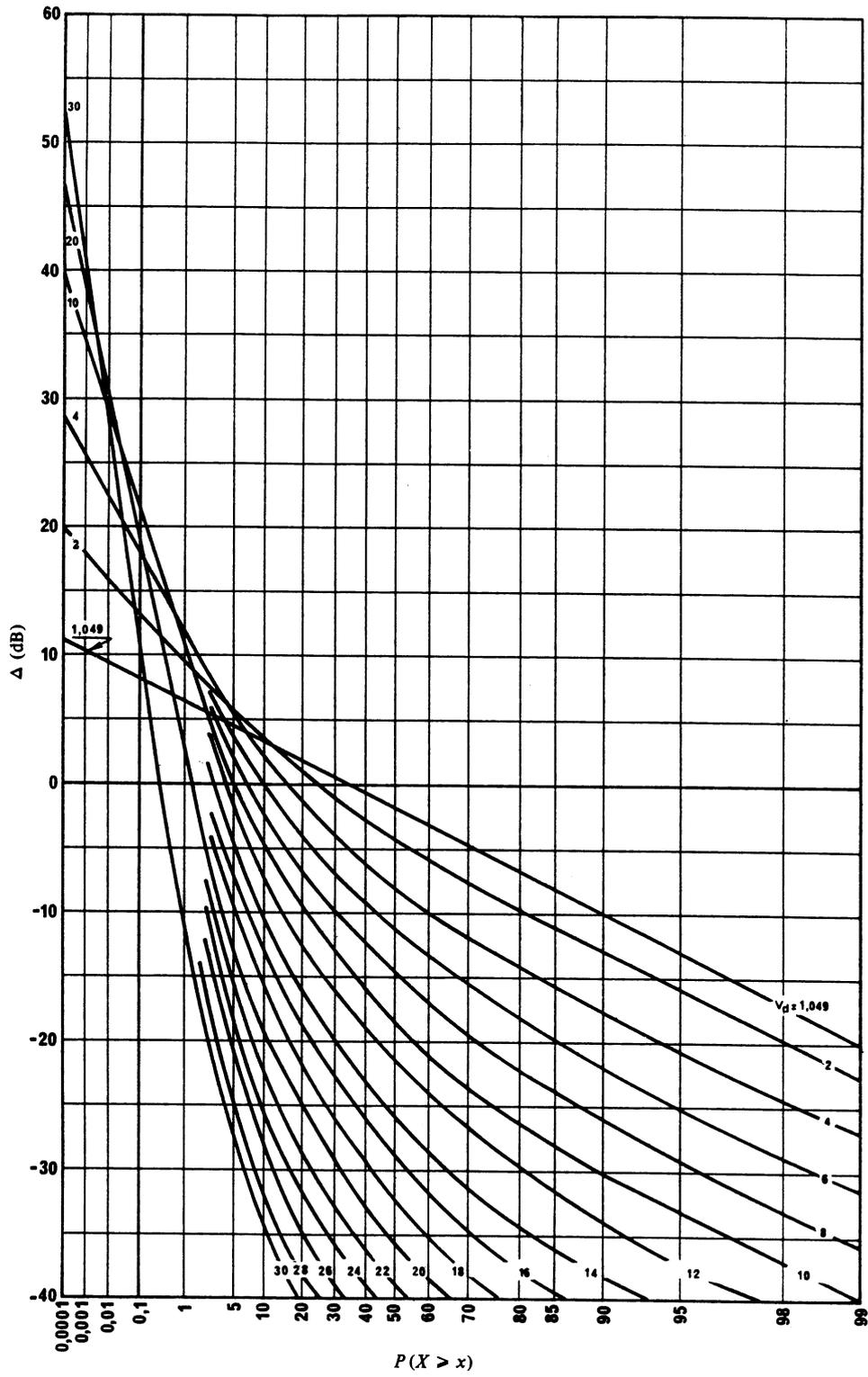


FIGURE 3 - Bruit atmosphérique (Rapport 322)

$$\Delta = A - A_{eff}$$

## ANNEXE I

## NIVEAUX DU BRUIT EXTÉRIEUR

(Calculés d'après le Rapport 322)

Pour les fréquences inférieures à 20 MHz, la source principale de bruit extérieur est le bruit atmosphérique. Cette Annexe résume le calcul des niveaux du bruit extérieur dans les eaux européennes, dans des conditions de bruit le plus fort et le moins fort, au-dessous de 20 MHz.

TABLEAU I – *Bruit le plus fort*

(Entre 2000 et 2359 h; été; mer du Nord; Baltique; Adriatique; mer Noire)

Fréquence (MHz)		1	2	4	8	16
$F_a$ (1)		80	70	61	50	30
$E_n$ (2) (1 kHz)		14	10	7	3	-11
Largeur de bande de 3 kHz		5	5	5	5	5
10% correction du temps		8	7	5	4	5
5% correction du temps		10	9	7	5	7
1% correction du temps		14	13	9	7	9
Champ (largeur de bande de 3 kHz) (dB( $\mu$ V/m))	50% du temps	19	15	12	8	-6
	10% du temps	27	22	17	12	-1
	5% du temps	29	24	19	13	1
	1% du temps	33	28	21	15	3

TABLEAU II – *Bruit le moins fort*

(Entre 0800 et 1200 h; printemps; mer du Nord)

Fréquence (MHz)		1	2	4	8	16
$F_a$ (1)		20	16	20	27	10
$E_n$ (2) (1 kHz)		-45	-43	-33	-21	-31
Largeur de bande de 3 kHz		5	5	5	5	5
10% correction du temps		15,5	14	12	9	5
5% correction du temps		20	18	15	12	7
1% correction du temps		28	25	22	17	9
Champ (largeur de bande de 3 kHz) (dB( $\mu$ V/m))	50% du temps	-40	-38	-28	-16	-26
	10% du temps	-24,5	-24	-16	-7	-21
	5% du temps	-20	-20	-13	-4	-19
	1% du temps	-12	-13	-6	1	-17

(1)  $F_a$ : facteur de bruit équivalent d'antenne résultant de la puissance de bruit externe disponible sur une antenne sans pertes ( $F_a = 10 \log f_a$ ).

(2)  $E_n$ : moyenne quadratique du champ de bruit pour une largeur de bande de 1 kHz (dB( $\mu$ V/m)).