

RECOMMANDATION UIT-R P.1148-1

PROCÉDURE NORMALISÉE DE COMPARAISON DES VALEURS PRÉVUES ET OBSERVÉES DES INTENSITÉS DES SIGNAUX TRANSMIS PAR L'ONDE IONOSPHERIQUE DANS LA GAMME DES ONDES DÉCAMÉTRIQUES ET PRÉSENTATION DE CES COMPARAISONS*

(Question UIT-R 222/3)

(1995-1997)

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

considérant

- a) qu'il s'avère nécessaire d'évaluer la précision globale des procédures de prévision;
- b) qu'il faut déterminer l'effet des modifications qu'il est proposé d'apporter à ces procédures de prévision;
- c) que des renseignements détaillés sur les modes de propagation, les variations spatiales et temporelles ainsi que leurs précisions relatives, faciliteront le développement ultérieur de ces procédures,

recommande

- 1 d'adopter la procédure décrite ci-après à l'Annexe 1 pour la comparaison des intensités prévues et observées des signaux transmis par l'onde ionosphérique dans la gamme des ondes décamétriques;
- 2 de présenter ces comparaisons sous la forme indiquée à l'Annexe 2.

ANNEXE 1

1 Introduction

La procédure normalisée décrite ici permet de comparer les valeurs prévues et observées des intensités des signaux transmis par l'onde ionosphérique à des fréquences comprises entre 2 et 30 MHz. Ces comparaisons donnent des renseignements sur la précision des méthodes de prévision et sur les améliorations qu'il serait souhaitable d'y apporter. Il est important que les administrations et les organisations intéressées informent régulièrement l'UIT-R de l'état actuel de leurs comparaisons. La présente Recommandation contient des exemples de résultats de ces comparaisons.

2 Généralités

Afin d'obtenir des résultats comparables, il faut utiliser le même ensemble de données et la même procédure lorsque l'on compare les champs prévus et les champs observés. Il convient d'utiliser la base de données la plus récente. Il s'agit d'un ensemble de données approuvé par l'UIT-R, constitué d'observations qui couvrent un large domaine en ce qui concerne les distances, les mois, les nombres de taches solaires, les fréquences et les zones géographiques.

Les comparaisons doivent permettre d'obtenir les données suivantes:

- la base
- l'écart moyen (dB) et
- l'écart type (dB).

La base est le nombre d'échantillons utilisés dans les comparaisons. L'écart moyen fournit une mesure de l'écart entre les champs médians mensuels prévus et observés. L'écart type est le paramètre le plus important pour évaluer la précision du champ médian mensuel donné par telle ou telle méthode de prévision (voir les formules (1) et (2)). Il convient de signaler cependant que ce paramètre ne renseigne pas sur la précision obtenue pour un jour donné.

* Un programme informatique associé à la procédure décrite dans la présente Recommandation est disponible au Bureau des radiocommunications de l'UIT.

Afin de trouver les écarts systématiques (par exemple, dépendant de la distance ou de la zone géographique) d'une méthode de prévision donnée, des comparaisons doivent être faites pour différents sous-ensembles de données ou pour des combinaisons de ces sous-ensembles. Ces sous-ensembles détaillés de comparaisons ont pour objet de fournir des indications permettant de détecter des faiblesses systématiques de la méthode examinée. Le choix d'une méthode de prévision ne doit pas être fondé sur les résultats favorables qu'elle fournit pour un sous-ensemble particulier (par exemple, les longueurs des circuits).

3 Sous-ensembles pour lesquels il convient de faire des comparaisons

Différentes comparaisons, c'est-à-dire le calcul de l'écart moyen et de l'écart type (voir l'Annexe 2), doivent être faites pour les paramètres suivants:

3.1 Fréquences, f

- une seule fréquence,
- toutes les fréquences du même circuit,
- groupes de fréquences:

$$\begin{aligned} 2 &\leq f \leq 5 \text{ MHz} \\ 5 &< f \leq 10 \text{ MHz} \\ 10 &< f \leq 15 \text{ MHz} \\ 15 &< f \leq 30 \text{ MHz} \end{aligned}$$

3.2 Longueur du trajet le long du grand cercle, D

$$\begin{aligned} 0 &< D < 1\,000 \text{ km} \\ 1\,000 &\leq D < 2\,000 \text{ km} \\ 2\,000 &\leq D < 3\,000 \text{ km} \\ 3\,000 &\leq D < 4\,000 \text{ km} \\ 4\,000 &\leq D < 5\,000 \text{ km} \\ 5\,000 &\leq D < 7\,000 \text{ km} \\ 7\,000 &\leq D < 9\,000 \text{ km} \\ 9\,000 &\leq D < 12\,000 \text{ km} \\ 12\,000 &\leq D < 15\,000 \text{ km} \\ 15\,000 &\leq D < 18\,000 \text{ km} \\ 18\,000 &\leq D < 22\,000 \text{ km} \\ 22\,000 &\leq D \leq 40\,000 \text{ km} \end{aligned}$$

3.3 Latitude géométrique, Φ (nord ou sud, au point milieu du trajet)

$$\begin{aligned} 0^\circ &\leq \Phi \leq 20^\circ \\ 20^\circ &< \Phi \leq 40^\circ \\ 40^\circ &< \Phi \leq 60^\circ \\ \Phi &> 60^\circ \end{aligned}$$

3.4 Nombre de taches solaires, R_{12}

$$\begin{aligned} 0 &< R_{12} < 15 \\ 15 &\leq R_{12} < 45 \\ 45 &\leq R_{12} < 75 \\ 75 &\leq R_{12} < 105 \\ 105 &\leq R_{12} < 150 \\ R_{12} &\geq 150 \end{aligned}$$

3.5 Saison (au point milieu du trajet)

Mois	Saison	
	Hémisphère nord	Hémisphère sud
Novembre, décembre, janvier, février	Hiver	Eté
Mars, avril	Printemps	Automne
Mai, juin, juillet, août	Eté	Hiver
Septembre, octobre	Automne	Printemps

3.6 Heure, h (temps local) au point milieu du trajet

Intervalles d'une heure pendant toute la journée (par exemple: $00 < h \leq 01$, etc.).

3.7 Distance zénithale du Soleil, χ , au point milieu du trajet

Intervalles de 30° , de 0° à 180° (par exemple; $0^\circ \leq \chi < 30^\circ$, etc.).

3.8 Modes prévus

Modes E

Modes F2

3.9 Origine des données

Cette information peut être utile pour mettre en évidence une éventuelle influence de l'emplacement géographique sur les conditions de propagation.

3.10 Rapport de la fréquence émise à la MUF de référence médiane mensuelle prévue pour le trajet

Cette estimation doit aussi être faite pour tous les cas indiqués aux § 3.1 à 3.9:

- seulement au-dessous de la MUF de référence médiane mensuelle pour le trajet,
- seulement au-dessus de la MUF de référence médiane mensuelle pour le trajet,
- au-dessous et au-dessus de la MUF de référence médiane mensuelle pour le trajet.

4 Procédure de comparaison

4.1 Spécifications du programme de prévision pour les paramètres à prévoir

Si le programme de prévision permet de spécifier un angle d'élévation minimal comme paramètre d'entrée, il doit être pris égal à 3° pour être compatible avec la banque de données.

Les paramètres suivants doivent être transférés du programme de prévision dans le programme de comparaison:

- informations générales: mois, année, nombre de taches solaires;
- informations relatives au circuit: identificateur du circuit, fréquence, longueur du trajet le long du grand cercle, coordonnées géographiques, latitude géomagnétique au point milieu d'un trajet;
- les 24 valeurs horaires prévues (toujours des valeurs médianes mensuelles):
 - a) de l'intensité du signal;
 - b) de la MUF de référence pour le trajet (en dixièmes de MHz afin d'enregistrer 24 valeurs dans une ligne de 80 colonnes de 3 chiffres chacune);
 - c) pourcentage de jours par mois pour lesquels la fréquence est inférieure à la MUF de référence pour le trajet (afin d'enregistrer 24 valeurs dans une ligne de 80 colonnes de 3 chiffres chacune) si les prévisions n'indiquent pas le champ médian mensuel pour tous les jours du mois.

4.2 Spécifications du programme de comparaison et sortie

Les différences sont calculées en soustrayant les champs médians mensuels de l'onde ionosphérique obtenus à partir des mesures, des champs de l'onde ionosphérique médians mensuels prévus (c'est-à-dire: valeur prévue moins valeur mesurée). Il convient de noter que sont éliminés les cas où il y a une prévision mais pas de mesure valable et les cas où il y a une mesure mais pas de prévision.

Les paramètres suivants doivent être évalués:

- base (nombre de cas dans lesquels on dispose, pour la comparaison, des valeurs mesurées et des valeurs prévues)

$$\text{écart moyen} = \frac{\sum (p - m)}{n} \quad (1)$$

où:

p : prévue

m : mesurée

n : base

$$\text{écart type} = \sqrt{\frac{\sum (p - m)^2 - \frac{(\sum (p - m))^2}{n}}{n - 1}} \quad (2)$$

Le Tableau 2 donne un exemple de tableau fourni par le programme informatique de comparaison informatique.

4.3 Représentation graphique

Dans les histogrammes des Fig. 1 et 2, on trouve des colonnes de 5 dB (par exemple de -2,5 à 2,5 dB, de 2,6 à 7,5 dB, de 7,6 à 12,5 dB ...) dans l'intervalle -32,5 dB à +37,5 dB. Chacun des sous-ensembles du § 3 doit être accompagné d'un histogramme.

4.4 Mesures à prendre si une prévision n'indique pas l'intensité médiane du signal pour tous les jours du mois

Lorsque les prévisions indiquent l'intensité médiane seulement pour un certain «nombre de jours» par mois exprimé en pourcentage (voir le § 4.1 c)), les valeurs mesurées et prévues ne peuvent être comparées directement. Elles ne sont directement comparables que si le nombre de jours est au moins 99%. Dans tous les autres cas, une méthode de conversion doit être appliquée aux valeurs mesurées. Si le nombre de jours correspond par exemple à 50% il y a une réflexion ionosphérique correcte 15 jours par mois et l'intensité médiane prévue est valable pour ces 15 jours seulement. La prévision ne donne pas de renseignements sur l'intensité du signal pour les 15 autres jours du mois. Cependant, on obtient une valeur médiane mensuelle mesurée à partir de 30 valeurs quotidiennes (y compris les 15 jours sans réflexion correcte). En conséquence, la valeur médiane mensuelle mesurée sera probablement inférieure à la valeur médiane prévue.

Si une banque de données contient toutes les valeurs journalières, on peut obtenir la valeur mesurée correspondant au nombre de jours prévus en déterminant la valeur médiane pour le nombre de jours prévus. (Il convient de noter que la banque de données D1 ne contient pas de valeurs journalières). La méthode suivante décrit la façon dont l'intensité médiane mensuelle mesurée (30 jours) peut être calculée pour le même nombre de jours par mois que celui donné pour l'intensité prévue du signal.

Etape 1: Calculer le rapport $f/$ (MUF de référence pour le trajet).

Etape 2: Si la banque de données ne contient pas de décile (la banque de données D1 n'en contient pas) il convient de prendre la valeur mesurée comme valeur de 50% et de calculer les valeurs 10% et 90% à l'aide du Tableau 1. Pour ce Tableau, il est nécessaire de disposer de données sur le rapport $f/$ (MUF de référence pour le trajet), et de savoir si le trajet du grand cercle traverse la latitude géomagnétique corrigée 60° (nord ou sud). Le rapport réel doit être interpolé linéairement entre les valeurs indiquées dans le Tableau.

TABLEAU 1

Ecart à 90% et 10% par rapport à la valeur médiane mensuelle prévue de l'intensité du signal (dB) provenant de la variabilité d'un jour à l'autre

Latitude géomagnétique corrigée ⁽¹⁾	< 60°		≥ 60°	
	90%	10%	90%	10%
≤ 0,8	-8	6	-11	9
1,0	-12	8	-16	11
1,2	-13	12	-17	12
1,4	-10	13	-13	13
1,6	-8	12	-11	12
1,8	-8	9	-11	9
2,0	-8	9	-11	9
3,0	-7	8	-9	8
4,0	-6	7	-8	7
≥ 5,0	-5	7	-7	7

⁽¹⁾ Si un point quelconque de cette partie du grand cercle qui passe par l'émetteur et par le récepteur et qui se trouve entre les points directeurs situés à 1 000 km de chaque extrémité du trajet atteint une latitude géomagnétique corrigée de 60° ou plus, il faut utiliser les valeurs correspondant aux latitudes supérieures ou égales à 60° (voir la Recommandation UIT-R P.1239, Fig. 2).

Etape 3: Calculer la distribution gaussienne à partir des valeurs de 10%, 50% et 90% du champ mesuré provenant de l'étape 2. Lire la valeur «mesurée corrigée» de cette distribution gaussienne, pour la moitié de la valeur du «nombre de jours» par mois donnée par la prévision.

Etape 4: Comparer le champ de la prévision avec la valeur mesurée corrigée découlant de l'étape 3.

5 Procédure de comparaison pour les valeurs journalières mesurées

Si une banque de données des valeurs journalières mesurées est disponible, la comparaison doit être faite à l'aide de la méthode suivante:

Etape 1: Soit la valeur médiane et la valeur du décile d'une grandeur x telles qu'elles sont prévues dans le programme informatique REC533, basé sur la méthode exposée dans la Recommandation UIT-R P.533, la moyenne mensuelle $M(x)$ et la variance $V(x)$ sont calculées par la formule:

$$M(x) = X_{50} + \frac{\sigma_u - \sigma_l}{\sqrt{2\pi}}$$

et:

$$V(x) = \frac{\sigma_u^2 + \sigma_l^2}{2} - [M(x) - X_{50}]^2$$

avec:

$$\sigma_u = \frac{X_{90} - X_{50}}{1,282} \quad \sigma_l = \frac{X_{50} - X_{10}}{1,282}$$

où X_{50} est la médiane et X_{90} et X_{10} sont, respectivement, les déciles supérieur et inférieur de la valeur prévue.

Etape 2: Si une banque de données contient des valeurs journalières mesurées, la moyenne mensuelle $M(y)$ et la variance $V(y)$ des valeurs journalières y sont calculées par la formule:

$$M(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

et:

$$V(y) = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^N y_i^2 - N \cdot M^2(y) \right]$$

où $y_i, i = 1, 2, \dots, N$ où $N \leq 31$, sont les échantillons journaliers de la grandeur mesurée.

Etape 3: Soit les moyennes mensuelles $M(x)$, $M(y)$ et les variances $V(x)$, $V(y)$, respectivement des prévisions et des mesures, la moyenne $M(z)$, la variance $V(z)$ et l'écart type $S(z)$ de la différence $z = x - y$ sont calculés par la formule:

$$M(z) = M(x) - M(y)$$

$$V(z) = V(x) + V(y)$$

et:

$$S(z) = \sqrt{V(z)}$$

Soit la moyenne $M_j(z)$, la variance $V_j(z)$ et le nombre d'échantillons N_j d'un mois donné j , la moyenne $M(z)$, la variance $V(z)$ et l'écart type $S(z)$ d'un sous-ensemble de valeurs recouvrant divers mois m sont calculés par la formule:

$$M(z) = \frac{\sum_{j=1}^m N_j \cdot M_j(z)}{\sum_{j=1}^m N_j}$$

$$V(z) = \frac{1}{\sum_{j=1}^m N_j - 1} \left[\sum_{j=1}^m [(N_j - 1) \cdot V_j(z)] + \sum_{j=1}^m N_j \cdot M_j^2(z) - \frac{\left[\sum_{j=1}^m N_j \cdot M_j(z) \right]^2}{\sum_{j=1}^m N_j} \right]$$

et:

$$S(z) = \sqrt{V(z)}$$

ANNEXE 2

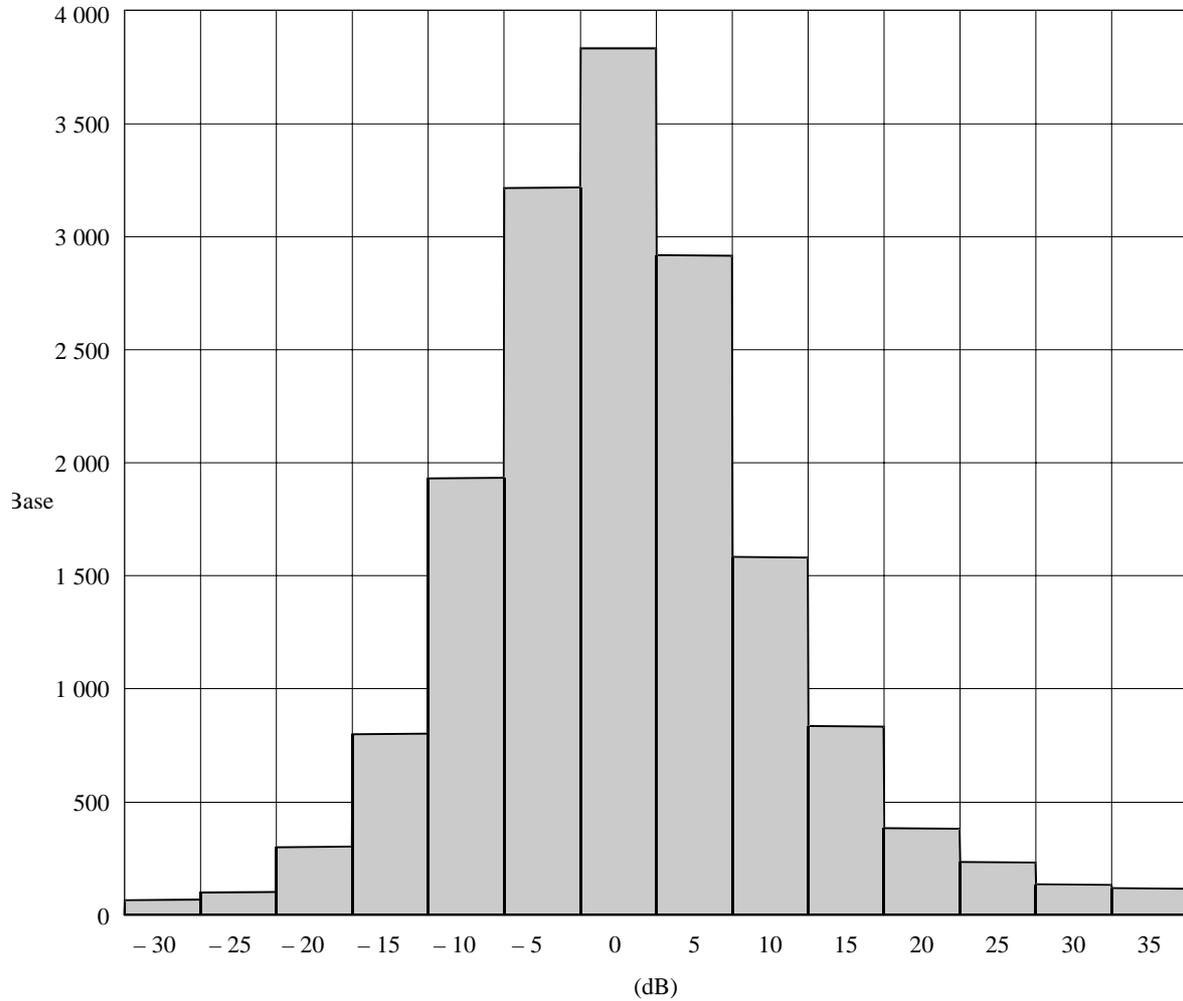
TABLEAU 2

Exemple de tableau fourni par le programme informatique de comparaison

Sous-ensemble	En dessous et au-dessus de la MUF		
	Base	Ecart moyen (dB)	Ecart type (dB)
Groupes de fréquences (MHz):			
2- 5	4 030	-1,7	9,1
> 5-10	4 004	-0,3	10,6
> 10-15	5 270	-0,4	9,9
> 15-30	2 964	3,7	12,1
Distance (km):			
0- 999	6 439	-0,3	7,7
1 000- 1 999	1 144	1,5	7,4
2 000- 2 999	151	0,1	6,9
3 000- 3 999	975	3,8	13,6
4 000- 4 999	126	1,0	7,4
5 000- 6 999	2 785	-1,2	14,5
7 000- 8 999	59	-0,9	7,3
9 000-11 999	2 223	-1,0	11,1
12 000-14 999	607	1,2	9,6
15 000-17 999	1 093	3,4	9,2
18 000-21 999	0	0,0	0,0
22 000-40 000	666	-2,0	12,1
Latitude géométrique (degrés) point milieu du trajet:			
0-20	2 806	1,5	10,7
> 20-40	5 120	-0,5	8,9
> 40-60	6 226	-0,3	9,0
> 60	2 116	0,3	16,0
Nombre de taches solaires:			
0- 14	1 333	1,2	9,7
15- 44	5 229	2,5	10,3
45- 74	2 969	-0,5	10,3
75-104	2 121	-3,4	10,8
105-149	2 789	-1,5	9,9
> 149	1 827	-0,7	10,4
Saison:			
hiver	3 919	0,6	11,2
printemps	4 018	0,3	10,5
été	4 165	-0,4	9,7
automne	4 166	-0,2	10,4
Heure (temps local au point milieu du trajet (h):			
> 00-04	2 557	-0,6	11,2
> 04-08	3 165	0,8	9,7
> 08-12	3 182	0,9	9,8
> 12-16	2 955	0,3	10,0
> 16-20	2 228	-1,6	10,6
> 20-24	2 181	-0,1	11,6
Origine des données:			
Allemagne	10 499	1,1	11,4
Japon	4 119	-2,3	7,5
Chine	428	1,4	7,7
Inde	182	-2,2	9,0
Deutsche Welle	783	-1,4	10,0
BBC/UER	161	-0,4	10,7
Australie	96	-0,7	5,9
Toutes les données:	16 268	0,0	10,5

FIGURE 1

Exemple d'histogramme des champs prévus en fonction des champs mesurés,
fourni par le programme informatique de comparaison

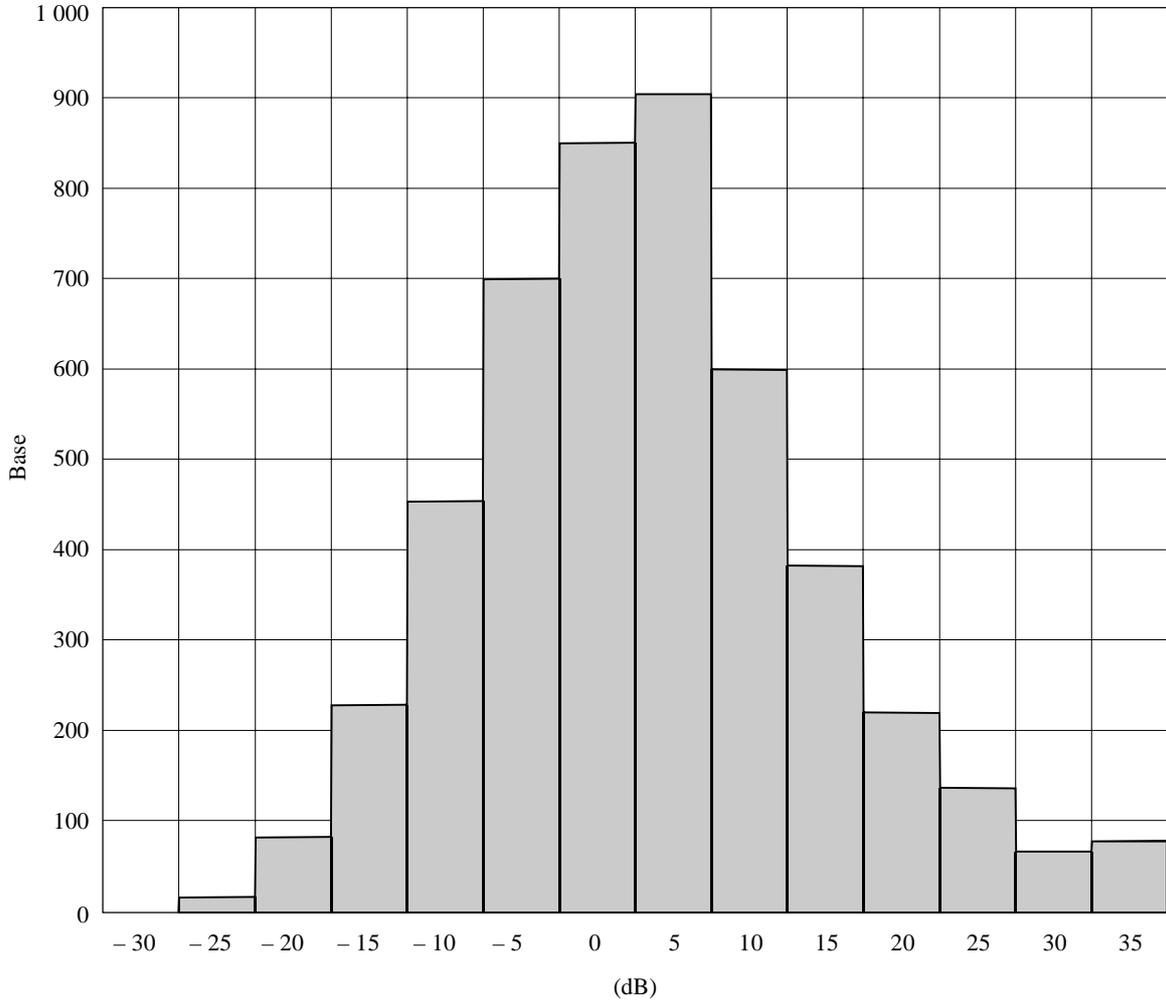


Toutes les données pour des fréquences au-dessous et au-dessus de la MUF:

Base: 16 268
Ecart moyen: 0,0 dB
Ecart type: 10,5 dB

1148-01

FIGURE 2
 Autre exemple d'histogramme, fourni par le programme,
 des champs prévus en fonction des champs mesurés



Toutes les données pour des fréquences supérieures à la MUF:

Base: 4 707
 Ecart moyen: 3,0 dB
 Ecart type: 11,7 dB

1148-02

