

## Le bruit dans les installations de réception

François Callias, HBBLF, Rue de l'Observatoire 8, 2000 Neuchâtel

### I Généralités et définitions

Le bruit se compose d'une somme d'événements qui arrivent dans le temps de façon totalement aléatoire et imprévisible. On peut aussi voir le bruit comme un grand nombre d'impulsions non périodiques.

Le bruit blanc est caractérisé par un spectre de fréquence qui s'étend de zéro à l'infini et une densité spectrale de bruit constante. Le souffle qui sort audible d'un récepteur de radio est le bruit.

Le bruit est un facteur qui limite de façon fondamentale les performances des équipements de réception. Il y a un grand nombre de différentes sources de bruit. Les plus importantes sont le bruit atmosphérique, le bruit galactique, le bruit d'origine humaine et enfin le bruit du récepteur. Pour estimer le niveau de bruit dans un récepteur dû à des sources externes, le gain et l'orientation des antennes de réception doivent être pris en considération. La puissance de bruit utile à l'entrée d'un récepteur est proportionnelle à la largeur de bande du récepteur. On définit la puissance de bruit par:

$$P_{ne} = k \cdot T_e \cdot B$$

avec  $P_{ne}$  = en Watts la puissance de bruit à l'entrée du RX

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Joules/Kelvin (J/K)  
 $k$  est la constante de Boltzmann.

$T_e$  = «température» de bruit effective à l'entrée du récepteur en K

$B$  = largeur de bande utile du RX en Hertz (Hz)

A l'entrée d'un récepteur, toutes les puissances de bruit s'additionnent.

On peut écrire

$$P_{ne} = P_{atm} + P_{gal} + P_{hum} + P_{RX}$$

$P_{atm}$  = puissance utile du bruit atmosphérique

$P_{gal}$  = puissance utile du bruit galactique

$P_{hum}$  = puissance utile du bruit d'origine humaine

$P_{RX}$  = puissance équivalente à l'entrée du bruit du récepteur (RX)

Pour tous ces bruits,  $k$  (constante de Boltzmann) et  $B$  (largeur de bande du RX) sont identiques. Alors on peut écrire.

$$P_{ne} = k \cdot T_e \cdot B = k \cdot B \cdot (T_{gal} + T_{atm} + T_{hum} + T_{RX})$$

$T_{gal} + T_{atm} + T_{hum}$  = température de bruit apportée par l'antenne due aux bruits extérieurs au récepteur =  $T_{ext}$ .

$T_{RX}$  = température de bruit de l'entrée du récepteur seul.

On voit ici que si l'on diminue la largeur de bande du récepteur  $B$ , on diminue le bruit total reçu  $P_{ne}$ . Par exemple, lorsque un QSO devient difficile en SSB avec 2,5 kHz de largeur de bande car le signal plonge dans le souffle, il est possible de le continuer en CW avec par exemple 500 Hz de largeur de bande, car ainsi la puissance totale de bruit reçue diminue d'un facteur 5.

Pour une installation de réception performante, la température de bruit doit être la plus basse possible. S'il est difficile d'agir sur  $T_{ext}$  qui dépend de facteurs extérieurs au récepteur, entre autres de l'orientation de l'antenne, il est par contre possible de tenir  $T_{RX}$  le plus faible possible, ou au moins  $T_{RX}$  plus petit que  $T_{ext}$ .

Nous allons maintenant définir le facteur de bruit d'un récepteur.

### II Relation entre facteur de bruit d'un récepteur et sa température de bruit.

Soit  $T_{RX}$  la température de bruit équivalente à l'entrée d'un système de réception. Alors, la puissance équivalente de bruit à l'entrée du récepteur vaut  $P_{RX} = k \cdot B \cdot T_{RX}$ .

Le facteur de bruit d'un récepteur est un indice de qualité qui ne dépend pas de la largeur de bande  $B$ .

#### Définitions

On définit le rapport de bruit par:

$$F = 1 + \frac{T_{RX}}{T_0} \text{ avec } T_0 = 290 \text{ K}$$

On définit le facteur de bruit NF (noise figure) par:

$$NF = 10 \cdot \log \left( 1 + \frac{T_{RX}}{T_0} \right)$$

NF est en décibels (dB)

Au **graphe 1** vous trouvez la conversion NF(dB) - T(K) pour une température ambiante de référence  $T_0 = 290$  K. Cette température  $T_0$  correspond en fait à 17°C, et est définie par rapport au zéro absolu de température qui vaut -273°C. (0°C = 273 K est le point de congélation de l'eau).

**Exemple de calcul:** un RX a un facteur de bruit NF = 2 dB et une largeur de bande  $B = 2500$  Hz. Quelle est sa puissance équivalente de bruit à l'entrée?

$$NF = 2\text{dB} \rightarrow T_{RX} = 175 \text{ K} \rightarrow P_{RX} = k \cdot B \cdot T_{RX} = 6 \cdot 10^{-18} \text{ Watts}$$

### iii Sources de bruit externes au récepteur.

#### a) Le bruit atmosphérique.

Ce bruit est produit par des décharges électrostatiques (éclairs) lors d'orages. Le niveau de ce bruit dépend de la fréquence, de l'heure, de la saison et de la position géographique.

Sujet à des variations dues à des zones localement orageuses, ce bruit décroît lorsque l'on monte en latitude. Il est particulièrement fort pendant les saisons des pluies dans des zones telles les Caraïbes, les Bahamas, l'Afrique équatoriale, le nord de l'Inde, etc.

En général, ce bruit prédomine dans les zones calmes en dessous de 20 MHz.

La figure 1 donne les variations de ce bruit par rapport à  $T_0 = 290$  K, en fonction de la fréquence (à noter que  $0$  dB  $\hat{=}$   $290$  K,  $20$  dB  $\hat{=}$   $29000$  K). On voit ici que sur les ondes courtes, il n'est pas nécessaire que le récepteur ait un facteur de bruit très bon, surtout sur les bandes basses (80m, 40m).

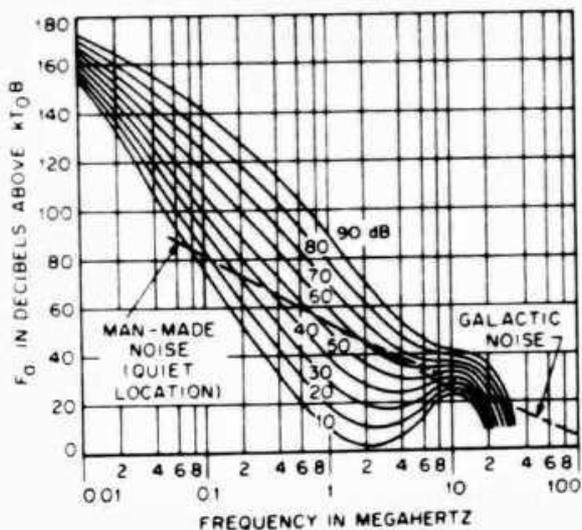


Fig. 1: Variation du bruit atmosphérique par rapport à  $T_0 = 290$  K en fonction de la fréquence, d'après [1]

#### b) Le bruit galactique.

Le bruit galactique est causé par des perturbations ayant eu lieu hors de la terre et de son atmosphère. Les plus fortes sources de bruit sont le soleil, certaines zones du ciel et certaines étoiles. Le bruit galactique atteignant la surface de la terre s'étend de 15 MHz à environ 100 GHz. Il est limité aux basses fréquences par l'absorption ionosphérique et aux hautes fréquences par l'absorption atmosphérique.

Actuellement, le bruit galactique domine dans un récepteur opérant entre 40 et 250 MHz. Au delà, c'est en général le bruit du récepteur qui domine.

La figure 2 donne le bruit moyen reçu par une antenne (en dB au-dessous de  $T_0 = 290$  K, conversion dB - facteur de puissance, cf graphe 4)

omnidirectionnelle en fonction des différentes sources de bruit.

La figure 3 donne le bruit galactique reçu par une antenne dipole  $\lambda/2$  en fonction de la fréquence.

A 144 MHz, la température de bruit d'une antenne due au bruit galactique est de 400 K en moyenne, mais à 432 MHz, elle n'est que d'environ 40 K.

cf graphe 1:  $400$  K  $\Rightarrow$  NF = 3,7 dB

$40$  K  $\Rightarrow$  NF = 0,55 dB

On voit ici que l'intérêt d'un bon préampli est plus grand sur 432 MHz et au-delà que sur 144 MHz.

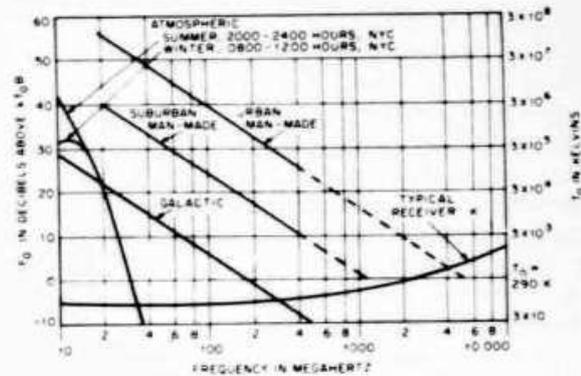


Fig. 2: Le bruit moyen reçu par une antenne omnidirectionnelle en fonction des différentes sources de bruit, d'après [1]

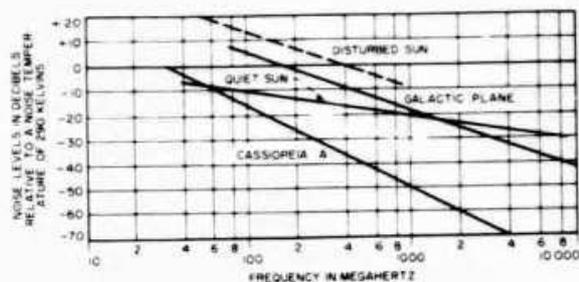


Fig. 3: Le bruit galactique reçu par une antenne dipole  $\lambda/2$  en fonction de la fréquence, d'après [1]

#### c) Le bruit d'origine humaine

L'amplitude du bruit d'origine humaine décroît lorsque la fréquence monte et varie de façon considérable avec la position géographique.

Il est dû principalement à des moteurs électriques et à essence, des néons, des lignes d'alimentation en courant électrique, localisés jusqu'à quelques centaines de mètres de l'antenne de réception. Les ordinateurs et calculatrices génèrent aussi du bruit mais à plus courte distance.

Ces bruits peuvent atteindre des amplitudes considérables.

Continuation à suivre