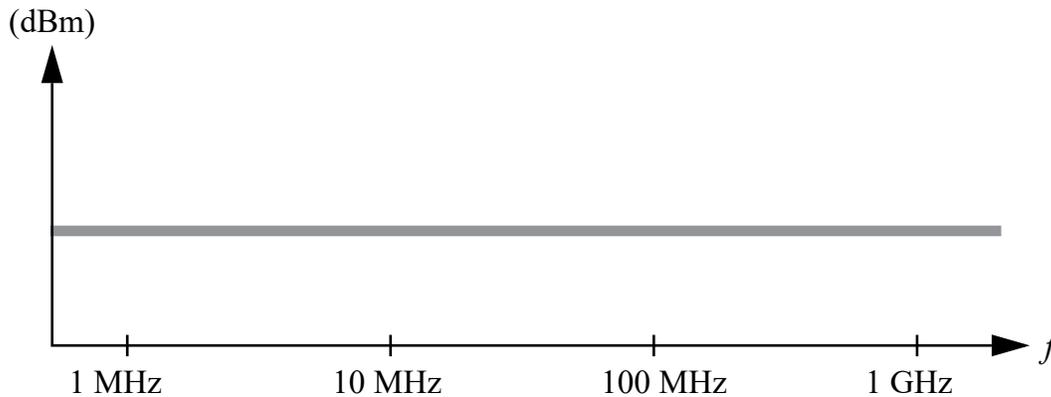


# Bruit, figure de bruit et facteur de bruit

## 1 DEFINITIONS

Définitions des quelques termes utilisés quand on parle de bruit (appliqués au cas de la radio).

- **Bruit thermique** : Il existe plusieurs sources de bruits dans les circuits électroniques, mais les principales pour nous sont d'origine thermique. Le bruit thermique est dû à l'agitation des électrons dans les conducteurs et les résistances et augmente donc avec la température (il diminue si la température est abaissée). Le bruit thermique est un bruit blanc.
- **Bruit blanc** : Appelé bruit blanc par analogie à la lumière blanche qui contient tous les composants spectraux (toutes les couleurs visibles). Le bruit blanc contient tous les composants spectraux de bruit (il présente un spectre plat). La caractéristique essentielle du bruit blanc est que la puissance du bruit est proportionnelle à la largeur de bande utilisée ; doubler la largeur de bande revient à doubler la puissance du bruit (addition de 3 dB à la puissance mesurée).



**Figure 1.** Le bruit blanc a la même puissance quelque soit la fréquence

- **Facteur de bruit (Noise factor) et Figure de bruit (Noise figure)** : Les deux sont une représentation du bruit thermique ajouté par un récepteur à la fréquence de réception. Puisque le bruit varie en fonction de la température, toutes les mesures le sont à température ambiante (par convention  $290\text{K}^1 = 17\text{C}$ ).

**Le Facteur de bruit (F)** est défini comme le rapport de la puissance de bruit disponible à la sortie et de la puissance de bruit présentée à l'entrée (par exemple par une résistance de  $50\ \Omega$  à  $290\text{K}$  - une simple résistance génère du bruit).

Cette définition est le rapport du **rapport signal bruit à la sortie** ( $SNR_{\text{sortie}}$ ) sur le **rapport signal bruit à l'entrée** ( $SNR_{\text{entrée}}$ ).

$$F = \frac{SNR_{\text{entrée}}}{SNR_{\text{sortie}}} \quad (1)$$

La **Figure de bruit (NF)** est simplement la représentation en log du **Facteur de bruit (F)** exprimé en dB :

1. Degrés Kelvin. Zero K =  $-273,15\text{C}$ .

$$NF = 10 \cdot \log\left(\frac{SNR_{entrée}}{SNR_{sortie}}\right) = SNR_{entrée}(\text{dB}) - SNR_{sortie}(\text{dB}) \quad (2)$$

Note 1 : la littérature anglo-saxonne fait la différence entre le **Facteur de bruit** ( $F$  - *Noise factor*) et la **Figure de bruit** ( $NF$  - *Noise Figure*). En français le terme **Figure de bruit**<sup>1</sup> est rarement utilisé et **Facteur de bruit** est généralement utilisé pour les deux grandeurs. Ce n'est bien entendu pas un problème puisque  $NF$  est toujours exprimé en dB. Dans ce document, je conserve l'utilisation du terme **Figure de bruit** pour éviter toute confusion.

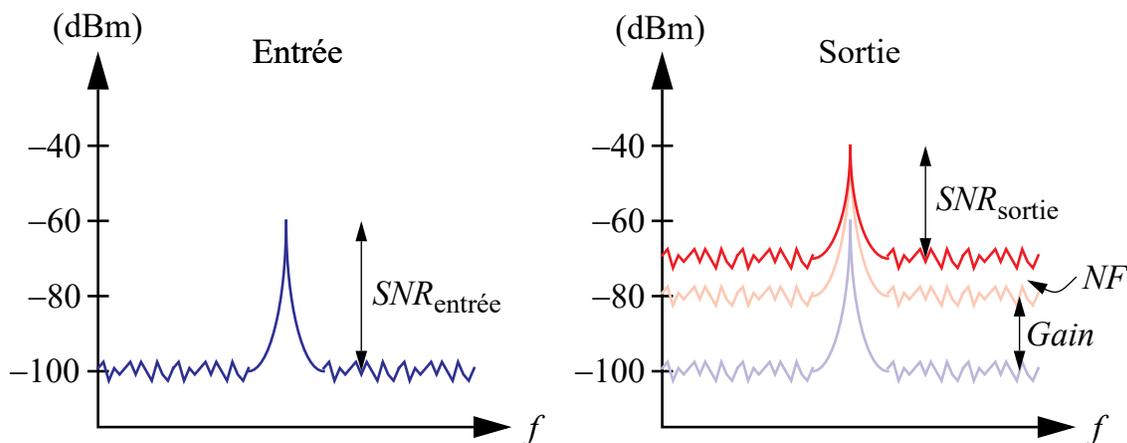
Note 2 : Le bruit est proportionnel à la largeur de bande, mais ici, la largeur de bande est la même à l'entrée et à la sortie, elle se retrouve donc au numérateur et au dénominateur de  $F$  et  $NF$ , ces 2 termes s'annulent et donc  $F$  et  $NF$  sont indépendants de la largeur de bande.

Ces définitions de  $F$  et  $NF$  signifient simplement qu'un amplificateur (un récepteur) en amplifiant le signal utile va aussi le dégrader en lui ajoutant son propre bruit à la sortie. Donc moins  $F$  ou  $NF$  sont élevés, moins l'amplificateur dégradera le signal amplifié en sortie. Une autre façon de voir ceci est que, une fois le signal utile altéré par du bruit, aucune quantité d'amplification n'améliorera le rapport signal/bruit, en fait tout le contraire.

Cependant, normalement le bruit est relativement faible, et a de ce fait peu d'impact sur le signal utile, surtout quand ce dernier a atteint un certain niveau. C'est pourquoi il est essentiel que les étages d'amplification là où le signal est faible soient soignés (faible  $NF$ ), comme par exemple ceux à l'entrée d'un récepteur.

D'un autre côté, un signal utile faible, à peine au dessus du niveau du bruit, ne sera utilisable à la sortie que si la **Figure de bruit** du récepteur (le bruit ajouté par le récepteur) est faible.

L'exemple suivant illustre la dégradation d'un signal en traversant un amplificateur d'un gain (*Gain*) de 20 dB mais ayant une **Figure de bruit** ( $NF$ ) de 10 dB.



**Figure 2.** Dégradation du rapport signal/bruit dans un amplificateur

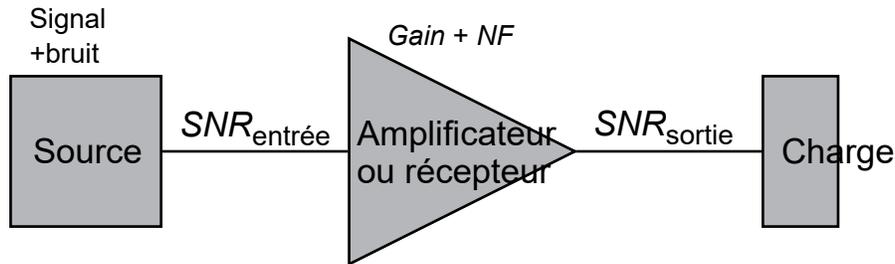
A gauche, en bleu, le signal à amplifier, présentant un  $SNR_{entrée}$  de 40 dB et un niveau de -60 dBm. A droite, après amplification (+20 dB), on obtiendrait le signal en rouge

1. Une meilleure traduction serait **chiffre de bruit**, mais personne n'utilise ce terme.

pâle, mais à cause de la dégradation de 10 dB du  $SNR$  due à l'amplificateur, on obtient le signal en rouge foncé. Le signal a été amplifié de 20 dB, mais le  $SNR$  s'est dégradé à 30 dB.

## 2 EN RÉSUMÉ

Bien que nous ayons introduit la notion de **Facteur de bruit** ( $F$ ), cette dernière n'est guère utilisée telle quelle, mais sert au calcul de la **Figure de bruit** ( $NF$ ) qui elle est universellement utilisée, étant exprimé en dB, ce qui simplifie les calculs. Dans le cas d'un récepteur ou d'un amplificateur :



**Figure 3.** Système amplificateur ou récepteur

Nous avons vu la formule (2) qui permet de calculer  $NF$  en fonction des 2 rapports signal/bruit. Voici les deux autres expressions de cette formule pour calculer  $SNR_{entrée}$  ou  $SNR_{sortie}$ .

$$\begin{aligned} SNR_{entrée} &= SNR_{sortie} + NF \\ SNR_{sortie} &= SNR_{entrée} - NF \end{aligned} \tag{3}$$

où toutes les valeurs sont exprimées en dB.