

LIAISONS HERTZIENNES

2 – Décibels



Objectifs : Maîtriser et utiliser correctement le décibel.

Introduction

Les techniciens et ingénieurs qui travaillent dans les télécommunications et à fortiori dans les radiocommunications utilisent le décibel (dB) très fréquemment et sous toutes ses variantes : dB, dBm, dBi, dBμV, etc..

Les mauvaises langues racontent que c'est parce qu'il ne savent faire que des additions et pas des multiplications !

Nous allons donc revoir ici les différents « décibels » utilisés en radiocommunications.

Origine du décibel

Supposons que nous réalisons l'expérience suivante: Un générateur sinusoïdal attaque un haut-parleur. On écoute le son produit par le haut-parleur et on mesure simultanément la puissance électrique fournie.

On constate que si on double la puissance, le son paraît à peine plus fort. La sensation auditive varie peu lorsque la puissance varie beaucoup. Il a été démontré (Loi de Fechner) que la sensation est proportionnelle au logarithme de l'excitation.

Le décibel (dB) a été introduit à l'origine en acoustique pour traduire mathématiquement ce phénomène.

Rapport de puissance en dB

Si P_2 et P_1 sont deux puissances, le rapport en décibel de P_2 sur P_1 s'écrit :

$$\left(\frac{P_2}{P_1} \right)_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

\log_{10} : logarithme décimal ne pas confondre avec \ln : logarithme népérien.
Par la suite, on se contentera de l'écrire \log .

Exemple d'application : Gain d'un amplificateur.

Le gain d'un amplificateur est le rapport de la puissance de sortie sur la puissance d'entrée, on l'exprime souvent en dB.



Exercice 1:

Q.1) On injecte à l'entrée d'un amplificateur une puissance $P_1=1\text{mW}$, on obtient en sortie une puissance $P_2=80\text{mW}$. Calculer le gain en dB de l'amplificateur.

Q.2) Un amplificateur à un gain de 25 dB, calculer P_2 en sortie si $P_1=1\text{mW}$.

Rapport de courant ou de tension en dB

La puissance électrique d'un signal étant proportionnelle au carré de la tension ou du courant. ($P= R.I^2 = V^2/R$), le rapport de deux puissances peut s'exprimer en fonction du rapport des tensions ou des courants :

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)_{dB} = 10.\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10.\log\left(\frac{V_2^2}{R} \frac{R}{V_1^2}\right) = 10.\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = 20.\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = 20.\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

On retiendra :

- Rapport de puissance : $10.\log(P_2/P_1)$
- Rapport de tension : $20.\log(V_2/V_1)$



Exercice 2:

On définit pour un filtre la fréquence de coupure à -3dB .

Q.1) Calculer le rapport de puissance correspondant.

Q.2) Calculer le rapport de tension correspondant.

Application à la mesure de puissance

Pour mesurer des puissances HF en radiocommunications mais aussi en téléphonie pour mesurer des signaux audio, on utilise le dBm.

Le dBm est défini par rapport à une puissance de référence de 1mW.

$$P(\text{dBm}) = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1\text{mW}}\right)$$

Attention : Si l'on veut déterminer les tensions ou les courants correspondants pour effectuer des mesures, il est nécessaire d'indiquer la valeur de l'impédance de charge.

En téléphonie : 0dBm = 1mW sur 600Ω

En H.F : 0dBm = 1mW sur 50Ω



Exercice 3:

- Q.1) Déterminer la puissance et la tension efficace correspondantes à 0dBm en téléphonie.
- Q.2) Déterminer la puissance et la tension efficace correspondantes à 0dBm en HF.
- Q.3) Déterminer la puissance et la tension efficace correspondantes à 5dBm en téléphonie.
- Q.4) Déterminer la puissance et la tension efficace correspondantes à -6dBm en HF.

Règles d'additivité

Les propriétés du logarithme, permettent de ramener la plupart des calculs effectués en radiocommunications à des additions ou des soustractions.

On rappelle une des propriétés du logarithme :

$$\log(A \times B) = \log(A) + \log(B)$$

Pour chacun des cas cités ci-dessous, résoudre chaque problème, vérifier si la règle d'additivité proposée est vraie et le démontrer, en partant des définitions.



Exercice 4:

Q.1) On injecte à l'entrée d'un amplificateur de gain $G_{dB} = 23 \text{ dB}$ un signal de puissance $P_E = 2 \text{ dBm}$. Déterminer la puissance de sortie P_S de l'amplificateur en dBm.

$P_S \text{ (dBm)}$ est-il égal à $P_E + G_{dB}$?

Démontrez cette propriété.

Q.2) Un amplificateur de gain $G_1 = 10 \text{ dB}$ est suivi d'un amplificateur de gain $G_2 = 20 \text{ dB}$. Faire un schéma, déterminer le gain de l'amplificateur total.

Le gain total est-il égal à $G_{1dB} + G_{2dB}$?

Démontrez cette propriété.

Q.3) Deux générateurs de puissance de puissance $P_{1dBm} = P_{2dBm} = 10 \text{ dBm}$ débitent sur une même charge, déterminer la puissance totale.

La puissance totale en dBm est elle égale à $P_{1dBm} + P_{2dBm}$?

Démontrez cette propriété.

Q.4) Synthèse :

En fonction des résultats démontrés ci-dessus, complétez par = ou \neq

$$P1_{(dBm)} + P2_{(dBm)} \quad (P1 + P2)_{(dBm)}$$

$$P1_{(mW)} + P2_{(mW)} \quad (P1+P2)_{(mW)}$$

$$P1_{(dBm)} + G_{(dB)} \quad (P1 + G)_{(dBm)}$$

$$G1_{(dB)} + G2_{(dB)} \quad (G1 + G2)_{(dB)}$$

Synthèse : différents type de dB

dBm : Défini par rapport à une référence de 1mW. Attention à l'impédance de mesure 600Ω en téléphonie, 50Ω en HF.

$$P_{dBm} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1mW}\right)$$

dBW : dB Watt : Défini par rapport à une référence de 1W. Impédance de mesure : généralement 50Ω . Généralement utilisé pour les amplificateurs HF de puissance.

$$P_{dBW} = 10 \cdot \log\left(\frac{P}{1W}\right)$$

dB μ V : dB microvolt : Défini par rapport à une tension de référence de 1 μ V. Généralement utilisé pour définir les niveaux d'entrées des récepteurs radio.

$$V_{dB\mu V} = 20 \cdot \log \left(\frac{V}{1\mu V} \right)$$

dB*i* : dB isotrope : Réservé aux antennes. Il définit le gain d'une antenne par rapport à une antenne isotrope qui rayonnerait la même puissance dans toutes les directions. Cette notion est abordée plus après.



Exercice 5:

On considère une puissance de 1 mW sur 50 Ω , déterminer la puissance en dBm, en dBW et la tension en dB μ V.

Déduire des résultats précédents la valeur en dBm, dBW et dB μ V correspondant à 100 mW

Retrouvez d'autres cours et documents sur :

<http://www.louisreynier.com>