

Pourquoi 50 Ω ???

Par Yves OESCH, HB9DTX

La plupart d'entre nous savent depuis longtemps que l'impédance caractéristique des câbles coaxiaux usuels que l'on utilise couramment dans le monde radioamateur est de 50 [Ω]. Mais pourquoi cette valeur, et pas une autre?

Quand on veut transmettre un signal sur une ligne, deux problèmes principaux se posent: d'une part, on veut que la ligne ait le moins de pertes possibles, et d'autre part, si on veut transmettre des puissances élevées, on aimerait que la tension de claquage soit la plus grande possible, afin de pouvoir transmettre une puissance maximale sur une ligne donnée.

Une petite recherche dans la littérature donne les résultats suivants:

- L'impédance d'un câble coaxial quelconque dépend des matériaux qui le composent et du rapport des diamètres (conducteur extérieur / conducteur intérieur) uniquement. Ainsi si l'on double les deux diamètres en même temps on conserve l'impédance originale.

Cette impédance est donnée par la formule mathématique suivante:

$$Z_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu_0 \mu_r}{\epsilon_0 \epsilon_{res}}} \ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right)$$

Où:

Z_c : impédance caractéristique (les 50 ohm qu'on cherche justement à expliquer)

$\pi = 3.1415\dots$

ϵ_0 : permittivité du vide: $8.85416 * 10^{-12}$ environ

ϵ_{res} : permittivité relative: 1 pour le vide, légèrement plus pour l'air et les coaxiaux isolés à l'air (genre aircom)

μ_0 : perméabilité du vide: $4\pi * 10^{-7} = 1.256 * 10^{-6}$ environ

μ_r : perméabilité relative: 1 pour tous les matériaux non magnétiques (autres que fer, nickel, cobalt,...)

d_e : diamètre externe du coax

d_i : diamètre interne

- La formule pour l'affaiblissement (ou pertes) est plus compliquée, c'est pourquoi je ne la donnerai pas ici, mais il s'avère qu'après un peu de calcul on peut démontrer que l'affaiblissement d'un coax est minimal pour un rapport des diamètres $d_e/d_i = 3.59$

Dans ce cas, et en substituant dans la formule pour l'impédance, on trouve une impédance caractéristique de 77 [Ω].

- La formule qui donne la puissance maximale admissible sur une ligne donnée est également plus compliquée. Mais comme dans le cas précédent, on peut montrer

que le rapport des diamètres qui permet de faire passer le plus de puissance dans un coax sans risque de claquage est : $d_e/d_i = 1.65$.

Si l'on injecte à nouveau cette valeur dans notre équation précédente, on obtient une impédance de ligne de 30 [Ω] environ.

C'est pourquoi l'industrie a choisi une valeur moyenne de 50 [Ω], qui est un compromis entre les pertes minimales et la puissance transmissible maximale.

On comprend maintenant aussi pourquoi les installations TV travaillent à 75 [Ω]: c'est l'impédance qui fournit le moins de perte pour une ligne donnée. Et comme la TV (du côté réception, télé-réseau, ...) n'a pas besoin de transmettre de grande puissance, le standard a été choisi pour optimiser l'affaiblissement. D'autre part, comme le paramètre ϵ_{res} est forcément un peu plus grand que 1 pour les coaxiaux "bon marché", l'impédance descend de 77 à plutôt 75 [Ω].

Références:

P.A Rizzi, Microwave Engineering- Passive Circuits, Prentice Hall, New Jersey 1988.

P-G. Fontolliet, Traité d'électricité volXVIII, Presses Polytechniques et universitaires romandes 1996

Yves OESCH / HB9DTX