Vocabulaire du domaine de la RF introduction

T.Rocacher

Certains composants utilisés dans le BE (SA612 par exemple) emploient un vocabulaire utilisé dans le monde de la *RF* (Radio Fréquence). Cette petite note a pour objectif d'aider le lecteur à comprendre ce vocabulaire et les concepts associés.

1. Concept d'adaptation d'impédance dans une ligne de transmission, puissance vs tension

Jusqu'à maintenant (2A, 3A) lorsque nous parlons d'adaptation d'impédances, nous pensons *adaptation d'impédances en tension*, et nous y associons le modèle de **Thévenin**. L'impédance de la charge est donc bien plus grande que l'impédance de la source de tension (résistance de Thévenin).

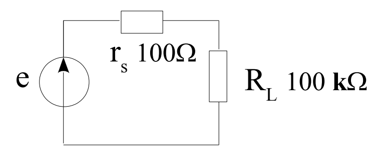


Fig 1a : *adaptation d'impédance en tension*

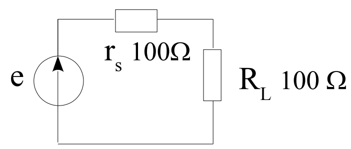


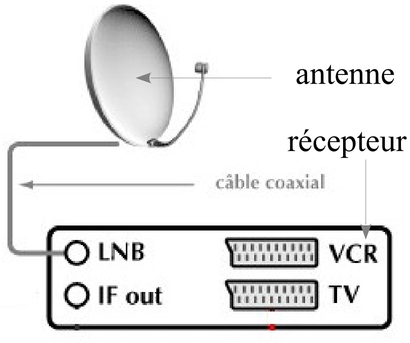
Fig 1b : *adaptation d'impédance en puissance*

Lorsque nous élaborons des dispositifs électroniques dans 90% des cas la tension porte l'information (tension image d'un son, d'un courant, d'une température...). Point besoin de courant avec, au contraire. Si le courant peut être nul c'est tant mieux, la tension est travaillée, modifiée, adaptées... sans que la source de tension initiale ne débite le moindre courant, la moindre puissance. C'est l'adaptation que l'on connaît (figure 1a)

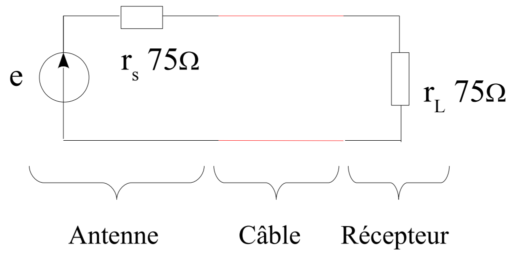
En matière de RF, il faut totalement changer de point de vue. Par exemple, une antenne convertit des signaux électro-magnétiques en grandeurs électriques (tension courant). Ce qui est capté par l'antenne est une **puissance**. Lorsqu'on amène l'information depuis l'antenne vers le récepteur, c'est dans le but de fournir au récepteur un **maximum de puissance**. Pour ce faire, ayant une source de tension donnée (r_s donnée), la charge $\mathbf{r_L}$ **doit être égale à** $\mathbf{r_s}$ (fig 1b).

Enfin, quand une antenne est reliée au récepteur radio, cela se fait via un câble coaxial bien particulier.

Voici un exemple :



La modélisation est la suivante :



Le câble n'est pas pris au hasard. Il a une **impédance caractéristique** de 75Ω (car l'antenne a une impédance de sortie de cette valeur).

Une telle impédance veut dire que si le câble d'antenne est infiniment long, alors tout se passe comme s'il présentait une impédance de charge r_L égale à 75Ω pour le générateur, et ce, quelque soit la charge à l'autre bout (puisque le fil est infini!).

Dans ces conditions, on dit que le circuit est adapté en impédance (sous entendu en puissance). Les propriétés sont alors les suivantes :

- la source e envoie le **maximum de puissance** possible (cela se démontre facilement en écrivant $dP/dr_L = 0$, on trouve $r_L = rs$),
- la puissance est totalement absorbée dans r_L. En effet, on montre que si la longueur de câble atteint ou dépasse l'ordre de grandeur de la longueur d'onde, alors le signal peut rebondir à chaque extrémité de la ligne. Si les impédances sont adaptées en puissance, la transmission est parfaite et se fait depuis l'émetteur vers le récepteur sans écho.

Conclusion :

Le domaine de la RF est très particulier en ce sens que la notion d'équipotentielle devient caduc (une tension dépend du temps **mais aussi de l'espace** – 1GHz → λ = 30cm!). Cela conduit les ingénieurs à manipuler puissance plutôt que tension. Les composants électroniques de ce domaine sont donc décrits avec de nouveaux outils, unités que nous allons présenter.

2. L'unité de puissance dBm

Dans le domaine de la RF, on emploie très souvent le ***dBm***. Il s'agit d'une unité logarithmique qui représente une puissance (nous sommes jusqu'ici habitué à manipuler les gains en dB).

Définition du dBm :

La puissance en dBm notée P_{dBm}, s'obtient à partir de la puissance P , par la relation :

$$\boxed{P_{dBm}=10\log\frac{P}{1\text{mW}}} \quad (1)$$

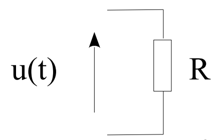
Exemple , une puissance de P = 100mW correspond à P_{dBm} = 20dBm.

Inversement $\boxed{P=1\text{mW}\cdot 10^{\frac{P_{dBm}}{10}}}$ (2) .

Exemple P_{dBm} = 30dBm correspond à P = 1000mW = 1W.

Relation entre tension et dBm :

On ne peut relier ces deux grandeurs que pour une résistance donnée, R. Afin de généraliser au maximum, on prendra u(t) quelconque mais dont la valeur efficace est connue, u_{eff}.



$$P=\frac{U_{eff}^2}{R} \quad ,$$

$$P_{dBm}=10\log\frac{U_{eff}^2}{R\cdot 0.001}=20\log\frac{U_{eff}}{\sqrt{R\cdot 0.001}}=20\log U_{eff}-10\log(R\cdot 0.001)$$

$$P_{dBm}=20\log U_{eff}-10\log R-10\log 10^{-3}$$

$$\boxed{P_{dBm}=20\log U_{eff}-10\log R+30} \quad (3)$$

Exemple : U_{eff} = 1V sous 50Ω, P_{dBm} = 13dBm

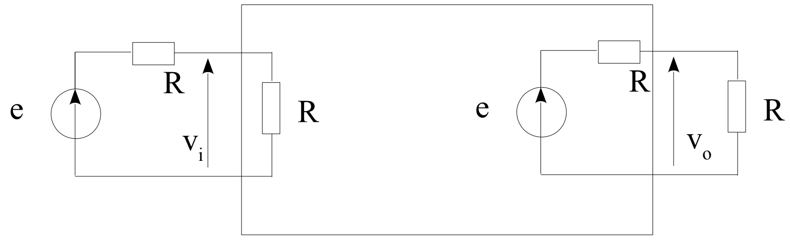
Vérification : $P=\frac{U_{eff}^2}{R}=1/50=20\text{mW}$, (éq. 1) → $P_{dBm}=10\log\frac{20\text{mW}}{1\text{mW}}=13\text{dBm}$

Inversement (éq. 3) → $\boxed{U_{eff}=\sqrt{R}\cdot 10^{\frac{P_{dBm}-30}{20}}}$ (4). *Exemple :* P_{dBm} = 13dBm sous 50Ω, U_{eff} = 1V.

3. Gain d'un étage amplificateur et dBm...

Un étage amplificateur reçoit une puissance en entrée. Cet amplificateur est caractérisé par son gain G en dB **qui est le même** que l'on parle de puissance ou de tension **à condition que toutes les impédances soient les mêmes**.

Les adaptations d'impédance doivent être faites à l'entrée et à la sortie avec la même résistance :



amplificateur

Pour illustrer la théorie, prenons un gain G de 40dB.

La puissance d'entrée est de -10dBm.

R = 50Ω

On en déduit déjà :

- (éq. 2) → une puissance d'entrée de 0.1mW
- (éq. 4) → une valeur efficace en entrée U_{eff} = 70.7 mV

3.1. Puissance de sortie en dBm

La puissance dBm en sortie s'obtient très facilement en sommant la puissance dBm d'entrée avec le gain de l'étage.

$\boxed{Po_{dBm} = G + Pi_{dBm}}$ (5) dans notre exemple, Po_{dBm} = -10 +40 = 30dBm ce qui fait 1W.

3.2. Tension efficace de sortie

On sait depuis longtemps que $G=20\log(A_V)=20\log\frac{V_o}{V_i}$, soit $v_o=v_i\cdot 10^{G/20}$ on retrouve bien entendu l'amplification de tension $A_v=10^{G/20}$

Dans l'exemple Av = 100.
Vo_{eff} = Av .Vi_{eff} = 7.07V

Vérification de la puissance de sortie : $P=\frac{U_{eff}^2}{R}=7.07^2/50=1\mathrm{W}$ OK.

3.3. Puissance de sortie directement en W

Le calcul peut être fait sans passer par les dBm.

$$G=20\log(A_V)=20\log\frac{V_o}{V_i}=10\log\frac{V_o^2}{V_i^2}=10\log\frac{p_o}{P_i}$$ Ainsi , $p_o=p_i\cdot 10^{G/10}$

Dans l'exemple : $p_o=100\mu\mathrm{W}\cdot 10^{40/10}=1\mathrm{W}$