

## Vos impédances sont-elles adaptées?

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

**Zusammenfassung:** Beim Zusammenschalten von mehreren analogen elektrischen Schaltungen ist es sehr wichtig, dass die Ausgangsimpedanz der einen Schaltung mit der Eingangsimpedanz der nachfolgenden Schaltung übereinstimmt. Nach einer theoretischen Einführung wird eine einfache Methode vorgestellt, wie die (reelle) Eingangs- und Ausgangsimpedanz mit je zwei Messungen gemessen werden kann. Dazu ist lediglich ein HF-Generator, ein Oszilloskop und – zur Bestimmung der Ausgangsimpedanz – ein Hilfswiderstand bekannter Grösse notwendig.

### Introduction

L'interconnexion de divers dispositifs électroniques analogiques exige toujours fondamentalement, l'adaptation des impédances respectives de ces dispositifs. Malgré un effort de normalisation, il se trouve que, dans la pratique, on peut se trouver devant une diversité étonnante de valeurs d'impédances mesurées, pour du matériel commercial, comme d'ailleurs pour une construction amateur, suivant la fréquence d'utilisation. Les fiches techniques du matériel commercial annoncent invariablement une seule valeur tant pour l'entrée que pour la sortie du dispositif examiné. Il y a là de bonnes raisons de mettre en doute cette simplification.

De même, l'amateur constructeur consciencieux, désirera connaître les valeurs d'impédances de son prototype, sitôt celui-ci terminé. Cela pourra être par exemple, une succession d'étages amplificateurs, ou alors un oscillateur relié par exemple à un étage séparateur tampon, et bien d'autres combinaisons encore. Dans tous les cas, la parfaite adaptation de la sortie d'un élément avec l'entrée du suivant sera indispensable en haute fréquence, afin de maîtriser, entre autres les risques d'auto oscillations (accrochages) toujours possibles. De plus, on sera sûr dans ce cas, d'avoir le transfert optimal d'énergie. Dans le domaine audio, (basse fréquence), l'adaptation des impédances est elle aussi indispensable, car de celle-ci dépend en partie la fidélité de la reproduction.

Cet article a pour but de fournir au constructeur amateur les connaissances indispensables pour la mesure et la mise au point d'un ensemble complet, en lui indiquant comment effectuer les mesures d'impédances. Le même procédé permettra aussi d'effectuer les mesures correspondantes d'un matériel commercial afin de s'assurer que les valeurs annoncées sur la fiche technique correspondent bien à la réalité. C'est là qu'il risque d'y avoir des surprises!

Sachant qu'en effet, ces notions, pourtant de base, sont de moins en moins enseignées dans les écoles, l'informatique ayant pris beaucoup de temps disponible dans les branches techniques, au détriment souvent des notions fondamentales d'électronique, nous commencerons donc selon notre habitude par un rappel des notions fondamentales de l'électricité.

Les schémas de branchement ci-joint sont suffisamment explicites pour qu'un amateur même débutant puisse effectuer les mesures et calculs facilement.

Surtout, que l'amateur peu équipé se rassure, il ne faudra en aucun cas avoir beaucoup d'instruments, puisque un générateur HF et un oscilloscope courant suffiront.

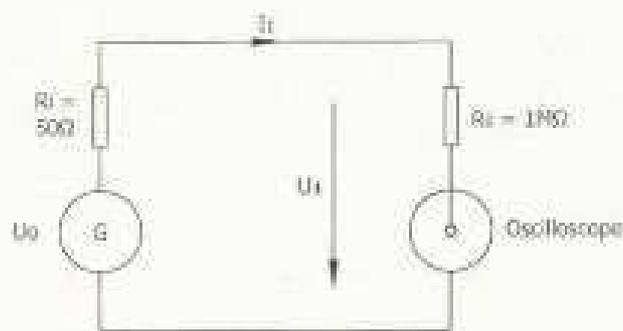


Figure 1: Mesure de  $U_1 = U_0$

- G: Générateur HF
- FEM =  $U_0$ : Force électromotrice
- $R_i$ : Résistance interne connue du générateur ( $R_i = 50$  Ohms)
- $R_o$ : Résistance d'entrée de l'oscilloscope ( $R_o = 1$  MOhms)
- $I_1$ : Courant dans l'oscilloscope (négligeable)

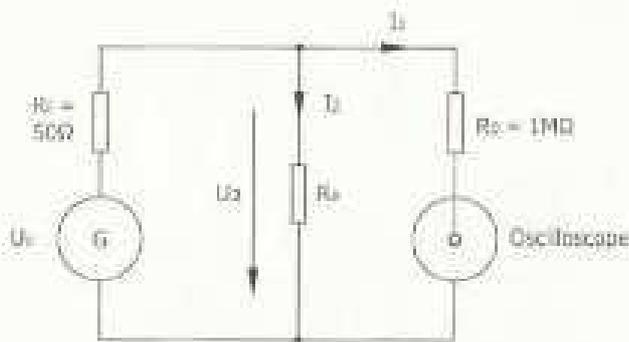


Figure 2: Mesure de  $U_1$

G: Générateur HF

FEM =  $U_0$ : Force électromotrice

$R_i$ : Résistance interne connue du générateur ( $R_i = 50$  Ohms)

$R_o$ : Impédance d'entrée du dispositif

$R_e$ : Résistance d'entrée de l'oscilloscope ( $R_e = 1$  MOhms)

$I_1$ : Courant dans l'oscilloscope (négligeable)

$I_2$ : Courant dans l'impédance d'entrée

Remarque: L'entrée étudiée est  $R_o$

### Rappel des notions fondamentales

Une source d'énergie électrique G est caractérisée par sa force électromotrice FEM, et par sa résistance interne  $R_i$ . Le terme de force électromotrice FEM n'est peut être plus utilisé actuellement. Qu'importe, c'est la tension que l'on mesure avec un voltmètre branché directement aux bornes de G, on peut appeler cette tension  $U_0$ .

Il faut se souvenir que, pour obtenir un transfert optimal d'énergie, de la source G, vers une résistance de charge  $R_o$ , branchée à ses bornes, il faut que  $R_o = R_i$ ,  $R_i$  étant la résistance interne de G. Dans ce cas, la charge  $R_o$  est dite adaptée à la source G. Pour toutes les autres valeurs de  $R_o$ , le transfert d'énergie n'est pas optimal, et seule une fraction de celle ci sera transmise.

De même, la sortie d'un amplificateur peut être considérée comme un générateur de force électromotrice FEM (ou de tension  $U_0$ ), accompagné de sa résistance interne  $R_i$ . Pour la même raison que ci-dessus, il faudra adapter la charge connectée à la sortie de l'amplificateur, à cette résistance  $R_i$ . De même lors du branchement en cas-

cade de deux amplificateurs HF, il faut que l'impédance de sortie du premier corresponde à celle d'entrée du deuxième. L'impédance d'entrée du premier peut avoir une valeur différente, mais doit être adaptée à celle de la source qui l'alimente. Cette source peut être très diverse.

Ainsi, il n'est pas nécessaire d'avoir absolument la même valeur d'impédance d'un bout à l'autre d'une chaîne d'amplification, il suffit que les impédances soient adaptées par paires. Rien n'empêchera donc d'avoir à l'entrée 80 Ohms, avec une sortie à 40 Ohms, l'entrée suivante à 40 Ohms, avec la sortie à 60 Ohms. Il suffira de se souvenir lors du branchement de la chaîne, dans quel ordre il faudra brancher les amplificateurs, afin que les impédances correspondent entre elles.

Nous retrouvons ici ce que nous avons dans la théorie des lignes apériodiques (antennes), à savoir que toute non adaptation d'impédance, donne lieu à une réflexion d'onde d'autant plus grande que l'inadaptation est elle-même plus grande entre les deux impédances considérées. Cette réflexion d'onde, dans le sens contraire de l'onde incidente, produira avec celle-ci, une onde stationnaire non désirable dans ce cas, désirable dans d'autres, tout dépend du régime d'ondes que l'on désire établir sur la ligne.

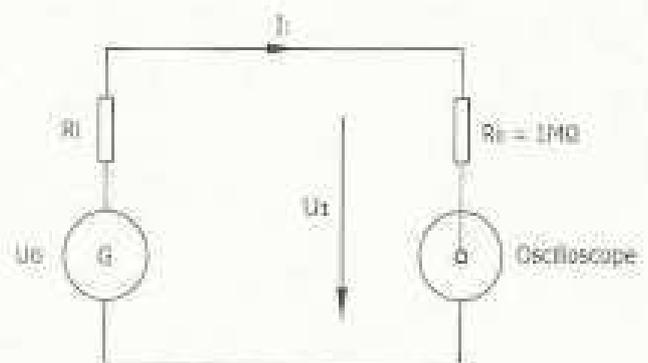


Figure 3: Mesure de  $U_1 = U_0$

G: Générateur HF

FEM =  $U_0$ : Force électromotrice

$R_i$ : Résistance interne du générateur (inconnue)

$R_o$ : Résistance d'entrée de l'oscilloscope ( $R_o = 1$  MOhms)

$I_1$ : Courant dans l'oscilloscope (négligeable)

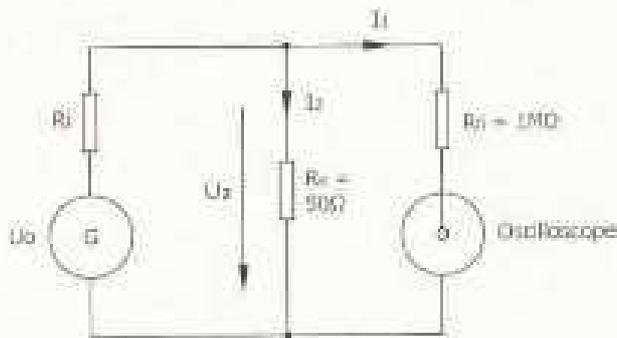


Figure 4: Mesure de  $U_2$

- G: Générateur HF  
 FEM =  $U_0$ : Force électromotrice  
 $R_i$ : Résistance interne du générateur  
 $R_k$ : Résistance connue ( $R_k = 50$  Ohms)  
 $R_o$ : Résistance d'entrée de l'oscilloscope ( $R_o = 1$  MOhms)  
 $I_1$ : Courant dans l'oscilloscope (négligeable)  
 $I_2$ : Courant dans l'impédance connue (50 Ohms)

Remarque: La sortie étudiée est  $R_i$

### Mesure de l'impédance d'entrée d'un amplificateur HF ou d'un coupleur d'antenne

Cette mesure est très utile à effectuer étant donné la diversité des dispositifs HF à interconnecter. Il faut, en effet, que l'impédance de sortie du dispositif précédent, corresponde à l'impédance d'entrée  $R_o$  du dispositif faisant suite.

On utilise un générateur HF dont la résistance interne est connue (50 Ohms), ainsi qu'un oscilloscope d'une résistance d'entrée de 1 MOhms et d'une capacité d'entrée de 25 pF.

On effectue le branchement correspondant à la figure 1. Le courant  $I_1$  traversant l'oscilloscope est négligeable. On mesure  $U_1 = U_0$ . Cette tension correspond à la FEM (force électromotrice) du générateur HF, G, puisque l'on néglige la chute de tension produite par  $I_1$  dans la résistance interne de 50 Ohms.

On effectue le branchement correspondant à la figure 2.

Le courant  $I_2$  traverse l'impédance d'entrée  $R_o$  du dispositif à mesurer. On a donc l'expression suivante:  $I_1 + I_2 = I_0$  puisque  $I_1$  est négligeable. On mesure  $U_2$ . Après quelques calculations on obtient  $R_o$  comme

$$R_o = \frac{U_2}{U_1 - U_2} \cdot R_i = \frac{U_2}{U_1 - U_2} \cdot 50$$

Symboles utilisés:

- $U_1 = U_0$ : FEM du générateur HF, exprimée en Volts.  
 $U_2$ : Tension aux bornes de la résistance d'entrée  $R_o$ , exprimée en Volts.  
 $I_1$ : Courant traversant l'oscilloscope (négligeable).  
 $I_2$ : Courant traversant l'impédance d'entrée recherchée exprimé en Ampères.  
 $R_o$ : Impédance d'entrée du dispositif, exprimée en Ohm.  
 $R_i$ : Résistance interne ( $R_i = 50$  Ohms en cas du générateur HF).

Remarque: Nous conseillons à l'amateur de faire des mesures de tension pointe-pointe avec son oscilloscope. C'est plus facile.

### Mesure de l'impédance de sortie d'un amplificateur HF ou d'un coupleur d'antenne

Cette mesure est très utile à effectuer étant donné la diversité des dispositifs HF à interconnecter. Il faut, en effet, que l'impédance d'entrée du dispositif faisant suite corresponde à l'impédance de sortie du dispositif précédent.

On utilise un oscilloscope d'une résistance d'entrée de 1 MOhms et d'une capacité d'entrée de 25 pF. On effectue le branchement correspondant à la figure 3.

Le courant  $I_1$  traversant l'oscilloscope est négligeable. On mesure  $U_1 = U_0$ . Cette tension correspond à la FEM (force électromotrice) du générateur HF constitué par le dispositif à mesurer, et sa résistance interne inconnue  $R_i$ . On néglige ainsi la chute de tension produite par  $I_1$  dans la résistance inconnue  $R_i$ .

On effectue ensuite le branchement correspondant à la figure 4. Pour  $R_o$  on utilise une résistance connue. On dispose d'une résistance connue  $R_k$  de 50 Ohms pouvant se brancher directement à l'entrée de l'oscilloscope.

Le courant  $I_2$  traverse l'impédance interne  $R_i$  du dispositif à mesurer. On a donc l'expression suivante:  $I_1 + I_2 = I_0$  puisque  $I_1$  est négligeable. On mesure  $U_2$ .

Après quelques calculations on obtient l'expression:

$$R_1 = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \cdot R_2 = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \cdot 50$$

Symboles utilisés:

$U_1 = U_0$ : FEM de la source équivalente du dispositif à mesurer. La tension est exprimée en Volts.

$U_2$ : Tension aux bornes de la résistance connue,  $R_2$  (50 Ohms) exprimée en Volts.

$I_1$ : Courant traversant l'oscilloscope (négligeable).

$I_2$ : Courant traversant la résistance connue, exprimé en Ampères.

$R_1$ : Impédance de sortie ou résistance interne de la source équivalente du dispositif, exprimée en Ohms.

$R_2$ : Résistance connue (ici  $R_2 = 50$  Ohms).

Cette résistance interne  $R_1$  correspond à l'impédance de sortie du dispositif. C'est cette même valeur d'impédance  $R_1$  qui devra être branchée au dispositif afin d'assurer l'adaptation parfaite des impédances, et le transfert optimum d'énergie.



## AMATEURFUNKPEILEN

### Chlaus-Fuchsjagd am 26. November

Das Peiltraining vom 8. Oktober wurde abgesagt. Es fällt in die Herbstferien, zudem wurde kein Ausrichter gefunden.

Bitte reserviert aber jetzt schon den 26. November für die Chlaus-Fuchsjagd. HB9AIR



## USKA

### Mutationen August 2006

#### Neuaufnahmen

- HB3YOL** Müller Luzius,  
Hoferrain 437, 3512 Walkingen
- HE9ARL** Ackermann Roger,  
Kleinmattstrasse 19, 6003 Luzern
- HE9HBI** Bielmann Heribert,  
Riedlistrasse 30, 3186 Düringen
- HE9KAI** Dorendorf Kai,  
Bungertweg 11, 8600 Dübendorf
- HE9MGD** Merkofer Guido,  
Bahnhofstrasse 50, 5606 Dottikon
- HE9SMK** Schneiter Mike,  
Freiburgstrasse 476, 3018 Bern

#### Rufzeichenänderungen

- HB9TVZ** von Euler Paul,  
Anemonenweg 24, 8047 Zürich,  
ex HE9RYX
- HB9TZA** Battistoni Augusto,  
Via S. Zeno, 6949 Ponte Capriasca,  
ex passiv I2JJR
- HB9NDK** Kessler Hermann,  
Hinterfeldstrasse 33, 4222 Zwingen,  
ex nur Old Man

#### Todesfälle

- HB9GW** Walter Gugolz,  
Rigiblickweg 2, 6048 Horw