

Compte-rendu de travaux pratiques de physique

Impédances d'entrée / de sortie

Benjamin Loison (MPSI 1)

2 février 2019

1) Impédance d'entrée d'appareils de mesure

1.1) Voltmètres

Afin de mesurer la résistance interne des différents voltmètre, on branche en série une alimentation, une résistance variable et un des voltmètres en question. On fait varier la tension jusqu'à obtenir une tension aux bornes du voltmètre qui vaut la moitié de celle obtenue avec une résistance nulle.

Lorsque la résistance variable est nulle, la tension de la résistance s'obtient à partir de la tension affichée par le voltmètre et de la formule: $U = R * i$.

Si la résistance variable est non nulle, on a alors en série R et R' les deux résistances, assimilable a un dipôle unique avec $Z = R + R'$ et $U = Z * i$.

On cherche à obtenir la moitié de la tension initiale car lorsque l'on a $R' = R$, on a alors $Z = 2R$ et donc $U = 2R * i$. On obtient alors $\frac{U}{2} = R * i$.

Expérimentalement, avec $E = 20 \text{ V}$ et $i = 1 \text{ A}$

On avait avec le voltmètre:

- Metrix, $R' = 9\,740 \text{ k}\Omega$
- Velleman, $R' = 9\,720 \text{ k}\Omega$
- PEKLY, $R' = 27 \text{ k}\Omega$

Avec les voltmètres respectivement calibrés sur le domaine 20 V, 20 V et 15 V.

Avec chaque voltmètre on obtient 10 V.

1.2) Oscilloscope

1.2.1) Vérifier la valeur de R_0

On mesure alors la capacité d'un câble coaxial et d'un oscilloscope dont on connaît d'après le producteur la résistance et la capacité qui valent respectivement $R_0 = 1 \text{ M}\Omega$ et $C_0 = 20 \text{ pF} \pm 3 \text{ pF}$.

On réalise alors le montage de l'énoncé en utilisant des fils courts et un câble coaxial pour brancher l'oscilloscope au circuit:

Avec un générateur à basse fréquence (ici 100 Hz), les capacités se comportent comme des interrupteurs ouverts. Ainsi en utilisant la méthode de la question précédente, et en paramétrant le BF à une sinusoïde de 10 V en crête à crête, on obtient une tension de moitié crête à crête lorsque l'on met la résistance variable sur $1 \text{ M}\Omega$. Ce qui est la valeur donnée par le fabricant.

1.2.2) Déterminer Γ

Afin de calculer la valeur de Γ , on paramètre la fréquence telle que la résistance R_0 soit du même ordre de grandeur que la capacité $C = \Gamma * l + C_0$.

On a:

$$\frac{1}{C\omega} \approx R_0, \text{ or on a } R_0 = 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \text{ }\Omega \text{ et } C_0 = 20 * 10^{-12} \approx 10^{-11}.$$

$$\text{D'où: } \frac{1}{10^{-11}\omega} \approx 10^6.$$

$$\text{Donc: } \omega = \frac{10^{11}}{10^6} = 10^5 \text{ Hz.}$$

On utilise alors une fréquence de 10^5 Hz .

On détermine l'impédance complexe \underline{Z} du dipôle équivalent à celui de l'ensemble de l'oscilloscope et du câble coaxial.

On a: $\frac{1}{\underline{Z}} = C_0 j\omega + \frac{1}{R_0} + \Gamma l j\omega$.

Donc: $\underline{Z} = \frac{R_0}{R_0 C_0 j\omega + R_0 \Gamma l j\omega + 1} = \frac{R_0}{1 + j\omega R_0 (C_0 + \Gamma l)}$

On obtient alors par diviseur de tension, avec la tension crête à crête:

$$\frac{U_{oscilloscope}}{\underline{Z} + R} U_{BF}.$$

Donc: $\underline{Z} (U_{oscilloscope} U_{BF}) = -R U_{oscilloscope}$.

Finalement on trouve $\underline{Z} = \frac{R U_{oscilloscope}}{U_{BF} - U_{oscilloscope}} = \frac{R_0}{1 + j\omega R_0 (C_0 + \Gamma l)}$.

On obtient alors que $C_0 + \Gamma l = \frac{R_0 - \underline{Z}}{j\omega R_0 \underline{Z}}$.

Donc: $\Gamma = \frac{R_0 - \underline{Z}}{l j\omega R_0 \underline{Z}} - \frac{C_0}{l}$.

On obtient alors par application numérique avec une fréquence de 10^5 Hz, $U_{oscilloscope} = 464$ mV et $U_{BF} = 5$ V.

Donc $\underline{Z} = \frac{10^6 * 0.464}{5 - 0.464} \approx 10^5 \Omega$.

Et en prenant $l = 0.7$ m, on obtient: $\Gamma = \frac{10^6 - 10^5}{0.7 * 10^5 * 10^6 * 10^5 j} - \frac{2 * 10^{-11}}{0.7} \approx \frac{9}{7j} * 10^{-10} - \frac{2}{7} * 10^{-10}$. Donc $\Gamma \approx 10^{-10}$ F = 100 pF.

2) Impédance de sortie d'un générateur

2.1) Rappels

On a pour un générateur de Thévenin: $U = E - Ri$, pour un de Norton, on a: $i = \eta - gu = \eta - \frac{U}{R}$

2.2) Mesure des caractéristiques des générateurs de Thévenin et de Norton associés à un dipôle

2.2.1) Mesure de r

On a: $R_{AB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{98.6 * 269}{363.5} \approx 73 \Omega$

2.2.2) Mesure de e_{AB}

On a: $e_{AB} = E * \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6 * \frac{269}{363.5} \approx 4.39$ V.

2.2.3) Mesure de η_{AB}

On a: $\eta_{AB} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{6}{363.5} \approx 16$ mA.

2.2.4) Comparer avec les valeurs théoriques

On remarque facilement à partir de nos mesures de R_1 et R_2 que nos valeurs expérimentales sont très proches de celles théoriques.

2.2.5) Application: Mesurer le courant I parcourant la résistance R

On obtient avec le multimètre utilisé comme ampèremètre, $i = 14.27$ mA.

Théoriquement, on a: $i = \frac{E}{R_1} * \frac{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}{R + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \frac{E R_2}{R(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$.

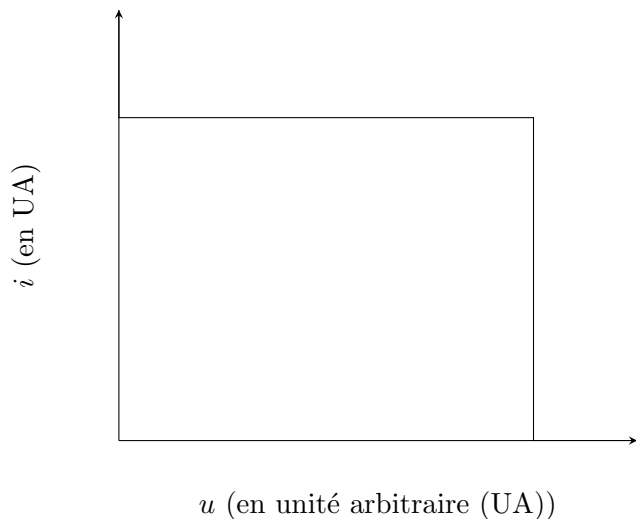
AN: $i = \frac{6 * 269}{220(269 + 100.5) + 100.5 * 269} = 14.8$ mA. Ce qui est très proche de notre valeur mesurée: 14.27 mA.

2.3) Pile

Pour un générateur réel, on peut représenter la tension de celui-ci, notée u , par la droite d'équation: $u = e - ri$ avec e la tension générée et r la résistance interne du générateur. On a $i = \eta - \frac{u}{r}$ avec η le courant généré.

En supposant que le générateur débite dans un dipôle d'impédance Z , on a alors: $u = e - (r + Z)i$ et $i = \eta - \frac{u}{r+Z}$. Avec un Z très grand, on peut alors faire l'approximation suivante: $i \approx \eta$ et pour un Z très petit, on peut faire l'approximation $u \approx e$.

On obtient alors l'intensité i en fonction de u d'une alimentation stabilisée, en considérant la résistance interne égale dans les 2 régimes:



Avec le générateur E stabilisé à 6 V et 100 mA et avec $R_1 = 100.45 \Omega$ et $R_2 = 269 \Omega$.

En considérant l'alimentation comme un fil et en utilisant un voltmètre et un ampèremètre, on mesure: $v_{AB} = 93 \Omega$, $e_{AB} = 4.36 \text{ V}$ et $\eta_{AB} = 16.4 \text{ mA}$.

On a alors les valeurs suivantes:

R_C (en Ω)	u - e (en V)
100	0.118
80	0.14
60	0.19
40	0.26
20	0.43