

Instrumentation

TP 1: Diviseur de tension

MENARD Alexandre
VIEILLEDENT Florent

1^{er} mars 2022

Introduction

Dans ce travail pratique, on s'intéressera à mesurer la tension aux bornes d'une résistance à l'aide de différents appareils comme un voltmètre numérique, un voltmètre analogique ainsi qu'un oscilloscope. En sachant que chacun de ses appareils de mesure disposent d'une résistance interne, la mise en dérivation d'un tel appareil sur un circuit de deux résistances en séries reliées à un générateur constitue une montage de type diviseur de tension. On cherche donc à montrer la formule du pont diviseur de tension donnée par :

$$U = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * E \quad (1)$$

On notera R_i , la résistance interne de l'appareil de mesure, R_2 , la résistance où l'on mesure la tension et E , la tension du générateur.

1 Première expérience : résistances de $1k\Omega$

1.1 Montage

On réalise le montage suivant qu'on alimente avec un générateur de tension $E = 5V$ et deux résistances R_1 et R_2 avec $R_1 = R_2 = 1k\Omega$.

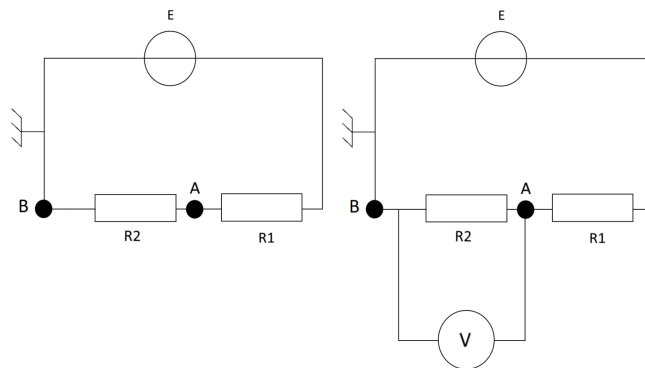


FIGURE 1 – Schéma d'un pont diviseur de tension(à gauche) et Schéma de l'expérience 1(à droite)

1.2 Mesures

On souhaite mesurer le potentiel V_A , pour cela, on branche en dérivation l'appareil de mesure sur les bornes de R_2 . Ainsi, le branchement commun (COM) est du même potentiel que la masse, que l'on note V_B , et la borne V sera de même potentiel que V_A . On a donc $U = V_A - V_B = V_A$. De cette manière, en mesurant U , on obtient V_A .

On mesure la tension U au borne de R_2 à l'aide de différents appareils afin de mettre en évidence de potentielles différences : un voltmètre analogique, un voltmètre numérique et un oscilloscope. On estime les incertitudes en fonction de l'appareil : pour le voltmètre analogique, l'incertitude correspond à la moitié de la graduation, pour le voltmètre numérique, on regarde la dernière décimal stable et l'oscilloscope nous donne directement l'incertitude. On compile donc l'ensemble des tensions que l'on a mesuré dans le tableau suivant :

Calibre	Voltmètre analogique	Calibre	Voltmètre numérique	Oscilloscope
3V	$2.5 \pm 0.25V$	20V	$2.504 \pm 0.003V$	$2.56 \pm 0.04V$
10V	$2.5 \pm 0.5V$	200V	$2.50 \pm 0.02V$	
30V	$2.5 \pm 0.25V$	2000V	$2.5 \pm 0,2V$	
100V	$3.0 \pm 0.5V$			

TABLE 1 – Tension mesurée avec chaque appareil

1.3 Théorie

On s'intéresse ici à développer une formule permettant de présenter les résultats théoriques auxquels on doit s'attendre par l'expérience et de comparer le modèle à la théorie. On a l'expression de la tension U qui est :

$$U = V_A - V_B = V_A \quad (2)$$

Cette égalité vient du fait que V_B est au même potentiel que la masse, c'est à dire $V_B = 0V$. D'où $U = V_A$. On peut désormais déterminer une expression de V_A en utilisant la formule (1) :

$$V_A = U = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * E \quad (3)$$

On peut enfin en déduire une valeur théorique en faisant une application numérique en prenant $R_1 = R_2 = 1k\Omega$ et $E = 5V$.

$$V_A = \frac{1 \times 10^3}{1 \times 10^3 + 1 \times 10^3} * 5 = 2.5V \quad (4)$$

On peut également se questionner sur les couples de résistances à choisir si l'on souhaite diviser la tension du générateur par n . On réutilise donc la formule (1) et avec $R_2 = 1k\Omega$, $E = 5V$ et l'on cherche R_1 tel que :

$$\begin{aligned} V_A = \frac{E}{n} &\Rightarrow \frac{R_2}{R_2 + R_1} * E = \frac{E}{n} \\ &\Rightarrow \frac{R_2 + R_1}{R_2} = n \\ &\Rightarrow R_1 = (n - 1)R_2 \end{aligned} \quad (5)$$

On fait l'application numérique pour diviser la tension du générateur par $n = 2, 10$ et 100 , en notant $R_1(n)$, la valeur de R_2 pour diviser par n la tension :

$$R_1(2) = R_2 = 1k\Omega \quad R_1(10) = 9R_2 = 9k\Omega \quad R_1(100) = 99R_2 = 99k\Omega \quad (6)$$

Comme l'on branche en dérivation le voltmètre avec sa résistance R_i , on peut considérer que R_2 et R_i forment une seule résistance équivalente qu'on note R'_2 avec $R'_2 = \frac{R_i R_2}{R_i + R_2}$. On a donc :

$$V_A = U = \frac{R'_2}{R'_2 + R_1} E = \frac{R_i R_2}{R_i + R_2} \frac{1}{\frac{R_i R_2}{R_i + R_2} + R_1} E = \frac{R_i R_2}{R_i R_2 + R_1 (R_i + R_2)} E \quad (7)$$

On en déduit que R_i doit être très grande devant R_2 pour que la mesure par le voltmètre ne perturbe pas la valeur.

1.4 Comparaison entre théorie et expérience

Selon la théorie, la tension U doit valoir $2.5V$. On remarque que dans le tableau (1), la valeur théorique se retrouve dans les valeurs mesurées expérimentalement en prenant en compte les incertitudes.

2 Deuxième expérience : résistances de $1M\Omega$

On réalise le même montage que l'expérience n°1, mais on remplace les résistances par des résistances R_1 et R_2 de $1M\Omega$.

2.1 Mesures

On mesure la tension U aux bornes de R_2 toujours avec les mêmes appareils, et l'on compile les valeurs dans le tableau suivant :

Calibre	Voltmètre analogique	Calibre	Voltmètre numérique	Oscilloscope
3V	$0.27 \pm 0.25V$	20V	$2.39 \pm 0.01V$	$1.74 \pm 0.06V$
10V	$0.75 \pm 0.5V$	200V	$2.40 \pm 0.01V$	
30V	$1.5 \pm 0.25V$	2000V	$2.4 \pm 0.1V$	
100V	$2 \pm 0.5V$			

TABLE 2 – Tension mesurée avec chaque appareil

Les incertitudes sont estimés de la même manière que pour la première expérience.

2.2 Theorie

On peut reprendre les résultats de la partie théorie de la première expérience, en modifiant R_1 et R_2 . On fait donc l'application numérique :

$$V_A = U = \frac{R_2}{R_2 + R_1} * E = \frac{1 \times 10^6}{1 \times 10^6 + 1 \times 10^6} * 5 = 2.5V \quad (8)$$

On note R_i la résistance interne de l'appareil de mesure et R'_2 l'association de R_i et R_2 . En partant de l'équation suivante :

$$U = \frac{R'_2}{R'_2 + R_1} * E \text{ avec } R'_2 = \frac{R_i R_2}{R_i + R_2} \quad (9)$$

On isole R_i présent dans R'_2 et il vient que :

$$R_i = \frac{U R_1 R_2}{R_2 E - U (R_1 + R_2)} \quad (10)$$

2.3 Comparaison entre expérience et théorie

On remarque que les valeurs mesurées en prenant en compte les incertitudes ne sont pas en accord avec la valeur théorique calculée. Le paramètre que l'on a modifié depuis la première expérience est la valeur des résistances R_1 et R_2 . Nous avons conclut précédemment que la résistance interne R_i doit être très grande devant R_2 pour que la mesure ne soit pas impactée, et dans cette expérience, on remarque que les mesures sont éloignées de la valeur théorique. On peut donc se questionner sur la valeur des résistances internes des appareils de mesure, et si elles sont suffisamment grande pour mesurer avec précision la tension aux bornes de ces résistances de très grande valeur.

On peut faire l'application numérique avec les valeurs de tension trouvé précédemment. Pour l'oscilloscope et le voltmètre numérique, on trouve respectivement $R_i = 1.1 * 10^6 k\Omega$ et $R_i = 1.2 * 10^7 k\Omega$, ce qui est en accord avec les valeurs données par les manuels des appareils. Pour le voltmètre analogique, les valeurs de tension varient beaucoup, ce qui rend difficile de calculer une valeur de résistance. Si on prend une valeur moyenne de 1.13V, on obtient $R_i = 4.1 * 10^5 k\Omega$. Cette valeur est en réalité sûrement inférieur, la documentation nous donnant un ordre de grandeur de quelques $k\Omega$ pour un voltmètre analogique.

Remarque : Dans notre cas, le voltmètre numérique du manuel fournit en TP n'était pas celui que nous avons à notre place. On s'est donc référé au manuel présent sur internet pour obtenir la résistance interne de notre voltmètre que l'on a obtenu via ce lien. Le manuel indique une impédance d'entrée de $10M\Omega$.

3 Calcul de courant

On pourrait calculer le courant qui circule dans le circuit avec les différents appareils de mesure à notre disposition. Le multimètre numérique peut calculer de manière directe le courant. Il faut brancher le multimètre en série n'importe où dans le circuit, avec la borne COM reliée à la borne - du générateur et la borne A ou mA à la borne +. Dans cette configuration, nous n'avons pas besoin de nous soucier de la résistance interne du multimètre.

Si nous voulons nous servir de l'oscilloscope ou du voltmètre analogique, nous sommes obligés de faire une mesure indirecte du courant. Ces appareils ne pouvant mesurer qu'une tension, il faut se servir de la loi d'Ohm $I = U/R$ pour déterminer le courant. Le montage est alors quasiment identique à la première expérience; le voltmètre ou l'oscilloscope doivent être branchés en dérivation. Si on veut que notre mesure soit précise, il faut donc que la résistance interne de l'appareil de mesure soit très grande comparée à la résistance où l'on mesure la tension (plusieurs ordres de grandeur).

4 Conclusion

Dans ce travail pratique nous avons mesuré une tension dans un pont diviseur pour différentes valeurs de résistance. Nous avons notamment vu l'importance de prendre en compte la résistance interne des appareils de mesure lorsque nous utilisons des résistances avec de grande valeur. Il faudrait refaire les mesures de l'expérience 2 pour le voltmètre analogique, avec éventuellement un autre modèle de voltmètre analogique pour voir si la grande variation de tension est encore mesurée.