

Instrumentation

TP 1: Diviseur de tension

MENARD Alexandre
VIEILLEDENT Florent

16 février 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 $R_1 = R_2 = 1k\Omega$.

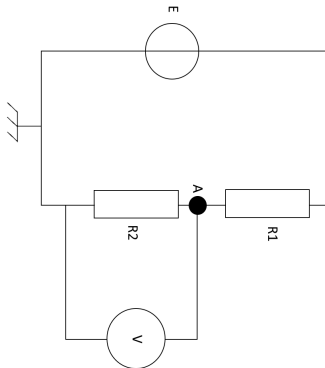


FIGURE 1 – Schéma de l'expérience 1

On souhaite mesurer le potentiel V_A , pour cela, on branche en dérivation l'appareil 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 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	$2.504 \pm 0.03V$	$2.56 \pm 0.04V$
10V	$2.5 \pm 0.5V$	200V	$2.50 \pm 0.02V$	
30V	$2.5 \pm 0.25V$	2000V	$2.5 \pm 1V$	
100V	$3 \pm 0.5V$			

TABLE 1 – Tension mesurée avec chaque appareil

1.2 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 :

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

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.

1.3 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 Première 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

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 peut également déterminer une expression de la résistance interne :

$$\begin{aligned}
U &= \frac{R_2'}{R_2' + R_1} * E \Rightarrow UR_2' + UR_1 = ER_2' \\
&\Rightarrow UR_1 = R_2'(E - U) \\
&\Rightarrow \frac{UR_1}{E - U} = R_2' \\
&\Rightarrow \frac{E - U}{UR_1} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_i} \\
&\Rightarrow \frac{R_2(E - U) - UR_1}{UR_1R_2} = \frac{1}{R_i} \\
&\Rightarrow R_i = \frac{UR_1R_2}{R_2E - U(R_1 + R_2)}
\end{aligned} \quad (9)$$

2.3 Comparaison entre expérience et théorie

On remarque que les valeurs mesurées en prenant en compte les incertitudes n'atteignent pas la valeur théorique que l'on a calculé. 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 soit 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 mesure la tension aux bornes de ces résistances avec une très grande valeur.