

# TP6B – Mesures d'impédance

Le but de ce TP est de mesurer à l'aide de différents procédés, l'impédance « inconnue » d'une bobine. On effectuera ainsi trois estimations différentes des valeurs du couple  $(r,L)$ .

Matériel à disposition :

- 1 Oscilloscope numérique Keysight avec câbles coaxiaux, et T...
- 1 GBF arbitraire FI5505GA.
- 1 multimètre Fluke 187.
- 1 RLC-mètre Agilent
- 1 ordinateur équipé de regressi, excel...
- 1 plaque « Labdec »
- 1 alimentation +15 / 0 / -15V
- Une boîte de composants (Résistances, capacités, ALI TL081, fils de connexion...)
- 1 multiplieur
- 1 Plaquette « déphaseur »
- Les notices des différents appareils de mesure.

## I – Deux méthodes au choix

I-1) Composant inconnu

On dispose d'une bobine réelle  $(r,L)$  dont l'impédance s'écrit :  $\underline{Z}(\omega) = R(\omega) + j X(\omega)$ .

- Donner une expression de R et X en fonction de r, L et  $\omega$ .

I-2) Premières expériences

A l'aide du matériel à votre disposition sur la paillasse réaliser deux types de mesures de façon à déterminer  $(r,L)$ .

On représentera dans votre compte-rendu de façon explicite :

- Les schémas des montages réalisés pour mesurer  $(r,L)$  avec le positionnement des voies de l'oscilloscope (ou d'un autre appareil de mesure).
- La méthode utilisée afin d'obtenir r et L.
- On donnera les résultats de r, et de L, sous la forme  $r = r_{mes} \pm U(r)$  (où  $U(r)$  représente l'incertitude élargie à 95% sur la mesure de r).

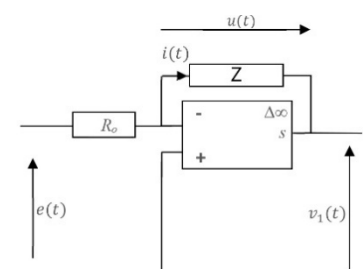
## II – Méthode imposée : la détection synchrone

II-1) Présentation de la méthode

La manipulation proposée consiste à mesurer la partie réelle et imaginaire de l'impédance d'un dipôle linéaire par détection synchrone entre le courant traversant le dipôle et la tension à ses bornes. L'impédance étudiée est de la forme :  $\underline{Z}(\omega) = R(\omega) + j X(\omega)$ . Pour cela on va utiliser le montage, formé de différents blocs, décrit dans les paragraphes suivants.

II-2) Etude des différents blocs

a) Convertisseur tension-courant



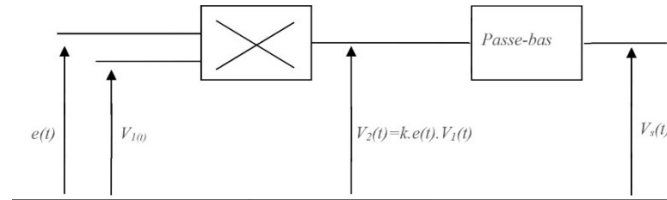
On utilise pour commencer un convertisseur tension/courant afin d'obtenir les images de la tension  $U(t)$  et du courant  $i(t)$ . La tension d'entrée  $e(t)$  est sinusoïdale. On note :

$$\begin{cases} \underline{Z} = Z e^{j\varphi} \\ e(t) = E \cos(\omega t) \end{cases}$$

- Démontrer que  $\begin{cases} \cos(\varphi) = \frac{R}{Z} \text{ et } \sin(\varphi) = \frac{X}{Z} \\ V_1(t) = -\frac{E}{R_0} Z \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$

- Réaliser le montage avec  $R_0 = 1k\Omega$  et placer vous à  $f=1,6$  kHz. Vérifier que  $V_1$  ne sature pas.

b) Détermination de R



A l'aide d'un multiplieur on génère le signal  $v_2(t)$  puis à l'aide du passe-bas « tel que  $f_c \ll 2f$  » on obtient  $v_s$ .

- Démontrer que :

$$v_2(t) = -\frac{kE^2}{2R_0} Z (\cos(2\omega t + \varphi) + \cos(\varphi))$$

- Expliquer le choix de la fréquence de coupure et en déduire que :

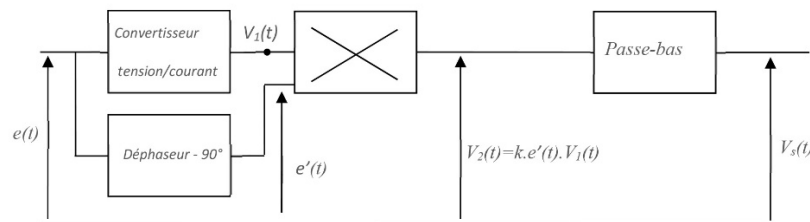
$$v_s = -\frac{kE^2}{2R_0} R = cste$$

- A l'aide de l'oscilloscope, comment peut-on obtenir sans la présence du filtre passe-bas, la valeur de  $v_s$ .

- En déduire  $R(\omega)$  avec son incertitude élargie à 95%.

c) Détermination de X

Pour déterminer X on va rajouter un déphaseur au montage (C'est un montage qui a une fonction de transfert de module un, mais qui déphase le signal de  $\varphi(f)$ ). A la fréquence de  $f = 1,6kHz$  le montage déphaseur introduit un déphasage de  $-\frac{\pi}{2}$ .



- Calculer  $v_2(t)$  dans le cas de ce nouveau montage.

- Démontrer que :

$$v_s = -\frac{kE^2}{2R_0} X$$

- En déduire la valeur de  $X(\omega)$  puis de L.

### III – Tableau récapitulatif

- Représentez vos différentes valeurs de  $(r,L)$  obtenues sous la forme d'un tableau complété des incertitudes élargie à 95% sur  $(r,L)$ .

- Conclure sur la notation  $R(\omega)$ .

# IV – Annexes

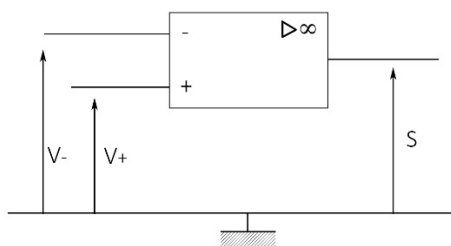
## a) Annexe 1 : Incertitudes

Afin de calculer les incertitudes lors des mesures effectuées, on pourra s'aider de ce tableau où l'incertitude type B sur la grandeur x est représentée :  $u_x$ . L'incertitude élargie à 95% s'écrit alors :  $U_x = 2 u_x$ .

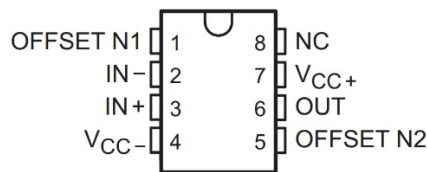
| Incertitude type B  |   |                                  |  |
|---|---|----------------------------------|--|
| Incertitude d'encadrement                                   | Incertitude de lecture  |                                  | Incertitude constructeur   |
| Tout appareil   | Tout appareil<br>On note : $q = \text{résolution ou } U.R.$   |                                  | On note q la résolution et t la tolérance alors :<br>$u_c = \frac{q}{\sqrt{12}}$ ou $u_c = \frac{t}{\sqrt{3}}$ |
| $x = \frac{x_{max} + x_{min}}{2}$                           | Simple mesure   | Mesure par écart                 | Multimètre   |
| $\Rightarrow u_{spé} = \frac{x_{max} - x_{min}}{\sqrt{12}}$ | $u_{lec} = \frac{q}{\sqrt{12}}$   | $u_{lec} = \frac{q}{\sqrt{6}}$   | où $t = a\% \times Valeur_{lue} + b \times U.R.$<br>$u_c = \frac{t}{\sqrt{3}}$                                 |
| Composition des incertitudes type                           |   | Oscilloscope numérique           |  |
| $u_x^2 = u_c^2 + u_{lec}^2 + u_{spé}^2$                     |   | Mesures de tension               | Mesures de fréquence   |
| Propagation des incertitudes                                |   | $q = \frac{\Delta x_{max}}{2^N}$ | Mesures de temps   |
| $y = ax \pm bz$   | $y = a \cdot w^\alpha \cdot x^\beta \cdot z^\gamma$   |                                  | $q = 1/\tau$<br>$\tau$ : durée d'acquisition   |
| $u_y = \sqrt{a^2 u_x^2 + b^2 u_z^2}$                        | $\frac{u_y}{y} = \sqrt{\left(\alpha \frac{u_w}{w}\right)^2 + \left(\beta \frac{u_x}{x}\right)^2 + \left(\gamma \frac{u_z}{z}\right)^2}$ | Simple mesure                    | Mesure par écart   |
|   |   | $u_c = \frac{q}{\sqrt{12}}$      | $u_c = \frac{q}{\sqrt{6}}$   |
| Incertitude élargie à 95%                                   |   |                                  |  |
| $U_x = 2 u_x \Rightarrow x = x_m \pm U_x$                   |   |                                  |  |

## b) Annexe 2 : L'ALI idéal (ALII)

L'ALI idéal correspond au modèle « parfait » de l'ALI, il possède les propriétés suivantes :



**TL081 and TL081x D, P, and PS Package  
8-Pin SOIC, PDIP, and SO  
Top View**



- Les courants d'entrée:  $i_+ = 0$  et  $i_- = 0$
- Fonctionnement linéaire :  $V_+ = V_-$  et  $|s| \leq U_{sat}$
- Fonctionnement saturé :  $V_+ \neq V_-$  et  $s = \pm U_{sat}$

Si on impose des tensions différentes sur  $V_+$  et  $V_-$ , sans bouclage, on a alors affaire à un comparateur simple dont la tension de sortie prendra comme valeurs :  $s = \pm U_{sat}$ .

c) Annexe 3 : Une partie de la notice de l'Agilent U1733C

En mode RLC-Mètre, en plus de la tolérance dans le calcul d'incertitude il faut tenir compte de la résolution  $q$  d'où :

$$u_x^2 = \frac{q^2}{12} + \frac{t^2}{3} \begin{cases} t = \text{précision ou tolérance} \\ q = \text{résolution} \end{cases}$$

## Spécifications Impédance/Résistance/DCR

Tableau 4-1 Spécifications Impédance/Résistance/DCR

| Plage                       | Résolution              | Précision = $A_z$ + Décalage |                  |                  |                  |                             |                   |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|
|                             |                         | DCR                          | 100 Hz           | 120 Hz           | 1 kHz            | 10 kHz                      | 100 kHz           |
|                             |                         | U1733C uniquement            | Tous les modèles | Tous les modèles | Tous les modèles | U1733C et U1732C uniquement | U1733C uniquement |
| $2 \Omega^{[1]}$            | $0.0001 \Omega$         | 0.7% + 50                    | 0.7% + 50        | 0.7% + 50        | 0.7% + 50        | 0.7% + 50                   | 1.0% + 50         |
| $20 \Omega^{[1]}$           | $0.001 \Omega$          | 0.7% + 8                     | 0.7% + 8         | 0.7% + 8         | 0.7% + 8         | 0.7% + 8                    | 0.7% + 8          |
| $200 \Omega^{[1]}$          | $0,01 \Omega$           | 0,2 % + 3                    | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3                   | 0,5 % + 5         |
| $2000 \Omega$               | $0,1 \Omega$            | 0,2 % + 3                    | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3                   | 0,5 % + 5         |
| $20 \text{ k}\Omega$        | $0,001 \text{ k}\Omega$ | 0,2 % + 3                    | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3                   | 0,5 % + 5         |
| $200 \text{ k}\Omega$       | $0,01 \text{ k}\Omega$  | 0,5% + 5                     | 0,5% + 5         | 0,5% + 5         | 0,5% + 5         | 0,5% + 5                    | 0,7% + 8          |
| $2000 \text{ k}\Omega$      | $0,1 \text{ k}\Omega$   | 0,5% + 5                     | 0,5% + 5         | 0,5% + 5         | 0,5% + 5         | 0,7% + 5                    | -                 |
| $20 \text{ M}\Omega^{[2]}$  | $0,001 \text{ M}\Omega$ | 2.0% + 8                     | 2.0% + 8         | 2.0% + 8         | 2.0% + 8         | 5.0% + 8                    | -                 |
| $200 \text{ M}\Omega^{[2]}$ | $0,01 \text{ M}\Omega$  | 6.0% + 80                    | 6.0% + 80        | 6.0% + 80        | 6.0% + 80        | -                           | -                 |

## Spécifications d'inductance

Tableau 4-3 Spécifications d'inductance

| Plage              | Résolution          | Précision = $A_L$ + Décalage |                  |                  |                             |                   |
|--------------------|---------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|
|                    |                     | 100 Hz                       | 120 Hz           | 1 kHz            | 10 kHz                      | 100 kHz           |
|                    |                     | Tous les modèles             | Tous les modèles | Tous les modèles | U1733C et U1732C uniquement | U1733C uniquement |
| $20 \mu\text{H}$   | $0,001 \mu\text{H}$ | -                            | -                | -                | 1.0% + 5                    | 2.5% + 20         |
| $200 \mu\text{H}$  | $0,01 \mu\text{H}$  | -                            | -                | 1.0% + 5         | 0.7% + 3                    | 2.5% + 20         |
| $2000 \mu\text{H}$ | $0,1 \mu\text{H}$   | 0.7% + 10                    | 0.7% + 10        | 0.5% + 3         | 0.5% + 3                    | 0.8% + 20         |
| $20 \text{ mH}$    | $0,001 \text{ mH}$  | 0,5% + 3                     | 0,5% + 3         | 0,2 % + 3        | 0,3 % + 3                   | 0,8% + 10         |
| $200 \text{ mH}$   | $0,01 \text{ mH}$   | 0,5% + 3                     | 0,5% + 3         | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3                   | 1,0% + 10         |
| $2000 \text{ mH}$  | $0,1 \text{ mH}$    | 0,2 % + 3                    | 0,2 % + 3        | 0,2 % + 3        | 0,5 % + 5                   | 1,0% + 10         |
| $20 \text{ H}$     | $0,001 \text{ H}$   | 0,2 % + 3                    | 0,2 % + 3        | 0,5 % + 5        | 1,0% + 5                    | 2 % + 10          |
| $200 \text{ H}$    | $0,01 \text{ H}$    | 0,7% + 5                     | 0,7% + 5         | 1,0% + 5         | 2,0% + 8                    | -                 |
| $2000 \text{ H}$   | $0,1 \text{ H}$     | 1,0% + 5                     | 1,0% + 5         | 2,0% + 8         | -                           | -                 |

Vous pouvez trouver d'autres notices d'appareil sur :

<http://pcjoffre.fr/travaux-pratiques/notices-et-datasheet/>