

## RÉGIME SINUSOIDAL ; IMPÉDANCES - mesures et commentaires du TP1

### 1. Principe

- Les dipôles électrocinétiques étudiés ne sont décrits qu'en première approximation par les modèles proposés. La modélisation a généralement des limites de validité ; une étude expérimentale permet souvent d'en prendre conscience.

### 2. Manipulation

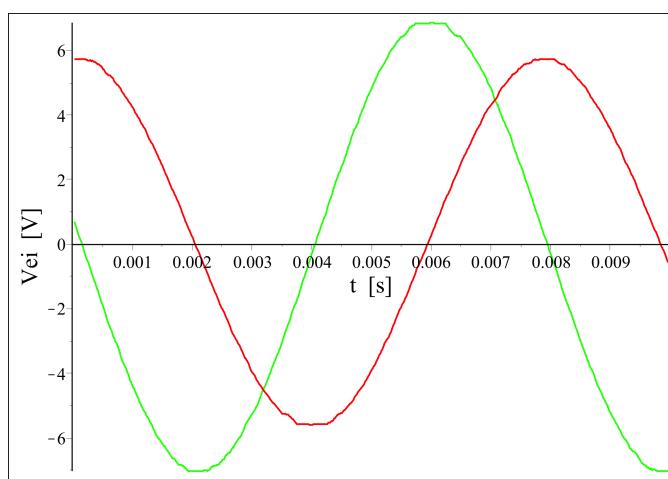
#### 2.1. Réglages préalables

- Les appareils électroniques modernes ont l'avantage d'être automatisés, mais quel que soit le niveau de progrès technique, il est indispensable de bien en comprendre le fonctionnement, quitte même à débrayer certains automatismes pour mieux contrôler manuellement.

#### 2.2. Mesure des déphasages

- Outre l'utilisation des écrans d'oscilloscopes pour contrôler l'allure correcte ou non des mesures, on peut transférer les mesures aux ordinateurs pour une analyse informatique. De nombreux logiciels permettent ce genre d'étude.
- Ce qui est intéressant ici, c'est la programmation (TP d'informatique) tentant de simuler la détection et la mesure automatique d'un déphasage par le logiciel interne d'un phasemètre numérique (une avec Maple et une autre avec Excel ; cela aurait pu être Python). Pour les mesures du TP, on se limite évidemment à utiliser un phasemètre.

Le logiciel peut être amené à effectuer un lissage modéré avant d'analyser les signaux, par exemple par moyenne "locale" (remplacement de chaque mesure par une moyenne pondérée avec les mesures voisines).

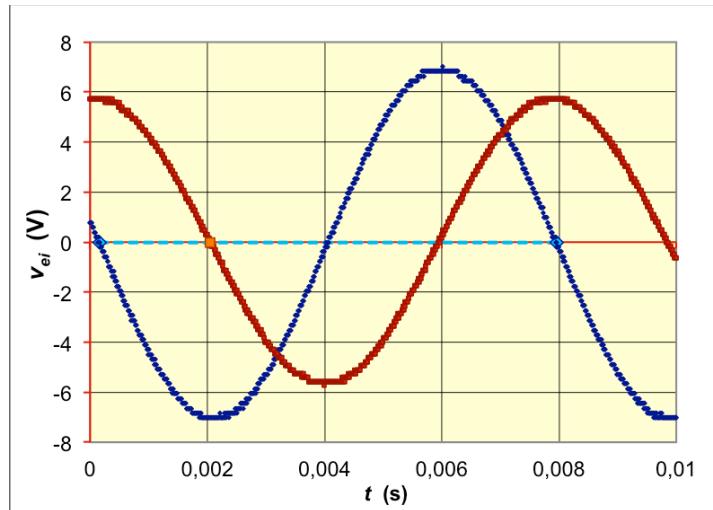


Le logiciel peut ensuite détecter le minimum et le maximum, puis chercher les passages par la moyenne. DéTECTANT le sens de variation lors des passages, il peut repérer la périodicité sur chacun des deux signaux, en vérifier la compatibilité, puis calculer le décalage en proportion d'une période ; de nombreuses méthodes peuvent être utilisées pour programmer cela.

L'exemple Maple calcule  $T = 7,89 \pm 0,09$  ms puis  $\phi = -86,2 \pm 1,0^\circ$  ( $-1,51 \pm 0,02$  rad ).

L'exemple Excel calcule  $T = 7,80 \pm 0,09$  ms puis  $\phi = -87,5 \pm 1,0^\circ$  ( $-1,53 \pm 0,02$  rad ).

◊ remarque : on pourrait aussi programmer pour vérifier que la période détectée se reproduit effectivement.



• Une autre démarche consiste à effectuer un ajustement (séparé ou global) de deux sinusoïdes (ce qui priviliege cette forme de signaux) et de leur déphasage.

L'exemple Maple calcule une période  $T = 7,800 \pm 0,003$  ms (mais en supposant que la forme est effectivement sinusoïdale) puis un déphasage  $\phi = -86,15 \pm 0,11^\circ$  ( $-1,521 \pm 0,002$  rad ).

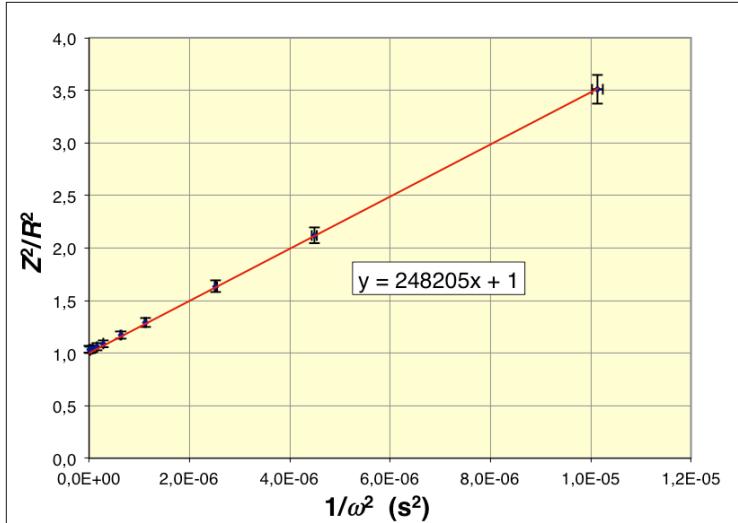
L'exemple Excel calcule une période  $T = 7,80 \pm 0,01$  ms (mais en supposant que la forme est effectivement sinusoïdale) puis un déphasage  $\phi = -87,3 \pm 1,1^\circ$  ( $-1,52 \pm 0,02$  rad ).

La précision apparente apportée par la contrainte sinusoïdale doit ici être surveillée, car il est peu probable que les signaux soient totalement exempts de parasites : le supposer peut introduire de fait une cause d'incertitudes systématiques.

◊ remarque : à part pour les déphasages faibles, pour lesquels les phasemètres ont souvent une précision relative modeste, la lecture sur l'écran de l'oscilloscope est généralement moins précise et ne sert que pour contrôler si les mesures affichées par le phasemètre sont plausibles.

### 2.3. Circuit RC

• Le montage est réalisé avec un résistor de résistance  $R = 9960 \pm 52 \Omega$  et un condensateur de capacité  $C \approx 205,0 \pm 2,3$  nF .



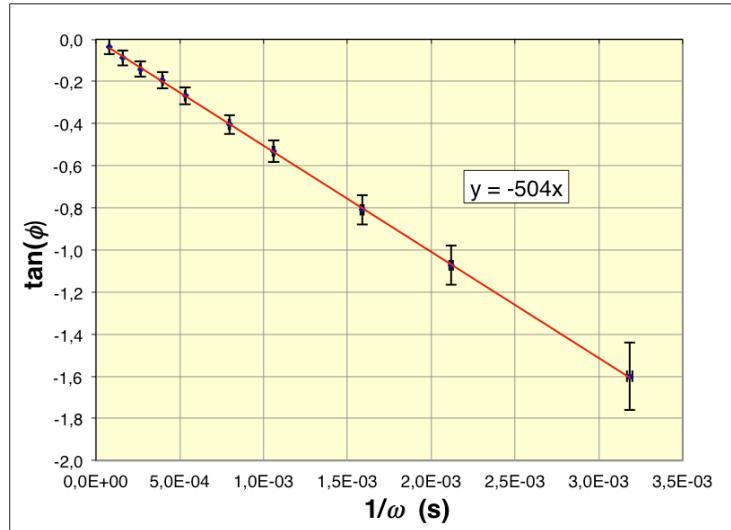
- Les mesures obtenues donnent une représentation affine conforme à la relation  $\left(\frac{Z}{R}\right)^2 = 1 + \frac{1}{R^2 C^2 \omega^2}$ .

La pente correspond à  $\frac{1}{R^2 C^2} = (248 \pm 5) \cdot 10^3 \text{ s}^{-2}$  tout à fait compatible avec les valeurs préalablement mesurées :  $\frac{1}{R^2 C^2} = (240 \pm 8) \cdot 10^3 \text{ s}^{-2}$ .

Inversement, si on suppose connue la résistance (c'est le cas pour celle contenue dans le circuit de mesure d'un capacimètre), on peut en déduire la valeur de la capacité :  $C = 202 \pm 3 \text{ nF}$ .

◊ remarque : pour estimer rapidement les incertitudes de mesure, voir le chapitre annexe décrivant les méthodes correspondantes (mais on peut aussi utiliser un logiciel spécialisé).

- On obtient également une représentation linéaire conforme à la relation  $\tan(\phi) = -\frac{1}{R C \omega}$ .



La pente correspond à  $\frac{1}{R C} = 504 \pm 15 \text{ s}^{-1}$  tout à fait compatible avec les valeurs préalablement mesurées :  $\frac{1}{R C} = 490 \pm 8 \text{ s}^{-1}$ .

Inversement, si on suppose connue la résistance, on en déduit la valeur de la capacité :  $C = 199 \pm 6 \text{ nF}$ . Ce résultat est toutefois moins précis que celui obtenu par la première méthode.

- La valeur indiquée sur le condensateur (200 nF) n'est qu'approximative ( $\pm 10\%$ ) ; il faut généralement effectuer une mesure précise. Le circuit étudié ici donne des mesures de précision comparable à celle obtenue avec les circuits intégrés au capacimètre.

## 2.4. Circuit RL

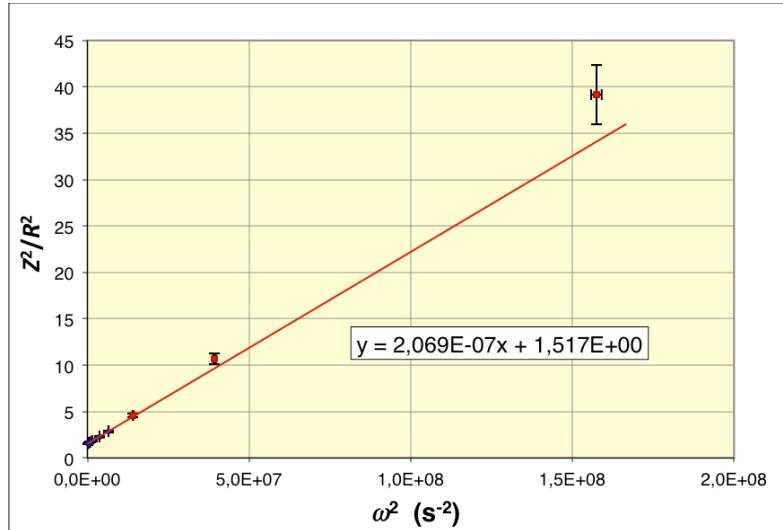
- Le montage est réalisé avec un résistor de résistance  $R = 100,0 \pm 0,7 \Omega$  et une bobine d'inductance  $L \approx 44,4 \pm 0,6 \text{ mH}$  et de résistance  $r = 22,5 \pm 0,3 \Omega$ .

◊ remarque : il faut éviter les mesures à trop grande fréquence car  $L$  et  $r$  dépendent alors de  $\omega$ .

- Les mesures obtenues donnent une représentation affine conforme à la relation  $\left(\frac{Z}{R}\right)^2 = \left(\frac{R+r}{R}\right)^2 + \frac{L^2 \omega^2}{R^2}$ .

L'ordonnée à l'origine correspond à  $\left(\frac{R+r}{R}\right)^2 = 1,52 \pm 0,13$  tout à fait compatible avec les valeurs préalablement mesurées :  $\left(\frac{R+r}{R}\right)^2 = 1,50 \pm 0,02$ .

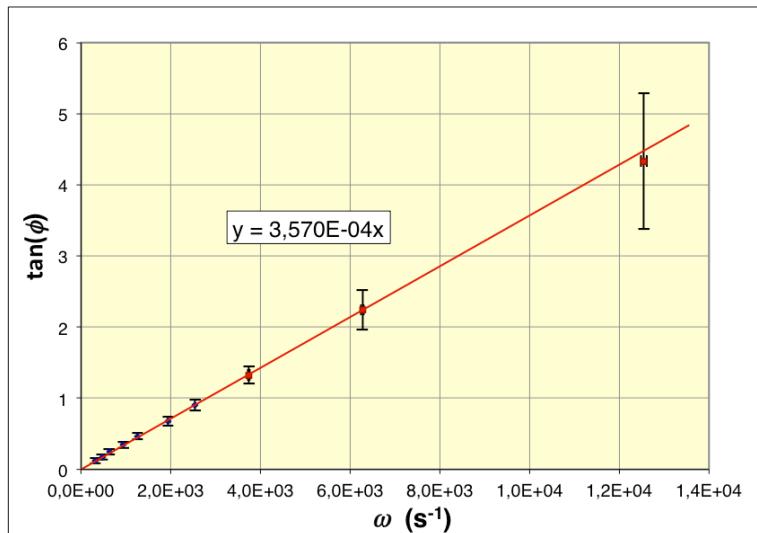
Inversement, si on suppose connue la résistance  $R$  (c'est le cas pour celle contenue dans le circuit de mesure d'un inductancemètre), on peut en déduire la valeur de la résistance pour la bobine :  $r = 23 \pm 5 \Omega$ . Ce résultat peu précis n'est souvent pas utilisé par l'inductancemètre.



La pente correspond à  $\frac{L^2}{R^2} = (2,07 \pm 0,03) \cdot 10^{-7} s^2$  tout à fait compatible avec les valeurs préalablement mesurées :  $\frac{L^2}{R^2} = (1,97 \pm 0,08) \cdot 10^{-7} s^2$ .

Inversement, supposant connue la résistance, on en déduit la valeur de l'inductance :  $L = 45,5 \pm 1,0 \text{ mH}$ .

- On obtient également une représentation linéaire conforme à la relation  $\tan(\phi) = \frac{L \omega}{R+r}$ .



La pente correspond à  $\frac{L}{R+r} = (3,57 \pm 0,08) \cdot 10^{-4} s$  tout à fait compatible avec les valeurs préalablement mesurées :  $\frac{L}{R+r} = (3,62 \pm 0,08) \cdot 10^{-4} s$ .

Par contre, cette relation dépend à la fois de  $L$  et  $r$ , donc elle ne peut pas servir à elle seule pour déterminer ces deux quantités.

- Les valeurs indiquées sur la bobine (45 mH ; 20  $\Omega$ ) ne sont qu'approximatives ( $\pm 10\%$ ) ; il faut généralement effectuer des mesures précises. Le circuit étudié ici donne pour  $L$  des mesures de précision comparable à celle obtenue avec les circuits intégrés à l'inductancemètre ; par contre pour  $r$  les mesures sont généralement plus précises avec un ohm-mètre.