



## TP 6 | Électrocinétique

### Circuit d'ordre 1



Noms (binôme ou trinôme)




#### Paillasse élèves

Sur la paillasse

- ☐ un générateur basse fréquence (GBF);
- ☐ un oscilloscope numérique deux voies et deux câbles BNC-bananes;
- ☐ une résistance  $R \approx 1 \text{ k}\Omega$  et un condensateur  $C \approx 100 \text{ nF}$ ;
- ☐ une plaquette de connexion et des fils;
- ☐ un multimètre (fonction ohmmètre) et sa notice;
- ☐ une centrale d'acquisition Sysam et un ordinateur équipé de LatisPro et de Jupyter.

#### Paillasse professeur

Au bureau

- un RLC-mètre et sa notice (à partager);
- le notebook TP6\_RC.ipynb (sur l'ENT);
- le tableau de répartition charge / décharge (projeté).

#### Objectifs de la séance

- 💡 mesurer une résistance et une capacité, et évaluer leurs incertitudes-types à partir de la notice de l'appareil;
- 💡 mesurer un temps caractéristique à l'oscilloscope par la méthode des 63 % (réinvestissement);
- 💡 choisir et justifier la durée et le nombre de points d'une acquisition numérique;
- 💡 valider un modèle exponentiel par linéarisation, puis estimer  $\tau$  par régression linéaire;
- 💡 comparer des valeurs de  $\tau$  obtenues par trois méthodes à l'aide de l'écart normalisé, et proposer une explication à un éventuel écart.

## I Mesure des composants et valeur attendue de $\tau$

Toute la suite du TP consiste à comparer des mesures de  $\tau$  à une valeur attendue. Encore faut-il connaître cette valeur attendue *et son incertitude*.



### Document

**Incertitude-type d'un appareil de mesure.** La notice indique une précision sous la forme  $\varepsilon = p\%$  de la lecture +  $n$  digits (un digit correspond à une unité du dernier chiffre affiché). La valeur vraie se trouve alors dans l'intervalle  $[x - \varepsilon; x + \varepsilon]$ , et l'incertitude-type vaut :

$$u(x) = \frac{\varepsilon}{\sqrt{3}} \simeq \varepsilon$$

Pour un produit  $\tau = RC$ , les incertitudes relatives se composent ainsi :

$$\frac{u(\tau)}{\tau} = \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(C)}{C}\right)^2}.$$

### Manipulation

- 1 Mesurer  $R$  à l'ohmètre et  $C$  au RLC-mètre, **composants hors circuit**. À l'aide des notices, compléter le tableau.

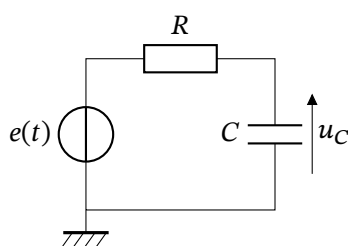
| Grandeur | Valeur mesurée | Précision $\Delta$ (notice) | Incertitude-type $u = \Delta/\sqrt{3}$ |
|----------|----------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| $R$      |                |                             |                                        |
| $C$      |                |                             |                                        |

### Questions

- 2 En déduire la valeur attendue  $\tau_{th} = RC$  et son incertitude-type  $u(\tau_{th})$ .

## II Visualisation et mesure de $\tau$ à l'oscilloscope

Nous étudions le circuit ci-dessous :





Le GBF délivre un signal crête à crête qui bascule entre 0 V et 5 V. Chaque front montant de  $e(t)$  provoque une **charge** du condensateur. Chaque front descendant provoque une **décharge**.

### Questions

- 3 Pour la charge, on rappelle que  $u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ . Calculer  $u_C(\tau)/E$ .

- 4 On souhaite observer une charge complète puis une décharge complète. En déduire une condition sur la période  $T_{GBF}$  du crête à crête, puis sur sa fréquence  $f_{GBF}$ . Proposer une valeur de  $f_{GBF}$ .

### Manipulation

- 5 Régler le GBF pour obtenir un crête à crête 0 à 5 V à la fréquence choisie (amplitude 2,5 V, *offset* 2,5 V). Le vérifier à l'oscilloscope sur la voie 1, en **couplage DC**.
- 6 Réaliser le montage. Visualiser  $e(t)$  sur la voie 1 et  $u_C(t)$  sur la voie 2, puis déclencher sur la voie 1. Faire apparaître une charge et une décharge complètes.
- 7 **Réinvestissement.** Mesurer  $\tau$  sur la charge par la méthode des 63 %, à l'aide des curseurs (Q3.). Rappel de la démarche :

- curseurs horizontaux : relever  $u_0$  (avant le front) et  $u_\infty$  (fin de charge);
- calculer  $u_0 + 0,63(u_\infty - u_0)$ , puis y placer un curseur horizontal;
- curseurs verticaux : mesurer la durée entre le front de  $e(t)$  et le passage de  $u_C$  par cette valeur.

Appeler le professeur pour validation.

### Questions

- 8 Noter la valeur  $\tau_{osc}$  obtenue. Estimer son incertitude-type : relever la plus petite et la plus grande valeur qui vous paraissent acceptables à la lecture ( $\tau_{min}$  et  $\tau_{max}$ ), puis prendre  $u(\tau_{osc}) = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} a$ .

a. en toute rigueur il faudrait diviser par  $\sqrt{3}$



### III Acquisition numérique

Pour traiter le signal, nous l'enregistrons avec la centrale Sysam et le logiciel LatisPro. On acquiert à la fois  $e(t)$  et  $u_C(t)$ .

**Répartition.** Le tableau projeté indique si votre binôme étudie la **charge** ou la **décharge**. Les deux études se font avec le même montage : seul le sens du déclenchement change. Une mise en commun aura lieu en fin de séance.

#### Document

##### Fiche LatisPro — l'essentiel.

- **Voies.** Cliquer sur l'icône d'une voie (EA1, EA2...) pour l'activer. Toutes les voies partagent la masse de la centrale.
- **Paramètres temporels.** Trois grandeurs sont liées :

$$T_{\text{total}} = N \times T_e,$$

où  $N$  est le nombre de points et  $T_e$  la période d'échantillonnage (durée entre deux points). LatisPro recalcule automatiquement la troisième quand on modifie les deux autres. La centrale impose une valeur minimale de  $T_e$  (voir notice).

- **Déclenchement.** L'acquisition démarre quand la voie *source* franchit un *seuil* dans un *sens* donné (montant ou descendant).
- **Pré-déclenchement.** Pourcentage des  $N$  points enregistrés *avant* l'instant du déclenchement.
- **Lancer l'acquisition :** touche **F10**.
- **Exporter :** *Fichier* → *Exporter*. Sélectionner le temps, EA1 et EA2, choisir le format texte (.txt), puis enregistrer sous *charge.txt* ou *decharge.txt*.

#### Questions

- 9 Le pré-déclenchement est réglé à 10 %. Expliquer pourquoi il est utile de garder quelques points *avant* le front.

- 10 **Durée d'acquisition.** Choisir  $T_{\text{total}}$  et justifier en une phrase. L'enregistrement doit contenir une charge (ou décharge) complète, mais pas le front suivant.



- 11 **Nombre de points.** On souhaite au moins 50 points par durée  $\tau$ . En déduire  $T_e$ , puis le nombre de points  $N$ .

### Manipulation

- 12 Brancher  $e(t)$  sur la voie **EA1** et  $u_C(t)$  sur la voie **EA2**, en reliant la masse de la centrale à celle du GBF. L'oscilloscope peut rester branché.
- 13 Régler dans LatisPro :
- les voies EA1 et EA2 ;
  - la durée  $T_{\text{total}}$  et le nombre de points  $N$  choisis ci-dessus ;
  - le déclenchement sur **EA1**, seuil 2,5 V, sens **montant** pour la charge ou **descendant** pour la décharge ;
  - un pré-déclenchement de 10 %.
- 14 Lancer l'acquisition (F10). Vérifier qu'on obtient une charge (ou décharge) complète, précédée de quelques points avant le front. Sinon, ajuster les paramètres.

Faire valider par le professeur.

- 15 Exporter les données (voir la fiche LatisPro).

## IV Traitement numérique et validation du modèle

### Manipulation

- 16 Ouvrir Jupyter. Téléverser votre fichier de données et le notebook TP6\_RC.ipynb.
- 17 Suivre le notebook. Les cellules marquées [À COMPLÉTER] sont à écrire. Les cellules marquées [FOURNIE] sont à lire et à exécuter. Les réponses aux questions ci-dessous se rédigent **sur ce sujet**.

### IV.A Le modèle exponentiel est-il valide ?

Pour la charge comme pour la décharge, le modèle s'écrit :

$$u_C(t) = u_{\infty} + (u_0 - u_{\infty})e^{-t/\tau} \quad \Longleftrightarrow \quad \ln\left(\frac{u_{\infty} - u_C}{u_{\infty} - u_0}\right) = -\frac{t}{\tau}.$$

Si le modèle est valide, la grandeur de gauche est une **fonction linéaire du temps**.

### Questions

- 18 *Notebook, étape 1 : linéarisation sur tous les points.* Décrire la courbe obtenue avant  $t = 0$ , aux temps courts, puis aux temps longs.



19 Aux temps longs,  $u_C \simeq u_\infty$ . Expliquer pourquoi le bruit de mesure rend alors le logarithme inexploitable, voire incalculable.

20 *Notebook, étape 2 : on ne garde que  $t \in [0; 3\tau]$ .* Les points sont-ils alignés ? Commenter l'ordonnée à l'origine. Noter la valeur  $\tau_{\text{fit}}$  et son incertitude-type  $u(\tau_{\text{fit}})$ .

IV.B Comparaison des trois valeurs de  $\tau$

Document

Deux valeurs  $x_1$  et  $x_2$  sont jugées compatibles si l'écart normalisé vérifie

$$z = \frac{|x_1 - x_2|}{\sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2}} \leq 2.$$

Questions

21 Compléter le tableau à l'aide du notebook, puis conclure.

| Comparaison                                | $z$ | Compatibles? |
|--------------------------------------------|-----|--------------|
| $\tau_{\text{osc}}$ et $\tau_{\text{th}}$  |     |              |
| $\tau_{\text{fit}}$ et $\tau_{\text{th}}$  |     |              |
| $\tau_{\text{fit}}$ et $\tau_{\text{osc}}$ |     |              |





- 22 Si un écart significatif apparaît, proposer une explication. *Indication : un GBF n'est pas une source de tension idéale. Relever sur sa face avant la valeur de sa résistance de sortie  $R_g$ , et recalculer  $\tau$  en en tenant compte.*

- 23 **Mise en commun.** Comparer votre  $\tau_{\text{fit}}$  à celui d'un binôme ayant étudié l'autre phénomène (charge ou décharge). Que peut-on conclure ?

### Pour aller plus loin

La dernière partie du notebook propose de résoudre numériquement l'équation différentielle par la méthode d'Euler, puis de comparer la solution obtenue à la mesure.