

# TP 12

## Charge et décharge d'un condensateur

Lycée Vauvenargues - Physique-Chimie - PTSI 2 - 2020-2021

### Objectifs du TP

**Analyser** le modèle de la charge du condensateur puis **réaliser** une expérience permettant de **valider** ses conséquences théoriques.

### Le compte rendu de ce TP sera évalué.

Un compte rendu complet de ce TP sera ramassé lors de la prochaine séance du 15/01/21. Il contiendra tous les éléments théoriques, les protocoles détaillés, les schémas, les calculs d'incertitudes-types, les résultats des mesures et les éventuelles courbes ou photographies. **LE COMPTE RENDU DOIT CONTENIR L'ENSEMBLE DES CODES PYTHON.** Il contiendra aussi les critiques expérimentales et les conclusions du TP.

Ce compte rendu doit être rédigé avec votre binôme de TP. Il peut être réalisé avec un logiciel de traitement de texte et envoyé par mail avant le 15/01/21.

**Si vous devez utiliser les valeurs numériques d'un autre groupe, il faudra le préciser sur le compte rendu et en justifier les raisons.**

### Matériel

Une résistance variable, un oscilloscope, un ordinateur avec carte d'acquisition, un condensateur 1  $\mu\text{F}$ , un générateur basse fréquence (GBF), deux multimètres.

## 1 Protocole de mesure

À l'aide du matériel fourni, proposez un protocole pour vérifier que la constante de temps  $\tau$  de décharge d'un condensateur dans une résistance variable  $R$  est décrit par la loi  $\tau = RC$ .

En particulier, il est nécessaire :

- ▷ de réaliser un schéma électrique correct intégrant les positions des points de mesures et de la masse électrique ;
- ▷ d'observer sur l'oscilloscope la tension aux bornes du condensateur et celle du générateur lors de phases de charge et de phases de décharge ;

- ▷ pour des résistances variables variant de 100 à 500  $\text{k}\Omega$ , de mesurer la constante de temps du phénomène ainsi qu'une estimation de son incertitude-type, avec une acquisition sur ordinateur et un ajustement exponentiel des données.

*Pour réaliser l'ajustement exponentiel, on pourra utiliser le logiciel « Atelier scientifique » puis, après l'acquisition du signal, il faut utiliser le menu « affichage » puis « modélisation graphique » et sélectionner le modèle « exponentielle décroissante ». Ce mode permet, sur les phases de décharges, de positionner trois points sur la courbes expérimentales par lesquels la modélisation doit passer.*

## 2 Exploitation des données

- ▷ En calculant l'écart normalisé, conclure si  $\tau/R$  est compatible avec la valeur de  $C$  donnée par le constructeur.

- ▷ Si ce n'est pas le cas, proposer une explication cohérente et justifier que le modèle  $\tau = RC + R_i C$  peut être utilisé.

- ▷ À l'aide d'une régression linéaire décrite dans le paragraphe suivant, utilisez vos données pour estimer  $C$  et  $R_i$ .

## 3 La régression linéaire

La régression linéaire est une méthode de traitement des données à utiliser dans le cas où le modèle que l'on souhaite tester pour décrire les données est affine.

**Définition.** Prenons des listes de mesures  $x$  et  $y$  avec leurs incertitudes-types. La **régression linéaire** est une opération mathématique qui consiste à trouver les meilleurs coefficients  $a$  et  $b$  tels que  $y = ax + b$ . Cette opération permet d'estimer les nombres  $a$  et  $b$  ainsi que leurs incertitudes-types.

*En toute rigueur, il faudrait parler de régression affine et non pas linéaire.*

En quelque sorte, si des points de mesures sont approximativement alignés, la régression linéaire permet de trouver la « meilleure droite » passant par tous ces points. Mathématiquement, on peut optimiser par calcul ce procédé. Celui-ci peut

être discuter à l'aide de coefficients numériques que nous ne détaillerons pas cette année.

En physique-chimie, la régression linéaire a deux intérêts :

- si la droite de tendance passe par les points et leurs barres d'erreurs, la régression est une **validation** du modèle physique pour décrire les données ;
- dans ce cas, la régression linéaire permet une **mesure** du coefficient de proportionnalité ainsi que de l'ordonnée à l'origine.

**Propriété.** Pour s'assurer qu'une régression linéaire est correcte, on tracera **systématiquement** sur un graphique les données mesurées ainsi que la droite de la régression linéaire. Le modèle sera validé si, à l'œil, les points de mesure sont bien alignés et que la droite passe par le plus de points possibles, en incluant leurs incertitudes.

**Le coefficient  $r^2$  n'a AUCUN INTÉRÊT pour valider un modèle physique.**

La remarque sur le  $r^2$  va peut être vous surprendre car vous avez peut-être beaucoup entendu parlé de ce coefficient lors des années précédentes. Pour vous convaincre que ce coefficient ne permet en rien de juger une régression linéaire, je vous invite à [regarder la vidéo suivante](#)<sup>1</sup> (le coefficient « cor » correspond au  $r$ ).

Si l'on constate par exemple que les points ressemblent plus à une parabole qu'à une droite, la régression linéaire ne sera pas l'outil approprié.

*Si le modèle implique  $b = 0$ , la régression linéaire est inutile car il suffit de calculer  $a = y/x$  puis de réaliser un traitement statistique pour estimer l'incertitude-type. Il n'est alors pas nécessaire d'estimer les incertitudes types sur  $y$  et  $x$ .*

### 3.1 Mise en place sous Python avec la méthode de type Monte-Carlo

Il existe de nombreuses outils pour coder une régression linéaire sous Python. Cette année, nous allons utiliser la fonction `polyfit` de la bibliothèque `numpy`.

Pour cela, il suffit d'entrer dans python la ligne de code `np.polyfit(x,y,1)` où `x` et `y` sont deux listes de valeurs numériques. La réponse de cette fonction sera une liste de deux valeurs : la pente de la régression ainsi que son ordonnée à l'origine.

Cette opération permet, à partir des données, de trouver la meilleure pente et la meilleure ordonnée à l'origine correspondant aux données. Pour trouver l'incertitude-type, il faut passer par une méthode Monte-Carlo.

*La fonction `polyfit` permet de faire des ajustements polynomiaux, le coefficient 1 dans le code impose un polynôme d'ordre 1.*

### 3.2 La méthode Monte-Carlo

Pour en tenir compte des incertitudes sur chacun des points expérimentaux, on réalise un très grand nombre de régression linéaire. Pour chacune d'entre elle, on prend pour chaque point de mesure une valeur aléatoire comprise dans son incertitude. Ainsi, on va tester tous les points inclus dans les barres d'erreurs des mesures.

La valeur finale de la pente et de l'ordonnée à l'origine sera la moyenne de toutes ses valeurs, et leurs incertitudes-types seront les écarts-types de l'ensemble de ces valeurs.

### 3.3 Code proposé

Une première version du script proposé est fournie [ici](#)<sup>2</sup>

**Entrée des mesures et incertitudes :** Les mesures et incertitudes sont entrées sous la forme de liste de nombres. Pour respecter le format de flottant, pour entrer les données que l'on veut mettre en abscisse, on utilise pour les données la commande

```
1 x=np.array([2.5,5,7.5,10])
2 y=np.array([7.7,12.4,17.7,21.1])
```

où les nombres sont séparés par des virgule et les décimales sont marquées par des points.

Ensuite, de la même manière, il faut donner les intervalles de précision sur chaque point de mesure en utilisant le code

```
1 delta_x =np.array([0,0,0,0])
2 delta_y= np.array([1,1,2,2])
```

Attention, ces quatre listes doivent avoir le même nombre d'éléments !

**Compilation du script et conclusion :** Sauf cas particuliers qui seront signalés, une fois que les données sont entrées, il suffit de compiler le script. La première chose à faire est de regarder la courbe sortie et s'assurer que le modèle linéaire est cohérent avec les données tracées et leurs incertitudes.

Ensuite, quatre données numériques sont fournies : la valeur de la pente et l'ordonnée à l'origine du modèle ainsi que l'incertitude sur ces valeurs. Cette incertitude prend en compte toutes les données expérimentales.

1. [https://youtu.be/It4UA75z\\_KQ](https://youtu.be/It4UA75z_KQ)

2. Dans l'onglet Enseignements/Généralités du site [www.mchampion.fr](http://www.mchampion.fr).