

# MP19 – EFFETS CAPACITIFS

Jeudi 3 Décembre

Abel Feuvrier & Nicolas Barros

*Hervé Gayvalet*  
AMÉLIE CHARDAC

## Niveau : CPGE

## Commentaires du jury :

## Bibliographie

✦ *Expériences d'électronique à l'agreg*, **Duffait**

✦ *Polys de TP*, **Ferrand et al**

✦ *Physique expérimentale*, **Jolidon**

✦ *Electronique*, **Manneville**

→ Multivibrateur, montages à A.O.

→ Le multivibrateur est dans le poly d'elec, Aepinus et le détecteur de hauteur d'eau dans celui d'electromag

→ Pour les incertitudes

→ Pour d'éventuelles manip sur les capacité de diodes

## Prérequis

- Big Blue Button qui marche
- Ne pas oublier la résistance dans un circuit RC
- Du scotch
- Une plante telle que Sous-Source

## Expériences

- ☞ Condensateur d'Aepinus
- ☞ Filtre RC
- ☞ Multivibrateur astable
- ☞ Capacité linéique d'un cable coaxial
- ☞ Effets parasites dans une bobine à très haute fréquence
- ☞ Mesure d'un niveau d'eau (pas le temps en fait + problèmes de matériel)

## Table des matières

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>Modèle du Condensateur</b>                     | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b>Mesures de capacité, désirées ou parasites</b> | <b>2</b> |
| 2.1      | Filtre RC . . . . .                               | 2        |
| 2.2      | Multivibrateur astable . . . . .                  | 3        |
| 2.3      | Capacité d'un cable coaxial . . . . .             | 3        |
| 2.4      | Capacité parasite d'une bobine . . . . .          | 4        |
| <b>3</b> | <b>Utilisation</b>                                | <b>5</b> |
| 3.1      | Détection d'un niveau d'eau . . . . .             | 5        |

## Introduction

Lorsqu'on applique une différence de potentiel à deux conducteurs isolés, on assiste à une accumulation de charges par effet électrostatique. C'est l'effet capacitif. Il peut être recherché et dans ce cas on fabrique des composants spécialisés qui lui font appel, les condensateurs, ou bien n'être qu'un parasite. Il tend à retarder les signaux. Nous proposons dans ce montage différentes expériences illustrant cet effet.

## 1 Modèle du Condensateur

Un condensateur est généralement constitué de deux surfaces conductrices en regard, séparées par un milieu diélectrique. Si ces deux surfaces sont soumises à une différence de potentiel, on va avoir une accumulation de charges. On peut considérer deux plaques chargées conductrices infinies mis en regard. La capacité définie comme  $Q = CU$  est alors bien connue :

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e} \quad (1)$$

On cherche à vérifier cette loi en faisant varier la distance  $e$  entre deux plaques de surface  $S$ , en mesurant la capacité du condensateur à l'aide d'un RLC-mètre.

### Condensateur d'Aepinus

🔗 Quaranta IV, poly d'Electromagnétisme - TP 4      ⌚ 5min

Un Condensateur d'Aepinus P68.12 , un RLC-mètre P69.33 -avec la doc pour les incertitudes-, du scotch, des fils. On peut préparer des points en avance puis en rajouter.

- On scotche les fils loins du montage pour éviter les capa parasites. On branche le RLC-mètre réglé sur 1 kHz
- On mesure  $C$  pour différents  $e$ , et on trace  $C = f(1/e)$  . Prévoir de rentrer l'incertitude du RLC-mètre, celle sur la mesure majorée en préparation, ainsi que quelques points éventuellements.
- C'est droit, mais passe surement pas par 0 (capacités faibles, les capas parasites ne sont pas négligeables). On peut cependant en tirer  $\epsilon_r$ .

#### Remarque

Cette manip étant très simple en apparence, mieux vaut la faire ultra proprement. En particulier, savoir comment marche un RLC-mètre !

↓ *Mais dis moi Jamy, à quoi ça sert un condensateur ? Ca fait quoi dans un circuit ? Comment je fais si j'ai pas mon fidèle Voltcraft LCR4080 P69.33 sous la main pour mesurer une capa ?*

## 2 Mesures de capacité, désirées ou parasites

### 2.1 Filtre RC

Une des utilisations les plus habituelles et familières des capacités : le filtrage. On va ici faire d'une pierre deux coups : tracer un diagramme de Bode en gain (optionnel), en déduire les propriétés d'un filtre RC, et mesurer la capacité via la fréquence de coupure. On pourra réutiliser ce circuit et la capacité utilisée par la suite.

### Mesure d'une capacité - Filtre RC

🔗      ⌚ 7min

Une résistance, une capacité, des fils, un gbf et un oscillo qui sait calculer un gain en dB (les keysight usuels par exemple). Aussi un ordi avec la galette Latis si diagramme de Bode



### Capacité du cable coaxial

🔗 la débrouille, l'aide providentielle d'Antoine Essig ☹ 5min

On prend les mêmes et on recommence, featuring 100m de cable coax

- Brancher une extrémité du cable coax en lieu et place de la capacité précédente, en laissant l'autre extrémité ouverte (impédance infinie).
- Mesurer la période de 10 charges decharges
- On a C, on estime l'erreur sur L à la longueur du cable utilisé, et on obtient une valeur de capacité linéique! On attend de l'ordre de 50 pF.m<sup>-1</sup>

↓ On a étudié les capacité des condensateurs, les capacités des cables coaxiaux... Jusqu'ici rien de bien surprenant. Mais savez vous que les bobines que vous utilisez régulièrement en Travaux Pratiques ont un comportement capacitif à haute fréquence? C'est ce que nous allons à présent étudier.

## 2.4 Capacité parasite d'une bobine

En effet, pour tenir compte des effets résistifs (loi d'Ohm) et capacitifs des fils, un modèle plus réaliste de bobine à haute fréquence revient à considérer une inductance, une résistance et une capacité en parallèle, comme illustré sur le circuit LR de la figure 2.



FIGURE 2 – Circuit LR

Cela revient, pour la bobine réelle, à une impédance de la forme

$$Z = \frac{jL\omega}{1 + \frac{j\omega}{Q\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \tag{2}$$

Ce qui mène à :

$$|Z| = \frac{2\pi Lf}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + \left(\frac{f}{Qf_0}\right)^2}} \tag{3}$$

où  $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$ ,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

### Mesure de la capacité d'une bobine

🔗 la débrouille, les polys de Montrouge ☹ 5min

500g de bobine p60.20 par exemple, une plaquette, une petite résistance (100 Ω), regressi.

- Réaliser le circuit de la figure 2.
- Sous Python ou regressi, déduire des mesures de la tension imposées par le GBF et de la tension aux bornes de la résistance la tension dans la bobine. On déduit également l'intensité

- tracer  $|Z| = \frac{U_p}{I}$  en fonction de la fréquence. On a initialement une droite, puis ça part en vrille avec une résonance vers la centaine de kHz, pour finir avec une décroissance en  $1/f$ .
- Trouver  $f_0$  avec son incertitude, après avoir mesuré L au RLC mètre.
- estimer la valeur de C. On attend de l'ordre de la centaine de pF.

### 3 Utilisation

Tu es arrivé jusque là ? Félicitation tu pourras dire à quoi sert tout ça ! Partie optionnelle qui peut être utile si on est allé trop vite ou si on a dû virer une manip en cours de route.

#### 3.1 Détection d'un niveau d'eau

Un éprouvette de plexiglas est entourée par deux couches de papier aluminium. Ces deux couches forment les armatures d'un condensateur, espacées par l'air ou l'eau. La capacité du condensateur dépend donc du remplissage de l'éprouvette.



##### Version qualitative

☞ les polys de TP

⊖ 1min

- On reprend le circuit RC, on remplace la capacité par le tube vide.
- On se place dans un domaine où ça coupe, et on observe la tension imposée et la tension aux bornes de la capacité.
- On remplit progressivement avec de l'eau. L'amplitude augmente : on a fait bouger la fonction de transfert du filtre !
- On peut ainsi montrer que l'effet capacitif peut nous donner des informations sur le système et servir de base à la création d'un capteur en fonction de la hauteur d'eau. Cela pourra être détaillé dans un TP sur les capteurs.



##### Version complète

☞ les polys de TP

⊖ 6-7min

Voir le T.P. capteur

### Conclusion

#### Questions :

- C'est quoi une capacité ? Bien définir au début ce que c'est.
- C'est quoi les effets de bord sur le condensateur variable ? Faire un schéma des lignes de champ.
- Comment fonctionne un RLC mètre ? Il envoie une intensité et il récupère une tension à une fréquence bien définie, il regarde ensuite le déphasage entre entrée et sortie.
- Comment on choisit la fréquence de travail du RLC mètre ?
- Comment on pourrait être plus précis pour déterminer la valeur de  $\epsilon_r$  en faisant des mesures interférométriques ?
- Comme on ne peut pas déterminer précisément la valeur de  $\epsilon_r$  avec le condensateur d'Aepinus, pourquoi ne pas calculer  $\epsilon_0$  ? On aurait pu mettre une plaque de plexiglas si on voulait vraiment mesurer  $\epsilon_0$ .

- Le facteur de qualité joue un rôle dans la mesure de  $C$  au circuit RC. Comment choisir  $Q$  ?
- A quoi correspond l'inductance dans le câble coaxial ? On a une boucle de courant dans le câble coaxial entre l'âme et la gaine.
- On met quelle impédance en sortie du câble coaxial ? Il faut une impédance infinie, pour avoir une différence de potentiel et pas de courant.
- La valeur de la capacité linéique vous paraît-elle correcte ? De quoi dépend cette capacité dans le câble ? Elle dépend de l'isolant dans le câble.
- On pourrait faire parallèlement la modèle du condensateur cylindrique.
- Pourquoi avoir choisi de mettre tous les composants R, L et C en parallèle ? Ce modèle ne fonctionne pas en continu, la résistance se met généralement en série. La capacité se met bien en parallèle de la résistance. Mais cela reste difficile comme modélisation, c'était dans les montages il y a 10 ans. Éviter de mettre une résistance en parallèle pour faire un modèle.
- De quoi dépend la capacité dans l'éprouvette, hormis l'eau à l'intérieur ?
- Chariot surprise : Contribution de la masse d'un ressort dans sa fréquence d'oscillation ? Comment il faudrait corriger la période d'oscillation si il fallait corriger.