
EFFET CAPACITIF

Niveau

Commentaires du jury

—

Bibliographie

—

pré-requis

Expériences

—

Table des matières

1	Modèle d'un condensateur	1
1.1	Condensateur d'Aepinus	1
1.2	Influence d'un diélectrique	2
2	Mesure de capacité avec un circuit RC	2
2.1	Diagramme de Bode	2
2.2	Application : mesure de la capacité d'une jonction PN	3
3	Multivibrateur astable	3
3.1	Mesure de capacité	3
3.2	Mesure de la capacité d'un câble coaxial	4

Introduction

1 Modèle d'un condensateur

1.1 Condensateur d'Aepinus

Mesure de la capacité en fonction de l'écartement d'un condensateur. On attend

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e}$$

La dépendance marche vraiment bien.

Remarques :

- Il est facile de faire des points "alignés" pour des grandes espacements des plaques (car l'incertitude sur la position est faible en $1/e$), cependant il faut garder à l'esprit que dans des conditions écartées il y a des effets de bords... donc il vaut peut être mieux ne pas prendre trop de points dans ces conditions pour que cela ne pèse pas trop dans la régression linéaire. Il est possible de justifier ici les effets de bords en dessinant des lignes de champs
- De faibles écartements impliquent une grande incertitude sur $1/e$. On peut alors faire beaucoup de points pour avoir une statistique convenable. On peut aussi discuter de la planéité du dispositif qui joue beaucoup pour de faibles valeurs d'écartement. Je pense que c'est également à mentionner dans les sources d'erreurs (qui sont de mon point de vue des erreurs systématiques plus que des incertitudes ici). Il peut également y avoir des défauts (on a alors un effet de pointe sur la répartition des charges)

Matériel :

- Condensateur d'Aepinus muni d'un vernier
- Palmer (pour vérifier que le vernier ne dit pas n'importe quoi)
- RLC mètre

1.2 Influence d'un diélectrique

Manip tampon On observe qu'en ajoutant un diélectrique cela modifie la capacité...

2 Mesure de capacité avec un circuit RC

2.1 Diagramme de Bode

On fait un circuit RC ($R = 2k\Omega$ et $C = 10nF$ par exemple pour $f_0 = 8kHz$). On relève la phase et le gain pour différentes fréquences. Sur régression on fait des ajustements affines de $20\log(G) = \text{func}(\log(f))$ avant et après la fréquence de coupure. On relève la fréquence et l'incertitude associée que l'on peut comparer au graphe en phase.

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{RC}$$

Incertitudes : on a une incertitude sur l'intersection donnée par régression ($a = \log(f_0)$) et une incertitude sur la mesure de R à l'ohm-mètre (négligeable). On a comme incertitude :

$$u(a) = \frac{u(f_0)}{\ln(10)f}$$

On en déduit donc que :

$$u(C) = C \sqrt{\left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(f_0)}{f_0}\right)^2} \simeq C u(a) \ln(10)$$

Matériel :

- Un RLC mètre
- Un oscilloscope
- Un GBF
- Une résistance de $R = 2k\Omega$
- capa de $C = 10nF$

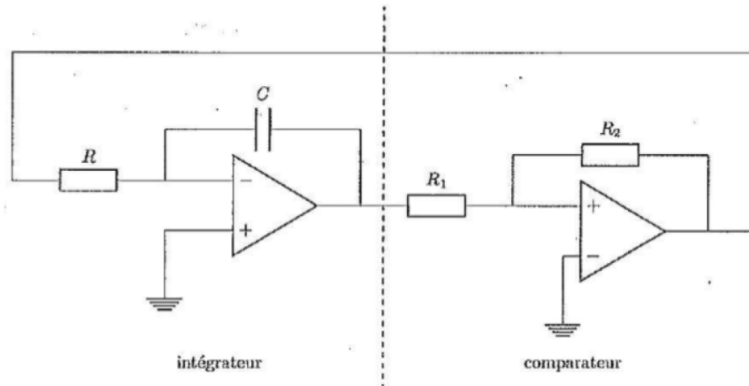


FIGURE 2.1 – Montage du multivibrateur astable

FIGURE 1 – Schéma du montage du vibreur.

2.2 Application : mesure de la capacité d'une jonction PN

On intègre une diode Zener à un circuit RC à la place du condensateur. Il faut envoyer un signal d'amplitude V_0 avec un offset de V .

A chaque étape, mesurer l'amplitude du signal de sortie à basse fréquence, et chercher la fréquence de coupure à -3dB.

L'amplitude à basse fréquence dépend de la tension de polarisation ! La diode Zener doit être en inverse pour qu'elle se comporte uniquement comme une capa à cause de la ZCE.

Pour que la sortie de la diode Zener soit linéaire, il faut une amplitude pas trop grande (200mVpp). Pour faire la mesure, un multimètre en mode AC est le bienvenu.

Avec une diode Zener, le modèle ne semble pas excellent. Faire la mesure avec autre chose ? Ou choisir un point de polarisation, et vérifier qu'on a bien une capacité en changeant R ?

3 Multivibrateur astable

3.1 Mesure de capacité

Le multi vibreur astable illustre bien le fait qu'un condensateur peut stocker de l'énergie et la libérer ensuite. On utilise un montage intégrateur et un oscilateur à relaxation. Durant une première phase de charge, l'intégrateur (inverseur !) intègre la tension saturée en sortie du comparateur. Une fois arrivé à saturation, le comparateur commute et l'intégrateur intègre une nouvelle grandeur. On peut interpréter cela en disant qu'on charge d'une part le condensateur, puis qu'on le décharge.

Cabler le montage. Il faut mesurer R_1 , R_2 , R au Voltcraft. Ça oscille tout seul. Mesurer la fréquence à l'oscillo en prenant plusieurs périodes.

Matériel :

- 2 AO
- $R = 10\text{ k}\Omega$
- $R_1 = R_2 = 2\text{ k}\Omega$
- $C = 10\text{ nF}$
- oscilloscope
- Voltcraft (RLCmètre) + notice

Il y a une belle propagation des incertitudes à faire. Pour la période du signal, on a :

$$T = 4R \frac{R_2}{R_1} C$$

La mesure de T nous donne accès à $C = \frac{R_1 T}{R_2 \times 4R}$.

Alors

$$u(C) = C \times \sqrt{\left(\frac{u(T)}{T}\right)^2 + \left(\frac{u(R_1)}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{u(R)}{R}\right)^2 + \left(\frac{u(R_2)}{R_2}\right)^2}$$

Regarder quelle incertitude est négligeable devant laquelle !

3.2 Mesure de la capacité d'un cable coaxial

On reprend le montage d'avant et on remplace la capacité par le cable coaxial, avec l'âme branchée d'un côté et la gaine de l'autre.

On remonte à Γ la capacité linéique connaissant la longueur du cable. On s'attend à environ 1×10^{-9} F/m.

Pour comparer : soit on a le temps de mesurer la célérité des ondes sonores dans le cable, et son impédance avec une résistance en sortie annulant la réflexion pour remonter à Γ et Λ dans le modèle sans perte du cable. Soit on mesure rapidement avec le RLC mètre.

Pareil pour les incertitudes.