

MP 19 EFFETS CAPACITIFS, APPLICATION.

DAVID et TIMOTHÉE

Bibliographie :

DUFFAIT ÉLECTRONIQUE

QUARANTA TOME IV Électronique.

BRUHAT Électricité. (ordres de grandeur)

Introduction.

- Les effets capacitifs sont une accumulation de charges.

Lorsqu'on éteint un appareil électronique, on observe que les

Volants mettent un certain temps à s'éteindre à cause d'une

accumulation de charges (ou effet capacitif). Dans ce

montage, nous déterminerons les facteurs de dépendance d'une capacité

puis nous montrerons comment mesurer une capacité. Enfin, nous

présenterons des applications.

I] Facteurs de dépendance de la capacité

1] En fonction de ϵ Condensateur d'Alepinas

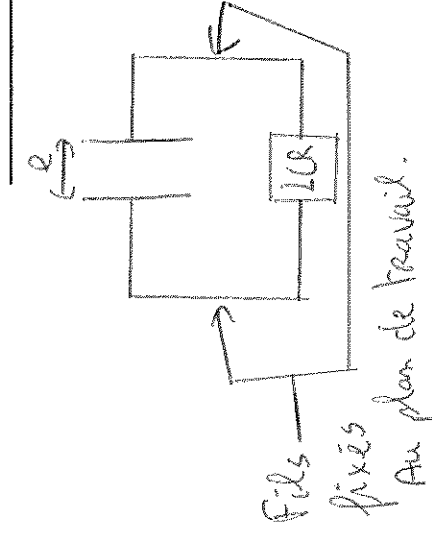
C'est un condensateur dont la distance entre les armatures est variable.

Le condensateur utilisé est constitué de deux armatures circulaires. On cherche à mesurer C en fonction de ϵ la distance entre les armatures. Si la surface S des armatures est très grande devant ϵ^2 ($S \gg \epsilon^2$), nous pouvons écrire

que $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{\epsilon}$: dans ce cas, les effets de bord sont négligeables.

• Pour différentes valeurs de ϵ , nous mesurons les valeurs de la capacité à l'aide d'un LCR mètre en mode capacitif.

• Les fils sont fixés au plan de travail et éloignés le plus possible pour éviter au maximum les effets capacitifs parasites dus aux fils. Le fait de les fixer permet d'éviter les fluctuations de l'ordre de 10^{-10} F dans les mesures sachant que les capacités mesurées sont de l'ordre de la dizaine de pF. D'autre part, l'erreur éventuelle introduite par les fils sera une erreur systématique et donc éventuellement retranchable (si les fils sont fixés).



③

On a tracé C en fonction de $\left(\frac{1}{e}\right)$. On remarque que pour des valeurs de e allant de quelques mm jusqu'àux environs de 4,5 cm, $C = a \times \left(\frac{1}{e}\right) + b$

À partir de $e \approx 4,5$ cm, on observe un décrochage. Pour $e > 4,5$ cm, les effets de bords deviennent non négligeables.

On a travaillé à $f = 1000$ Hz pour la LC-mètre = cette fréquence est celle imposée par la LC-mètre dans la gamme des capacités mesurées. Pour cette gamme (1000 pF), l'erreur est de 1% + 5 digits.

Meure d'un point : $C = \pm$
 $e = \pm$

Dans la zone où $C = a \times \left(\frac{1}{e}\right) + b$, on trouve avec l'expressi

$$a = (5,13 \pm 0,05) \cdot 10^{-13} \text{ F} \cdot \text{m}$$

$$\text{et } b = (27,6 \pm 0,9) \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

b est la capacité parasite due aux fils, à l'environnement...

$C = \epsilon_0 \epsilon_r \left(\frac{1}{e}\right) S + b$. On peut déterminer $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ grâce à la droite.

$$Q = \epsilon_0 \epsilon_r S = \epsilon S$$

or $S = \pi R^2$ avec $R = (13,0 \pm 0,1) \text{ cm}$

d'où $S = (0,0531 \pm 0,0008) \text{ m}^2$

Ainsi $\epsilon = \frac{Q}{S}$ et $\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon} = \sqrt{\left(\frac{\Delta Q}{Q}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2} = 1,8\%$

d'où $\epsilon = (9,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

or $\epsilon_0 = (8,854374 \pm 0,000024) \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ et $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_{\text{air}}$

d'où $\epsilon_{\text{air}} = 1,10 \pm 0,02$

or on trouve dans les tables $\epsilon_{\text{air}} = 1,00576$

I] 2] En fonction du diélectrique -

On dispose une plaque de verre entre les armatures. On la maintient "serrée" entre les armatures. On mesure C_{verre} .

pour $\epsilon = 0,0085 \text{ m} \pm 0,0005 \text{ m}$

$C_{\text{verre}} = (410,1 \pm 4,6) \text{ pF}$ (1% + 5 digits)

On extrapole C_{air} pour $\epsilon = 0,0085 \text{ m}$ grâce à notre travail précédent (droite d'échellonnage) $C_{\text{air}} = 87,6 \cdot 10^{-12} \pm 0,4 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

On a :
$$\frac{C_{\text{vane}} - b}{C_{\text{air}} - b} = \frac{E_{\text{vane}}}{E_{\text{air}}} \Rightarrow E_{\text{vane}} = E_{\text{air}} \frac{C_{\text{vane}} - b}{C_{\text{air}} - b}$$

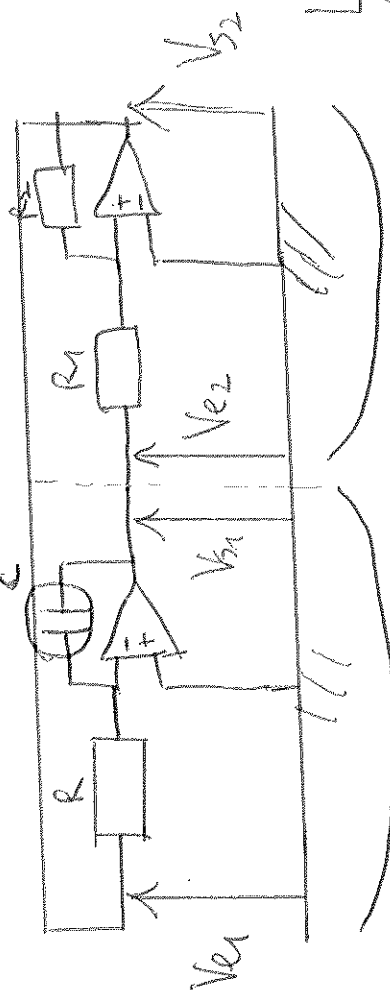
et
$$\frac{\Delta E_{\text{vane}}}{E_{\text{vane}}} = \left[\left(\frac{\Delta E_{\text{air}}}{E_{\text{air}}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta (C_{\text{vane}} - b)}{C_{\text{vane}} - b} \right)^2 + \left(\frac{\Delta (C_{\text{air}} - b)}{C_{\text{air}} - b} \right)^2 \right]^{1/2} = 2,6\%$$

Ensuite $E_{\text{vane}} = 7,0 \pm 0,2$ or E_{vane} tabulé varie entre 3,9 et 5,6 (pour Vane CORNING)

Maintenant que nous avons étudié les facteurs de dépendance de C, nous allons concevoir un "appareil" pour mesurer C.

II] Mesure de la capacité C

Nous allons mesurer C à l'aide d'un multivibrateur stable.



Intégrateur inverseur Comparateur

L'AO du comparateur est saturé.
On a donc $V_{s2} = +V_{\text{sat}}$ ou $V_{s2} = -V_{\text{sat}}$
Lorsque $V^+ > V^- \Rightarrow V_{s2} = +V_{\text{sat}}$
Lorsque $V^+ < V^- \Rightarrow V_{s2} = -V_{\text{sat}}$
L'intégrateur (inverseur) intègre une constante, on obtient donc une droite de pente négative pour $V_{s2} = +V_{\text{sat}}$ et positive pour $V_{s2} = -V_{\text{sat}}$

Supposons $V_{S2} = +V_{sat}$, lorsque $\frac{V_{e2}}{R_1} + \frac{V_{sat}}{R_2} = 0$, l'Ao bascule et $V_{S2} = -V_{sat}$.
 $-V_{sat}$ est intégré par l'intégrateur inverseur pour donner une droite de pente positive et lorsque $\frac{V_{e2}}{R_1} - \frac{V_{sat}}{R_2} = 0$, l'Ao du comparateur bascule et $V_{S2} = +V_{sat}$ et l'intégrateur inverseur donne une droite de pente négative et etc...
 On a un système périodique. On peut déterminer la période des signaux

$$T = 4 R_1 R C$$

La mesure de la période T va nous donner accès à la valeur de C .
 On trace T en fonction de R .

• Mesure d'un point : $T = \pm$ pour $R = (270 \pm 3) k\Omega$

$$T = aR + b \quad a = \pm \frac{5 \Omega^{-1}}{S} \quad b = \pm$$

$$C = \frac{aR_2}{4R_1} \quad \frac{\Delta C}{C} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2}$$

$$C = \pm$$

$$C_{mesuré au Lcrète} = (0,98 \pm 0,01) \mu F$$

Nous allons maintenant voir quelques applications de l'effet capacitif.

III] Applications.

1) Câble coaxial



- À l'aide du multivibrateur astable, nous pouvons mesurer la capacité du câble coaxial.

$$\text{Donc } R = (270 \pm 3) \text{ k}\Omega$$

$$C_{\text{câble}} = \frac{R_2 T}{4 R_1 R}$$

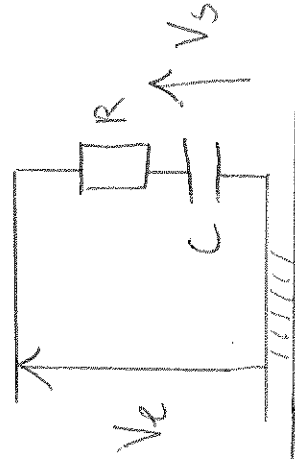
$$\frac{\Delta C}{C} = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 + \left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2} =$$

$$C_{\text{câble}} = \pm$$

$$\text{Au Lcmètre } C = (5,06 \pm 0,04) 10^{-9} \text{ F.}$$

2) Filtre passe-bas.

- Un filtre passe-bas utilise la capacité C pour filtrer les hautes fréquences.



$$R = (0,992 \pm 0,008) \text{ k}\Omega$$

$$C = (0,98 \pm 0,01) \mu\text{F}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = 164 \pm 2 \text{ Hz}$$

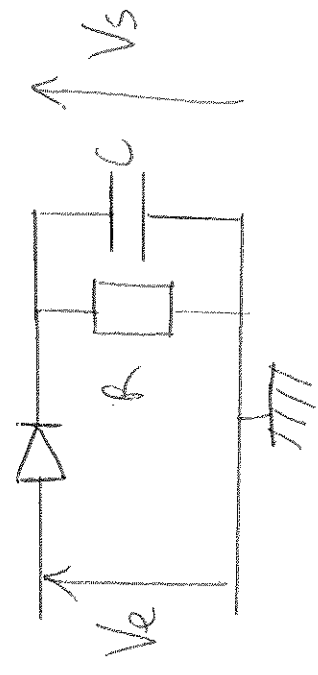
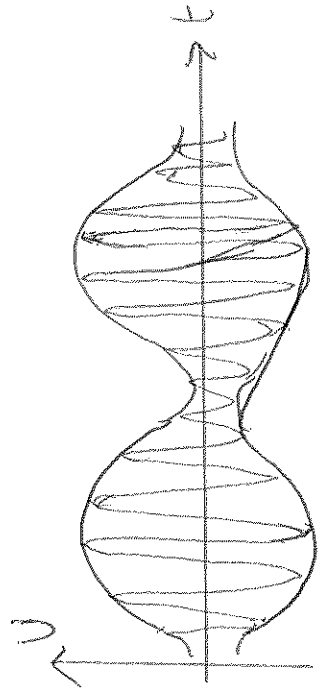
$$f_{\text{mesuré}} =$$

À haute fréquence, le filtre passe-bas se comporte comme un intégrateur -
 Ainsi un signal  donnera .

- On a représenté le gain en décibels en fonction de la fréquence. On prend un point on direct et on trouve f_c on se place à $-3dB$.

3) Détecteur d'enveloppe

Si l'on a un signal modulé et que l'on désire récupérer l'enveloppe, on peut utiliser un détecteur de crêtes (ou d'enveloppe). Ce détecteur utilise les propriétés de charge et décharge du condensateur.



$R = 20\ k\Omega$
 $m = 0,5$ (Taux de modulation)

$f_m = 1\ kHz$

$f_p = 100\ kHz$

- On "joue" sur la valeur de C (C variable) de sorte à récupérer le signal enveloppe.

Pour $C =$, on a $f = \frac{1}{2\pi RC} =$
 On vérifie que $f_m \ll f \ll f_p$



Conclusion: Au cours de ce montage, nous avons monté de quoi dépendait une capacité, nous avons conçu un appareil de mesure de C et nous avons présenté quelques applications... En particulier d'électronique des capacités. Il y en a bien d'autres. En particulier d'électronique et fondé sur leur utilisation comme par exemple les capteurs capacitifs.