

MP19: Effets capacitifs

"Le courage n'est pas le contraire de la peur : c'est la capacité d'agir malgré la peur et face à l'adversité".

→ Biblio : + Duffaut d'Elec

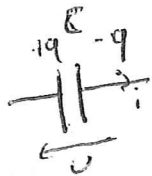
+ Gouanla 4

+ Retour des années précédentes pour les détecteurs.

→ Objectifs : + Définir et définir un dipôle capacitif
+ Comprendre les problèmes liés aux effets capacitifs mais surtout illustrer le fait qu'il soit omniprésent et qu'il a de nombreuses applications.

→ "Plan" :
I) Le condensateur d'Alepinus
II) Réseau de capacité : le multivibrateur astable
III) Effets capacitifs dans le câble coax.
IV) Application au filtrage : Filtré passe bas RC
VI) Détecteurs de niveau d'eau
VII) (En cas si le temps manque) Capteur de proximité et thermique.

INTRODUCTION



→ Un condensateur est un composant électronique utilisé dans de nombreux montages

Il est constitué de deux armatures conductrices (le diélectrique) en influence totale séparées par un isolant polarisable

→ Il a été inventé en 1743 par Ewald von Kleist aujourd'hui omniprésent

→ pr^{nc} principale : stocker des charges sur ses armatures.

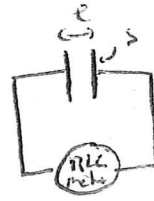
Le condensateur est caractérisé par C sa capacité : $Q = CU \Leftrightarrow i = C \frac{du}{dt}$

→ On va d'abord voir de plus près ce qu'on a assemblé puis en voir des cas
manifestation d'effets capacitifs pose pb mais aussi sur nombreuses applications.

I) Le condensateur d'Aepinus

→ Ref: Chacanta p122

A) Mesure de la permittivité du vide



But: Vérifier la loi $C = \frac{\epsilon_0 S}{e}$

En préparation: On trace $C = a \left| \frac{S}{e} \right| + b$

En live: On prend un point et on vérifie qu'il est sur la courbe.

Précautions expérimentales:
 + fixer les fils
 + $e \ll R$
 + RLC mètre à 1 kHz.

Incertitudes

- e : Vernier (maître graduation): $\Delta e = \frac{10^{-4}}{2} \text{ m}$
- C : RLC mètre (maître): $0,01 \times C + S \text{ digits} = \Delta C$
- S : On mesure périmètre du cercle: $P = 2\pi R = 82,0 \pm 0,5 \text{ cm}$
 $\hookrightarrow R = (13,0 \pm 0,08) \times 10^{-2} \text{ m}$
 $S = \pi R^2 = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$
 $\frac{\Delta S}{S} = \sqrt{\frac{2 \Delta R}{R}} \Rightarrow \Delta S = 0,000104$
 $S = 5,00 \pm 0,01 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

Modélisation:
 $a = (99 \pm 0,6) \times 10^{-12} \leftarrow 16,68\%$
 $b = (159,6 \pm 2,1) \times 10^{-12}$
 $\epsilon_0 = (9,9 \pm 0,6) \times 10^{-12}$
 $\epsilon_{\text{théo}} = 8,85 \times 10^{-12}$

Discussion

+ Modéliser l'influence des fils (mv² + capacité fil)
 + Pourquoi pas la bonne valeur? En fait vrai pour vide: ici air + humidité
 $C = \frac{\epsilon_0 S}{e} \times \epsilon_r$
 $S: a = \epsilon_0 \epsilon_r \Rightarrow \epsilon_r = \frac{99}{8,85} = 1,12$
 $\Delta \epsilon_r = \frac{\Delta a}{\epsilon_0} = 0,07$

+ Limite de la modélisation: formule vraie pour plan infini
 en l'appliquant il faut $e \ll S$ et négliger les effets de bord.

2) Rôle du diélectrique

Histoire ? (cf cours PCSI 2)

→ But : étudier l'influence du diélectrique entre les plaques
+ ODE ϵ_r du matériau considéré.

→ Plan : introduire une plaque de PVC et mesurer les capacitances.

On mesure $e = 1,22 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$C(\text{PVC}) = 195 \text{ pF}$$

$$\text{étalonnage: } C(\text{air}) = a \frac{S}{e} + b = 100,17 \times 10^{-2}$$

$$\epsilon_r(\text{PVC}) = \epsilon_r(\text{air}) \frac{C(\text{PVC}) - b}{C(\text{air}) - b} = 1,1 \times \frac{195 - 59,6}{100,2 - 59,6}$$

$$\epsilon_r = 3,7$$

$$\Delta \epsilon_r = \epsilon_r(\text{PVC}) \sqrt{\left| \frac{\Delta \epsilon_r(\text{air})}{\epsilon_r(\text{air})} \right|^2 + \left| \frac{\Delta C_{\text{PVC}}}{C_{\text{PVC}}} \right|^2 + \left| \frac{\Delta C_{\text{air}}}{C_{\text{air}}} \right|^2}$$

$$\text{ou } \epsilon_r(\text{air}) = 1,12$$

$$\Delta \epsilon_r(\text{air}) = 0,07$$

$$\Delta C_{\text{air}} = 0,01 \times 195 \times 5 \times 10^{-1}$$

$$C_{\text{PVC}} = 195 \text{ pF}$$

$$\Delta \epsilon_r(\text{PVC}) = 0,3$$

$$\Delta \begin{cases} C_{\text{air}} = 100,2 \\ \Delta C_{\text{air}} = 100,2 \times 0,01 + 5 \times 10^{-1} \end{cases}$$

$$\epsilon_r(\text{table}) = 3 \pm 5$$

Matériel : Condensateur P68.12
RLC mètre P63.33/1
Plaque PVC non réperforée

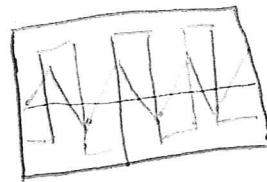
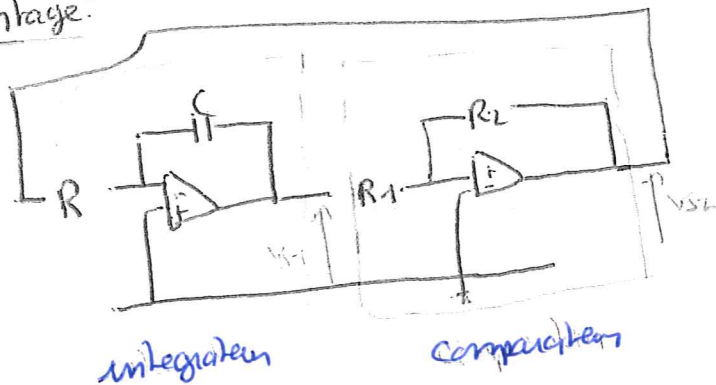
II) Mesure de capacité : RLV vibratoire stable

Ref: Différent p 187

But: Avant on achète RLC métré mais en fait c'est en mesure une cap?

+ On va étalonner notre appareil pour utiliser ensuite.

Montage:



905% + 300%
905% + 300%

$$R_1 = (3,94 \pm 0,02) \text{ k}\Omega$$

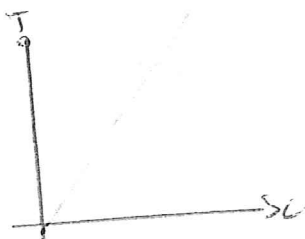
$$R_2 = (10,03 \pm 0,01) \text{ k}\Omega$$

$$R = (101,6 \pm 5) \text{ k}\Omega$$

C. boîte de cap: erreur 5% dans gamme utilisée

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

Pomp: On trace $T = f(C)$



Proble $T = a C$

$$a = (159 \pm 4) \times 10^3 \text{ s.F}^{-1}$$

On devrait trouver: $a = \frac{4R_1 R}{R_2} = 158,7 \times 10^3$

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

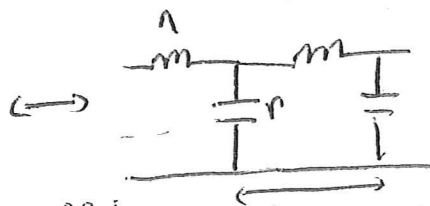
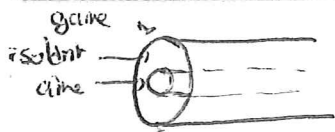
$$\Delta a = 8 \times 10^3$$

Ccl: Maintenant on peut remplacer boîte cap par C déterminée. en mesurant T on connaît C

II Effets capacitifs : câble coax

Ref: Quanta

Modèle Cable coax:



P : Capacité linéique (F/m)
 L : inductance linéique (H/m)

But: Mesurer une capa. + discuter effets -- de capacitifs dans coax.

A) Mesure de l'ave le multimètre

On utilise le câble coax de 96,4 m.
 Pour celui de 80 m: ne pas se fier aux étiquettes !! $(2 \neq \text{car})$

Plan: On remplace la boîte de capa par câble coax.

On mesure $C = 5,100 \text{ nF}$

$$\text{Soit } P = \frac{C}{L} = \frac{5,6 \times 10^{-9}}{94,6 + 1,05} = 53,3 \text{ pF/m}$$

Hyp: Cable coax non
 même P
 L'incertitude

L'incertitude qui domine est celle sur C : 0,01 + sdgt

$$\frac{\Delta C}{C} = 0,02$$

$$\Delta P = P \frac{\Delta C}{C} = 1 \text{ pF/m}$$

B) Mesure de v et Z

Plan: on observe (en sar) les réflexions à l'oscillo $\rightarrow$ il faut bien régler
 On envoie des pulses pas trop courts pour avoir un plateau. ($\sim 10 \text{ ns}$)

On mesure $\Delta t = [782 \pm 10] \text{ ns}$

$L = 94,6 \text{ m} \rightarrow$ incertitude négligeable.

$$\Rightarrow v = \frac{2 \times 94,6}{782 \times 10^{-9}} = 2,42 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} = v$$

$\Delta v = v \frac{\Delta L}{L} = 0,03 \text{ m.s}^{-1}$

$$\Delta v = v \frac{\Delta L}{L} = 0,03 \text{ m.s}^{-1}$$

→ Mesure de Z Δ So R et L en série.

On a $R=0$ pour $Z_{\text{sortie}} = Z_{\text{coax}}$

On met boîte à décade en série et on cherche la valeur de R où ça s'annule.

L'incertitude quelconque est l'erreur d'estimation, pas celle du constructeur.

$$Z = 175 \pm 5 \Omega$$

→ Estimation de Γ .

$$\text{On a } c = \frac{1}{\sqrt{1-\Gamma^2}} \quad Z = \sqrt{\frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}} \Rightarrow \Gamma = \frac{1}{\sqrt{Z^2}}$$

$$\Gamma = 53,8 \text{ pF/m}$$

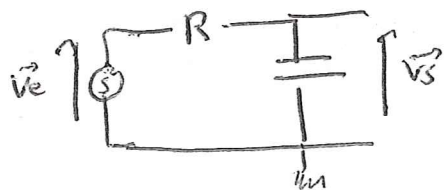
$$\Delta \Gamma = \Gamma \sqrt{\left(\frac{\Delta Z}{Z}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \Gamma}{\Gamma}\right)^2} = 3,6 \text{ pF/m} = \Delta \Gamma$$
$$= 2,2 \text{ pF/m}$$

cd:

N) Application au filtrage

- Reg: ... C'est un RC
- But: Donner une des applications majeures de l'utilisation d'un condensateur
 - ↳ Citer des exemples d'application filtrage → Modulation/démodulation.
 - ↳ On va également essayer de faire et caractériser un passe-bas.

→ Montage:



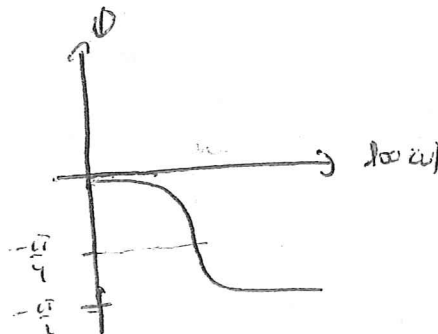
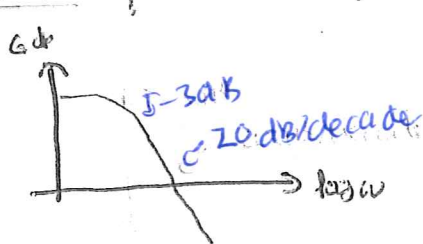
$$R = 10,070 \quad R_L \quad (DR: 0,01\% \text{ } \pm 50\mu s = 0,1 R_L)$$

$$C = 90,00 \text{ nF} \quad | \Delta C = \dots = 0,1 \text{ nF} |$$

V_e : tension sinusoïdale, amplitude 5V.

→ On veut caractériser le filtre: on trace son diagramme de Bode.

En live: prendre un point. → s'arranger pour qu'il soit avec $\omega > \omega_c$.



1) Vérifier ω_c avec la phase: plus précis

Comptes $\omega_{theo} = \frac{1}{RC} = 10 \times 10^3 \text{ rad/s} \quad (f_c = 1,59 \text{ kHz})$

$$\Delta \omega_{theo} = 0,1 \times 10^3 \text{ rad/s}$$

2) Vérifier que ça colle avec -3dB

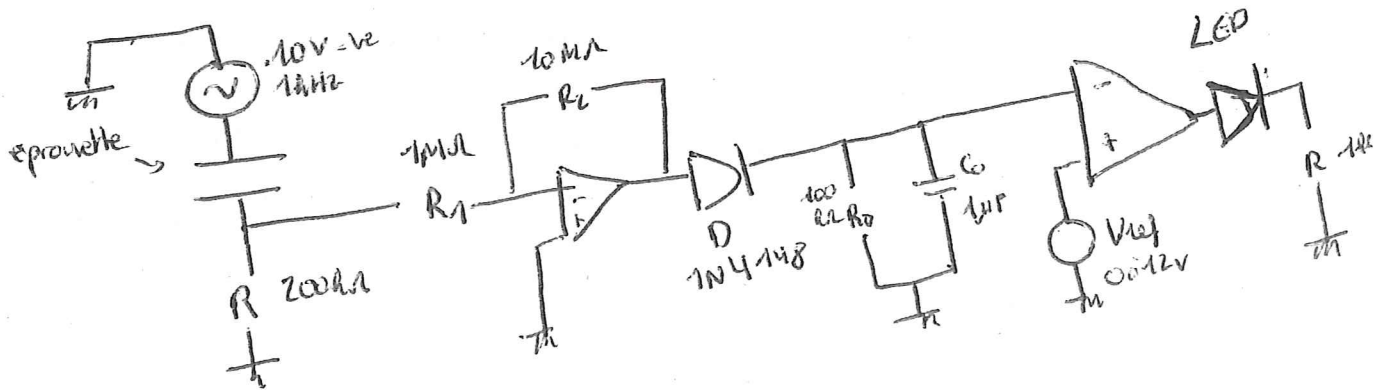
3) Donner la pente à -20dB/décade.

4) Donner le gain et l'influence fréquence

V/ Detecteur de niveau d'eau

But: Certaines sondes qui servent à détecter des niveaux d'eau (jusqu'à 6 m)
 Enchainement effet capacitif: on veut comprendre ça sa marche
 ↳ Ref à l'intro.

Ref: Notice P. 68. 14 (Avec schéma du montage)



Comment ça marche?

→ Etage 1: pont diviseur de tension entre C et R

$$R \ll C \Rightarrow V_1 = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \approx R j\omega C$$

↳ On a V_1 qui dépend de C et C qui dépend du niveau d'eau → le monter.

→ Etage 2: On amplifie la tension: amplificateur inverseur
 $\frac{R_2}{R_1} \rightarrow$ rapport amplification; R_1 grand pour ne pas intervenir pont diviseur.

→ Etage 3: $R_0 + R_0 + C_0$: détecteur de crête $\Rightarrow$ tension crête d'oscillation
 temps relaxation très lent $\tau \sim 9.1s$ devant période de l'onde $10^{-3}s$.

~~Etage~~ Donc on peut connaître $U = f(V) \rightarrow$ monter courbe s.temps, faire un point.

→ Si on veut par exemple savoir quand ça dépasse une certaine valeur
 Et que ça m'avertisse quand ça dépasse.

$\Rightarrow$ Etage 4: compare avec V_{ref} et on ~~active~~ éteint LED si ça dépasse...!

Faire un exemple.



$$U = a + bV_d$$

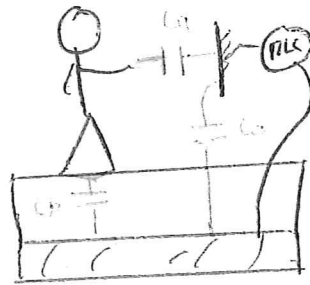
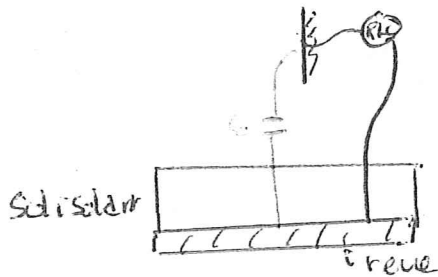
$a =$
 $b =$

V) Capteur de proximité

Qualitatif mais long.

- Ref: Daffert p166 pour le circuit
- Montage des années précédentes (cf doc de Fréchant sur le portail des écoles)
- Bat: (Si on n'a pas le temps, juste l'utiliser en coll)
- On va fabriquer un condensateur avec une plaque de métal et la Terre
- Quand on approche de cette plaque on agit comme une capa en //
- et on change la valeur de C : on a créé un détecteur de présence.

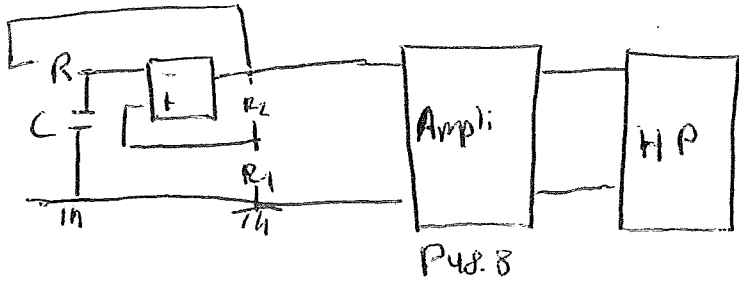
Schema explicatif:



Schema électrique équivalent.

- Montage: On accroche une plaque de métal (celle du banc hyper fréquence) à un fil avec pince croco → RLC mètre → prise terre d'une prise avec une autre pince croco.
- Fabrication d'une theremine (qui fait mal aux oreilles).
On s'est inspiré de l'instrument de musique la theremine pour ce montage.
L'idée est de relié à ce circuit qui génère un signal périodique où T dépend de C . Il faut choisir des valeurs telles qu'on soit dans l'audible et que la variation de C à notre approche induise un ch^t de fréquence qu'on peut entendre.
On ne peut pas utiliser le multivibrateur car il y a un problème de masse. On se sert donc d'un circuit qui ressemble beaucoup mais où C est à la masse. Daffert p166.

Circuit



$R = 1M\Omega$ $\rightarrow$ elev pour un AO mais sur marche
 $R_1 = 90\text{ }000\Omega$ (boite)
 $R_2 = 100\text{ }k\Omega$
 $C = 0,0003\mu F$
puis on ajoute la plaque en parallèle

- ⚠ On prend un très vieil ampli car c'est le seul qui a un gain $\times 1$ en tension et les tensions sont à $\pm 15V$: c'est beaucoup,
Il sert juste à fournir la puissance nécessaire (peut en sortie AO)
- ⚠ Au niveau du HP on fait un pont diviseur avec un potenti^{10k} qui sert de "bouton de volume" sinon c'est trop fort !!
- $\Rightarrow$ On allume le HP et quand on s'approche de la plaque le son change.
- $\Rightarrow$ Apps: Accéléromètre, interrupteur

Conclusion

Reprendre le plan de montage
Ouvrir le thème mine.

Et merci à Theo et Antoine de nous avoir aidé pour la
thématique 😊