MP 19 – Effets capacitifs

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

Niveau :

Commentaires du jury

Bibliographie

✍ *Le nom du livre*, **l'auteur** [1]

⟶ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Prérequis

➢ prérequis

Expériences

☕ Biréfringence du quartz

Table des matières

Plan : Clément

J'aime bien le plan de Corentin Pacary mélangé avec celui d'antoine Chauchat. L'idée est de faire Alpinus un peu développé, faire le détecteur de niveau d'eau éventuellement si on se sent bien.

Ensuite, on peut faire la réponse d'une photorésistance en disant que c'est du à une capacité parasite (c'est dans le Fruchart). On recycle une manip c'est good, mais il faut faire avec le hacheur optique.

On enchaine en disant qu'on a aussi des applications positives, on fait la mesure de période avec multivibrateur astable, on a mesuré la période avec une boite de capa et on s'en sert pour mesurer la capa d'un cable coax !

Passage : Nicolas

Plan

Effet capacitif : accumulation de charges de part et d'autre d'un conducteur. Plaques séparées par un diélectrique ou encore entre des fils. Lorsqu'on applique une différence de potentiel à deux conducteurs isolés les uns des autres, on assiste à une accumulation de charges par influence électrostatique

La capacité C traduit la capacité à stocker des charges.

De quoi C va dépendre ?

I) Condensateur d'Aepinius, deux plaques de surface S, espacées de e. On montre, dans l'approximation des petites épaisseurs (on néglige les effets de bord). On mesure C avec un RLC mètre. Il faut bien faire attention pendant lam naip à ne pas toucher les câbles.

ϵ_r dépend des conditions thermodynamiques (humidité, pression).

L'ordonnée à l'origine vient de la capacité parasite du circuit.

II) Diode polarisée en inverse est équivalente à une capacité d'expression connue. On la mesure en traçant un diagramme de Bode. La fréquence de coupure est reliée à C.

Mesure : méthode indicielle sur Latis-pro. Régler le calibre de la voir d'entrée. On voit une montée caractéristique d'un système d'ordre 1, on pourrait directement mesurer le temps de réponse. Lisser, dériver, lisser. Diagramme de Bode sur la fenêtre en bas. Au bruit près, on reconnaît l'allure d'un filtre passe-bas. Pas de valeur tabulée trouvée pour comparer.

La méthode de la réponse indicielle est peu précise à cause du bruit et de l'échantillonnage.

II 2) Multivibrateur astable. Deux a.o. La tension oscille avec une période proportionnelle à la capacité. On peut étalonner le multivibrateur avec des capacités connues. On peut alors faire des mesures de capacité.

Dernier point de mesure de l'étalonnage : mesure de la période du signal : prendre plusieurs période. On peut zoomer/dézoomer en horizontal pour en prendre plein.

III) Câble coaxial. Couramment utilisé en TP. Capacité et inductance linéique, qui dépendent de la géométrie du câble coaxial.

On mesure avec le multivibrateur astable la capacité de plusieurs câbles de longueur différente.

Conclusion : application aux technologies tactiles : on approche la main d'une plaque reliée à la terre de l'oscilloscope, la capacité change (schéma sur diapo).

Questions

- Si on met en série des câbles coaxiaux 50Ω et des câbles 75Ω, que se passe-t-il ? Réflexions multiples, cela ressemble à une cavité résonante.
- Limite du multivibrateur astable ? Il y a plusieurs temps caractéristiques. Par exemple, l'A.O. a un temps de réponse fini, comme $\tau = RC$, on ne peut pas mesurer des capacités trop faibles.
- Limite d'un condensateur quelconque ? Claquage du diélectrique entre les deux conducteurs. Il y a aussi une résistance de fuite (en série avec la capacité).
- Condensateur électrochimique ? Si l'on fait circuler un courant entre les deux électrodes (anode et cathode) en aluminium plongeant dans l'électrolyte (ex : solution d'acide borique), l'électrolyse provoque la formation d'une couche d'oxyde d'aluminium (alumine) à la surface de l'anode. L'alumine étant un isolant, on obtient un condensateur dont le diélectrique est la couche d'alumine, une armature étant constituée par l'anode et l'autre par l'électrolyte, la cathode servant de connexion avec l'électrolyte . L'épaisseur de la couche d'alumine est d'autant plus grande que la tension appliquée est élevée. Au bout d'un certain temps la couche d'alumine ainsi formée atteint une résistance suffisamment importante et le courant diminue fortement pour ne plus être qu'un courant de fuite. Si l'on inverse la polarité de la tension appliquée, la couche d'alumine est attaquée et le courant

de fuite augmente, accélérant le processus de dégradation du diélectrique pouvant aller jusqu'au court-circuit. Pour éviter ce phénomène destructif il faut toujours que le condensateur soit correctement branché, en tenant compte de la polarité indiquée sur son boîtier

- Peux-tu faire le schéma du modèle du câble coaxial. Est-ce que l'inductance/résistance modifie la mesure de la capacité ? On laisse l'autre extrémité du câble à l'air, donc un courant minime circule dans le câble et on limite les effets inductifs.
- Que ce passe-t-il si on remplace la capacité du multivibrateur astable par une bobine ?
- Comment modélise-t-on une bobine réelle ? Une bobine avec une capacité en parallèle et une résistance en série. A hautes fréquences, il ne reste plus que l'effet capacitif.
- Comment marche le RLC mètre ? Envoie signal périodique, regarde le temps de montée(?)), déphasage et atténuation ?
- Limites du RLC mètre ? Une capacité réelle a une résistance, ici pas prise en compte).
- Est ce que on peut estimer la permitivité du cable coaxial ? Oui en mesurant la vitesse dans le cable coaxial, et en remontant à l'indice du cable.
- Comment as-tu choisi les valeurs des composants du multivibrateur ? 1) R, C : temps de réponse adapté (comment ?). Ensuite $R_1 > R_2$ (à vérifier) pour ne pas saturer le premier AO.
- Réponse indicielle : Pourquoi ce choix au lieu d'une autre méthodes, quelles autres méthodes ? Temps de réponse, pente à l'origine, diagramme de Bode point par point. Méthode indicielle peut être que mieux lorsque on ne connaît pas la fonction de réponse.
- Comment latispro fait-il pour faire un lissage ? Comment pourrait-on faire le filtrage en amont ? Faire un filtre analogique passe bas. Pourquoi lisser avant de faire la dérivée ? (si petites variations, grosses variations dans la dérivée). Peut-on faire la dérivée directement ? Montage dérivateur/intégrateur avec AO. Défauts ? Peu de signal en sortie (car on est dans le domaine atténué $1/i\omega$).
- Comment choisir le temps/ fréquence d'acquisition ? Shannon. Grand temps total pour avoir une bonne résolution en TF.
- Quelles sont les caractéristiques d'une carte d'acquisition ? Regarder le nombre de bits de codage de la tension.
- Condensateur d'Aepinus. Quelles sont les hypothèses ? Néglige les effets de bords.
- Est-ce que c'est la vraie surface mesurée du condensateur ? C'est une surface effective où les lignes de champ sont vraiment parallèles, donc qui est plus petite.
- Que change les conditions expérimentales sur l'expérience du condensateur d'Aepinus ? Le ϵ_r dépend de la température, humidité...
- ϵ_r de l'eau ? $n = 1,33$ à 500 nm et température ambiante. Mais avec la composition, $\epsilon_r \sim 80$.
- Que faire avant de mesurer une capacité, que faut-il faire ? Décharger le condensateur en connectant les deux plaques.
- Composant électrique analogue à un ressort qui sert dans les circuits électriques ? Diapason à quartz.
- Ca change de prendre une fréquence de mesure de 1kHz de capacité si on l'utilise dans un circuit qui fonctionne à 100 Hz ? Il faut mesurer la capacité à la fréquence de fonctionnement.
- Comment expliquer la capacité à un élève ? Avec un analogie de mécanique des fluide. Et en mécanique ? Un ressort ? k serait $1/C$ car c'est $1/Cq^2$.

Commentaires

Précision sur la mesure du temps de réponse. Capacité des fils dans les mesures consécutives.

Si on la polarise en direct, la diode a aussi une capacité. On peut la mesurer (Asch et Duffait).

Pour le câble coaxial, faire attention il existe des câbles de 50Ω et de 75Ω. Pour la mesure de C, il faut prendre des câbles avec les mêmes résistances. Voir même prendre un seul câble (de longueurs plus grande, car sinon les capacités sont trop faibles, comparé à celle de l'AO). Ordre de grandeur des capacité à utiliser : $1 - 100\mu F$.

Quand on diminue trop l'épaisseur du condensateur, on est trop sensible aux aspérités et au parallélisme des surfaces, le modèle n'est plus vérifié.

Noter les valeurs des composants électroniques choisies, de la surface des plaques. Séparer les blocs sur le schéma du multivibrateur astable.

On pourrait montrer l'influence du diélectrique en mettant des plaques de plexiglas.

Message du I) la loi est vérifiée.

Lire le Asch. p360. Pour savoir comment mesurer des capacités plus précisément.

p58 duffait capacité de diodes. De comment dépend la capacité de la diode en fonction de la tension de polarisation ? Ce serait une manip à faire. (+ mesurer une capacité de cette façon n'est pas pertinent, car on utilise des câbles avec des capacités parasites).

Passage : Barros

Plan :

I) Modèle du condensateur : Condensateur d'Aepinus : On explique le condensateur diélectrique de formule $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{e}$ et on trace $C = f(\frac{1}{e})$, on trouve une droite, avec le coefficient directeur on peut remonter à la valeur de ϵ_r, on trouve qlq chose proche de 1.

II) Mesures de capacités A) Filtre RC : ON alimente un RC avec une tension sinusoïdale, on donne la fonction de transfert+diagramme de Bode, et on mesure la fréquence de coupure. On mesure pour cela la tension au borne de la capacité, à la coupure on a un déphasage de $\frac{\pi}{4}$, et une atténuation de $-3dB$. On peut estimer la valeur de f_c à $\pm 5Hz$. On peut donc remonter à la capacité du condensateur. B) oscillateur à relaxation : on utilise un oscillateur à relaxation, avec les oscillations de charge et décharge du condensateur, on peut remonter à la valeur de la capacité, en mesurant la période d'oscillation $T = \frac{4R_1RC}{R_2}$. on mesure 10 périodes à l'oscilloscope. C) capacité d'un câble coaxial On peut faire la même expérience que précédemment sur un câble coaxial, on trouve $\Gamma = 100 \pm 2pF/m$. D) capacité parasite d'une bobine : on donne la focntion de transfert d'une bobine où on met une capacité C et une résistance R en parallèle de son inductance L. On trace $|Z|$ en fonction de f. on a $|Z| = L\frac{2\pi f}{\sqrt{(1-(\frac{f}{f_0})^2)^2+(\frac{f}{Qf_0})^2}}$. On mesure L, et on a donc à résonance, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, d'ou $C = \frac{1}{L(2\pi f_0)^2}$.

III) Utilisation A)capteur capacitif d'une hauteur d'eau : Elle ne marche pas car l'éprouvette est cassé, mais cf TP pour la mesure de C en remplissant l'éprouvette.

Remarques/commentaires :

-

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 choisie la fréquence travail du RLC mètre ?
- Comment on pourrait être plus précis pour déterminer la valeur de ϵ_r en faisant des mesures interférométrique ?
- Comme on ne peut pas déterminer aussi précisément la valeur de ϵ_r, pourquoi ne pas calculer ϵ_0 ? On aurait pu mettre une plaque de prexiglace si on voulait vraiment mesurer ϵ_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 linéïque vous parait-elle correcte ? De quoi dépend cette capacité dans le câble ? Elle dépend de l'isolant dans le câble.
- On pourrai faire parallèlement la modèle du condensateur cylindrique.

- Pourquoi avoir choisie de mettre tout les composant R, L et C en parallèle ? Ce modèle ne fonctionne pas en continue, la résistance se mets généralement en série. La capacité se met 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.

Passage : Rémi (Oral Blanc)

Plan :

Voir ses fiches

Commentaires/remarques :

- **Théorème d'équipartition valable seulement dans l'apporx continue donc quand l'écart d'énergie entre deux niveaux très faible devant énergie thermique donc si on peuple pas significativement un niveau on peut pas appliquer le théorème.**

Questions :

- Loi deFick, on l'a vu quand ? Diffusion de particules. Justifications micros ? Quand ? 1850 (?)
- Relation de Stokes Einstein d'où elle vient ? Fluctuation dissipation. Modèle stochastique de la diffusion via mvt brownien. Jean Perrin, Naviers Stokes année ? Ou intervient le facteur $6\eta\pi$? Loi de Stocks méca flu.
- Réécrire le PFD de l'intro. Régime permanent et quand même une vitesse ? En fait il y a une égalités des flux donc des vitesses opposées. Qu'est ce qui fait qu'on a pas accumulation d'ions ? En fait on peut pas car surplus de particules donne flux diffusif en retour : le flux diffusif est en rétroaction du champ électrique.
- Thermostat pas influencé par la Temp du ss système ? En gros c'est un réservoir **d'entropie** : température cst.
- Réexpliquer comment on écrit la proba d'un état en fonction des configurations fonction de l'énergie.
- Def de l'ensemble canonique ? Système en eq avec un thermostat mais tous les ensembles sont eq à la limite thermo.
- A quoi sert l'énergie libre ? Trouver toutes les autres grandeurs thermo ? Quel rapport entre énergie libre et transitions de phase ? En fonction de la discontinuité des dérivées. Exemple de l'eq liquide vapeur ? La dérivée première de G c'est le volume et la densité est discontinue. Aussi avec un cristal para ou on fait croître le champ magnétique : la dérivée du potentiel thermo associée par rapport à M c'est le champ magnétique et (? ?)
- Rapport entre le rapport gyro, moment magnétique et magnéton de Bohr ? C'est dans le cas où le moment cinétique c'est le quantum, i.e constante de Planck réduite.
- Idée de l'évolution de la capacité calorifique en fonction de T ? On fait Dulong et Petit à HT, modèle quantique à basse T en T^3 avec modèle Einstein et Debye.
- Tracer l'énergie en fonction de la température pour le cristal. En fait il faut rpartir de l'expression de l'énergie moyenne qui est en $th(1/T)$ et on inverse : courbe en cloche. Expliquer pq on a un comportement plus monotone contrairement au cas du solide cristallin. En gros l'idée c'est qu'à HT on excite plus efficacement les modes de vibrations et qu'on désordonne plus facilement le système et donc l'aimantation chute ce qui réduit sa contribution à la capacité calorifique. (via l'hamiltonien).
- Pq la capacité calo est une grandeur importante ? C'est une grandeur intensive à un corps, permet de aussi relier les fluctuations d'énergie. De plus c'est en pratique ce qu'on mesure ! ! ! De plus cela permet de remonter au nb de dof via le th d'équipartition.
- Expliquer ce qu'on entend par "gel des dof" ? Cela veut dire qu'on peuple pas significativement les niveaux d'énergie autre que le fondamental. Pour trouver la température caractéristique il faut écrire l'énergie typique associée.
- Lien entre cette leçon et cinétique chimique ? Loi d'Arrénhus.