Correction MP19 : Effets capacitifs par Tristan Guyomar

Delphine Geyer

14 décembre 2017

Note : A

1 Rappel des attentes du jury sur ce montage

- 2017 : **La connaissance du principe d'un RLC mètre est essentielle dans ce montage.**
- 2014,2015, 2016 : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. Le jury constate que l'étude de la propagation d'une impulsion dans un câble coaxial est, à juste titre, souvent proposée dans ce montage, mais que les propriétés physiques de ce phénomène sont souvent mal maîtrisées.
- 2013 : **Il est dommage que les candidats se limitent le plus souvent à l'étude du condensateur d'Aepinus et à celle d'un circuit RC.**
Jusqu'en 2012, le titre était : Effets capacitifs. Applications.
- 2009 : Le stockage d'énergie n'est pas typique des effets capacitifs.
- 2000 : **Même si les capacimètres commerciaux fonctionnent souvent à cette fréquence, l'étude ne peut pas être limitée à 1000 Hz. En outre la capacité d'un condensateur est en général plus aisée à déterminer avec précision que l'inductance d'une bobine (qui par ailleurs dépend de la fréquence) : cela rend peu convaincant l'usage de la résonance RLC série pour accéder à C !** La recherche de la sensibilité optimale d'un montage en pont est un exercice pénible, certes, mais il faut fixer les valeurs des éléments du pont pour travailler dans des conditions acceptables, à défaut d'être idéales.
- 1999 : On ne mesure pas de la même façon la capacité d'un condensateur si celui-ci est utilisé dans un domaine qui est pratiquement celui de l'électrostatique ou si la fréquence d'utilisation est de 50 kHz. La mesure au capacimètre n'est donc pas forcément la plus judicieuse. Par ailleurs, il ne suffit pas de choisir une expérience où intervient un condensateur pour en faire une méthode de mesure des capacités électriques : le modèle du multivibrateur astable à circuits logiques qui conduit à la formule $T = 2RC \ln 3$ contient des hypothèses trop grossières et ne permet d'obtenir qu'un ordre de grandeur, ce qui est évidemment d'autant plus regrettable que le montage est déjà sophistiqué. En revanche il peut être utilisé comme principe d'une mesure de comparaison. De même, il est peu satisfaisant de déterminer une capacité à partir de la formule $LC\omega^2 = 1$ en se plaçant à la résonance d'un circuit RLC série et en supposant connues les valeurs de C et de L, la valeur de celle-ci varie avec la fréquence, beaucoup plus en général que celle de la capacité, si bien qu'il est plus convaincant d'utiliser cette expérience pour la détermination de l'inductance d'une bobine.

2 Commentaires généraux sur le fond et la forme

- Ce montage est globalement un très bon montage. Tristan a monté 4/5 expériences pertinentes et il a su bien les exploiter.

- Tristan a fait un bon effort dans la présentation : Au début de chaque expérience, il ne faut pas se lancer directement dans une mesure. Il est indispensable comme il l'a fait d'expliquer brièvement mais clairement (en se servant de son tableau) le but de l'expérience, et le protocole que vous souhaitez appliquer pour

l'illustrer. Comme le rappelle le jury : «Le candidat doit ensuite expliquer clairement, mais sans digression, le but et le protocole de chaque expérience, puis effectuer des mesures.».

- Trsitan a su tirer profit de ses expériences et les a commenter judicieusement. Ce que le jury attend d'une expérience pour qu'il la considère comme entièrement bien menée est :

- i. Une courte présentation claire du but et du protocole de l'expérience.
- ii. Un rappel des hypothèses sur lequel se base le modèle utilisé et si oui ou non elles sont respectées dans cette mise en œuvre expérimentale (si non, comment le prend-on en compte).
- iii. Faire une mesure en expliquant la manière dont on procède et en indiquant la valeur obtenue.
- iv. Traitement de la mesure en l'ajoutant aux valeurs mesurées en préparation. Si une courbe est présentée elle doit comporter : des points de mesure visibles, des barres d'erreurs, des axes légendés avec des unités.
- v. La mesure doit permettre de remonter à une grandeur physique (pente, rapport...). Cette grandeur doit s'accompagner d'une incertitude. Un calcul d'incertitude au moins dans tout le montage doit être justifié du début à la fin.
- vi. La grandeur mesurée doit être comparée à une valeur calculée ou tabulée.
- vii. Conclure par rapport à l'objectif fixé

- Petit bémol : on note une perte de dynamisme et d'entrain à partir de la partie sur le filtrage. Les expériences dans le fond restent très bien menées mais on regrette que la forme agréable de la prestation ne tienne pas jusqu'au bout des 40 minutes. On a alors l'impression que tu n'es pas toi même convaincu par cette partie et c'est très dommage. En conclusion tu dis même " j'ai tenté de vous présenter..." comme si tu étais devant un échec et que tu tentes de t'excuser. Il faut éviter de dévaloriser ta présentation surtout si elle est de bonne qualité. C'est un petit défaut à gommer...

Quelques pistes d'amélioration pour aller plus loin : d'autres expériences peuvent être proposées telles que :

- le détecteur de niveau d'eau (très bien détaillé dans la notice qui lui est consacrée et dans le tp sur les capteurs)
- Montage d'une thérémine (instrument de musique) : voir les anciennes leçons.
- Capacités commutées : Marc Vincent joint à cette correction un TP sur les capacités commutées qui peut servir de base de réflexion pour une nouvelle manip.

3 Commentaires détaillés partie par partie

I. Condensateur d'Aepinus.

Dans cette partie tu discutes très proprement des incertitudes et des modèles utilisés c'est très important et cela a été bien fait. Cependant tu veux comparer ton résultat à un ϵ_r d'une précision à 5 CS. Ce n'est pas judicieux ici. En effet ta méthode de mesure ne te permet pas de le faire et ce montage n'a pas un but métrologique (cf rapport du jury). Comme tu n'es pas assez précis pour retrouver cette valeur il serait peut-être plus intéressant de réitérer la même manip mais avec une plaque de plexiglas entre les électrodes et montrer que la valeur trouvée n'est pas la même, en vérifiant l'ordre de grandeur de la permittivité du plexiglas.

II. Multivibrateur astable et câble coaxiale.

Cette manip' est également bien menée. Attention cependant tu fais un choix un peu bizarre. Tu construis ici une droite d'étalonnage mais tu choisis de mesurer les valeurs de capa en RLCmètre. C'est un peu le serpent qui se mord la queue. Tu devrais plutôt faire confiance à la valeur lue sur la boîte de capa (en tenant compte des incertitudes bien entendu) et réaliser ta courbe d'étalonnage ensuite. Quand tu fais la manip en live tu prends un point que tu as déjà pris, il faut plutôt prendre un nouveau point totalement différent devant le jury et vérifier qu'il se cale bien sur la courbe. " Le jury attend que les points résultant de mesures réalisées devant le jury et ceux obtenus en préparation soient clairement identifiables."

C'est très intéressant de faire une seconde manip' ensuite où tu utilises ce que tu as présenté pour mon-

trer les effets capacitifs du cable coax que l'on utilise souvent par ailleurs. Cependant il serait intéressant quand tu mesures la valeur de la capa du cable coax de la comparer à une valeur théorique. Il y a dans la collection des cables ou la valeur des diamètres des deux gaines a et b est indiquée. Et la valeur de ϵ_r peut être mesurer en estimant la célérité des OEM dans le cable. Tu peux ainsi remonter à la valeur théorique de C.

III. Filtrage passe-bas du RC.

Cette partie bien que moins intéressante est correctement menée. Il faut trouver une meilleure méthode pour mesurer plus rapidement la fréquence de coupure. Je te conseille de lier le réticule à la courbe et d'estimer la valeur inférieure et supérieure des points autour de la fréquence de coupure et de comparer ensuite à la courbe de déphasage. Attention aux petits écueils de langage qui accompagnent ici la perte de dynamisme : tu dis "le signaux" au lieu de "le signal.

IV. Effets capacitifs d'une jonction PN.

Cette nouvelle manip' que tu proposes ici est originale et intéressante. Il faudrait l'approfondir pour qu'elle soit plus naturellement inscrite dans le montage mais c'est une très bonne piste à exploiter. Attention cependant, il n'est pas donné à tout le monde de présenter cette manip qui d'un point de vue conceptuel est plus compliquée. Il vaut mieux ne pas la présenter si vous n'êtes pas à l'aise avec les semi-conducteurs et les jonctions PN.

4 Questions

Les questions ont été nombreuses et souvent bien traitées ! Voici une liste non exhaustives des questions qui on été posées à Tristan :

- Sur le condensateur, pourquoi utilises-tu une modélisation affine ? Les filles ajoutent-ils une capa en série ou en parallèle ?
- Quelle est le domaine de validité du modèle que tu donnes pour le condensateur plan ? La capa augmente ou diminue si on ne néglige pas les effets de bords ?
- Comment fonctionne le capacimètre ?
- Tu donnes l'erreur de régressi sur la valeur du coeff directeur de la droite ? A quoi cela correspond ? (1 sigma) Comment Regressi calcule les erreurs ?
- Comment fonctionne le multivibrateur astable ? Attention à faire un schéma juste au tableau...
- Pourquoi utiliser un RLCmètre ici ?
- Comment connaître la valeur de ϵ_r pour le cable coaxiale ? (mesure de la vitesse $v=c/\sqrt{\epsilon_r}$)
- Quelle est l'incertitude dû à l'oscillo en lui-même ? (propre à l'appareil et non pas à la lecture).
- Tu dis "A cette fréquence l'oscillo ne répond plus" : qu'entends-tu par là et pour quelles odg de fréquences celà est vrai ?
- Quelle est la capacité de l'eau ? A quelle fréquence ?
- Comment fabriquer des condensateurs avec des très grosses capacités ? (électrochimiques polarisés ou maintenant supercondensateur avec des polymères)