Rapport MP 19 : Effets Capacitifs

Correcteurs : Samuel Leroy : samuel.leroy@ens-lyon.fr
Charles Edouard Lecomte: charlesedouard.lecomte@ens-lyon.fr

Rapports de Jury concernant ce montage :

2013 à 2014 : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. 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. 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.

Jusqu'en 2012, le titre était : Effets capacitifs. Applications.

2010 à 2012 : Les modèles de condensateurs et les effets capacitifs sont nombreux et aisément accessibles à l'expérimentation. 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 2009, le titre était : Condensateurs ; effets capacitifs.

2009 : Le stockage d'énergie n'est pas typique des effets capacitifs

2008 : Les effets capacitifs ne se limitent pas à l'exemple du filtre RC ou de la ligne coaxiale.

2007 : Le principe de fonctionnement d'un capacimètre doit être connu. Les mesures ne doivent pas se limiter à l'étude du condensateur d'Aepinus ou à des mesures de capacité : les effets capacitifs de certains composants peuvent être abordés.

2006 : Pour mesurer des capacités de petite valeur, on ne peut pas négliger la capacité d'entrée de l'oscilloscope ou celle des câbles.

Jusqu'en 2000, le titre était : Mesure des capacités électriques, propriétés des diélectriques.

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. Les candidats peuvent également se demander pourquoi les boîtes de condensateurs de précision comportent trois bornes.

Commentaires sur la forme :

Le montage présenté, bien que classique au niveau du plan, a été d'une manière générale bien mené, tant sur le plan des manipulations que de la présentation orale, claire et efficace. Chaque expérience a été introduite en précisant les hypothèses réalisées et en expliquant le dispositif mis en œuvre. La préparation des tableaux de calculs sur Excel ont permis une exploitation des mesures efficace et rapide, en tenant compte des incertitudes de mesure. Enfin, la réponse aux questions, qui ont notamment permis de revenir sur les points plus discutables du montage, ont été plutôt satisfaisantes dans l'ensemble.

Commentaires sur le fond :

Le choix des expériences ne présentait pas d'originalité particulière, et il est vrai que le Jury souligne régulièrement dans les rapports de ce montage son désir de voir se diversifier les champs d'application des effets capacitifs présentés et on peut en effet réfléchir à d'autres illustrations possibles de ces effets capacitifs, présents dans de nombreux domaines (relèvement du facteur de puissance, capteur de distance...). Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que la maîtrise des expériences présentées, la présentation et les qualités d'expérimentateur restent les critères essentiels évalués par le Jury et un montage, même classique mais bien mené comme celui qui nous a été présenté peut permettre de très bien réussir cette épreuve.

Plus précisément concernant les expériences présentées :

L'introduction associe d'emblée les effets capacitifs à la notion de condensateur, et il aurait été plus judicieux de présenter la notion de condensateur comme une modélisation possible de ces effets, ce qui amène naturellement à l'illustration du condensateur modèle d'Aepinus qui suit, avec notamment l'étude des paramètres d'influences et les limites du modèle.

Cette 1^{ère} expérience a été bien menée et notamment les hypothèses du modèle et précautions à prendre ont été bien expliquées, permettant de justifier la plage d'épaisseur choisie pour les mesures et le choix de la modélisation affine pour ajuster les points expérimentaux. Attention toutefois au choix du matériel : ici, les « petites » armatures de 13 cm de diamètre limitent un peu l'étendue de la plage d'épaisseur e accessibles dans les hypothèses du modèle et le non parallélisme évident de ces armatures fausse la mesure de l'épaisseur (celle-ci ayant été faite sur un bord). Il y a d'autres armatures plus grandes dans la collection qui peuvent peut être permettre de corriger un peu ces effets. Concernant la mesure au RLC-mètre, le discours n'a pas toujours été très clair sur l'évaluation des incertitudes, même s'il semble que cela ait été bien fait dans le fichier de calcul Excel. Celles-ci sont données dans la notice par le constructeur sous la forme $x \% + y \text{ digits}$ (x et y dépendant du calibre utilisé pour la mesure).

Le multivibrateur instable a été présenté ensuite comme un exemple de dispositif permettant de mesurer une capacité. Mais il est inapproprié et pour le moins maladroit de justifier cette méthode par un argument économique (méthode qui serait « moins chère lorsque l'on a pas de RLC-mètre » !!). D'un point de vue pratique, bien que l'expérience ait été là-aussi bien réalisée, la modélisation affine n'a cette fois pas été justifiée, même lors des questions. Or l'influence des fils, évoquées précédemment était bien entendu encore à considérer, ainsi que la capacité d'entrée de l'oscilloscope, et l'on aurait notamment pu diminuer ces effets en augmentant les valeurs de capacité étudiées dans le montage. L'application à la mesure de la capacité linéique du câble coaxial n'a pas posé de problème, même s'il aurait été bon de

justifier que l'inductance linéique du câble pouvait être négligée dans cette expérience (comme cela a été souligné à juste titre par un autre étudiant). Une autre expérience possible pour étudier l'effet capacitif du câble coaxial est de mesurer le temps de vol et l'impédance caractéristique.

Enfin, la dernière partie présentait un exemple d'application, à savoir le détecteur de niveau d'eau, d'autres exemples étant bien sûr possibles (capteur de proximité, relèvement du facteur de puissance, filtrage d'un signal,...). Les différents blocs du circuit électrique ont été bien expliqués, même s'il a fallu revenir sur la justification du choix des composants lors des questions. Les deux points expérimentaux pris pendant la présentation présentaient un décalage par rapport à la courbe tracée en préparation, et il semble que les manipulations de l'éprouvette (et donc des connexions aux feuilles d'aluminium formant le capteur) à chaque vidange de l'éprouvette soit à l'origine de ces écarts. Il faut donc réfléchir à un moyen de vider l'éprouvette sans la toucher (un simple tuyau peut suffire en siphonnant vers l'évier), pour que l'expérience soit reproductible. Enfin, d'un point de vue pratique, la diode utilisée n'était absolument pas visible par l'assemblée et il serait plus judicieux dans ces conditions de prendre plutôt un ampli et une lampe.