

Analyse et caractérisation d'un oscillateur résonnant RLC

Gaudet Timothée¹, 2025-2026

3 janvier 2026

Lors de mon dernier passage dans un aéroport je fus confronté à la sécurité au passage des portiques de sécurité munis de détecteur. Dès lors, je me suis penché sur leurs fonctionnements.

De nos jours les capteurs inductifs et capacitifs sont utilisés dans l'industrie. Fréquemment représenté par un circuit RLC, ils présentent aussi des propriétés pour la mesure de précision. C'est ce que permet le circuit étudié dans notre travail.

Positionnement thématique

Physique appliquée, Electronique

Mots-clefs

Mots-clefs – Oscillateur – Circuit résonnant – Rétroaction – Variation d'inductance

Keywords – Oscillator – Resonant circuits – Feedback – Inductance variation

Bibliographie commentée

Les circuits oscillants RLC occupent une place importante dans le domaine de la détection et de la mesure dans l'industrie. De nos jours, ils sont omniprésents dans les systèmes automatisés. Pourtant, la compréhension approfondie de leur fonctionnement repose sur des principes physiques et électroniques qui n'ont cessé

d'évoluer au fil du temps[1].

Dans l'histoire physique les premières études sur la résonance électrique ont été produites par Hertz en 1887, il a montré qu'on pouvait engendrer des oscillations par inductions magnétiques à une certaine fréquence[2]. Cela a mené les découvertes des théories modernes sur les circuits résonants. Le circuit RLC est alors devenu un modèle fréquemment utilisé pour décrire le comportement des systèmes électriques soumis à une rétroaction.

Au XXe siècle Van der Pol constitue un modèle théorique fondamental pour comprendre le comportement de mon circuit RLC bouclé. Il décrit un système non linéaire capable de générer des oscillations auto-entretenues grâce à un mécanisme de rétroaction qui compense les pertes du circuit. Ce modèle illustre comment l'énergie injectée par l'amplificateur permet au système de converger vers un régime stable d'amplitude constante [3]. Dans le cadre de ce projet, il sert de référence conceptuelle pour analyser la stabilité du signal oscillant et évaluer la précision des mesures de fréquence obtenues expérimentalement.

L'évolution de l'électronique analogique, notamment à partir des années 1960, a conduit à la mise au point de nombreux modèles de circuits bouclés utilisant des amplificateurs opérationnels. Selon Sedra et Smith, la boucle de rétroaction joue un rôle crucial dans la sélection de la fréquence et dans la réduction des perturbations parasites [4]. L'étude de cette boucle permet de relier la théorie des filtres linéaires à la stabilité du système, et donc à la fiabilité des mesures réalisées à partir du signal oscillant.

Plus récemment, Horowitz et Hill (2015) ont insisté sur l'importance de la qualité du facteur Q et du rapport signal/bruit dans les circuits RLC [5]. Ces grandeurs influencent la précision de la mesure de fréquence et la sensibilité aux variations d'inductance ou de capacité. Les chercheurs soulignent que l'analyse précise de la réponse en fréquence d'un circuit bouclé permet de détecter des écarts infimes.

Nous nous appuyerons sur le circuit électrique proposé lors du sujet physique PT 2015 [6].

Problématique retenue

Comment les paramètres d'un oscillateur RLC influencent-ils sa fréquence de résonance et sa qualité ? Comment peut-on les optimiser pour une mesure précise ?

Objectifs du TIPE

1. Étudier le phénomène de boucle dans le système et ce qu'il permet. trop
2. Déterminer expérimentalement l'impact du noyau sur l'inductance.
3. Observer expérimentalement la précision obtenue par variation du noyau mobile de la bobine sur l'inductance en fonction des paramètres de mon circuit RLC et la vérifier théoriquement.

Références

- [1] Philippe ROUX : Circuit rlc. electromagnetisme.space, 2005. ~~file:///C:/Users/timot/Downloads/resonance.pdf.~~
- [2] CONCEPTUAL PHYSICS : Hertz's experiment. Vidéo Youtube, Mars 2022. https://www.youtube.com/watch?v=YeMM2fM1n_M.
- [3] Shaofang Wen CHENGCAI CAI, Yongjun Shen : Primary and super-harmonic simultaneous resonance of van der pol oscillator. *ScienceDirect*, 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020746222002074>.
- [4] Kenneth C. Smith ADEL SEDRA : *Microelectronic Circuits*. 8th édition, 2020.
- [5] Winfield Hill PAUL HOROWITZ : *The art of electronics*. Third edition, 2015.
- [6] Banque PT : Epreuve physique a. Banque PT, 2015. http://b.louchart.free.fr/Concours_et_examens/Banque_PT/Sujets/2015_A.html.