

MP61 – PERTURBATION PAR LA MESURE

28 avril 2022

Juliette Colombier & Nathan Berrit

L3

Commentaires du jury

Bibliographie

- ↗ *Duffait* → Manip 1
- ↗ *Taillet* → Manip 2
- ↗ *Jolidon vert* → Manip 3

Prérequis



Expériences



Table des matières

1	Perturbation en électronique : l'oscilloscope	2
1.1	Impédance	2
1.2	Perturbation d'un circuit RC	2
1.3	Effets capacitifs	2
2	Effet d'auto-échauffement avec le thermomètre à résistance de platine	3
3	Perturbation du mouvement libre d'une poutre par un capteur de force	4
4	Perturbation d'un quanton par mesure de polarisation.	4
5	Tableau	6

Introduction

En expérimental, on utilise des capteurs pour comprendre le système et vérifier des lois. Cependant ces capteurs peuvent influencer sur le système jusqu'à modifier son comportement. On va voir dans ce montage quelques exemples de perturbation par la mesure. Attention, le but c'est bien de montrer que la présence de capteur perturbe le fonctionnement "normal" qu'aurait le système sans eux.

C'est un titre qui peut faire peur mais en fait le montage est super : les expériences sont simple et on peut beaucoup manipuler devant le jury. La théorie est ok, mais du coup on a l'occasion de tout bien expliquer et de montrer sa maîtrise. Par exemple, j'ai choisis de faire le montage optique de 0 pendant la préparation, en expliquant bien pourquoi je fais un faisceau parallèle et comment je le fait (l'autocollimation).

1 Perturbation en électronique : l'oscilloscope

➤ Duffait

1.1 Impédance

L'oscilloscope c'est l'instrument le plus important pour un électronicien. Cependant il possède une certaine impédance qui peut venir déranger le système. Là on va chercher à mesurer cette impédance pour pouvoir prévoir si elle va perturber le système ou pas.

Tension moitié.

On met une résistance variable en sortie de l'oscillo et on augmente jusqu'à ce que la tension soit divisée de moitié.

Par pont diviseur de tension on a alors $R = R_{int}$.

Pour les incertitudes on prend les deux valeurs de résistance qui bornent la valeur de tension moitié.

1.2 Perturbation d'un circuit RC

On regarde le temps caractéristique du à la présence d'une capa en fonction de la résistance. Si la résistance est de l'ordre de celle de l'oscillo alors on voit la perturbation : les incertitudes ne recourent pas la valeur attendue sans oscillo.

Le montage est un RC simple (cf tableau), mais on observe la tension aux bornes de la résistance : comme ça, on comprend direct que la résistance effective du circuit est R/R_e .

On test pour deux résistances : $R = 10 \text{ k}\Omega$ et $R = R_e$. Ainsi, on a un exemple où la mesure n'est pas perturbée, et un où elle l'est.

1.3 Effets capacitifs

Le condensateur possède aussi une capacité dans son impédance d'entrée. Le constructeur indique $C_e \sim 14 \text{ pF}$. Cependant, cette capacité est rapidement négligeable devant celle due à l'utilisation de câbles coaxiaux, dont l'utilisation vient souvent avec celle d'un oscillo!¹

C'est donc intéressant de caractériser cette capacité linéique. Pour ça on fait le montage dessiné sur le tableau : On prend le long câble coaxial, de sorte à ce que sa capacité soit grande devant les autres capacités du système, qu'on néglige donc dans l'étude.

On a encore une convergence exponentielle dont on mesure le temps caractéristique :

$$\tau = R_e C_c \quad (1)$$

On mesure $C_c = 5 \text{ nF}$ pour un câble de 100m, ce qui permet de remonter à la capacité linéique $\gamma = 50 \text{ pF/m}$: c'est dans les valeurs attendues.

Mesure de la capa d'un câble coaxial.

1. A la base je voulais mesurer celle du condensateur comme dans le duffait, mais on voit vite qu'elle devient petite devant les autres en jeu.

2 Effet d'auto-échauffement avec le thermomètre à résistance de platine

✍ Jolidon vert.

Beaucoup de capteurs de température sont des capteurs secondaires : ils reposent sur la mesure d'une résistance, la loi donnant la résistivité du matériaux à la température étant connue.

C'est le cas du thermomètre à résistance du platine. La loi est ²

$$R(T) = R_0(1 + aT + bT^2) \quad (2)$$

avec $R_0 = 100 \Omega$, $a=3,90802 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ et $b=-5,775 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$. ³

Problème : pour mesurer la résistance, on doit faire passer un courant dedans. Ce courant crée une dissipation d'énergie par effet Joule autour de la sonde, ce qui amène à une élévation de la température et donc à une perturbation du système au niveau du capteur.

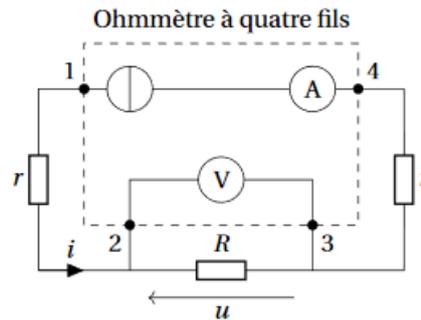


FIGURE 1 – Schéma du montage électrique. Faire soi-même le montage avec un générateur pour pouvoir contrôler l'intensité.

On contrôle le courant envoyé avec une ampèremètre. On relève la tension aux bornes de la sonde avec un multimètre.

Dans un bain eau-glace (sensé être à 0 degré donc), agité avec un barreau magnétique, on relève la température mesurée en fonction de la puissance injectée ($U \cdot I$). On s'attend à une loi linéaire.

⚠ Il faut étalonner le thermomètre à résistance de Platine (Pt100) et c'est long. Il faut faire 3 points : un dans de l'eau à 0 degrés (bain de glace), un à 100 degrés (Prendre avec un thermocouple pour voir le plateau) et un au point de fusion de l'étain. Étalonnage du 11/04 : à $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $R = 101,25 \Omega$.

ÉTAIN : $R = 187 \Omega$ (plateau à $231 \text{ }^\circ\text{C}$).

Eau bouillante : 138Ω .



Mesure de la perturbation

✍ Jolidon vert



Idée : on mesure une différence de température :

$$\Delta T = T_{mes} - T_r = R_{th} UI \quad (3)$$

On attend $R_{th} \sim 70 \text{ KW}^{-1}$

On fait le montage du haut à la main, avec des multimètres de précision FLUKE. On fait varier l'intensité de 0 à 100 mA ^a

On peut ensuite appliquer une formule correctrice à la résistance qu'on aurait dû mesurer. avec $\alpha = I_2/I_1$ pour deux intensités :

$$R(T) = \frac{(\alpha^2 - 1)R(T, I_1)R(T, I_2)}{(\alpha^2 R(T, I_2) - R(T, I_1))} \quad (4)$$

On trace la température corrigée, et on constate que la correction est pas mal.

2. Pour ce montage on reste dans le domaine linéaire. J'ai pas considéré le terme quadratique.

3. la température est en celsius!

Critique sur le montage : on sort un peu du domaine linéaire entre T et R.

a. Il faut la faire varier bcp pour avoir une courbe propre. Bien sûr on s'éloigne beaucoup de la température qu'on devrait observer, mais c'est le but ici. Sinon, la tendance que j'ai vu était moche, voir pas linéaire.

Bon les incertitudes c'est pas ouf c'est sous estimés mais on sait pas pourquoi donc tant pis..

3 Perturbation du mouvement libre d'une poutre par un capteur de force

✦ Jolidon vert

L'idée c'est qu'on part de l'équation des poutres dans laquelle on cherche des modes propres avec les bonnes conditions limite. ça donne une relation implicite qu'on résout numériquement pour trouver la valeur 1.875 pour le mode fondamental. C'est expliqué dans le Jolidon vert.

On en déduit une relation sur la fréquence de ce mode propre fondamental :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Ea^2}{12\rho} \frac{1.875^2}{L^2}} \quad (5)$$

avec le module d'Young E, et ρ la masse volumique.

On veut donc mesurer la fréquence d'oscillation et vérifier cette loi.

Deux capteurs possibles :

- Un capteur de force linéaire : le problème, c'est qu'il doit être en contact avec la poutre et va donc perturber ses oscillations libres.
- Un microphone relié à un oscilloscope. On mesure les vibrations de la poutre dans l'air, et avec la TF on en déduit la fréquence du signal.

Pendant la mesure, on utilise les deux capteurs alternativement et à part. On fait la TF du signal sur l'oscillo, et on prend la largeur à mi hauteur du pic pour les incertitudes. C'est important de bien commenter la perturbation de l'accéléromètre :

- On voit qu'il y a bcp moins d'oscillation : l'énergie se dissipe plus vite. Du coup, on peut faire la TF sur un temps moins long, donc mauvaise résolution : cette perturbation nous fait perdre en qualité de mesure.
- Par ailleurs, comme on doit exciter plus fort, on a pas le temps de voir un beau profil linéaire : les vibrations sont moins linéaire. On affecte encore le système.

Remarques :

- On fixe l'accéléromètre à la base de l'encastrement pour perturber le moins possible la vibration.
- On relève la fréquence pour des vibration faible : on s'intéresse au régime linéaire.
- La poutre est en acier.

Finalement, on voit que l'accéléromètre permet d'avoir le bon résultat, mais avec de moins bonnes incertitudes : l'utilisation d'un tel capteur perturbe bien le système.

4 Perturbation d'un quanton par mesure de polarisation.

Bien sûr, ici le montage s'interprète juste avec de l'électromag. Mais, si on avait une source de photons uniques, on pourrait mettre en exergé le rôle de la mesure sur la réduction du paquet d'onde : on observerait des photons passer si y'a le polariseur au milieu, et pas sinon.

Le montage, de droite à gauche :

- QI + diaphragme + lentille de focale ~ 10 cm pour créer proprement un faisceau parallèle issu du diaphragme.⁴
- Un premier polariser vertical
- un polariseur à 45° (qu'on pourra enlever ou pas).

4. Les polariseurs sont fait pour fonctionner en incidence parallèle.

- Un polariseur horizontale.
- A côté, il faut aussi un miroir pour placer la lentille par auto-collimation, et un écran à la toute fin.

L'idée, c'est qu'intégrer le polariseur diagonal dans le montage crée une réduction du paquet d'onde, ce qui fait que de la lumière passe à travers la système.

Ce sont les polariseurs croisés qui doivent être bien choisis pour avoir une belle extinction.

Montage surprise passage du 13/04

Comment déterminer la focale d'une lentille par une méthode hors auto-collimation ?

Méthode de Bessel : on calcul l'écart entre les deux points de l'image formée sur l'écran.

Questions

- **Première manip, pour la résistance d'entrée t'envoie quoi ?** Signal créneau d'amplitude 10V
- **Quelle fréquence ?** 10Hz : on fait attention à être assez bas en fréquence pour négliger les effets capacitifs/transitoires.
- **T'écris le tau théorique, c'est lequel ?** Sans l'oscilloscope : c'est la valeur théorique du circuit s'il n'y a aucun instrument de mesure.
- **Sur la longueur du câble : t'as dit que t'allais avoir une erreur de l'ordre de 10cm. Tu peux estimer la correction ?** 1%.
- **Comment mesurer la capa des jonctions ?** Régression linéaire en faisant varier la longueur du câble. On aura une ordonnée à l'origine non nulle.
- **Fonctionnement+intérêt du montage 4 fils ?** Ohmmètre : envoie un courant et mesure une tension. On a des résistances dues aux connectiques donc on veut séparer les deux.
- **Où est le platine sur la sonde ? qu'est-ce qu'on mesure ?** Fil de platine à l'intérieur mais on mesure au bout de la sonde.
- **Est-ce que t'es sur que tout le fil est à la bonne température ?** On pourrait tester pour plusieurs hauteurs et voir si ça change. Test : c'est négligeable.
- **Idée pour expliquer l'écart à la valeur théorique pour la résistance R_{th} ?** En fait ça dépend de la loi conducto convective de Newton qui dépend pas mal du milieu, de l'agitation,...
- **Tu peux expliquer ta courbe en bleu, ta courbe en rouge...**
- **Tu t'en sers de la courbe corrigée ?** Un expérimentateur s'en sert directement pour ne pas avoir l'erreur.
- **Mesure avec l'accéléromètre. Tu regardes à faible amplitude pour être "linéaire". Tu peux préciser ?** L'équation obtenue pour la formule est obtenu dans l'aprox des déformations linéaires de la poutre. On veut donc l'étudier dans ce régime là.
- **C'est quoi les fréquences observées si pas des harmoniques ?** On peut exciter d'autres modes de la poutre, comme des modes de torsion.
- **Pourquoi l'énergie est dissipée plus rapidement avec l'accéléromètre ?** Je sais pas trop. Peut-être que l'ajout de l'accéléromètre force des nouveaux noeuds dans le système quand on l'excite, donc on excite les modes non harmoniques qui dissipent plus.
- **La valeur calculée pour E c'est avec ou sans accéléromètre ?** Sans. On a la même valeur avec.
- **À quoi sont dues les non linéarités en log pour le condensateur ?** En fait le signal converge pas vers 0. Le vrai signal est en $V_0 (1-e^{t/\tau})$. Donc en prenant brutalement le log on a un profil linéaire que au début (avec un DL1 du log).
- **Pour la poutre c'est quoi ta condition initiale ?** Un angle. Si c'est un angle t'as plus la même énergie.

Remarques

- C'est un peu long tous les calculs à la calculette
- c'est très bien
- le but c'est de manipuler le plus possible donc là c'était niquel
- bravo

5 Tableau

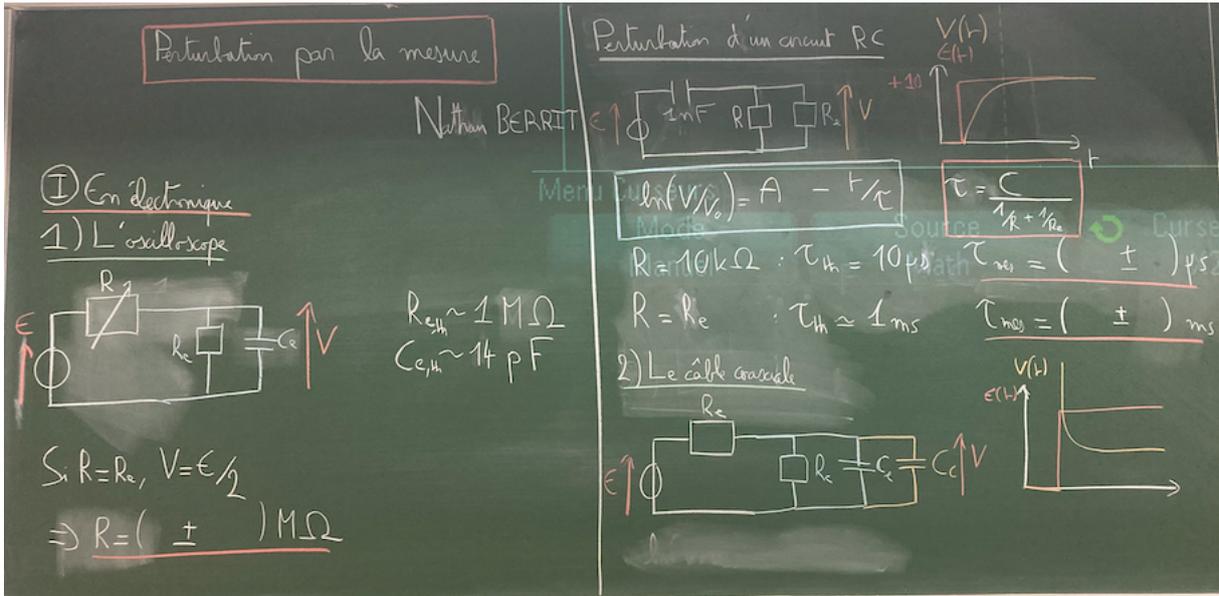


FIGURE 2 - Caption

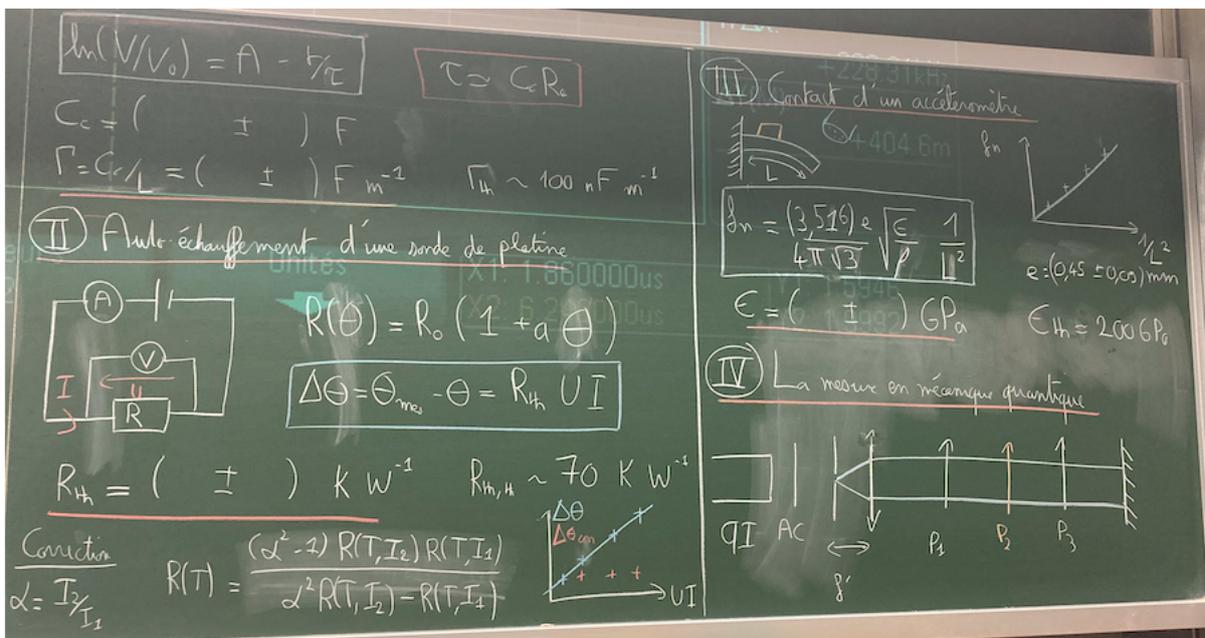


FIGURE 3 - Caption