
MP 4 : CAPTEURS DE GRANDEURS MÉCANIQUES

Commentaires du jury

- **2017** Les candidats peuvent choisir d'étudier tous types de capteurs qui mesurent des grandeurs mécaniques : accéléromètres, jauges de contrainte, capteurs de position, de vitesse... Le mot capteur dans ce montage signifie que les caractéristiques des capteurs : linéarité, finesse, gamme, sensibilité... doivent être étudiés.
- **2016** [...] Par ailleurs, certaines grandeurs mécaniques varient dans le temps et il n'est pas obligatoire de se limiter aux grandeurs stationnaires.

Bibliographie

—

Expériences

Au choix

- Potentiomètre : simple, efficace, et permet sur un exemple assez facile de comprendre les points importants d'un capteur
- Détecteur de niveau d'eau (capa) : quelques question sur la géométrie. Pour moi ça reste un capteur statique.
- Capteur inductif tout fait : pas d'intérêt tout seul ?
- Accéléromètre : statique... pas beaucoup d'intérêt si on a déjà fait le potentiomètre
- Dynamique : intéressant pour parler de temps de réponse ? a comparé avec un laser ou le capteur inductif (en vérifiant sur la doc son domaine de validité). (Il y a possibilité de le faire sur un moteur tournant semble-t-il...)
- Jauge de contrainte...

Proposition de plan

- 1 : Capteur de déplacement capacitif : (Pour faire un capteur il faut transformer l'information que l'on cherche en quelque chose que l'on sait bien mesurer : une capacité. On associe alors (après avoir conditionner notre capacité) à une valeur de hauteur, une valeur de tension. On a réalisé un étalonnage. On peut alors faire un capteur de niveau d'eau (pour le style).
Très bien mais peut on être plus précis sur notre mesure ? On va voir cela dans un deuxième exemple :
- 2 : Jauge de contrainte : (On associe à une force une résistance et avec un conditionnement adéquat on transforme cette résistance en tension. On fait alors un étalonnage et on discute la question de la sensibilité et de la linéarité (et même du domaine de linéarité))
Très bien mais maintenant les phénomènes physiques que l'on considère ils sont pas tout le temps statique :
- 3 : Capteur dynamique : on observe la réponse de l'accéléromètre en fonction de la fréquence d'oscillation

Rappels de définitions

Pas vraiment dans l'ordre

- Linéarité : La mesure dépend linéairement de la mesurande.
- Finesse : capacité à ne pas modifier la valeur mesurée par le capteur (exemple typique : température).
- Gamme : zone d'utilisation du capteur. On n'utilise pas une balance de cuisine pour peser un éléphant, et un pèse-personne ne permet pas de faire la cuisine.

- Sensibilité : on mesure x avec un capteur qui renvoie u . La sensibilité s est définie par :

$$s = \frac{\partial u}{\partial x} \stackrel{\text{si linéaire}}{=} \frac{\Delta u}{\Delta x}$$

Il est bon d'avoir une grande sensibilité pour avoir des mesures précises. Mais il ne sert à rien d'être précis au gramme si on pèse un éléphant.

- Temps de réponse : C'est le temps mis par le capteur pour se stabiliser à la valeur finale.
- Étalonnage : ensemble des manipulations permettant d'explicitement numériquement la relation entre mesurande et sortie du capteur. Peut être *absolu* s'il est effectué par comparaison à une valeur connue (changement d'état), ou *par comparaison* s'il est fait à partir d'un capteur déjà étalonné.
- Actif ou passif : Le capteur actif prélève une partie de l'énergie de la mesurande, le capteur passif a une impédance qui dépend de la mesurande.
- Fidélité : les erreurs accidentelles sont faibles (on peut refaire plusieurs fois la même mesure, le résultat sera le même).
- Justesse : les erreurs systématiques sont réduites (la valeur moyenne des mesures est proche de la valeur vraie).
- Précision : Fidèle et juste.

Table des matières

1	Notion de capteur et étalonnage	2
1.1	Capteur de position angulaire : Le potentiomètre	2
1.1.1	Étalonnage et caractérisation	2
1.1.2	Application : asservissement en position	3
1.2	Capteur de déplacement capacitif	3
2	Capteur Dynamique	5
2.1	Accéléromètre	5
3	Étude du temps de réponse d'un capteur dynamique	5
3.1	Accéléromètre	5
3.2	Manip tampon : Utilisation de l'accéléromètre pour mesure le module d'Young d'une poutre	5

Introduction

Les capteurs sont essentiels en physique comme dans la vie de tous les jours : du détecteur de mouvement pour allumer la lumière dans les halls d'immeuble au détecteur d'inclinaison pour téléphones portables... Ils n'ont pas tous les mêmes caractéristiques, car ils ne répondent pas aux mêmes besoins.

1 Notion de capteur et étalonnage

1.1 Capteur de position angulaire : Le potentiomètre

1.1.1 Étalonnage et caractérisation

Nous cherchons à déterminer une position angulaire. Le capteur transforme cette position angulaire en résistance. Ce capteur est passif : la position du curseur se traduit directement par une valeur de résistance. Cependant pour pouvoir utiliser ce capteur il faut le conditionner, c'est à dire, transformer cette valeur de résistance en une tension qui pourra être exploité par la suite. Dans notre cas, on alimente le capteur ainsi qu'une autre impédance en série. La valeur de la résistance se déduit alors d'un pont diviseur de tension.

Pour que l'on puisse utiliser le capteur il faut l'étalonner, c'est à dire associé à chaque valeur de sortie, la valeur de la mesurande d'entrée. Ici nous allons réaliser un étalonnage absolu ? en se basant sur un rapporteur et un niveau.

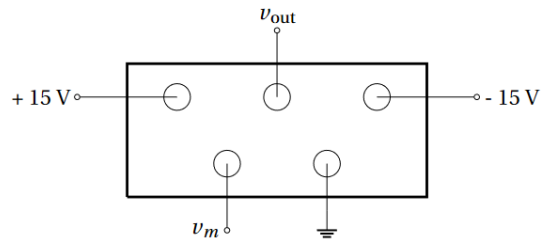


FIGURE 7.1 – Branchement du moteur.

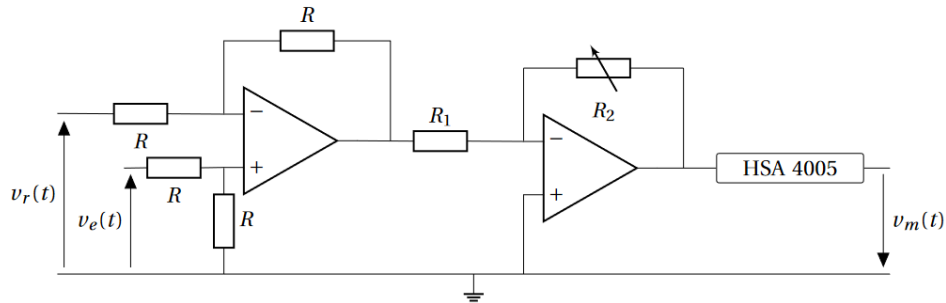


FIGURE 1 – Câblage du moteur et du potentiomètre. HSA 4005 est l'ampli P47.6

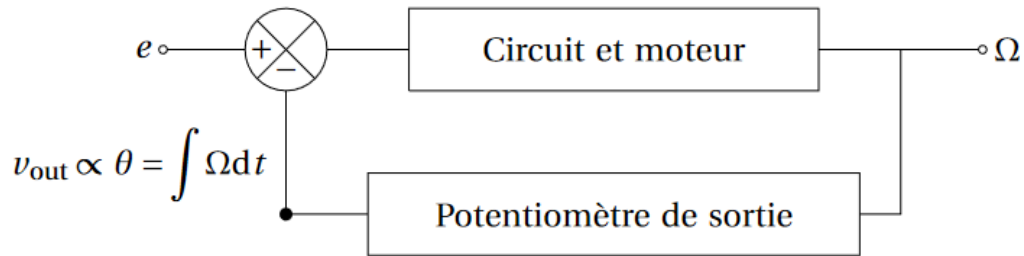


FIGURE 2 – Asservissement du moteur : schéma. Cf poly de TP électronique TP 7 pour le détail des explications.

Potentiomètre :

On alimente le conditionnement du potentiomètre, pour différentes valeurs d'angle, relever la valeur de tension. On obtient une droite : $u = a\theta + b$

La sensibilité du capteur est alors le coefficient directeur de la droite d'étalonnage. En effet si on s'écarte de θ à $\delta\theta$ près, alors la tension s'écarte de u à $\delta u = a\delta\theta$. Ici on constate que le capteur peut être utilisé sur quasiment 360° . On parle de la gamme du capteur.

1.1.2 Application : asservissement en position

Un tel capteur peut être utilisé pour réaliser un asservissement en position.

Réaliser le montage figure 1. Sélectionner Input A, régler le gain sur x10 (c'est le minimum), Zin sur 600Ω et BIAS sur OFF. Prendre $R = 100\text{ k}\Omega$, $R_1 = 10\text{ k}\Omega$, et utiliser une boîte à décade pour $R_2 = 1\text{ k}\Omega$.

1.2 Capteur de déplacement capacitif

Le principe du capteur de niveau d'eau est le suivant : Comme la permittivité diélectrique de l'eau est différente de celle de l'air, la capacité du condensateur formé par une éprouvette entouré de papier aluminium dépend du

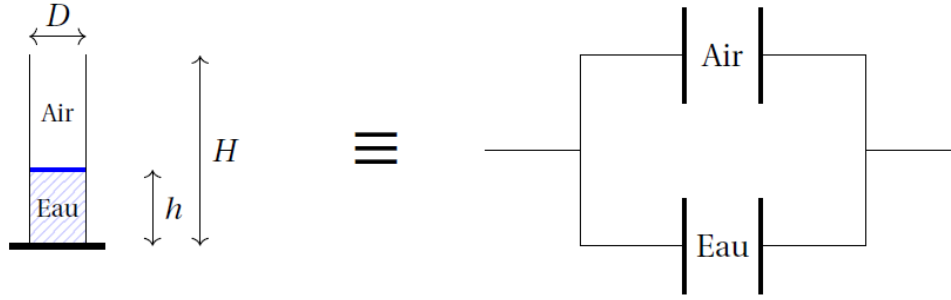


FIGURE 3 – Capteur de niveau d'eau

niveau d'eau.

On peut modéliser le système comme deux condensateurs en parallèle. On a alors

$$C = C_{air} + C_{eau} \simeq \epsilon_{r,eau}h + \epsilon_{r,bair}(H - h) \quad (1)$$

A priori, la géométrie du système est complexe, aussi notre mesure nous permet de vérifier que dans les gamme de hauteur d'eau utilisée, on observe bien une dépendance linéaire de la capacité en fonction de la hauteur d'eau.

A nouveau, nous avons à faire à un capteur passif. Il nous faut détailler son conditionnement.

Nous choisissons d'utiliser un montage RC suivie d'une détecteur de crêtes. La fonction de transfert du montage

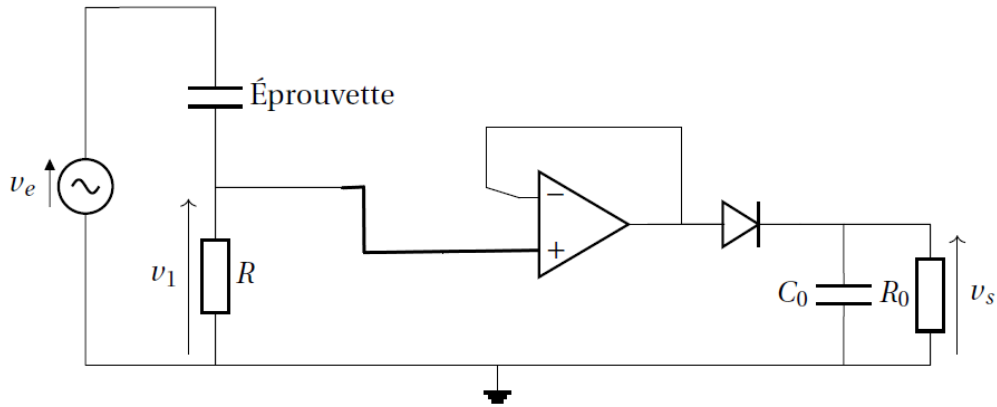


FIGURE 4 – Capteur de niveau d'eau de gauche à droite : circuit RC, suiveur, détecteur de crête

RC est :

$$v_1 = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} v_e \xrightarrow{RC\omega \ll 1} jRC\omega v_e \quad (2)$$

Capteur capacitif :

2 Capteur Dynamique

2.1 Accéléromètre

- On place l'accéléromètre sur un pot vibrant alimenté par un ampli commandé par GBF. On place également un capteur inductif proche. On vérifie à l'oscillo que c'est pas trop moche (mais faut pas trop en attendre). On fait le reste des mesures avec des multimètre en AC.
- On utilise la plaque de métal P96.65 (aluminium), car le capteur inductif est étalonné avec celui-ci (on refait pas l'étalonnage par question de temps).
- On a $k = 3 \times 10^{-3} \text{ V/m}$, donc le capteur inductif est tel que $\Delta x = \Delta u_{ind}/k$
- On sait donc relier la tension du capteur à une position, on l'utilise pour vérifier que l'accéléromètre nous donne bien une accélération : On trace u_{acc} et fonction de $a_m = 4\pi^2 f^2 \Delta x$ à 20Hz pour différentes tensions d'entrée du pot vibrant. (Le gain de l'ampli est fixe et on change l'amplitude du GBF de commande)
- On peut donc relier la tension à l'accélération

3 Étude du temps de réponse d'un capteur dynamique

3.1 Accéléromètre

Accéléromètre :

- Sur un pot vibrant fixer l'accéléromètre sur la plaque d'aluminium et placer le capteur inductif au dessus. Pour différentes fréquences mesurer les deux tensions et la fréquence.
- On trace a_{acc} (obtenue à partir de u_{acc} et grâce à la pente précédente) divisé par $a_m = 4\pi^2 f^2 \Delta x$ en fonction de la fréquence. On a globalement un passe bas.

On a ici supposé que le capteur inductif avait une super bande passante par rapport à notre accéléromètre. Attention surtout ne pas bouger le capteur inductif

Matériel :

- Ampli
- GBF
- 2 multimètre
- Un oscillo
- 1 pot vibrant
- Plaque en allu p96.65
- Accéléromètre
- Alim continue

3.2 Manip tampon : Utilisation de l'accéléromètre pour mesure le module d'Young d'une poutre

Voire MP métaux et remplacer le capteur inductif par l'accéléromètre

On veut négliger l'impact du positionnement de l'accéléromètre. Pour cela on le place le plus près de l'accroche tout en ayant un signal lisible (donc on le déplace à chaque fois que l'on change la longueur, ça fait que la poutre est à chaque fois "différente" mais c'est un compromis que l'on fait sinon, l'accéléromètre modifie trop l'oscillation).

Conclusion

Résumé. Parler de fidélité et de justesse.

Tableau de Paul

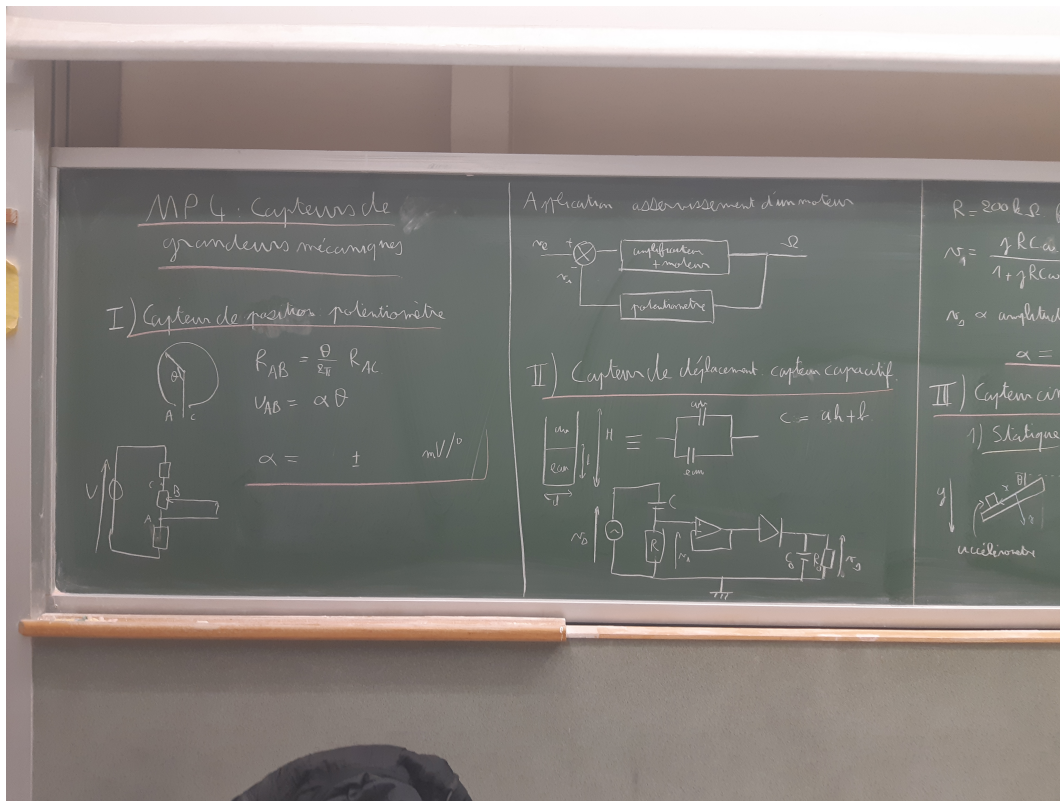


FIGURE 5 – Tableau de Paul

Liste matériel

- 2 A.O.
- 4 Résistance 100 k Ω
- 1 résistance 10 k Ω
- 1 résistance variable
- 1 GBF
- Banc moteur P95.16/2
- 1 Voltmètre
- 1 alimentation stabilisée +15/-15V
- HAS 4005 P47.6
- éprouvette P68.14/2
- plaquette électronique
- résistances : 100, 1, 200 k Ω
- Condensateur : 1 μ F
- Une diode
- DEL P29.25
- fil d'AO
- 2 AO (encore)
- RLC-mètre VOLTcraft
- Alim continue assez précise
- Oscillo
- éprouvette de 50mL au moins.
- Bécher parce que c'est plus pratique que l'éprouvette pour verser

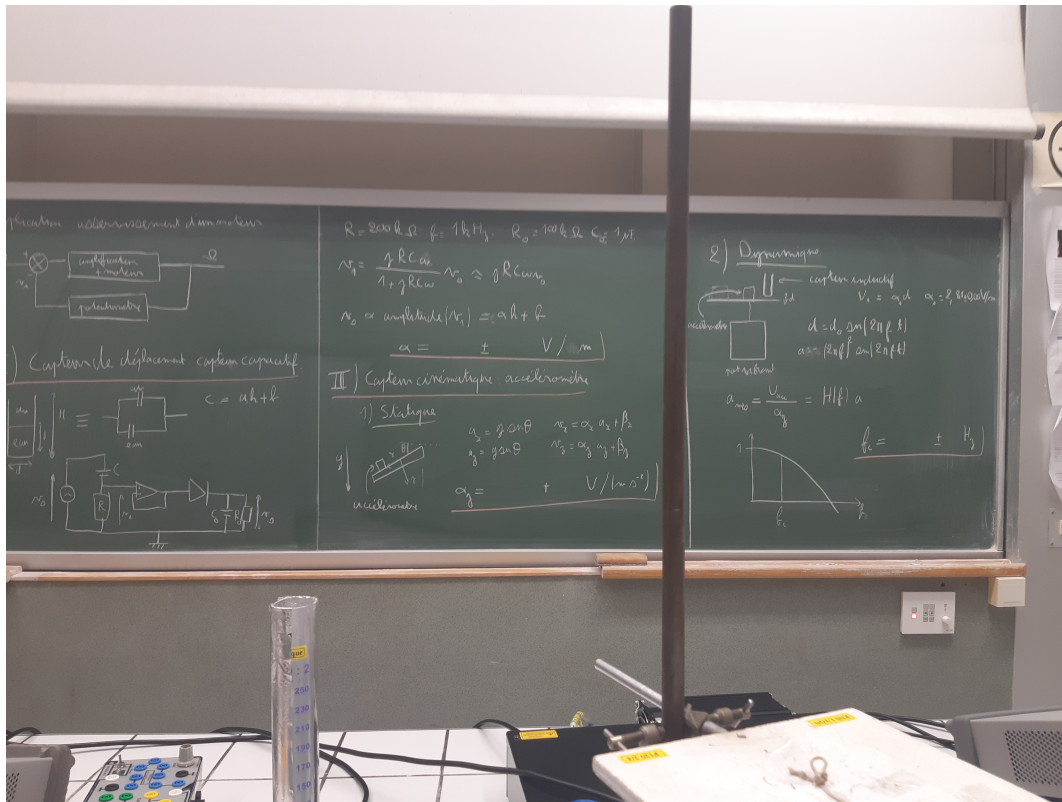


FIGURE 6 – Tableau de Paul 2