



## (12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 33790 B1** (51) Cl. internationale : **G01D 5/20; G01L 1/14**
- (43) Date de publication : **03.12.2012**

- 
- (21) N° Dépôt : **33850**
- (22) Date de Dépôt : **16.05.2011**
- (71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE MOULAY ISMAIL, MARjane 2, BP:298 Meknès (MA)**
- (72) Inventeur(s) : **Abdelrhani Nakheli ; Saddik Bri ; Bouchra Fallous ; Charkani Narjis**
- (74) Mandataire : **NAKHELI ABDELRHANI**

- 
- (54) Titre : **capteur électromagnétique de forces**
- (57) Abrégé : LE CAPTEUR QUE NOUS PROPOSONS EST UN CAPTEUR ÉLECTROMAGNÉTIQUE DE FORCES, IL EST CONSTITUÉ DE DEUX BOBINES PLATES RELIÉES ENTRE ELLES PAR UN RESSORT, UNE BOBINE FIXE EST ALIMENTÉE PAR UN OSCILLATEUR DE WIEN DONT LES CONDITIONS DE PHASES ET D'AMPLIFICATION SONT SATISFAITES; PAR INDUCTION MAGNÉTIQUE, IL SE CRÉE UNE FORCE ÉLECTROMOTRICE DANS L'AUTRE BOBINE MOBILE. CETTE TENSION VARIE EN FONCTION DE LA DISTANCE INTER BOBINES. LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU CAPTEUR PROPOSÉ REPOSE DONC SUR LES LOIS FONDAMENTALES DE L'ÉLECTROMAGNÉTISME. LE RESSORT JOUE LE RÔLE D'UN CONVERTISSEUR FORCE DÉPLACEMENT.

## Abrégé

Le capteur que nous proposons est un capteur électromagnétique de forces, il est constitué de deux bobines plates reliées entre elles par un ressort, une bobine fixe est alimentée par un oscillateur de Wien dont les conditions de phases et d'amplification sont satisfaites ; par induction magnétique, il se crée une force électromotrice dans l'autre bobine mobile. Cette tension varie en fonction de la distance inter bobines. Le principe de fonctionnement du capteur proposé repose donc sur les lois fondamentales de l'électromagnétisme. Le ressort joue le rôle d'un convertisseur force déplacement.

## Capteur électromagnétique de forces

### Descriptif

Le capteur proposé est un capteur électromagnétique de forces.

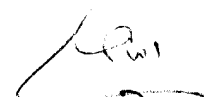
Dans le domaine de l'instrumentation physique, les capteurs de forces sont en général des capteurs électrodynamique, piézoélectrique, ou utilisant des jauges de contraintes.

Le principe de fonctionnement du capteur proposé repose sur les lois fondamentales de l'électromagnétisme, ce qui justifie ainsi son appellation « Capteur électromagnétique de forces ».

Ce capteur est constitué de deux bobines plates identiques de 2 cm de diamètre et de 50 spires chacune avec un fil conducteur de cuivre de section 0.25mm. L'une des bobines plates est fixe sur un support horizontal isolant et l'autre bobine plate est enroulée sur un cylindre isolant de 2 cm de diamètre, dont l'extrémité inférieure traverse la surface libre délimitée par la bobine fixe, et l'extrémité supérieure est reliée à un ressort qui est lui-même accroché à un support fixe. A l'extrémité inférieure du cylindre qui joue un rôle de guidage, est fixé un crochet, pour suspendre des masses, ou une tare pour poser des masses.

L'ensemble du système formé (bobine plate fixe, cylindre de guidage, ressort et bobine plate mobile) est aligné sur le même axe verticale. Le cylindre est susceptible de se déplacer verticalement vers le haut ou vers le bas quasiment sans frottement lorsqu'on exerce une force à son extrémité inférieure, ce qui a pour effet d'allonger ou de comprimer le ressort, cette action entraîne la bobine plate enroulée sur le cylindre de guidage (bobine mobile), et la rapproche ou l'éloigne de la bobine fixe.

La bobine fixe est alimentée par un oscillateur de Wien de basse fréquence,  $f_0 = 84\text{Hz}$  dont les conditions de phase et d'amplification sont satisfaites, et par conséquent elle est parcourue par un courant sinusoïdale qui crée une induction magnétique sinusoïdale le long de son axe, cette dernière crée à travers la bobine mobile un flux  $\Phi$  variable et une force électromotrice induite sinusoïdale mesurable, la valeur maximale de cette f.é.m induite dépend de la distance  $x$  qui sépare les deux bobines, le flux  $\Phi$  est proportionnel à l'induction magnétique  $B$  dont les variations en fonction de  $x$  sont données par la relation suivante :

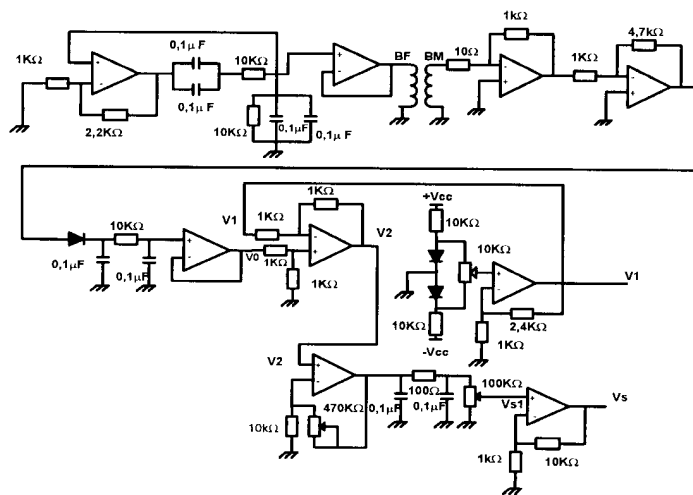


$$B(x) = \frac{\mu_0 IR^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}}$$

avec I : courant parcourant les bobines, R : rayon de la bobine et x la

distance qui sépare les deux bobines. Pour  $x = 0$ ,  $B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}$ .

Ainsi, le capteur proposé est un convertisseur force - déplacement, lorsqu'on accroche une masse au crochet, le ressort s'allonge, le cylindre se déplace vers le bas et par conséquent la distance x qui sépare les deux bobines diminue, ce qui se traduit par une augmentation de la tension maximale induite au bornes de la bobine mobile. Cette dernière étant sinusoïdale et de faible amplitude, il a fallu apporter des circuits d'amplifications, de redressement et de filtrage pour rendre cette tension exploitable, le schéma correspondant du circuit de conditionnement du signal de sortie du capteur est le suivant :



**Schéma du Circuit de conditionnement**

Les amplificateurs utilisés LM741, leur polarisation est assurée par une alimentation stabilisée symétrique  $\pm 15V$  réalisée au laboratoire.

Le capteur électromagnétique de forces est caractérisé par son étendu de mesure de 0g à 10g, cet étendu est lié à la caractéristique mécanique du ressort. Un cycle d'hystérésis apparaît lors du dépassement d'un certain allongement critique. Le capteur proposé est limité à une masse maximale de 10g, et au-delà, il y a apparition d'une déformation rémanente. Le choix d'un bon ressort est important. La constante du ressort utilisé est  $K = 2g/mm$ .

la sensibilité du capteur varie de 40mg/mv à 0g et atteint 20mg/mv à 10g. La précision est de 0.5mv. la précision sur la masse  $\leq 20mg$ . Cette sensibilité variable du capteur vient du fait que sa réponse n'est pas linéaire. Le capteur proposé est caractérisé par une dérive très lente, elle est estimée à quelques dixièmes de millivolts sur un fonctionnement de plus de 24h.

*Handwritten signature*

Lorsqu'on met le capteur sous tension et sans charge, sa tension de sortie décroît de façon exponentielle et après 10 à 15 minutes de fonctionnement, cette tension se stabilise à une constante caractéristique du dispositif expérimental qu'on peut annuler par un circuit approprié pour le réglage du zéro. La précision du capteur dépend des éléments propres au dispositif expérimental (bobines, cylindres, frottement, distance inter bobine, ressort, et circuit de conditionnement du signal), et de la qualité de l'appareil de mesure utilisé. Dans notre cas  $\Delta m \leq 20\text{mg}$ . La courbe caractéristique du capteur  $V = f(m)$  est obtenue, en accrochant des masses de précision allant de 0g à 10g (tableau ci-joint), et en relevant la tension correspondante, l'analyse de cette courbe nous montre que la réponse n'est pas linéaire.

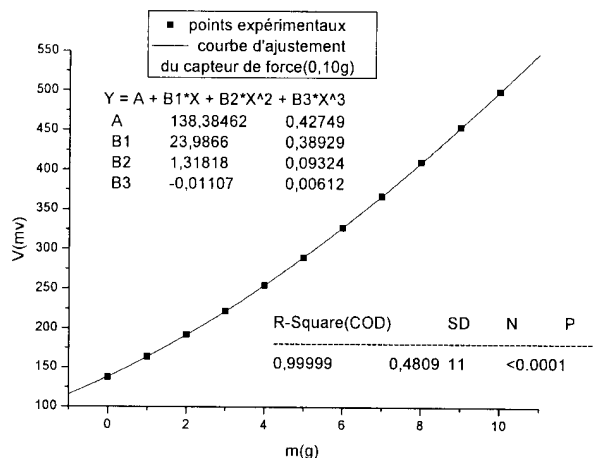
M(g)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V(mV)	138	164	192	222	254.5	289.5	327	367	409.5	453	498.5

Un ajustement polynomial d'ordre 3 qui est caractérisé par un écart-type compatible avec la précision expérimentale du capteur ( $\Delta V = \pm 0.5 \text{ mV}$ ), paraît convenable.

$$V(m) = A + B_1 m + B_2 m^2 + B_3 m^3$$

Avec  $A = 138,38$   $B_1 = 23,9866$   $B_2 = 1,31818$   $B_3 = -0,01107$

$r^2 = 0,99999$  et  $\sigma = 0,4809$



**Réponse du capteur de 0g à 10g :  $V = f(m)$**

### Revendications

1- Balance de précision : Le capteur proposé peut servir de balance de précision. Cet instrument permet des mesures de masses allant de 0g à 10g avec une précision inférieure à 20mg.

2- Densimètre : Dispositif expérimental de mesures de masse volumiques.

En reliant au capteur de forces proposé un plongeur (En Pyrex, grande inertie chimique) de masse 20g , de volume  $20\text{cm}^3$  et de masse volumique ( $1.05\text{g/cm}^3$ ), par l'intermédiaire d'un fil fin de masse négligeable, Le dispositif réalisé Permet des mesures de masses volumiques des liquides en utilisant la poussée hydrostatique exercée par le liquide sur un plongeur de référence de masse volumique connue avec précision, (avec  $\rho_p > \rho_L$ ). La masse volumique du liquide est donnée avec une précision de  $4 \cdot 10^{-3}$ .

3- Capteur de déplacements micrométriques :

Connaissant la caractéristique du ressort  $k = 2\text{g/mm}$ , on peut convertir les masses en déplacements, c-à-d la force enregistrée par le capteur en un déplacement, la précision sur les déplacements est donnée par la relation :  $\Delta x = k \cdot \Delta m = 10\mu\text{m}$ .

On peut donc transformer ce capteur en un capteur de déplacement dont l'étendu de mesure est  $L = 5\text{mm}$  et de précision  $\Delta L = 10 \mu\text{m}$ . Cet instrument permet des mesures des couches, d'épaisseurs très minces avec une précision de  $10 \mu\text{m}$ . (Palmer électronique).

4- Viscosimètre par pénétrométrie :

Le capteur de déplacement proposé, peut servir pour suivre l'évolution temporelle de l'enfoncement d'un cylindre de rayon  $r$  dans un autre cylindre de rayon  $R$  contenant un liquide à haute viscosité  $\approx 10^5$  à  $10^{12}$  PL, la connaissance de la relation  $h(t)$  permet de déduire la viscosité du liquide à étudier.

5- Tensiomètre : Dispositif expérimental de mesures des tensions superficielles

En reliant au capteur de forces une lame de verre rectangulaire, et en plongeant la lame de verre dans un liquide qu'on souhaite connaître sa tension superficielle ; On peut déduire la tension superficielle en suivant l'évolution temporelle de l'arrachement de la lame du liquide, la réponse du capteur croit de façon progressive jusqu'à une valeur maximal puis elle décroît pour atteindre sa valeur initiale. Le maximum de la tension enregistrée par le capteur de forces, nous permet de déduire la tension superficielle du liquide. (La vitesse d'arrachement doit être suffisamment faible pour que l'équilibre soit toujours atteint).

6- Détecteur de niveau d'un liquide dans un réservoir.