



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35371 B1** (51) Cl. internationale : **G01G 7/02**
(43) Date de publication : **01.09.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **35596**
(22) Date de Dépôt : **28.01.2013**
(71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE MOULAY ISMAIL, MARJANE2 BP :298 MEKNES (MA)**
(72) Inventeur(s) : **BRI SEDDIK ; ABDELRHANI NAKHELI**
(74) Mandataire : **RAFIK ERRAKHI**

-
- (54) Titre : **BALANCE ELECTROMAGNETIQUE**
(57) Abrégé : 1- Dispositif formant une balance électromagnétique, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un ressort, d'un circuit magnétique, un circuit électronique et un crochet pour suspendre des masses. 2- Selon la revendication 1, le circuit magnétique est un dispositif caractérisé en ce qu'il est constitué de deux bobines plates parallèles, dont l'une est mobile et l'autre est fixe, le circuit électronique prélève le signal électrique du circuit magnétique et permet l'affichage de la tension par l'intermédiaire d'un voltmètre numérique. 3- Selon la revendication 2, la bobine fixe est alimentée par un oscillateur de Wien, et par induction magnétique, la bobine mobile est le siège d'une f.e.m. variable.

Abrégé

Le dispositif proposé est une balance électromagnétique à crochet, constituée d'un ressort qui permet la conversion des forces en déplacements, auquel nous avons associé un circuit magnétique permettant la conversion des déplacements en tensions électriques via un circuit de conditionnement, cette tension est affichée par un voltmètre numérique de précision 0.1mV.

L'étalonnage de la balance électromagnétique, en utilisant des masses de précision allant de 0g à 2 g, dans un champ de pesanteur donné constant, nous permet son utilisation pour effectuer des pesées avec une grande précision.

La gamme d'utilisation de cette balance est comprise entre 0g et 2 g, avec une précision $\Delta m = 0.33$ mg et qui peut aller jusqu'à 0.1 mg. Les mesures sont reproductibles et les déformations du ressort sont parfaitement réversibles dans cette gamme de mesures.

01 SEPT 2014

Balance électromagnétique

Introduction.

Les lois physiques de nature expérimentale, ne peuvent être considérées comme valables que dans un domaine plus ou moins restreint, et avec une précision plus ou moins grande.

Certaines lois sont aujourd'hui considérées comme rigoureuses parce que vérifiées comme telles avec la précision actuelle des mesures. Il nous est interdit de penser qu'elles conserveront toujours cette rigueur, ce serait nous prévaloir d'une connaissance parfaite et immuable des phénomènes. Un des caractères de la physique est de chercher sans cesse le perfectionnement des méthodes et des dispositifs expérimentaux ; cette tendance ne relève pas simplement du souci du travail bien fait, la mise en évidence d'écarts par rapport aux lois établies a été souvent le point de départ de découvertes et même quelques fois de grandes découvertes. Ainsi la science est-elle à la recherche d'une précision sans cesse améliorée des mesures, condition essentielle du progrès scientifique.

Il existe de nombreuses balances pour mesurer la masse, balance ordinaire, balance à fléau, trébuchet, balance romaine, Roberval, balance à pendule, peson, et les balances électroniques de précision, dont le principe de fonctionnement repose sur la piézoélectricité ou les jauges de contraintes.

La balance que nous proposons s'apparente au peson à ressort (dont on mesure habituellement l'allongement à l'aide d'une réglette se déplaçant sur une échelle graduée), auquel nous avons associé un convertisseur déformation – tension. Les mesures données sont des forces, et n'indiquent la masse que dans un champ de pesanteur donné constant.

1- Description de la balance électromagnétique.

La balance que nous proposons est constituée d'un ressort (R, photo1) de deux bobines plates de 30 spires chacune, et de rayon 2cm, un dispositif de fixation (SF, photo1), un circuit électronique de conditionnement (fig.2) du signal électrique, et d'une alimentation stabilisée symétrique $\pm 15V$.

Une bobine plate (BF, photo1) est fixée sur un support autour d'un orifice (bobine émettrice), elle est alimentée par un signal sinusoïdal provenant d'un oscillateur de Wien dont les conditions de phase et d'amplification sont satisfaites. La deuxième bobine plate réceptrice (BM, photo1) est enroulée sur un cylindre (CY, photo1) de rayon 2cm et de hauteur 3 cm, ce dernier est suspendu par un crochet (CR2, photo1) à l'extrémité inférieure d'un ressort dont l'extrémité supérieure est fixée sur un support par l'intermédiaire d'un crochet (CR1, photo1); l'ensemble ressort, cylindre et orifice sont bien alignés verticalement, de telle manière que le cylindre traverse l'orifice quasiment sans frottement. Les deux bobines réceptrice et émettrice sont reliées au circuit de conditionnement par l'intermédiaire des fils de connexions. Un crochet (CR3, photo1) est fixé sur la partie

inférieure du cylindre et sert à suspendre des masses. Les deux bobines sont toujours parallèles, distantes de x l'une de l'autre, x étant la distance variable inter bobines.

2- Principe de fonctionnement.

Le cylindre joue un rôle de guidage et permet à la bobine mobile (BM) qui lui est solidaire de s'approcher ou de s'éloigner de la bobine fixe (BF, photo1) autour d'un orifice réalisé sur un support fixe, lorsqu'on exerce une force sur le crochet (CR3, photo1) en lui accrochant des masses.

Le cylindre est donc susceptible de se déplacer verticalement vers le haut ou vers le bas quasiment sans frottement, ce qui a pour effet d'allonger ou de comprimer le ressort. Les deux bobines plates (BF, BM, photo1) sont reliées par des fils de connexions au circuit de conditionnement qui est alimenté par le circuit d'alimentation. La tension de sortie du circuit de conditionnement est acheminée vers un voltmètre numérique de précision 0.1mV.

La bobine fixe (fig2, photo1, BF) est alimentée par un oscillateur de Wien (fig2), de fréquence $f_0 = 84\text{Hz}$, dont les conditions de phase et d'amplification sont satisfaites ($f_0 = 1/2\pi RC$, avec $R=22\text{k}\Omega$ et $C = 0.1\mu\text{F}$). La condition d'amplification $A = 1 + R_2/R_1 = 3$ ($R_2 = 2.2\text{k}\Omega$ et $R_1 = 1\text{k}\Omega$). A est le gain en tension. Cet oscillateur est suivi de deux amplificateurs suiveurs d'isolement, pour alimenter la bobine fixe, et par conséquent, elle est parcourue par un courant variable dans le temps, créant ainsi une induction magnétique variable le long de son axe. Cette dernière crée, à travers la bobine mobile, un flux variable, Φ , et une force électromotrice induite variable et mesurable entre ses bornes. La valeur maximale de cette f.e.m induite dépend de la distance x séparant les deux bobines, et le flux Φ est proportionnel à l'induction magnétique, B , dont la variation, en fonction de x le long de l'axe des deux bobines est donnée par la relation suivante : $B(x) = \mu_0 N I R^2 / 2(R^2 + x^2)^{3/2}$, avec I le courant parcourant les bobines, R leur rayon, N leur nombre de spire, et x la distance séparant les deux bobines. Pour $x = 0$, la relation précédente devient $B(0) = \mu_0 N I / 2R$ qui correspond à une induction maximale.

Lorsqu'on accroche une masse au crochet, le ressort s'allonge, le cylindre se déplace vers le bas, et par conséquent, la distance x séparant les deux bobines diminue ; ce qui se traduit par une augmentation de la tension maximale induite aux bornes de la bobine mobile. Cette dernière étant de faible amplitude, il a fallu apporter des circuits d'amplifications, de redressement et de filtrage (Fig2), pour rendre cette tension exploitable. A la sortie du circuit de conditionnement, un potentiomètre (Fig2) suivi d'un suiveur permet le réglage de la sensibilité du capteur, un circuit approprié du réglage d'offset a été conçu également. Deux filtres de Butter Worth sont utilisés pour éliminer les ondulations résiduelles après le filtre Π .

Le circuit de conditionnement (fig2), est alimenté par une source de tension symétrique stabilisée, $\pm 15\text{V}$.

La balance électromagnétique ainsi proposée, est constituée de deux convertisseurs, le premier est le ressort (convertisseur force-déplacement), le second est un circuit magnétique permettant la conversion du déplacement en tension (convertisseur déplacement- tension) via le circuit électronique de conditionnement.

3- Caractéristiques de la balance électromagnétique.

La balance électromagnétique proposée est caractérisée par une dérive d'origine, Lorsqu'on met le dispositif en marche, il y a une dérive lente, et après environ 20 minutes de fonctionnement, cette dérive devient très faible ($5\mu\text{V}/\text{min}$) et la tension de sortie de la balance est presque stabilisée à une constante. La courbe caractéristique de la balance, $V=f(m)$, est obtenue, en suspendant au crochet des masses de précision allant de 0g à 2g par pas de 125 mg et en relevant la tension correspondante, à l'aide d'un voltmètre de précision 0.1 mV. (tableau1, figure 1).

La réponse de la balance, $V(m)$, n'est pas linéaire, et elle obéit à une relation polynomiale d'ordre 5 dont le coefficient de corrélation $r^2 = 1$ et l'écart-type $\sigma = 0.6$ compatible avec la précision expérimentale.

$$V(m) = \sum_0^5 a_i m^i$$

Les coefficients de cet ajustement polynomial sont :

$$a_0 = 220.16471 ; a_1 = 0.26992 ; a_2 = 1.11028 \cdot 10^{-4} ; a_3 = -1.12246 \cdot 10^{-8} ;$$

$$a_4 = 3.26193 \cdot 10^{-11} ; a_5 = -8.66705 \cdot 10^{-15}$$

a- Tableau1 d'étalonnage de la balance.

L'étalonnage de la balance électromagnétique a été effectué dans les meilleures conditions de fonctionnement, les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

M(mg)	0	125	250	375	500	625	750	875	1000
V(mV)	220.0	256.0	294.4	337.0	383.0	433.7	488.4	548.9	613.9

M(mg)	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
V(mV)	685.0	762.2	845.8	936.5	1033.0	1136.0	1245.1	1358.8

La conséquence immédiate de cette non-linéarité est une sensibilité variable, qui fait intervenir la distance x séparant les deux bobines. La distance inter bobine quand la balance n'est pas chargée est $x_0 = 1.3\text{cm}$, quand on lui accroche une masse de 2g, cette distance n'est plus que de 0.3 cm, ceci nous a permis de déduire la constante du ressort $K = 2\text{g}/\text{cm}$. La précision de cette balance dépend des éléments propres au dispositif expérimental (bobines, frottement, distance inter bobine, nombre de spires, ressort, circuit de conditionnement du signal), et de la qualité de l'appareil de mesure utilisé. A titre indicatif, on donne la sensibilité S et la précision Δm pour quelques valeurs de la masse m , la précision Δm est obtenue en multipliant la sensibilité par la précision du voltmètre numérique utilisée et qui donnée par $\Delta V = 0.1 \text{ mV}$, $\Delta m = S \cdot \Delta V$.

b- Sensibilité et précision de la balance.

M(g)	0	0.5	1	1.5	2
S (mg/mV)	3.3	2.3	1.66	1.2	0.98
Δm (mg)	0.33	0.23	$0.166 \approx 0.17$	0.12	$0.098 \approx 0.1$

L'étendu de mesure de la balance électromagnétique proposée est limité entre 0g et 2g.

Pour des masses supérieures à 2 g, la déformation du ressort n'est plus réversible. Le choix du ressort est crucial, il doit être parfaitement élastique, et présente des propriétés mécanique de très haut niveau. Autre fois le peson à ressort était interdite pour toute transaction commerciale à cause du souci de réversibilité des déformations du ressort. A nos jours, la technologie de fabrication des ressorts est parfaitement maîtrisée, en utilisant des matériaux de très grandes performances, (module d'élasticité élevé, endurance, résistance à la fatigue,...etc.), et de ce fait, la balance électromagnétique proposée ne peut être qu'améliorée et bénéficiera de cette avancée technologique de la fabrication des ressorts.

Conclusion.

Le principe de fonctionnement de la balance électromagnétique repose sur les lois fondamentales de l'électromagnétisme, et les propriétés mécaniques d'élasticité d'un ressort.

Elle est constituée d'un convertisseur force –déplacement et d'un circuit magnétique qui sert de convertisseur déplacement-tension. L'étendu de mesure est compris entre 0g et 2g, avec une précision allant de 0.33mg et peut atteindre 0.1 mg. La balance électromagnétique proposée donne des pesées dans un champ de pesanteur donné. Des améliorations peuvent être apportées à cette balance en insérant un filtre en amont de l'alimentation afin d'empêcher les impulsions parasites provenant du secteur, d'atteindre ou d'altérer la tension de sortie du circuit de conditionnement de la balance électromagnétique, on peut également mettre la cellule magnétique dans une cage de Faraday (boîtier métallique en Cuivre ou en Aluminium) pour protéger le circuit magnétique des rayonnements électromagnétique avoisinant la balance.

On peut aussi procéder à un blindage, en remplaçant les fils de connexions par des câbles coaxiaux, et mettre dans un boîtier métallique l'alimentation et le circuit de conditionnement.

L'utilisation d'un ressort de très bonne qualité permettra d'une part d'élargir la gamme de mesure, et d'autre part augmenter la sensibilité et la précision de la balance. A titre d'exemple, le choix d'un ressort deux fois plus souple, nous conduira à une précision allant de 0.16 mg jusqu'à 0.05mg ; son étendu de mesure dépendra des qualités performantes du ressort pour assurer la réversibilité des déformations.

Les applications d'une telle balance sont nombreuses, et on peut citer entre autres, les mesures de densités, de tension superficielle des liquides, ...etc.

Revendications

- 1- Dispositif formant une balance électromagnétique, caractérisé en ce qu'il est constitué d'un ressort, d'un circuit magnétique, un circuit électronique et un crochet pour suspendre des masses.
- 2- Selon la revendication 1, le circuit magnétique est un dispositif caractérisé en ce qu'il est constitué de deux bobines plates parallèles, dont l'une est mobile et l'autre est fixe, le circuit électronique prélève le signal électrique du circuit magnétique et permet l'affichage de la tension par l'intermédiaire d'un voltmètre numérique.
- 3- Selon la revendication 2, la bobine fixe est alimentée par un oscillateur de Wien, et par induction magnétique, la bobine mobile est le siège d'une f.e.m. variable.

Courbe caractéristique de la balance électromagnétique

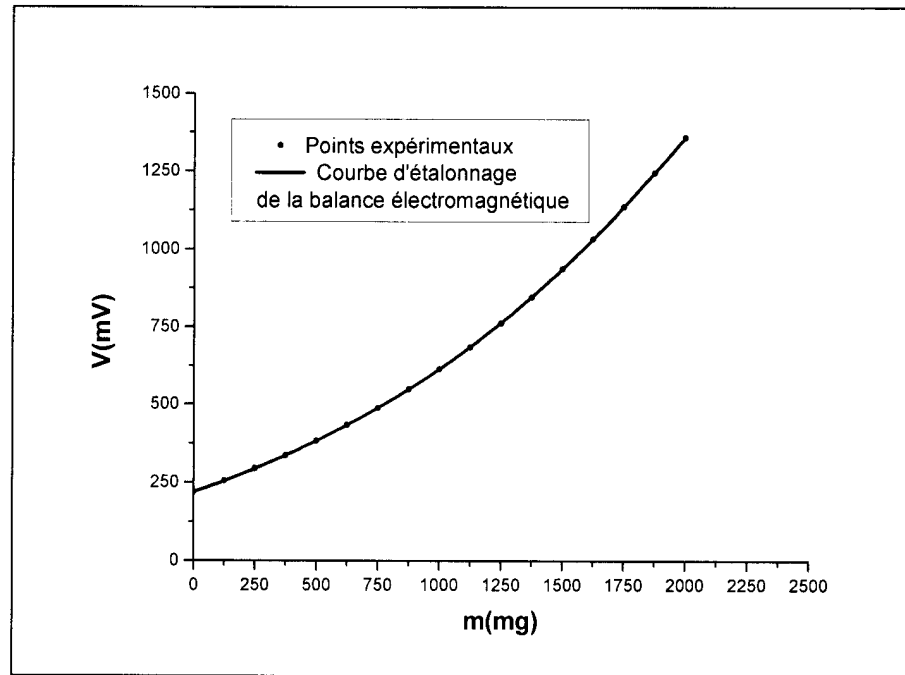


Fig.1 Variations de la tension en fonction de la masse accrochée à la balance.

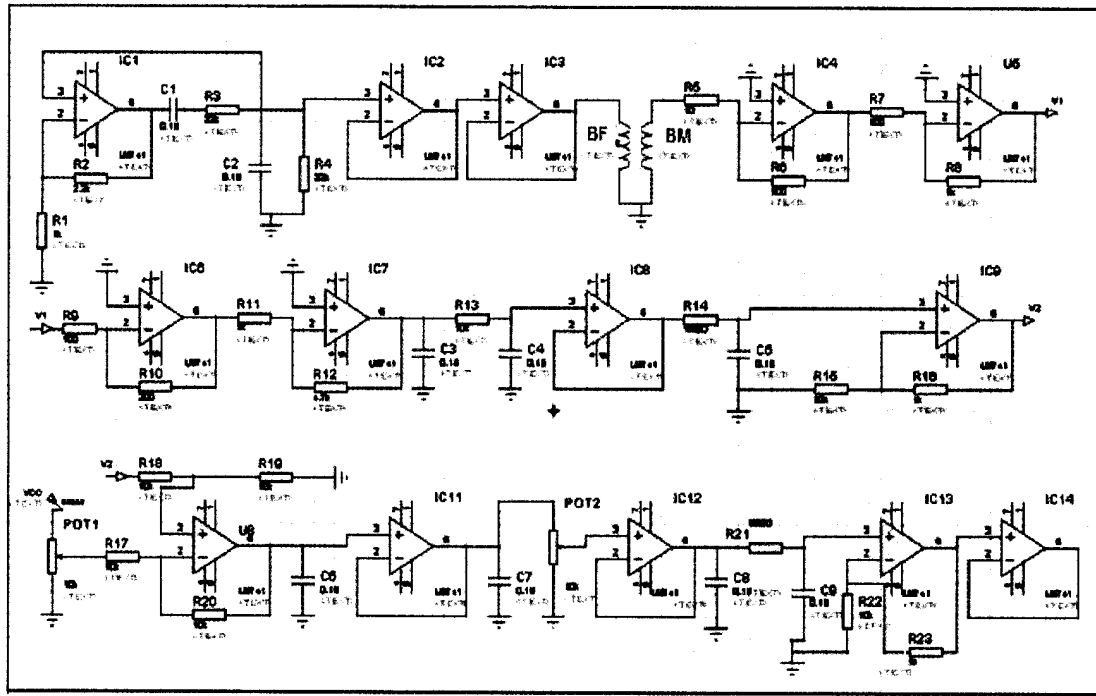


Fig.2 circuit électronique de la balance électromagnétique

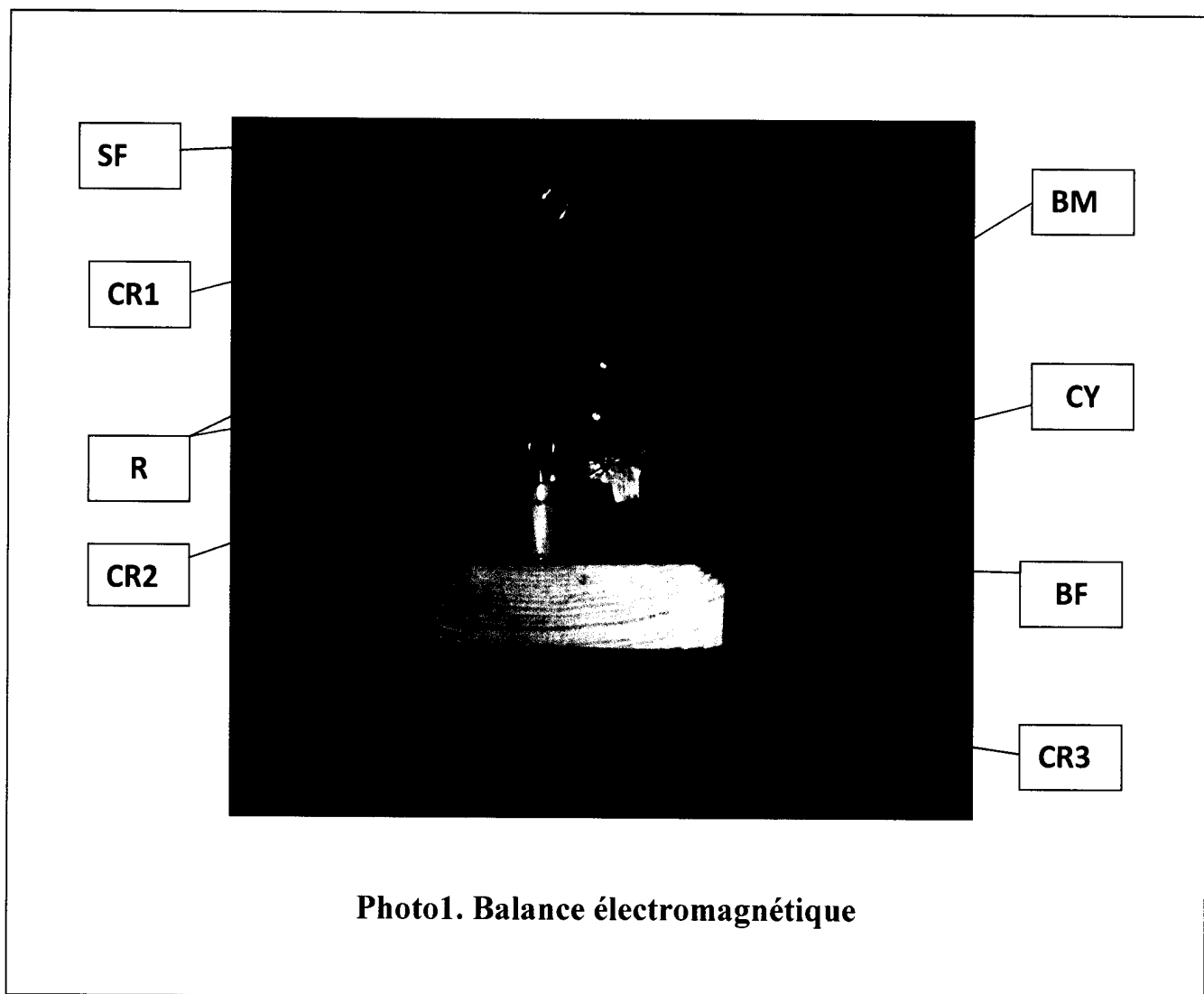


Photo1. Balance électromagnétique