



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35703 B1** (51) Cl. internationale : **G01G 7/02**
(43) Date de publication : **01.12.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **35939**
(22) Date de Dépôt : **27.05.2013**
(71) Demandeur(s) : **UNIVERSITE MOULAY ISMAIL, MARJANE 2, BP:298 MEKNES (MA)**
(72) Inventeur(s) : **BRI Seddik**
(74) Mandataire : **Errakhi Rafik**

-
- (54) Titre : **balance électromagnétique à poutre encastré.**
(57) Abrégé : Le dispositif proposé est une balance électromagnétique à poutre encastrée, constituée d'une poutre encastrée à une extrémité 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 0.01mV. L'étalonnage de la balance électromagnétique, en utilisant des masses de précision allant de 0g à 20 g, nous permet son utilisation pour effectuer des pesées avec une grande précision. La gamme d'utilisation de cette balance est comprise entre 0g et 20 g, avec une précision $\Delta m = 20$ mg. Les mesures sont reproductibles et les déformations de la poutre sont parfaitement réversibles dans cette gamme de mesures.

Abrégé

Le dispositif proposé est une balance électromagnétique à poutre encastrée, constituée d'une poutre encastrée à une extrémité 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 0.01mV.

L'étalonnage de la balance électromagnétique, en utilisant des masses de précision allant de 0g à 20 g, nous permet son utilisation pour effectuer des pesées avec une grande précision.

La gamme d'utilisation de cette balance est comprise entre 0g et 20 g, avec une précision $\Delta m = 20$ mg. Les mesures sont reproductibles et les déformations de la poutre sont parfaitement réversibles dans cette gamme de mesures.

01 DEC 2014

Balance électromagnétique à poutre encastrée

Introduction.

La résistance des matériaux est utilisée pour concevoir des systèmes (structures, mécanismes) ou pour valider l'utilisation des matériaux. La caractérisation mécanique des matériaux permet de les classer, en matériaux ductiles et matériaux fragiles. Ces deux types de matériaux présentent pour des faibles contraintes, une zone de comportement élastique ; La limite d'élasticité est la *contrainte* à partir de laquelle un matériau arrête de se déformer d'une manière élastique, réversible et commence donc à se déformer de manière irréversible.

L'électromagnétisme a été développé au XVIIème siècle, néanmoins, ses effets spectaculaires à distances qui ont fasciné tous les scientifiques, reste et restera toujours une source abondantes d'innovations dans tous les domaines, en particuliers en instrumentation.

Le travail que nous présentons rentre dans ce domaine d'instrumentation, dans lequel nous avons associé les propriétés élastiques d'un matériau et les lois fondamentales de l'électromagnétisme, pour la conception d'une balance électromagnétique à poutre encastrée.

La balance que nous proposons s'apparente à la balance avec jauges de contraintes, en substituant ces dernières par des bobines plates, ces bobines jouent le rôle d'un convertisseur déformation – tension. Les mesures données sont des forces, et n'indiquent la masse que dans un champ de pesanteur donné.

1- Description de la balance électromagnétique à poutre encastrée.

La balance que nous proposons est constituée d'une poutre encastrée à une extrémité, et sur l'autre extrémité on a fixé une bobine plate (photo1, BM) de 30 spires, et de rayon 2cm, une deuxième bobine plate est fixée sur un support solide (photo1, SF, BF) au dessous la bobine fixée sur la poutre, les deux bobines plates sont situées dans des plans parallèles distant de x . Un dispositif de fixation (SF, photo1), et un circuit électronique de conditionnement (fig.2, photo2) du signal électrique, et d'une alimentation stabilisée symétrique $\pm 15V$.

La bobine plate fixe (BF, photo1) bobine émettrice, 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 fixée sur la partie inférieure de la poutre (photo1. P). Les deux bobines réceptrice et émettrice sont reliées au circuit de conditionnement par l'intermédiaire des fils de connexions. Un crochet (CR, photo1) est fixé sur la partie supérieure de l'extrémité libre de la poutre encastrée et sert à suspendre des masses (photo1, M). Les deux bobines sont quasiment parallèles, distantes de x l'une de l'autre, x étant la distance variable inter bobines.

2- Principe de fonctionnement.

La bobine fixe (fig3, photo1, BF) est alimentée par un oscillateur de Wien (fig3), de fréquence $f_0 = 16 \text{ KHz}$, dont les conditions de phase et d'amplification sont satisfaites ($f_0 = 1/2\pi RC$, avec $R=100 \Omega$ 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 suspend une masse M sur le crochet (CR, photo1), la poutre subie une flexion dont l'amplitude dépend de la force exercée sur l'extrémité libre de la poutre, et de ce fait la bobine mobile s'approche de la bobine fixe, 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 (Fig3), pour rendre cette tension exploitable. A la sortie du circuit de conditionnement, un potentiomètre (Fig3) 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 (fig3, photo2), 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 la poutre encastrée à une extrémité avec une charge appliquée à son extrémité libre (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 quelques dizaines 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 20g et

en relevant la tension correspondante, à l'aide d'un voltmètre de précision 0.01 mV. (tableau1, figure 1).

La réponse de la balance, $V(m)$, est linéaire, et elle obéit à une relation suivante, dont le coefficient de corrélation $r^2 = 1$ et l'écart-type $\sigma = 0.0066$ compatible avec la précision expérimentale. ($\Delta V = 0.01 \text{ mV}$). la répartition des résidus de cet ajustement est représentée sur la fig.2.

$$V(m) = A + B m + C m^2$$

Les coefficients de cet ajustement sont : $A = 90.38.853$; $B = 0.54055$; $C = 0.00177$

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(g)	0	0.5	1	1.5	2	3	4	5	6
V(mV)	90.38	90.64	90.95	91.18	91.49	92.02	92.60	93.12	93.65

M(g)	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V(mV)	94.28	94.84	95.42	96.00	96.53	97.12	97.72	98.30	98.89

M(g)	16	17	18	19	20
V(mV)	99.48	100.07	100.68	101.30	101.92

La distance inter bobine quand la balance n'est pas chargée est $x_0 = 4 \text{ mm}$. La précision de cette balance dépend des éléments propres au dispositif expérimental (bobines, frottement, distance inter bobine, nombre de spires, élasticité de la poutre, circuit de conditionnement du signal), et de la qualité de l'appareil de mesure utilisé. La sensibilité $S \approx 2 \text{ g/mV}$ et la précision Δm est obtenue en multipliant la sensibilité par la précision du voltmètre numérique utilisée et qui donnée par $\Delta V = 0.01 \text{ mV}$, $\Delta m = S \cdot \Delta V$, d'où $\Delta m = 20 \text{ mg}$.

L'étendu de mesure de la balance électromagnétique proposée est limité entre 0g et 20g. Le choix de la poutre est crucial, elle doit être parfaitement élastique, la technologie de fabrication des matériaux élastique est parfaitement maîtrisée, et les performances de la balance électromagnétique à poutre encastree peuvent être améliorées en utilisant des matériaux de très grandes performances, (module d'élasticité élevé, endurance, résistance à la fatigue,...etc.).

Conclusion.

Le principe de fonctionnement de la balance électromagnétique repose sur les lois fondamentales de l'électromagnétisme, et les propriétés mécaniques d'élasticité d'une poutre encastrée à une extrémité. 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 20g, avec une précision $\Delta m = 20$ mg, les variations de la tension de sortie en fonction de la masse sont monotones et obéissent à une relation polynomiale d'ordre 2. 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'une poutre de propriétés mécaniques performantes permettra d'une part d'élargir la gamme de mesure, et d'autre part augmenter la sensibilité et la précision de la balance.

Les applications industrielles d'une telle balance et son principe de fonctionnement sont nombreuses, et peut être adopté pour tout système de pesage en réalisant le dispositif adéquat.

D'autres améliorations peuvent être apportées au circuit électronique de conditionnement, et en poursuivant la chaîne de mesure par une acquisition numérique des données.

Revendications

- 1- Dispositif formant une balance électromagnétique à poutre encastrée, caractérisé en ce qu'il est constitué d'une poutre rectangulaire, d'un circuit magnétique, un circuit électronique, un crochet pour suspendre des masses, et un voltmètre pour afficher les tensions.
- 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 sur un support ; par l'intermédiaire du circuit électronique, la tension aux bornes de la bobine mobile est prélevée et acheminée vers un voltmètre numérique pour affichage.
- 3- Selon la revendication 2, la bobine fixe (émettrice) est alimentée par un oscillateur de Wien, et par induction magnétique, la bobine mobile reliée à l'extrémité libre de la poutre encastrée, est le siège d'une f.e.m. variable qui dépend de la distance inter bobine en relation avec la masse suspendue au crochet de la balance.
- 4- Selon la revendication 1, la poutre rectangulaire est un dispositif, caractérisée en ce qu'elle est encastrée à une extrémité, à l'autre extrémité libre est fixé un crochet pour suspendre des masse.

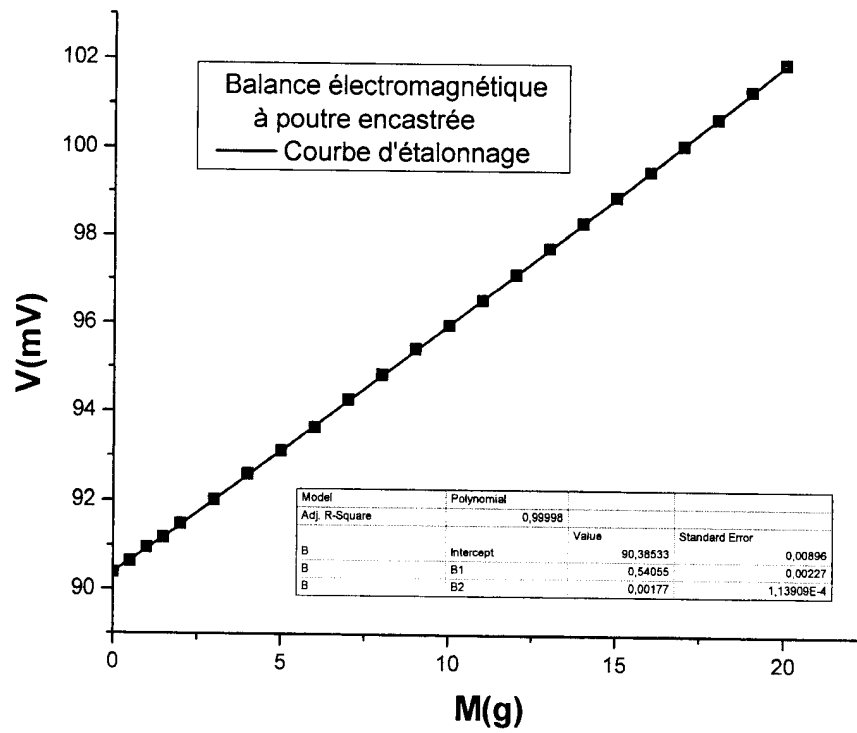


Fig.1. Courbe caractéristique de la balance électromagnétique à poutre encastrée.

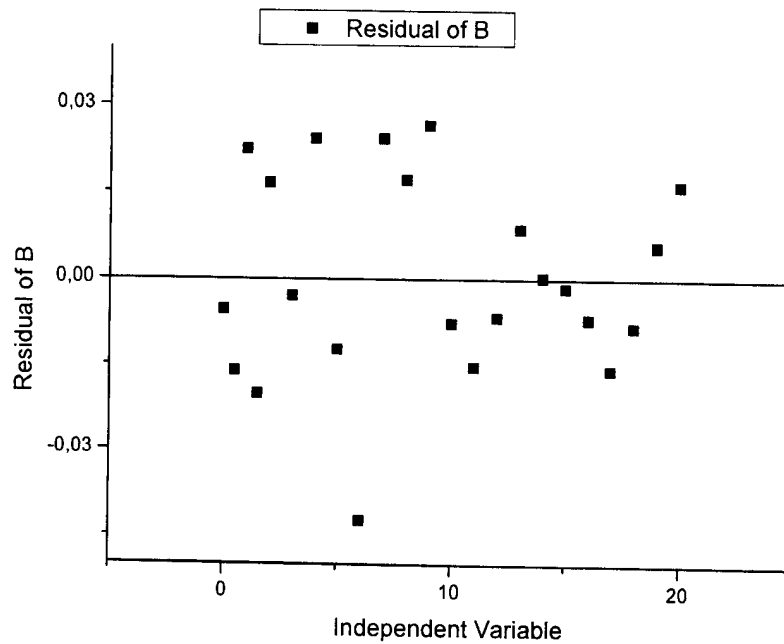


Fig.2. répartition des résidus de l'ajustement d'ordre 2 de $V(m)$.

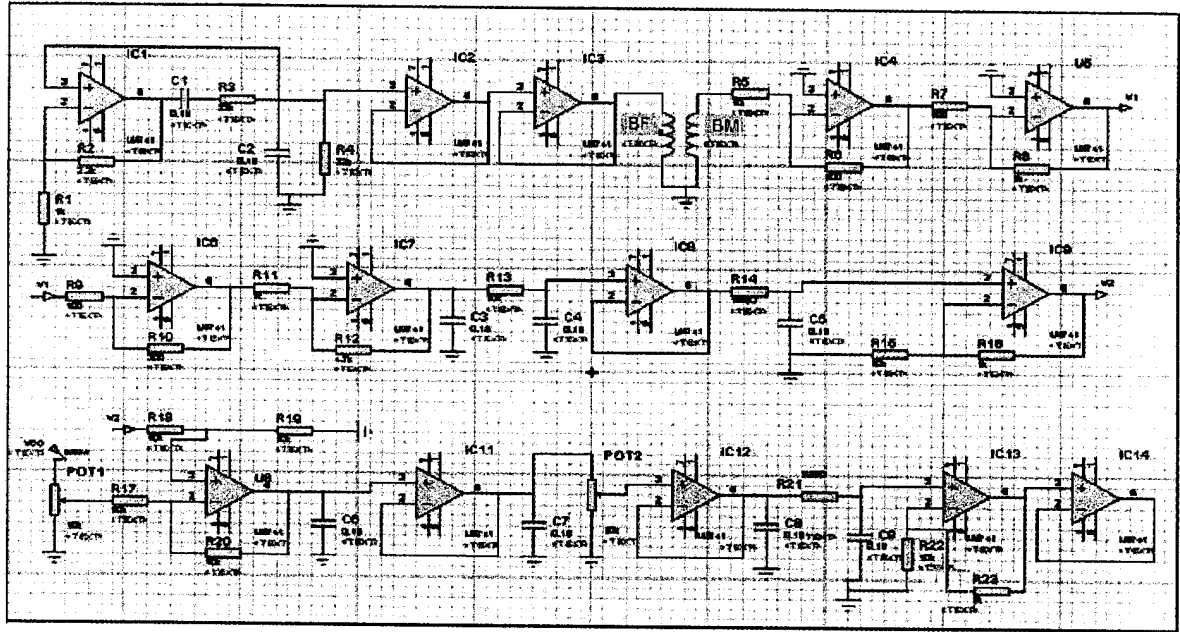


Fig.3 Circuit électronique de la balance électromagnétique

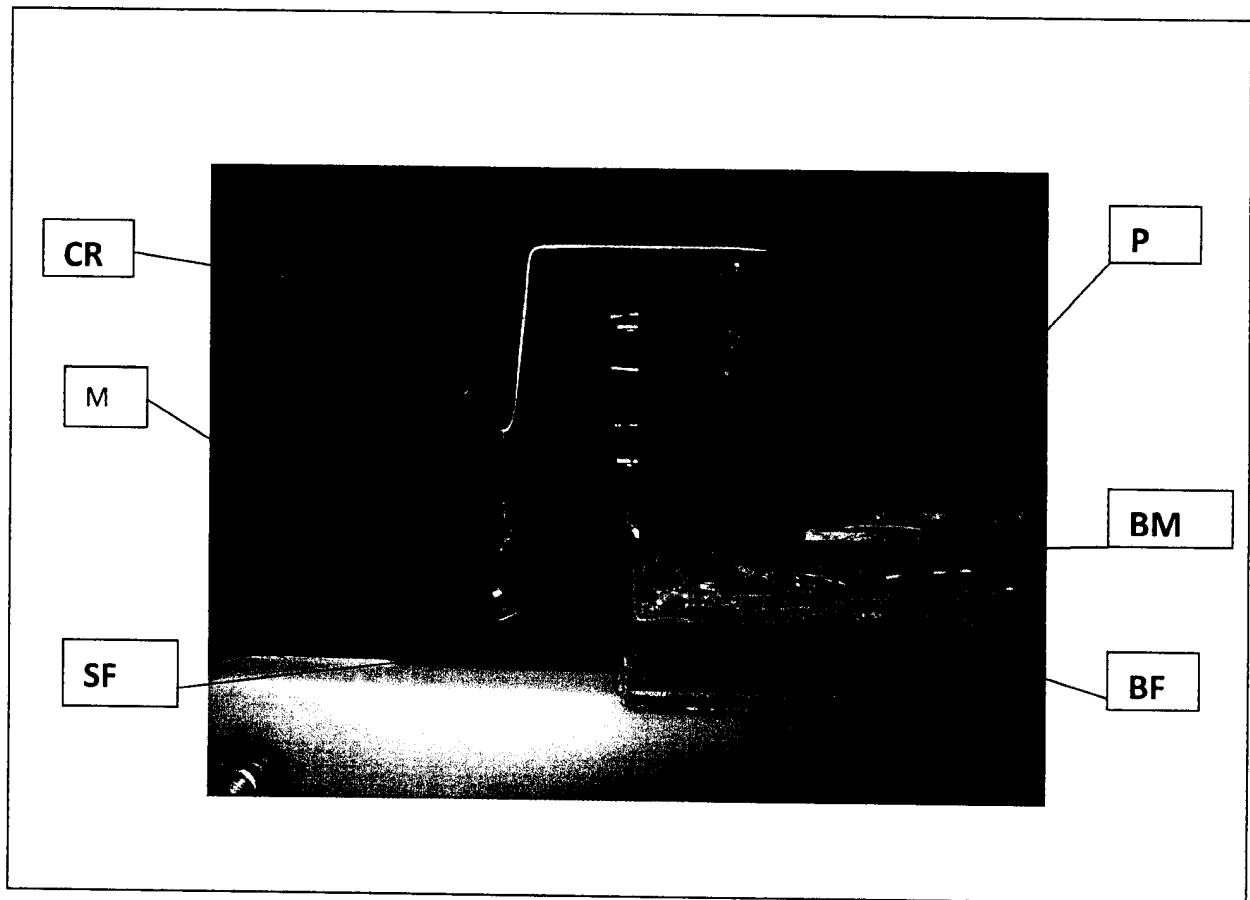


Photo1. Balance électromagnétique à poutre encastrée

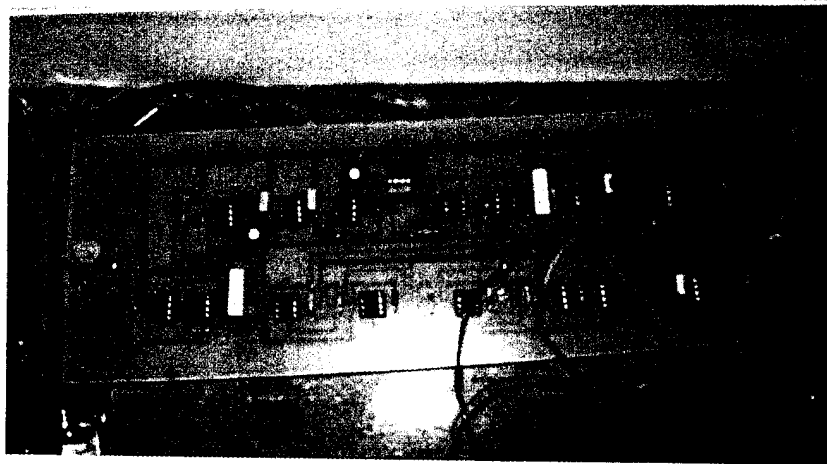


Photo2. Circuit de conditionnement.

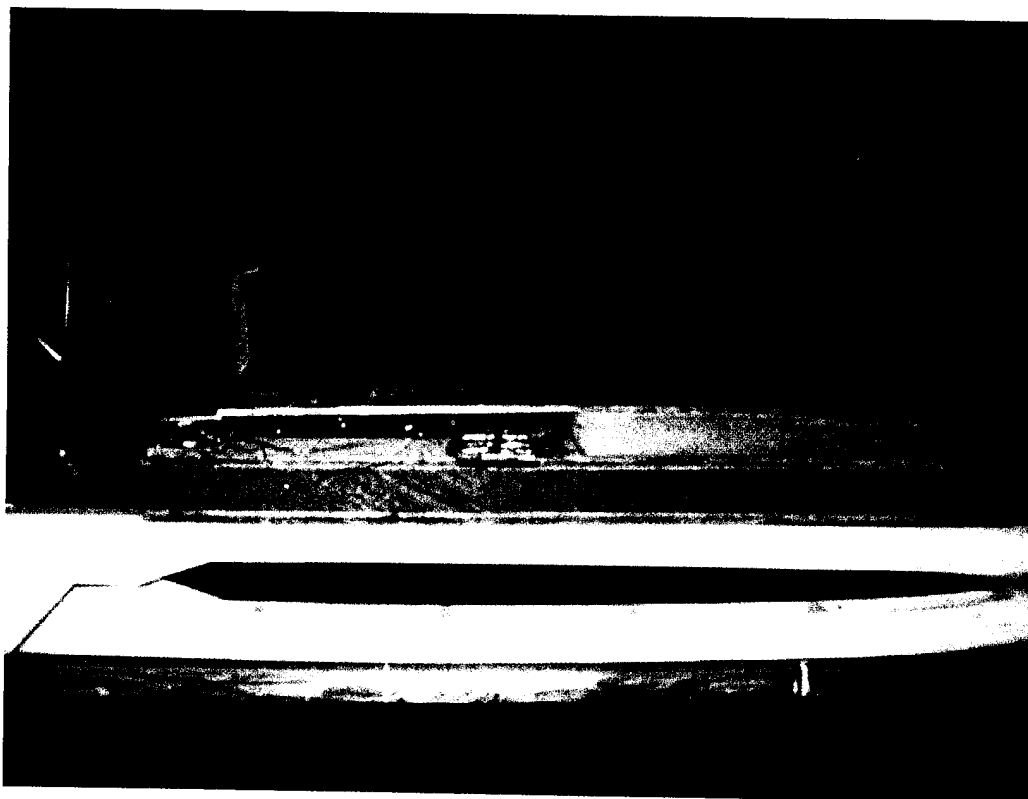


Photo2. Balance électromagnétique à poutre encastrée