UV DE CAPTEUR

RAPPORT DE PROJET

LES CAPTEURS DE DEPLACEMENT

CHAMBREUIL Maxime FOUILLEUX Samy GESLIN Soïzic LE HOAI Minh





SOMMAIRE

Introduction	3
Première partie : étude des d de capteur de déplacement	
I - Capteurs laser	5
1 - Détecteur opto-électronique réflex	
2 - Capteur laser de distance par triangulation	6
3 - Capteurs laser de distance avec mouvements	9
II - Capteurs optiques	11
1 - Principe	
2 - Avantages / Inconvénients et Domaines d'utilisati	
3 - Exemples	14
III - Capteurs inductifs	15
1 - Principe	15
2 - Avantages / Inconvénients et Domaines d'utilisati	on16
3 - Exemples	17
IV - Capteurs capacitifs	21
1 - Principes et caractéristiques générales	
2 - Avantages / Inconvénients	25
3 - Exemples	25
Deuxième partie : réalisation d'interface d'un capteur optic	
I - Présentation de la manipulation	30
1 - Le banc de travail	
2 - Le capteur	
II - Réalisation de la carte de conditionnement	33
1 - Objectif	
2 - Réalisation théorique	
3 - Réalisation pratique	
4 - Ce qu'il reste à faire	
Conclusion	20

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'UV capteur, nous devions réaliser un travail sur un sujet proposé par les professeurs. Notre choix s'est porté sur l'étude d'un banc de mesure du département Mécanique, qui doit être instrumentalisé grâce à un capteur laser. Ce capteur est un capteur dit de déplacement, étant donné qu'il mesure des distances.

La première partie de ce rapport est un résumé des différents types de capteur de déplacement, avec une explication de leur mode de fonctionnement et quelques exemples concrets.

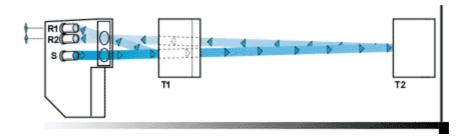
La deuxième partie concerne la manipulation proprement dite. De l'étude du capteur laser à la réalisation de la carte d'interface de façon à pouvoir interfacer le capteur avec un ordinateur.

PREMIERE PARTIE:

ETUDE DES DIFFERENTS TYPES
DE CAPTEUR DE DEPLACEMENT

CAPTEURS LASER

1 - Détecteur opto-électronique réflex avec élimination de l'arrière plan ou élimination du premier plan



Les capteurs opto-électronique réflex avec élimination de l'arrière plan ou élimination du premier plan fonctionnent sur le principe de la triangulation. Ils permettent de détecter un objet par la réflexion du rayon laser, mais aussi la distance entre l'objet et le capteur.

Sur le dessin ci-dessus, le récepteur R1 reçoit le rayon qui provient de l'objet T1 et R2 reçoit ce qui vient de T2 qui est en arrière plan. Dans l'intervalle de la distance nominale de mesure, les objets dont le diamètre est au moins aussi gros que le rayon du laser sont détectés indépendamment de la couleur et du type de surface (réflectivité minimale de 6%). La distance de l'arrière plan doit être de largeur minimum de 10% de la distance à mesurer.

Avantages:

- La mesure de distance est précise
- la distance active est plus petite que pour un capteur à réflexion ce qui améliore la reproductibilité.

Elimination du premier plan:

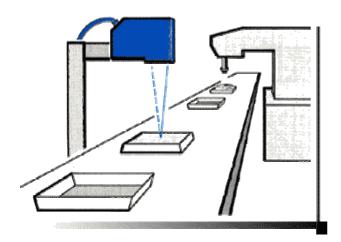
- Détection de l'objet sans région aveugle
- Les cibles sont reconnues quels que soient leur surface et couleur devant un arrière-plan défini

Elimination de l'arrière-plan :

- Les cibles sont reconnues largement indépendamment des propriétés de surface et de couleur même quand les conditions de l'arrière-plan changent.
- L'arrière plan est largement « supprimé », indépendamment des propriétés de surface et de couleur.

APPLICATIONS

Détecteur opto-électronique réflex avec élimination de l'arrière plan ou élimination du premier plan



Une application développée spécialement pour le capteur à réflexion. Le rayon laser est orienté très près, et est donc capable de détecter un objet dans un espace précisément défini et limité, il ignore les objets se trouvant au-delà de cet endroit.

Caractéristiques:

La portée de capture est indépendante de la couleur et la surface de la cible. Détection de petits objets.

Applications Typiques:

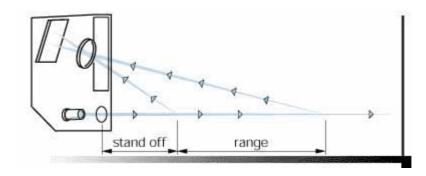
Tri d'objet sans tenir compte de la surface et de la couleur, simplement par rapport à la distance du capteur.

Détection du contenu au travers d'emballage transparent.

2 - Capteur laser de distance par triangulation

Principe de mesure

Le principe optique est basé sur la triangulation. Le rayon laser touche l'objet par un petit faisceau. Le récepteur du capteur détecte la position du faisceau. L'angle augmente avec la distance avec l'objet. Le capteur peut mesure la distance en calculant d'après l'angle qu'il a mesuré.



Première technique pour le récepteur du capteur : rangée de photo-diodes et PSD

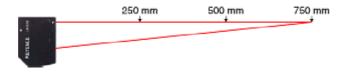
Le récepteur à l'intérieur du capteur est une rangée de photo-diodes ou bien utilise la technologie PSD pour les versions rapides (Position Sensor Detectors, pour plus d'infos : http://dmtwww.epfl.ch/~jzuffere/PSD.html). Le micro-contrôleur lit les valeurs des photo-diodes pour les exploiter. Suivant la répartition de la lumière sur la ligne, il déduit avec exactitude l'angle avec lequel il a reçu le rayon lumineux, et peut donc déduire la distance qui le sépare de l'objet.

La distance est transmise analogiquement ou numériquement (via un port série) en valeur proportionnelle à la distance. Le micro-contrôleur assure une grande linéarité et précision de mesure. L'association des photo-diodes et du micro-contrôleur permet d'ignorer les réflexions parasite et donc d'obtenir aussi des mesures fiables sur des surfaces critiques.

Ce capteur peut s'adapter à des surfaces de couleurs différentes en changeant sa sensibilité interne, ce qui permet de le rendre quasiment indépendant de la surface de mesure. Une sortie digitale indique lorsqu'il n'y a pas d'objet à mesure (il n'y a pas d'objets dans la plage de mesure), un autre indique lorsqu'il ne reçoit pas suffisamment de lumière.

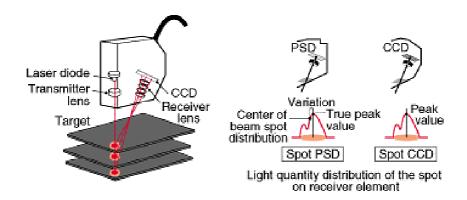
Deuxième technique pour le récepteur : transfert de charge (CCD)

On peut aussi utiliser d'autres dispositifs pour mesurer le faisceau reflété, comme le CCD (à transfert de charge). Associé à un processeur RISC 32 bits à très grande vitesse (qui peut traiter des signaux rapidement), on fait des capteurs qui proposent des mesures de haute précision indépendamment des caractéristiques de la surface de la cible. (exemple : Keyence LK-031 : fournit une résolution de 1 μ m et une linéarité de $\pm 0,1\%$ de la pleine échelle, une plage maximale de 750 mm.)

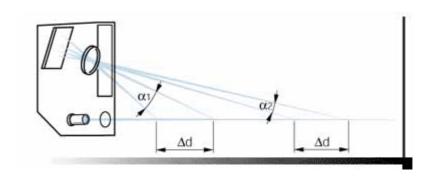


Principe de mesure:

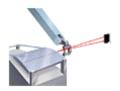
Le capteur de déplacement à laser CCD fonctionne selon un système de mesure par triangulation. Les capteurs de déplacement conventionnels utilisent un détecteur de position (PSD). On cependant utiliser à cet effet un dispositif à transfert de charge (CCD). La lumière réfléchie sur une cible traverse la lentille du récepteur qui la focalise sur le détecteur de position (PSD)ou le dispositif à transfert de charge (CCD). Le détecteur de position (PSD)détermine le centre du spot en fonction de la distribution de la quantité de lumière du spot entier reçue par l'élément et identifie ce point comme la position de la cible. Mais la distribution de la quantité de lumière est affectée par les caractéristiques de la surface de la cible, entraînant des variations des valeurs mesurées. Le capteur CCD détecte la valeur de crête de la distribution de quantité de lumière du spot pour chaque pixel et identifie ce point comme la position de la cible. De cette façon, le capteur CCD permet une mesure de déplacement stable et très précise, indépendamment de la distribution de la quantité de lumière du spot.



La résolution et la précision varient donc avec la distance. Une distance DELTA d va engendrer un angle ALPHA 1 grand, près du capteur, va engendrer un angle bien plus petit (ALPHA 2) plus loin du capteur (voir schéma).



APPLICATIONS



La mesure est réalisée à une distance de sécurité par rapport aux objets en mouvement



Mesure de la gravure d'un pneu



Mesure de la profondeur de la rainure d'un collecteur de moteur



Vérification du bombage d'un capuchon d'aluminium

3 - Capteurs laser de distance avec mouvements

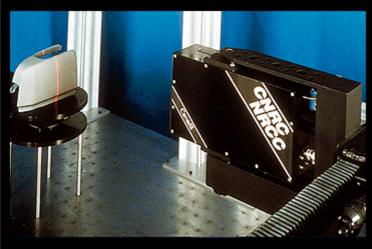
Le principe du balayage laser synchronisé

Ce prototype fabriqué en 1987 est monté sur un système de positionnement linéaire. Dans la partie gauche de l'illustration, le système de balayage laser 3D se trouve en position verticale. Ce montage permet de balayer un objet à la surface de la table, en suivant une trame.

Dans la partie droite, le dispositif de balayage laser 3D est en position horizontale et peut alors s'employer pour des balayages tramés et cylindriques. Pour le balayage cylindrique, l'objet se trouve sur une table tournante et le dispositif de balayage laser est fixe.

C'est le prototype que nous avons utilisé pour la production de la base de données 3D. Il permet d'obtenir quatre volumes de vue, de quelques centimètres cubes à quelques mètres cubes.





La résolution varie en conséquence. Plus le volume de vue est réduit, meilleure est la résolution. Le pouvoir de résolution du capteur de position (élément du DTC couplé à la carte de détection du maximum) constitue une constante de la caméra 3D. Dans ce cas, le DTC comporte 512 pixels, et la détection maximale est supérieure à 0,1 pixel. Le résultat net est une discrimination en distance de plus de 5 000 éléments (z). Transversalement, le miroir à commande galvanométrique peut accéder à plus de 5 000 pixels (x), et l'unité de déplacement linéaire présente une résolution mécanique de 10 microns (qui correspondent à plus de 50 000 pixels (y)). La fréquence maximale de prélèvement est de 20 000 échantillons par seconde. Normalement, le dispositif fonctionne de 2 000 à 20 000 échantillons par seconde, selon la distance entre l'objet et la caméra 3D et/ou la réflectance des surfaces.

D'autres capteurs laser :

- Capteurs qui comptent les pages (ou tout ensemble d'objets bien séparés les uns des autres)
- Détections d'objets
- Distinction noir/blanc

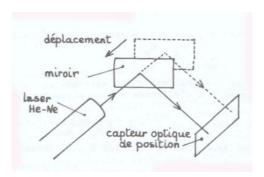
CAPTEURS OPTIQUES

1 – Principe

Les capteurs optiques, en termes généraux, sont des dispositifs optoélectroniques qui détectent l'énergie des rayonnements, dans un domaine de longueurs d'ondes qui vade l'ultraviolet à l'infrarouge, et qui convertissent cette énergie en signal électrique. En se basant sur le principe de conversion photo-électrique, on peut classer ces capteurs suivant l'effet de force photo-électromotrice, l'effet photo-conducteur, ou l'effet de décharge photo-électronique.

Pour ce qui concerne les capteurs optiques de déplacement, il s'agit principalement de photodiodes constituées en sorte de fournir des signaux électriques à partir desquels il est possible de déterminer avec précision la position de l'impact d'un faisceau lumineux sur leur surface. Le faisceau lumineux peut être l'objet premier dont la position doit être localisée. Il peut aussi être le support d'une information de position qui lui a été transférée par réflexion sur un miroir lié à l'objet dont on étudie les déplacements linéaires ou angulaires.

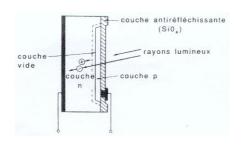
Le grand intérêt de ce type de capteur est de permettre des mesures de position sans contact. Sa résolution est de l'ordre de $0.01~\mu m$.

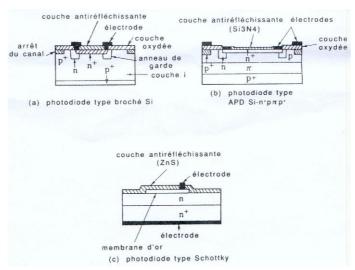


Photodiode

C'est un élément qui utilise l'effet de force photo-électromotrice. On peut résumer ainsi le principe de force photo-électromotrice : sur un support au Si mono cristallin, on dope avec des impuretés différentes, par diffusion thermique, le support et les pôles. On obtient ainsi un dispositif semi-conducteur formé d'une jonction pn. Quand la jonction pn est exposée à la lumière, de nombreuses paires d'électrons trous sont générées, et une force électromotrice est produite entre les électrodes.

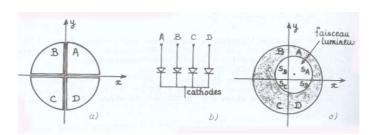
La photodiode utilise donc l'effet de force photo-électromotrice. Et pour augmenter le rendement du dispositif, une couche anti-réfléchissante est déposée sur la surface. Comme matériaux de photodiodes, on utilise des matériaux susceptibles de former une jonction pn, comme Si, Ge, AsGa ou AsGaIn. Le domaine de longueurs d'ondes des rayonnements recevables dépend du matériau, de la forme, et de la position de la jonction. Les schémas suivants montrent le principe d'une photodiode.





• Cellule à quadrants

Le dispositif comprend quatre photodiodes ayant une cathode commune mais dont les anodes sont indépendantes, chacune recouvrant la surface d'un quadrant.



- a) Configuration
- b) Schéma électrique
- c) Cellule éclairée

L'interception d'un faisceau lumineux par la cellule détermine sur chacun des quadrants des surfaces éclairées S_A , S_B , S_C , S_D et le courant délivré par chacune des diodes est proportionnel à la surface éclairée :

$$I_A = \frac{S_d * \Phi_0 * S_A}{S_0}$$
 de même pour I_B , I_C et I_D .

Où S_d est la sensibilité des diodes, ϕ_0 le flux du faisceau incident et S_0 la section du faisceau : $S_0 = S_A + S_B + S_C + S_D$.

On vérifie immédiatement que le positionnement d'un faisceau donné est déterminé uniquement :

- selon l'axe des x par la valeur des aires $S_A + S_D$ ou $S_B + S_C$ c'est-à-dire par les courants $I_A + I_D$ ou $I_B + I_C$
- selon l'axe des y par la valeur des aires $S_A + S_B$ ou $S_C + S_D$ c'est-à-dire par les courants $I_A + I_B$ ou $I_C + I_D$

En outre, dans le cas habituel d'un faisceau de section circulaire et qui est légèrement excentré par rapport au détecteur :

l'abscisse x_0 de son centre est proportionnelle à $(S_A + S_D) - (S_B + S_C)$ et est mesurable à partir des courants par l'expression :

$$(I_A + I_D) - (I_B + I_C)$$

- l'ordonnée y0 de son centre est proportionnelle à $(S_A + S_B) - (S_C + S_D)$ et est mesurable à partir des courants par l'expression :

$$(I_A + I_B) - (I_C + I_D).$$

Afin d'obtenir à l'aide des courants une indication de position des centres du faisceau qui soit indépendante de la sensibilité S_d des diodes et de la valeur ϕ_0 du flux on utilise une méthode quotient métrique : des circuits électroniques associés au détecteur calculent respectivement :

$$\frac{(I_A + I_D) - (I_B + I_C)}{I_A + I_B + I_C + I_D} = \frac{(S_A + S_D) - (S_B + S_C)}{S_A + S_B + S_C + S_D} = k * x_0$$

$$\frac{(I_A + I_B) - (I_C + I_D)}{I_A + I_B + I_C + I_D} = \frac{(S_A + S_B) - (S_C + S_D)}{S_A + S_B + S_C + S_D} = k * y_0$$

Où k est une constante déterminée par l'appareillage.

2 – Avantages / Inconvénients

Avantages:

En avantage des capteurs optiques est leur très bonne résolution, jusqu'à 0.01 μm. En autre avantage est qu'ils sont sans contact direct avec la pièce.

Inconvénients:

Le principal inconvénient des capteurs optiques est que leur efficacité dépend de la réflectivité du matériau ciblé. Si celle ci n'est pas assez bonne il faut alors placer un miroir sur le matériau.

Domaines d'utilisation:





Détection d'emballages Détection qui n'est affectée ni par des surfaces de couleur ou à structure irrégulière, ni par des arrière-plans brillants.

3 – Exemples



PZ-V/M Capterus photoélectriques

Capteurs photoélectriques autonomes

Туре	Faisceau barrage	Rétroréfléchissant	Réfléchissant					
Distance de détection	PZ-M51(P)	PZ-M61(P)*1	PZ-M31(P)*1	PZ-M11(P)*1	PZ-V31(P)*1	PZ-V11(P)*1		
Distance de détection*2	10m	0,1 à 1,5 m*4 (avec R-5)	5 à 300 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)	5 à 100 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)	5 à 300 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)	5 à 100 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)		
Distance de réglage		-	40 à 30 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)	30 à 100 mm† (100 x 100 mm papier mat blanc)	40 à 300 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)	30 à 100 mm (100 x 100 mm papier mat blanc)		
Source lumineuse			Diode électro	luminescente rouge				
Réglage de la sensibilité	Potentiomètre à 1 tour (230°) Bouton-poussoir automatique							
Temps de réponse	1,5 ms max.		1 ms max. (1,2 ms	pour le modèle à fre	équence alternée*1.)			
Mode de fonctionnement	Lumière allumée (LIGHT-ON) / Lumière éteinte (DARK-ON) – sélectionnable par commutateur							
Indicateurs*3	Sortie et alimentation : diode orange – Fonctionnement stable : diode verte							
Écran numérique	Diode rouge à 7 segments et à 3							
Sortie de contrôle	NPN ou PNP : 100 mA (30 V) max. – Tension résiduelle : 1 V max.							
Circuit de protection	Polarité inversée, protection contre le courant de surcharge, absorbeur de surtension							
Alimentation électrique	12 à 24 VCC ± 10 %. Taux d'ondulation résiduelle (P-P) : 10 % max.							
Consommation électrique	T : 24 mA max. R : 27 mA max.	34 mA max.	30 mA max.		37 mA max.			
Classe d'enceinte				IP-67				
Lumière ambiante	Lampe à incandescence de 5000 lux max. – Lumière solaire : 20 000 lux max.							
Température ambiante	−20 à +55 °C, pas de congélation							
Humidité relative	35 à 85 %, pas de condensation							
Vibration	10 à 55 Hz, amplitude multiple de 1,5 mm, 2 heures dans le sens des axes X et Y							
Choc	1000 m/s2², 6 fois dans le sens des axes X et Y							
Boîtier	Résine renforcée à la fibre de verre							
Poids (y compris câble de 2 m)	T : env. 50 g R : env. 55 g							

CAPTEURS INDUCTIFS

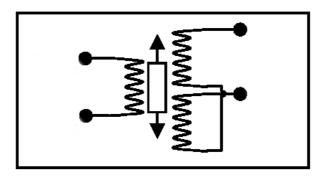
1 – Principe

Le déplacement que l'on veut traduire électriquement est imposé à l'un des éléments d'un circuit magnétique, entraînant une variation du flux dans un enroulement de mesure.

Lorsque l'élément mobile est un noyau ferromagnétique, en translation, son déplacement peut être mis en évidence de 2 manières :

- Soit par la modification du coefficient d'auto-induction d'une bobine (inductance variable).
- Soit par le changement du couplage entre les enroulements primaire et secondaire d'un transformateur provoquant une variation de la tension secondaire.

Les variations du coefficient d'auto-induction L ou de mutuelle induction M en fonction du déplacement d'un noyau sont en général d'une linéarité médiocre ; celle-ci peut être notablement améliorée par l'association en opposition de deux bobines dont les coefficients L ou M varient en sens contraire pour un même déplacement, réalisant ainsi une compensation partielle des non-linéarités (fonctionnement en push-pull).



Le capteur inductif est placé dans un circuit alimenté par une source de tension sinusoïdale dont la fréquence est, en général, limitée à quelques dizaines de kilohertz afin que soient réduites les pertes magnétiques et par courant de Foucault ainsi que l'influence des capacités parasites. La tension de mesure V_m résulte de la modulation d'amplitude de la tension d'alimentation $E_s \cos(\omega_s t)$ par le déplacement x (t):

$$V_m = k.x(t).E_s \cos(\omega_s t + \phi)$$

Plus rarement, les variations de l'élément inductif peuvent servir à moduler en fréquence un oscillateur, proportionnellement au déplacement. En tout cas, quel que soit le type de modulation, la fréquence f des déplacements doit être inférieure à la fréquence

porteuse
$$f_s$$
 afin de faciliter la détection : $f < \frac{f_s}{10}$.

De par leur principe même, les capteurs inductifs sont d'une part sensibles aux champs électromagnétiques parasites et d'autres parts sont susceptibles d'en induire. C'est pourquoi il est nécessaire de les placer à l'intérieur d'un blindage servant d'écran magnétique.

Les capteurs inductifs habituels sont composés d'une bobine, d'une ferrite et d'un circuit électronique monté sur un circuit imprimé, le tout est assemblé et encapsulé dans un boîtier cylindrique. La fabrication, l'assemblage et la connexion de tels capteurs nécessitent aujourd'hui diverses étapes compliquées, qui sont à la fois inadaptées à la miniaturisation et un obstacle pour la réduction des coûts de fabrication.

Mais de nouveaux capteurs miniaturisés sont à l'étude : la solution comprend une électronique d'interface située directement sous une bobine plate électrodéposée de 1 mm de côté et de 75 nH d'inductance. Le signal de sortie de ce capteur est un signal carré, dont la fréquence varie en fonction de l'approche d'une cible métallique.

2 – Avantages / Inconvénients et Domaines d'utilisation

Avantages:

Un capteur inductif est avantageux sur plusieurs plans. D'un point de vue financier, il reste économique à l'achat et consomme peu d'électricité lors de son fonctionnement.

Sur le plan de l'encombrement, le principe de mesure inductif permet de répondre à des exigences sévères, car sa miniaturisation est simple à mettre en œuvre et il conserve une haute résolution et une bonne précision même dans un milieu agressif.

Inconvénients:

En général, de part la technologie utilisée pour leur fabrication, les capteurs inductifs de déplacement sont chers et surtout utilisés dans l'industrie pour une utilisation fréquente.

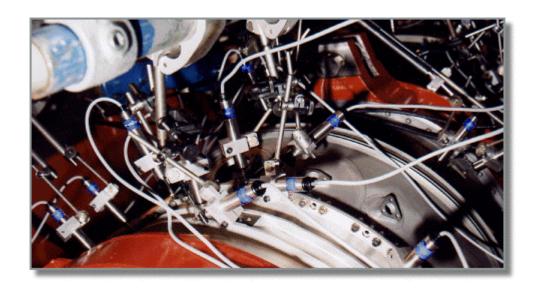
Domaines d'utilisation:

Le capteur inductif est utilisé dans de nombreuses applications en milieu industriel, notamment dans les chaînes d'assemblage et les systèmes de régulation de position.

Par leur encombrement restreint, leur poids réduit et les avantages inhérents au principe de mesure, les capteurs inductifs miniaturisés sont destinés à être des éléments de base à bon nombre d'applications, soit liées à la miniaturisation de systèmes déjà existants (micro-paliers magnétiques ou gyroscopes miniaturisés) ou soit liées à des besoins nouveaux (

contrôle angulaire de micro-moteur pas à pas, imagerie de relief de pièces métalliques ou détection de fissures dans les conduites de gaz).

Pour donner des exemples d'industries où les capteurs inductifs sont utilisés, on en trouve dans l'aéronautique (tests et analyses de la déflection du fuselage, simulateur de vol), le génie civil (pour la détection de séismes) et l'automobile (développement des moteurs et des suspensions).



Pour une précision, une répétabilité et des performances extrêmes, l'industrie se tourne vers les capteurs inductifs.

3 – Exemples

Sfernice Série REC 34L

Capteurs de déplacement rectiligne avec fixation par double rotule Répétitivité du signal remarquable Technologie à piste plastique Grande précision et très longue durée de vie Sortie fils et fixation par double rotule

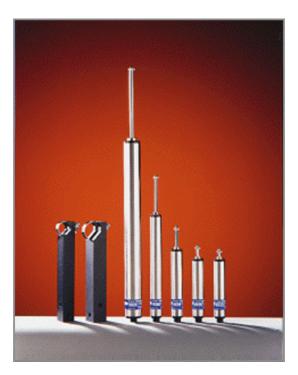
Précision de mesure : +/- 0, 1 %
Tolérance : +/- 20 %
Répétitivité : < 0, 01 %

Résistance d'isolement : > 1 000 M Ohms (@ 500 V c.c.)

Rigidité diélectrique : > 750 V eff Force de déplacement : 2, 5 N

Durée de vie : 50 * 10^6 manœuvres Matériau du boîtier : Aluminium anodisé Température d'utilisation : -55° C à $+125^{\circ}$ C

Prix : ~ 200 €



AK Industries Série PPM12

Plage de mesure (mm): 0...0,2 0...10 0...25 0...100 0...200

Linéarité : +/- 0,3 % (option à 0,2 %)

Exécution: Palpeur (jusqu'à MB 0...50), avec ou sans guidage

Bague de guidage : Bronze / Phosphore Protection : IP65 ou IP68 / 10 bar

Alim nominale / Fréquence : 3V eff / 3 kHz Plage de tension : 0,5...8 V eff Plage de fréquence : 2...10 kHz

Température d'utilisation : -40...+120° C (option à 150° C)

Montage : Diam 8 mm h6 (montage pincé), ou 12 mm h6 Raccordement : Câble PTFE 4 conducteurs ou câble PVC

Boîtier: Acier nickelé / inox

Câble (PVC): Diam 4,7mm, long 1,5m, 2 paires torsadées isolées 0,16mm²

Long de câble max. 100m entre capteur et amplificateur IMA

Durée de vie : 10 millions de cycles

Poids: 86 g



Rectifil Modular C300

Course : +/- 0.25 mm

Précision : 0.5 % (> 0.5 micromètre)

Force de mesure : 0,70 N au zéro él

Diamètre de fixation : 8h6

Guidage: Par cage à billes

Soufflet d'étanchéité



Solartron Mach1 B50

Etendue de mesure : 50 mm Longueur câble : 3 m Masse capteur sans câble : 195 g Masse noyau : 26 g

Matériaux : Corps acier inox / Noyau alliage Nickel-Fer

Indice de protection : IP66

Non linéarité : < 0,25 % de la pleine échelle

Fréquence: 5 kHz

Sensibilité: 10,8 mV / V / mm +/- 5%

Courant d'alimentation : 2,8 mA / V Impédance de sortie : 375 Ohms Décalage de phase : -1 +/- 2° Fréq pour décal de phase : 4,5 kHz

Tension résiduelle au zéro : < 0,5 % de la pleine échelle

Plage Tension alim 1...10 V rms Plage de fréq d'excitation : 0,4...10 kHz Plage de température : -55° à 150° C Coeff de temp du zéro : < 0.01 % EM / ° CCoeff de temp du gain : < 0.01 % EM / ° C



CAPTEURS CAPACITIFS

1 - Principe et caractéristiques générales

Il s'agit soit de condensateurs plans soit de condensateurs cylindriques dont l'une des armatures subit le déplacement à traduire, entraînant une variation de la capacité.

L'effet de bord du capteur dépend de la distance des armatures. Si la distance est négligeable par rapport aux dimensions des surfaces, nous avons :

- Pour le condensateur plan :

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{D}$$

 ε_r étant la permittivité du lieu placé entre les armatures, a et d étant leur surface en regard et leur distance

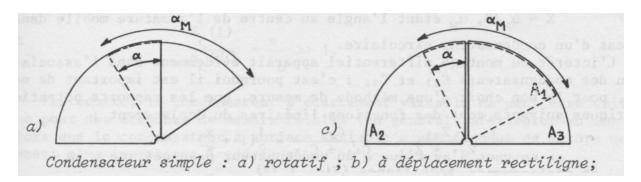
- Pour le condensateur cylindrique:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_r \varepsilon_0 l}{\log(r_2/r_1)}$$

l étant l'enfoncement du cylindre intérieur de rayon r_1 dans le cylindre creux de rayon r_2 .

1.1 Condensateur a surface variable

1.1.1 Condensateur unique



Il s'agit habituellement soit d'un condensateur plan avec armature tournante soit d'un condensateur cylindrique dont une armature est translatable le long de l'axe.

Dans les deux cas, la capacité varie linéairement en fonction du déplacement x :

$$C(x)=K.x$$

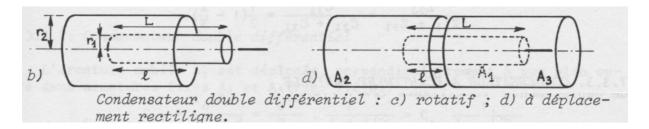
avec
$$K = \frac{\varepsilon_0 r^2 \pi}{360.D}$$
 pour un condensateur tournant

$$K = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\log(r_2/r_1)}$$
 pour un condensateur cylindrique

Caractéristiques générales :

- La sensibilité de la capacité S_c est constante.
- L'impédance n'est pas linéaire par rapport à x et la sensibilité de l'impédance $S_z = -\frac{1}{Kw}\frac{1}{x^2}\,.$
 - La sensibilité relative $S_r = \frac{1}{x}$.
 - Les sensibilités S_z et S_r sont d'autant plus grandes que x est plus petit.

1.1.2 Condensateur double différentiel



L'armature mobile A1 est placée entre deux armatures fixes A_2 et A_3 constituant deux condensateurs dont les capacités C_{21} et C_{31} varient en sens contraire en fonction du déplacement x. La position prise comme origine des déplacements x et celle où l'armature mobile est placée symétriquement par rapport aux deux armatures fixes et où les deux capacités sont égales. En fonction de K et x précédemment définis et du déplacement maximum X on a :

$$C_{21} = K(X + x)$$

$$C_{31} = K(X - x)$$

avec X=L/2, L étant la longueur de l'armature mobile dans le cas d'un condensateur cylindrique.

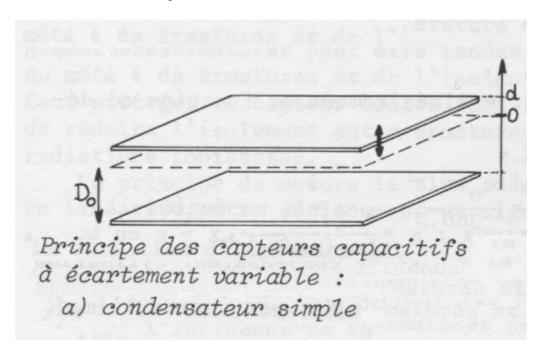
 $X = \alpha_{_M} / 2$, $\alpha_{_M}$ étant l'angle au centre de l'armature mobile dans le cas d'un condensateur circulaire.

L'intérêt du montage différentiel apparaı̂t évidemment dans l'association des condensateurs C_{21} et C_{31} .

1.2 Condensateur a écartement variable

Il ne peut s'agir que de d'un condensateur plan destiné a la traduction de déplacements rectilignes.

1.2.1 Condensateur unique



En désignant par d le déplacement par rapport à l'écartement origine D_{o} on a :

$$C(d) = \frac{\varepsilon_o A}{D_0 + d}$$

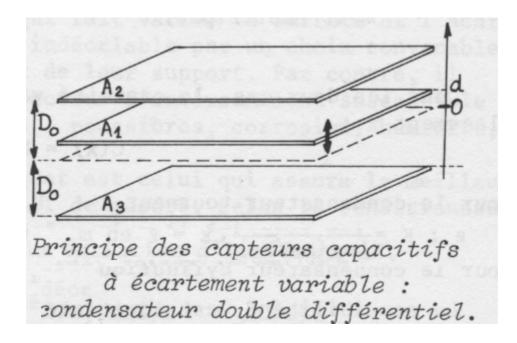
Caractéristiques générales :

- La sensibilité
$$S_c = -\frac{\mathcal{E}_o A}{(D_0 + d)^2}$$

- La sensibilité
$$S_z = -\frac{1}{\varepsilon_o Aw}$$

- La sensibilité relative
$$S_r = -\frac{1}{D_o + d}$$
.

1.2.2 Condensateur double différentiel



L'armature mobile est déplacée, perpendiculairement à son plan entre deux armatures fixe armatures fixes A_2 et A_3 .

Soit d son déplacement par rapport à la position origine équidistante de D_{o} des deux plans, on a :

$$C_{21} = \frac{\varepsilon_0 A}{D_o - d}$$

$$C_{31} = \frac{\varepsilon_0 A}{D_o + d}$$

Comme dans le cas du condensateur différentiel à variation de surface, c'est l'association de ces deux condensateurs qui fait des propriétés intéressantes.

2 - Avantage/Inconvénient

Avantages:

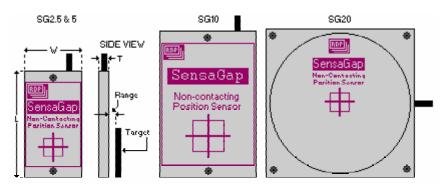
- Les capteurs capacitifs sont remarquables par la simplicité de leur constitution qui permet des réalisations robustes et fiables.
- Le diélectrique a généralement l'air si bien que les performances ne dépendent que des caractéristiques géométriques et sont indépendantes des propriétés des matériaux utilisés, à condition qu'ils soient bien choisis.
- L'influence de la température qui fait varier la surface et l'écartement des armatures peut être rendue indécelable par un choix convenable du métal des armatures et de l'isolant de leur support.

Inconvénient :

- Les capteurs capacitifs sont sensibles aux poussières, corrosions, humidité, radiations ionisantes.

3 – Exemples

1. SensaGap Non-Contact Displacement Transducer



Les dimensions							
Type	Range*	Longueur (L)	Largeur (W)	Epaisseur (T)	Mounting Centres**	Min. Target Area	Weight (excl. cable)
SG2.5	2.5 (mm)	60.5 (mm)	28 (mm)	5 (mm)	53 (mm)	10 x 10	26 gms
SG5	5 (mm)	60.5 (mm)	28 (mm)	5 (mm)	53 (mm)	10 x 10	26

							gms
SG10	10 (mm)	73 (mm)	48 (mm)	6 (mm)	65.5 (mm)	15 x 15	42 gms
SG20	20 (mm)	74 (mm)	74 (mm)	6 (mm)	62 sq. (mm)	50 dia	70 gms

^{*} The minimum gap is 5% of range, the maximum gap is 105% of range.
** Fixing holes take M3 countersunk head screw

Les caractéristiques:

Alimentation (Vs)	15V ±10% at 6mA
Sortie	0 to $3V \pm 10\%$, with respect to (Vs/2) into 10k Ohms min.
Output noise	0.1% E.M
Linéarité	±0.5% E.M
Operating Temperature Range	-15°C to +70°C (SG20), -25°C to +85°C (all others)
Shock resistance	120g (excluding ceramic face)
Vibration	25g (0 to 2kHz)
Relative Humidity	0 to 85% Non-condensing.
Electrical Termination	2m screened cable

Frequency Response					
Percentage of range	Bandwidth (Hz)	Phase lag (degrees)			
100	80	6			
80	100	15			
60	250	20			
40	300	24			
20	500	45			
10	1000	90			

Pour avoir une bonne performance, la cible devrait être métal, mais le capteur travaille aussi bien avec les autres types de matériel. En plus, le diélectrique de la cible devrait être grand ou la petite résistance pour une grande sensibilité.

Target material					
Matériel Dielectric constant					
L 'air 1					
Métal	>4000				
Plastique	3 to 10				
L'eau	75				

Référence:- www.rdpe.com/displacement/sensagap/sensagap.htm

1. Precision Capacitive Sensors



- Utiliser avec toutes les surfaces métalliques ou non-métalliques.
- Grande précision.
- Grande stabilité avec le changement de température.
- Supporter une température supérieure à 200°C.
- 2 metre flexible cable supplied as standard
- Cable lengths up to 5 metres supplied to special order.

DESCRIPTION

Precision Capacitive Sensors A été développé avec FT1000 series electronics pour avoir une grande précision de système de mesure, qui peut être utilisé dans les laboratoires et aussi dans le domaine industriel.

Applications:

- Static & Dynamic Displacement Measurement
- Component Position & Thickness Measurement
- Axial & Radial Shaft Runout Measurement
- Rotor Eccentricity & Orbit Tracing
- Surface Profile Measurement
- Vibration Monitoring
- Edge Detection

Caractéristiques :

Туре	Longueur L (mm)	Diameter ØB (mm)	Electrode Diameter ØE (mm)	Typical Linear Range (mm)	Max Working Range (mm)	Max Working Temp (°C)
CDT100- 02	20	8.0	2.0	2.0	5.0	200
CDT100- 04	25	15.0	4.0	4.0	10.0	200
CDT100- 08	30	30.0	8.0	8.0	20.0	200

DEUXIEME PARTIE:

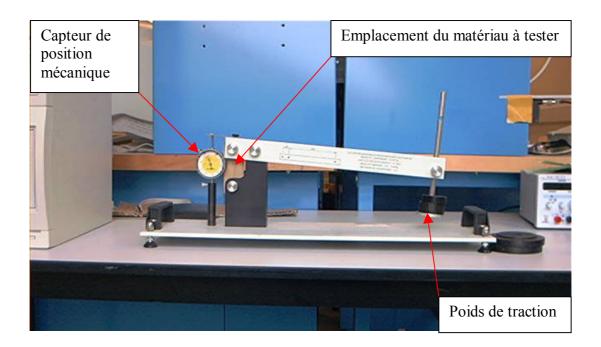
REALISATION DE LA CARTE D'INTERFACE D'UN CAPTEUR OPTIQUE LASER

PRESENTATION DE LA MANIPULATION

1 - Le banc de travail

Le banc de travail que nous voulons instrumenter est un banc de travail du département Mécanique. Il sert à tester la résistance des matériaux. Pour cela, on applique une force de traction sur un matériau et l'on suit son allongement en fonction du temps, jusqu'à la rupture si nécessaire.

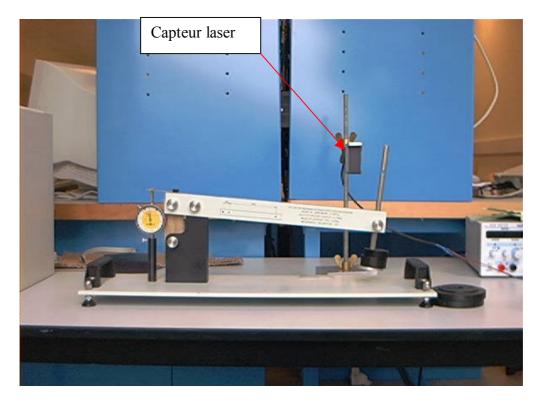
Auparavant, on devait se servir du capteur de déplacement mécanique intégré au banc et d'un chronomètre pour réaliser cette mesure. Cela impliquait la présence constante d'un opérateur sur le banc de travail.



Comme on peut le voir sur la photo du dessus, la force de traction est réalisée par un bras articulé au bout duquel on place des poids de masses différentes. A l'autre bout du bras on trouve le matériau à tester et le capteur mécanique de position. Le matériau est relié par un bout au bras articulé et par l'autre au socle du banc de travail. Le capteur de position mécanique est quant à lui relié au bras articulé par une tige métallique. Le capteur indique la longueur entre le haut du bras articulé et le haut du capteur.

On voit bien que la mesure de l'allongement du matériau en fonction du temps est une tâche longue et difficile. En outre un matériau peut mettre plusieurs heures avant de se rompre.

Avec le capteur laser et un ordinateur, il suffit de lancer le logiciel et les mesures sont faites automatiquement. L'opérateur n'a plus qu'à passer de temps en temps pour s'assurer que tout ce passe bien.



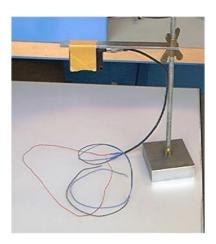
Comme auparavant, on place le matériau à l'emplacement prévu, et on leste le bras articulé avec des poids. Mais cette fois-ci la mesure de la variation de distance est faite par le capteur. Et comme le capteur est interfacé avec un ordinateur, on peut lancer l'application au moment où l'on met les poids, et demandé à ce que les courbes de variation du de la hauteur en fonction du temps soient sauvegardées. L'opérateur n'a plus qu'à revenir à la fin de la manipulation pour récupérer les données.

2 - Le capteur

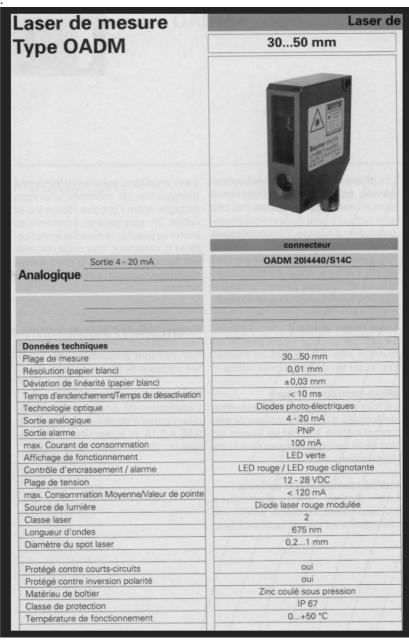
Le capteur était déjà disponible, du fait que des élèves de Mécanique 4 avaient déjà travaillé sur ce banc. IL s'agit d'un capteur laser de qualité (prix estimé à $1\ 000\ \in$) pouvant mesurer une distance entre 3 et 5 cm. Il doit être alimenté, et donne en sortie un signal compris entre 4 et $20\ \text{mA}$.

Toutefois cette sortie n'est pas directement exploitable, et on doit faire passer le signal de sortie du capteur par une carte d'interface afin d'obtenir un signal exploitable par un ordinateur.

Le capteur :



La fiche fournie page suivante est la description détaillée du capteur, c'est celle fournie par le constructeur.



REALISATION DE LA CARTE DE CONDITIONNEMENT

1 - Objectif

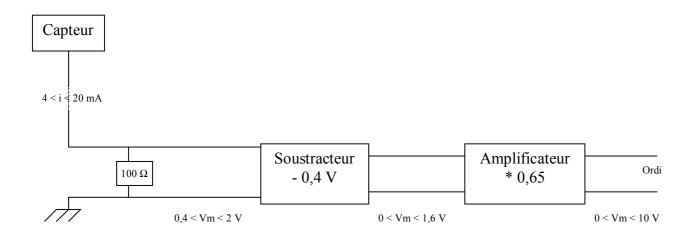
Comme nous l'avons dit précédemment, le capteur nous fournit en sortie un signal compris entre 4 et 20 mA. Reste qu'un signal de ce genre est difficilement exploitable. C'est pourquoi nous avons du réaliser une carte de conditionnement pour transformer ce signal compris entre 4 et 20 mA en un signal compris entre 0 et 10 V.

Il ne nous restera plus ensuite qu'à envoyer ce signal vers une carte d'acquisition pour traiter les données sur ordinateur.

2 - Réalisation théorique

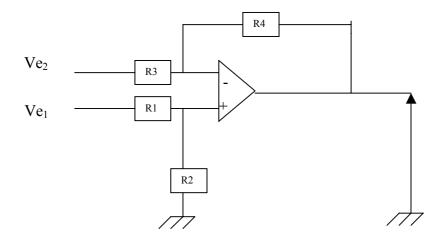
Nous devons tout d'abord faire passer le signal d'une intensité à une tension, grâce à une résistance. Nous obtenons alors un signal composé d'une tension comprise entre 0.4 et 2 V. Grâce à une diode zéner et une résistance variable nous obtenons une tension de 0.4 V, que nous retirons au signal. Celui est alors une tension comprise entre 0 et 1.6 V. Il ne nous reste plus qu'à le multiplier par 6.25 pour obtenir une tension comprise entre 0 et 10 V.

On peut résumer toutes ces opérations par le schéma suivant :



Montage théorique :

Pour transformer le signal de sortie du capteur de façon à avoir ce que l'on désire, il faut utiliser un montage différentiel.



Ve2 = tension à retirer (0,4 V)

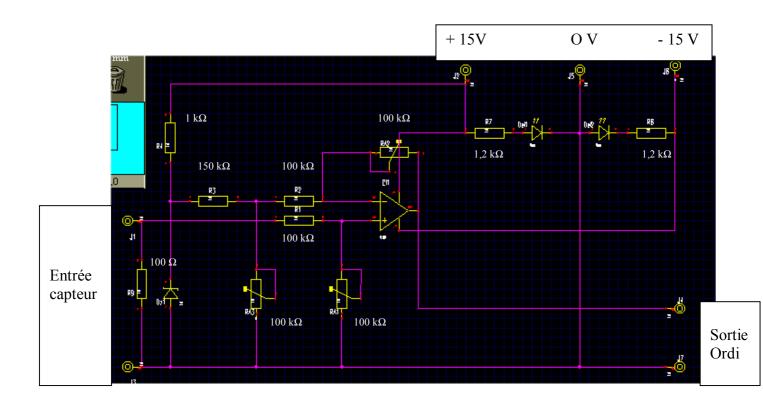
Ve1 = tension obtenue à partir du signal du capteur.

Ce circuit nous permet de réaliser à la fois la soustraction et l'amplification au niveau du signal d'entré.

Pour ce qui est de la source de tension de 0,4 V, nous nous servons d'une diode zéner reliée à l'alimentation +15 V.

Nous nous sommes d'ailleurs aperçus qu'un problème apparaissait au niveau de l'alimentation. En effet, en utilisant un générateur de la salle de TP, tout marchait correctement. Mais lorsque nous nous sommes servit d'une alimentation +15V -15V indépendante, nous avons découvert que nous avions en sortie +15V -29V. Ce problème était en fait du au fait que l'alimentation ne dissipait pas suffisamment de courant dans le circuit. C'est pour quoi nous avons rajouté une résistance entre l'entrée +15V et 0V, de même qu'entre -15V et 0V. Nous avons aussi rajouté des diodes pour vérifier que le courant passait bien.

Au final nous avons obtenu le circuit suivant (schéma réalisé sous Big-Ci) :



Nous avons placé sur le circuit trois résistances variables. Deux servent à régler le gain et la troisième sert à régler la valeur de la tension que l'on retire au signal du capteur.

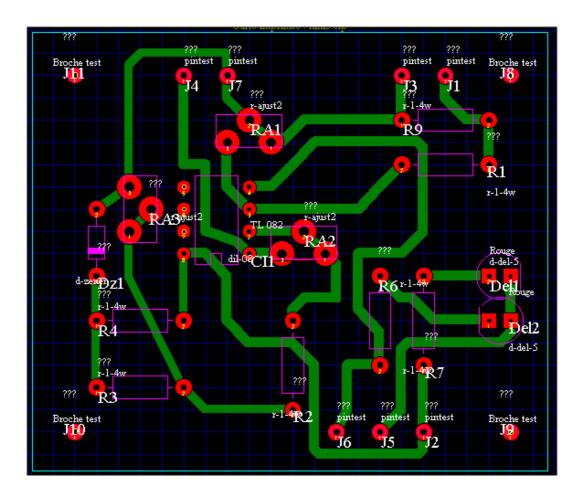
3 - Réalisation pratique

Une fois le circuit théorique réalisé, nous avons produit le circuit réel en nous servant du logiciel Big-Ci.

Nous avons commencé à récupérer les divers composants nécessaires à la réalisation du projet, notamment une alimentation :



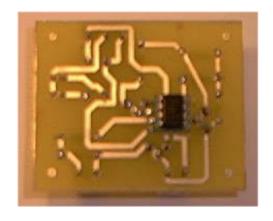
Nous avons construit le circuit réel :



Une fois ce circuit imprimé sur un calque, nous en avons fait faire un circuit imprimé que nous avons ensuite finalisé en mettant les divers composants.

Nous avons aussi récupéré une alimentation qui s'adaptait parfaitement à notre problème.

Au final nous avons obtenu:





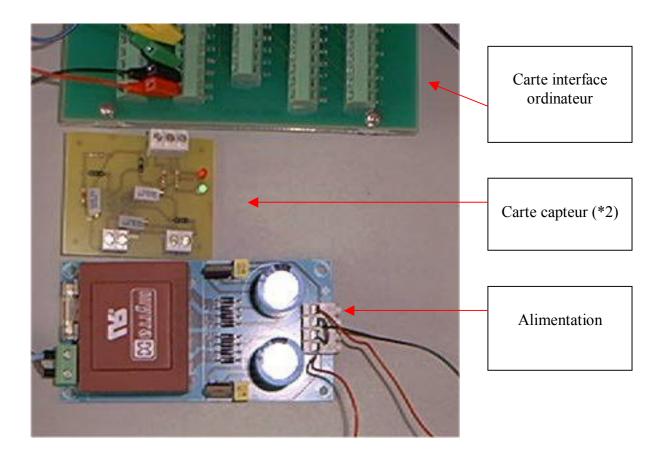
4 – Ce qu'il reste à faire

Le circuit est finit. Et il ne reste plus que quelques petites choses à réaliser.

Tout d'abord il faut réaliser l'interface Labview. Nous n'avons en effet pas eut le temps de réaliser une interface correcte, et le plus simple est de tout recommencer.

Il faut aussi insérer le circuit dans un boîtier. Pour cela il est prévu de mettre deux cartes capteurs dans un boîtier avec une carte interface Labview et la carte d'alimentation.

Au final il devrait y avoir dans la boîte :



CONCLUSION

Comme nous avons pus le voir, il existe une grande variété de capteurs de déplacement : cela va des capteurs lasers aux capteurs resistifs, en passant par les capteurs optiques et capacitifs. Sans oublier qu'il existe d'autres types de capteurs de déplacement.

Du fait de cette grande variété de capteurs, il est toujours possible de trouver un capteur pour réaliser une mesure, quel que soit le cas de figure. Il ne faut toutefois pas oublier que les différents types de capteurs possèdent des avantages et aussi des inconvénients. Certains ont une grande étendue de mesure mais une faible précision, pour d'autres c'est l'inverse. Il faut donc toujours bien voir qu'est ce qui importe le plus avant d'acheter un capteur.

Concernant la réalisation pratique de notre projet, elle nous a permit de mettre en application notre cours de capteur. Nous avons put voir comment fonctionnait la chaîne de mesure, du capteur à la sortie pour l'ordinateur.

Comme nous l'avons dit précédemment, tout ce qu'il reste à faire est d'intégrer la carte d'interface dans un boîtier avec les autres cartes (alimentation et acquisition ordinateur), et de terminer l'interface LabView.