

# RAPPORT MONTAGE 04 : CAPTEURS DE GRANDEURS MECANIQUES

Antoine Robin & Claude Fleming  
Année 2015/2016

## Introduction

Définition d'un capteur : Schématiquement un capteur est un système dont l'entrée (e) est une grandeur à mesurer (masse, vitesse, position...). En sortie (s), on obtient une image de cette grandeur.

Caractéristiques d'un capteur :

-sensibilité :  $S=ds/de$  : si le capteur est très sensible, une faible variation de e entraîne une grande variation de s.

-résolution : c'est le plus petit intervalle de e que le capteur est capable de mesurer.  
 $(de)_{min}=(ds)_{min}/S$

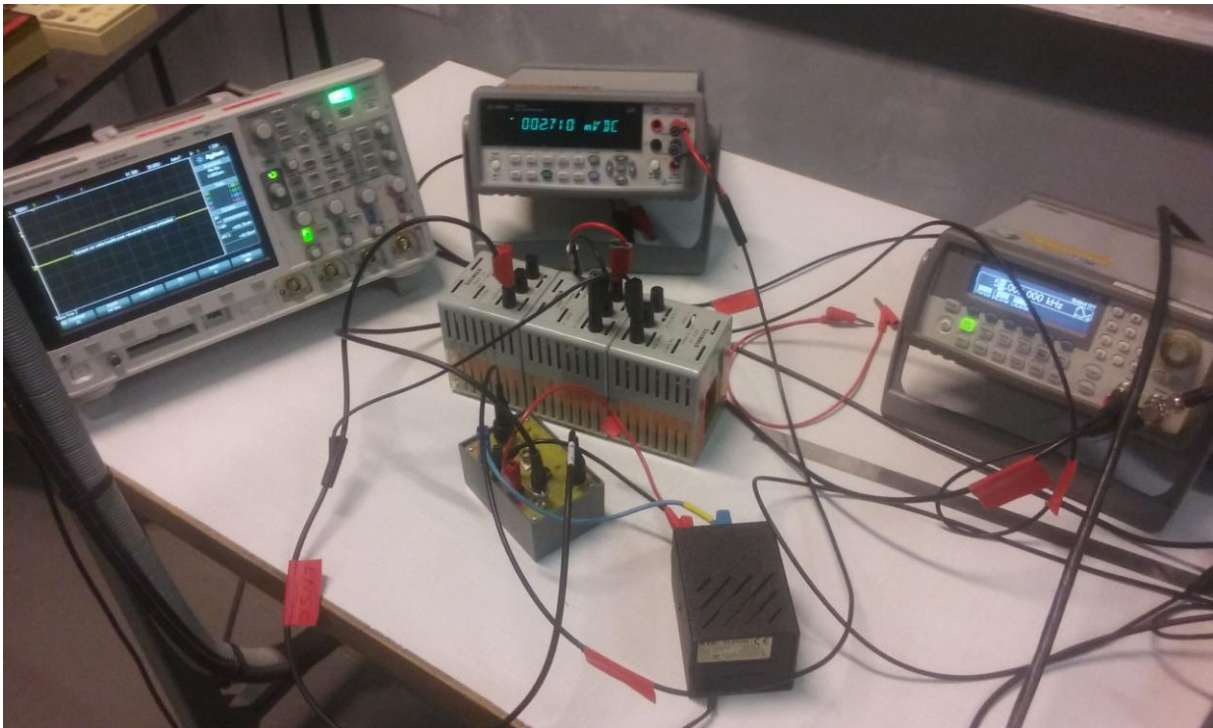
-étendue de mesure : c'est la gamme de e accessible par le capteur.

On s'attachera pour chaque type de capteur étudié à donner ses principales caractéristiques.

## 1) LVDT

Principe : on mesure la position d'un barreau de fer (grandeur d'entrée) glissant dans un ensemble de bobine. La mesure repose sur l'induction mutuelle.

Le principe est bien expliqué dans le rapport de Vincent Faragout (2014/2015)



Réalisation du capteur :

On alimente la bobine centrale avec une tension sinusoïdale  $U_{in}$  à la fréquence  $f$ . Cela crée un champ  $B$ , les bobines situées de part et d'autre de la bobine centrale reçoivent un flux variable de  $B$ , ce qui crée une tension ( $U_1$  et  $U_2$ ). La différence de tension  $U_2-U_1$  entre les bobines latérales est proportionnelle à la position du barreau dans le système. Toute l'information est contenue dans l'amplitude, on se ramène donc à un signal continu en multipliant  $U_{in} \cdot (U_2-U_1)$  puis en filtrant (filtre RC, fréquence de coupure  $f_c=100\text{Hz}$ ) pour garder uniquement la composante continue. Cette composante continue est la grandeur de sortie ( $s$ ) de notre capteur.

Mesurer  $s$  avec un Voltmètre de précision plutôt qu'à l'oscilloscope.

Réaliser une courbe d'étalonnage.

Discuter de la sensibilité, qui est donc la pente de la courbe de  $s$  en fonction de  $e$ .

Discuter de la résolution, pour cela évaluer la précision des mesures que l'on réalise au voltmètre de précision.

Discuter de l'étendue de mesure : la gamme de position mesurable par le capteur est limitée car il faut que le barreau soit entièrement contenu dans les bobines.

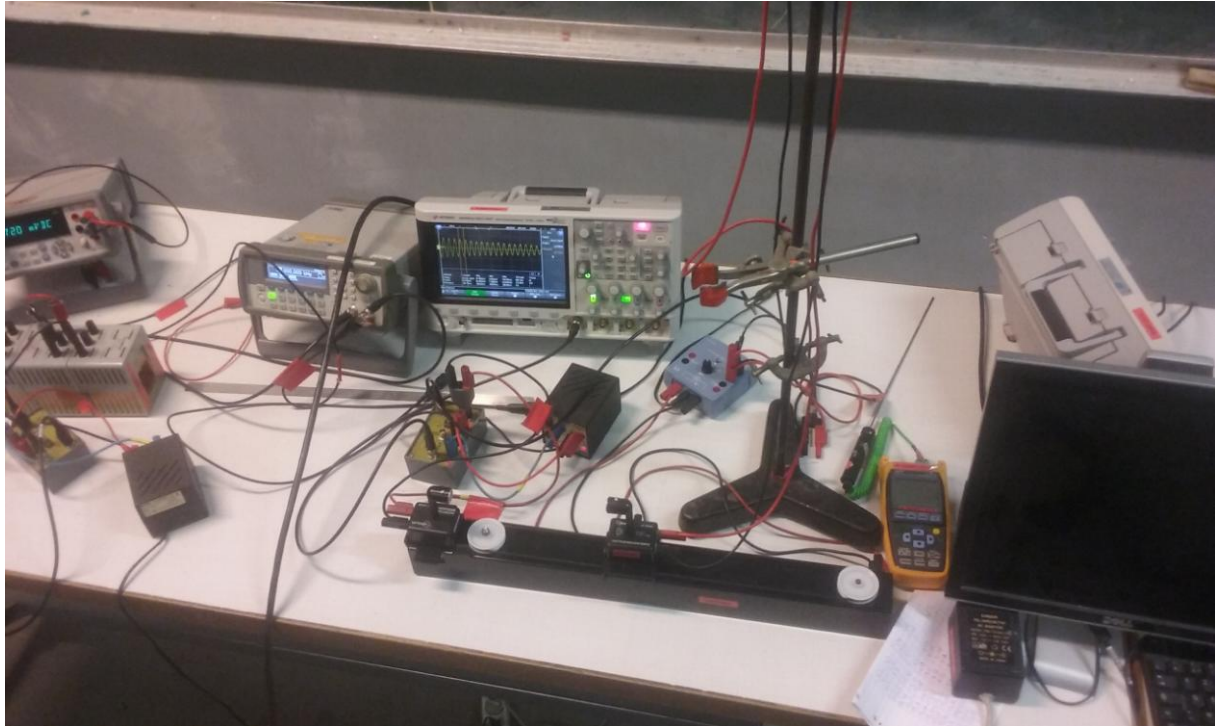
Remarque

La fréquence du signal d'entrée  $f$  peut être prise assez grande pour augmenter l'efficacité du filtrage, mais pas trop grande sinon la bobine se comporte comme un condensateur.

Typiquement,  $f=10\text{kHz}$

## **2) Effet Doppler**

Principe : on dispose sur le banc Doppler, un émetteur et un récepteur à ultrason. Le récepteur est fixe, l'émetteur est mobile, il est animé d'un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse  $v$ . La fréquence mesurée par le récepteur est décalée par effet Doppler, ce qui permet de remonter à la vitesse de l'émetteur, qui constitue la grandeur d'entrée de notre capteur.



### Réalisation du capteur :

Il suffit d'avoir accès à la différence de fréquence entre l'émetteur et le récepteur  $df = f_r - f_e$ . Pour cela on récupère les tensions de l'émetteur et du récepteur, on les multiplie et on filtre avec un circuit RC ( $f_c = 100\text{Hz}$ ). Le signal filtré oscille donc à la fréquence  $df$ ,  $df$  est la grandeur de sortie de notre capteur. On lit la différence de fréquence directement à l'oscilloscope. Et on a  $v = c \cdot (df/f_e)$  (on suppose la vitesse du son connue, faire une mesure de la température et prendre la valeur de  $c$  dans le Handbook)

Suggestion : en préparation, on peut prendre un film du mouvement de l'émetteur et faire un traitement sous le logiciel Pymécavidéo qui permet de faire des pointés de position image par image, dans le but de vérifier que la vitesse de l'émetteur est bien constante.

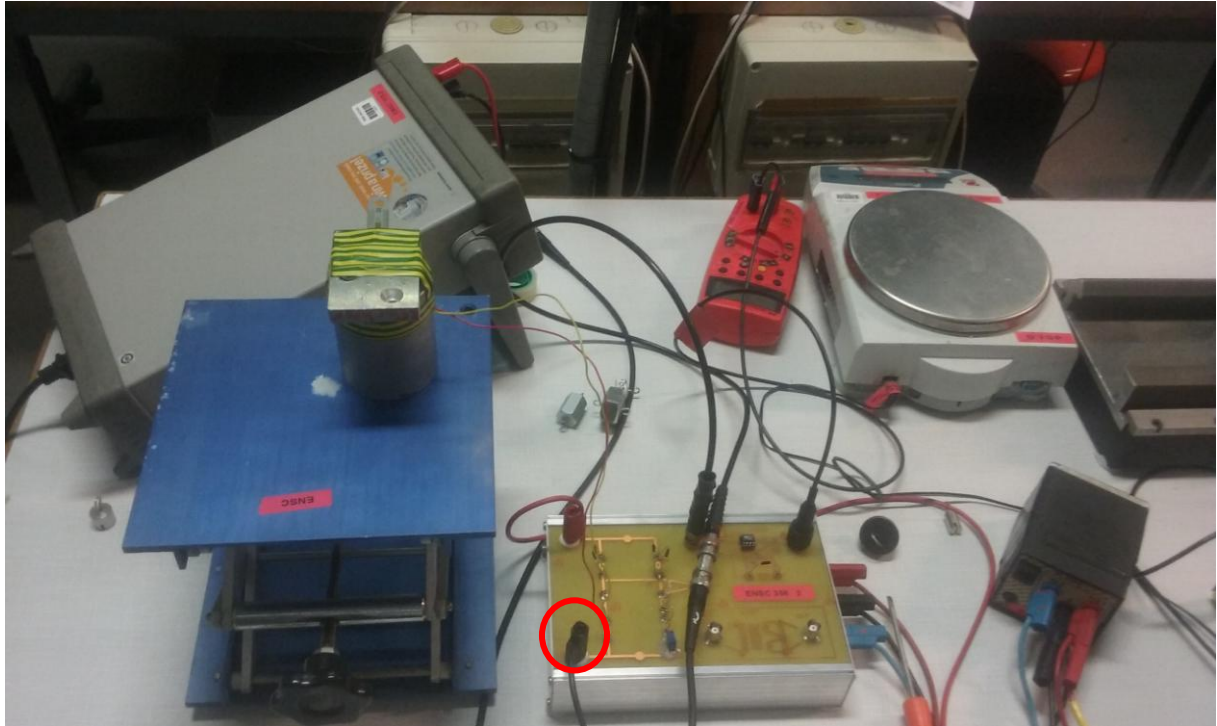
Lors du passage, on peut utiliser d'un chronomètre pour vérifier notre mesure de vitesse.

Ici, on ne fait pas de courbe d'étalonnage mais simplement une mesure pour illustrer le principe.

### **3) Balance à jauge de contrainte**

Principe : un résistor est collé sur un bout de réglet. Pour mesurer une masse, on la suspend au bout du réglet, cela engendre une déformation du réglet ce qui modifie la valeur de la résistance.

Le principe est bien expliqué dans le rapport de Vincent Faragout (2014/2015)



**ATTENTION** : il faut utiliser une seule alimentation. De plus, lorsque l'on polarise le pont (En 0V -15V par exemple), il faut connecter la masse au port situé en face de la résistance bleue, cf le cercle rouge sur l'image.

Mesure : lorsque le régle est au repos, il faut ajuster  $R_v$  (la résistance bleue) avec un tournevis pour annuler la tension  $u_d$  (la tension entre les deux bornes du pont). Mesurer  $u_d$  avec un voltmètre de précision.

Ensuite on suspend la masse et on relève la tension us en sortie de l'AO qui évolue linéairement avec la masse. On mesure us avec un multimètre classique (us fluctue pas mal donc pas besoin d'une précision énorme)

Conseil : utiliser un T au niveau de ud. Envoyer le signal sur le voltmètre de précision et sur l'entrée de l'amplificateur. Le dispositif est assez sensible, on peut fixer la plaquette avec de la patte à fixe.

Réaliser une courbe d'étalonnage (mesurer préalablement les masses avec une balance classique). Attention à ne pas dépasser 200g

Discuter de la sensibilité et de la résolution. Comparer à la résolution de la balance normale... Ce n'est pas brillant. On a trouvé une résolution de l'ordre de quelques grammes.

#### 4) Magnétostriction



Principe, on soumet un barreau métallique à un champ B, ce qui a pour effet de modifier sa longueur. On génère un champ B avec une bobine, on mesure les variations de longueur du barreau par interférométrie. (Michelson avec un laser).

En incidence normale la différence de marche vaut  $2e$ . Si la différence de marche varie d'une longueur d'onde (défilement d'un anneau) l'épaisseur varie d'une demi-longueur d'onde.

Pour savoir si le barreau se contracte ou se dilate suivant que les anneaux rentrent ou sortent, il faut tout simplement faire le test, c'est-à-dire par exemple simuler la dilatation du barreau en le poussant vers l'intérieur et regarder le comportement des anneaux.

Ensuite, en principe il faut mesurer la variation de longueur en fonction du champ B. On peut mesurer le champ B directement au teslamètre ou effectuer au préalable un étalonnage de B en fonction du courant I dans la bobine ou encore supposer directement  $B = \mu_0 n I$  (ce que nous avons fait).

Le protocole « classique » de mesure est le suivant : on regarde en un point donné de l'écran. On fait varier le courant, à chaque fois qu'un anneau passe au niveau du point d'observation, on note la valeur courant.

Cependant, il se trouve qu'à courant constant, le système chauffe pas mal, ce qui génère de la dilatation thermique qui fait bouger les anneaux. Pendant que l'on mesure I, la température fait dériver l'anneau. Ce n'est donc pas si facile de faire des mesures.

Suggestion pour pallier ce problème : pour commencer, on utilise une photodiode reliée à l'oscilloscope en voie 1 pour mesurer l'intensité lumineuse, on voit très clairement les pics lors d'un passage d'un anneau. On peut enregistrer simultanément le courant à l'aide d'une pince ampèremétrique également reliée à l'oscillo en voie 2.

On réalise ensuite une rampe de courant en tournant le bouton à la main. On enregistre donc simultanément le courant et l'intensité lumineuse (utiliser le mode Single). A chaque pic d'intensité lumineuse, on peut faire correspondre la valeur du courant. Cette technique permet de faire l'acquisition en trente secondes, ce qui limite les effets de la température.

On remonte ensuite au coefficient de magnétostriction sur une certaine plage de champ magnétique.

Note : l'évolution n'est pas monotone.