

# INSTRUMENTATION et CHAÎNE de MESURE

**Objectifs** : Apporter les connaissances de base sur les techniques d'instrumentation, soit :

Savoir **choisir** les éléments d'une chaîne de mesure en fonction d'un cahier des charges.

Comprendre les problèmes liés à l'**étalonnage** d'un système de mesure.

Savoir **évaluer** la qualité des mesures réalisées.

**Evaluation** : Examen de 2h (question de cours + mise en oeuvre/analyse d'une chaîne de mesures)(70%) + compte rendu de TP (30%).

V. Boitier septembre 2019 - EMEAT1F1 Instrumentation et chaîne de mesure

1

## Plan / Bibliographie

### PLAN :

- 1/ INTRODUCTION. Intérêt d'une bonne mesure.
- 2/ STRUCTURE d'une chaîne de mesure. Aspects statiques et dynamiques
- 3/ CAHIER DES CHARGES
- 4/ CAPTEURS définitions / classification (passif, actif, intelligent)
- 5/ CONDITIONNEMENT du signal :
  - au plus près du capteur /
  - amplification (ampli de base, ampli d'instrumentation, ampli d'isolation)
- 6/ NUMERISATION du signal FAR / MUX / E-B / CAN
- 7/ TRANSMISSION du signal : Support / Protocoles

### --- Ce que l'on fera en TD/TP -----

TD1 : Chaîne de mesure (pyranomètre)  
+ Incertitudes de mesures.

TD2 : Chaîne de mesure (photodiode),  
aspects temporels et fréquentiels

TD3 : Chaîne de mesure (ECG), pb de mode commun

À faire à la maison :

Chaîne de mesure (Pressure Belt )+ Bruit

### -Ce que l'on fera pas en TD/TP -----

Filtrage, traitement du signal.

Rappels sur 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> ordre

=> Mais à connaître impérativement

### --- Ce que l'on fera en TP -----

TPs : Initiation Labview + utilisation  
carte acquisition

2

## Question:

Visite bibliothèque?

## Bibliographie:

- ++ Acquisition de données du capteur à l'ordinateur,  
G. Asch et collaborateurs, Ed Dunod, 2003
- ++ Traitement des signaux et acquisitions de données,  
F. Cottet, Ed Dunod, 2002
- + Les capteurs en instrumentation industrielle,  
G. Asch et collaborateurs, Ed Dunod,  
Les capteurs 50 exercices et problèmes corrigés,  
P. Dassonville, Ed Dunod, 2005

## Revues :

Mesures

[www.mesures.com](http://www.mesures.com)

Electroniques

[www.electroniques.biz](http://www.electroniques.biz)

## Biblio Web

utilisée pour préparer  
ce cours:

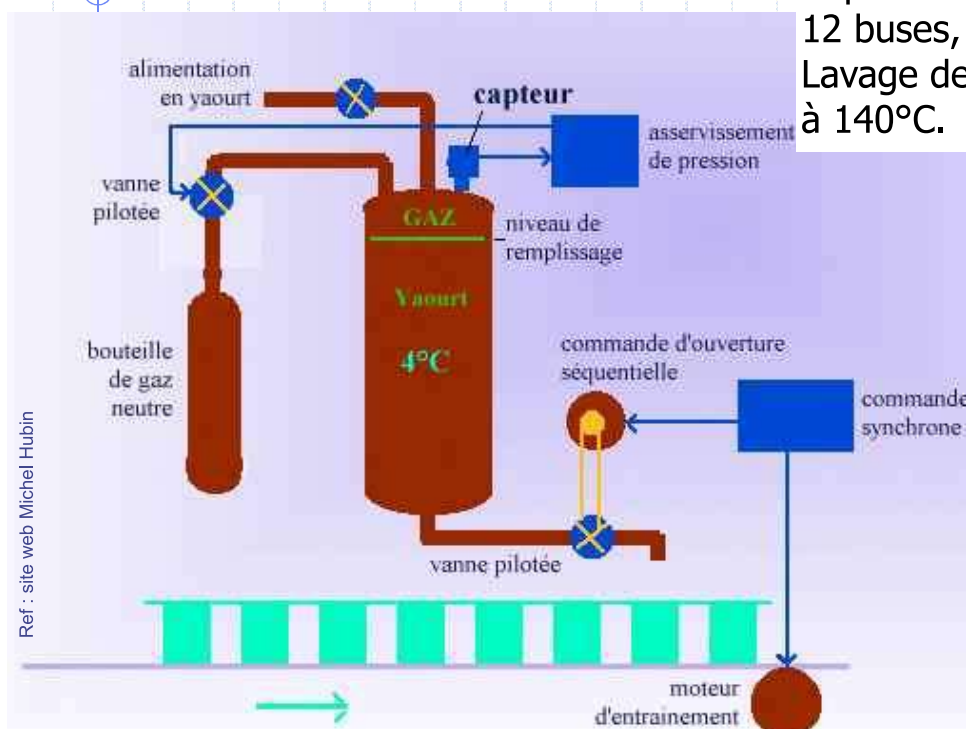
<http://pagesperso-orange.fr/michel.hubin/>  
<http://www.si.ens-cachan.fr/>  
<http://gdumenil.free.fr/gfichier/mai/cours/Capteurs.pdf>  
<http://www.univ-brest.fr/lpo/instrumentation/index.html>  
[http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version\\_pdf/II\\_capteurs.pdf](http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version_pdf/II_capteurs.pdf)  
<http://www.phytem.ens-cachan.fr/>  
<http://www.librecours.org/documents/44/4496.pdf>  
[http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version\\_pdf/III\\_amplidiff.pdf](http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version_pdf/III_amplidiff.pdf)

3

3

# 1/ Introduction : intérêt d'une bonne mesure!

## Exemple 1 : usine à yaourt.



Capacité : 120000 yaourt/heure.  
12 buses, 360 ms/ yaourt.  
Lavage des cuves : vapeur d'eau  
à 140°C.

Le poids des yaourts  
est fonction de la  
pression  
et de la température.

marge bénéf. : 2%,  
lait : 50% du prix du  
yaourt.  
1% de yaourt en +  
=> 25% de bénéf en -

# 1/ Introduction : intérêt d'une bonne mesure!

Exemple 2 : robot laveur de vitre.

Exemple 3 : fatigue de la structure d'un avion.

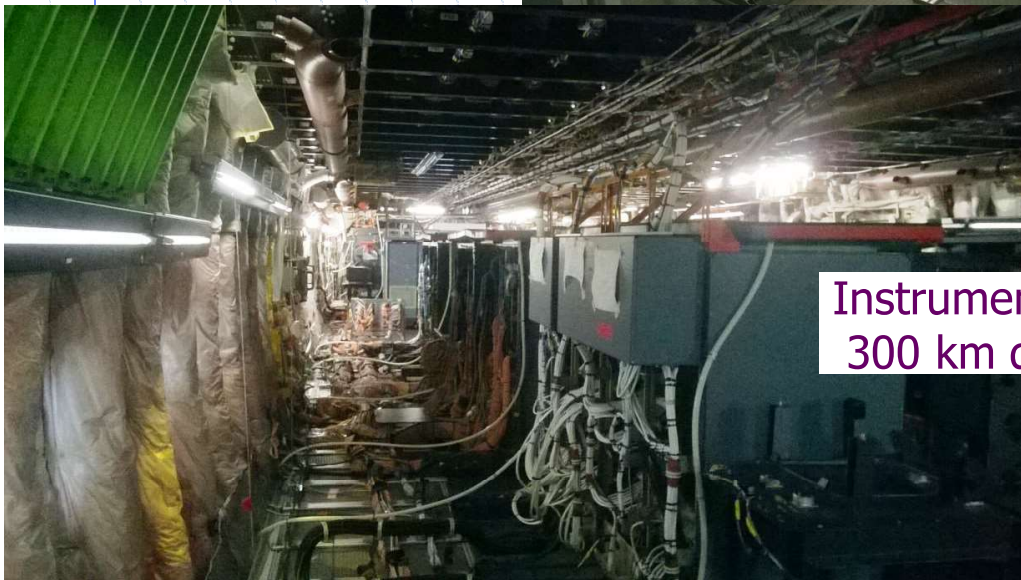
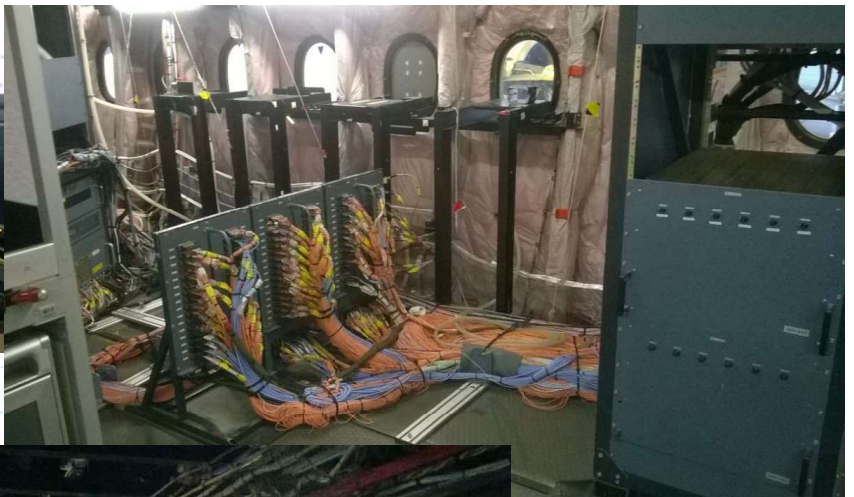
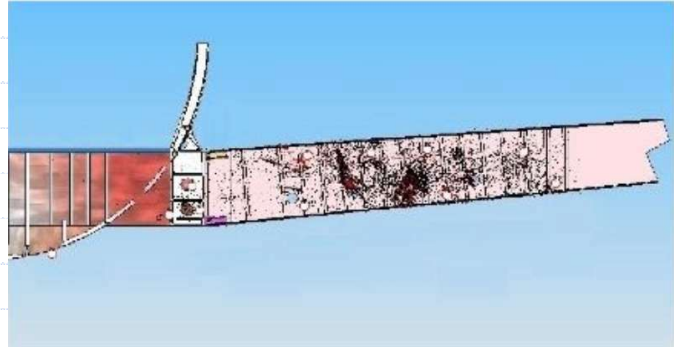


Orion P3 - tanker

50 kHz -800 kHz frequency coverage  
Transducers Inputs 12/24/36/48 acoustic channels  
each:

- 4.5 decade-amplitude log compression
- 10 bit A/D conversion
- 90dB dynamic range
- 16 non-acoustic channels each:
- Bipolar analogue inputs
- $\pm 10$ Volts :16 bit A/D

Ref : [www.ultra-electronics.com](http://www.ultra-electronics.com)

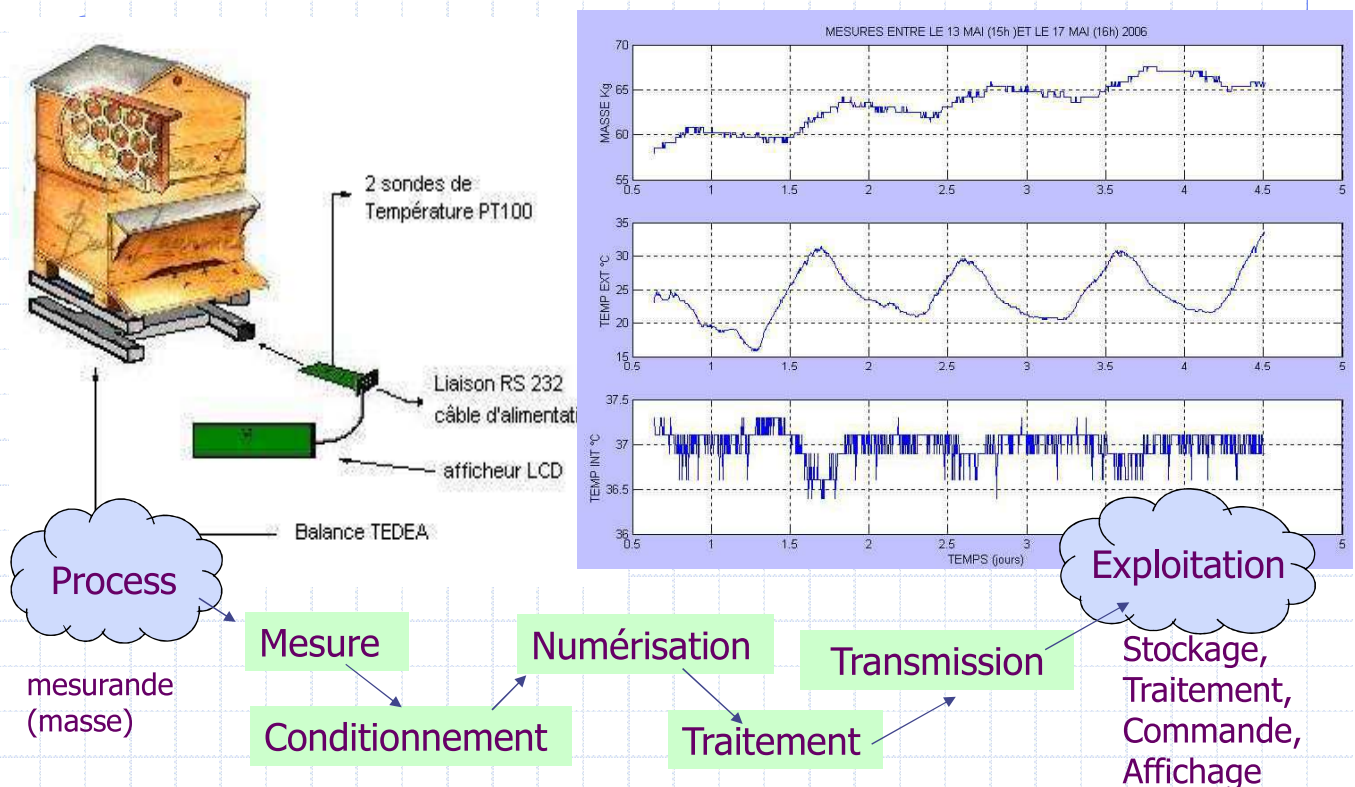


Instrumentation A380,  
300 km de câbles.



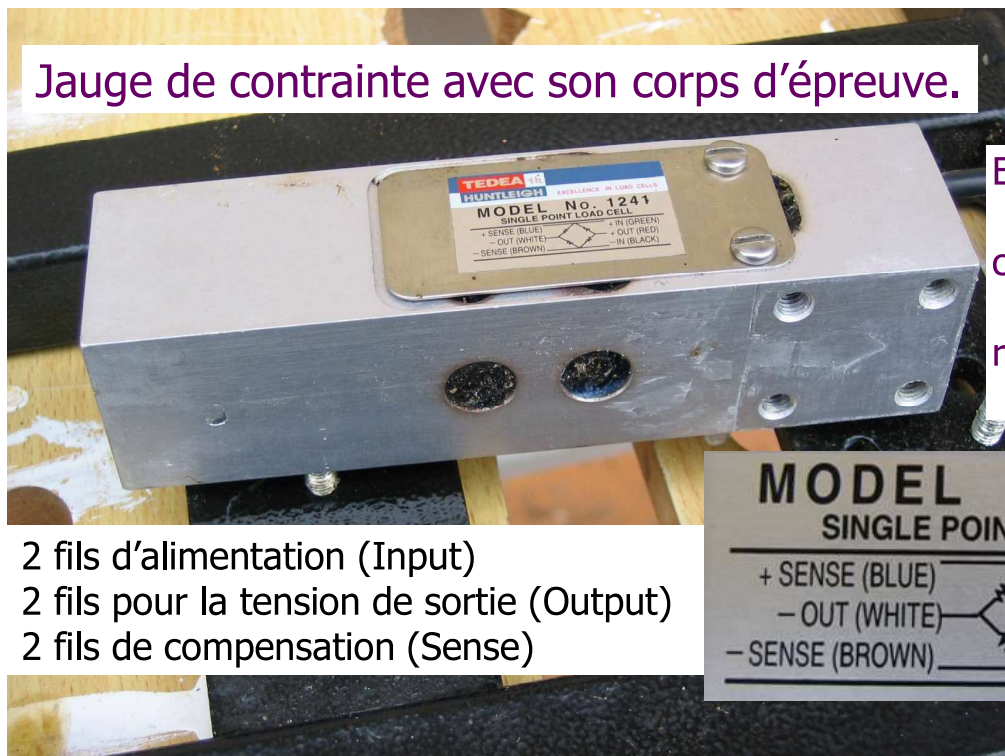
## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect statique

Exemple : mesure de la masse d'une ruche.



7

Jauge de contrainte avec son corps d'épreuve.



Erreur combiné : 0,02%  
charge nominal : 200 kg  
rate output: 2mV/V  $\pm$  10%

2 fils d'alimentation (Input)  
2 fils pour la tension de sortie (Output)  
2 fils de compensation (Sense)

MODEL No. 1241  
SINGLE POINT LOAD CELL

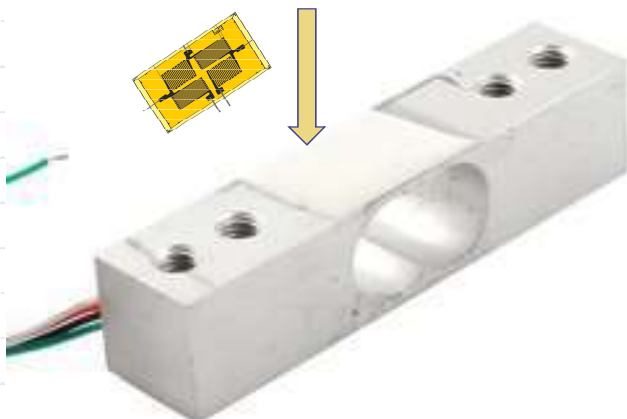
+ SENSE (BLUE) — + IN (GREEN)  
- OUT (WHITE) — + OUT (RED)  
- SENSE (BROWN) — - IN (BLACK)

ACCURACY CLASS	E	F	G	UNITS
Rated Capacity	50, 100, 150, 200, 250			kg
Rated Output*	2.0 $\pm$ 10%			mV/V
Total Error**	1500	2000	3000	Divisions
Total Error for Eccentric Load of 0.33 Rated Capacity	0.0074	0.0074	0.0049	$\pm$ % of Load / cm

8

## Jauge de contrainte

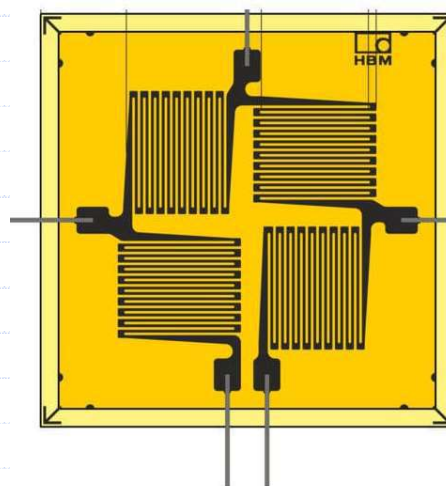
Corps d'épreuve + jauge en pont  
(sous la partie blanche)



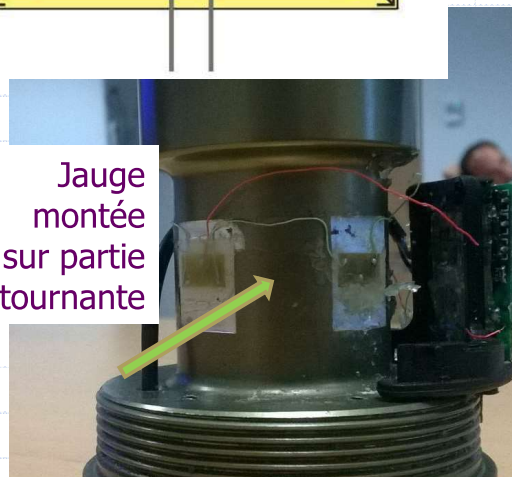
Jauge de contrainte simple



## Jauge de contrainte en pont

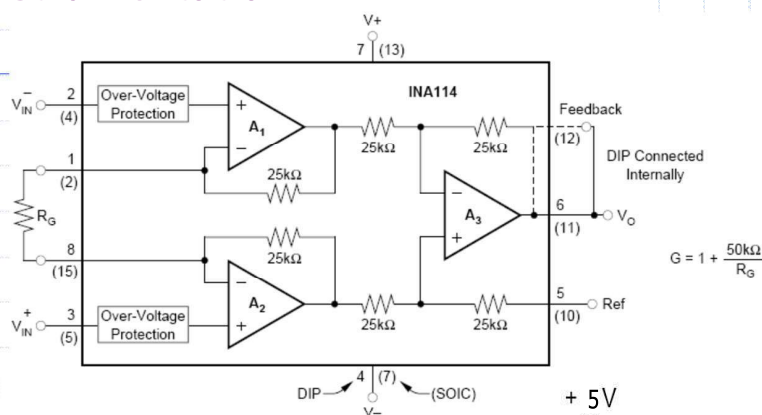


Jauge  
montée  
sur partie  
tournante



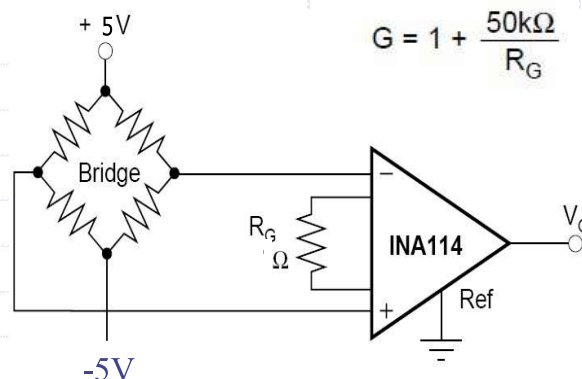
9

## Ampli d'instrumentation : INA 114



### FEATURES

- LOW OFFSET VOLTAGE: 50μV max
- LOW DRIFT: 0.25μV/°C max
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 2nA max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 115dB min
- INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION: ±40V
- WIDE SUPPLY RANGE: ±2.25 to ±18V
- LOW QUIESCENT CURRENT: 3mA max
- 8-PIN PLASTIC AND SOL-16



$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G}$$

10



# Ampli d'instrumentation : INA 114

## SPECIFICATIONS

### ELECTRICAL

At  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_S = \pm 15\text{V}$ ,  $R_L = 2\text{k}\Omega$ , unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BU			INA114AP, AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
OUTPUT Voltage	$I_O = 5\text{mA}$ , $T_{\text{MIN}}$ to $T_{\text{MAX}}$ $V_S = \pm 11.4\text{V}$ , $R_L = 2\text{k}\Omega$ $V_S = \pm 2.25\text{V}$ , $R_L = 2\text{k}\Omega$	$\pm 13.5$ $\pm 10$ $\pm 1$	$\pm 13.7$ $\pm 10.5$ $\pm 1.5$ 1000 $+20/-15$		*	*		V V V pF mA
Load Capacitance Stability								
Short Circuit Current								
GAIN								
Gain Equation		1	$1 + (50\text{k}\Omega/R_G)$	10000	*	*	*	V/V
Range of Gain								V/V
Gain Error	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $G = 1$		$\pm 0.01$ $\pm 0.02$ $\pm 0.05$ $\pm 0.5$ $\pm 2$	$\pm 0.05$ $\pm 0.4$ $\pm 0.5$ $\pm 1$ $\pm 10$	*	*	*	%
Gain vs Temperature								%
50k $\Omega$ Resistance <sup>(1)</sup>								%
Nonlinearity	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$		$\pm 0.0001$ $\pm 0.0005$ $\pm 0.0005$ $\pm 0.002$	$\pm 0.001$ $\pm 0.002$ $\pm 0.002$ $\pm 0.01$				ppm/ $^\circ\text{C}$ ppm/ $^\circ\text{C}$ % of FSR % of FSR % of FSR

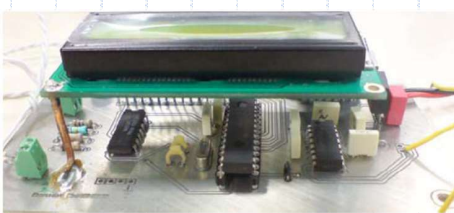
Jauge de contrainte avec son corps d'épreuve.

ACCURACY CLASS	E	F	G	UNITS
Rated Capacity	50, 100, 150, 200, 250			kg
Rated Output*	$2.0 \pm 10\%$			mV/V
Total Error**	1500	2000	3000	Divisions
Total Error for Eccentric Load of 0.33 Rated Capacity	0.0074	0.0074	0.0049	$\pm\%$ of Load / cm

11

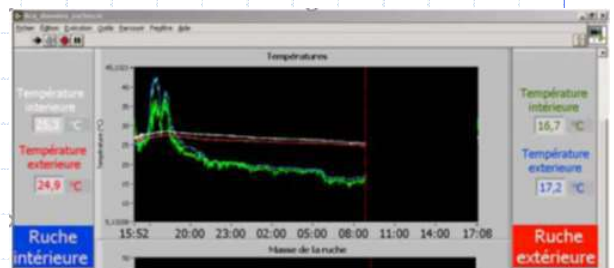
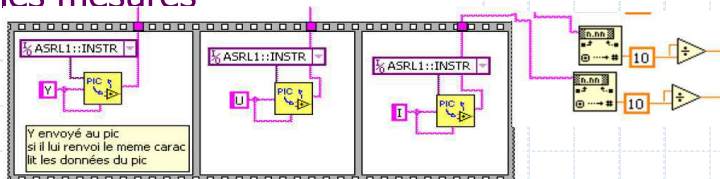
## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect statique

Ex: mesures de la masse d'une ruche.



Traitement, affichage et communication avec le PC via un  $\mu\text{P}$  PIC (programmable in situ) + liaison RS232

Utilisation de Labview pour récupérer et afficher les mesures



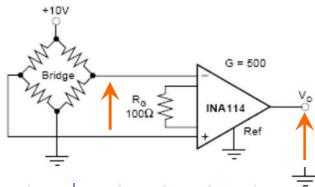
Conclusion **aspect statique**: pour s'affranchir de l'influence des effets de la quantification et du bruit, il faut bien choisir les différents blocs et les interfacier correctement (gamme entrée/sortie maximale mais sans saturation).

12

## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect dynamique

### Ampli Instrumentation, INA 114

PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BU	UNITS
		TYP	
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB	G = 1	1	MHz
	G = 10	100	kHz
	G = 100	10	kHz
	G = 1000	1	kHz



### A622 - Sonde de courant, Pince ampèremétrique, 100 A, 50 mA



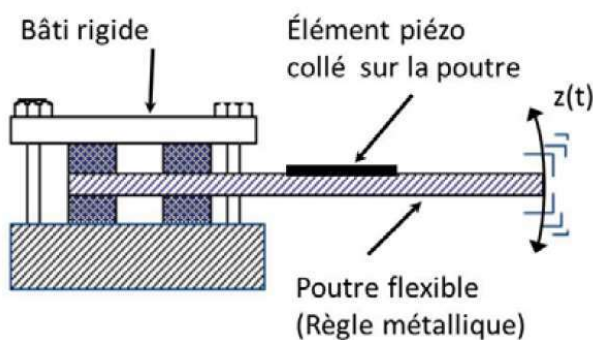
Characteristic	A622
Frequency range	DC to 100 kHz
Maximum input current	100 A peak
Output	10 mV/A, 100 mV/A
Maximum conductor diameter	11.8 mm (0.46 in.)
Termination	BNC <sup>1</sup>
Maximum bare-wire voltage	600 V (CAT III)
Safety	UL3111-2-032, CSA1010.2-032, EN61010-2-032, IEC61010-2-032

Questions : la grandeur à mesurer évolue avec un temps de réponse de 10  $\mu$ S. L'ampli et le capteur conviennent-ils?

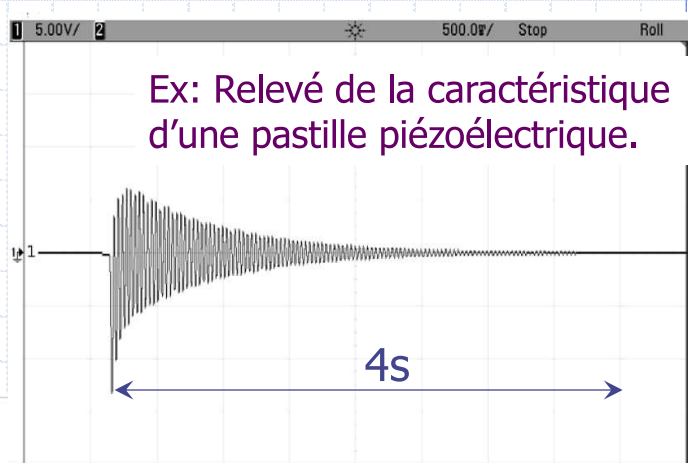
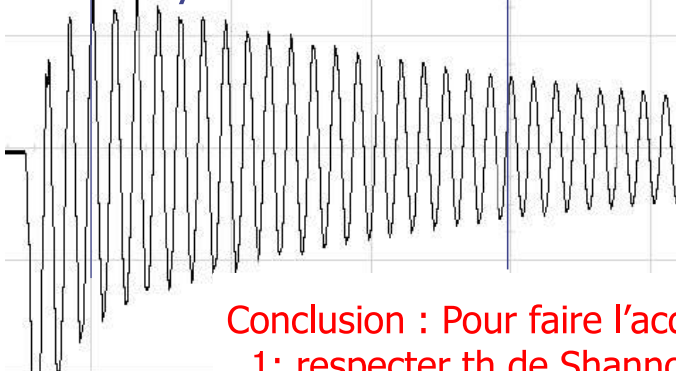
Conclusion : La bande passante de chaque étage doit être supérieure ou égale à la dynamique finale souhaitée.

13

## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect dynamique



19 cycles en 600 ms



Questions : Comment choisir avec une carte d'acquisition, la fréquence d'échantillonnage et le nombre de points?

Conclusion : Pour faire l'acquisition des mesures, il faut :

- 1: respecter th de Shannon  $f_{ech} > 2 f_{max}$  signal (utile + bruits)
- 2: assez de points ( $f_{ech} > 10 f_{max}$  signal utile)

14

### 3/ Système d'acquisition de données: cahier des charges

1. Commanditaire (contraintes réglementaires)
2. Destinataire/utilisateur
3. Cahier des charges
  - quelles grandeurs doivent être mesurées?
  - quelle sensibilité et quel degré de précision?
  - quelle cadence de mesure?
  - quelles normes ?
  - quelles conditions d'environnement?
  - quelle fiabilité?
  - quels types de capteurs?
  - quels sont les bruits, quel TRMC?
  - quelle architecture matérielle?
  - quelle répartition envisager entre matériel et logiciel?

15

### 4/ Capteurs. b/définitions

mesurande  $m$

mesure  $M$

étendue de mesure  $[M_{\min}; M_{\max}]$   $FS = M_{\max} - M_{\min}$

incertitude  $\Delta M$

$M - \Delta M < m < M + \Delta M$  avec probabilité associée

erreur  $\varepsilon = m - M$

erreur relative  $\varepsilon_r = (m - M)/M$

erreur en % de la PE  $\varepsilon_r = (m - M)/FS$

courbe d'étalonnage

étalon de mesure

sensibilité  $V$  sortie du capteur

$S = \Delta V / \Delta M$

linéarité

Cf doc annexe.

16