

# INSTRUMENTATION et CHAINE 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

2

- 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

## 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. Dassonvalle, 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>

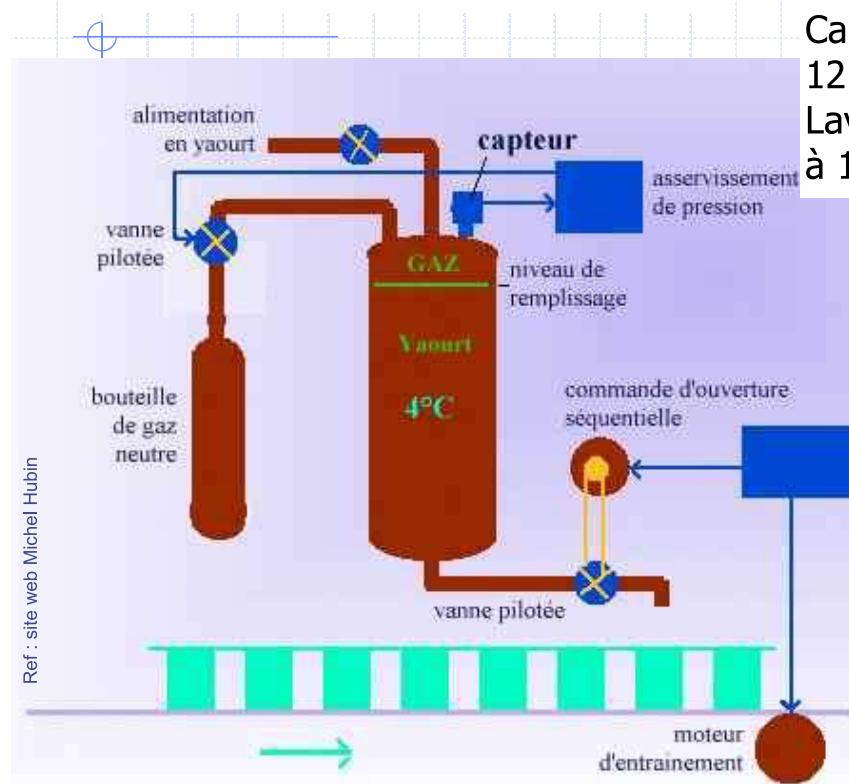
[http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version\\_pdf/III\\_amplidiff.pdf](http://www.esiee.fr/~francaio/enseignement/version_pdf/III_amplidiff.pdf)

3

3

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

## Exemple 1 : usine à yaourt.



Ref : site web Michel Hubin

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!

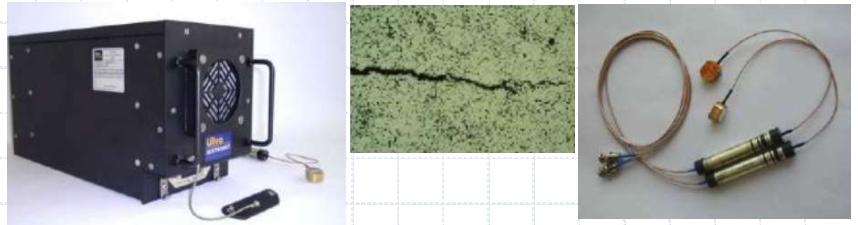
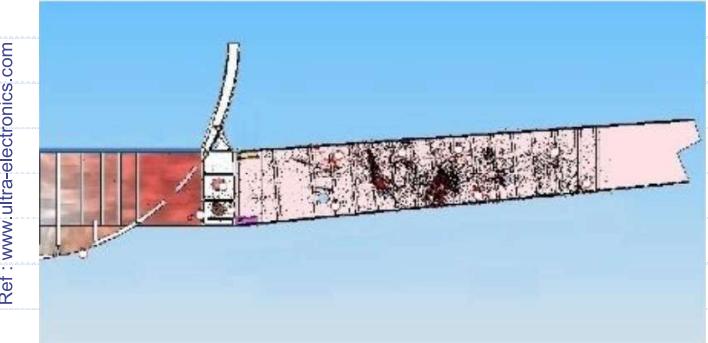
Exemple 2 : robot laveur de vitre.

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

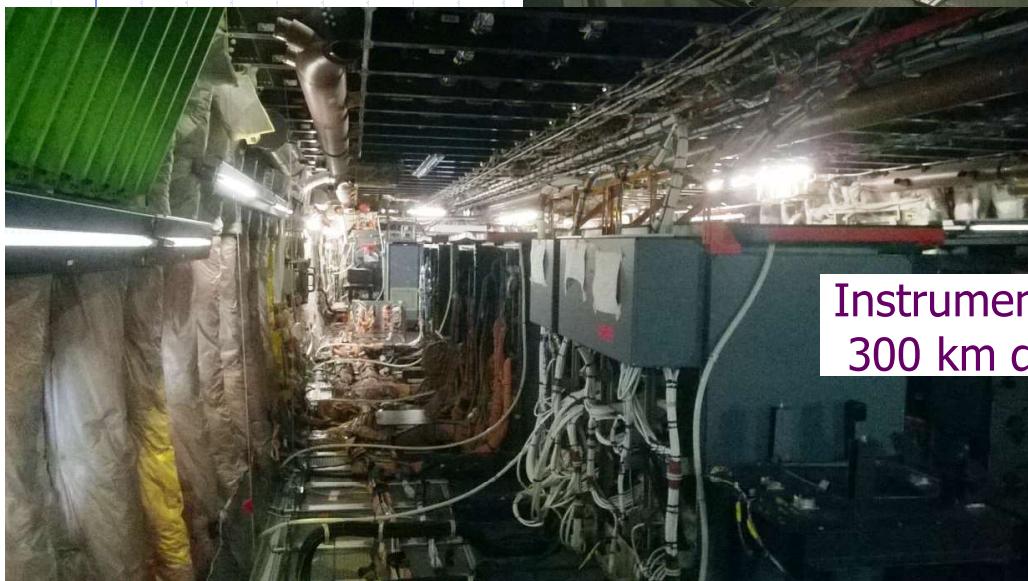


Orion P3 - tanker

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



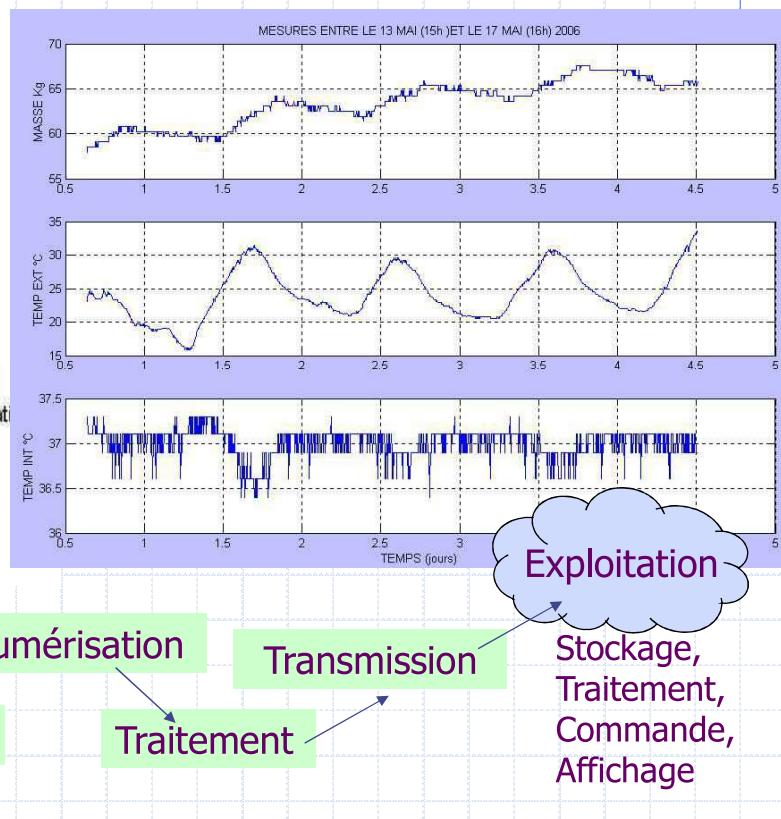
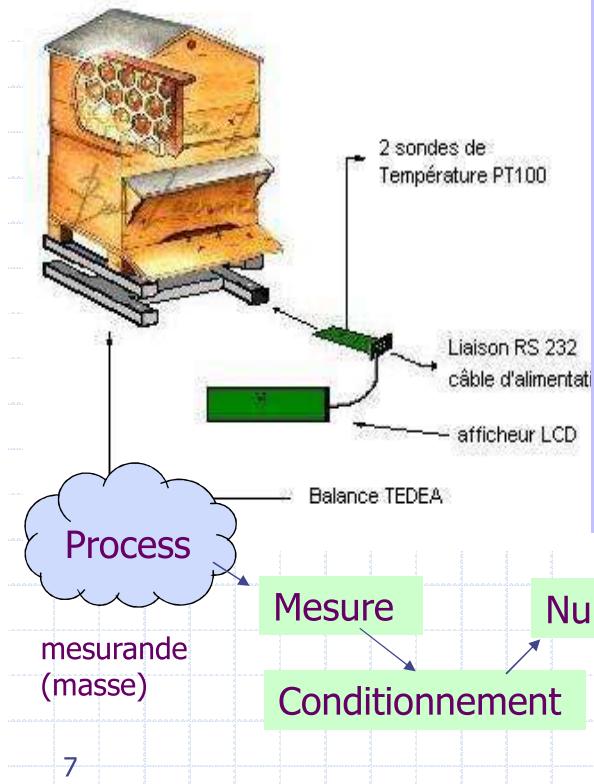
5



Instrumentation A380,  
300 km de câbles.

## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect statique

Exemple : mesure de la masse d'une ruche.



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

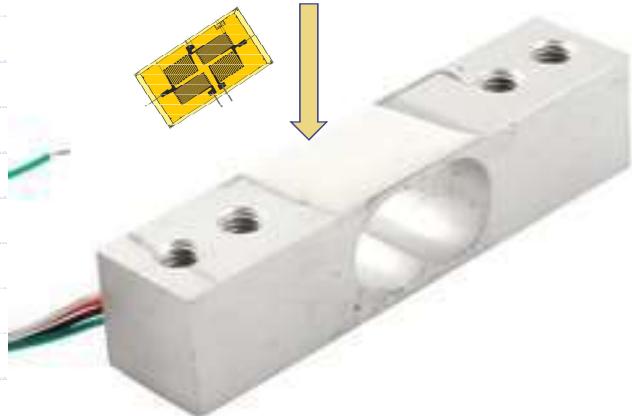
2 fils d'alimentation (Input)  
2 fils pour la tension de sortie (Output)  
2 fils de compensation (Sense)



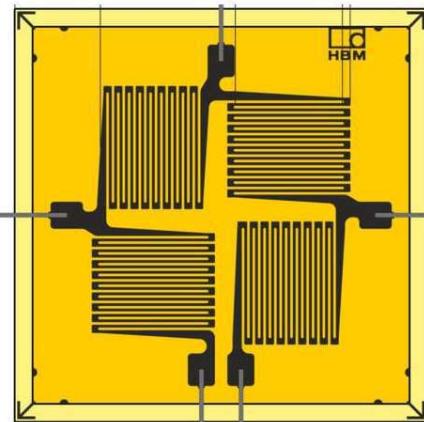
ACCURACY CLASS	E	F	G	UNITS
Rated Capacity		50, 100, 150, 200, 250		kg
Rated Output*		2.0 ± 10%		mV/V
Total Error**	1500	2000	3000	Divisions
Total Error for Eccentric Load of 0.33 Rated Capacity	0.0074	0.0074	0.0049	±% of Load / cm

## Jauge de contrainte

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



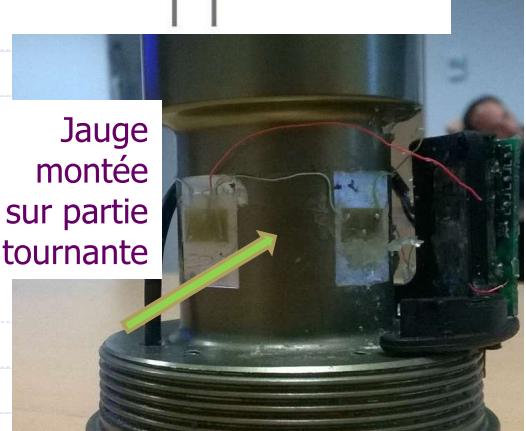
## Jauge de contrainte en pont



## Jauge de contrainte simple

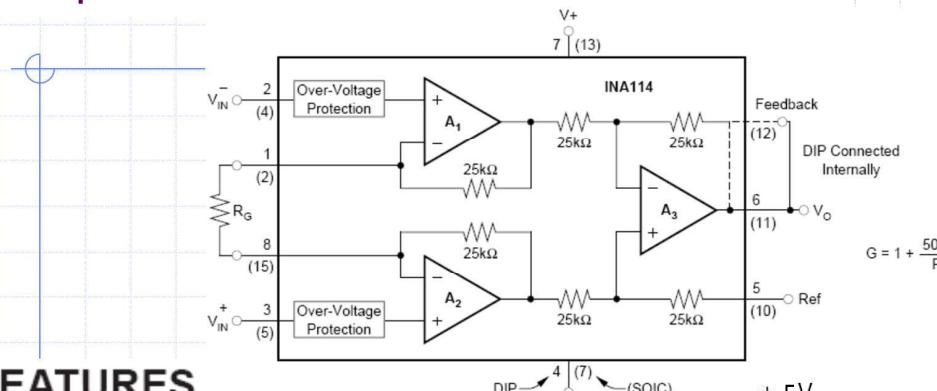


Jauge  
montée  
sur partie  
tournée



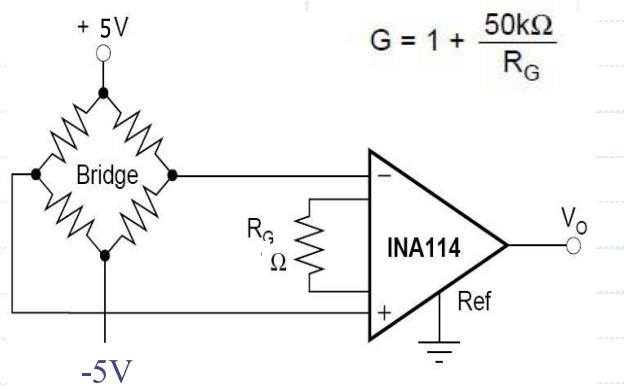
9

## 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



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.

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 ± 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	±% of Load / cm

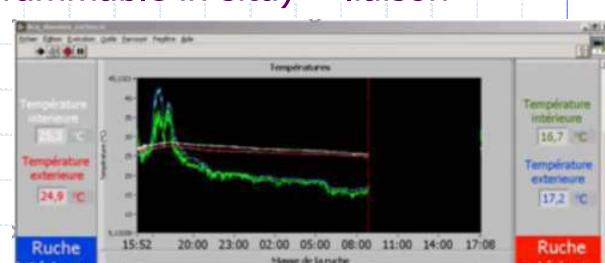
11

2/ Chaîne d'instrumentation : aspect **statique**

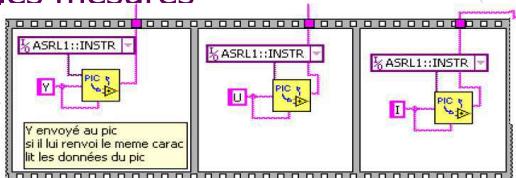
Ex: mesures de la masse d'une ruche.



Traitement, affichage et communication avec le PC via un µP PIC (programmable in situ) + liaison RS232



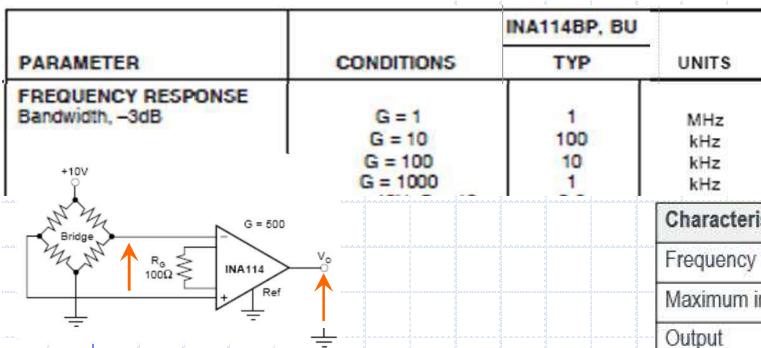
## Utilisation de Labview pour récupérer et afficher les mesures



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 interfaçer correctement (gamme entrée/sortie maximale mais sans saturation).

## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect dynamique

Ampli Instrumentation,  
INA 114



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



© Premier Farnell  
Copying of image is prohibited

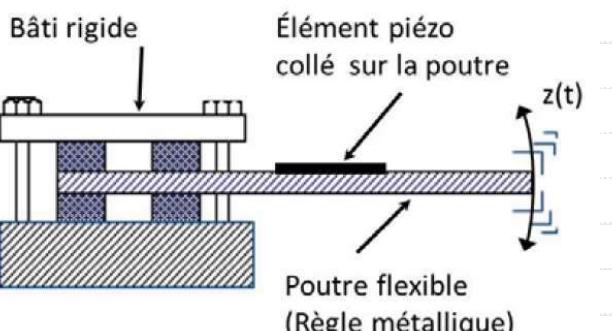
Questions : la grandeur à mesurer évolue avec un temps de réponse de  $10 \mu\text{s}$ . L'ampli et le capteur conviennent-ils?

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

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

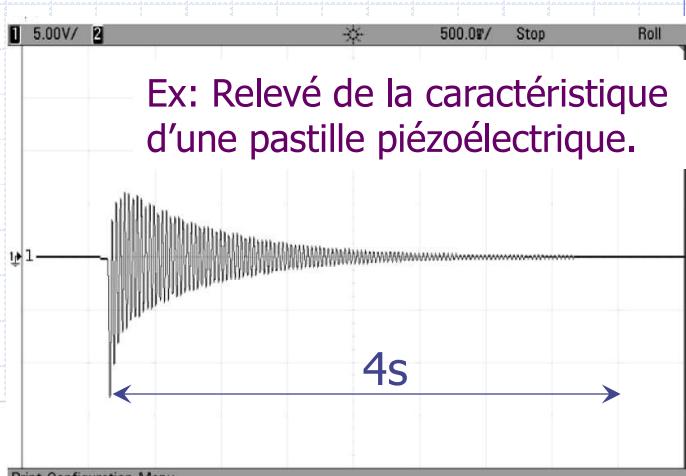
13

## 2/ Chaîne d'instrumentation : aspect dynamique



19 cycles en 600 ms

Ex: Relevé de la caractéristique d'une pastille piézoélectrique.



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  $t_h$  de Shannon  $f_{ech} > 2 f_{max} \text{ signal}$  (utile + bruits)
- 2: assez de points ( $f_{ech} > 10 f_{max} \text{ signal utile}$ )

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  $\Delta M$

$$M - \Delta M < m < M + \Delta M \quad \text{avec probabilité associée}$$

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