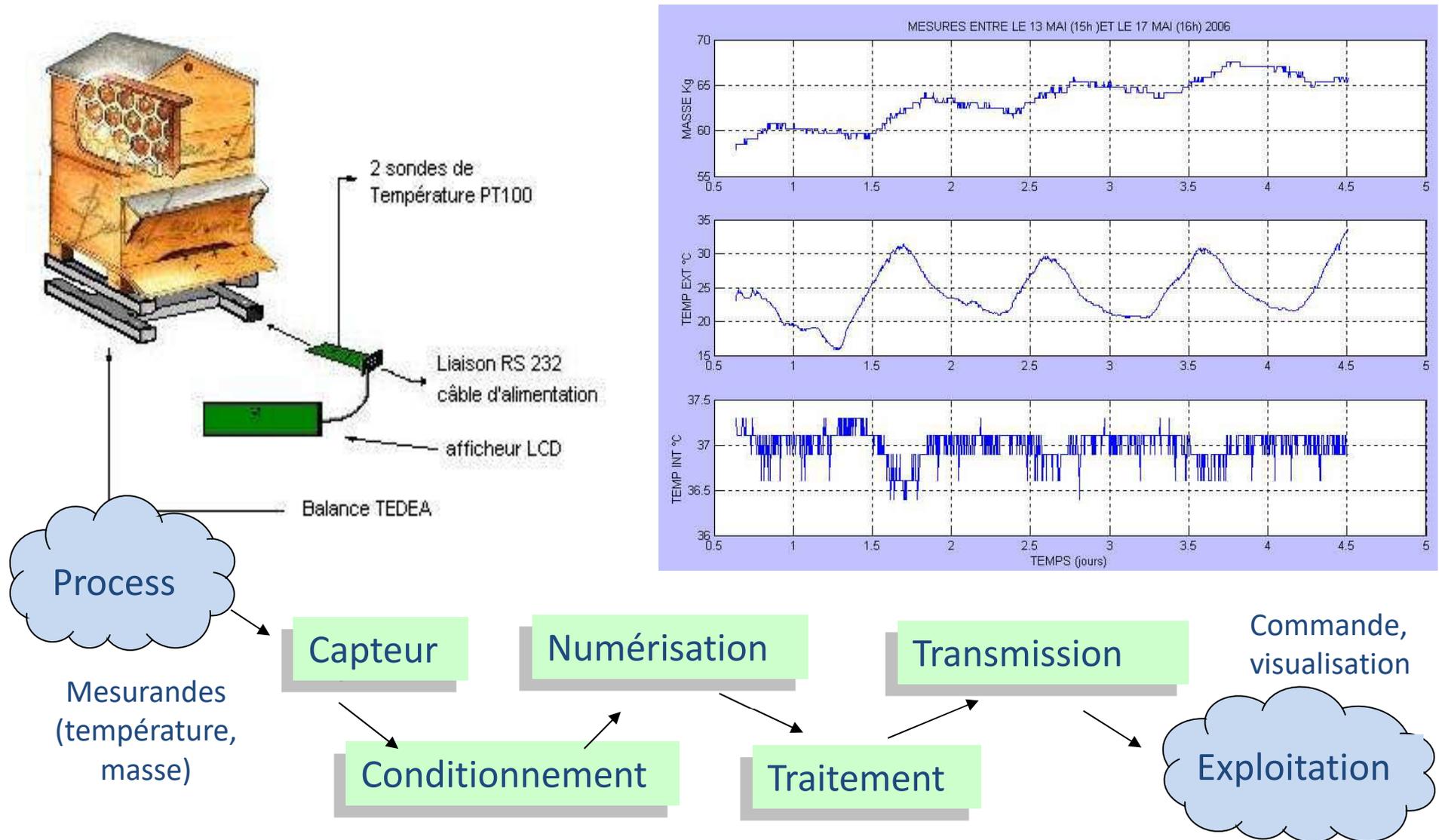


**Cartes d'acquisitions  
E/S Analogiques et numériques**

**Place du CAN dans la chaîne d'acquisition de données  
Éléments principaux et critères de choix**

# Exemple de chaîne d'instrumentation

mesures de températures et de la masse d'une ruche.



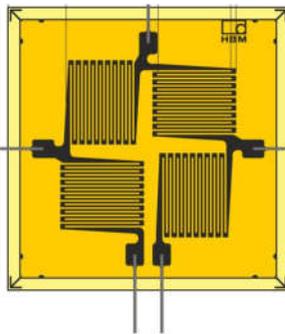
# Capteur

Jauge de contrainte avec son corps d'épreuve.

charge nominal :  
200 kg  
rate output:  
2mV/V  
alim +/- 5V  
⇒ Plage de sortie  
de 0 à 20mV,  
c'est peu!

Fixation au support  
fixe

Jauge de contrainte

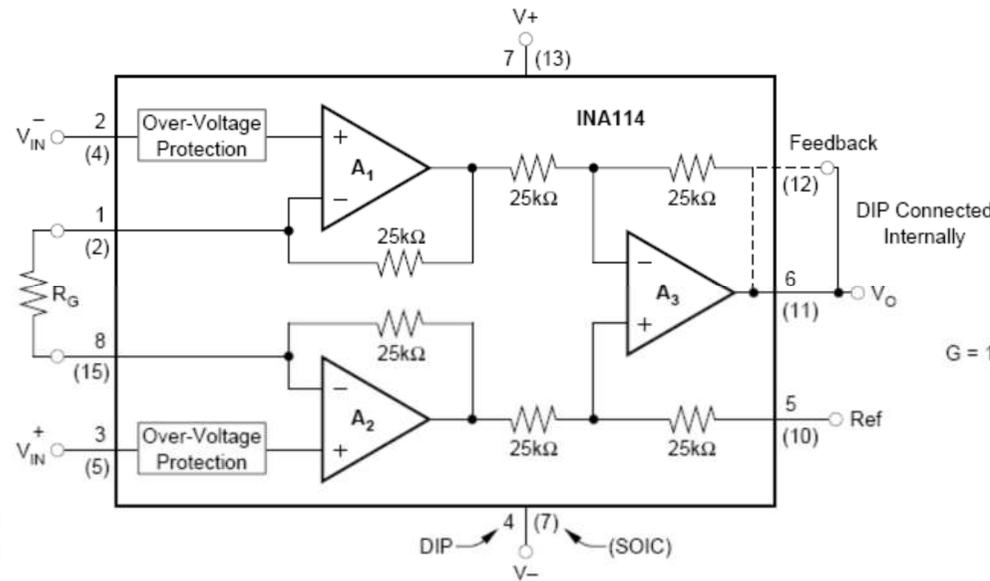


2 fils d'alimentation (Input)  
2 fils pour la tension de sortie (Output)  
2 fils de compensation (Sense)



# Conditionnement

## Ampli d'instrumentation : INA 114



Plage entrée

0 - 20mV

Plage de sortie désirée

0 - 5V

⇒ Gain de 250

⇒  $R_G$

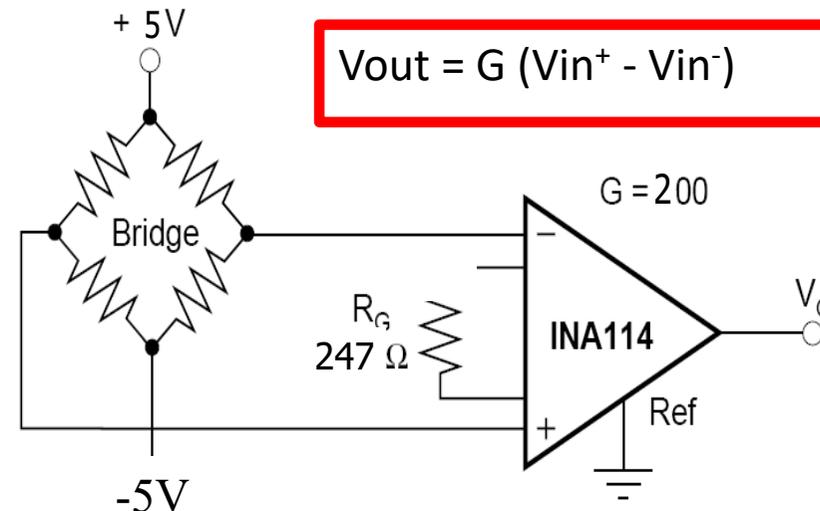
$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G}$$

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

## FEATURES

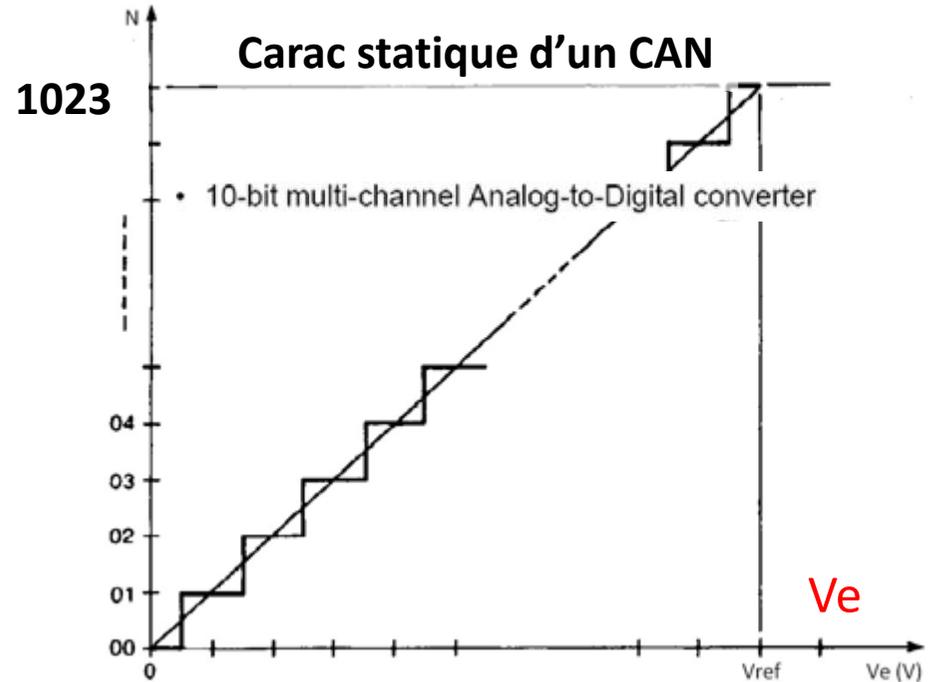
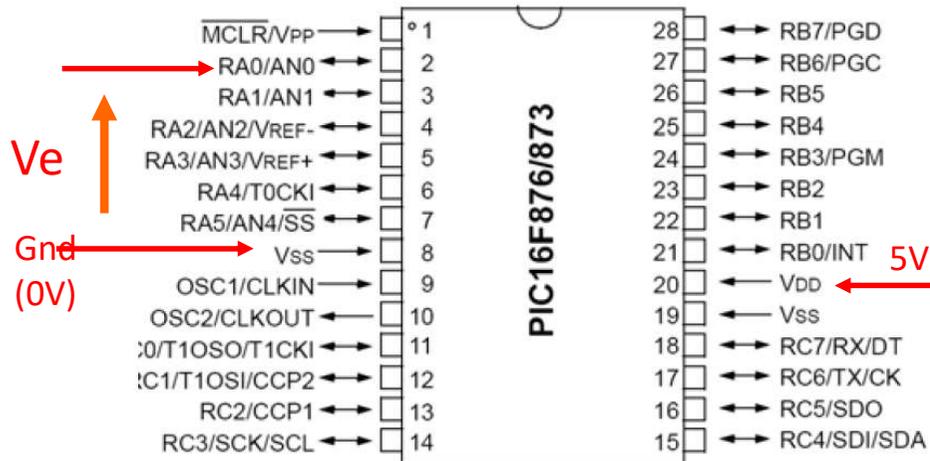
- LOW OFFSET VOLTAGE: 50 $\mu$ V max
- LOW DRIFT: 0.25 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C max
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 2nA max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 115dB min
- INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION:  $\pm$ 40V
- WIDE SUPPLY RANGE:  $\pm$ 2.25 to  $\pm$ 18V
- LOW QUIESCENT CURRENT: 3mA max
- 8-PIN PLASTIC AND SOL-16

$$V_{out} = G (V_{in}^+ - V_{in}^-)$$



# Numérisation

## CAN du microcontrolleur



⇒ De 0 à 5V, 10bits => N va de 0 à 1023

⇒ Fech : 40kHz max.

## Dynamique du CAN

$$q = \Delta V / (2^n - 1)$$

quantum

$$q = (5 - 0) / 1023 = 5\text{mV}$$

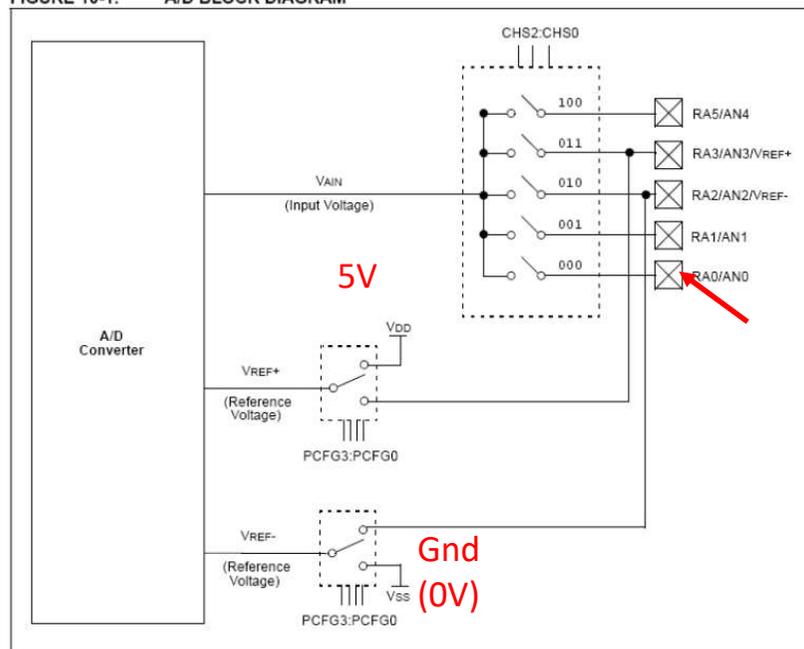
The A/D conversion time per bit is defined as TAD. The A/D conversion requires a minimum 12TAD per 10-bit conversion. The source of the A/D conversion clock is software selected. The four possible options for TAD are:

- 2TOSC
- 8TOSC
- 32TOSC
- Internal A/D module RC oscillator (2-6 μs)

For correct A/D conversions, the A/D conversion clock (TAD) must be selected to ensure a minimum TAD time of 1.6 μs.

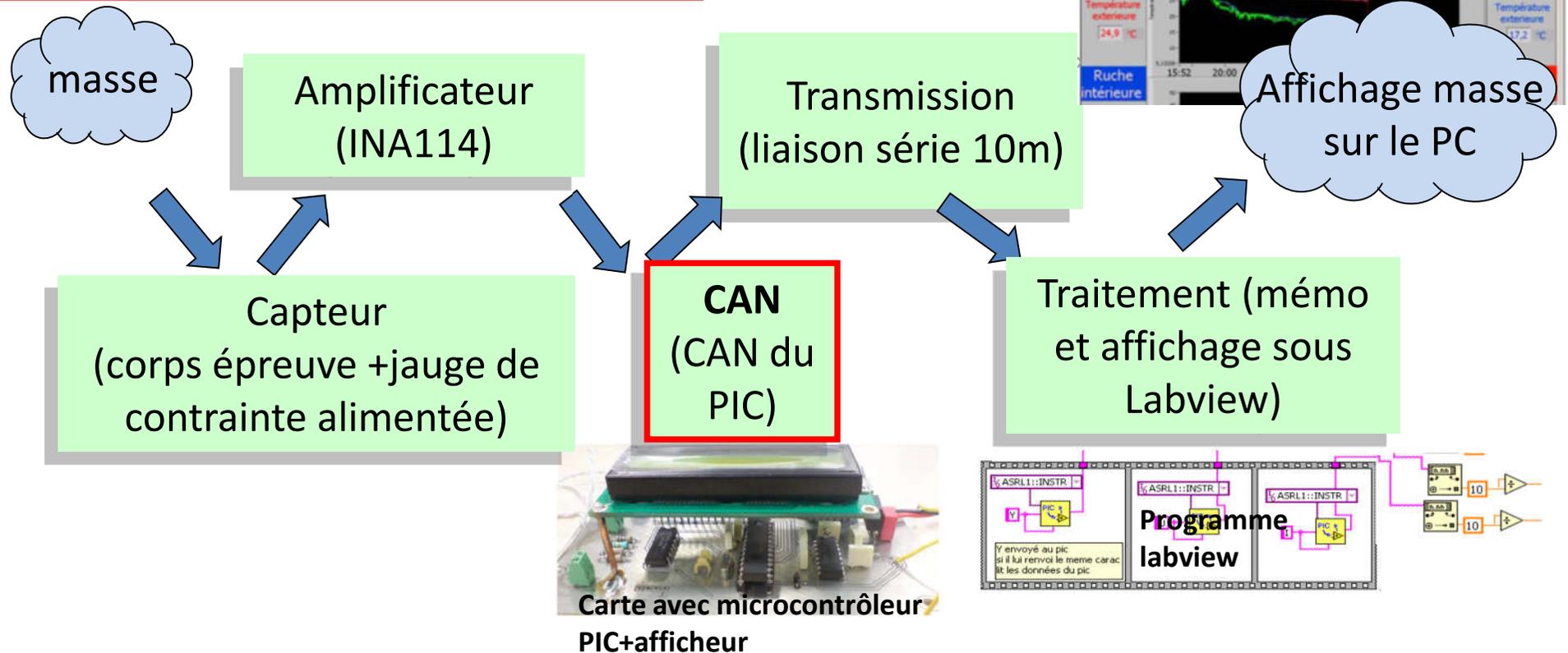
Table 11-1 shows the resultant TAD times derived from the device operating frequencies and the A/D clock source selected.

FIGURE 10-1: A/D BLOCK DIAGRAM



# Chaîne d'instrumentation

## Aspects statiques



pour s'affranchir de l'influence des effets de la **quantification** et des **bruits** qui arrivent lors de la transmission du signal, il faut bien choisir les différents blocs (gain, filtrage) et les interfacier correctement (on cherchera à avoir la plage de sortie maximale mais sans saturation.) Il faut aussi toujours s'assurer que la plage de sortie d'un étage est comprise dans la plage d'entrée de l'étage suivant, sinon saturation.

# Chaîne d'instrumentation

## Aspects dynamiques



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

### Ampli Instrumentation, INA 114

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)

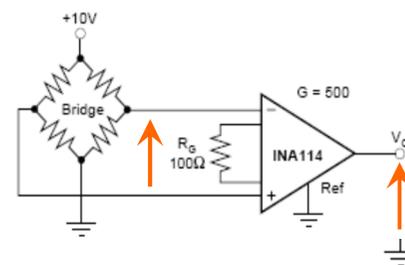
PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BU	
		TYP	UNITS
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB	G = 1	1	MHz
	G = 10	100	kHz
	G = 100	10	kHz
	G = 1000	1	kHz

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

$$\omega = 1/\tau = 10^5 \text{ rd/s}$$

$$\text{BP} = \omega / (2\pi) = 16\text{kHz}$$

=> Att < à 2% si f < 16kHz



**Gain de 10 :**

**BP= 100 kHz**

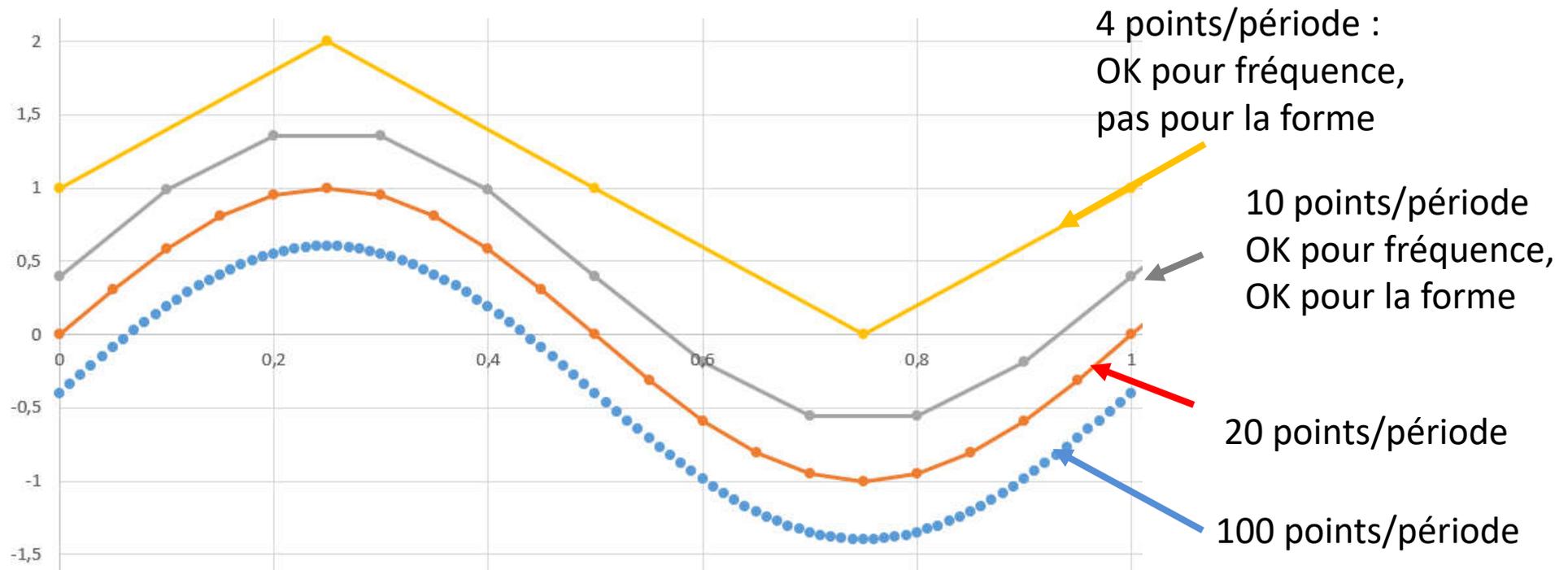
**=> Att < à 2% si f < 16kHz**

**La bande passante de chaque étage analogique doit être bien supérieure à la dynamique finale souhaitée. La dynamique du CAN devra être en accord avec la dynamique à mesurer!**

## Chaîne d'instrumentation Aspects dynamiques

### Question: Comment choisir la fréquence d'échantillonnage?

On veut récupérer correctement la forme du signal. Cas simple : un sinus (avec un offset selon les courbes pour plus de lisibilité).



**Pour bien faire l'acquisition des mesures, il faut :**

**1: avoir assez de points ( $F_{ech} > 10 f_{max}$  signal utile)**

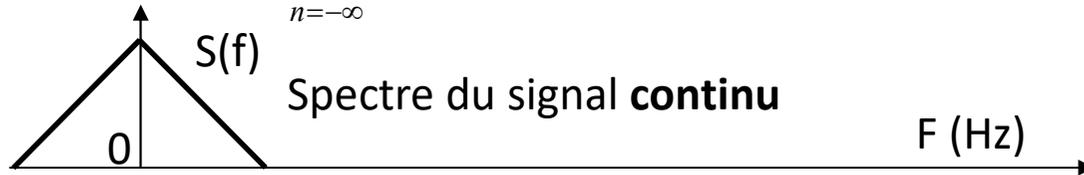
**2: respecter th de Shannon :  $F_{ech} > 2 f_{max}$  signal (utile +bruits)**

(cf diapo suivante)

# Problème du repliement du spectre

$s(t)$  signal continu,  
 signal discret :  $\{s(0), s(T_e), s(2.T_e), \dots\}$   
 signal échantillonné :

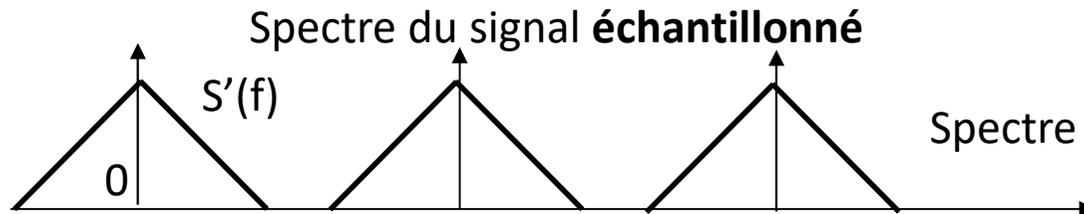
$$s^*(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} s(n.T_e). \delta(t - n.T_e)$$



L'échantillonnage se traduit par une atténuation et **la périodisation** du spectre du signal continu initial .

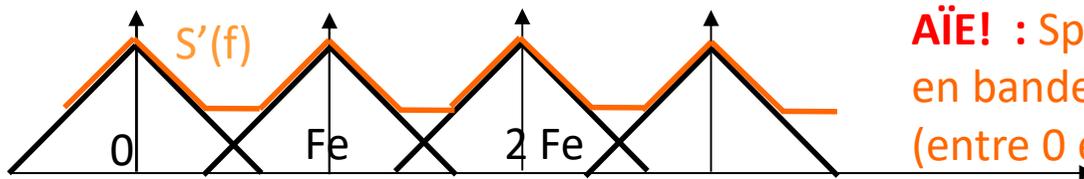
La transformée de Fourier d'un signal échantillonné est égale à :

$$S'(f) = \frac{1}{T_e} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S(f - \frac{k}{T_e})$$



Spectre conservé: OK!

$$F_{ECH}/2 > F_{MAX}$$



**AïE!** : Spectre modifié  
 en bande de base  
 (entre 0 et  $F_e/2$ ) = perte d'information

$$F_{ECH}/2 < F_{MAX}$$

Soit  $F_{MAX}$  la fréquence max du signal analogique en entrée du CAN et  $F_{ECH}$  la fréquence d'échantillonnage, pour éviter le repliement du spectre, il faut (th de Shannon):

$$F_{ECH} \geq 2 \cdot F_{MAX}$$

# Chaîne d'instrumentation

## Aspects dynamiques

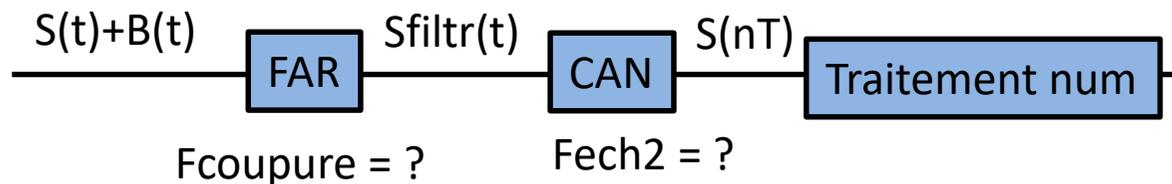
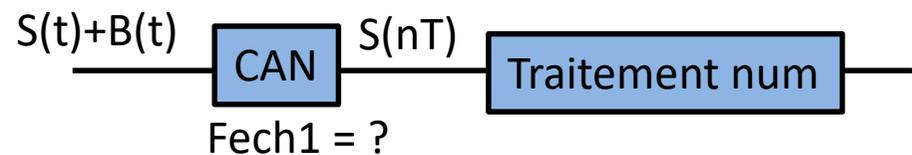
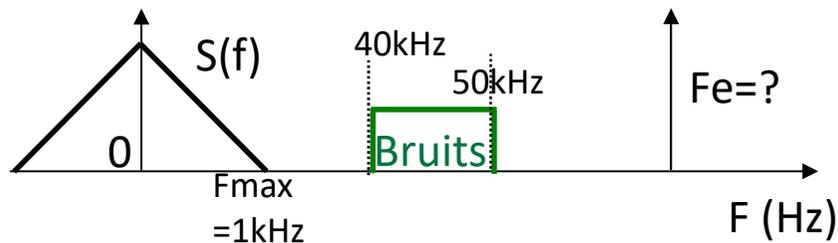
Pour bien faire l'acquisition des mesures, il faut :

1: avoir assez de points ( $F_{ech} > 10 F_{max}$  signal utile)

2: respecter th de Shannon :  $F_{ech} > 2 F_{max}$  signal (utile +bruits)  
(cf diapo suivante)

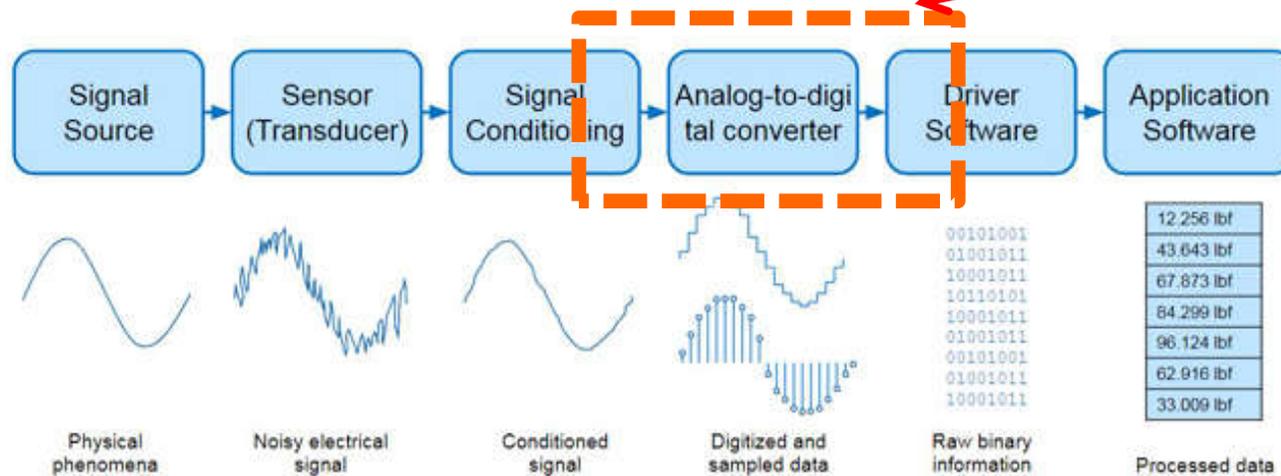
Pour respecter la condition 2, on pourra augmenter la fréquence d'échantillonnage ou placer juste avant le CAN un **filtre passe bas**. Ce filtre **analogique** ne doit pas atténuer la bande utile. Il doit couper au-delà pour que l'atténuation soit suffisante pour  $F > F_c/2$ . **c'est le filtre antirepliement (FAR).**

Exercice : signal utile de 0 à 1kHz + bruit (entre 4 et 5kHz). Comment choisir  $F_{ech}$  et  $F_c$  (si FAR avant le CAN) pour bien numériser le signal?



# Numérisation d'un signal

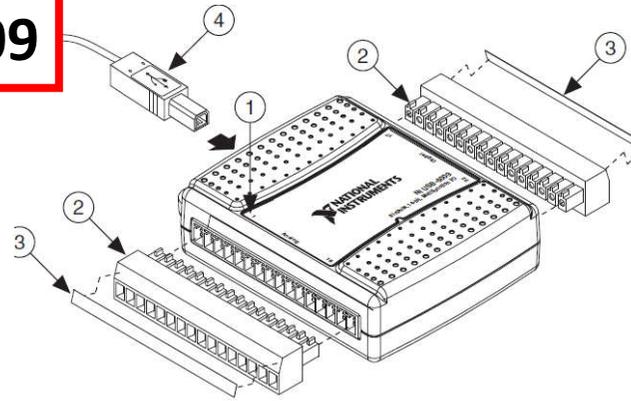
Carte d'acquisition de données



Pour faire l'acquisition des mesures, il faut :

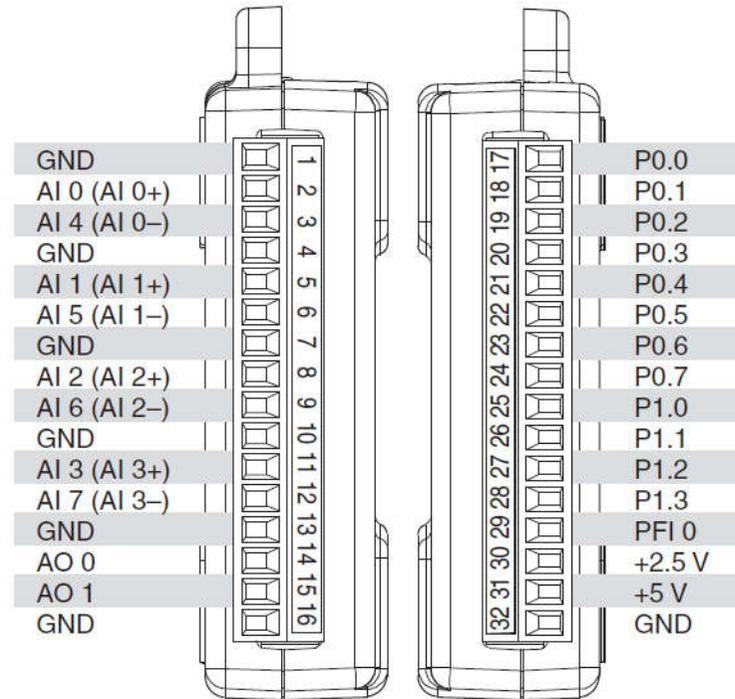
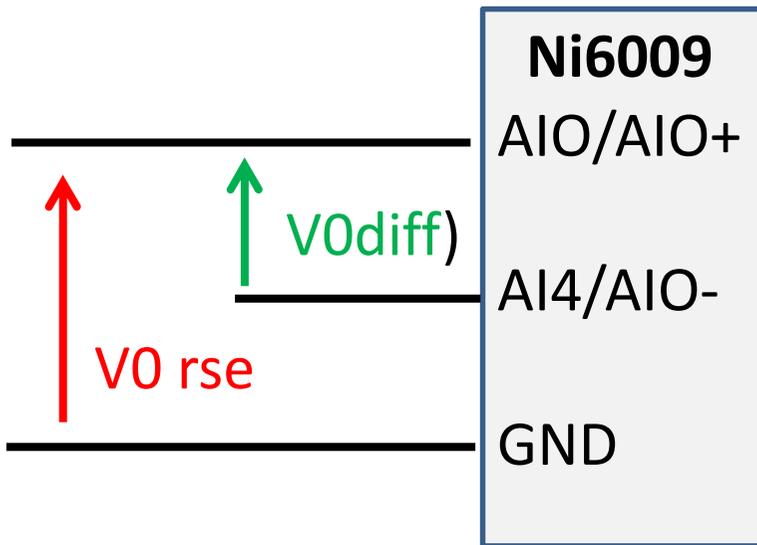
- 1: avoir assez de points ( $f_{ech} > 10 f_{max}$  signal utile)
- 2: respecter th de Shannon  $f_{ech} > 2 f_{max}$  signal (utile +bruits)

**Ni 6009**



E/S Numériques  
 Entrée / Sorties,  
 Entrée de comptage,  
 Entrée de synchronisation

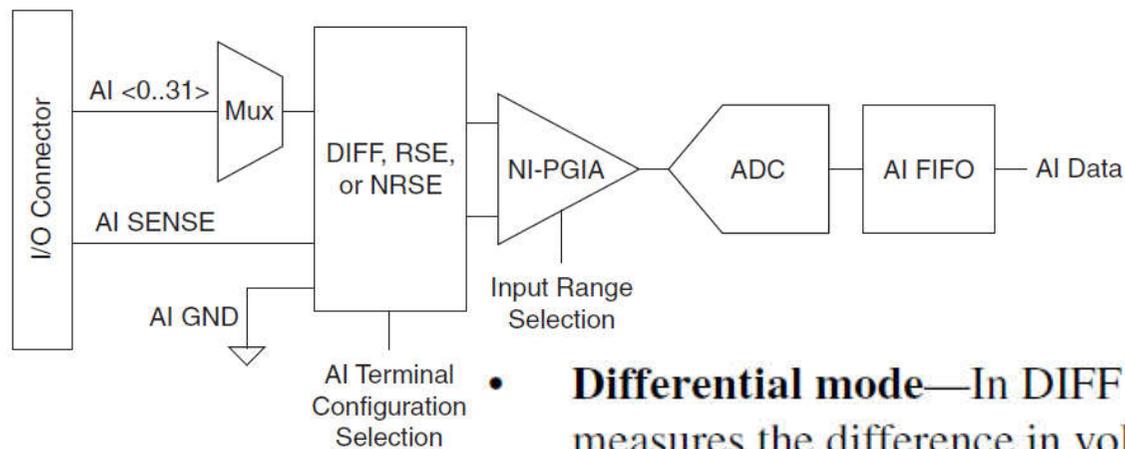
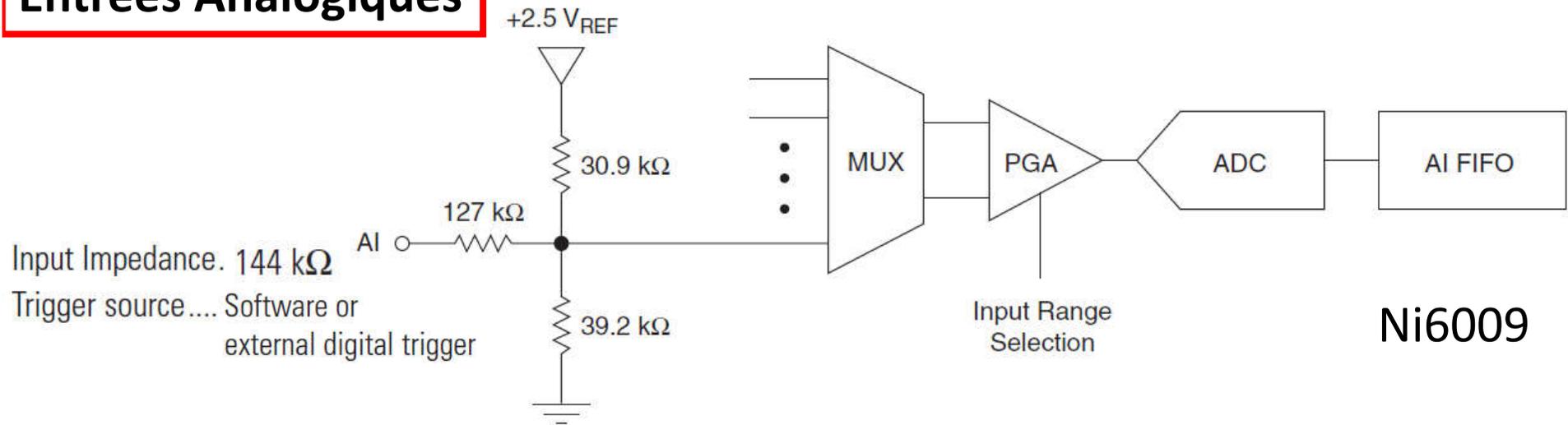
Entrées Analogiques  
 (RSE, diff, ou NRSE)



Sorties Analogique

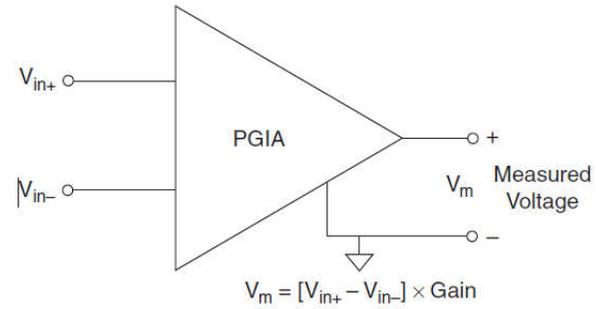
Alimentations

# Entrées Analogiques



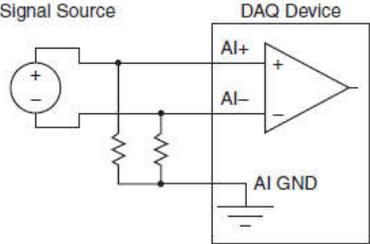
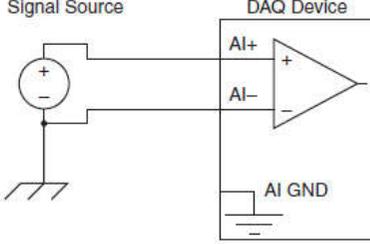
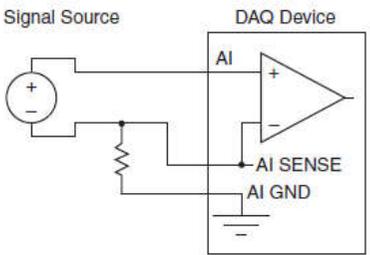
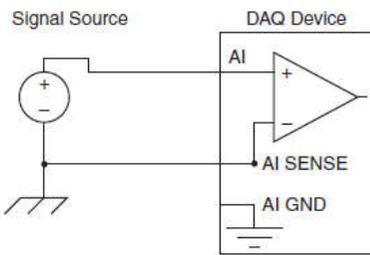
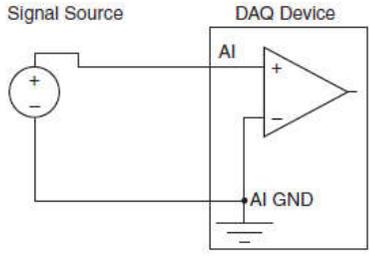
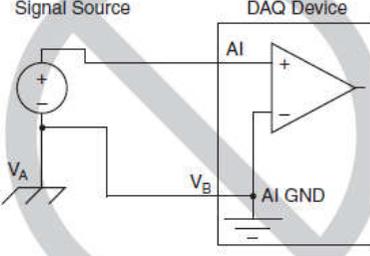
- **Differential mode**—In DIFF mode, the MIO X Series device measures the difference in voltage between two AI signals.
- **Referenced single-ended mode**—In RSE mode, the MIO X Series device measures the voltage of an AI signal relative to AI GND.
- **Non-referenced single-ended mode**—In NRSE mode, the MIO X Series device measures the voltage of an AI signal relative to one of the AI SENSE or AI SENSE 2 inputs.

# Ni6361



AI Ground-Reference Settings	Signals Routed to the Positive Input of the NI-PGIA ( $V_{in+}$ )	Signals Routed to the Negative Input of the NI-PGIA ( $V_{in-}$ )
RSE	AI <0..31>	AI GND
NRSE	AI <0..15>	AI SENSE
	AI <16..31>	AI SENSE 2
DIFF	AI <0..7>	AI <8..15>
	AI <16..23>	AI <24..31>

Voir FS  
et GS  
Sur doc !

AI Ground-Reference Setting*	Floating Signal Sources (Not Connected to Building Ground)	Ground-Referenced Signal Sources†
	Examples: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ungrounded thermocouples</li> <li>• Signal conditioning with isolated outputs</li> <li>• Battery devices</li> </ul>	Example: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plug-in instruments with non-isolated outputs</li> </ul>
Differential		
Non-Referenced Single-Ended (NRSE)		
Referenced Single-Ended (RSE)		<p style="text-align: center;">NOT RECOMMENDED</p>  <p style="text-align: center;">Ground-loop potential (<math>V_A - V_B</math>) are added to measured signal.</p>

# Entrées Analogiques

Product	Bus	Analog Inputs <sup>1</sup>	Input Resolution (bits)	Max Sampling Rate (kS/s)	Input Range (V)
USB-6009	USB	8 SE/4 DI	14	48	±1 to ±20
USB-6008	USB	8 SE/4 DI	12	10	±1 to ±20

<sup>1</sup> SE = single ended, DI = differential

## Analog Input

### Absolute accuracy, single-ended

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum (0 to 55 °C) (mV)
±10	14.7	138

### Absolute accuracy at full scale, differential<sup>1</sup>

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum (0 to 55 °C) (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

<sup>1</sup> Input voltages may not exceed the working voltage range

Number of channels..... 8 single-ended / 4 differential

Type of ADC..... Successive approximation

### ADC resolution (bits)

Device	Differential	Single-Ended
USB-6008	12	11
USB-6009	14	13

## Paramètres importants :

Fech max

Plage entrée

Résolution

Précision

## Sorties Analogiques

Product	Analog Outputs	Output Resolution (bits)	Output Rate (Hz)	Output Range (V)
USB-6009	2	12	150	0 to 5
USB-6008	2	12	150	0 to 5

Output impedance ..... 50  $\Omega$

Output current drive ..... 5 mA

## Alimentations

### Power Available at I/O Connector

+5 V output (200 mA maximum) .....	+5 V typical +4.85 V minimum
+2.5 V output (1 mA maximum) .....	+2.5 V typical
+2.5 V output accuracy .....	0.25 % max
Voltage reference temperature drift .....	50 ppm/ $^{\circ}$ C max

## E/S Numériques

E/S, Entrée de comptage,  
Entrée de synchronisation)

Product	Digital I/O		
	Lines	32-bit Counter	Trigger
USB-6009	12	1	Digital
USB-6008	12	1	Digital

### Digital I/O

Number of channels.....	12 total 8 (P0.<0..7>) 4 (P1.<0..3>)
Direction control.....	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	
USB-6008.....	Open-drain
USB-6009.....	Each channel individually programmable as push-pull or open-drain.
Compatibility .....	CMOS, TTL, LVTTL
Internal pull-up resistor.....	4.7 k $\Omega$ to +5 V
Power-on state .....	Input (high impedance)
Absolute maximum voltage range.....	-0.5 to +5.8 V

### Digital logic levels

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V

## Carte d'acquisition dans la chaîne d'instrumentation

On peut trouver un CAN si on a un microcontrôleur ou une carte d'acquisition mais si on n'a pas cela sous la main ....

Comme en ce moment

... Il nous reste la carte son du PC!

Nous allons dans la prochaine séance utiliser Labview et la carte son du PC pour retrouver les paramètres présentés : Fech, plage entrée, quantification, FAR, ...

Pour la carte son nous avons toute la chaîne instrumentale :  
Depuis le capteur (micro) jusqu'au valeurs numérisées,

FIN