

Examen : ACQUISITION DE DONNEES

M1IDIM ICM année 2009/2010 mai 2010

Durée : 1h50.

Pas de documents autorisés

**Objectif :** dimensionner la chaîne de mesure nécessaire pour effectuer le relevé de la caractéristique courant (tension) notée  $I_{PV}(V_{PV})$  d'un panneau solaire photovoltaïque.

Pour relever cette courbe, on souhaite utiliser la méthode du condensateur comme décrite ci-dessous :

Le condensateur  $C$  est préalablement déchargé (la tension aux bornes du condensateur est nulle). A cet instant initial, on ferme l'interrupteur : le courant est alors égal au courant de court-circuit du panneau (point A sur la figure 2). Le condensateur se charge progressivement jusqu'à une valeur de tension limite pour laquelle le courant s'annule. La tension aux bornes du condensateur est finalement égale à la tension de circuit ouvert du panneau solaire et le courant est nul (point B sur la figure 2). La résistance  $R_o$  (de valeur **0,5 Ω**) permet de récupérer une tension image du courant.

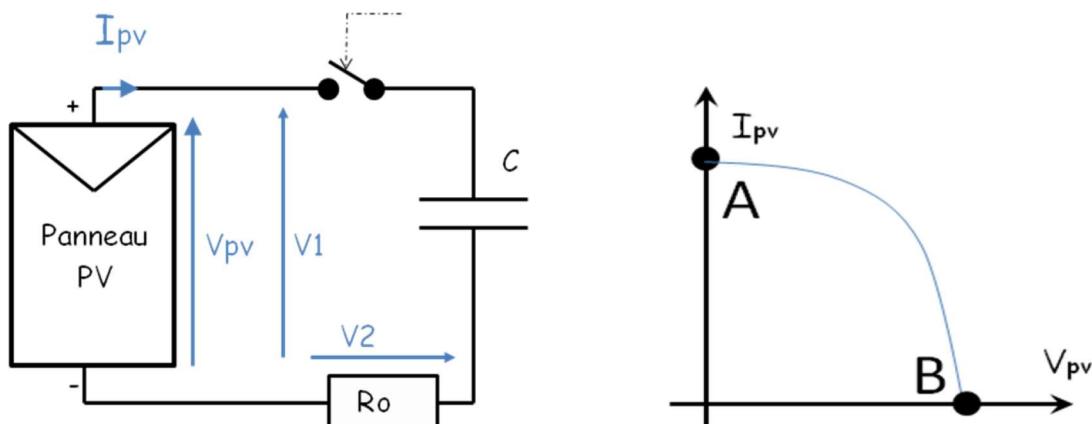


Figure 1

Figure 2

**Préambule :** la caractéristique  $I_{PV}(V_{PV})$  dépend de l'ensoleillement  $G$  ( $W/m^2$ ) et de la température  $\theta$  ( $^{\circ}C$ ) ; à  $G$  et  $\theta$  fixés, on obtient une courbe similaire à celle donnée sur la figure 2.

Sur la figure 3 (base de temps : 200  $\mu$ s/carreau, voie 1 : 5V/carreau, voie 2 : 200 mV/carreau)), la tension  $V_1$  est enregistrée sur la voie 1 de l'oscilloscope et la tension  $V_2$  est enregistrée sur la voie 2.

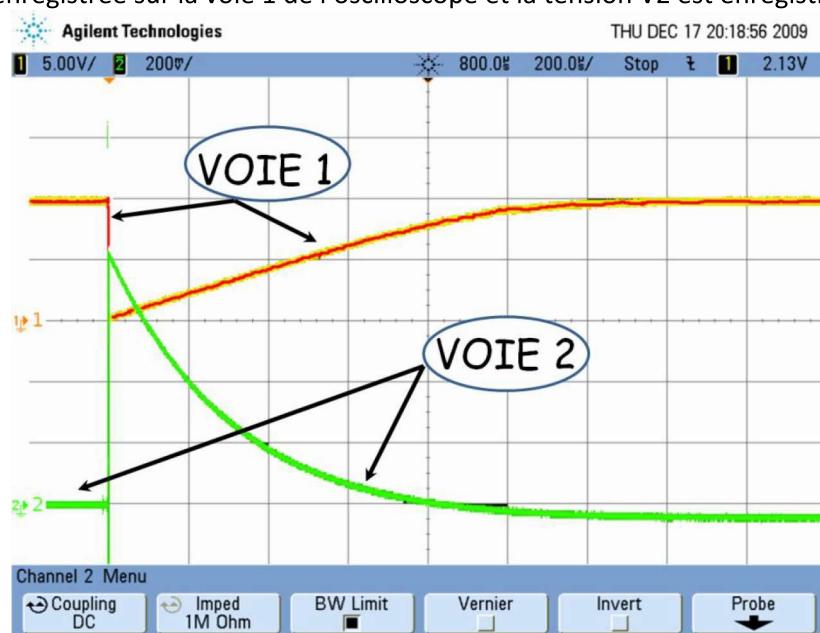


Figure 3

## Choix des plages de mesures de la carte NI6008.

Q1.

Donnez la relation entre  $V_{PV}$  et  $V_1$  et entre  $I_{PV}$  et  $V_2$ .

Q2.

A partir du relevé de la figure 3, déterminez les valeurs  $V1max$  et  $V2max$ . En déduire la tension maximale aux bornes du panneau ainsi que le courant maximum débité par le panneau. On souhaite une marge de sécurité de +30% par rapport aux valeurs limites obtenues. Donnez alors les nouvelles valeurs limites (min et max) sur  $V1$  et sur  $V2$ . NB : vous garderez ces valeurs pour la suite.

Q3.

On souhaite utiliser une carte d'acquisition Ni6008 pour relever les valeurs de  $V_{PV}$  et  $I_{PV}$ . Peut-on relever directement les tensions  $V1$  et  $V2$ ? Pourquoi?

Q4.

La tension  $V1$  attaque le montage suivant (figure 4) avant d'être numérisée. Déterminer les résistances  $R1$  et  $R2$  du montage pour avoir un gain statique égal à 0,5 entre  $V1a$  et  $V1$ .

On précise que  **$R1 = 100 \text{ k}\Omega$** .

Q5.

Quel est le rôle du montage à amplificateur opérationnel de la figure 4?

Q6.

Le potentiel «zéro» de l'alimentation de l'amplificateur opérationnel (AOP) est relié à la ligne du bas de la figure 4. Pour un bon fonctionnement, l'AOP peut-il être alimenté en  $\pm 2,5$  volts, même question en  $\pm 10$  volts. (On calculera le potentiel maximum sur le + de l'AOP ...)

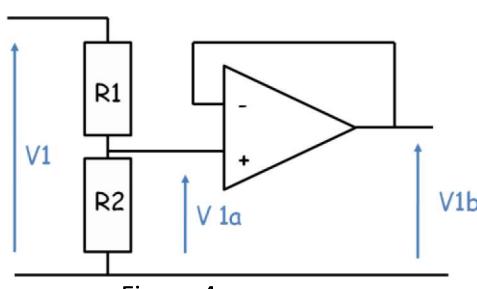


Figure 4

NI USB-6009

GND	1	17	P0.0
AI 0/AI 0+	2	18	P0.1
AI 4/AI 0-	3	19	P0.2
GND	4	20	P0.3
AI 1/AI 1+	5	21	P0.4
AI 5/AI 1-	6	22	P0.5
GND	7	23	P0.6
AI 2/AI 2+	8	24	P0.7
AI 6/AI 2-	9	25	P1.0
GND	10	26	P1.1
AI 3/AI 3+	11	27	P1.2
AI 7/AI 3-	12	28	P1.3
GND	13	29	PFI 0
AO 0	14	30	+2.5 V
AO 1	15	31	+5 V
GND	16	32	GND

Figure 5

Q7.

L'impédance d'entrée de la carte d'acquisition est égale à  $144 \text{ k}\Omega$ , cela va-t-il modifier les calculs précédents ? Pourquoi ?

Q8.

On choisit de récupérer les tensions en mode différentiel, V1b sur la voie 1 et V2 sur la voie 2. En utilisant le brochage de la carte NI6008 (identique à celui de la NI6009) de la figure 5, proposer un schéma de câblage complet (depuis le panneau jusqu'à la carte d'acquisition et avec les alimentations de l'AOP) comme si vous réalisiez effectivement le câblage. La masse de la carte d'acquisition sera mise au même potentiel que le «zéro» de l'alimentation de l'amplificateur opérationnel.

Q8 bis

Etait-il possible d'utiliser la carte en mode RSE (referenced single ended) ? Quelle est la différence entre ce mode et le mode différentiel ?

Q8 ter

En mode différentiel, quels sont les potentiels maximums admissibles sur les entrées V+ et V- ?

Q9.

Que faire sur le câblage (de façon générale) pour éviter de détériorer le rapport signal/ bruit ?

Sous Labview®, on peut choisir par programmation, la plage de tension maximale en entrée de chaque voie (on suppose qu'il y a un amplificateur avec un gain programmable sur chaque voie avant le Convertisseur Analogique Numérique -CAN-).

Q10.

Comment se traduit « plage d'entrée » en anglais ?

Q11.

A partir de la documentation fournie de la carte NI6008, donnez toutes les plages possibles.

Q12.

Quelle plage choisir pour la voie 1 ? Même question pour la voie 2. Expliquer.

### Choix de la période d'échantillonnage.

On suppose que la carte comporte un échantilleur-bloqueur sur chaque voie avant le multiplexeur ce qui permet de prélever au même instant les tensions V1 et V2. Ces tensions sont ensuite numérisées comme présenté sur la figure 6.

Q13.

Quel est le rôle du multiplexeur ?

Q14.

Que signifie la "résolution" du CAN ?

Combien vaut-elle pour la carte NI6008 (cf doc technique carte NI6008) ?

Q15.

Si on ne mesure que sur une seule voie, quelle est la cadence maximale d'échantillonnage possible (notée fmax1) (cf doc technique carte NI6008)? Même question si on mesure sur deux voies (notée fmax2)?

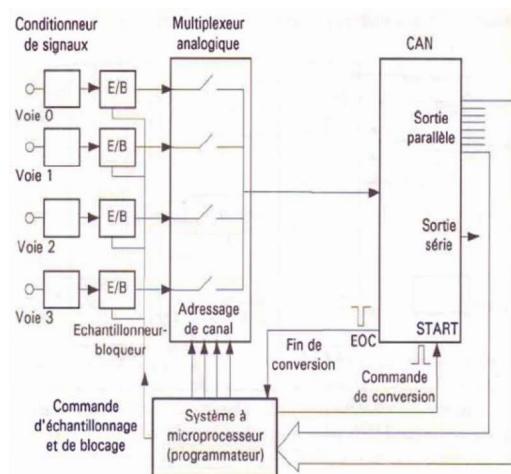


Figure 6

Q16.

A partir de la figure 3, déterminez le temps nécessaire (noté Tmanip) pour relever l'évolution complète de la tension et du courant (on prendra une durée correspondante à 8 carreaux).

Q17.

On souhaite 100 points sur le relevé I(V), soit 100 points durant Tmanip ; quelle doit être la période d'échantillonnage ? En déduire la fréquence d'échantillonnage correspondante.

Q18.

Cela est-il compatible avec les performances de la carte ?

Pour la suite, on remplace la capacité initiale de  $1\mu\text{F}$  par une capacité de  $20\mu\text{F}$ . On suppose en première approximation que Tmanip est proportionnelle à C.

Q19.

Que devient Tmanip (notée Tmanip2) avec cette nouvelle valeur de C. Que devient la fréquence d'échantillonnage pour avoir 100 points de mesures.

Pour la suite, la fréquence d'échantillonnage de chaque voie est prise égale à 5kHz.

Q20.

Sur la figure 7 qui permet de régler les acquisitions, à la place de la valeur 20, quelle valeur doit-on mettre dans "échantillons à lire" pour être sûr d'enregistrer sur la durée complète( Tmanip2 ) ?

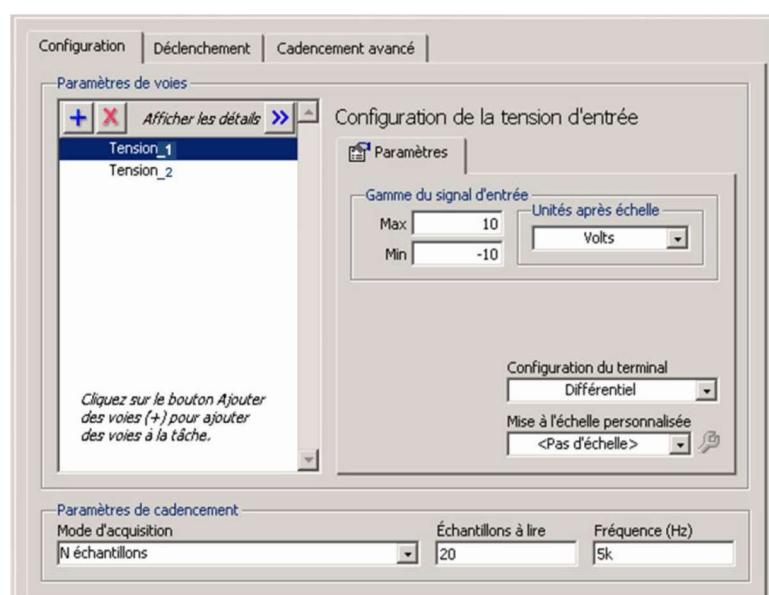


Figure 7

#### Boîte de calcul.

Le logiciel fournit deux séries de valeurs notées Tension\_1 et Tension\_2 images respectives de la tension mesurée de la voie 1 et de la tension de la voie 2.

Q21.

A partir de ces deux grandeurs on en déduit  $I_{PV}$  et  $V_{PV}$ . Quelles relations mathématiques doit-on mettre sous Labview pour faire afficher les valeurs correspondantes de  $I_{PV}$  et  $V_{PV}$ ?

#### Synthèse pour la mesure du courant.

La chaîne de mesure du courant peut être décrite par les éléments de la figure 8:

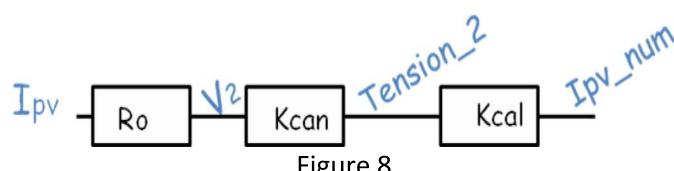


Figure 8

Q22.

Redonner les valeurs avec leurs unités de :  $R_0$ ,  $K_{CAN}$ ,  $K_{CAL}$ .

**Qualité de la mesure de courant.**

Sans étalonnage préalable on souhaite estimer la qualité de la mesure de courant réalisée.

Le shunt vaut  $0,5 \Omega$  avec une tolérance de 1%. Le coefficient de température vaut  $50\text{ppm}/^\circ\text{C}$ .

La température peut varier de  $\pm 50^\circ\text{C}$

Q23.

Calculer l'incertitude sur la valeur de R, notée  $\Delta R$  due à la tolérance sur le composant et à l'influence de la température.

Q24.

Quelle est l'erreur maximale notée  $\Delta Tension\_2$  exprimée en volt commise lors de la conversion analogique/ numérique lorsque la plage  $\pm 1,25$  volts est utilisée (voir tableau dans doc technique de la NI6008)?

Q25

Montrez que l'incertitude maximale sur la mesure de courant peut être donnée par la relation :

$$\Delta I_{PV} = (K_{CAL} \cdot K_{CAN} \cdot \Delta R) \cdot I_{PV} + K_{CAL} \cdot \Delta Tension\_2$$

Donnez la valeur de  $\frac{\Delta I_{PV}}{I_{PV}}$  pour  $I_{PV} = 0, I_{PV \max}/4, I_{PV \max}/2, I_{PV \max}.3/4$  et  $I_{PV \max}$ .

Conclure sur la qualité de cette mesure.

*Qbonus* Vous avez tout fini et vous vous ennuyez, déterminez l'incertitude de mesure sur la mesure de  $U_{PV}$ . les résistances du pont diviseur sont au 1/1000. Sinon, passez aux questions suivantes, vous reviendrez après sur cette question.

## COURS

Q26.

Pour un capteur, définir les notions suivantes : résolution, exactitude , incertitude.

Q27.

Dans quel cas un filtre anti-repliement (FAR) est-il nécessaire sur une chaîne d'acquisition ?

Q28.

Pour faciliter la mise en place du FAR, doit-on augmenter ou diminuer la fréquence d'échantillonnage? Expliquez.

Q29.

L'incertitude sur une mesure de courant est de  $\pm 1\text{A}$  à 95% près. Parmi ces propositions, lesquelles sont correctes pour présenter le résultat?

1:  $I = 1234,567 \text{ A}$

2:  $I = 1234,5 \text{ A}$

3:  $I = 1234,5 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$

4:  $I = 1234 \text{ A} \pm 1 \text{ A}$

5:  $I = 123 \cdot 10 \text{ A}$

6:  $I = 1,234 \text{ kA} \pm 0,001 \text{ kA}$

# Low-Cost Multifunction DAQ for USB

## NI USB-6008, NI USB-6009

NEW

- Small, portable multifunction data acquisition devices
- 12 or 14-bit input resolution, at up to 48 kS/s
- Built-in, removable connectors for easier and more cost-effective connectivity
- 2 true DAC analog outputs for accurate output signals
- 12 digital I/O lines (TTL/LVTTL/CMOS)
- 32-bit event counter
- Student kits available

### Operating Systems

- Windows 2000/XP
- Mac OS X
- Linux

### Recommended Software

- LabVIEW
- LabWindows/CVI

### Measurement Services Software (included)

- NI-DAQmx Base
- Ready-to-Run Data Logger



Product	Bus	Analog Inputs <sup>1</sup>	Input Resolution (bits)	Max Sampling Rate (kS/s)	Input Range (V)	Analog Outputs	Output Resolution (bits)	Output Rate (Hz)	Output Range (V)	Digital I/O Lines	32-bit Counter	Trigger
USB-6009	USB	8 SE/4 DI	14	48	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital
USB-6008	USB	8 SE/4 DI	12	10	±1 to ±20	2	12	150	0 to 5	12	1	Digital

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

## Hardware Description

The National Instruments USB-6008 and USB-6009 multifunction data acquisition devices provide reliable data acquisition at a low price. With plug-and-play USB connectivity, these devices are simple enough for quick measurements, but versatile enough for more complex measurement applications.

## Software Description

The NI USB-6008 and USB-6009 include a ready-to-run data logger application that acquires and logs up to eight channels of analog data. For more functionality, NI-DAQmx Base software is a multiplatform driver with a subset of the NI-DAQmx programming interface. Use it to develop customized DAQ applications with NI LabVIEW or C-based development environments.

## Recommended Accessories

The USB-6008 and USB-6009 have built-in connectivity, so no additional accessories are required.

## Common Applications

The USB-6008 and USB-6009 are ideal for a number of applications where economy, small size, and simplicity are essential, such as:

- Data logging – Log environmental or voltage data quickly and easily
- Academic lab use – The low price facilitates student ownership of DAQ hardware for completely interactive lab-based courses. Academic pricing available. Visit [ni.com/academic](http://ni.com/academic) for details.
- Embedded OEM applications

## Information for Student Ownership

To supplement simulation, measurement, and automation theory courses with practical experiments, NI has developed the USB-6008 and USB-6009 student kits that include LabVIEW Student Edition and a ready-to-run data logger application. These kits are exclusively for students, giving them a powerful, low-cost hands-on learning tool. Visit [ni.com/academic](http://ni.com/academic) for more details.

## Information for OEM Customers

For information on special configurations and pricing, please visit [ni.com/oem](http://ni.com/oem).

## Ordering Information

NI USB-6008<sup>1</sup>.....779051-01  
NI USB-6009<sup>1</sup>.....779026-01

NI USB-6008 Student-kit<sup>1,2</sup>.....779320-22

NI USB-6009 Student-kit<sup>1,2</sup>.....779321-22

<sup>1</sup>Includes NI-DAQmx Base Software, NI-Ready-to-Run Data Logger Software, and a USB cable.

<sup>2</sup>Includes LabVIEW Student Edition



# Low-Cost Multifunction DAQ for USB

## Specifications

Typical at 25 °C unless otherwise noted.

### 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

### Maximum sampling rate (system dependent)

Device	Maximum Sampling Rate (kS/s)
USB-6008	10
USB-6009	48

Input range, single-ended ..... ±10 V  
Input range, differential ..... ±20, ±10, ±5, ±4, ±2.5, ±2, ±1.25, ±1 V  
Maximum working voltage ..... ±10 V  
Overvoltage protection ..... ±35 V  
FIFO buffer size ..... 512 B  
Timing resolution ..... 41.67 ns (24 MHz timebase)  
Timing accuracy ..... 100 ppm of actual sample rate  
Input Impedance ..... 144 kΩ  
Trigger source ..... Software or external digital trigger  
System noise ..... 0.3 LSB<sub>rms</sub> (±10 V range)

### Analog Output

Absolute accuracy (no load) ..... 7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale  
Number of channels ..... 2  
Type of DAC ..... Successive approximation  
DAC resolution ..... 12 bits  
Maximum update rate ..... 150 Hz, software-timed  
Output range ..... 0 to +5 V  
Output impedance ..... 50 Ω  
Output current drive ..... 5 mA  
Power-on state ..... 0 V  
Slew rate ..... 1 V/μs  
Short-circuit current ..... 50 mA

### Digital I/O

Number of channels ..... 12 total  
8 (P0.<0..7>) ..... 4 (P1.<0..3>) ..... Each channel individually programmable as input or output  
Direction control .....  
Output driver type  
  USB-6008 ..... Open-drain  
  USB-6009 ..... Each channel individually programmable as push-pull or open-drain.  
Compatibility ..... CMOS, TTL, LVTT  
Internal pull-up resistor ..... 4.7 kΩ 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
Input leakage current	—	50	µA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage (Push-pull, I = -8.5 mA)	2.0	3.5	V
Output high voltage (Open-drain, I = -0.6 mA, nominal)	2.0	5.0	V
Output high voltage (Open-drain, I = -8.5 mA, with external pull-up resistor)	2.0	—	V

### Counter

Number of counters ..... 1  
Resolution ..... 32 bits  
Counter measurements ..... Edge counting (falling edge)  
Pull-up Resistor ..... 4.7 kΩ to 5 V  
Maximum input frequency ..... 5 MHz  
Minimum high pulse width ..... 100 ns  
Minimum low pulse width ..... 100 ns  
Input high voltage ..... 2.0 V  
Input low voltage ..... 0.8 V

### 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/°C max

### Physical Characteristics

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Dimensions (without connectors) ..... 6.35 by 8.51 by 2.31 cm  
(2.50 by 3.35 by 0.91 in.)  
Dimensions (with connectors) ..... 8.18 by 8.51 by 2.31 cm  
(3.22 by 3.35 by 0.91 in.)  
Weight (without connectors) ..... 59 g (2.1 oz.)  
Weight (with connectors) ..... 84 g (3 oz.)  
I/O Connectors ..... USB series B receptacle  
(2) 16-position (screw-terminal) plug headers  
Screw-terminal wiring ..... 16 to 28 AWG  
Screw-terminal torque ..... 0.22 to 0.25 N•m  
(2.0 to 2.2 lb•in.)

Q1.  $V_{PV} = V_1$   $R_o i_{PV} = V_2$  Q2  $\begin{cases} V_{1\max} = 10V \\ V_{2\max} = 4 \times 250 = 800mV \end{cases}$

On a donc  $V_{PV\max} = 10V$  et comme  $R_o = \frac{1}{2} \Omega$   $i_{PV\max} = 1600mA$

avec 30% de sécurité cela donne  $\begin{cases} V_{1\text{limmax}} = 13V \\ V_{2\text{limmax}} = 1040mV \end{cases}$

Q3. Pour  $V_1$  oui (il y a une gamme ± 20V) et  $13 < 20$   
 V2 oui même raison.

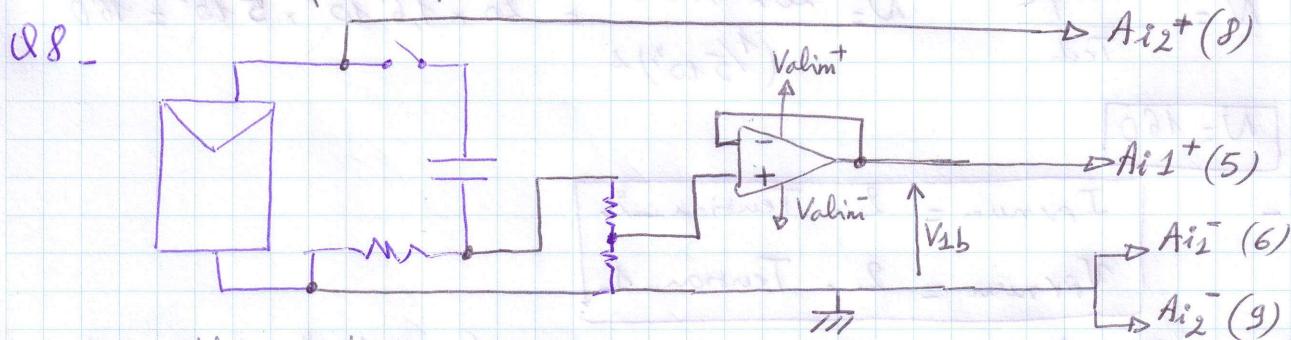
Q4. Pont diviseur  $V_{2a}/V_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = R_2 \\ R_1 = 100k\Omega \\ R_2 = 100k\Omega \end{cases}$

Q5. Il s'agit d'un adaptateur d'impédance ( $Z_e = \infty$  et donc  $i^+ = 0$ ).

Q6. Il faut  $V^+$  et  $V^-$  dans la plage de tension d'alimentation pour un bon fonctionnement, comme  $V^+$  peut varier  $13/2 = 6,5V$  il faut  $V_{\text{alim}}^+ \geq 6,5V \Rightarrow \begin{cases} \text{alim en } \pm 2,5V : \text{non} \\ \text{alim en } \pm 10V : \text{oui.} \end{cases}$

Q7. Non car on a mis un adaptateur d'impédance entre le pont diviseur et le CAN  $\Rightarrow Z_e$  n'a pas d'importance.

- Pour la mesure de  $V_2$ , le courant délivré vers la carte reste très petit  $\Rightarrow$  cela ne fausse pas la mesure de  $i_{PV}$ .



Q9. • cablage court  
 • paire torsadé blindé avec blindage à la masse (shield).

Q10. input range

Q11. ±1V ±1,25 ±2 ±2,5 ±4 ±5 ±10 ±20 volts. en différentiel  
 ±10V en "single-ended".

Q12. Avec les sécurités de 30% on prendra :

$\begin{cases} \text{voie 1} \pm 10V \text{endiff.} \\ \text{voie 2} \pm 1,25V \text{endiff.} \end{cases}$

Q13. Il faut à aiguilller les signaux provenant des E/B vers le CAN.

Q14. Résolution du CAN : plus petite variation mesurable.

$$q = \frac{\Delta V}{2^{n-1}} \quad n \text{ nombre de bits, } \Delta V \text{ plage du CAN. } \text{ i.e. NI6008 } n=12$$

$$\text{Soit } q_2 = \frac{2 \times 1,25}{2^{12}-1} = \frac{2,5}{4095} \approx 0,6 \text{ mV. pour la voie 2}$$

pour la voie 1  $q_1 = \frac{2 \times 10}{2^{12}-1} = \frac{20}{4095} \approx 5 \text{ mV}$ .

voie 1	$\Delta V = \pm 10 \text{ V}$	$q_1 = 5 \text{ mV}$	wie
voie 2	$\Delta V = \pm 1,25 \text{ V}$	$q_2 = 0,6 \text{ mV}$	

Q15 - Si une seule voie  $10 \text{ ftech}/s$  au max.  
Si 2 voies  $10/2 = 5 \text{ ftech}/s$

$$10 \text{ ftech} = f_{\max 1}$$

$$5 \text{ ftech} = f_{\max 2}$$

Q16 -  $T_{\text{manip}} = 8 \times 200 \mu\text{s} = 1600 \mu\text{s} = 1,6 \text{ ms}$ .

Q17 - 100 points en  $T_{\text{manip}}$   $\Rightarrow \frac{T_{\text{manip}}}{100}$  entre 2 points consécutifs soit

$$f_e = \frac{100}{T_{\text{manip}}} = \frac{100}{1,6} \text{ fHz} = \frac{1000}{16} = \frac{250}{4} = \frac{125}{2} \approx 62 \text{ fHz}.$$

$T_{\text{ech}} = 16 \mu\text{s}$	$f_{\text{ech}} = 62 \text{ fHz}$
-----------------------------------	-----------------------------------

Q18 - Non : carte pas assez rapide.  $C 1 \mu\text{F} \rightarrow 20 \mu\text{F}$

Q19 -  $T_{\text{manip2}} = 20 T_{\text{manip}} \Rightarrow f_{\text{ech}} = 3,1 \text{ fHz}$

Q20 -  $f_{\text{ech}} = 5 \text{ fHz} \Rightarrow T_{\text{ech}} = \frac{1}{5 \cdot 10^3} \text{ s}$   $T_{\text{manip2}} = N T_{\text{ech}}$  soit

$$N = \frac{T_{\text{manip2}}}{T_{\text{ech}}} = \frac{20 \times 1,6 \text{ ms}}{\left(\frac{1}{5 \cdot 10^3}\right) \text{ s}} = 20 \times 1,6 \cdot 10^{-3} \times 5 \cdot 10^3 = 160$$

$N = 160$
-----------

Q21 -  $I_{\text{PVnum}} = 2 \cdot \text{Tension}_2$   
 $V_{\text{PVnum}} = 2 \cdot \text{Tension}_1$

Q22 -  $R = \frac{1}{2} \Omega$   $K_{\text{CAN}} = 1$  sans unité (ou  $\text{V}^{-1}$  selon le choix fait).  
 $K_{\text{CAL}} = 2 \text{ A/V}$  (ou  $\text{A}$ )

Q23 -  $\frac{\Delta R}{R} = 1/1000$   $\Delta R = \frac{1}{1000} R$   $\Delta R = 5 \cdot 10^{-3} \Omega$

Q24 - typical : 1,70 mV maximum 38,9 mV  $\Delta \text{Tension}_2 = 39 \text{ mV}$

Q25 -  $\Delta I_{\text{PV}} = 10^{-2} \times I_{\text{PV}} + (78 \cdot 10^{-3})$

$$\frac{\Delta I_{\text{PV}}}{I_{\text{PV}}} = 10^{-2} + \frac{78 \cdot 10^{-3}}{I_{\text{PV}}}$$

mesure correcte si  $I$  pas trop petit.

$I_{\text{PV}}$	0	x	x	x	x
$\Delta I$	x	>	>	x	x

Q26 - 27-28 voir cours