TD1 Calcul d'incertitude sur une mesure d'irradiation.

Objectifs du TD :
1/Analyser les docs constructeurs pour déterminer si les composants choisis conviennent.
2/ déterminer les relations mathématiques entre les différents étages d'une chaîne d'instrumentation. En déduire la relation mathématique à implanter pour reconstituer la valeur du mesurande.
3/ Analyser les sources d'incertitudes tout au long de cette chaîne, les quantifier.
4/ Evaluer l'incertitude globale et proposer des méthode pour la réduire.
5/ Combien de valeurs à stocker sur une année.

Présentation.

On souhaite mettre en place une chaîne de mesure de l'irradiation (W/m²) du soleil sur une journée afin de comparer les valeurs obtenues (cf figure ci-dessous) avec les données fournies par des logiciels.

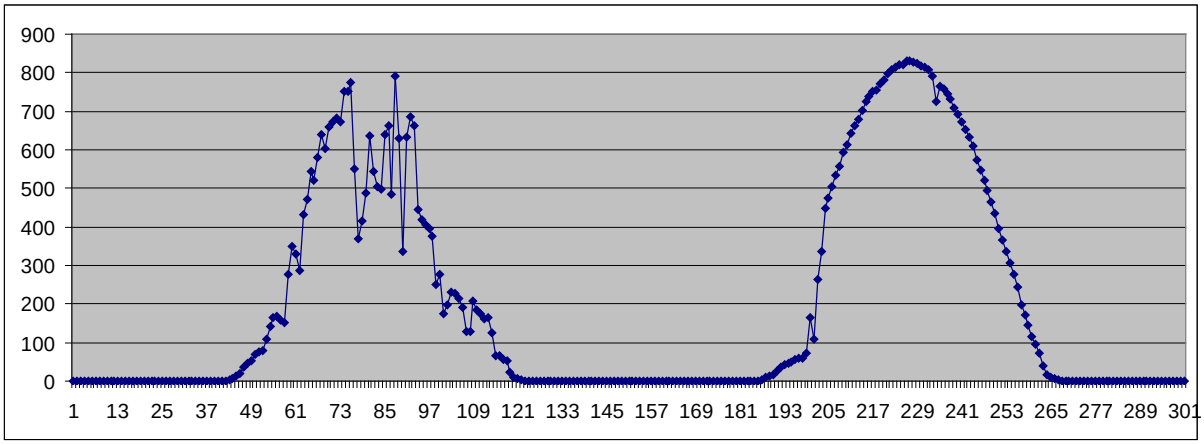

Fig1. Exemple de mesures sur 2 jours, 10 mn entre chaque mesures: 300 points entre le 01/09/2006 à 1h22mn 48s et le 03/09/2006 à 3h22mn 50s. En ordonnée, l'irradiation en W/m². Mesures réalisées au LAAS-CNRS.

On souhaite :
une plage de mesure comprises entre 0 et 1000 W/m²
précision souhaitée : ± 4% sur toute l'étendue de mesure.
une mesure toute les 10 minutes.

Mise en place de la chaîne d'acquisition.

Pyranomètre

Un pyranomètre mesure le rayonnement global solaire reçu par une surface plane
Le pyranomètre est constitué d'une thermopile comportant 64 pseudothermocouples de type cuivre constantan. Ils mesurent la différence d'énergie reçue par une surface noire et une blanche. Une coupelle en verre limite la perte de chaleur par convection et les effets perturbateurs du vent.

Référence CE 180

Capteur conforme CIMEL classe 2. Homologué par Météo France -
Longueur d'onde d'utilisation : 300 à 2500nm
Sensibilité : 120 µV/mW.cm-2 (+/- 20)
Précision : 1%
Résistance interne : 100 Ohms
Effet d'azimut : sans
Effet de cosinus : sans
Effet de température : sans
Constante de temps à 1 / e : 7s
Temps de réponse à 99% : 30s

Ph1. Pyranomètre. [www.cimel.fr]

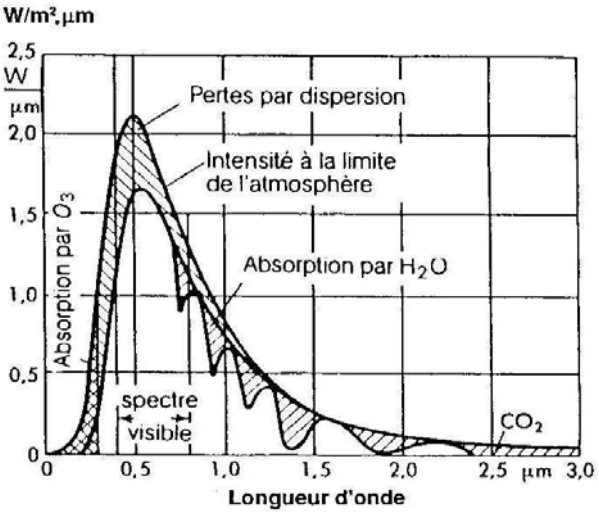

Fig2. Spectre du soleil.

Le pyranomètre choisi convient-il?
A la réception du capteur , son certificat de calibration donne 100 µV/mW.cm-2. Donner la relation entre la tension de sortie du capteur V_{CAPT}et l'iradiation G (W/m²).

Amplificateur d'instrumentation + Convertisseur analogique/numérique

Premier dimensionnement.
Peut-on faire une connection directe entre la carte d'acquisition et le pyranomètre? (même question avec une carte USB 6008 12 bits). On utilise un ampli d'instrumentation, le modèle choisi est un AD524 C. cf doc annexe.

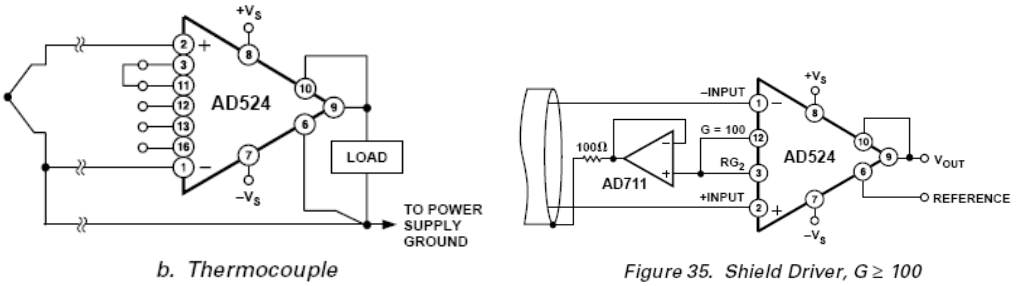

Fig3. Montages possibles pour connecter le pyranomètre et l'amplificateur d'instrumentation.[doc AD524]

Pour diminuer les sources d'erreurs, on choisit une valeur de gain réalisable sans rajouter de résistances, soit : 1, 10, 100 ou 1000.
Quelle gain choisit-on? (lien avec gamme du CAN…)
Tensions d'alimentations de l'amplificateur?
Dessin du câblage.

Convertisseur analogique/numérique

On utilise la carte d'acquisition NI6221 sur l'entrée 0 en mode RSE. (Dessin du câblage)
Est-ce le seul choix possible?
Impédance d'entrée de la carte?
Quelle plage doit-on choisir sur les niveaux d'entrées de la carte?

Chaîne d'acquisition.

La figure ci-dessous décrit sommairement la chaîne de mesure de l'irradiation.

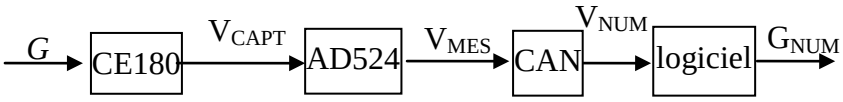

Fig4. Chaîne de mesure de l'ensoleillement.

Donnez les relations liant V_{MES} et V_{CAPT} , V_{NUM} et V_{MES}, (on néglige la quantification). En déduire la relation mathématique à intégrer sous Labview pour reconstituer la valeur d'irradiation (G_{NUM}).

Evaluation des incertitudes de mesures.

Pyranomètre

Quelle est l'incertitude de mesure associé au capteur?

Amplificateur d'instrumentation

le modèle choisi est un AD524 C. alimenté en ± 15 volts. la température de la pièce où est placé l'ampli est de 25°C. Elle peut monter à 45°C en été et descendre à 10 en hiver. Pour le gain choisi (1000) calculez les erreurs cumulées. On utilisera pour cela un calcul similaire présenté dans la doc de l'AD524 p14. Remplissez le tableau 1. ✿⇒ rien à mettre dans la case). En déduire l'erreur maximale en sortie de l'ampli d'instrumentation en ppm. Calculez alors l'incertitude ΔG_2 exprimée en W/m².

source d'erreur	**spécifi--cation AD524 C**	**calcul**	**précision absolue à 20°C**	**influence de la température +20 → +30°C**	**erreurs non compensables**
erreur de gain			… ppm	✿	✿
non linearité			✿	✿	… ppm
gain vs temperature			✿	… ppm	✿-
Input Offset Voltage			… ppm	✿	✿-
Input Offset Voltage vs. Temperature			✿	…ppm	✿-
Output Offset Voltage			… ppm	✿	✿
Output Offset Voltage vs. Temperature			✿	… ppm	✿
NOISE R.T.I., 0.1 Hz to 10 Hz			✿	✿	… ppm
total		... ppm	…ppm	…ppm	…ppm

Tab1. Calcul des principales erreurs.

Convertisseur analogique/numérique

On utilise la carte d'acquisition NI6221 en mode RSE. Déterminez l'incertitude apportée par l'usage de cette carte. (Voir doc carte pour cette question.)

Sur combien de bits se fait la conversion?

Traitement logiciel :

le logiciel calcule :
$G_{NUM} = f(V_{NUM})$, soit comme on souhaite avoir $G_{NUM} = G$, on prendra $G_{NUM} = K.N$ avec :

$$K = \left(K_{CAPT}.K_{MES}.K_{AN}\right)^{-1} \quad \text{soit : } K = 4{,}88\ .10^{-1}\ W/m^2$$

On suppose que les calculs se font en virgule flottante. Y a-t-il détériorations de l'information dans cette partie de la chaîne pour reconstituer la valeur de l'ensoleillement?

Calcul de l'incertitude sur la mesure (pire des cas).

Combien vaut lasomme des erreurs cumulées rapportées à l'irradiation ?
Quelle est donc alors la précision globale? Est-elle conforme au cahier des charges?

Proposer des méthode pour réduire l'incertitude globale.

Combien de valeurs à stocker sur une année.

Question en plus …

On souhaite détecter les oiseaux qui passent devant le capteur, peut_on utiliser la même chaîne instrumentale?, Que doit-on modifier?