



Séquence n°3

Etalonnage d'un capteur ou d'une chaîne de mesure



Fiches de synthèse mobilisées :

- Fiche de synthèse n°1 : Mesure et incertitudes
- Fiche de synthèse n°2 : Mesure à l'aide d'un capteur
- Fiche de synthèse n°3 : Etalonnage d'un capteur

Sommaire des activités

ACTIVITÉ 1 : Détection de luminosité et systèmes automatisés.....	1
ACTIVITÉ 2 : Etalonnage d'un thermocouple de type K	3

ACTIVITÉ 1 : Détection de luminosité et systèmes automatisés



Store banne déployé en fonction de la luminosité ambiante de la pièce

DOCUMENT 1 : un capteur de lumière au service de la domotique

Les capteurs de lumière sont nécessaires pour commander l'ouverture et la fermeture des systèmes automatisés de protection contre le soleil pour régler le niveau de luminosité ambiante.

Ces systèmes participent au confort thermique de l'habitation en réduisant les effets du rayonnement solaire dans les climats chauds et en l'exploitant au maximum dans les climats froids, ainsi qu'à l'économie d'énergie et la réduction des émissions polluantes.



On souhaite mettre en œuvre un capteur de lumière afin de réaliser un système de détection de luminosité analogue à celui du document précédent.

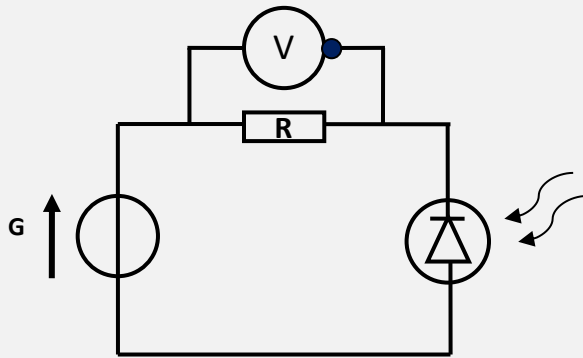
Le capteur utilisé est une photodiode. On va l'utiliser afin de mesurer l'éclairement ambiant d'une pièce.

Partie 1 : Comment construire un instrument de mesure d'éclairement à l'aide d'une photodiode ?

Document 2 : photodiode BPW21		Document 3 : sensibilité spectrale photodiode BPW21
Composant	Symbole	

1. D'après le document 3, la photodiode est-elle adaptée à la mesure de l'éclairement ambiant d'une pièce ?
2. Proposer un protocole expérimental permettant de réaliser cette mesure à l'aide des documents 4 et 5.

DOCUMENT 4 : le montage électrique de la photodiode



Dans ce montage, le branchement de la photodiode impose que l'intensité du courant électrique est proportionnelle à l'éclairement reçu. La résistance en série avec la photodiode permet de convertir l'intensité du courant électrique en tension électrique, elle est aussi proportionnelle à l'éclairement.

DOCUMENT 5 : matériel disponible

- Luxmètre pour mesure de l'éclairement
- Circuit électrique avec une photodiode (voir document 4)
- Source de lumière blanche variable (spectre d'émission semblable à celui de la lumière ambiante)
- Multimètre
- Banc d'optique et supports

**Partie 2 : Comment mesurer l'éclairement ambiant ?**

- Réaliser le protocole expérimental validé dans la partie précédente.
- Déterminer la valeur de l'éclairement d'une source de lumière à l'aide de la modélisation réalisée et de la chaîne de mesure utilisée.
- Déterminer la sensibilité de la chaîne de mesure constituée du capteur et du voltmètre.
- Comparer la valeur de la grandeur calculée à la valeur de référence obtenue à l'aide d'un instrument étalon.

Partie 3 : Comment évaluer la qualité de mesure d'éclairement

Pour estimer la qualité de mesure d'éclairement avec la chaîne de mesure réalisée (photodiode + voltmètre), on souhaite déterminer l'incertitude type de mesure de l'éclairement obtenue avec la chaîne de mesure.

Dans un premier temps, on fait l'hypothèse que l'incertitude type de l'éclairement ne dépend que de l'incertitude type de la mesure de tension.

Si cette hypothèse est vraie, alors tous les écarts entre les valeurs calculées et les valeurs de références de l'instrument étalon doivent être inférieures à l'incertitude type de mesure de l'éclairement.

- Calculer l'incertitude-type de mesure de tension à l'aide de la notice constructeur (rappel : $u(U) = \frac{\text{demi-étendue}}{\sqrt{3}}$).
- L'incertitude-type de la mesure d'éclairement est donné par la relation : $u(E) = \frac{u(U)}{\text{sensibilité}}$, déterminer l'incertitude de mesure de l'éclairement.
- Pour chaque valeur de l'éclairement relevée lors de l'étalonnage, calculer la valeur de l'éclairement à l'aide du modèle puis calculer la valeur absolue de l'écart $ER = |E_{\text{étalon}} - E_{\text{calculé}}|$.
- Comparer les valeurs obtenues pour l'écart ER avec l'incertitude type calculée. L'hypothèse de départ est-elle vérifiée ?
- Quelles sont les sources d'erreurs éventuelles qui n'auraient pas été prises en compte et qui peuvent expliquer ces écarts ?

ACTIVITÉ 2 : Etalonnage d'un thermocouple de type K

Un thermocouple est constitué de deux métaux de nature différente soudés l'un à l'autre. De part et d'autre de la soudure il apparaît une tension électrique dépendant de la température du milieu dans lequel se trouve la soudure.

La sensibilité d'un thermocouple de type K est environ égal à $40 \mu\text{V} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

On souhaite réaliser l'étalonnage du thermocouple.

- Proposer un protocole pour réaliser cet étalonnage.
- Pour chaque point de l'étalonnage on souhaite mesurer la tension électrique aux bornes du thermocouple à l'aide d'un multimètre dont les caractéristiques extraites de la notice du constructeur sont les suivantes.



Etalonnage d'un thermocouple

Gamme	400 mV	4 V	40 V	400 V	600 V
Résolution	0.1 mV	1 mV	10 mV	0.1 V	1 V
Précision DC	$\pm 0.3 \% L \pm 2 \text{ pts}$				$\pm 0.5 \% L \pm 2 \text{ pts}$

Expliquer pourquoi ce multimètre ne convient pas pour mesurer une température avec une incertitude-type inférieure à $1,5^\circ\text{C}$.



3. On utilise un autre multimètre satisfaisant aux critères de qualité. L'incertitude-type de mesure de tension est :

$$u(U) = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

Pour l'étalonnage on réalise simultanément les mesures de température et de tension dans un bain dont on peut faire varier la température en rajoutant de la glace ou de l'eau chaude.

Les mesures sont dans le tableau ci-dessous.

T _{et} (en °C)	3,4	9,6	17	19,2	23,7	33,8	36,8	41,5	47,4
U (en V)	0,000051	0,000308	0,000628	0,000712	0,000825	0,001218	0,001317	0,001501	0,001756

Construire la courbe d'étalonnage et modéliser le nuage de points obtenu.

4. En déduire la sensibilité du capteur.
Déterminer également l'incertitude-type de température. On supposera dans cette question que les sources d'erreur liées à la relation entre température et résistance sont négligeables par rapport aux autres. Autrement dit on suppose que l'incertitude-type de mesure de température ne dépend que de l'incertitude-type de mesure de la tension.
5. Pour chaque valeur de tension mesurée au cours de l'étalonnage, calculer la valeur de température correspondante notée T_{calc}.
Calculer enfin pour chaque valeur de température mesurée au cours de l'étalonnage la valeur absolue de l'écart entre les températures mesurée et calculée : $ER = |T_{calc} - T_{mes}|$.
6. Comparer l'ensemble des valeurs de ER à l'incertitude-type calculée à la question 4.
L'hypothèse de la question 4 est-elle valable ?
Quelles sont les sources d'erreur de mesure qui peuvent expliquer ces résultats ?