

EVALUATION ET CARACTERISATION DES MESURES PHOTOMETRIQUES SUR DES LED

J. Sadi – H. Ben Ammar

Lightnics Sarl - Espace Lunel Littoral - 177b, avenue Louis Lumière – 34400 LUNEL

contact@lightnics.com – 04.67.64.37.72

Introduction

Les photomètres actuellement disponibles pour la mesure des LED reposent sur des principes de mesure différents. Les appareils disponibles [1] sont aussi bien des spectroradiomètres, des sphères intégrantes, des goniophotomètres que des photomètres à mesure directe. Cette variété de techniques soulève des difficultés pour comparer les résultats de mesure fournis par les appareils correspondants.

Il semble donc primordial d'évaluer les incertitudes de mesures associées à un appareil de mesure photométrique, et ce, de la manière la plus exhaustive et précise possible, afin de fournir à l'utilisateur final une indication fiable du degré de confiance qu'il peut accorder aux mesures photométriques affichées.

Dans le cours du développement de notre gamme de photomètres portables, nous nous sommes appliqués à mettre en œuvre ce type de démarche afin de fournir des éléments de comparaison et d'évaluer en interne les progrès techniques réalisés.

Il s'agit donc d'identifier les causes d'erreur de mesure et les moyens techniques à envisager afin d'améliorer encore la précision des mesures d'intensités lumineuses de LED dans la gamme étendue d'intensités actuellement disponible sur le marché à l'aide d'un photomètre portable.

1. Problématique

Dans un premier temps, il s'agit de recenser la nature des incertitudes et leurs causes lors de l'usage du photomètre ; notamment celles liées à l'opérateur, à la méthode de mesure et au matériel lui-même. Pour chacune de ces causes, il est nécessaire d'établir un bilan des erreurs systématiques et aléatoires.

Dans une deuxième étape, on établira les pistes de solutions techniques à apporter pour minimiser ces incertitudes.

2. Causes d'erreurs et conditions de mesure

a) Les erreurs liées à l'**opérateur** peuvent être déterminées sur un échantillon de différents opérateurs exécutant un mode opératoire basé sur les mêmes indications. Ces erreurs peuvent être différenciées selon : la formation spécifique à l'appareil reçue par l'opérateur, sa formation générale, son expérience avec ce type d'appareils, etc.

b) Les erreurs liées à l'**objet de la mesure**, les LEDs, proviennent de différents facteurs :

- les spécificités liées à la fabrication des LEDs, notamment :
 - les variations mécaniques conditionnant le positionnement géométrique de la LED devant le capteur ;
 - les variations de process de production (MBE par exemple), influant sur la composition finale du semi-conducteur émettant la lumière à mesurer. Ces variations, influant sur le spectre d'émission des LEDs, impacteront les mesures des appareils considérant le spectre comme une donnée stable, pré-calibrée.
- le respect des conditions de mesure standard assignées aux LEDs (condition A et B définies par la Compagnie Internationale de l'Eclairage).

c) Les erreurs liées au **dispositif de mesure** demandent à être recensées par une analyse fine de la chaîne de mesure. Dans le cas de notre photomètre, deux stratégies de conception sont à évaluer : un circuit analogique ou un circuit numérique. Ceux-ci sont représentés en figure 1 et 2.



Figure 1 : Photomètre analogique



Figure 2 : Photomètre numérique

Au niveau du capteur, il s'agit d'évaluer en quoi la conception et la fabrication de la tête de mesure génère une lumière parasite qui se traduira par un bruit de fond électronique systématique. A ce niveau, l'obtention de mesures répétables n'est possible que si le process de production permet une fabrication reproductible de la tête de mesure elle-même.

L'amplificateur linéaire doit introduire le minimum de distorsion du signal : ainsi, par exemple, l'amplificateur opérationnel utilisé dans cette partie doit être choisi parmi ceux qui présentent les courants d'entrée les plus faibles sur le marché.

Le circuit permettant de coder le spectre peut être analogique ou numérique :

- dans le cas analogique, cette partie est réalisée grâce à la sélection des composants électroniques les plus fiables (1%) ;
- dans le cas numérique, cette partie est pilotée par un micro-contrôleur dont il faut évaluer la précision de calcul en virgule flottante.

Que ce soit dans le cas analogique ou numérique, le convertisseur analogique-numérique (CAN) doit être sélectionné d'après la dynamique (nombre de bits de codage de la mesure) requise pour une précision cible.

3. Moyens d'action

La variabilité des mesures liées à l'opérateur peut être réduite par l'adoption de gabarits et supports matériels de mesure évitant des problèmes d'alignement optique. On pourra adopter des connecteurs de liaison : tête de mesure-LED par exemple. Toutefois cette solution peut se révéler difficilement exploitable dans les cas où l'espace interLED est trop restreint : feux tricolores, écrans d'affichage à LEDs, etc.

Les méthodes de mesure répondant aux standards CIE et les incertitudes liées au process mécanique de fabrication des sources sont des causes externes sur lesquelles nous ne pouvons intervenir : elles seront donc à évaluer en tant qu'erreurs systématiques de mesure.

Cependant, le couplage d'un spectromètre et d'un photomètre permet de prendre en compte la variabilité des spectres due au process de fabrication. L'utilisation du spectromètre seul ne permet pas d'avoir une dynamique suffisante pour adresser une gamme de LEDs très étendue en intensités lumineuses. Les spectromètres miniatures actuels ne disposent en effet pas d'une dynamique suffisante.

Dans cet ensemble spectrophotométrique, le spectromètre apporte une information sur les intensités relatives sur de faibles intervalles de longueurs d'onde, tandis que le photomètre fournit une mesure absolue de l'intensité globale qui sera corrigée en fonction de ce spectre relatif [2].

Les erreurs de mesure provenant du photomètre peuvent être réduites :

- lors de la conception de la chaîne matérielle qu'il intègre, par la réduction du nombre d'étages de mesure ;
- lors de la fabrication du photomètre, par le choix des composants.

4. Mesures

Notre objectif à terme est de quantifier les différentes incertitudes liées au processus global de mesure. Par exemple, pour ce qui est des incertitudes liées à la partie « chaîne matérielle » d'un photomètre analogique, nous avons évalué l'incertitude sur la mesure d'une LED ayant une intensité lumineuse de 2 000 mcd :

Capteur : +/- 0,2 %

Amplificateur linéaire : +/- 4 %

Circuit de réglage : +/- 3 %

Circuit de mesure : +/- 0,5 %

Nous pouvons ainsi estimer l'incertitude de mesure globale liée au matériel à 8%. L'adoption d'une architecture numérique devrait permettre de descendre en-dessous de ce chiffre. C'est ce que nous sommes en train d'évaluer à présent. Ceci est à comparer aux meilleures mesures des Instituts de standardisation : entre 3 et 5 % au NIST, par exemple.

Conclusion

L'analyse des incertitudes de mesure constitue un atout à la fois :

- pour le fabricant du photomètre, puisqu'elle lui permet de focaliser ses efforts là où réside des gisements d'améliorations des mesures ;
- pour l'utilisateur, qui connaît le degré de confiance qu'il peut accorder à son appareil de mesure.

L'étude en cours nous permet ainsi de nous fixer des objectifs de moins de 5% pour l'incertitude liée au matériel et de moins de 10% en considérant le processus global de mesure.

Références

[1] Y. Ohno and Y. Zong, « NIST Facility for Total Spectral Radiant Flux Calibration », Proc. Symp. Metrology 2004, CENAM, Mexico, 2004.

[2] J. Sadi, N. Kolem, P. Pfeiffer, I. El-Hafidi, « Photomètre pour la mesure en production de l'éclairage produit par des LED », colloque CMOI, 2006.