

Indice de Rendu des Couleurs

IES TM-30 : enfin une méthode adaptée aux LED ?

Résumé

L'indice de rendu des couleurs (IRC) sert à quantifier les propriétés d'une source lumineuse à bien rendre les couleurs. Des travaux récents ont conduit l'IES (Illuminating Engineering Society of North America) à publier une nouvelle méthode de calcul d'indices de rendu de couleurs : [TM-30-15 – Method for Evaluating Light Source Color Rendition](#). L'un des objectifs de cette méthode est de résoudre les limites du calcul d'indice IRC appliqué aux systèmes d'éclairage à LED. Il est, en effet, reconnu que l'indice Ra développé par la CIE, s'appuyant sur 8 couleurs de référence et sur deux types d'illuminants (Lumière du Jour et émission du corps noir), ne permet pas de discriminer des variations de teintes ou de saturation pourtant nettement perceptibles à l'œil. L'IES TM-30 porte au nombre de 99 les couleurs de références, harmonieusement réparties selon plusieurs niveaux de teintes et couleurs saturées, et mixe les illuminants Lumière du Jour et émission du corps noir en fonction de la température de couleur. La méthode de calcul TM-30 propose un indice de fidélité Rf beaucoup plus représentatif de la perception réelle du cerveau humain. Cette méthode introduit également un deuxième indice Rg représentant l'écart global en teinte et saturation. Les deux indices peuvent être calculés simplement à partir d'une mesure spectrale. La méthode IES TM-30 permet de distinguer la performance colorimétrique de sources de même indice IRC et de natures différentes, comme par exemple une source LED 4000K IRC80 et une source de type tube fluorescent 4000K IRC80. Elle apporte également un critère d'appréciation lié aux effets de saturation, plus proche des perceptions de l'humain. A ce titre, elle constitue un moyen de différencier les systèmes d'éclairage et de les valoriser dans leur contexte d'application, offrant ainsi la possibilité de bénéficier encore plus des avantages de la LED pour l'éclairage.

Introduction

L'indice de rendu des couleurs (IRC) sert à quantifier les propriétés d'une source lumineuse à bien rendre les couleurs. La récente publication de l'Illuminating Engineering Society of North America IES TM-30, qui décrit une nouvelle méthode de calcul d'indice de rendu de couleurs, repose la question de la pertinence des indices actuellement utilisés dans l'industrie de l'éclairage. L'usage pouvant être fait de l'IES TM-30, ainsi que l'opportunité qu'elle crée pour faire progresser la qualité de lumière nous sont apparus suffisamment importants pour analyser son fonctionnement et son apport. Cet article explique les différences entre les méthodes de calculs d'indices de l'IRC actuel et du TM-30 et montre ces différences sur des exemples de mesures colorimétriques réalisées sur des produits d'éclairage commercialisés. Nous proposons également un point de vue sur l'apport et la diffusion de l'IES TM-30.

La couleur intervient dans nos critères de confort, de choix de produit, d'appréciation de qualité, dans nos capacités à différencier les objets, dans notre orientation quotidienne. La perception des couleurs fait intervenir la lumière, à travers sa composante spectrale et son intensité, et l'œil. Le cerveau interprète les signaux émis par l'œil sous forme de couleur de teinte, de saturation et de luminosité. Bien qu'étant soumise à des mécanismes complexes de ressentis, la perception des couleurs a été abordée de façon scientifique par la colorimétrie, qui est la science de la mesure des couleurs. La colorimétrie a produit des grandeurs physiques caractérisant la couleur. Parmi celles-ci se trouvent le point de couleur sur le diagramme des couleurs x',y' (CIE 1931) ou u',v' (CIE 1976) et la température de couleur proximale correspondant à celle d'un corps noir chauffé (TCP ou CCT en anglais, en degrés Kelvin). La mise au point dans les années 1980 d'appareils de mesure faciles d'emploi – colorimètres, spectrocolorimètres – a permis d'obtenir des mesures fiables qui ont remplacé les méthodes subjectives de comparaison de couleurs par la création d'indices de rendu des couleurs (IRC). L'introduction des LED en tant que sources de lumière dans les luminaires a créé une variété spectrale importante dans les dispositifs d'éclairage. Cela a pour conséquence d'élargir les possibilités de qualité de lumière, et notamment le rendu de couleur d'une source d'éclairage.

IRC CIE : une méthode trop restrictive ?

Une source lumineuse peut provoquer des distorsions de perception de la couleur, vues comme des variations de teintes ou de saturation. Pour quantifier ces effets, il est usuel d'utiliser le critère IRC, défini par la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) en 1974 et détaillé dans le rapport technique CIE 13.3 de 1995. Ce critère est donné par une méthode d'analyse basée sur la fidélité d'un échantillonnage de couleurs sous éclairage de la source considérée par rapport à un spectre connu proche. La méthode consiste à mesurer l'écart de rendu de couleur de 8 couleurs normalisées éclairées par la source de lumière blanche à qualifier, en comparant avec un illuminant de référence ayant la même température de couleur. Selon que la température de couleur est inférieure ou supérieure à 5000K, on prendra un illuminant de référence ayant un spectre de type rayonnement du corps noir ou de type lumière du jour. L'indice de couleur s'exprime en R_a , qui s'étend entre 0 et 100, et représente la moyenne des écarts R_i mesurés sur chacun des échantillons colorés. L'IRC peut être complété par la mesure des écarts avec 6 autres références complémentaires, correspondant à des teintes saturées et naturelles. Cet indice calculé sur les 8 premières références, assez discontinues, est bien adapté aux sources fluorescentes dont le spectre est formé de pics fins. Il ne rend pas compte de la capacité d'une source lumineuse plus 'large' à rendre l'ensemble des couleurs de manière fidèle, notamment dans les rouges. Les LED ayant un spectre continu, l'IRC calculé sur 8 couleurs ne permet pas d'apprécier correctement l'amélioration de qualité colorimétrique de ces sources.

De plus, s'il est reconnu que les indices R_a et R_i proposés par la CIE rendent compte de la fidélité du rendu de couleur, on s'aperçoit qu'ils ne permettent pas de représenter la faculté humaine à préférer ou à discriminer des couleurs. Cette capacité est le plus souvent liée à des effets de saturation, qu'il est possible

de mesurer par une appréciation des distorsions apportées à différentes couleurs du diagramme colorimétrique.

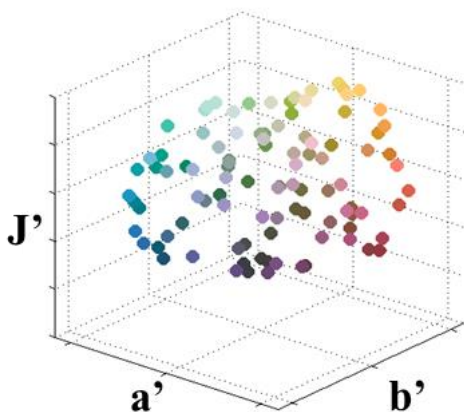
Enfin, il est utile de rappeler que, dès 2007, la CIE a reconnu dans sa publication CIE 177 les limites de l'IRC actuel pour caractériser le rendu des couleurs des LED blanches, et préconisé le développement d'un nouvel indice de rendu des couleurs.

IES TM-30 : quels apports ?

Différentes propositions ont été faites pour représenter ces effets de saturation ou désaturation. A ce jour, la littérature scientifique fait état de plus de 25 indices de rendu des couleurs. Une partie d'entre eux utilise la comparaison avec un illuminant de référence, l'autre partie fait le lien avec une gamme de couleur. A partir de ces investigations, l'IES (Illuminating Engineering Society of North America) a établi une méthode d'analyse qui complète l'IRC de deux façons : il renforce l'indice de fidélité R_f par l'extension du nombre de références et il crée un indice R_g dit de gamut représentant au global les effets de distorsion des couleurs en teinte et saturation. Cette méthode est désormais publiée aux Etats-Unis sous la référence IES TM-30-15.

La méthode IES TM-30 s'appuie sur un échantillonnage de 99 échantillons colorés représentant les couleurs que l'on rencontre dans le monde réel, uniformément distribuées dans l'espace des couleurs, et couvrant de ce fait des teintes saturées comme des teintes peu saturées. Jusqu'à 4500K, les illuminants de référence sont donnés par l'émission du corps noir. Entre 4500K et 5500K, les illuminants sont calculés par mélange d'un illuminant de type corps noir avec un illuminant de type lumière du jour (D55, D65 etc...). Au-delà de 5500K, le spectre émissif de l'illuminant est de type lumière du jour. Ainsi, la discontinuité observée à 5000K avec l'IRC traditionnel n'apparaît plus.

Les échantillons colorés de référence, au nombre de 99 sont répartis dans une représentation spatiale des couleurs (CAM02-UCS) : a' rouge-vert, b' jaune-bleu, J' clarté



(Sce: Aurelien David et al, Development of the IES method for evaluating de color rendition of light sources (Optic Express Vol.23, Issue 12, pp 15888-15906 (2015))

Le calcul des deux indices R_f (indice de fidélité) et R_g (indice de saturation, g pour Gamut), est réalisé à partir du spectre d'émission de la source.

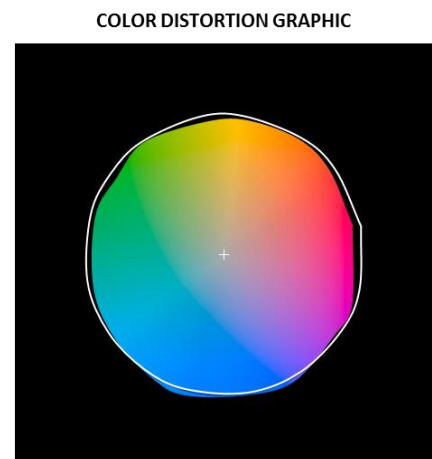
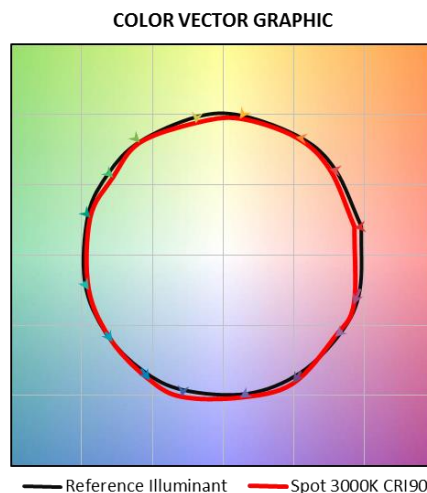
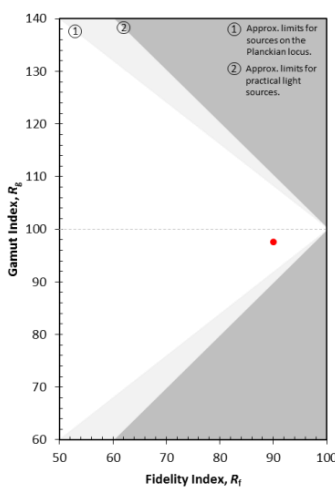
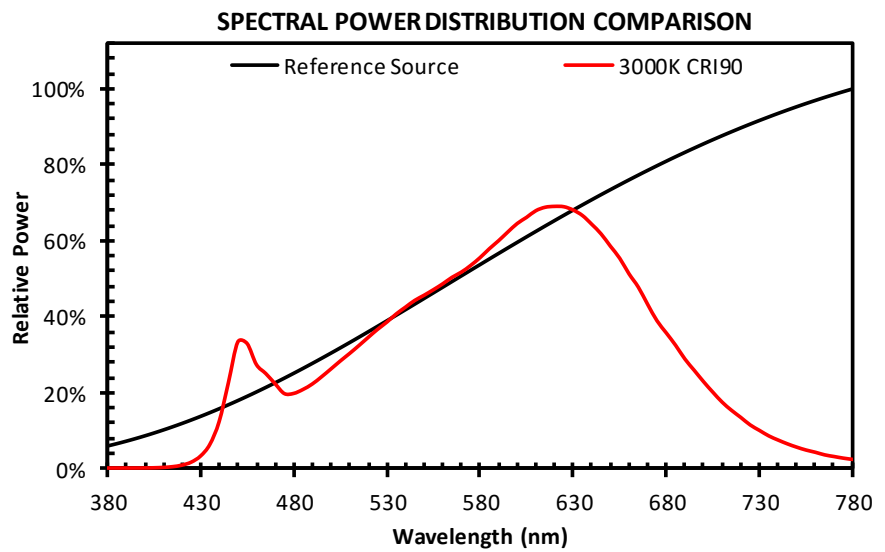
Dans l'exemple ci-dessous, qui est celui d'un spot milieu de gamme pour éclairage de magasin, l'IRC conventionnel est mesuré à 93. L'évaluation selon la méthode IES TM-30 donne un indice de fidélité R_f de 90 et un indice de gamme colorée R_g de 98. Il s'agit donc d'un produit de bonne qualité au niveau du rendu colorimétrique. Les représentations graphiques montrent des écarts de désaturation et de variations de fidélité sur les teintes roses et vertes, tandis que le bleu peut apparaître légèrement sursaturé.

Données spectrales et calcul des indices colorimétriques d'un spot 3000K, CRI90 selon la méthode IES TM-30 (Sce PISEO)

Source:

3000K CRI90

| | |
|-----------|--------|
| R_f | 90 |
| R_g | 98 |
| CCT (K) | 3028 |
| D_{UV} | 0,0003 |
| x | 0,4354 |
| y | 0,4043 |
| CIE R_a | 93 |



Représentations graphiques : position dans l'échelle d'indices (à gauche), variations de saturation (milieu) et distorsions de teintes (à droite) (Sce PISEO)

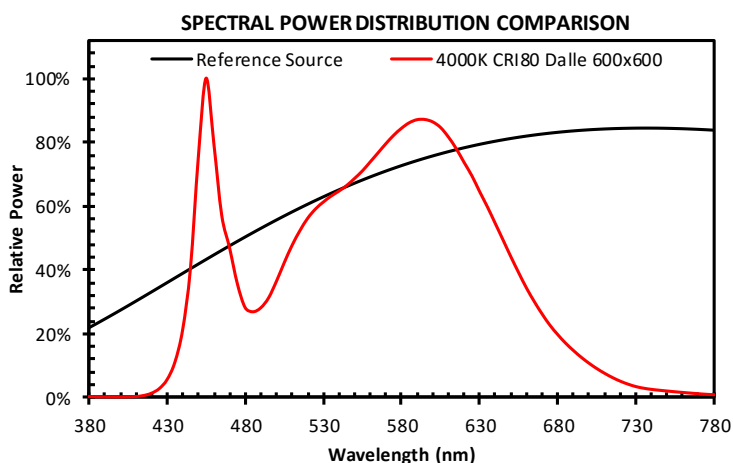
Dans l'exemple suivant, on compare le rendu colorimétrique d'un produit utilisant des sources de type tube fluorescent avec un produit utilisant des sources de type LED, toutes deux en 4000K et proposées avec un indice IRC de 80. Cet indice est effectivement mesuré légèrement supérieur à 80, et on peut observer que l'indice Rf est aussi mesuré à 80 pour la source LED tandis qu'il n'est plus que de 73 pour la source à tube fluorescent.

Calcul des indices colorimétriques de luminaires de bureau 600x600 équipés en LED ou en tubes fluorescent selon la méthode IES-TM-30 (Sce PISEO)

Source:

4000K CRI80 Dalle 600x600

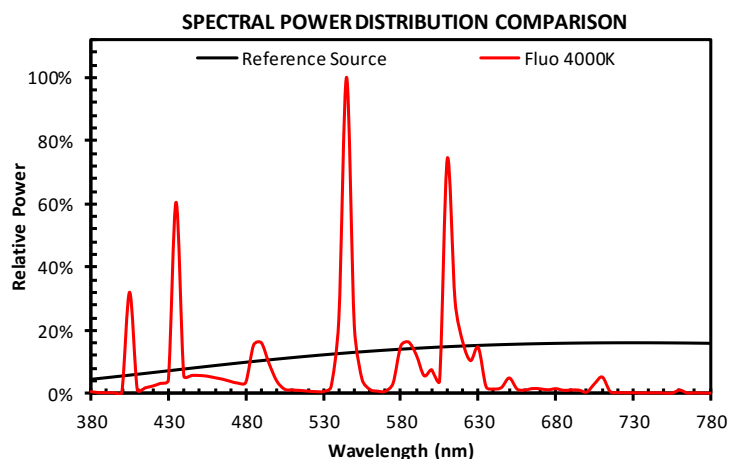
| | |
|-----------|--------|
| R_f | 80 |
| R_g | 93 |
| CCT (K) | 3936 |
| D_{uv} | 0,0020 |
| x | 0,3848 |
| y | 0,3839 |
| CIE R_a | 82 |



Source:

Fluo 4000K

| | |
|-----------|---------|
| R_f | 73 |
| R_g | 104 |
| CCT (K) | 3976 |
| D_{uv} | -0,0060 |
| x | 0,3773 |
| y | 0,3623 |
| CIE R_a | 81 |



Ces résultats peuvent être obtenus de la même façon qu'un indice Ra. Il suffit, en effet, d'effectuer une mesure spectrale avec un système de mesure correctement étalonné, puis d'exploiter le spectre à l'aide, par exemple, des outils proposés par l'IES afin de faire apparaître les valeurs d'indices et de générer des représentations graphiques parlantes. Le laboratoire photométrique de PISEO est équipé pour mesurer les indices Rf et Rg selon la méthode IES TM-30. Par ailleurs, les fabricants de systèmes de mesures spectrales devraient proposer progressivement la fonction de calcul de Rf et Rg intégrée aux logiciels équipant leurs appareils.

IES TM-30 : une méthode reconnue au niveau international ?

Sur le plan international, l'indice Rf a été retenu par le comité technique pour l'IRC (TC-90) de la CIE comme base de travail pour un nouvel indice de fidélité du rendu des couleurs, donc potentiel remplaçant de l'indice Ra. Le comité TC-91 se penche quant à lui sur d'autres méthodes de quantification, en particulier un indice de préférence des couleurs (tel le Rg). Ces deux comités ont annoncé souhaiter hâter la publication des rapports techniques correspondants en 2016 afin de clarifier les progrès en cours – un remplacement de l'IRC ne sera pas à l'ordre du jour tant qu'un remplaçant potentiel ne sera pas largement reconnu et accepté. Ce processus continuera cependant à progresser par consensus afin d'éviter au marché de l'éclairage les confusions qui pourraient découler de l'introduction d'indices locaux concurrents.

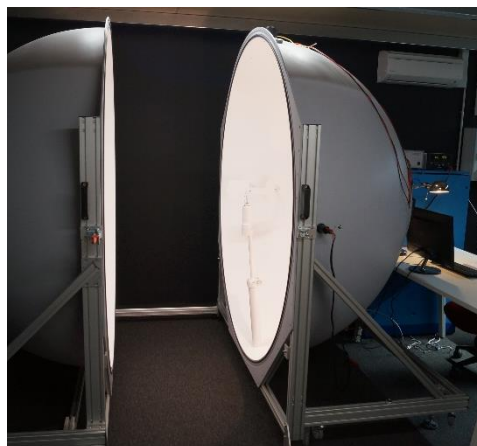
IES TM-30 : un outil discriminant pour les produits de qualité

Il est clair que la méthode IES TM-30 enrichit les critères de fidélité et de perception des couleurs. Elle devrait intéresser les prescripteurs de solutions d'éclairage soucieux d'apporter la meilleure solution à leurs clients. La question se pose sur l'intérêt de l'adoption de cette méthode par les fabricants de produits. En effet, avec ce nouveau mode de calcul, l'indice Rf est en général inférieur à l'indice Ra, habituellement mentionné pour illustrer la performance en colorimétrie d'une source de lumière ou d'un produit d'éclairage. Cela peut freiner l'adoption du Rf pour de simples questions d'affichage de performance sur un produit d'éclairage. Pourtant la comparaison entre deux produits différents est plus juste avec l'indice Rf qu'avec l'indice Ra. De plus, l'apport de l'indice Rg introduit un nouveau critère d'appréciation, plus en rapport avec les perceptions de l'humain, qui devrait inciter à faire évoluer la qualité des systèmes d'éclairage vers des produits plus confortables et plus adaptés aux besoins du marché. L'influence de ce nouveau paramètre sur la mise en lumière devra être bien comprise avant que son usage ne devienne aussi naturel qu'un indice de fidélité comme l'IRC. Les indices Rf et Rg deviennent des paramètres discriminants, capable de montrer une différenciation de performance sur un produit, pouvant être transformée le cas échéant en valeur commerciale.

Conclusion :

En conclusion de cet aperçu concernant cette nouvelle méthode de mesure de performance colorimétrique IES TM-30, il convient de constater que la méthode est à la portée de tous les acteurs de la filière de l'éclairage, à travers l'utilisation des outils proposés par la méthode et via les laboratoires de photométrie correctement équipés. Elle fait largement progresser la pertinence des critères colorimétriques, comblant de façon pragmatique les lacunes de l'indice IRC utilisé à ce jour. Derrière une apparente complexité des calculs d'indices, se trouve un double levier d'évolution de la qualité de lumière des systèmes d'éclairage et de valorisation de produits, permettant de parier ainsi sur son adoption inéluctable par l'ensemble des acteurs.

Cela se fera sous cette forme, ou sous une variation adoucie par la CIE dans les années à venir. En attendant, cette proposition a le mérite d'orienter les acteurs de la filière éclairage vers cette problématique de rendu des couleurs, qui devra être clarifiée afin de pouvoir bénéficier de tous les avantages de la technologie LED.



*Sphère intégratrice et spectroradiomètre
- Laboratoire photométrique PISEO -*

A propos de PISEO :

PISEO est un centre technique indépendant alliant compétences issues de l'industrie et équipements de hauts niveaux dans le domaine des systèmes lumineux innovants, basé en région lyonnaise. PISEO intervient sur l'ensemble du spectre UV, visible et Infra-Rouge pour des domaines d'applications très variés : éclairage général, automobile et transports, signalétique, médical, agro-alimentaire, vision, ...

Créée en 2011 à l'initiative du Cluster Lumière et avec l'appui de l'Etat, de la Région Rhône-Alpes et du Grand Lyon, PISEO compte une trentaine d'actionnaires dont le GIL-Syndicat du Luminaire et le Syndicat de l'éclairage.

Les services de PISEO se déclinent sur les axes suivants :

- **Mesures et essais** : photométriques, radiométriques, électriques, thermique, vieillissements accélérés
- **Recherche et Développement** : systèmes lumineux et capteurs
- **Expertise** : réglementation et normalisation, technologie LED, optique, conception de systèmes innovants, simulations, radiométrie, fiabilité, projets d'éclairage, ...
- **Formation** : technologie LED, optique, conception de systèmes LED, thermique, réglementation et normalisation, outils de simulation

Contact :

04 26 83 02 25

contact@piseo.fr

www.piseo.fr

