

Les modes d'alimentation des LEDs

Influence sur la chromaticité

1. Résumé

Depuis l'apparition des LEDs de puissance ($>0,25W$) à la fin des années 90 et notamment les LEDs blanches, l'optique dans différents domaines a connu une évolution spectaculaire. Ainsi, l'efficacité de ces composants, leurs dimensions et leurs modes de d'alimentation ont permis de développer et/ou d'améliorer les applications d'éclairage utilisant jusque là d'anciennes technologies (incandescence, décharges haute et basse pression).

L'électronique associée à ces nouveaux composants (les LEDs) a elle aussi du s'adapter et proposer de nouvelles solutions, afin de suivre cette forte croissance, de permettre le développement de nouvelles solutions optiques et surtout, de préserver les performances optiques des LEDs par un mode d'alimentation optimisé.

Dans ce document, nous allons présenter les deux modes d'alimentation les plus couramment utilisés, le pilotage des LEDs en courant continu et en courant pulsé.

Néanmoins, il est important de noter que bon nombre d'applications à LEDs utilisent un mode de pilotage en tension, c'est-à-dire que le système de gestion électronique ne s'attache pas à maîtriser le courant qui traverse la LED (ce qui devrait être fait), mais qui évalue ce courant par rapport à la tension (stable) qu'il applique aux bornes des composants.

Ces systèmes sont parfois plus robustes et ont des durées de vie supérieure aux systèmes souvent plus complexes que sont les pilotages en courant, mais ils ont également de gros désavantages. Ainsi, une petite augmentation de tension aux bornes d'une LED peut entraîner une importante variation de courant qui la traverse. De plus, les LEDs sont triées en luminosité et en flux pour un courant donné et ont des tensions de fonctionnement (V_f) différentes les unes des autres même au sein d'un même lot.

Ces considérations et ce mode de pilotage en tension seront discutés dans un autre document.

Mots clé

optique ; LED ; éclairage ; pilotage en courant ; mode continu ; PWM ; CCT ; coordonnées chromatique ;



2. Les différents types d'alimentation

Les alimentations et autres régulateurs stabilisés délivrent soit une tension de sortie fixe soit un courant de sortie constant.

Les LEDs doivent être pilotées en courant, c'est-à-dire que l'électronique de pilotage des LEDs doit pouvoir fixer le courant qui les traverse, indépendamment du nombre de LEDs que l'on met en série.

Les deux modes de pilotage les plus courants sont :

1. Contrôle en courant continu
2. PWM (courant pulsé)

2.1. Contrôle en courant continu

La relation qui lie la tension et le courant d'alimentation des semi-conducteurs émissifs (les LEDs) n'est pas linéaire. Ainsi, une petite augmentation de tension appliquée à la LED peut entraîner une augmentation importante du courant et donc du flux lumineux.

Plus important, une trop grande augmentation de la tension aux bornes des LEDs entraîne un passage de courant trop important pouvant détériorer le composant.

C'est pour cela qu'un pilotage des LEDs en courant est préférable (à un pilotage en tension), afin de maîtriser le flux lumineux en sortie d'une part, et d'autre part à s'assurer que le courant dans la LED ne dépasse pas le seuil maximum.

De plus, les coordonnées chromatiques des LEDs blanches peuvent varier en fonction du courant d'alimentation. Ainsi, si on effectue un pilotage de plusieurs LEDs en parallèle, (c'est-à-dire un pilotage en tension), le courant qui traverse chaque LED est différent et il peut y avoir des différences significatives en coordonnées chromatiques entre chaque LED. (Cf. Fig. 1)

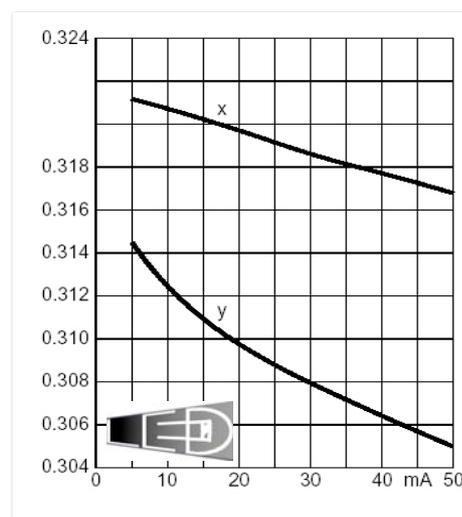


Fig. 1



2.2. PWM

Ce mode de pilotage (Cf. Fig. 2) est le plus couramment utilisé pour les LEDs de puissance (entre autre) car celles-ci sont très peu sensibles à une alimentation pulsée (PWM = pulse width modulation).

Il permet de gérer la fonctionnalité « dimming » (variation du flux de la LED) grâce le plus souvent à des drivers de LEDs. Ces composants tout intégrés sont le plus souvent accompagné d'une inductance, de capacités, d'une diode, de transistors de puissance et quelques résistances.

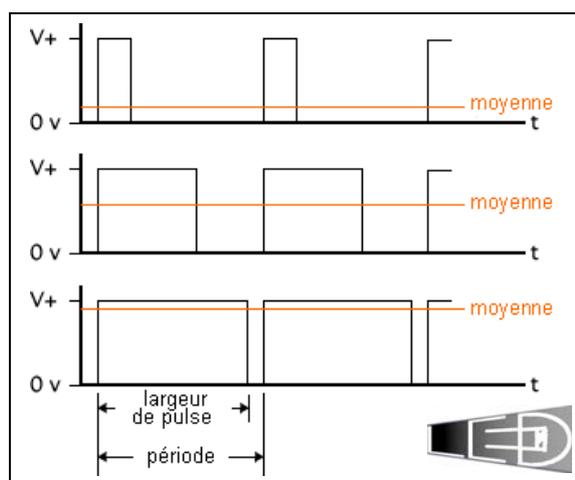


Fig. 2

3. Influence du mode d'alimentation

De nombreuses études ont été menées afin de montrer les dérives spectrales des LEDs en fonction de la température de jonction du semi-conducteur. Ainsi, Kish & Flecher⁽²⁾, Nakamura⁽³⁾, Tamura⁽⁴⁾, Hong et al⁽⁵⁾, ont trouvé que pour des LEDs rouges (AlInGaP), la longueur d'onde pic dérive linéairement avec la température de jonction. De façon générale, les LEDs rouges, vertes et bleues ont une sensibilité différente à la température de jonction, et c'est la LED rouge qui est la plus sensible, suivie du vert puis du bleu.

La densité de courant affecte également le spectre des LEDs (Muller-Match et al. , 2002), mais aussi leur efficacité.

Dans la suite, nous allons nous intéresser à l'influence du mode d'alimentation des LEDs (de forte puissance), étude qui a été réalisée au centre de recherche en éclairage (Rensselaer Polytechnic Institute, NY).

Nous allons donc regarder suivant le type d'alimentation (continue ou pulsée) la dérive du spectre des LEDs, lorsqu'on les sollicite à différents niveaux de courant.

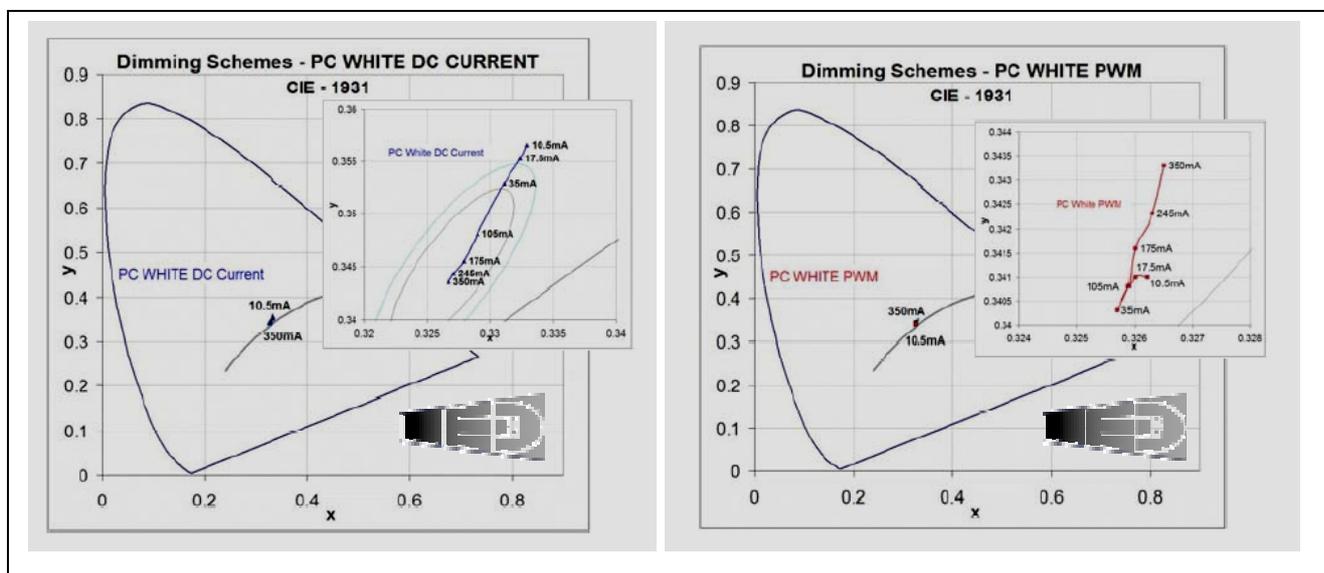


Intéressons nous donc au cas des LEDs haute luminosité 1W actuellement très utilisées pour différentes applications (rétro-éclairage, éclairage directe (liseuses présentes en aéronautique (airbus A320), dans le ferroviaire (SNCF)).

Suivant leur technologie (LED bleue+Phosphore jaune ou RGB) l'influence du mode d'alimentation est plus ou moins marquée.

3.1. Technologie à phosphore

Les diagrammes ci-dessous (Cf. Diag. 1) montrent pour une LED blanche (émission bleue + phosphore jaune), la variation des coordonnées chromatiques pour différents courant d'alimentation en mode continu (DC) et en mode pulsé (PWM).



Diag. 1

En alimentant la même LED à différents courants (de 35mA à 350mA, courant nominal), nous observons que la variation des coordonnées chromatiques avec un pilotage de la LED en continu (DC, diagramme à gauche) est beaucoup plus prononcée ($\Delta x > 0,05$ et $\Delta y > 0,15$) qu'avec un pilotage pulsé ($\Delta x > 0,001$ et $\Delta y > 0,004$)

De plus, l'évolution de la dérive chromatique se fait dans le sens opposé : lorsqu'on augmente le courant d'alimentation en courant continu, la température de couleur de la LED augmente (blanc plus froid) alors que pour la même augmentation de courant en mode pulsé, la température de couleur de la LED diminue.

On observe également (Diag.1) que les 2 évolutions sur le diagramme chromatique se font suivant une même direction.



Regardons maintenant les spectres pour les deux cas DC et PWM (Fig.3).

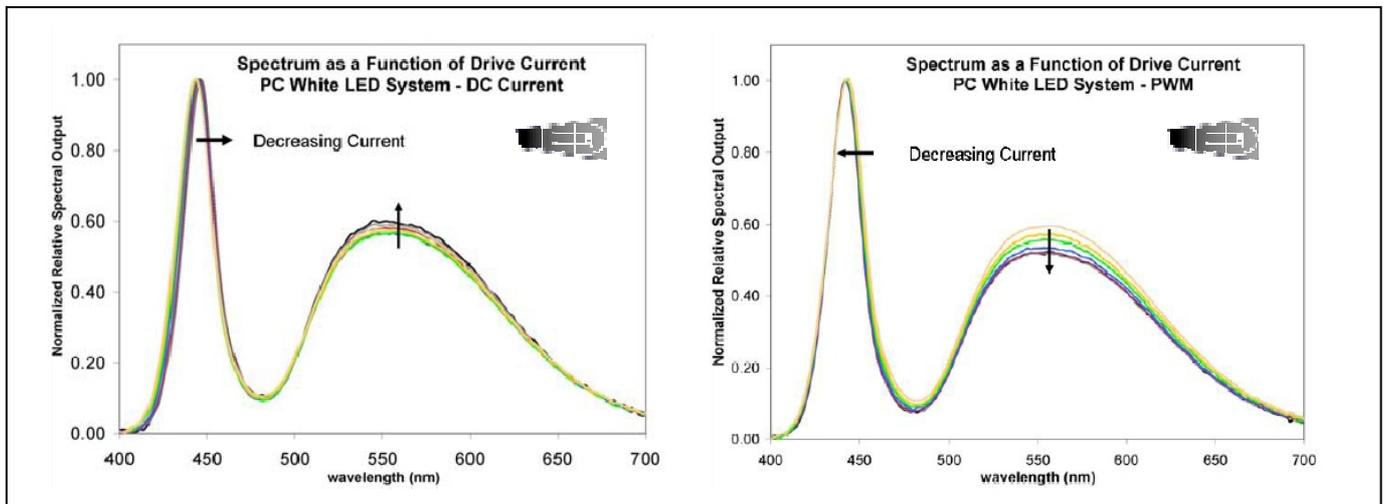


Fig. 3

Notons tout d'abord le décalage du pic bleu, pic caractéristique des LEDs blanches de technologie utilisant un semi-conducteur bleu + un phosphore jaune (Fig.5).

Ce décalage est opposé, suivant le mode d'alimentation (DC ou PWM), mais nous voyons également qu'il n'est pas très important.

De même en ce qui concerne le rouge, c'est-à-dire pour l'intervalle de 620 à 660nm, il n'y a pas vraiment de différence importante pour les deux modes d'alimentation aux différents courants utilisés.

Par contre, on s'aperçoit que la différence majeure se situe dans l'intervalle 530-580nm.

Dans cet intervalle, la contribution du phosphore augmente quand le courant diminue pour une alimentation en continu (Fig.2 spectre de gauche). Cette évolution d'efficacité pour le phosphore n'a jusqu'à présent pas été étudiée et seules quelques pistes d'études pourraient expliquer le phénomène :

- ◆ Une diminution de la température interne améliorerait les performances du phosphore
- ◆ La dérive des faibles longueurs d'ondes serait également une explication de l'amélioration ou non des performances du phosphore

Toujours dans cet intervalle 530-580nm, la contribution du phosphore pour une alimentation PWM diminue en même temps que le courant (Fig.2 spectre de droite).



Une chose intéressante est de comparer le spectre d'émission de la LED avec celui de la réponse de l'œil (Fig.4).

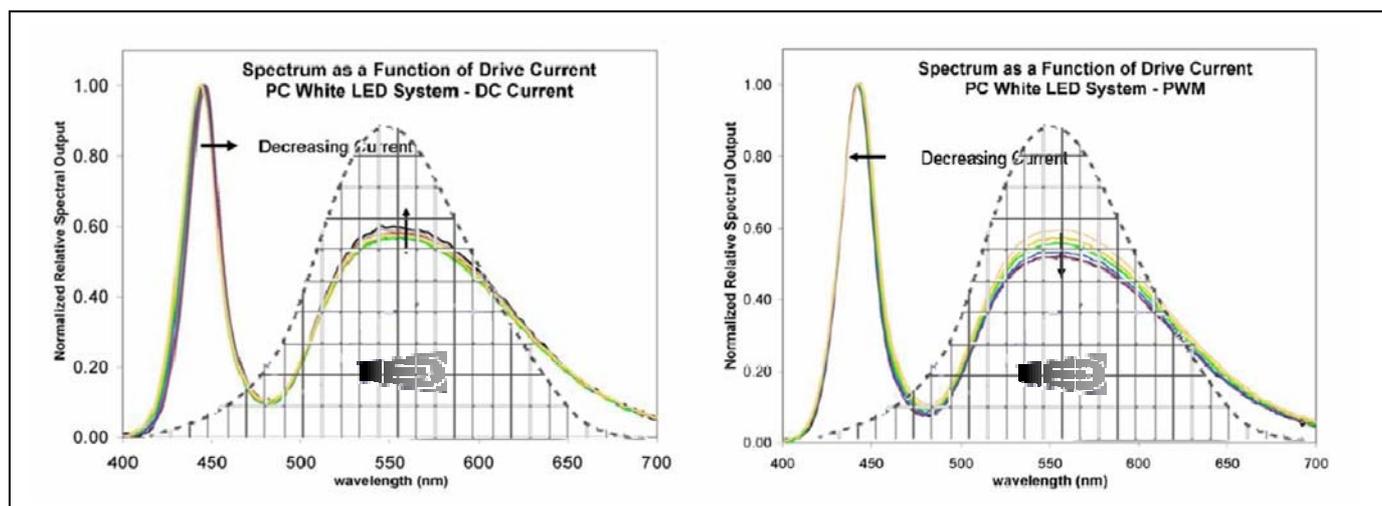


Fig. 4

La courbe de réponse de l'œil (diurne) épouse le « pic » d'émission de la LED autour de 550nm. C'est justement dans cet intervalle (500-600nm) où l'œil est le plus sensible, que les deux modes d'alimentation provoquent la plus grande dérive du spectre, suivant les courants appliqués.

Ainsi, on mesure l'importance du type de pilotage et de son incidence sur le spectre d'émission des LEDs (donc sur le rendu des couleurs et sur l'efficacité des LEDs elles-mêmes).

3.2. Technologie RGB

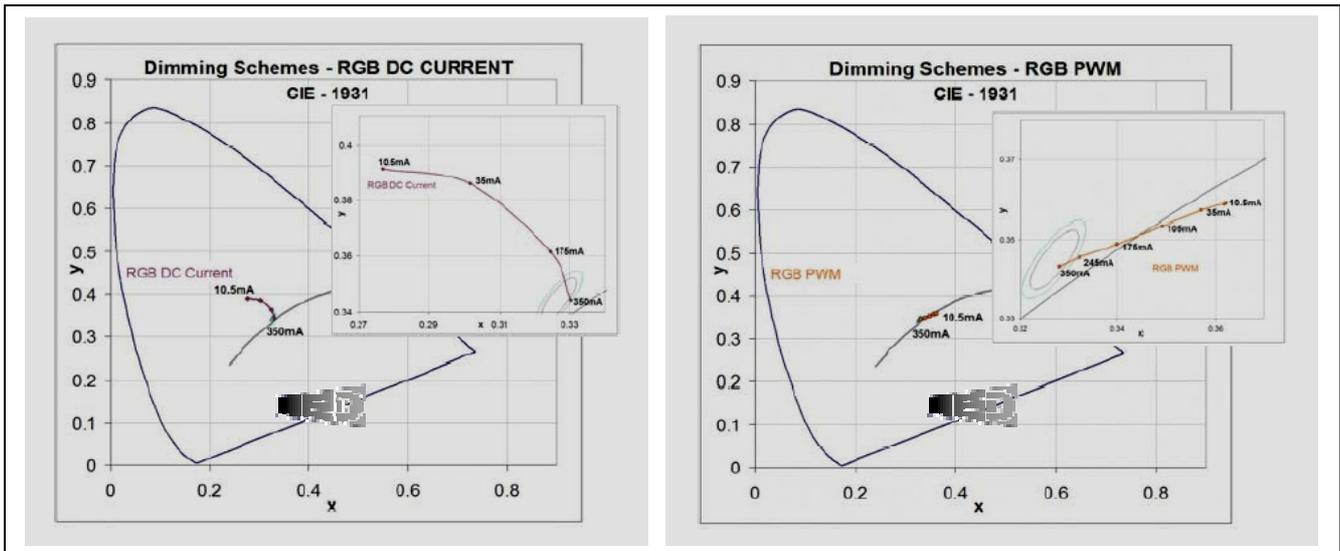
Nous pouvons effectuer la même réflexion en ce qui concerne les LEDs RGB.

Sur le diagramme 2 (Diag.2), nous voyons l'évolution des coordonnées chromatiques pour les deux types d'alimentation (DC et PWM) suivant les courants.

Une première remarque est de voir que cette évolution ne se fait pas du tout suivant une même direction (comme nous l'avons pour la technologie puce bleue+phosphore). Pour le pilotage continu l'évolution est quasi perpendiculaire à la courbe d'émission du corps noir, alors que celle relevée pour un pilotage pulsé (PWM) suit pratiquement celui-ci. Cela nous amène à faire deux remarques :

- ◆ En mode continu, on suit une ligne « iso-CCT » et donc la gestion du courant a une relative influence sur la température de couleur de la LED.
- ◆ L'évolution des coordonnées chromatiques de la LED lorsqu'on la pilote en pulsé pour différents courants, nous permettrait d'ajuster sa couleur de température (CCT) pour différentes applications (blanc plus chaud ou plus froid) ;





Diag. 2

Si l'on regarde maintenant comme pour la technologie à phosphore les spectres dans les 2 cas (mode continu et mode pulsé), la faible dérive du pic autour de 450-470nm se confirme (Fig.5).

En effet, nous avons remarqué pour le cas des LEDs à phosphore, que seul l'intervalle 500-600nm avait une variation significative de son spectre pour différents courants d'alimentation.

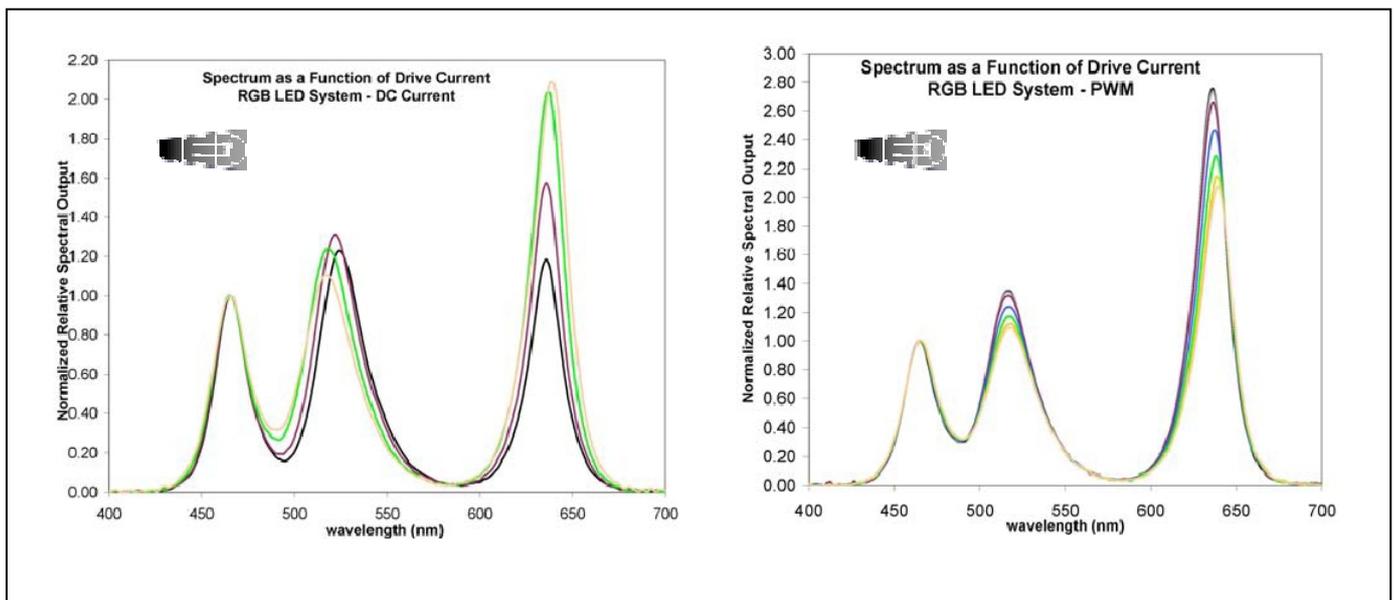


Fig. 5

Par contre, le pic rouge (630-660nm) varie beaucoup en intensité (relative) dans un cas comme dans l'autre. Pour le pilotage DC, la variation est plus grande avec une « stabilisation du pic du rouge autour de 640nm. En PWM, la variation est moins prononcée, mais on observe dans le même temps une légère dérive du pic rouge. L'évolution entre les deux modes est néanmoins inversée.



Dernier point à noter en ce qui concerne les longueurs d'ondes vertes, la gestion continue entraîne une augmentation et une dérive vers les longueurs d'ondes plus importantes lorsque le courant diminue (Fig.4 spectre de gauche).

La gestion PWM se démarque par rapport à l'alimentation continue sur deux points : d'abord, la contribution du vert diminue avec le courant, mais il faut noter également que cette diminution reste centrée autour 515nm (Fig.4 spectre de droite).

Encore une fois, superposons le spectre d'émission de la LED avec celui de la réponse de l'oeil (Fig.6).

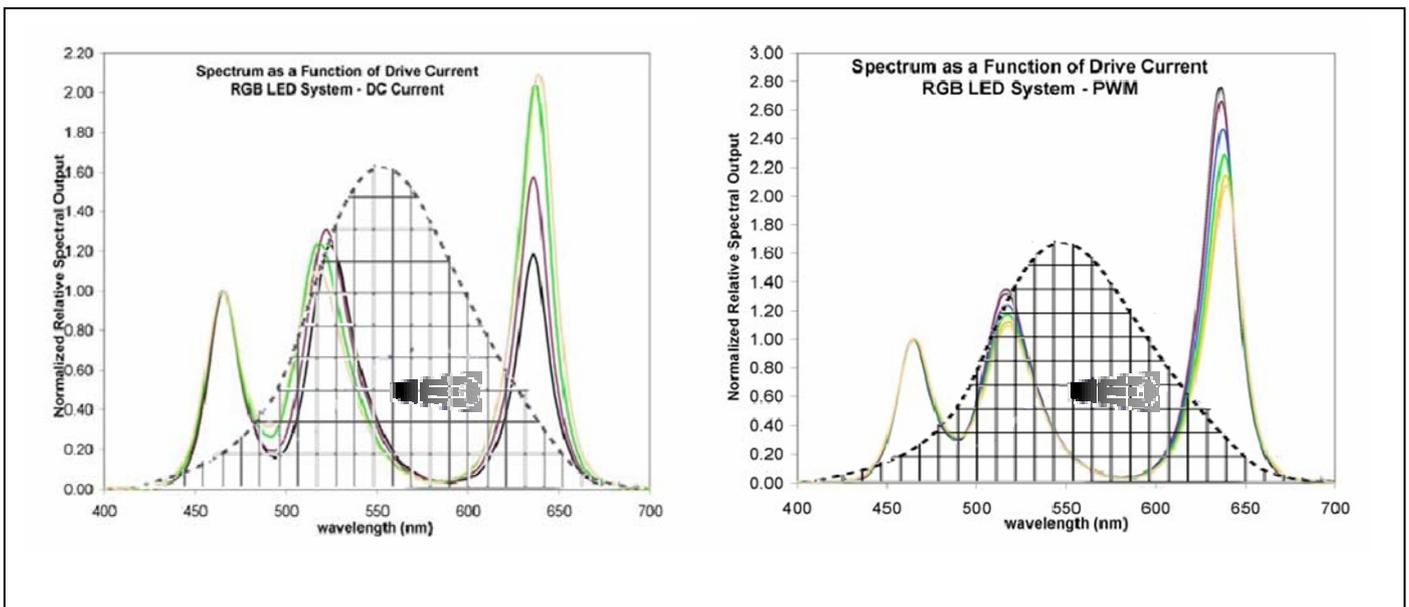


Fig. 6

On observe clairement que la contribution du vert dans la sensation de couleur est importante (superposition du spectre d'émission du vert à celui de la sensibilité de l'œil). Néanmoins, en courant continu, la variation en intensité pour le pic vert est négligeable par rapport au pic rouge. Dans le même temps, même si la variation en intensité du pic rouge est très importante, la contribution dans la sensation de couleur pour l'œil est bien moins importante que pour le pic vert.

En résumé donc pour le mode DC, la variation du pic vert influence peut les coordonnées chromatiques, tandis que la variation importante du pic rouge, même atténuée par sa faible contribution due à la sensibilité de l'œil, affecte considérablement les coordonnées chromatiques de la LED.

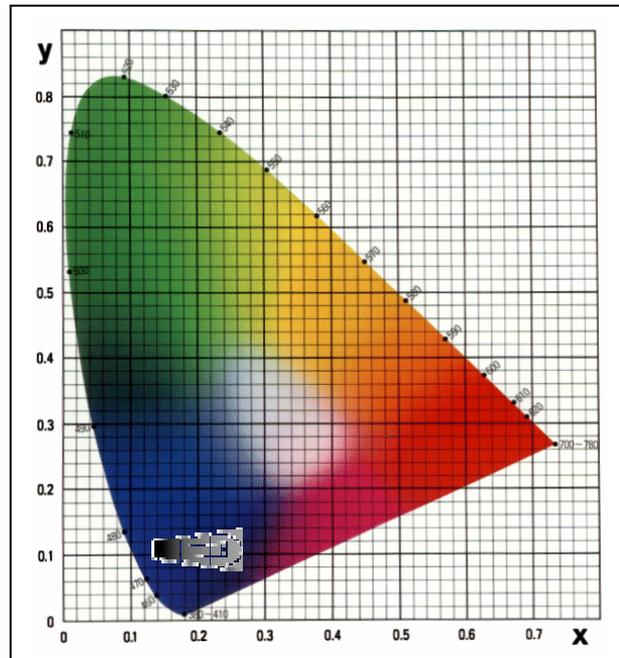
Toujours en mode DC, lorsqu'on diminue le courant de pilotage, on évolue vers un éclairage plus vert (Diag. 3).

C'est entre autre pour cela qu'en courant continu, les coordonnées chromatiques dérivent vers le vert pour les faibles courants.

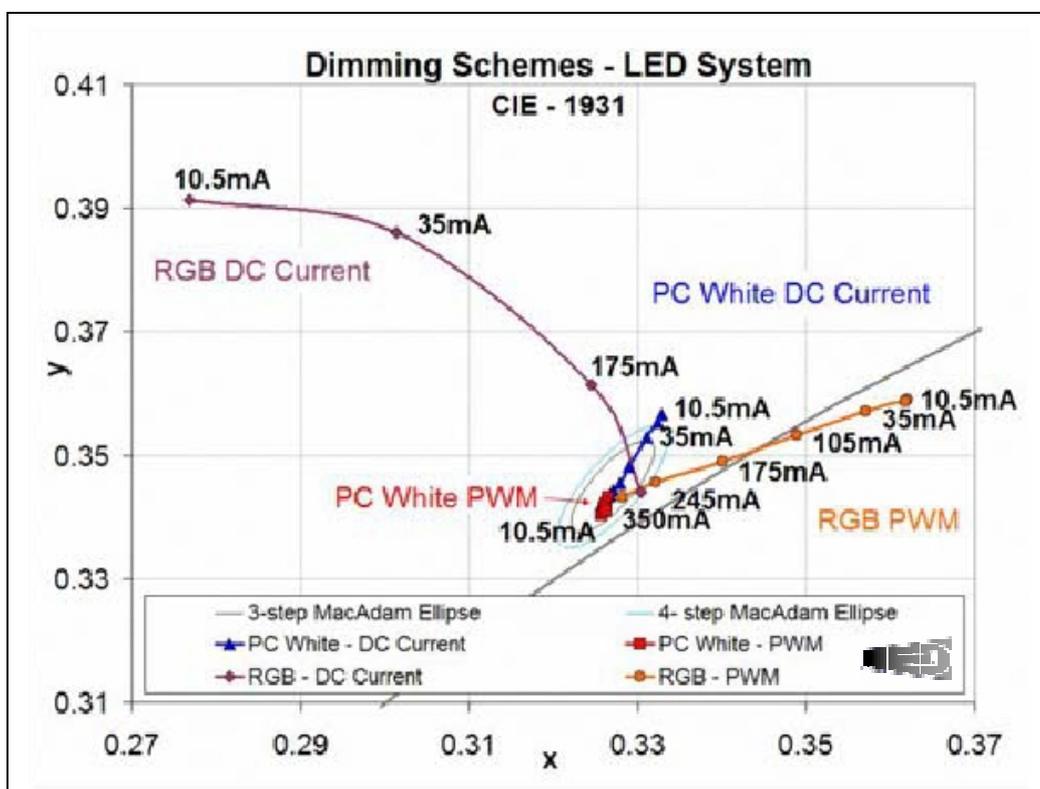


Dans le cas d'un pilotage en PWM, la dérive chromatique se fait de façon inverse à celle observée en DC. Ainsi, une diminution du courant d'alimentation fait apparaître une dérive vers le rouge/orange (Diag. 3).

Le diagramme 4 donne un récapitulatif des évolutions chromatiques en fonction du mode de pilotage et du courant.



Diag. 3



Diag. 4



4. Conclusion et remarques

- ◆ La technologie RGB est beaucoup plus sensible que celle à phosphore, à une modification du courant d'alimentation, notamment pour le rouge qui devra être contrôlé pour diminuer cette dépendance aux variations de courant.
- ◆ Un pilotage PWM sera préféré à un pilotage continu (DC) si l'on veut pouvoir jouer sur le flux de la LED sans trop modifier ses coordonnées chromatiques.
- ◆ Contrôler à la fois la contribution du rouge et du vert pour la technologie RGB en mode DC semble délicat et coûteux.

Une dernière remarque importante est de préciser que ces études se sont faites sur un type de boîtier de LED bien précis. D'autres LEDs dans des boîtiers différents pourraient certainement donner des résultats légèrement différents, en montrant néanmoins des évolutions identiques.



5. Bibliographie

- 1) Impact of Dimming White LEDs :Chromaticity Shifts Due to Different Dimming Methods (Marc Dyble, Nadarajah Narendran, Andrew Bierman & Terence Klein – Lighting research Center NY – 2005)
- 2) F.A. Kish & R.M. Fletcher, « AlGaInP light-emitting diodes », in High Brightness Light Emitting Diodes, G.B. Stringfellow, and M.G. Craford, eds., Academic Press, Chesnut Hill, MA, p. 149-226, 1997.
- 3) S. Nakamura, T. Mukai, and M. Senoh, “Candela-class high-brightness InGaN/AlGaIn double-heterostructure blue-light-emitting diode,” Appl. Phys. Lett. 64(13), p. 1687-1689, 1994.
- 4) T. Tamura, T. Setomoto and T. Tagushi, “Illumination characterictic of lighting array using 10 candela-class white LED under AC 100V operation,” J.Luminescence 87-89, p 1180-1182, 2000.
- 5) E. Hong, A Non-Contact Method to Determine Junction Temperature of High-Brightness (AlGaInP) Light Emitting Diodes, Master’s thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, p. 120, 2003.



Conditions d'utilisation des informations et propriété intellectuelle

1. Conditions d'utilisation des informations

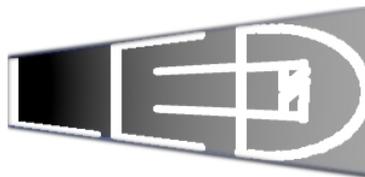
Toutes les informations contenues dans ce document sont considérées comme fiables et vérifiées. Les données techniques et la précision des mesures proviennent elles aussi de sources fiables.

Néanmoins, LED ENGINEERING DEVELOPMENT (Dénommé LED par la suite) ne saurait être tenue pour responsable d'imprécisions ou d'omissions qui subsisteraient. L.E.D ne saurait être considéré comme responsable de l'usage qui serait fait par un tiers des informations contenues dans ce document.

2. Propriété intellectuelle

Toutes les informations contenues dans ce document, à l'exception de celles provenant de fabricants, ou autre personne ou organisme extérieur (et qui serait alors mentionné très clairement), appartiennent à LED.

Ainsi, ces informations sont disponibles à usage privé et ne sauraient être réutilisées à des fins lucratives, sauf si une demande d'autorisation écrite a été formulée et acceptée par LED



LED ENGINEERING DEVELOPMENT

11 rue du mont DORE

31100 TOULOUSE

Tel : 0561726209

Fax: 0561444080

Email : laurent.massol@led-development.fr

Site web : www.led-development.fr

