

Texte : Wouter Wissink – Conseiller en technologie

Version : 05/2023

L'éclairage LED peut scintiller ou produire un effet stroboscopique

La lumière émise par les lampes LED peut scintiller ou présenter un effet stroboscopique, un phénomène susceptible d'avoir un impact sur notre santé ou notre humeur. Lors du choix d'un éclairage, il importe donc de veiller à deux choses : le choix de la lampe retrofit, mais aussi du variateur (dimmer) ou du driver LED.

En matière de lampes retrofit, il faut veiller à la valeur SVM, c'est-à-dire la « Stroboscopic Visibility Measure » (mesure de la visibilité stroboscopique). Cette valeur indique dans quelle mesure l'effet stroboscopique se produit dans une lampe et ne doit pas dépasser 0,9. Pour des variateurs destinés à des lampes retrofit avec coupure de phase, il faut veiller à éviter une gradation trop profonde. Sans quoi la lampe ne reçoit pas assez d'énergie pendant la tension redressée sur 100 Hz et scintille de façon visible à 100 Hz. Autre point d'attention, le choix du driver LED, souvent intégré dans le luminaire lui-même ou dans le boîtier destiné à la variation de plusieurs spots LED. Si l'on choisit des drivers LED fonctionnant à une fréquence de commutation supérieure à 1000 Hz sur toute la plage de variation, nous ne sommes pas gênés par le scintillement (ou papillotement) car notre œil y est pour ainsi dire insensible.

Impact de l'éclairage LED en remplacement de l'éclairage artificiel

L'éclairage LED est désormais la nouvelle norme, principalement en raison de son efficacité énergétique.

S'il s'agit effectivement d'un avantage considérable. Une LED, composée de matériaux semi-conducteurs, se comporte très différemment d'une ampoule électrique, par exemple, où la lumière naît de la combustion d'un filament de carbone dans une ampoule de verre pauvre en oxygène.

Une des propriétés des LED est qu'elles réagissent beaucoup plus rapidement aux variations de courant, même infimes. Une LED peut ainsi émettre des impulsions ou des modulations de signal, ou transmettre des données à des vitesses pouvant atteindre 10 Gbps. Cela peut être souhaitable, comme dans le cas du LiFi (light Fidelity), qui permet de transférer en toute sécurité des données d'un émetteur vers un récepteur à une fréquence très élevée, sans que cela soit visible à l'œil nu. Mais cela peut aussi être indésirable et provoquer des irritations !

FIGURE 1 : Transfert de données LiFi



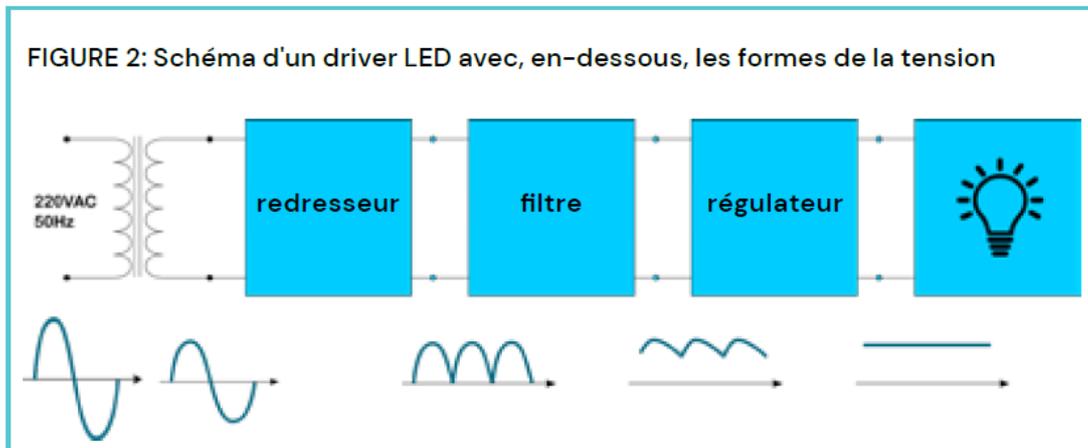
À partir du moment où ces fréquences sont indésirables et qu'elles gênent les personnes, on parle de TLA, pour « Temporal Light Artefacts » (artefacts lumineux temporels). Il peut s'agir de variations lumineuses visibles à l'œil nu, mais qui peuvent aussi être invisibles et avoir un effet sur l'humeur.

Dans les basses fréquences, nous sommes les plus sensibles au scintillement visible d'une fréquence proche de 25 Hz. Dans les fréquences plus élevées, soit autour de 100 Hz ou plus, elles sont à peine ou plus du tout perceptibles à l'œil.

Causes des perturbations de l'intensité du flux lumineux

Nous sommes donc confrontés à deux phénomènes différents de modulations lumineuses indésirables, dans le domaine des basses et des hautes fréquences. D'où proviennent-ils ?

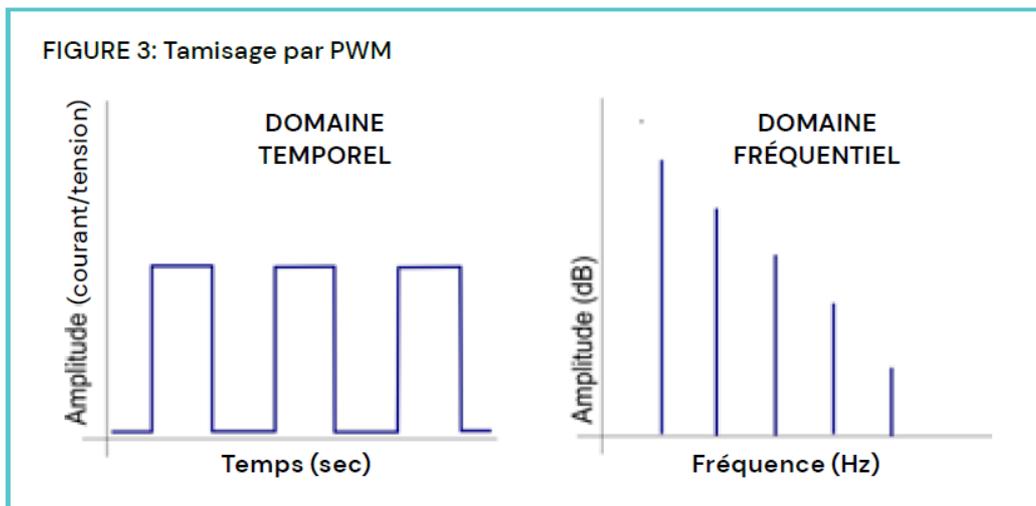
1. La tension secteur redressée à 100Hz



La fréquence de 50 Hz de la tension du secteur est redressée, filtrée et amenée à la tension souhaitée par un régulateur. Si la tension redressée n'est pas correctement éliminée par le filtre et le régulateur, cette ondulation de 100 Hz est directement visible dans la lumière. Il se peut également que les condensateurs de l'alimentation ou du driver soient desséchés sous l'effet de la chaleur, ce qui entraîne un dysfonctionnement et une ondulation plus importante.

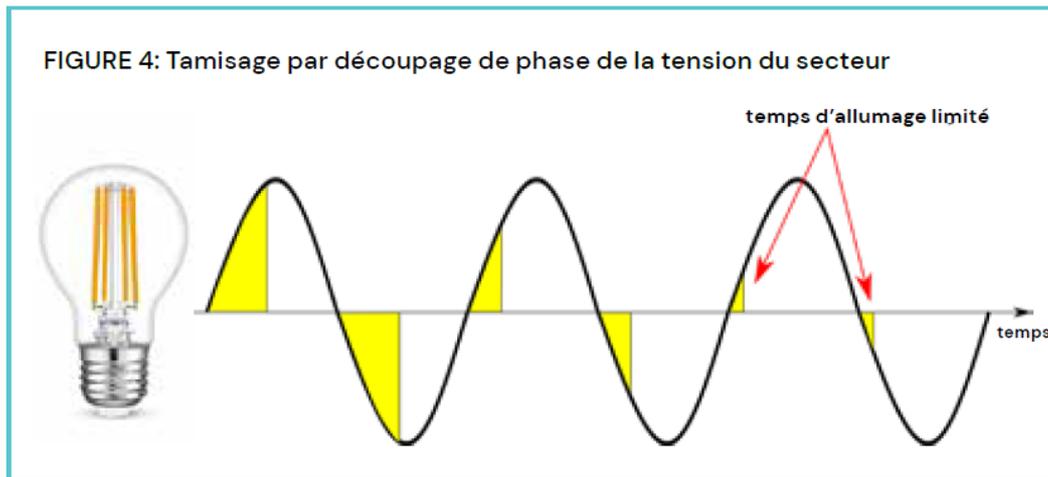
2. La fréquence de commutation du driver ou de l'alimentation

De nombreux variateurs utilisent ce qu'on appelle le PWM, pour « Pulse Width Modulation » (modulation de largeur d'impulsion). Il s'agit d'activer et de désactiver l'amplitude du courant ou de la tension à une fréquence élevée, de manière à réduire la puissance moyenne et donc l'intensité lumineuse. Si la fréquence est suffisamment élevée, supérieure à 1kHz, cela ne pose pas de problème, mais à des fréquences plus basses, cela peut provoquer des irritations telles que des maux de tête et une perte de concentration.



La figure 3 montre qu'une onde carrée possède plusieurs fréquences dans le domaine des fréquences susceptible de causer des perturbations (une sinusoïde parfaite n'a qu'une seule fréquence). Par ailleurs, des formes différentes de courant et de tension peuvent conduire à des harmoniques indésirables, ce qui est assez courant dans le contrôle de l'éclairage LED.

Les lampes LED qui en souffrent le plus sont celles dont le tamisage s'effectue par découpage de phase.



À partir du moment où l'on commence à tamiser profondément, l'énergie accumulée dans la lampe est trop faible pour y brûler jusqu'à la phase suivante (voir les deux dernières zones jaunes de la figure 4). On est alors confronté à une ondulation de 100 Hz de l'intensité lumineuse.

3. Pointes ou fluctuations de la tension du secteur

Elles sont très difficiles à détecter. Toutes sortes de fluctuations peuvent se produire sur le réseau électrique en raison, par exemple, d'équipements industriels lourds qui activent et désactivent des puissances élevées, ou des moteurs électriques. Ces perturbations se manifestent également par des pics d'intensité lumineuse.

Le scintillement

On parle de scintillement lorsque des fluctuations lumineuses se produisent dans le domaine des fréquences compris entre 0,3 et 80 Hz. Ce scintillement cause un stimulus lumineux dont la luminance fluctue dans le temps, alors que la source lumineuse et l'œil sont statiques et ne bougent pas.

Ce scintillement est directement visible à l'œil et peut être périodique ou non. Il provoque des maux de tête, des irritations et son effet le plus important porte sur l'apparition de crises d'épilepsie.

Les implications du nouveau règlement sur l'éclairage unique (Single Lighting Regulation - SLR) pour les fabricants concernent les nouvelles méthodes de calcul et de nouvelles valeurs limites. Concernant le scintillement, un seuil a été déterminé, à savoir le PstLM, pour « Short Term Perceptibility for Light Modulation », auquel l'éclairage doit se conformer. Il ne doit pas dépasser 1: **Scintillement (valeur Pst) PstLM ≤ 1**.

Effet stroboscopique

On parle d'effet stroboscopique lorsque les fluctuations lumineuses se produisent dans le domaine des fréquences >80 - 2000 Hz. Ce phénomène se produit lorsque l'objet se déplace dans un espace où se trouve la source lumineuse et que l'œil est statique. Il est fréquent dans les lampes rétrofit dont l'électronique est mal conçue ou dont les drivers LED sont de mauvaise qualité. Cet effet est facile à observer avec une caméra mobile que l'on pointe vers la source lumineuse. Des bandes horizontales apparaissent sur l'image. On peut aussi l'observer en agitant les bras d'avant en arrière devant la source lumineuse. L'image apparaît de façon hachée.

FIGURE 5 : Rendu de l'effet stroboscopique (source: Malgorzata Perz-TU Eindhoven)



Une nouvelle méthode de mesure appelée SVM a été mise au point pour définir l'effet stroboscopique. Contrairement aux méthodes précédemment utilisées, telles que le scintillement et l'indice de scintillement, cette méthode prend également en

compte la fréquence. Ce point est important car la perception visuelle de la perturbation dépend de la fréquence. Des valeurs limites ont également été fixées par la directive sur l'Écoconception, à savoir : **Effet stroboscopique SVM $\leq 0,9$ et pour le 1/09/2024 : SVM $\leq 0,4$.**

Sauf pour l'éclairage extérieur et les applications industrielles avec un rendu des couleurs IRC ≤ 80 .

En conclusion

Le fabricant est donc responsable de la qualité de l'éclairage LED et de l'effet de scintillement comme de l'effet stroboscopique, ceux-ci étant mesurés en laboratoire. Dans la pratique, il existe également sur le marché des dispositifs de mesure du scintillement qui peuvent mesurer le PstLM et le SVM et donner ainsi une indication du scintillement et/ou de l'effet stroboscopique d'une source lumineuse. Il faut savoir que ces mesures peuvent ne pas donner les mêmes résultats que ceux obtenus en laboratoire et ne sont donc qu'indicatives.
