

Comprendre et appliquer les nouveaux connecteurs standard pour l'éclairage LED en intérieur et en extérieur

Par Bill Schweber de Digi-Key

Les diodes électroluminescentes (LED) ont révolutionné l'éclairage intérieur et extérieur. Le rendement, la contrôlabilité, le spectre chromatique, les performances thermiques et les facteurs de forme uniques de cette technologie d'éclairage à semi-conducteurs (SSL) ont contribué à mettre sur la touche la vénérable lampe à incandescence Edison (ainsi que les lampes fluorescentes, aux halogénures ou à vapeur de sodium). Aujourd'hui, pour la plupart des nouvelles conceptions en intérieur et en extérieur, ainsi que pour la modernisation des installations existantes, les LED sont le premier choix. Mais les concepteurs doivent être prudents. L'innovation rapide s'accompagne d'écueils tels que des connexions non standard et des solutions inadaptées pour l'utilisateur final, contribuant à une expérience négative pour le client.

Ce n'est pas seulement la source de lumière elle-même qui change radicalement. Par exemple, l'éclairage basé LED modifie également la conception et le facteur de forme des connecteurs — un composant essentiel de tout système d'éclairage — et des dispositifs d'éclairage (appelés luminaires). Ces connecteurs ne transportent pas la tension de ligne CA, mais plutôt une tension CC plus basse à des courants typiquement compris entre 3 ampères (A) et 7 A. En outre, un système d'éclairage basé LED fait souvent partie d'un réseau de commande prenant en charge les normes industrielles Zhaga et DALI (Digital Addressable Lighting Interface), ce qui permet d'obtenir un éclairage intelligent, écoénergétique et hautes performances dans une maison ou un bureau intelligent.

Par conséquent, avant de procéder à la conception d'un système d'éclairage basé LED, il incombe aux ingénieurs de se familiariser avec les normes et la manière dont elles se reflètent dans les connecteurs du monde réel, car de nouvelles conceptions apparaissent rapidement.

Cet article passe brièvement en revue les raisons pour lesquelles les LED sont devenues tellement omniprésentes, puis il présente et décrit les deux normes de connexion qui garantissent l'interopérabilité, le développement rapide et le déploiement aisé des conceptions basées sur des LED intelligentes. Des connecteurs d'[Amphenol ICC](#) sont présentés, et leur utilisation est décrite comme la concrétisation des normes pertinentes et de leur application.

Pourquoi les LED sont-elles omniprésentes

La croissance des LED comme source d'éclairage est due à de nombreux facteurs :

- La baisse des coûts entraîne l'augmentation des volumes, qui à son tour entraîne des coûts encore plus bas et des volumes toujours plus élevés
- Amélioration de la fiabilité de base et de la longévité des LED en tant que sources lumineuses
- Améliorations des circuits, principalement des alimentations qui commandent ces LED
- Amélioration de la facilité de contrôle des LED via des commandes intelligentes et même des E/S en réseau
- Amélioration de la qualité de la sortie optique caractérisée par la température de couleur (Kelvin) et l'indice de rendu des couleurs (IRC)

- Incitations, normes et mandats gouvernementaux pour un éclairage plus efficace à des fins d'économies d'énergie (on estime qu'entre 15 % et 20 % de la consommation d'énergie totale est destinée à l'éclairage)
- Développement de normes industrielles et gouvernementales garantissant à la fois l'interopérabilité entre les sources lumineuses LED et la compatibilité avec les contrôleurs intelligents

Le dernier point est particulièrement important. L'une des caractéristiques importantes de l'ampoule à incandescence traditionnelle, qui est remplacée dans une moindre mesure par des LED et des ampoules fluorescentes, est l'utilisation quasi universelle de l'ampoule Edison à culot à vis E26 de 26 millimètres (mm) de diamètre dans les foyers aux États-Unis et dans de nombreux autres pays (Figure 1). Il existe d'autres tailles, comme candélabre E12, mais le format E26 est de loin le plus utilisé.



Figure 1 : Le culot Edison E26 de 26 mm est de loin le culot d'ampoule le plus utilisé, bien qu'il en existe de plus petits et de plus grands pour répondre à diverses exigences d'application. (Source de l'image : LOHAS LED Ltd.)

La standardisation avec un seul type de culot et de douille réduit bien sûr les coûts. Elle favorise également la disponibilité de multiples formes d'ampoules, niveaux de puissance et autres attributs construits autour de ce culot tout en réduisant les préoccupations liées au remplacement à long terme des ampoules grillées. Les premières générations d'ampoules LED utilisaient le culot E26 pour la compatibilité avec les douilles existantes afin d'encourager les utilisateurs avec l'éclairage LED. Ces ampoules LED E26 sont encore largement vendues, car il existe d'innombrables millions de douilles de ce type actuellement utilisées, et ce sera le cas encore très longtemps.

Cependant, les LED sont très différentes en ce qui concerne leur courant, leur tension (CC) et leur consommation d'énergie par rapport aux ampoules à incandescence, qui sont généralement alimentées par le secteur avec 120/240 volts (V) CA. De plus, la douille E26 est souvent dotée de bornes à vis relativement grandes pour ses fils, ce qui n'est pas idéal pour alimenter des sources LED (Figure 2). Ainsi, pour que les LED puissent réaliser leur plein potentiel, du niveau du système jusqu'à la connexion physique, de nouvelles normes et de nouveaux types de connecteurs sont requis.

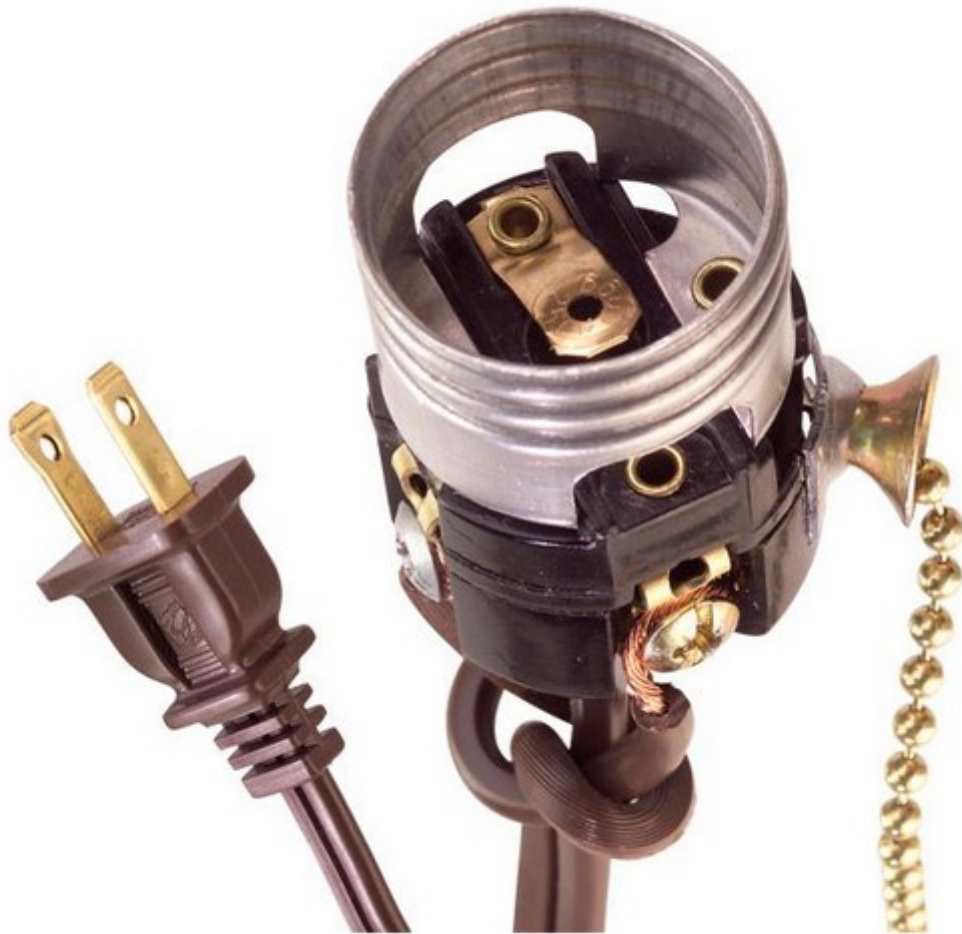


Figure 2 : Les grandes bornes à vis requises pour le câblage d'une douille E26 interfèrent avec l'utilisation optimale de la source lumineuse LED. (Source de l'image : Family Handyman via Pinterest)

Reconnaissant la nécessité d'une norme d'interface d'éclairage moderne, l'alliance DiiA (Digital Illumination Interface Alliance) a développé la norme DALI.

La norme DALI redéfinit la connectivité de l'éclairage

DALI est un **protocole dédié pour la commande d'éclairage numérique** qui permet d'installer facilement des réseaux d'éclairage robustes, évolutifs et flexibles (Figure 3). La première version, DALI-1, était mieux adaptée à la commande, à la configuration et à l'interrogation numériques des ballasts fluorescents, avec peu de considération pour les LED. Elle a remplacé le fonctionnement simple, unidirectionnel, de type diffusion des approches de commande analogique 0/1 à 10 V existantes.

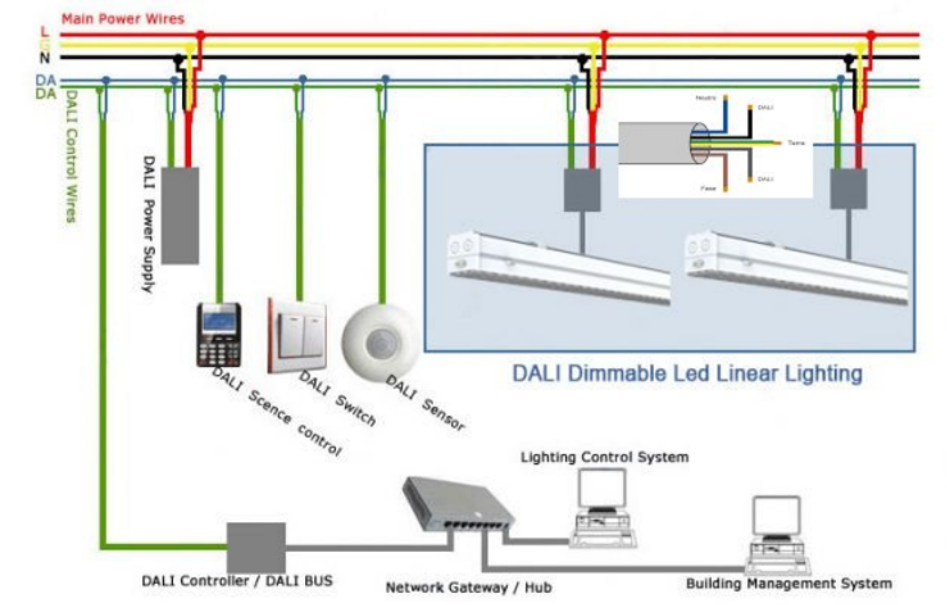


Figure 3 : La première version de la norme DALI définissait une base de commande qui reliait tous les éléments alimentés par les câbles d'alimentation CA parallèles. (Source de l'image : Omnialed)

La norme inclut également une option de diffusion et, grâce à une simple reconfiguration, chaque dispositif DALI peut se voir attribuer une adresse distincte permettant la **commande numérique de chaque dispositif individuel**. De plus, les dispositifs DALI peuvent également être programmés pour **fonctionner en groupes**, ainsi les systèmes d'éclairage peuvent être **reconfigurés** par logiciel, ce qui évite de devoir changer le câblage.

L'augmentation des attentes des utilisateurs ainsi que les améliorations de la technologie LED ont encouragé le développement de ce qui est maintenant la norme DALI-2. DALI-2 est plus qu'une norme industrielle : c'est désormais également une norme de la Commission électrotechnique internationale (CEI 62386). DALI-2 ajoute de nombreuses nouvelles commandes et fonctionnalités. Alors que DALI-1 n'incluait que les modes de contrôle, DALI-2 couvre les dispositifs de contrôle tels que les contrôleurs d'application et les dispositifs d'entrée (par exemple, les capteurs), ainsi que les alimentations de bus. Elle est axée sur l'interopérabilité des produits de différents fournisseurs et soutenue par le programme de certification DALI-2 pour confirmer la compatibilité des produits avec les spécifications (Figure 4).

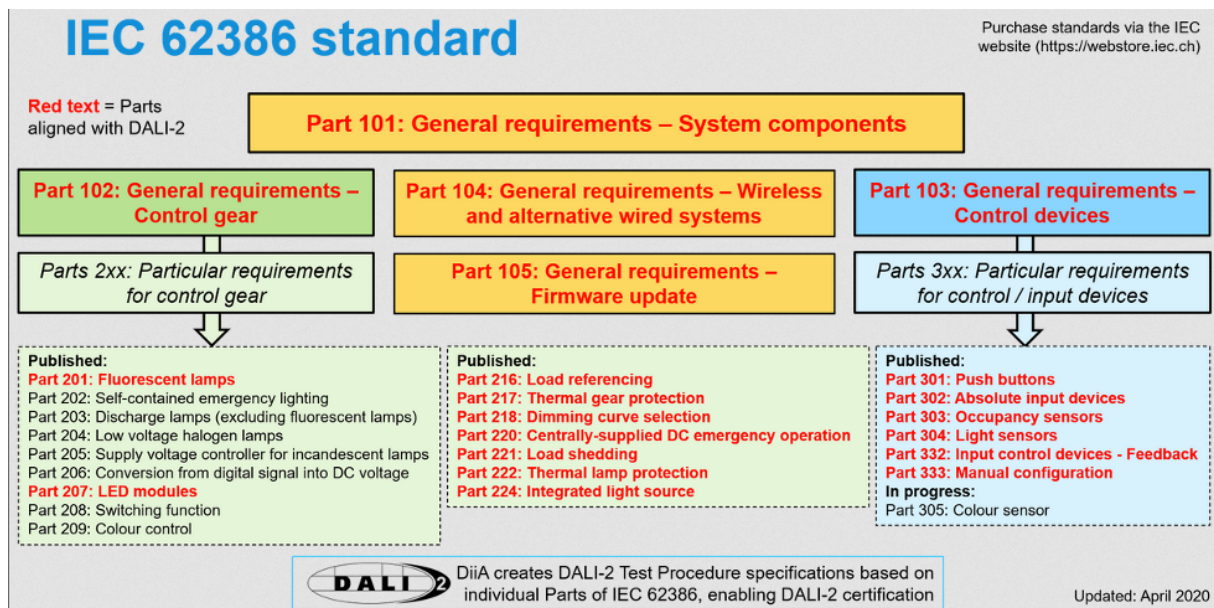


Figure 4 : La norme DALI-2 prend davantage en compte les besoins des LED que DALI-1 et elle ajoute également de nouvelles commandes et mises à jour. (Source de l'image : DALI Alliance)

Comme toutes les normes étendues, DALI-2 est complexe. En bref, une seule paire de fils fait office de bus, et chaque dispositif d'un réseau DALI peut être adressé individuellement. Le bus est utilisé à la fois pour les signaux et l'alimentation et il est pris en charge par une alimentation qui fournit jusqu'à 250 milliampères (mA) à 16 VCC (typique). La norme prend en charge les dispositifs alimentés par la ligne CA ou un rail CC.

Bien qu'il existe plusieurs normes qui définissent la très basse tension (ELV), la CEI définit un dispositif ou un circuit ELV comme un dispositif dans lequel le potentiel électrique entre le conducteur électrique et la terre (masse) ne dépasse pas 50 VCA ou 120 VCC. Le câble de commande DALI est classifié comme potentiel ELV et ne requiert donc qu'une isolation de base du secteur CA ; il peut être acheminé à côté de ce réseau secteur ou dans un câble multiconducteur qui inclut l'alimentation secteur.

Au-delà de DALI-2 : la spécification Zhaga cible les luminaires

Les normes telles que DALI-2 sont importantes mais ont leurs limites. Il n'est pas de leur ressort de définir comment la norme doit être liée à des applications spécifiques, telles que l'éclairage et les luminaires LED. Pour résoudre ce problème, le consortium international Zhaga a établi les spécifications industrielles des interfaces pour les composants utilisés dans les luminaires LED. Le consortium est un programme membre de l'IEEE Industry Standards and Technology Organization et comptait plus de 120 membres en 2019.

C'est le bon moment pour faire la différence entre un dispositif d'éclairage et un luminaire. Le terme « luminaire » est utilisé dans l'Illuminating Engineering Society (IES) Lighting Handbook, dans les normes ANSI/NEMA et par la CEI. Il a été ajouté au manuel NEC (National Electrical Code) en 2002, avec une définition formelle d'unité d'éclairage complète consistant en une ou plusieurs lampes avec les composants conçus pour distribuer la lumière, positionner et protéger les lampes et connecter les lampes à l'alimentation. Un luminaire inclut la lampe et tous les composants directement associés à la distribution, au positionnement et à la protection de l'unité d'éclairage, et il ne comprend pas spécifiquement les composants de support, tels qu'un bras, une armature ou un pied ; les attaches utilisées pour fixer le luminaire ; les dispositifs de contrôle

ou de sécurité ; les conducteurs d'alimentation. Les luminaires prennent de nombreuses formes et sont disponibles pour un large éventail de situations, qu'il s'agisse de l'éclairage urbain extérieur strictement fonctionnel, de l'éclairage intérieur des bureaux, et même de l'éclairage esthétique des magasins ou des maisons.

Le terme « dispositif d'éclairage » n'est pas défini par le NEC et fait généralement référence à tout ce que l'utilisateur a en tête et peut inclure tout ou partie des éléments suivants : la lampe (ampoule), éventuellement avec le protège-lampe, le globe, la lentille ou le diffuseur, le support, le pied ou les fixations, et d'autres éléments.

Les spécifications Zhaga, officiellement appelées « livres » (Books), concernent les interfaces électriques, mécaniques, optiques, thermiques et de communications, et permettent l'interopérabilité des composants. En se conformant aux spécifications Zhaga, les concepteurs peuvent s'assurer que les utilisateurs disposent de composants interopérables qui peuvent être remplacés ou réparés, et qu'un luminaire LED peut être mis à niveau après son installation lorsque de nouvelles technologies sont disponibles.

Les spécifications Zhaga livre 18 et livre 20 intéressent particulièrement les concepteurs qui travaillent avec des luminaires LED ; les premières sont axées sur la conception en extérieur tandis que les deuxièmes sont destinées aux applications en intérieur :

- Les spécifications Zhaga livre 18, relatives à l'interface intelligente entre des luminaires extérieurs et des modules de détection/communications, spécifient les aspects de puissance et de communications, en plus de l'ajustement mécanique et des broches électriques pour un système de connectivité tel que défini dans l'Édition 1.0. Elles simplifient l'ajout de modules d'application tels que des capteurs et des nœuds de communications aux luminaires LED, et garantissent une interopérabilité plug-and-play.
- Les spécifications Zhaga livre 20, relatives à l'interface intelligente entre des luminaires intérieurs et des modules de détection/communications, définissent une interface intelligente entre un luminaire LED intérieur et un nœud de détection/communications. Le nœud se connecte au circuit d'attaque LED et au système de commande, et peut généralement fournir des entrées de capteurs ou permettre les communications entre les composants du réseau. Les nœuds peuvent être installés et remplacés sur le terrain.

Les connecteurs complètent le circuit

Les normes sont évidemment critiques, et la compatibilité et l'interopérabilité commencent avec l'interface physique et son connecteur (Figure 5). L'utilisation de la spécification DALI et des normes Zhaga est soutenue par un vaste choix de connecteurs qui satisfont (et dépassent) leurs exigences tout en offrant à l'utilisateur la flexibilité requise pour le fonctionnement dans différents scénarios.

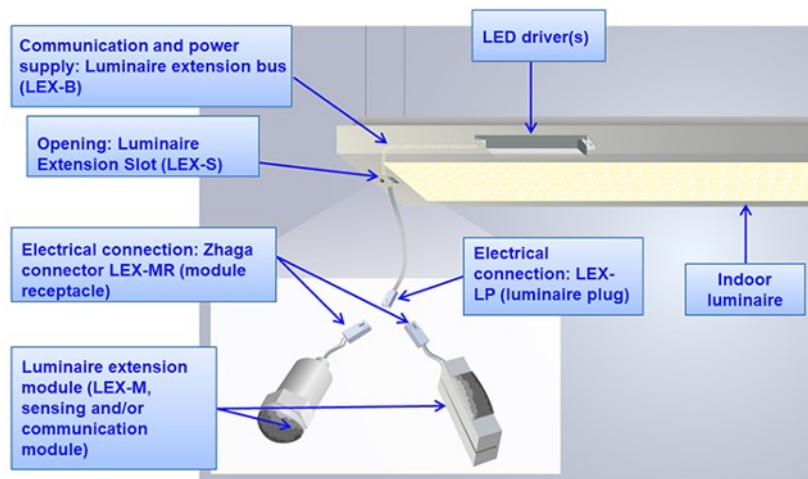


Figure 5 : La spécification DALI et la norme Zhaga fournissent un chemin de connectivité complet de câbles et de connecteurs pour l'alimentation et les données, de la source d'alimentation à la LED, dans diverses configurations. (Source de l'image : Amphenol ICC)

Pour une utilisation en intérieur, la spécification Zhaga livre 20 définit une interface de raccordement séparable pour les capteurs dans les réseaux d'immeubles intelligents. La [série FLM](#) d'Amphenol ICC est conforme à la norme DALI et permet un fonctionnement plug-and-play pour les modules de communications ou les capteurs et les luminaires LED en intérieur. En fait, le consortium Zhaga a choisi la série FLM d'Amphenol comme norme Zhaga livre 20.

Deux membres complémentaires de la série FLM d'Amphenol ICC illustrent la norme livre 20 dans la pratique : le boîtier de connecteur femelle à deux contacts SSL [FLM-P21-00](#) pour les connexions câble/fil à câble/fil à contact mâle, et le boîtier de connecteur mâle à deux contacts SSL [FLM-S21-00](#) pour les connexions câble/fil à câble/fil à contact femelle. D'autres modèles à technologie de montage en surface (CMS) présentent des configurations à angle droit et verticales pour une plus grande flexibilité d'intégration (Figure 6).

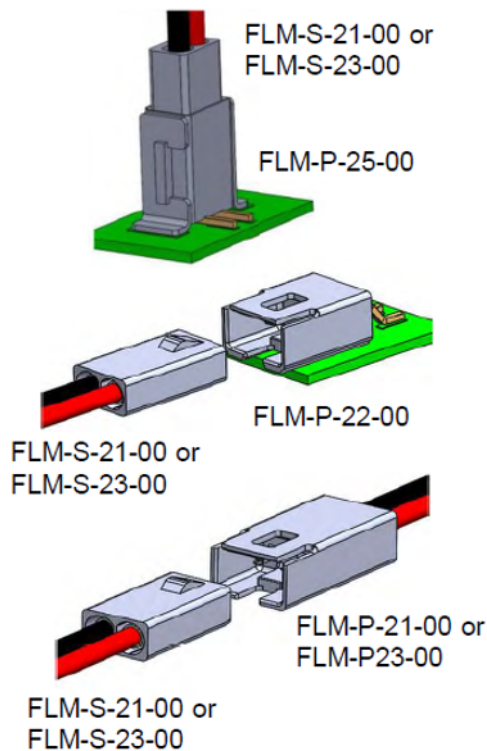


Figure 6 : Le boîtier de connecteur femelle FLM-P21-00 et le boîtier de connecteur FLM-S21-00 mâle correspondant sont des connecteurs SSL à deux fils de base. (Source de l'image : Amphenol ICC)

Les fonctionnalités de cette série incluent :

- Interfaces séparables avec géométrie « Poka-Yoke » (c'est-à-dire infailible ou anti-erreur), garantissant un alignement de raccordement correct
- Fiche disponible avec terminaison enfichable sans outil
- Fonctionnalité de verrouillage à cran extra-plate intégrée, fournissant une force de rétention de cinq newtons minimum pour un raccordement sécurisé, tout en permettant cependant une déconnexion aisée
- Fiche disponible sur bobine avec des contacts femelles à sertir ou des options de terminaison de fil enfichable permettant l'assemblage haut volume, ou l'assemblage et la maintenance aisés sur le terrain

Naturellement, de nombreuses applications LED prévues ne sont pas aussi anodines que les environnements intérieurs ordinaires. Les exigences de ces applications peuvent être satisfaites grâce aux connecteurs fil-à-fil répertoriés IP67 (étanches) [série FLH](#), notamment le [FLH-P31-00](#), une prise rectangulaire à trois positions à pas de 2,50 mm, et la fiche rectangulaire correspondante [FLH-S31-00](#) (Figure 7) ; des versions avec jusqu'à six contacts sont également disponibles.



Figure 7 : Pour les LED et d'autres applications de connecteurs exigeant un indice de protection IP67, la série FLH avec la prise rectangulaire à trois fils FLH-P31-00 (en haut à gauche) et la fiche rectangulaire FLH-S31-00 correspondante (en haut à droite) est disponible, ainsi que des versions à 2, 3, 4 et 6 broches. (Source de l'image : Amphenol ICC)

Grâce à leurs performances d'étanchéité, les connecteurs de cette série sont particulièrement adaptés aux environnements difficiles, et ils peuvent être utilisés pour l'éclairage ainsi que pour le CVC, l'industrie et les maisons intelligentes. Leur conception compacte est également un avantage pour les applications compactes. Les contacts de ces connecteurs sont répertoriés pour une plage de calibres de fils et de courants correspondants : 18 AWG pour 8 A ; 20 AWG pour 5 A ; 22 AWG pour 3 A.

Une installation ne se limite pas aux seuls connecteurs d'alimentation. Pour mener à bien un projet de conception, Amphenol propose d'autres composants clés, notamment le [FLA-2141-30](#), une prise conforme ANSI C136-41 utilisée pour connecter un luminaire extérieur dans les applications d'éclairage urbain, routier et de parking à une cellule photoélectrique pour des capacités de gradation (Figure 8). En plus de cette version à deux contacts, il existe des versions sans contacts et à quatre contacts.



Figure 8 : La prise de gradation conforme ANSI FLA-2141-30 permet la connexion entre un gradateur fourni par l'utilisateur et un luminaire. Elle est destinée à l'éclairage intelligent qui est contrôlé par la lumière ambiante disponible (la variante à quatre contacts est illustrée). (Source de l'image : Amphenol ICC)

Pour une intégration de capteurs plus avancée, une base FLB-P peut être ajoutée à la place de la cellule photoélectrique. Cela permet l'ajout d'un circuit imprimé avec des capteurs pour une variété d'autres fonctions telles que la détection de mouvement, de la qualité de l'air et du son. L'assemblage complet peut ensuite être protégé en ajoutant un dôme FLB-C. Remarque : ces produits ne sont pas destinés à être utilisés en intérieur. Amphenol propose également le dôme [FLB-C70-501-001](#), un couvercle translucide NEMA ANSI C136.41 mesurant 76 mm de diamètre et 130 mm de hauteur, conçu pour une utilisation avec les bases FLB-P.

La [série FLA](#) de prises de gradation peut être utilisée avec une cellule photoélectrique conforme ANSI C136.10 ou un capuchon (circuit ouvert ou court-circuit). Pour l'intégration de capteurs supplémentaires, les concepteurs ont besoin des éléments suivants :

- Prise FLA
- Base FLB-P
- Un circuit imprimé avec capteurs
- Dôme de protection FLB-C

Enfin, le module d'extension de luminaire [FLS-SB80-02](#) (80 mm) permet d'élever l'assemblage de gradation au-dessus de la prise série FLA pour connecter les modules de gradation et de capteurs.

Conclusion

L'éclairage basé LED a considérablement transformé l'éclairage intérieur et extérieur dans les environnements industriels, commerciaux et résidentiels. Il offre une combinaison quasi parfaite de rendement énergétique, de longévité et de flexibilité dans les configurations de luminaires.

Pour simplifier et accélérer l'intégration des LED, les différentes gammes de connecteurs d'Amphenol ICC répondent aux exigences d'éclairage intérieur, extérieur et IP67 tout en respectant les normes industrielles Zhaga, améliorant ainsi la compatibilité et l'interopérabilité des systèmes.

Lectures complémentaires :

1. [Amphenol LED Lighting Products: Commercial / Industrial Lighting, Indoor & Outdoor](#)
2. [Zhaga Book 20 Compliant FLM Series | Datasheet Preview](#)

