

Roger Cadiergues

MémoCad nD43.a

LES DIODES ÉLECTRO- LUMINESCENTES

SOMMAIRE

nD43.1. Les diodes électroluminescentes (LED)

nD43.2. Les très basses tension de sécurité (TBTS)

nD43.3. Le montage des appareils d'éclairage (LED)

nD43.4. Annexe : la structure des LED



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

nD43.1. LES DIODES ÉLECTROLUMINESCENTES (LED)

HISTORIQUE SOMMAIRE

Les premières sources de lumière «solides», sous forme de diodes émettrices de lumière ont utilisé des semi-conducteurs inorganiques connus sous le nom de «diodes électro-luminescentes», en abrégé les «LED». Depuis un certain nombre d'années ont été développées des diodes organiques électroluminescentes (OLED) qui sont probablement l'avenir essentiel.

LES QUALITÉS DES LED ET DES OLED

Les LED (et OLED) possèdent les avantages suivants :

- . ce sont des sources de lumière très efficaces (voir plus loin), ceci étant essentiellement dû à ce que les LED n'émettent pas de rayonnements infra-rouges ou ultra-violets inutiles en éclairage courant,
- . la durée de vie des LED est élevée (15000 à 20000 h) et leur maintenance facile et peu coûteuse,
- . les LED ne contiennent pas de mercure, au contraire de la majorité des autres sources actuelles.

L'EFFICACITÉ LUMINEUSE DES LED

Le premier avantage des LED est leur efficacité. Alors que :

- . les lampes à incandescence - d'ailleurs aujourd'hui en voie d'abandon - ne transforment guère que 8 % de leur énergie en énergie lumineuse (efficacité de l'ordre de 14 lm/W),
- . que les tubes fluorescents ne transforment guère que de l'ordre de 21 % de leur énergie en lumière (efficacité lumineuse courante de l'ordre de 80 à 85 lm/W, 100 lm/W pour les plus efficaces),
- . les LED transforment de l'ordre de 15 à 25 % de l'énergie électrique fournie en énergie lumineuse, leur efficacité, aujourd'hui encore de l'ordre de 70 à 75 lm/W pourrait être portée (avec de nouvelles diodes) aux alentours de 130 lm/W.

LES DÉFAUTS ET LES DÉFIS DES LED

Malgré ces avantages il est encore difficile d'utiliser les LED en éclairage général :

- . par suite de leur puissance lumineuse limitée,
- . par suite des caractéristiques un peu étroites de leur faisceau lumineux,
- . par suite de leurs caractéristiques colorimétriques, assez difficiles à maîtriser,
- . par suite de leurs coûts.

Il faut y ajouter leur mauvaise résistance aux fortes températures, ce qui peut obliger à prévoir des dispositifs de rafraîchissement, en particulier parce que la chaleur dégagée est beaucoup plus concentrée dans les LED qu'avec les autres types de lampes,

LES CARACTÉRISTIQUES LUMINEUSES DES LED

Alors que le rayonnement lumineux, avec les lampes classiques, se répartit plus ou moins dans toutes les directions (d'où les luminaires), les LED fournissent normalement un flux lumineux très directionnel. Mais ce flux lumineux n'est pas naturellement «blanc». Pour obtenir une lumière de couleur acceptable il faut généralement combiner plusieurs couches luminescentes, par exemple (voir fiche **mD03.3**) : une diode bleue, une diode verte et une diode rouge.

L'ennui est que les trois puces de couleurs différentes n'ont pas exactement le même comportement dans le temps, ce qui entraîne une certaine évolution de la couleur dans le temps, le blanc ne restant pas strictement identique.

Actuellement le **rendu des couleurs** des diodes luminescentes correspond à un indice de rendu de couleur (voir **mE01.4** pour plus de détails) allant de 75 à 85. On espère, néanmoins, pouvoir le porter à 85-90, voire même 95.

LE COÛT DES LED

A flux lumineux égal les LED coûtent actuellement (2010) :

- . près de 500 fois ce que coûtent des lampes à incandescence,
- . plus de 80 fois ce que coûtent les lampes fluo-compactes.

Le seul espoir du développement accéléré des LED est que leur prix baisse rapidement, si possible au rythme actuel où les prix sont régulièrement divisés par deux chaque année. La situation économique des LED devrait, donc, plus ou moins rapidement évoluer.

nD43.2. LA TRÈS BASSE TENSION DE SÉCURITÉ (TBTS)

LA NORME FONDAMENTALE

Les LED (et OLED) doivent être alimentés en électricité très basse tension, de sorte qu'il faut appliquer, non pas la norme NF C 15-100, mais le guide suivant :

. UTE C 15-559 (novembre 2006). Installations électriques à basse tension. Guide pratique Installations d'Éclairage en Très Basse Tension.

C'est ce que nous faisons par la suite.

D'une façon générale la «très basse tension» (TBT) correspond à une tension inférieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu, mais avec les LED c'est une définition plus stricte puisqu'il s'agit de «**TBTS**», dite «**très basse tension de sécurité**», qui - par principe et obligation de base - doit être telle qu'elle rende techniquement improbable tout défaut entre le circuit primaire basse tension (BT) et le circuit secondaire (TBTS). Sur le plan pratique les circuits doivent répondre aux obligations de la table suivante, la tension normale avec les LED étant de **12 [V]**.

PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS		
Tension alternative	$U \leq 25$	$25 < U \leq 50$
Tension continue	$U \leq 60$	$60 < U \leq 120$
Protection contre les contacts directs	pas nécessaire	<i>nécessaire</i>

LES SOURCES ÉLECTRIQUES

Entre l'alimentation classique (BT) et le réseau TBTS se trouve une **source** normalement soumise à des obligations strictes de protection. Cette source, rendant improbable tout défaut entre le circuit primaire basse tension (BT) et les circuits secondaires (TBTS), peut être :

- . soit un **transformateur**,
- . soit ou **convertisseur** (de sécurité).

L'UTILISATION DES TRANSFORMATEURS

Le **circuit primaire** (normalement BT 230 V) doit être protégé contre les surcharges et les courts-circuits. Les fusibles classiques et les disjoncteurs ne sont pas soumis à des obligations spéciales, mais il est prudent de se prémunir contre des déclenchements intempestifs dûs aux transformateurs : adopter -pour les transformateurs - le type C en général (> 450 [VA]) ou D.

Les **circuits secondaires** (TBTS) ne sont soumis à aucune obligation autre que celles prévues plus haut, sauf si la longueur dépasse 2 [m] - cas dans lequel il est recommandé une étude spéciale du fournisseur.

L'UTILISATION DES CONVERTISSEURS

La seule protection à prévoir, en général, pour le **circuit primaire** (normalement BT 230 V) est la protection classique contre les courts-circuits. Quant à la sécurité des **circuits secondaires**, les recommandations indiquées pour les transformateurs (ci-dessus) restent globalement valables.

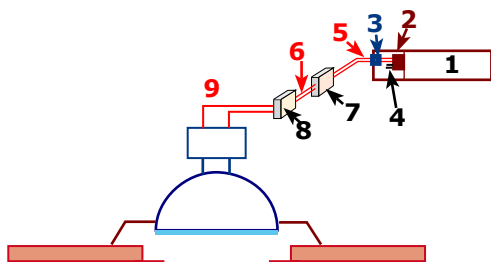
PRÉCAUTIONS GÉNÉRALES POUR LES CIRCUITS SECONDAIRES

1. Les circuits TBTS, devant présenter une isolation renforcée vis à vis des circuits BT, doivent être mis en oeuvre dans des conduits distincts.
2. L'intensité étant particulièrement élevée (du fait de la faible tension) il faut y limiter la chute de tension (calcul des sections) à au plus 5%. Pour les circuits alimentés par des convertisseurs, et pour un courant maximal de 8,5 [A], on peut réduire la section à 0,5 [mm²].
3. Les conducteurs isolés peuvent être collés directement sur les parois sous les réserves indiquées par le guide UTE (ambiance normale, conduits inaccessibles au toucher).
4. Il convient généralement de prévoir des dispositifs d'arrêt de traction à chaque extrémité des conducteurs des circuits secondaires.
5. Les appareils d'éclairage eux-mêmes sont soumis à des règles d'installation très particulières : vous en trouverez les détails à la fiche suivante.

nD403.3. LE MONTAGES DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE (LED)

LE SCHÉMA DE RÉFÉRENCE

Les appareils d'éclairage (LED) doivent respecter, selon le guide UTE, les dispositions illustrées au schéma suivant (explications à droite)



- 1 : transformateur
- 2 : bornes transformateur
- 3 : serre-câble solidaire du transformateur
- 4 : bornes 230 V
- 5 : liaison 12 V
- 6 : fil résistant à 170 °C
- 7 : serre-câble solidaire de l'appareil d'éclairage (obligatoire s'il faut retirer l'appareil du plafond ou du faux-plafond pour changer la lampe)
- 8 : borne de raccordement résistante à 125 °C
- 9 : fil résistant à 170 °C

LE MONTAGE DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

Le montage des appareils contenant des LED est soumis aux conditions suivantes concernant les contacts avec les appuis.

1. Le montage est autorisé au contact des matériaux de classe au feu **M0**, et ce quelle que soit la température des LED.
2. Le montage est autorisé au contact de matériaux de classes au feu **M1**, **M2** ou **M3** sous réserve que la température des LED soit inférieure à 90 °C.
3. Le montage n'est pas autorisé au contact des matériaux de classe **M4**.

LE MONTAGE EN FAUX-PLAFOND : LES CIRCUITS SECONDAIRES

A chaque extrémité du conducteur de circuit secondaire, le montage doit comporter un dispositif d'arrêt de traction afin d'éviter toute déconnexion électrique accidentelle en faux-plafond.

LE MONTAGE EN FAUX-PLAFOND : L'ACCESSIBILITÉ DU TRANSFORMATEUR

Les liaisons entre luminaires et transformateurs, ou convertisseurs doivent être capables de résister à une température de 170 °C.

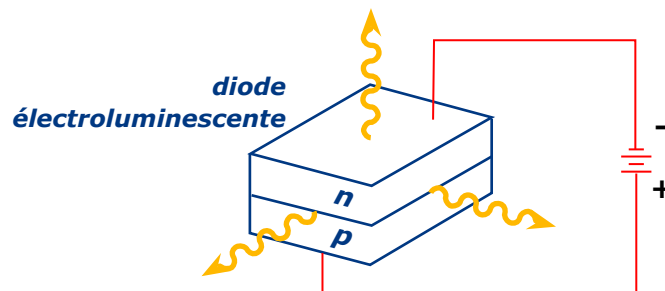
Le transformateur (ou convertisseur) placé dans un faux-plafond doit rester accessible. Ce qui implique les précautions suivantes :

1. Dans le cas où le faux-plafond est **démontable** le transformateur doit être placé sur la partie fixe ;
2. Dans le cas où le faux-plafond n'est **pas démontable**, et s'il s'agit d'**un seul appareil**, l'orifice recevant l'appareil d'éclairage est considéré comme une trappe d'accès ;
3. Dans le cas où le faux-plafond n'est **pas démontable** et où il y a **plusieurs appareils**, l'installation doit comporter une **trappe d'accès**.

nD43.4. ANNEXE : LA STRUCTURE DES LED

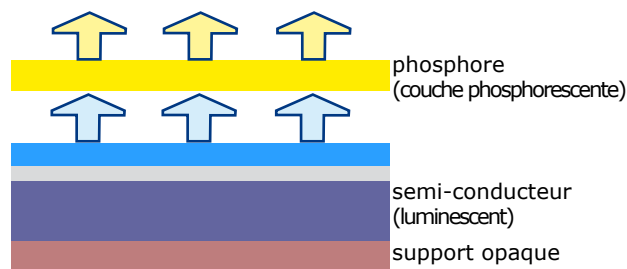
LE SEMI-CONDUCTEUR DE BASE DES LED

Les diodes électroluminescentes utilisent, en noyau, des semi-conducteurs particuliers, *la majorité des produits utilisés étant à base de gallium*. Le matériau adopté doit être fondamentalement un produit de très grande pureté, mais il a reçu des «impuretés» de deux catégories qui vont animer la génération de lumière. La première catégorie conduit à un excès d'électrons (matériau de type **n**), alors que la deuxième catégorie conduit à un manque d'électrons («trous» positifs : matériau de type **p**). Les deux sont diffusées dans le même semi-conducteur, créant au sein de celui-ci une interface entre les régions **n** et **p**. Si une tension continue est appliquée de telle sorte que la zone **n** soit négative et que la zone **p** soit positive, les trous et les électrons se combinent à l'interface, et produisent alors des **photons**.



LA STRUCTURE COMPLÈTE DES LED MONOCHROMES

Les LED comportent un certain nombre de couches, comme l'indique le schéma ci-dessous, le semi-conducteur luminescent n'en étant qu'un des éléments, celui dont part la lumière.



Plus de 90 % des LED actuels fonctionnent selon le principe de fluorescence d'un **phosphore**. Le fonctionnement est alors le suivant : la puce semi-conductrice (où circule un courant continu de quelques dizaines d'ampères) génère une lumière, bleue dans l'exemple précédent. Elle traverse ensuite un phosphore, jaune dans le cas précédent, phosphore qui va fournir la lumière jaune.

LA STRUCTURE COMPLÈTE DES LED «BLANCHES»

Les LED réelles, fournissant de la lumière blanche, fonctionnent normalement en utilisant trois (et non un) phosphores de couleurs différentes (bleu, vert, rouge). Le schéma ci-dessous en indique le principe, étant entendu qu'il s'agit d'une voie encore en développement.

