

# Éclairage et signalisation automobile

## Les nouvelles technologies photoniques pour plus de sécurité et de style

Jean-Paul RAVIER

Titulaire de la chaire Embedded Lighting Systems  
Institut d'optique Graduate School, ESTACA, Strate École de design  
[jean-paul.ravier@institutoptique.fr](mailto:jean-paul.ravier@institutoptique.fr) – [www.embedded-lighting.com](http://www.embedded-lighting.com)

La fonction de sécurité a naturellement donné naissance aux projecteurs et aux feux de signalisation automobiles, et les exigences pour la faire progresser demeurent l'un des moteurs essentiels tirant les technologies. Le design est cependant une autre fonction très importante également avide d'innovations, car les projecteurs et les feux signent puissamment les véhicules. Les projecteurs s'étirent, s'affinent, leurs boîtiers sont traités à la manière d'écrans pour mettre en valeur des modules captant et renvoyant la lumière tels des joyaux, et des solutions nouvelles sont ainsi développées au service du style.

### Évolution des sources de lumière

Les lampes à halogènes avaient marqué dès 1962 un progrès très important, d'une part en doublant le flux disponible par rapport aux précédentes lampes tungstène, d'autre part en allongeant la durée de vie des sources.

L'introduction des lampes au xénon ou lampes à décharge en 1991, a permis à nouveau de doubler le flux à plus de 3000 lm (lumens), avec plus de 2000 heures de durée de vie contre une moyenne de 500 heures pour les lampes à halogènes d'alors. Ces lampes marquent également une amélioration notable d'une part en rendement, passant de 23 lm/W pour l'halogène (1500 lm – 65 W) à 85 lm/W pour le xénon (3000 lm – 35 W), et d'autre part en

luminance grâce au doublement du flux avec une taille de l'arc restant similaire à celle d'un filament à halogène, permettant d'améliorer sensiblement la distance de visibilité. En contrepartie, ces lampes nécessitent des ballasts complexes pour leur fonctionnement, devant fournir une tension d'amorçage pouvant atteindre 20 kV pour créer l'arc initial ionisant, puis délivrer une puissance de 75 W pour l'évaporation la plus rapide possible des sels internes, et enfin après quelques secondes maintenir un régime stabilisé de 35 W. Cette source a équipé jusqu'à 15 % de la production mondiale, avant d'être remplacée par les LEDs.

Les sources LEDs ont été introduites en éclairage en 2007. Physiquement, les LEDs éclairage automobile intègrent de 1 à 5 puces de 1 mm<sup>2</sup> de forte puissance



Vous pouvez courir  
MAIS PAS  
VOUS CACHER



Photodiodes PIN InGaAs

- IG17 – 500 nm jusqu'à 1700 nm
- IG22 – 500 nm jusqu'à 2200 nm
- IG26 – 500 nm jusqu'à 2600 nm

Sources IR

- DLS – 2500 nm jusqu'à 10000 nm

[www.lasercomponents.fr](http://www.lasercomponents.fr)

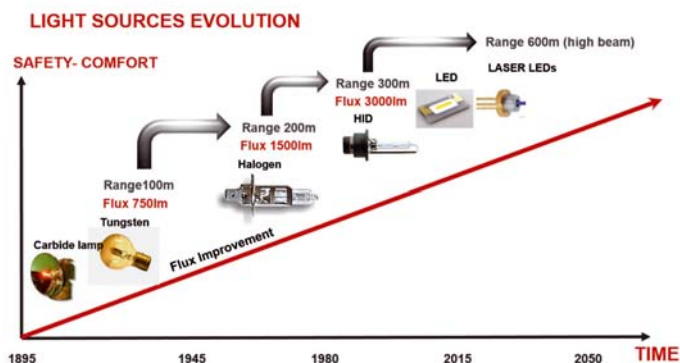


Figure 1. Les progrès en sécurité grâce à l'évolution des fonctions.

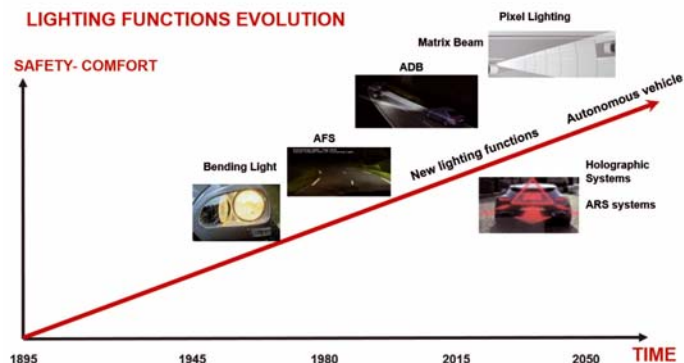


Figure 2. Évolution des fonctions d'éclairage.

(environ 3 W par puce). Les avantages techniques des LEDs sont multiples. Le principal est probablement le gain en consommation électrique : on peut aujourd'hui obtenir le même faisceau qu'une lampe halogène de 65 W avec des LEDs consommant 12 W, soit un gain de plus de 100 W par voiture.

Ou bien pour les feux de jour ou DRL (*day time running light*), passer d'une consommation de 40 W avec des lampes à tungstène à 6 W avec un équipement LEDs. Ainsi quand toutes les sources d'éclairage et de signalisation utilisent des LEDs, le gain global en consommation électrique pondéré par l'utilisation moyenne des fonctions permet une économie d'environ 3 % en consommation d'essence, équivalente à 3 g de CO<sub>2</sub>/km.

Les autres avantages des LEDs sont une meilleure qualité en couleur plus proche de la lumière du jour avec 5500 K au lieu de 3200 K pour l'halogène, l'accession à des performances très supérieures avec la possibilité d'adapter le nombre de LEDs au besoin contrairement à l'halogène ou au xénon où la réglementation impose la présence d'une seule lampe homologuée pour le code, et enfin et surtout, l'ouverture à de nouvelles expressions stylistiques (réduction des hauteurs, répartition entre de multiples modules, guides de lumière...). Quant aux coûts, si les premiers systèmes à LEDs ont été plutôt chers, les baisses de coût sont aujourd'hui très rapides et les positionnent déjà à des niveaux pouvant être sensiblement plus bas que les lampes à décharge. La lampe au xénon est donc appelée à disparaître rapidement, tandis que l'halogène se maintiendra encore pour

les véhicules économiques sans doute jusqu'au milieu de la décennie prochaine.

Les sources LEDs laser sont apparues en 2014 dans une fonction de complément route. En effet, grâce à une luminance 4 fois supérieure à celle des LEDs obtenue par une très faible surface d'émission, elles permettent de doubler la portée de la fonction route à 600 m. Elles sont cependant aujourd'hui complexes à mettre en œuvre avec, par exemple, des limitations thermiques, et très sensiblement plus chères que les LEDs. Ces sources ont cependant un fort potentiel d'amélioration, en particulier en rendement, et devraient plus largement se répandre à l'avenir, à côté des LEDs plus classiques qui resteront très majoritaires.

## Les progrès en sécurité grâce aux nouvelles fonctions d'éclairage

Longtemps, l'éclairage s'est limité aux fonctions code et route, complétées de feux anti-bouillard optionnels. Des tentatives pour avoir un éclairage tournant sont intervenues, par exemple avec la DS en 1967, mais limitées à la fonction route.

### L'AFS (*adaptive front lighting systems*)

La véritable introduction de nouveaux systèmes intervient entre 2003 et 2007 avec les fonctions AFS, qui incluent diverses fonctions (la fonction virage pour code et route (*bending light*) ; la fonction autoroute (*motorway*) permettant en code une portée de 120 m au lieu de 60 m ; la fonction *city light*, qui réduit

l'éblouissement en ville ; la fonction *adverse weather* adaptée aux conditions climatiques difficiles, mais peu utilisée car difficile de mise en œuvre).

### L'ADB (*adaptive driving beam*)

La fonction ADB répond au vieux rêve de pouvoir éclairer avec le maximum de performances en permanence, donc en fonction route, mais sans éblouir les autres usagers. Pratiquement, une caméra analyse la route, détecte les autres véhicules, et l'unité de contrôle commande au système d'éclairage d'enlever la lumière dans ces seules zones.

Le système ADB a connu plusieurs générations. La première génération est celle de l'ADB mécanique introduite en 2010. Le système utilisait alors une lampe au xénon dans un projecteur elliptique. La zone du cache servant à former l'image au deuxième foyer est alors équipée d'un barillet tournant avec un moteur pas-à-pas et pouvant disposer de 6 profils pour créer autant de faisceaux, dont l'un avec une coupure verticale pour la fonction ADB permettant la création du « tunnel » non éblouissant à l'emplacement des autres véhicules. Ce principe est toujours utilisé, mais est maintenant adapté aux LEDs. Ce système fait cependant se déplacer latéralement la lumière pour suivre la trajectoire des autres véhicules, ce qui peut être gênant. Ce déplacement de lumière disparaît avec les systèmes ADB *matrix beam* introduits sur des véhicules haut de gamme en 2013 : le faisceau est alors constitué de l'addition de segments de lumière verticale, chacun produit par une diode, allumée ou éteinte suivant la présence d'autres

véhicules dans leur zone d'émission. Ces premiers systèmes *matrix beam* utilisent jusqu'à 30 segments verticaux de lumière par projecteur. Cependant, des systèmes plus économiques avec 8 segments de lumière par projecteur sont introduits sur des véhicules de gamme moyenne dès cet automne 2015 et augurent d'une démocratisation de ces systèmes très confortables et sécurisants. Pour un contrôle de l'éclairage toujours plus précis, les recherches se poursuivent pour utiliser toujours davantage de segments de lumière, une centaine pour les véhicules en préparation pour 2016, et bien davantage, sans doute plus de mille au-delà de 2020, donnant naissance à une nouvelle génération appelée ADB *pixel lighting*. Les objectifs sont de pouvoir par exemple illuminer les bords de la route pour mieux guider les véhicules, accentuer la reconnaissance des obstacles, moduler la largeur du faisceau en fonction du besoin... tout ceci en liaison avec un ensemble de capteurs toujours plus performants.

L'ADB *pixel lighting* faisant certainement partie du futur de l'éclairage, de nombreuses recherches sont en cours dans trois directions principales.

- **Les matrices de LEDs** : les véhicules de 2016 utiliseront une matrice d'une centaine de LEDs réalisée encore classiquement par la juxtaposition de puces individuelles. Cette technique peut être

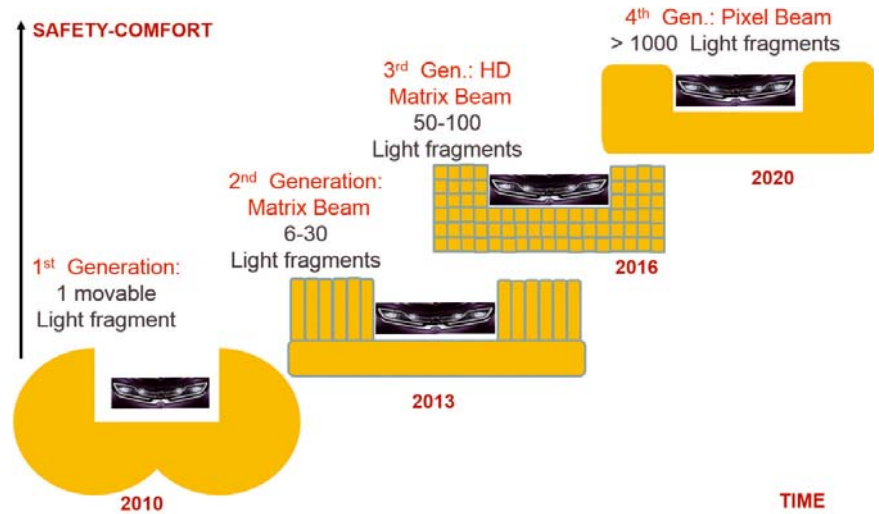


Figure 3. Évolutions de la fonction ADB (adaptive driving beam).

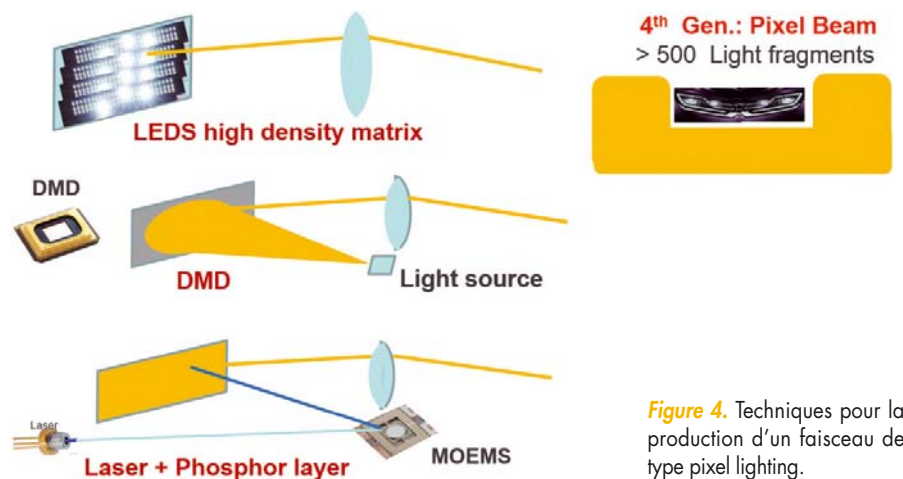


Figure 4. Techniques pour la production d'un faisceau de type pixel lighting.



## Sous la lumière, les hommes

Par Riad Haidar et préfacé par Pierre Chavel

edp sciences

On imagine mal aujourd'hui le parcours de ces savants, grands esprits audacieux, caractères courageux et trempés, fins politologues, qui ont construit la science que nous pratiquons et imaginé le monde tel que nous le connaissons aujourd'hui. Ce livre reprend, à travers une sélection de biographies, comme autant de trajectoires symboliques, les grandes lignes de cette aventure millénaire.

laboutique.edpsciences.fr

ISBN : 978-2-7598-1082-6  
19 € TTC

poussée pour intégrer plusieurs centaines de LEDs, mais les difficultés thermiques et d'interconnexions électriques conduiront probablement à l'avènement de technologies monolithiques radicalement différentes tant pour la réalisation des LEDs afin d'éviter l'étape intermédiaire de puces individuellement déposées, que pour le contrôle électronique à intégrer au moins pour partie dans le même substrat que les LEDs.

- Les **digital micromirror devices DMD** (ou **digital light processing DLP**) sont largement utilisés pour les vidéoprojecteurs. Mais leur adoption en éclairage automobile se heurte à des difficultés dues à l'environnement thermique (près de 100 °C), non compatible avec les DMD existants, et à la forte concentration de lumière, beaucoup plus importante qu'en vidéo projection, accroissant encore la contrainte thermique.
- Les **systèmes à diodes laser combinées à une plaque de phosphore** utilisent des faisceaux laser contrôlés en direction par un micro miroir de type MOEMS, balayant ensuite une plaque de phosphore suivant la forme d'image à projeter, avec là également beaucoup de nouvelles technologies à améliorer pour endurer les spécifications d'environnement et obtenir la précision de projection d'image nécessaire.

## Le design au service des fonctions éclairage-signalisation

Le design est l'autre fonction essentielle tirant les technologies. Inconsciemment, quand nous regardons une voiture, la première partie sur laquelle s'accroche notre regard sont ses projecteurs, sans doute parce que nous les assimilons à ses yeux. De même la nuit en suivant une voiture, ce sont essentiellement ses feux que nous pouvons voir. Les projecteurs et les feux ont donc depuis toujours été l'objet d'une attention particulière de la part des designers des véhicules, tandis qu'en parallèle, la communication marketing les met souvent en avant, telle une vitrine devant illustrer tout le savoir-faire technique et stylistique des créateurs de

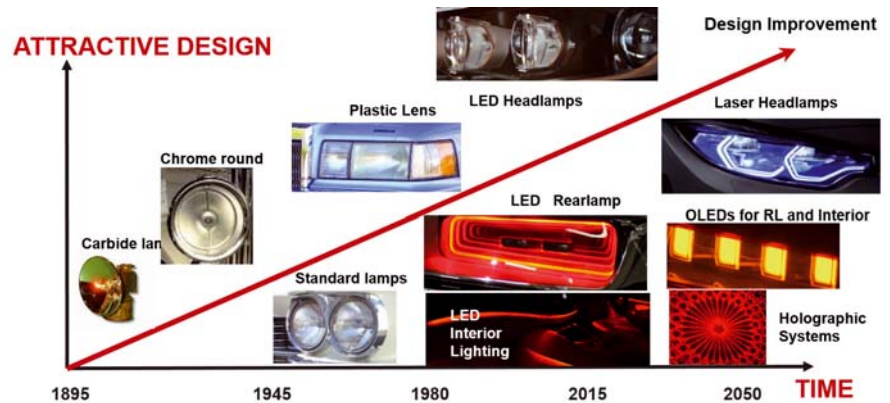


Figure 5. Le design au service des fonctions éclairage-signalisation.

la voiture. Deux grandes tendances de long terme émergent :

- l'affinement avec la réduction des hauteurs, et l'évolution des formes des optiques, devant être toujours plus originales. La hauteur des systèmes optiques a ainsi évolué d'environ 150–200 mm pour les véhicules de l'entre-deux guerres à 100–120 mm avec l'arrivée des projecteurs à halogènes dans les années 60. Puis les progrès des systèmes optiques ont permis de réduire leur hauteur à 70 mm avec l'innovation des surfaces complexes apparue en 1989, ou avec en parallèle les projecteurs elliptiques à lentilles. Les LEDs permettent aujourd'hui la création de systèmes optiques de 40 mm, avec des perspectives de les affiner prochainement à 20 mm ou moins avec les systèmes à diodes laser.
- la deuxième tendance de style vise à l'originalité des formes. Pour les projecteurs, les formes qui étaient initialement rondes sont devenues rectangulaires, ce qui à l'époque était une innovation technologique tant l'emboutissage tôle de telles formes a pu représenter un véritable challenge.

Le développement des injections plastiques, puis l'arrivée des LEDs ont permis une grande liberté de formes avec des modules d'aspect très divers. Pour les fonctions de signalisation, cette diversité est davantage exacerbée, avec en particulier une utilisation de plus en plus importante des guides optiques, tels ceux utilisés pour créer une perception 3D.

De nouvelles technologies pour offrir toujours davantage de possibilités de

style sont en cours de développement tels les sources OLEDs (*organic LEDs*) ou les systèmes holographiques, avec des applications possibles tant en signalisation extérieure qu'en éclairage intérieur.

## Conclusion

L'éclairage automobile connaît de profondes mutations, et devient de plus en plus un secteur de haute technologie, justifiant des formations de haut niveau telles que le Mastère spécialisé *embedded lighting systems* ([www.embedded-lighting.com](http://www.embedded-lighting.com)) nouvellement développé par l'Institut d'optique, l'ESTACA et la Strate École de design.

Bien sûr, beaucoup pourront regretter que toutes ces innovations n'équipent pas encore leurs véhicules personnels. Mais c'est le propre des innovations que d'être introduites dans des véhicules haut de gamme pouvant absorber leurs coûts en général élevés, et d'être ensuite progressivement généralisées à mesure que s'abaissent les coûts. Cela a pu être le cas par exemple pour l'ABS ou l'ESP qui équipent maintenant toutes les voitures. Pour l'éclairage et la signalisation automobile, les systèmes à LEDs vont très vite remplacer les sources plus classiques grâce à la baisse rapide des coûts et à leurs avantages évidents. Quant aux fonctions plus complexes tels que l'ADB, pourtant très intéressantes pour la sécurité et le confort, elles pourraient nécessiter comme la plupart des innovations près de deux décennies pour devenir universelles.