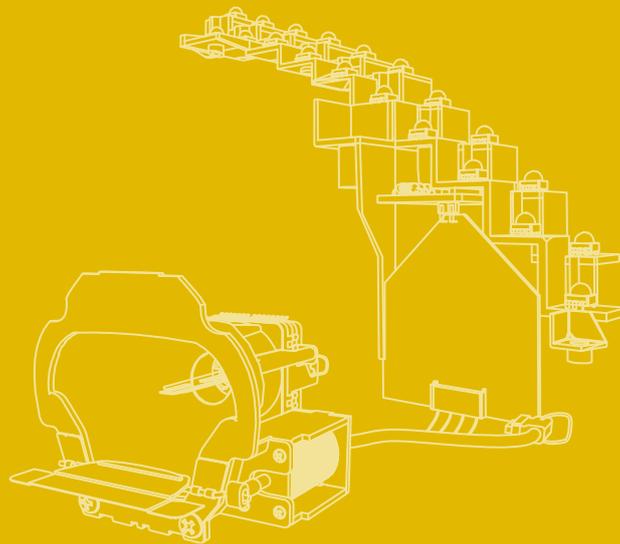


L'éclairage et la signalisation

ÉLECTRICITÉ – ÉLECTRONIQUE

Édité avec le concours de l'Éducation Nationale

• Eclairages • Maintenance et diagnostic •
Lumière • Signalisation • Lampes • Projecteurs
• Feux antibrouillards • Filaments • Feux de
croisement • Onde électromagnétique • Spectre
visible • Paramètres • Intensité lumineuse •



Eclairages • Maintenance et diagnostic •
Lumière • Signalisation • Lampes • Projecteurs
• Feux antibrouillards • Filaments • Feux
de croisement • Onde électromagnétique •
Spectre visible • Paramètres • Inte



L'éclairage et la signalisation

ÉLECTRICITÉ - ÉLECTRONIQUE

Édité avec le concours de l'Éducation Nationale



Créé avec la collaboration du GAMA et du GNFA

GAMA

(Groupement Amical d'enseignants des Matériels Automobiles)

Son but est d'apporter aux enseignants des métiers de l'automobile :

- des aides pédagogiques et techniques ;
- de renforcer les liens entre les collègues ;
- d'établir et faciliter les relations avec les professionnels ;
- d'être l'interlocuteur privilégié des responsables décisionnels.

Contact : Henri NOIREL

Tél. : 03 83 26 31 73 ou 06 89 37 78 19

e.mail : hnoirel@ac-nancy-metz.fr



GNFA

(Groupement National pour la Formation Automobile)

Contenus réalisés par :

Patrice REPOSEUR pour le GAMA,
Professeur au Lycée Emile Levassor
Dombasle-sur-Meurthe (54) et adhérent au GAMA
Antoine GOMEZ pour le GNFA,
Formateur au centre technique de Blagnac (31)
gomez@gnfa-auto.fr

1	Introduction	page 5
2	Historique des éclairages	page 6
3	Quelques notions de physique	page 8
4	Législation de l'éclairage et de la signalisation	page 12
5	Les différentes lampes	page 17
6	Les différents projecteurs	page 25
7	Particularité de l'ajout d'un attelage	page 34
8	Maintenance et diagnostic	page 35
9	Évolutions des éclairages	page 44

La fonction de l'éclairage et de la signalisation en automobile est d'améliorer la vision du conducteur ainsi que la signalisation du véhicule, dans ses changements de direction ou d'allure, quelles que soient les conditions climatiques.

Les projecteurs et les feux de signalisation sont également des caractéristiques clés du design, qui jouent un rôle de plus en plus important dans les efforts des constructeurs automobiles pour différencier leurs nouveaux modèles.

Conduite et intempéries : la loi veille sur votre sécurité

Selon les circonstances, les feux de position, de croisement ou les antibrouillards s'imposent.

L'allumage des codes est-il obligatoire dès que la visibilité baisse ?

Le Code de la Route impose l'utilisation des feux de croisement en cas de visibilité réduite, due à la nuit tombante ou aux mauvaises conditions atmosphériques.

Quand utiliser les projecteurs antibrouillards ?

Outre les situations de brouillard ou de chutes de neige, les feux avant de brouillard peuvent remplacer ou compléter les phares sur les routes étroites ou sinueuses et hors agglomérations.

Ils doivent être éteints lorsque, pour ne pas éblouir, vous passez des feux de route à ceux de croisement.

Les feux antibrouillards arrière sont-ils autorisés sous la pluie ?

Non. Ils ne sont à utiliser qu'en cas de brouillard ou de chute de neige.

Les sanctions

L'oubli d'éclairage et de signalisation ou l'utilisation intempestive des feux antibrouillards peuvent entraîner des contraventions de troisième classe.



Lampes MAZDA 6V4W



Citroën B14 (1926)



Lampe code (1965)



Spider Renault (1996)



Peugeot 307 CC (2005)

- 1800** Guillaume Carcel invente une lampe à huile, dont le système d'horlogerie actionne un piston qui fait monter l'huile de manière régulière jusqu'au bec.
- 1859** Le Français Gaston Planté met au point une pile réversible ou accumulateur : c'est la première batterie de l'histoire.
- 1860** L'éclairage est produit par la combustion d'huile de pétrole, ou de pétrole lampant, appelé plus tard kérosène.
- 1879** La lampe à incandescence est mise au point par Thomas Edison. Le fil de coton sera progressivement remplacé par un filament de fer.
- 1901** La lampe à mercure commence à être utilisée en automobile. Sa particularité : une flamme blanche très vive.
- 1912** Aux Etats-Unis, le démarreur électrique et l'éclairage électrique apparaissent en série sur les véhicules.
- 1915** La première lampe automobile à filament apparaît en Europe.
- 1929** Cadillac monte des phares orientables sur ses véhicules.
- 1962** La première diode électroluminescente (LED) à spectre visible est créée par Nick Holonyak Jr. .
- 1965** Apparition de la première lampe halogène mono-filament de type H1.
- 1966** Homologation du feu arrière de brouillard.
- 1967** Citroën monte des feux de route directionnels et une correction d'assiette pour les feux de croisement sur ses DS.
- 1971** Première lampe halogène à deux filaments (croisement et route).
- 1992** Nouvelle génération de la lampe halogène H7. Plus compacte et plus efficace, son ampoule de quartz filtre les UV.
- 1992** Première application de la lampe à décharge de gaz (xénon) sur la BMW Série 7.



Lampe à huile (1870)



Lampe à acétylène (1905)



Lampe à incandescence (1929)

- 2003** Application en éclairage de jour de LED haute intensité sur l'Audi A8 W12 et l'Aston Martin V8 Vantage.
- 2003** Phares fixes Hella orientés vers les côtés (Audi A8).
- 2003** Phares directionnels sur BMW Série 5.
- 2005** Assistant pleins phares (retour automatique en code) chez BMW.
- 2006** Faisceau d'éclairage adaptatif chez Mercedes (Classe E).
- 2006** Clignotant à LED avant sur Porsche 911 Turbo.
- 2007** Feux de croisement à LED sur la Lexus LS600h.
- 2008** Les clignotants, les feux de jour, de croisement et de route à LED seront disponibles en option sur l'Audi R8.



**Feu de jour à LED
Audi A8 W12 (2003)**



Audi R8 (2007)

A. LA LUMIÈRE : UNE ONDE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Une onde est un déplacement d'énergie sans déplacement de matière.

Par exemple, un caillou lancé dans un étang provoque une succession de vagues qui font osciller verticalement un bouchon à la surface de l'eau sans que celui-ci ne se déplace dans le sens des vagues : les vagues peuvent être alors assimilées à des ondes.

La distance entre les crêtes de deux vagues successives est appelée **la longueur d'onde**. Le nombre d'allers-retours réalisé par le bouchon en une seconde correspond à **la fréquence** de l'onde. La vitesse de propagation de l'onde est appelée **la célérité**. Elle dépend des propriétés du milieu dans lequel l'onde se déplace.

La longueur d'onde est caractérisée par la formule suivante :

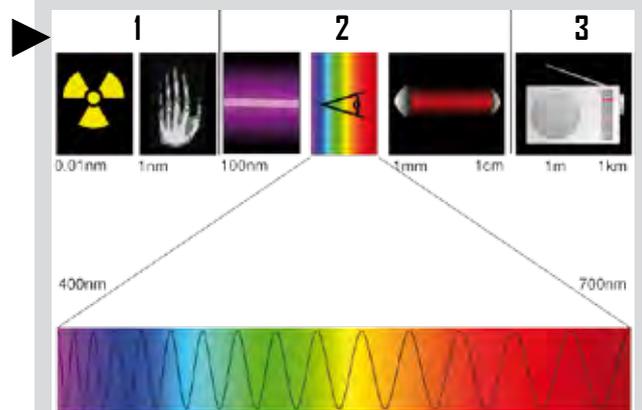
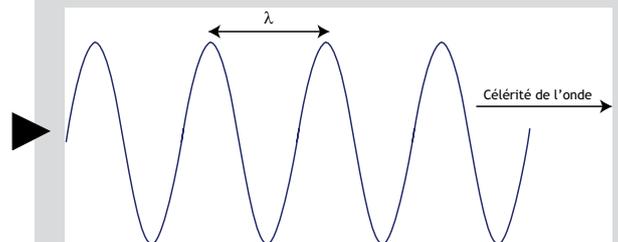
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

avec λ : longueur d'onde (en mètre)
 c : célérité de l'onde (en mètre/seconde)
 f : fréquence de vibration de l'onde (en hertz)

Le son est une onde de pression. Sa vitesse de propagation (célérité) est de 340 m/s dans l'air et sa fréquence va de 0 Hz à l'infini, mais l'oreille humaine ne perçoit que les fréquences comprises entre 20 Hz et 20000 Hz.

La lumière, au sens commun du terme, ne représente que la partie "visible" des ondes électromagnétiques. En effet, en rencontrant de la matière, différents phénomènes se produisent selon la valeur de la longueur d'onde.

- 1 Quand la longueur d'onde est faible (10^{-14} m à 10^{-8} m), c'est-à-dire quand la fréquence est élevée, les ondes vont interagir avec le noyau des atomes et créer des rayons X ou des rayons γ (gamma). La radiographie est une application de ces ondes électromagnétiques "invisibles".
- 2 Dans une zone intermédiaire de longueur d'onde (10^{-8} m à 10^{-3} m), les ondes vont interagir avec les électrons et créer une émission de photons. Ces photons, en fonction de leur fréquence de vibration, vont de l'ultraviolet à l'infrarouge en passant par la partie visible par l'œil humain (400 nm < λ < 700 nm). Les lampes à bronzer pour les ultraviolets et le chauffage par infrarouges sont quelques exemples d'application.



Source Wikipedia

Spectre électromagnétique

- 3 Quand la longueur d'onde est élevée (au-delà de 10^{-3} m), c'est-à-dire quand la fréquence est faible, les ondes électromagnétiques vont interagir avec les circuits électriques et électroniques : ce sont les micro-ondes et les ondes radio. Les applications tournent essentiellement autour des communications radiophoniques, télévisuelles ou téléphoniques.

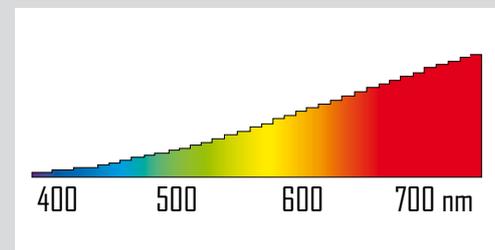
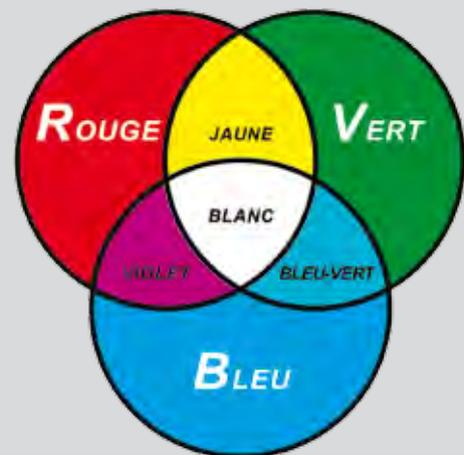
B. LE SPECTRE VISIBLE

Le spectre d'ondes visibles par l'œil humain va du violet ($\lambda = 400$ nm) au rouge ($\lambda = 700$ nm) en passant successivement par le bleu, le vert, le jaune et le orange.

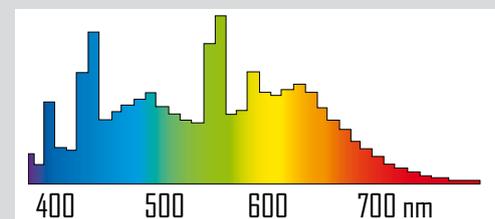
L'addition de plusieurs couleurs, c'est-à-dire de plusieurs longueurs d'onde visibles, donne une autre couleur.

Suivant la source d'émission de lumière, le spectre est soit continu, soit discontinu :

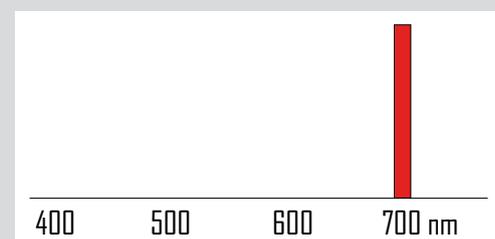
- ✓ Une émission de lumière provoquée par une source de chaleur (une lampe à filament par exemple) donne un spectre de lumière continu, cela est dû à la forte interaction entre les différents éléments de la matière mis en jeu.
- ✓ Une émission de lumière provoquée par une source froide (un tube électroluminescent par exemple) donne un spectre de lumière discontinu. L'exemple le plus manifeste est le laser qui donne une onde monochromatique.



Spectre d'une lampe à filament



Spectre d'un tube électroluminescent



Spectre d'un laser rouge

C. LA TEMPÉRATURE DE COULEUR

L'appellation "température de couleur" (ou "température de flamme") correspond à la couleur qu'un élément de référence noir émet lorsqu'il est chauffé. À chaque plage de température (en Kelvins), la couleur de l'élément est mesurée, ce qui donne le graphique ci-contre :

Rappel : La température de 0 K est égale à $-273,15^{\circ}\text{C}$ et correspond au zéro absolu.

Ainsi, en comparant la couleur émise par une source lumineuse (ampoule, flamme...) avec celle émise par cet élément de référence, on peut déduire la température de couleur de la source lumineuse en question.

Par exemple, une lampe au sodium (éclairage public) émet une couleur de 2200 K, alors que le soleil au zénith diffuse une couleur de 5800 K.

Attention : la température de couleur n'est pas obligatoirement la température de la source lumineuse.

Une couleur chaude est à tendance rouge et une couleur froide est à tendance bleue alors que plus une flamme est chaude plus elle est bleue.

Une lampe à incandescence classique est une lumière chaude qui donne un spectre avec une dominante rouge, une ampoule à halogène donne une lumière plus bleue que la précédente alors que son filament est plus chaud...

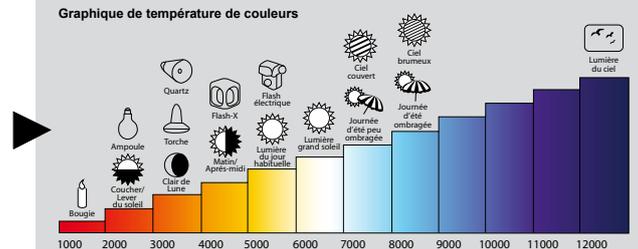
D. LES PARAMÈTRES DE LA LUMIÈRE

La lumière est caractérisée par plusieurs grandeurs.

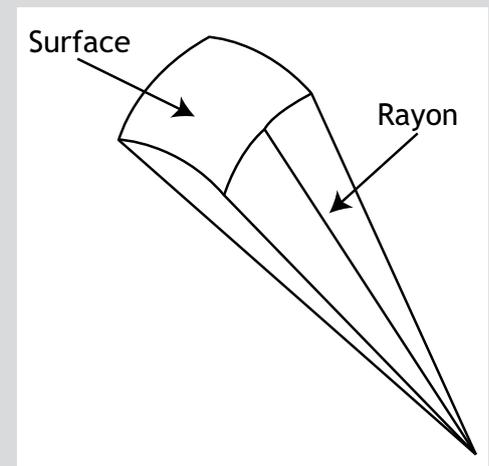
Le **flux lumineux** correspond à la puissance totale de rayonnement d'une source lumineuse, fournie dans toutes les directions. Il s'exprime en **lumen** (lm). Un lumen vaut un candela par stéradian. Le flux lumineux exprime donc la notion de "débit" de lumière.

Exemples :

Lampe H4 en position route	1 600 lm
Lampe D2S	3 200 lm
LED haute luminosité	240 à 350 lm



Graphique de température de couleur



Un stéradian (sr) est un angle solide qui correspond à une portion de sphère d'un rayon de 1 mètre et de surface de 1 m^2 . Une sphère a un angle solide de 4π stéradians. L'œil humain embrasse environ 0,5 sr.

L'**intensité lumineuse** correspond à un flux lumineux rayonné dans une direction déterminée. Elle s'exprime en **candela** (cd). Cela exprime un "débit" de lumière dans une direction donnée ("candela" est un mot latin qui signifie bougie).

Un projecteur automobile dans l'axe d'éclairage est l'équivalent de 20000 à 150000 cd. Un projecteur d'indice 75 correspond à 225000 cd.

La **luminance** est l'intensité d'une source de lumière dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. Elle s'exprime en **candela par mètre carré**.

Exemples :

Soleil	$1\,650\,000 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$
Lampe à incandescence 100 W claire	$6\,000 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$
Lampe à incandescence 100 W dépolie	$125 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$
Lampe fluorescente 40 W (T12)	$7 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$
Bougie	$5 \times 10^3 \text{ cd/m}^2$

La **densité de lumière** reçue au niveau de l'objet éclairé d'une surface déterminée s'exprime en **lux**. Cette grandeur exprime donc une notion d'efficacité de l'éclairage. Un lux vaut un lumen par mètre carré.

La neige à midi en plein soleil reçoit 10000 lux tandis qu'une route reçoit une densité de lumière de 0,2 lux de la pleine lune.

L'**efficacité lumineuse** mesure le flux lumineux produit en fonction de l'énergie électrique consommée, elle s'exprime en **lumen par watt**. L'efficacité lumineuse permet de comparer des lampes, mais si une LED est 50% plus efficace qu'une lampe D2S, elle a aussi une intensité lumineuse 10 fois plus faible.

Exemples :

Lampe H7	31 lm/W
Lampe R2	13 lm/W
Lampe D2S	91 lm/W
LED haute luminosité	100 à 150 lm/W

Tout véhicule empruntant les voies ouvertes à la circulation doit être correctement éclairé et signalé.

A. LA LÉGISLATION FRANÇAISE

Concernant leur éclairage, les véhicules doivent répondre aux **articles R.313-1 à R.313-35 du Code de la Route** et aux décrets et arrêtés pris pour leur application.

	Eclairage / Signalisation	Article	Obligation	Caractéristiques
A l'avant	2 ou 4 feux de route	R.313-2	Oui	Feux éclairant à 100 m minimum (lumière jaune ou blanche).
	2 feux de croisement	R.313-3	Oui	Feux éclairant à 30 m minimum (lumière jaune ou blanche).
	2 feux de position	R.313-4	Oui	Feux visibles à 150 m minimum (lumière jaune ou blanche).
	2 feux de brouillard	R.313-8	Facultatif	Feux émettant une lumière jaune ou blanche.
	Feux indicateurs de direction	R.313-14	Oui	Pour tout véhicule ou remorque dont le PTAC > à 0,5 t, feux à lumière clignotante et non éblouissante orangée.
	Signal de détresse	R.313-17	Oui	Pour tout véhicule ou remorque dont le PTAC > à 0,5 t, signal constitué par le fonctionnement simultané des indicateurs de direction.
	Catadioptres	R.313-20	Facultatif	2 catadioptres non triangulaires et de couleur blanche.
A l'arrière	2 feux de position	R.313-5	Oui	Feux visibles émettant une lumière rouge non éblouissante visible à 150 m.
	2 ou 3 feux stop	R.313-7	Oui	Pour tout véhicule dont le PTAC > à 0,5 t, feux émettant une lumière rouge notablement supérieure à celle des feux de position.
	1 ou 2 feu(x) de brouillard	R.313-9	Oui	Pour tout véhicule en circulation depuis le 1-10-1990, un ou deux feux émettant une lumière rouge.
	Eclairage de plaque arrière	R.313-12	Oui	Doit permettre la lecture de la plaque minéralogique à une distance de 20 m, la nuit par temps clair.
	1 ou 2 feu(x) de marche arrière	R.313-15	Facultatif	Un ou deux feux émettant une lumière blanche.
	Feux indicateurs de direction	R.313-14	Oui	Pour tout véhicule dont le PTAC > à 0,5 t, feux de direction à position fixe et à lumière clignotante émettant une lumière orangée.
	Signal de détresse	R.313-17	Oui	Pour tout véhicule, présence d'un signal de détresse constitué par le fonctionnement simultané des feux de direction.
	Catadioptres	R.313-18	Oui	2 catadioptres non triangulaires et de couleur rouge.
Latéral	Feux de position latéraux	R.313-6	Oui	Pour tout véhicule de plus de 6 m de long.
	Feux de stationnement	R.313-11	Facultatif	Feux situés sur les côtés qui doivent émettre soit une lumière orangée (vers l'avant et l'arrière), soit une lumière identique aux feux de position (jaune ou blanche vers l'avant et rouge vers l'arrière).
	Catadioptres	R.313-19	Oui / Facultatif	1 ou 2 catadioptres orangés non triangulaires : - obligatoires pour tout véhicule de plus de 6 m de long, - facultatifs pour les autres véhicules à moteur.
Autres	Feux d'encombrement	R.313-10	Oui	Pour les véhicules d'une largeur > à 2,1 m, 2 feux visibles de l'avant (blancs non éblouissants) et 2 feux visibles de l'arrière (couleur rouge), le plus près possible des extrémités de la largeur hors tout du véhicule.
	Avertisseur sonore de route	R.313-33	Oui	Spécifications de l'avertisseur déterminées par le ministère chargé des transports.

Le dernier décret paru (le 3 mai 2006) encadre l'utilisation des feux d'angle et de circulation diurne.

Articles R.313-3-1 et R.313-24 - Feux d'angle

Tout véhicule à moteur, à l'exception des cyclomoteurs, motocyclettes, quadricycles, tricycles et véhicules et matériels agricoles ou forestiers, peut être muni à l'avant de deux feux d'angle émettant latéralement une lumière blanche afin de compléter l'éclairage de la route situé du côté vers lequel le véhicule va tourner.

Les feux d'angle doivent être branchés de telle manière qu'ils ne puissent s'allumer que si les feux de route ou les feux de croisement sont eux-mêmes allumés. Seul l'allumage des feux indicateurs de direction ou la rotation du volant à partir de sa position correspondant à un déplacement en ligne droite doit entraîner l'allumage automatique du feu d'angle situé du côté correspondant du véhicule. Les feux d'angle doivent s'éteindre automatiquement lorsque le feu indicateur de direction s'éteint ou lorsque le volant de direction est revenu à la position de marche en ligne droite. Ils ne doivent pas s'allumer lorsque la vitesse du véhicule dépasse 40 km/h.

Articles R.313-4-1 et R.313-24 - Feux de circulation diurne

Tout véhicule à moteur, à l'exception des cyclomoteurs, motocyclettes, quadricycles, tricycles et véhicules et matériels agricoles ou forestiers, peut être muni à l'avant de deux feux de circulation diurne émettant vers l'avant une lumière blanche permettant de rendre le véhicule plus visible de jour.

Les feux de circulation diurne doivent s'allumer automatiquement lorsque le dispositif qui commande le démarrage du moteur se trouve dans une position qui permet au moteur de fonctionner. Cet automatisme doit pouvoir être déconnecté à tout moment par le conducteur. Les feux de circulation diurne doivent s'éteindre automatiquement lorsque les feux de route ou les feux de croisement s'allument, sauf si ces derniers sont utilisés pour donner des avertissements lumineux intermittents à de courts intervalles.

B. LA RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE

Source : Directive 76/756/CEE du Conseil, du 27 juillet 1976
Directive 97/28/CE de la Commission du 11 juin 1997

La réglementation européenne vise le rapprochement des législations des États membres relatives à l'installation des dispositifs d'éclairage et de signalisation lumineuse des véhicules à moteur et de leurs remorques.

Feux de route

Les feux de route doivent être situés à l'avant du véhicule et montés de telle façon qu'ils ne doivent pas causer de gêne pour le conducteur par l'intermédiaire des miroirs, rétroviseurs et autres surfaces réfléchissantes. Il n'y a aucune spécification particulière concernant la hauteur des feux de route. En largeur, ils ne doivent pas être situés plus près des extrémités de la largeur hors tout du véhicule que les feux de croisement.

Les feux de route peuvent être intégrés avec les feux de croisement sauf s'ils sont mobiles en fonction du braquage de la direction et peuvent rester allumés avec les feux de croisement. Le témoin d'enclenchement est obligatoire. L'intensité lumineuse maximale de l'ensemble des faisceaux de route susceptibles d'être allumés en même temps ne doit pas dépasser 225 000 cd.

Feux de croisement

Les feux de croisement doivent être situés à l'avant du véhicule et montés de telle façon qu'ils ne doivent pas causer de gêne pour le conducteur par l'intermédiaire des miroirs, rétroviseurs et autres surfaces réfléchissantes. Ils doivent se situer en hauteur entre 500 mm et 1 200 mm du sol. Ils ne doivent pas se trouver à moins de 400 mm de l'extrémité hors tout du véhicule et être écartés d'au moins 600 mm. La commande de passage en faisceau de croisement doit provoquer l'extinction simultanée de tous les feux de route. Les feux de croisement peuvent rester allumés en même temps que les feux de route.

Les feux de croisement ne doivent pas pivoter en fonction de l'angle de braquage de la direction. Les feux de croisement munis de sources lumineuses à décharge seront permis uniquement si un nettoie-projecteurs et un système de correction d'assiette sont installés.

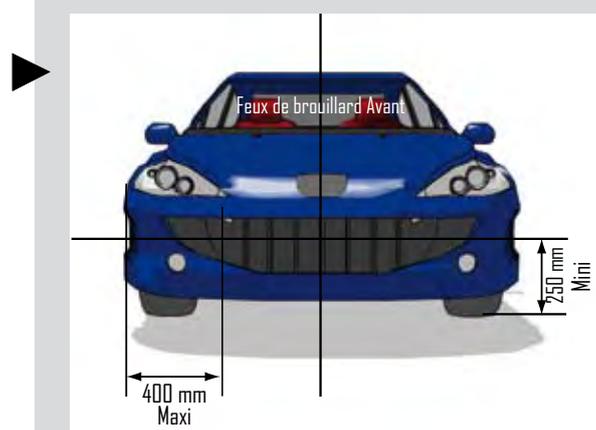
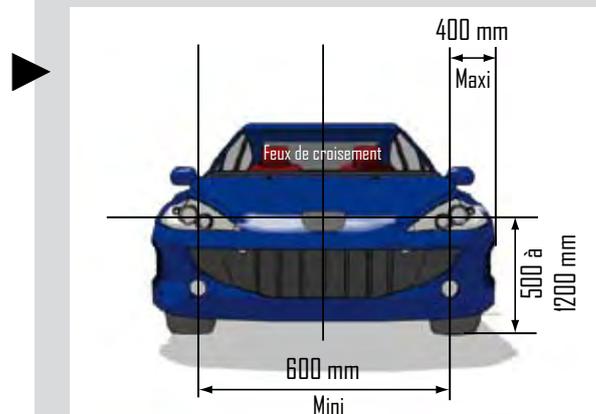
Le rabattement du faisceau de croisement doit rester compris entre 0,5 et 2,5 % sans intervention manuelle, le rabattement initial étant réglé entre 1 et 1,5 % à vide avec une personne au volant. Le réglage initial doit être expressément spécifié et doit figurer sur une plaquette sur chaque véhicule. Le témoin d'enclenchement est facultatif.

Feux de brouillard avant

Les feux de brouillard avant sont facultatifs. Situés à l'avant du véhicule, ils ne doivent pas être à plus de 400 mm de l'extrémité de la largeur hors tout et au minimum à 250 mm au dessus du sol. Les feux de brouillard peuvent être groupés avec d'autres feux avant et doivent pouvoir être allumés et éteints séparément des feux de route ou des feux de croisement et réciproquement. Le témoin d'enclenchement est facultatif.

Feu de marche arrière

Situé à l'arrière du véhicule, placé entre 250 à 1200 mm au dessus du sol, le feu de marche arrière peut être groupé avec d'autres feux mais pas de façon combinée. Il ne peut être allumé que si la commande de marche arrière est enclenchée et le contact mis. Le témoin d'enclenchement est facultatif.



Feux indicateurs de direction

Les feux de direction ne doivent pas être situés à plus de 400 mm de l'extrémité hors tout du véhicule et être écartés d'au moins 600 mm en largeur. Ils doivent être à une hauteur minimum de 500 mm et maximum 1500 mm. Ils peuvent être groupés avec un ou plusieurs feux, ne peuvent être combinés à aucun autre ni incorporés, sauf avec les feux de stationnement. Un témoin de fonctionnement est obligatoire (optique ou acoustique). Ce témoin doit prévenir le conducteur du dysfonctionnement d'un ou plusieurs feux par un changement de fréquence.

La fréquence de fonctionnement doit être de 90 +/- 30 périodes par minute et les feux doivent s'allumer dans un délai maximum d'une seconde après l'actionnement de la commande.

Signal de détresse

La commande de tous les feux de direction doit être distincte et permettre le fonctionnement synchrone des feux de direction. Un témoin d'enclenchement clignotant est obligatoire.

Feux stop

Placés à l'arrière, ils doivent être à une hauteur comprise entre 350 et 1500 mm, la distance séparant ces deux feux doit être de 600 mm minimum pour les véhicules de plus 1300 mm de largeur hors tout et de 400 mm minimum pour les autres.

Ils peuvent être groupés avec un ou plusieurs feux arrière et incorporés avec les feux de position ou de stationnement.

Un témoin de fonctionnement est facultatif et ne doit avertir que d'un mauvais fonctionnement.

L'intensité des feux de stop doit être nettement supérieure à celle des feux de position arrière.

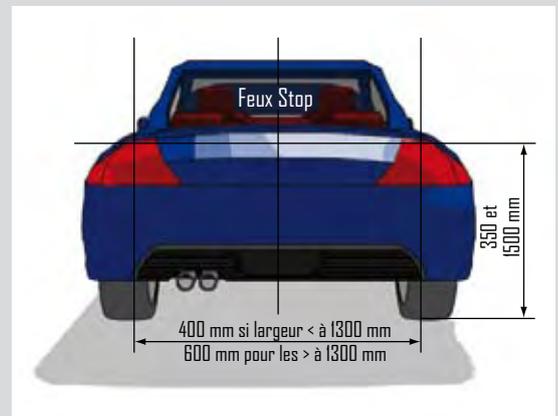
Dispositif d'éclairage de la plaque d'immatriculation arrière

Le dispositif peut être combiné aux feux de position arrière. Il doit s'allumer en même temps que ceux-ci.

Feux de position avant et arrière

Les feux de position ne doivent pas être situés à plus de 400 mm de la largeur hors tout et doivent être séparés d'au moins 600 mm. Ils doivent être situés à une hauteur comprise entre 350 et 1500 mm.

Le témoin est obligatoire, non clignotant, mais pas exigé si le dispositif d'éclairage du tableau de bord ne peut être allumé qu'avec les feux de position avant.



Feu de brouillard arrière

Lorsque le feu de brouillard est unique, il doit être du côté opposé au sens de circulation prescrit dans le pays d'immatriculation. Dans tous les cas, la distance entre le feu de brouillard et le feu stop doit être supérieure à 100 mm et être à une hauteur comprise entre 250 et 1000 mm.

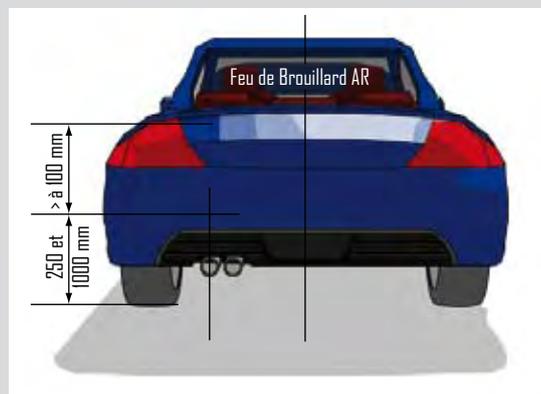
Le feu de brouillard ne doit pouvoir s'allumer qu'avec les feux de croisement ou les feux de brouillard avant. Un témoin d'intensité fixe est obligatoire.

Marques d'homologation (source : directive 89/518/CEE)

Toutes les lampes et les feux de signalisation et d'éclairage d'une voiture en Europe doivent être conformes à la réglementation.

La marque d'homologation doit être apposée de façon visible sur les éléments de première monte ainsi que sur les pièces de remplacement.

La marque d'homologation signifie que l'appareil a été contrôlé par un service technique et homologué par un organisme agréé. Le marquage se présente sous la forme de la lettre E et d'un chiffre juxtaposé à celle-ci.



Marque	Pays concerné
E1	Allemagne
E2	France
E3	Italie
E4	Pays Bas
E6	Belgique
E9	Espagne
E11	Royaume-Uni
E13	Luxembourg
E18	Danemark
E21	Portugal
E23	Grèce
E24	Irlande



Marque d'homologation sur un feu

A. LES LAMPES À INCANDESCENCE À FILAMENT DE TUNGSTÈNE

Le principe de fonctionnement de ce type de lampe repose, comme son nom l'indique, sur un phénomène d'incandescence : un filament conducteur est porté à haute température par le passage d'un courant électrique qui émet alors de la lumière.

Le filament relié aux connections électriques est réalisé en tungstène, un matériau très réfractaire dont la température de fusion est de 3380°C. De faibles proportions d'additifs destinés à améliorer les qualités du tungstène (oxyde de thorium) sont ajoutées.

Les lampes à incandescence sont également constituées d'une ampoule en verre contenant un gaz de remplissage ou un vide poussé.

B. LES LAMPES HALOGÈNES

Il s'agit de lampes à incandescence remplies d'un gaz halogène (brome, iode). En phase de fonctionnement, les lampes halogènes se distinguent des lampes à filament métallique par une température plus élevée du filament et de l'ampoule qui permet un rendement lumineux plus élevé.

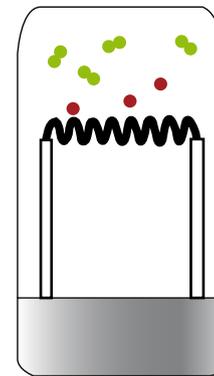
Le fait de faire fonctionner un filament à plus haute température accélère son vieillissement par sublimation.

Le cycle halogène permet de limiter cet effet. Le tungstène en s'évaporant se refroidit sur les molécules du gaz et se recombine à celui-ci. La nouvelle molécule étant formée, elle se décompose quand elle entre en contact avec le filament. Le tungstène reste sur le filament et le gaz halogène recommence un cycle.

Le cycle halogène est amplifié avec la pression et la température ; c'est pour cette raison que l'ampoule de la lampe halogène est en verre de quartz. Elle est de petite taille et peut atteindre une température de service d'environ 300°C.

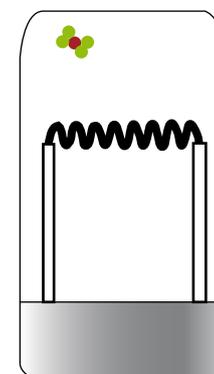
Ce cycle n'est pas infini, mais permet d'éviter le dépôt noir sur l'ampoule. Le vieillissement du filament vient du fait que le tungstène ne se redépote pas au même endroit d'où il s'est évaporé. En conséquence, des zones de fragilisation finissent par apparaître.

Étape 1

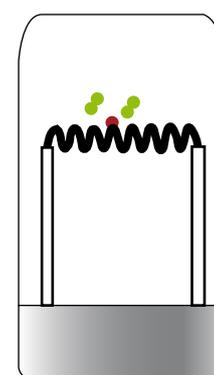


● Atome d'halogène
● Atome de tungstène

Étape 2



Étape 3



C. LES LAMPES À DÉCHARGE (XÉNON)

Une lampe à décharge est constituée d'une ampoule de quartz. Contrairement aux lampes halogènes, les lampes à décharge ne comportent pas de filament mais créent la lumière à partir de deux électrodes situées dans une ampoule contenant du xénon, des halogénures ainsi que des sels métalliques.

Un module électronique appelé ballast est intégré dans le projecteur. Il est alimenté en 12 volts par le véhicule et génère une tension de 20 000 volts à l'allumage, puis une tension de 85 volts en état stabilisé.

L'arc électrique déclenche l'ionisation du gaz, l'évaporation des sels métalliques et des halogénures aboutissant à la création d'un flux lumineux.

La température de couleur de la lampe à décharge (4200 K) est proche de celle de la lumière du jour (4500 K) et donne aux objets éclairés leur couleur naturelle.

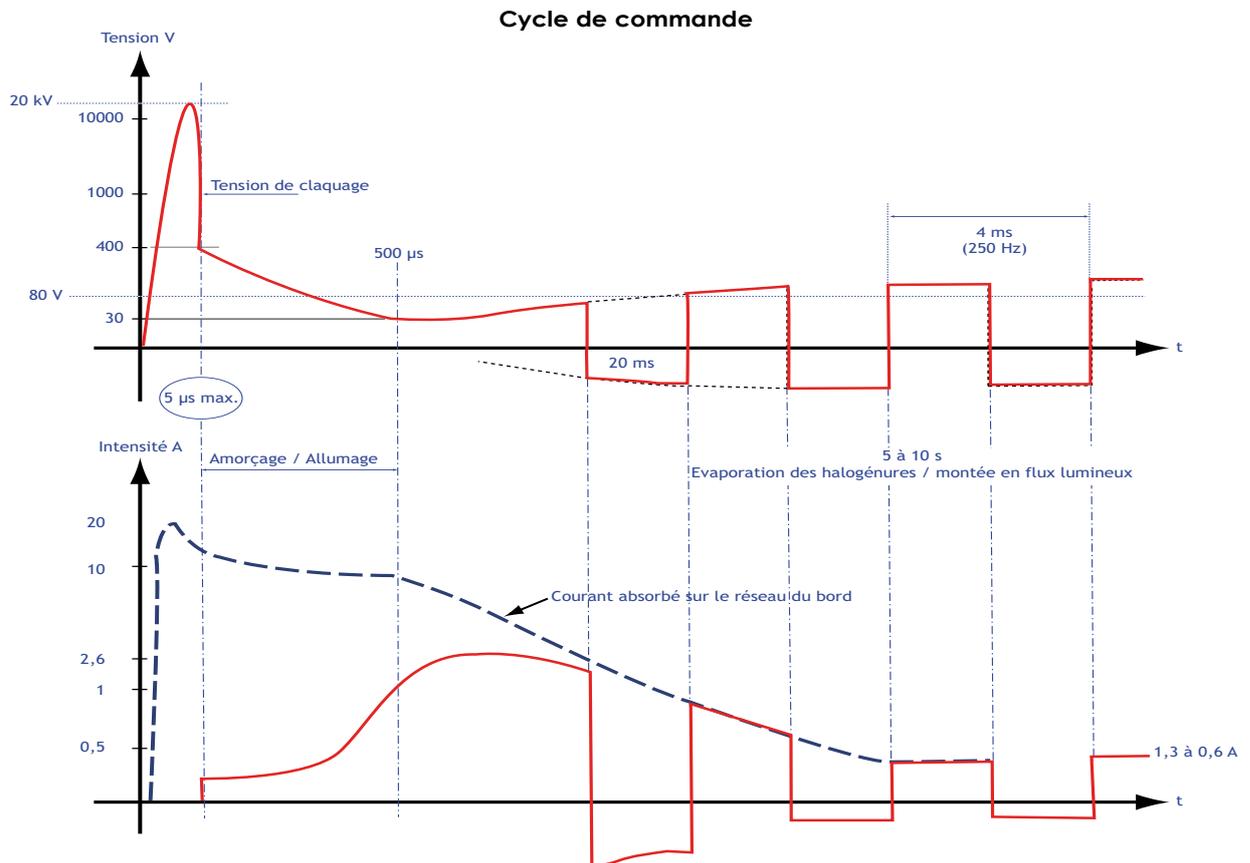
Comparée à un projecteur de même taille, une lampe à décharge de 35 W crée un flux lumineux deux fois plus important qu'une lampe halogène de 60 W : 3200 lm pour une lampe D1S contre 1500 lm seulement pour une lampe H4.

La consommation d'énergie électrique est moins élevée avec un système de lampe à décharge qui se stabilise à moins de 40 W après quelques secondes de chauffe qu'avec une lampe halogène classique (environ 60 W).



Production de la lumière

Pour produire des photons, un courant positif est appliqué, ce qui écarte les électrons du noyau. En inversant ce courant, les électrons sont violemment dirigés vers le noyau et libèrent une très grande quantité d'énergie sous forme de photons.



Le ballast

Son rôle est de transformer la tension du véhicule en haute tension permettant la génération de l'arc entre les deux électrodes, l'entretien de la commande de l'arc mais aussi le contrôle du bon fonctionnement.

Pour des raisons techniques et de sécurité, il est nécessaire d'avoir un ballast par lampe.

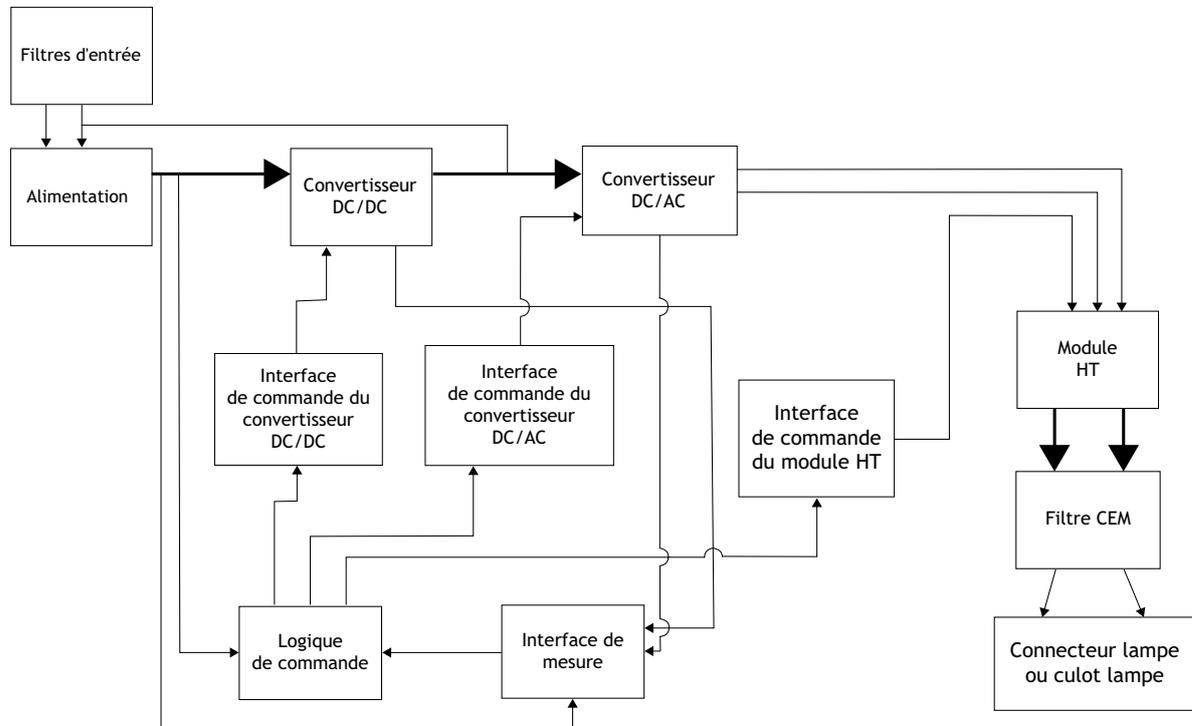
Il est constitué :

- de trois modules convertisseurs de tension ;
- d'un module de commande et de contrôle ;
- et de trois modules d'interface entre les commandes et les convertisseurs.

La présence d'une tension de 20 000 V et les tensions élevées nécessaires au fonctionnement sont très dangereuses pour l'utilisateur. Par conséquent, il ne faut JAMAIS manipuler le ballast ou le connecteur de la lampe quand celle-ci est sous tension.



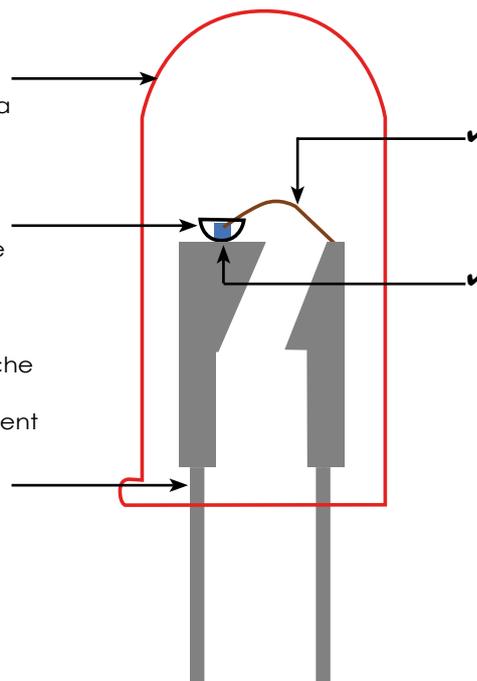
Logique de commande ballast



D. LES LED

Les LED (*light-emitting diod*), ou DEL (diode électroluminescente), sont composées de divers matériaux agencés de la manière suivante :

- ✓ Lentille (boîtier coloré)
Elle permet de protéger la LED.
- ✓ Coupelle réflectrice
Elle permet de diriger les rayons lumineux dans une direction précise.
- ✓ Contacts d'alimentation
(la longue patte se branche au + de l'alimentation)
Elle permet le raccordement de la LED au montage électrique.



✓ Fil de bonding (fil de liaison très fin)

✓ Puce semi-conductrice
Elle émet la lumière et mesure environ 1 mm².



Coupe d'une LED

Les caractéristiques propres aux LED sont :

- leur tension d'alimentation ;
- leur couleur ;
- leur longueur d'onde émise ;
- leur angle de vue ;
- leur consommation ;
- leur intensité lumineuse ;
- leur durée de vie ;
- leur taille ;
- leur rendement ;
- leur forme ;
- leur caractère fixe ou clignotant ;
- une possibilité de changer de couleur.

Fonctionnement des LED

L'émission de lumière par une LED est réalisée au niveau des atomes de la puce semi-conductrice.

Sous l'effet d'une différence de potentiel appliquée entre les deux couches, des électrons pénètrent dans la couche de type N. Ce qui équivaut à une injection de trous dans la couche de type P.

À l'interface de ces deux zones, les électrons et les trous se recombinent en donnant naissance à un photon, d'où l'émission de lumière. En fonction de l'énergie de recombinaison entre l'électron et le trou, les longueurs d'onde des photons seront différentes.

A ce jour, les LED commercialisées émettent des couleurs rouges, vertes, bleues ou jaunes.

Comment obtenir une LED blanche ?

LED bleue + phosphore

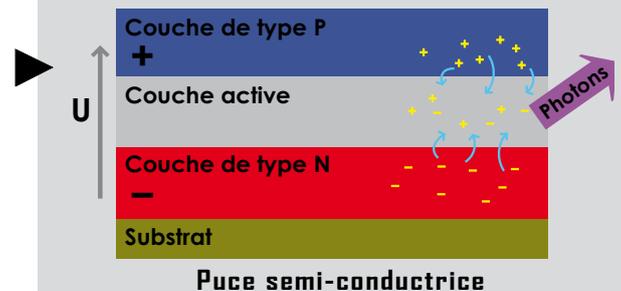
Pour obtenir du blanc, on utilise une LED bleue possédant une couche à base de phosphore. Les photons "bleus", au contact de la couche phosphorescente, engendrent des photons "jaunes". Cela amène au final la création d'une lumière blanche (en optique, la combinaison de jaune et de bleu donne du blanc).

La méthode Schubert

Cette méthode utilise des LED appelées PRS-LED (*Photon Recycling Semi-conductor LED*). Deux régions actives sont présentes dans la LED : une primaire qui émet du bleu et une secondaire qui, absorbant une partie du rayonnement bleu, engendre des photons jaunes. Leur réunion donne naissance à un rayonnement blanc.

LED UV aux trois phosphores

Cette méthode repose sur une LED UV et différents phosphores. Les photons "UV", au contact des différents phosphores, se transforment en photons de couleurs complémentaires. L'addition des longueurs d'onde de ces photons crée une lumière blanche.



LED d'éclairage

Les LED d'éclairage ont une puissance lumineuse supérieure aux LED de signalisation.

Description LED Luxéon 3W	
Couleur	Blanc
Intensité	45 lm
Type de lentille	Verre
Angle de Vue	140°
Consommation	350 mA
Longueur d'onde	5500 K
Tension d'alimentation	3,42 V
Durée de Vie	80 000 heures
Dimensions	20 X 20 X 4,7 mm



LED blanche Luxéon 3W

Utilisation des LED dans l'automobile

La LED est la technologie de signalisation la plus appropriée pour les feux stop en raison de sa rapidité d'allumage (10 ms au lieu de 200 ms pour une ampoule conventionnelle).

La faible consommation électrique des feux de position et des phares de jour basés sur des LED est une donnée primordiale compte tenu que ces feux restent allumés de longues heures.

Enfin, autre avantage des LED : la relative liberté qu'elles permettent aux designers...

E. TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTES LAMPES

	Lampe à incandescence	Lampes à halogène	Lampes à décharge	LED
Durée de vie (h)	1.000	2.000 à 4.000	6.000 à 10.000	50.000 à 100.000
Échauffement	Important	Élevé	Moyen	Inexistant
Solidité	Mauvaise	Mauvaise	Mauvaise	Très bonne
lm/Watt	12 à 20	15 à 30	70 à 90	12 à 60
Taille	Petite à Moyenne	Petite à Moyenne	Moyenne	Petite
Rendu des couleurs	Excellent	Excellent	Très bon	Bon
Utilisation	Éclairage Signalisation	Éclairage	Éclairage	Signalisation

Eclairage



DIS



H1



H3



H4



H7



R2

Signalisation arrière



W5W



C21W



R5W



P21W



P21/5W

LED



AV



AR

Signalisation avant



R5W



P21W



P21W



C5W



W5W

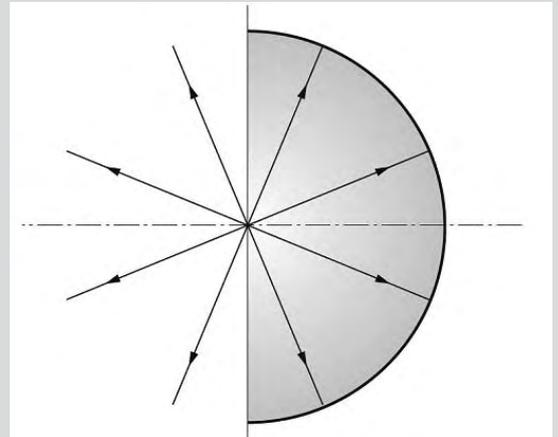
Un projecteur est l'association :

- d'une source de lumière ;
- d'un réflecteur pour n'émettre la lumière que dans la direction voulue ;
- d'une glace pour protéger la source lumineuse et le réflecteur ;
- et, si besoin, d'un dispositif de réglage.

A. LES DIFFÉRENTS TYPES DE RÉFLECTEURS

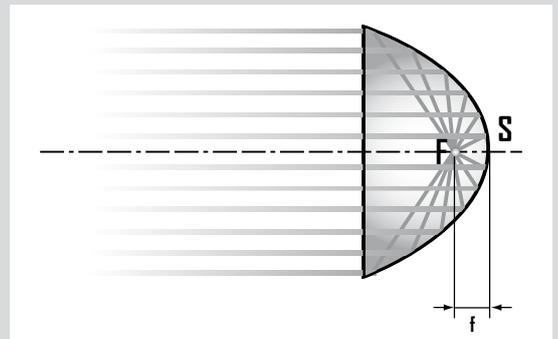
Le réflecteur sphérique

Le réflecteur sphérique ou miroir sphérique est utilisé en signalisation. Chaque rayon de lumière émis par la source lumineuse est réfléchi par le miroir, ce qui permet de doubler l'efficacité de la source. Ce réflecteur éclaire de la même manière dans toutes les directions du côté visible du réflecteur. Aucun traitement de faisceau ne peut être obtenu par le miroir ou par la glace.



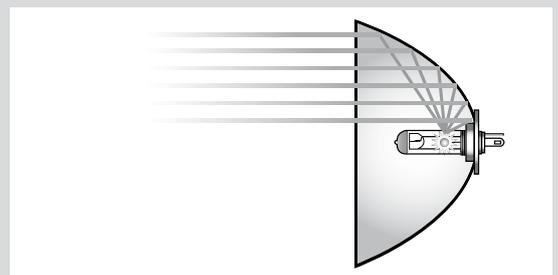
Le réflecteur parabolique

Il s'agit du réflecteur le plus couramment utilisé. Il est employé pour des applications en éclairage et en signalisation. Une source lumineuse placée au foyer de la parabole se réfléchit sur la courbe et renvoie des rayons parallèles à l'axe du réflecteur.



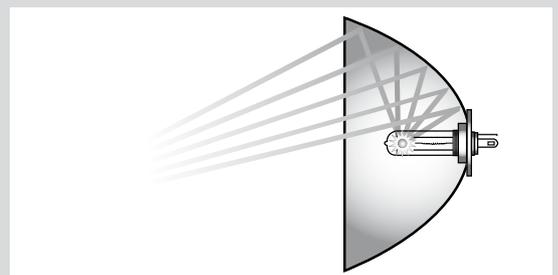
S = sommet de la parabole
F = foyer de la parabole
f = distance de la focale

En jouant sur la différence de position de la source lumineuse et à l'aide d'un cache on peut réaliser un optique croisement / route avec un seul réflecteur.



En phare

Le cache est intégré à l'ampoule.



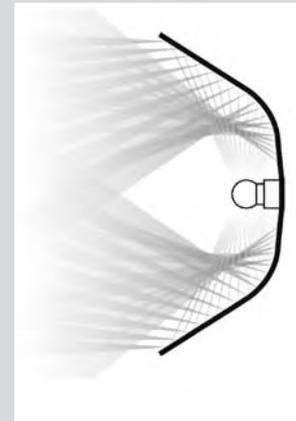
En code



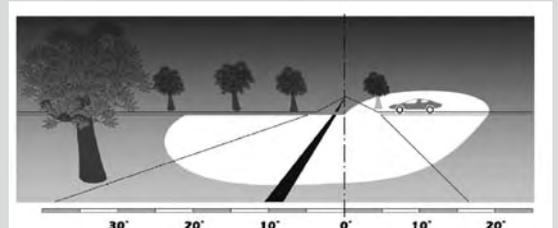
Phare longue portée

Le réflecteur à surface complexe

L'objectif du réflecteur à surface complexe est de donner une définition particulière au réflecteur. Chaque point du réflecteur est une facette qui renvoie la lumière sur la surface concernée, c'est en fait une évolution des projecteurs multifocaux.



La technologie du réflecteur à surface complexe permet d'utiliser 100 % de la surface du réflecteur. À partir d'une source lumineuse, le réflecteur crée la répartition lumineuse.



La lampe est de type halogène (croisement / route) ou xénon (croisement).



Feu avant Laguna II

Le réflecteur elliptique

Il s'agit d'une forme géométrique particulière dont l'avantage est de concentrer beaucoup de lumière avec une faible hauteur de réflecteur, mais qui nécessite une grande profondeur.

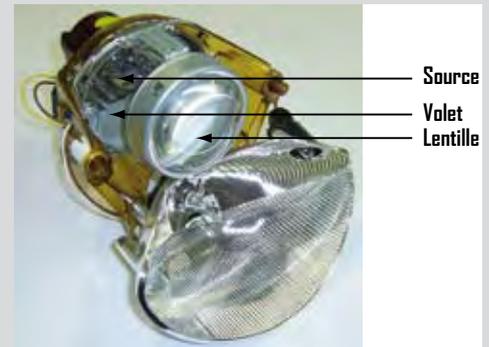
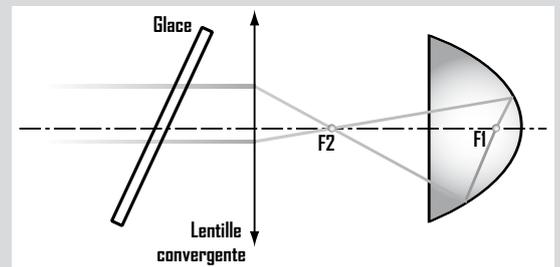
Une source lumineuse placée au foyer F1 de l'ellipse se réfléchit sur la courbe. L'ensemble des faisceaux obtenus repassent par le foyer F2. Toute la répartition de la lumière est obtenue par la lentille convergente.

Le réflecteur elliptique est employé comme projecteur principal.

La lampe est de type halogène ou xénon. Soit le projecteur est mono-type (croisement ou route), soit bi-fonction (bi-halogène ou bi-xénon)

Le mode code du projecteur elliptique est assuré grâce à un volet fixe placé entre la source et la lentille.

Pour les projecteurs bi-fonction, le passage croisement / route se fait par occultation d'une partie du faisceau. Le volet d'occultation est déplacé grâce à un moteur électrique ou à un actionneur électrique.



Ensemble projecteur code route vieillisse de Porsche 911



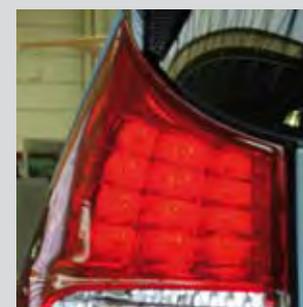
B. CAS PARTICULIERS**Les feux à éclairage indirect**

La déviation de la lumière est faite par des guides optiques en plexiglas. La source de lumière est soit une lampe, soit des LED. Ce mode d'éclairage permet de simuler les éclairages xénon des enseignes lumineuses ou des tubes électroluminescents. L'application la plus connue est le feu avant "Angel eyes" et les feux arrière apparus sur les BMW Série 5 de 1996.

**Feu avant BMW****Les feux à LED directes**

La LED incorpore dans son boîtier une lentille qui focalise la lumière et un petit réflecteur, ce qui le rapproche des réflecteurs elliptiques.

Normalement, cette lentille suffit (cas des motos), mais pour des raisons d'esthétisme et pour augmenter le rendement, un déflecteur est parfois placé autour des LED. Ces LED projetant déjà la couleur, l'écran de protection est soit teinté (Peugeot 307cc) soit clair (Renault Scenic II).

**Feu arrière Peugeot 307 cc****Renault Scenic II phase 2****Projecteurs diurnes**

Ces projecteurs se caractérisent par une couleur de lumière proche de celle du jour pour permettre la reconnaissance des automobiles dans des environnements sombres comme les sous-bois.

**Porsche Cayenne**

C. LES GLACES

La glace est également appelée globe, voyant ou plastique. Elle joue un rôle dans la répartition de la lumière. Elle permet aussi de protéger la partie optique du phare. Enfin, elle intervient dans l'aérodynamisme et l'esthétisme du véhicule.

Dans le cadre de l'optique, elle permet :

- d'élargir le faisceau et de le rendre homogène ;
- de concentrer la lumière dans des directions privilégiées grâce aux stries destinées à réfléchir la lumière de façon prismatique.

La glace est constituée de prismes, de pavés, ou de sphères.

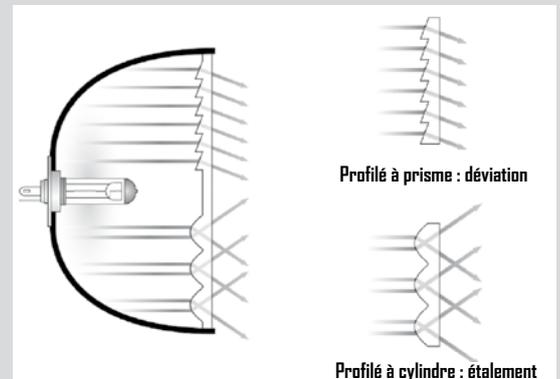
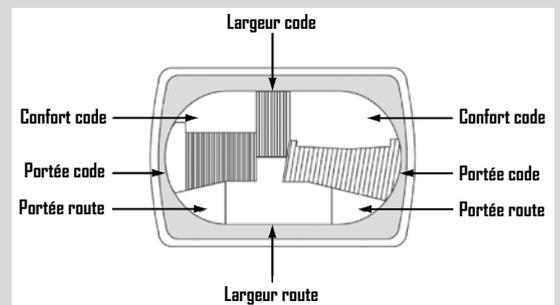
En éclairage

Les stries sur la glace correspondent chacune à des zones spécifiques permettant d'optimiser les paramètres photométriques.

Les glaces utilisées pour les projecteurs sont en verre pressé. La définition des stries a une importance considérable pour obtenir un éclairage de bonne qualité.

Les prismes permettent de concentrer une partie de la lumière sur la partie droite de la route (pour une conduite à gauche) et les cylindres permettent d'étaler la lumière sur le devant proche de la voiture.

Dans le cas des projecteurs elliptiques, la glace fait office de lentille de correction.



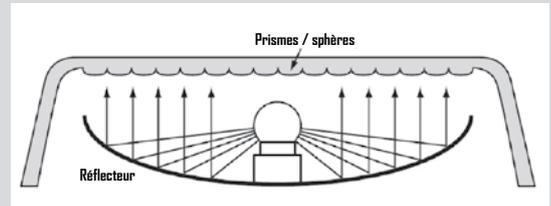
Austin Mini

En signalisation

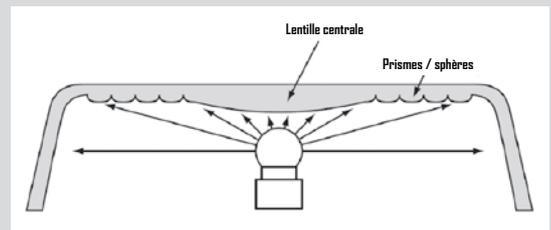
Deux systèmes sont principalement utilisés :

- le système en flux réfléchi ;

- le système en flux direct.



Le système en flux réfléchi

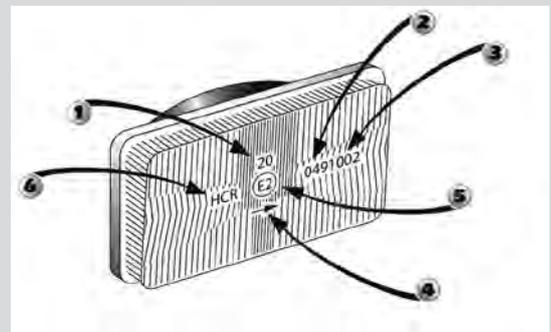


Le système en flux direct

Inscriptions sur la glace ou sur le projecteur

Légende :

- 1 : intensité lumineuse
(un indice 75 correspond à 225 000 cd)
- 2 et 3 : numéro d'homologation de l'optique délivré en France par le ministère des transports.
- 4 : indication du côté de circulation. La flèche indique le côté de montage et/ou le côté de roulage. Une absence de flèche est prévue uniquement pour les projecteurs correspondant à une conduite à droite.
- 5 : marquage de l'homologation européenne (cf. partie "Législation de l'éclairage et de la signalisation")
- 6 : fonction du projecteur :
 - B = Antibrouillard
 - C = Croisement
 - R = Route
 - CR = Croisement et route
 - H = Halogène



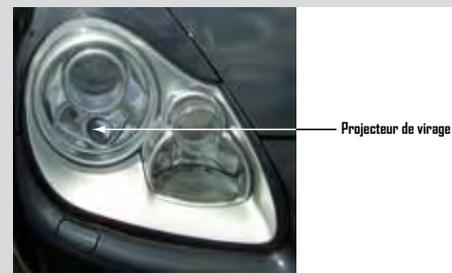
D. LES PROJECTEURS ADAPTATIFS

Avec l'évolution de la législation, les constructeurs et les équipementiers proposent à présent des projecteurs adaptatifs en fonction des conditions de roulage.

Parmi les différentes options proposées, l'éclairage en virage à basse vitesse est réalisé à l'aide d'un miroir ou d'un petit projecteur additionnel.



Projecteur de virage

Feu avant Renault Modus

Projecteur de virage

Feu avant Porsche Cayenne

Le feu de virage ne s'enclenche qu'en dessous de 40 km/h et sous l'action des clignotants ou de la rotation du volant de direction. Les systèmes de seconde monte intègrent un "capteur inertiel de virage" pour détecter la prise d'un virage. Ils peuvent également intégrer un correcteur d'azimut pour l'adaptation de l'éclairage en fonction de la route à suivre (virage) et de la vitesse d'avancement.



Source Hella

Feu Opel Signum

- 1 : projecteur directionnel**
- 2 : projecteur d'angle**
- 3,4 et 5 : éléments électroniques**



Source Hella

Feu avant Mercedes

L'orientation des projecteurs est corrigée en fonction des paramètres d'angle du volant de direction, de la vitesse d'avancement, de la mise en route éventuelle des clignotants et des données de positionnement du véhicule par le GPS. Ces derniers systèmes ne sont proposés qu'en première monte du fait de leur intégration à l'électronique du constructeur.



Projecteur adaptatif Mercedes

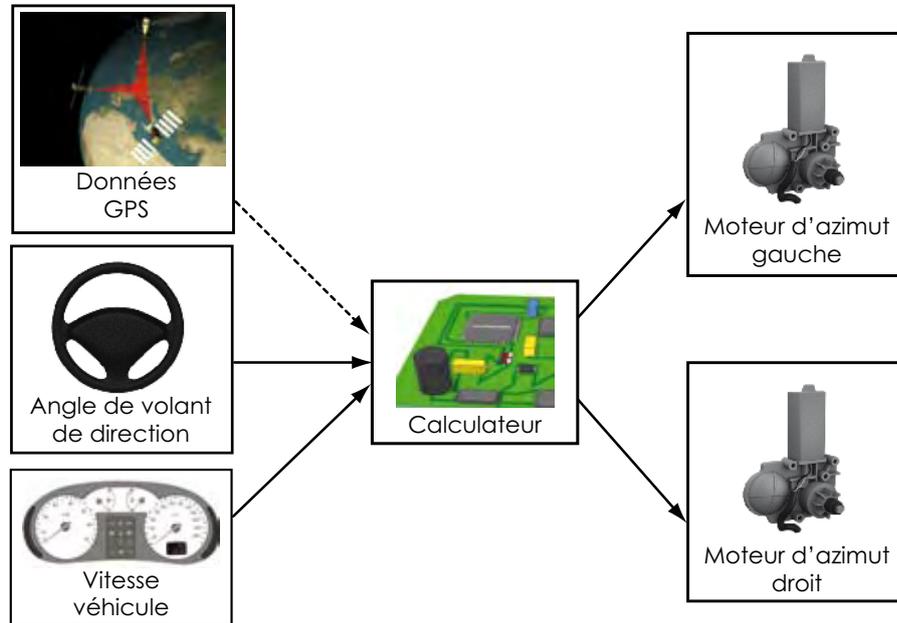


**Projecteur adaptatif et de virage
Porsche Cayenne**



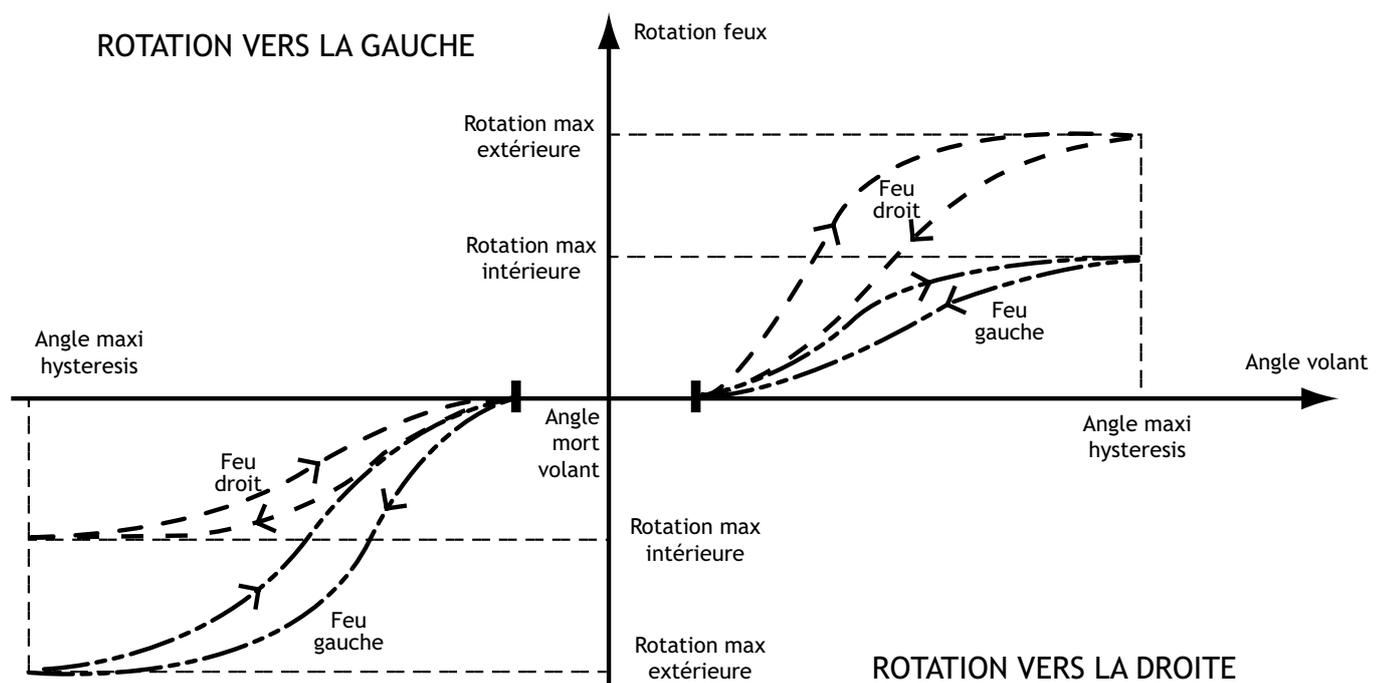
Eclairage adaptatif BMW

Synoptique de correction d'azimut des feux



Les projecteurs adaptatifs sont commandés par un moteur électrique dans le cas du système le plus complexe. L'angle de correction n'est pas le même pour le projecteur intérieur au virage que pour l'extérieur. De plus, pour éviter des problèmes d'instabilité, le sens de rotation du volant de direction est aussi pris en compte.

Ainsi, la courbe de correction prend l'allure suivante :



Particularité de l'ajout d'un attelage

Avec l'arrivée du multiplexage et de la commande électronique des feux arrière, les signaux de commandes des feux arrière ne peuvent plus commander directement un circuit électrique d'attelage.

En effet, dans le cas du multiplexage, le câble électrique qui donne l'information d'alimentation aux feux est commun aux différentes lampes. Il est impossible sans électronique de décoder le signal pour le rediriger sur la prise d'attelage. Les constructeurs et les équipementiers dans certains cas proposent des kits d'électronique d'attelage.

Si le feu n'est pas multiplexé, mais incorpore une électronique de pilotage à rapport cyclique (lampe ou LED), la section des fils ne permet pas de piloter directement la puissance demandée par les consommateurs du véhicule tracté.

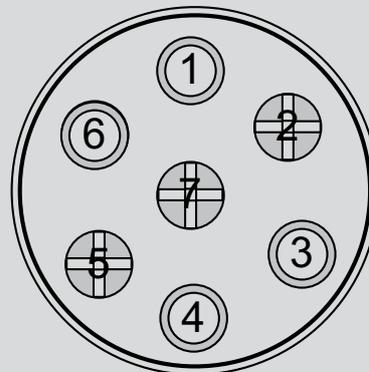
Dans le cas d'un véhicule non multiplexé mais possédant un système de vérification de lampes grillées, il est possible d'intercaler un montage à relais pour commander les feux de l'attelage (un relais par fonction sur l'attelage).

La solution électronique permet d'adapter le fonctionnement du véhicule en fonction du branchement ou non de la prise d'attelage (un interrupteur est souvent intégré dans le corps de la prise du véhicule).

Ainsi :

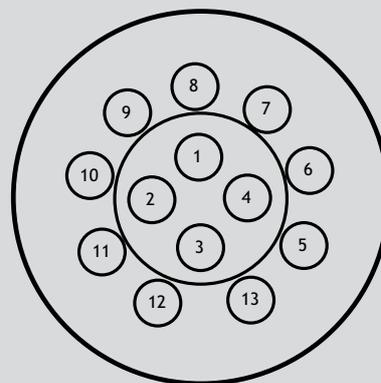
- le radar de recul du véhicule est déconnecté ;
- le feu de recul et le feu antibrouillard ne s'allument pas ;
- un témoin de prise d'attelage branché s'allume au tableau de bord le cas échéant.

Brochage de la prise 7 voies (Norme ISO)



- 1 - indicateur direction gauche**
- 2 - éclairage intérieur**
- 3 - masse**
- 4 - indicateur direction droit**
- 5 - feux de position**
- 6 - feux stop**
- 7 - shunté avec le 5**

Brochage de la prise 13 voies



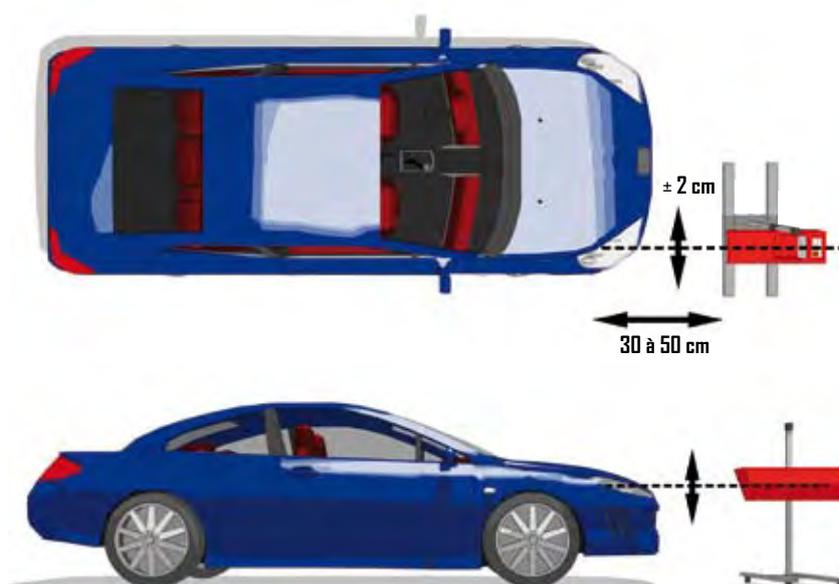
- 1 - clignotant gauche**
- 2 - antibrouillards arrière**
- 3 - masse (bornes 1 à 8)**
- 4 - clignotant droit**
- 5 - feu de position droit**
- 6 - feu stop**
- 7 - feu de position gauche**
- 8 - feu de recul**
- 9 - tension batterie (+)**
- 10 - non utilisé**
- 11 - non utilisé**
- 12 - non utilisé**
- 13 - masse (bornes 9 à 13)**

A. RÉGLAGE DES OPTIQUES

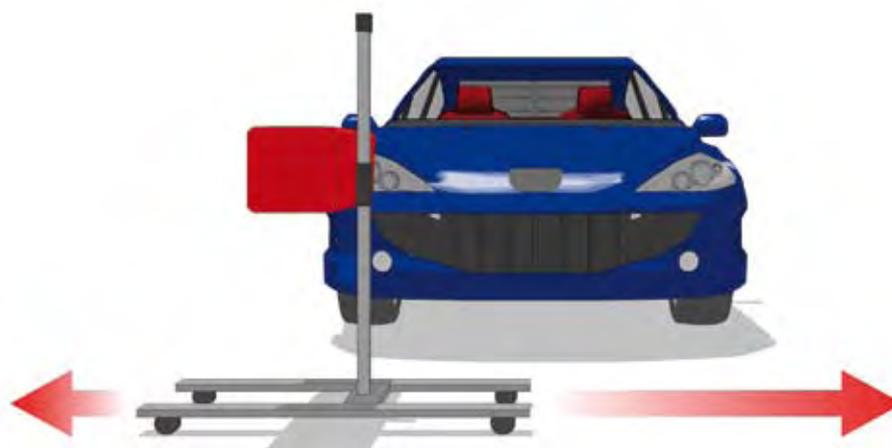
Les projecteurs des véhicules ne doivent pas éblouir les usagers venant en sens inverse. L'inclinaison et la direction du faisceau du projecteur doivent être réglées conformément aux prescriptions légales.

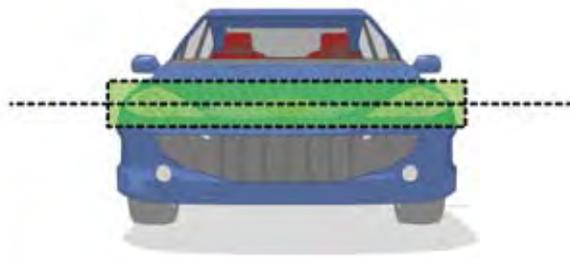
Le contrôle et le réglage doivent se faire avec des pneumatiques à la bonne pression et sur une aire plane et horizontale. Pour les véhicules à hauteur de caisse variable comme pour certains réglo-phares, le moteur du véhicule doit être en marche.

L'écart entre le réglo-phare et le projecteur doit être de 30 cm environ. Le centre de la lentille et l'axe de projection doivent être alignés.

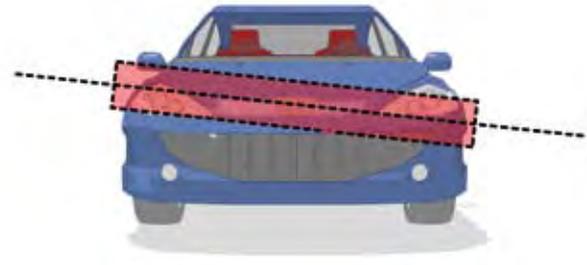


L'appareil doit être sur l'axe longitudinal du véhicule (prendre deux points de référence symétriques. Par exemple, les deux angles du capot avant).



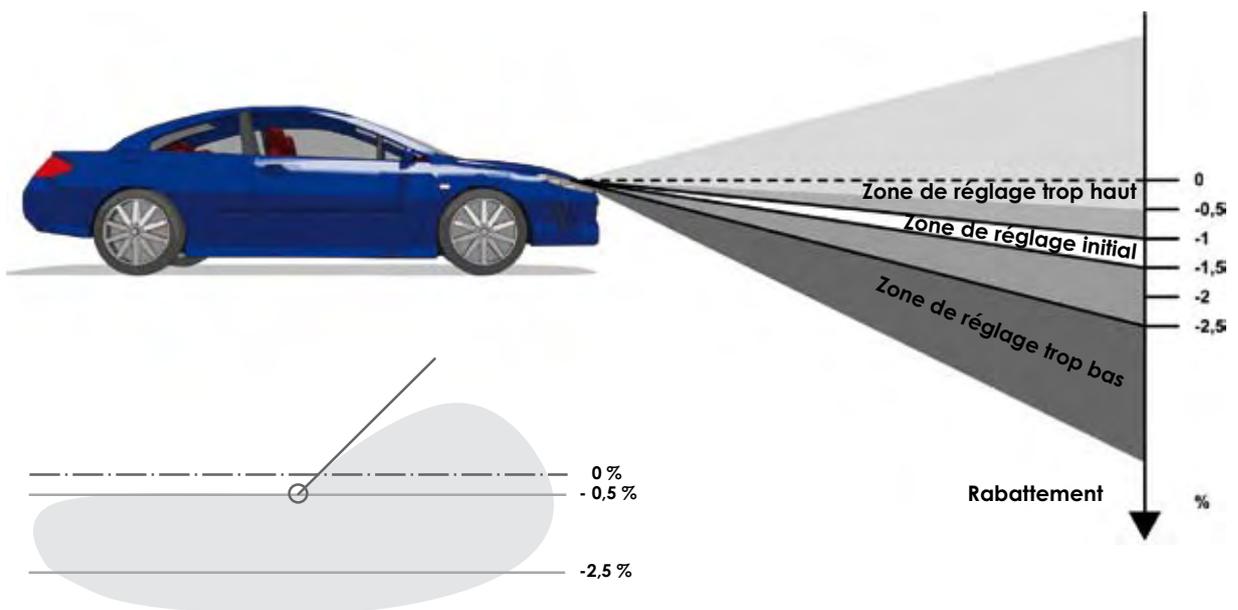


Correct



Incorrect

La cote de réglage pour les projecteurs est la valeur d'inclinaison en centimètres que la ligne de coupure doit avoir à une distance de 10 m. L'exemple représente ici un véhicule avec une cote de réglage de 1 % ce qui signifie, à une distance de 10 m, un abaissement du faisceau de 10 cm.



La remontée du faisceau fait un angle de 15° par rapport à l'horizontale.

B. DÉTECTION DES LAMPES HORS-SERVICE

Pour la sécurité et le confort du conducteur du véhicule, certains constructeurs équipent leur électronique d'éclairage d'un détecteur d'ampoule "grillée".

Il existe plusieurs méthodes, mais la plus courante est basée sur la détection de l'absence de courant quand la lampe est commandée.

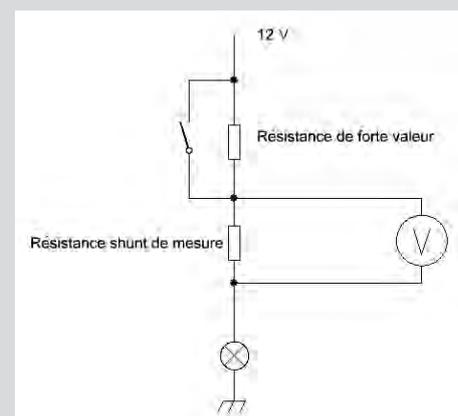
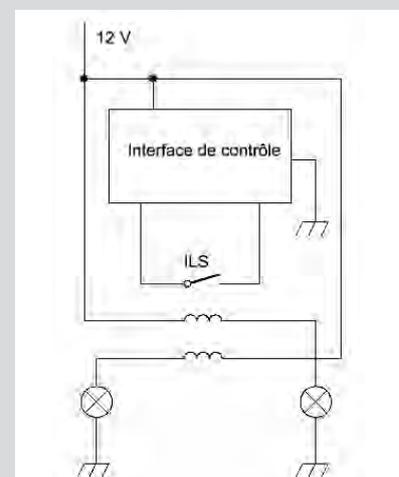
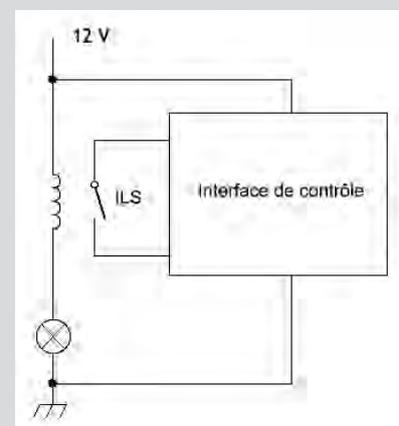
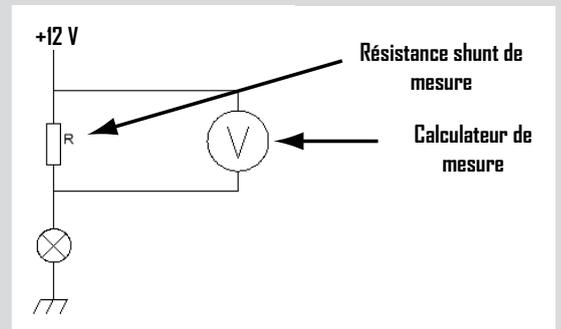
La mesure du courant de consommation se fait, comme dans un multimètre, par la création d'une petite chute de tension aux bornes d'une résistance. Cette différence de potentiel est minime pour ne pas influencer sur le fonctionnement de la lampe. Cette méthode permet de détecter une sur- et une sous-consommation des lampes.

Une autre méthode consiste à placer avant la lampe une bobine qui crée un champ magnétique et fait contacter un ILS (interrupteur à lame souple).

Une variante consiste à utiliser deux bobinages avec des courants opposés associés à un seul ILS. Cette méthode ne demande qu'une seule entrée pour la gestion de lampe grillée mais elle peut provoquer des dysfonctionnements dans le cas de lampes mal appariées (cas des Renault 25).

Ces deux dernières méthodes permettent seulement de détecter les lampes grillées, et non les erreurs de lampes.

Pour pallier les problèmes de détection de lampes grillées feux éteints, certains constructeurs ont choisi de faire passer en permanence un faible courant quand les lampes sont éteintes et de traiter le signal de détection de ce faible courant.



C. SIGNAUX DE COMMANDES CLASSIQUES ET RAPPORT CYCLIQUE

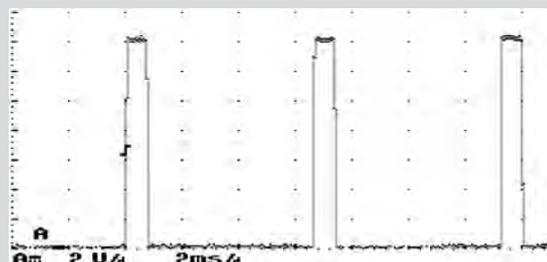
Les feux ont été pendant très longtemps classiquement commandés par un signal de 12 V. Ce signal véhicule l'information et la puissance.

Pour des raisons d'économie et de sécurité, des constructeurs ont prévu que, dans le cas de feux de position arrière grillés, un signal de type à rapport cyclique soit utilisé sur les feux de stop pour simuler le fonctionnement des feux de position. La lampe à l'arrière est toujours de 5 W pour le feu de position et de 21 W pour les feux stop.

Une évolution a été de ne mettre qu'une lampe de 21 W et de la commander, d'une part, par un signal impulsionnel à rapport cyclique préfixé pour le fonctionnement en feux de position et, d'autre part, par un signal classique pour les feux stop.

L'utilisation de LED pour les feux arrière n'a pas changé ce fonctionnement et les signaux restent les mêmes si ce n'est que la section des fils s'est réduite.

Le signal mesuré par rapport à la masse est de ce type :



D. SCHÉMAS DE COMMANDES DE PHARES CLASSIQUES ET MULTIPLEXÉS

L'histoire de la commande des feux a suivi de près l'évolution technologique automobile. Mais les impératifs de sécurité et de coût ont fait que l'électronique de commande de phares est encore séparée du bloc optique.

Ainsi, auparavant, la commande des feux était directe :



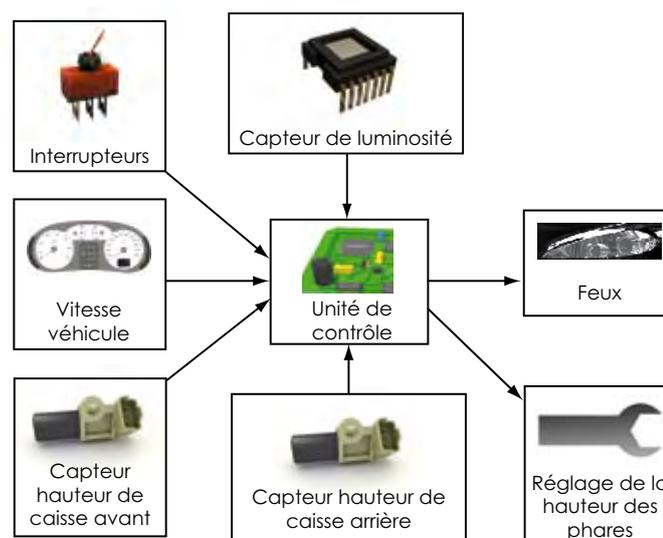
Par la suite, une centrale regroupant des relais s'est intercalée entre les interrupteurs et les feux :



La centrale à relais s'est informatisée et est devenue une unité de contrôle de feux pouvant incorporer un contrôle de lampes grillées et servant d'interface pour l'allumage automatique des feux et un asservissement de la hauteur des phares.

Le réglage de la hauteur des phares se fait grâce à un servomoteur (moteur électrique associé à un capteur de position) dans la plupart des cas, ou grâce à un moteur pas à pas (chez Porsche par exemple).

Cet asservissement est fait en fonction de la charge du véhicule et de la vitesse (les phares se relèvent quand la vitesse augmente).



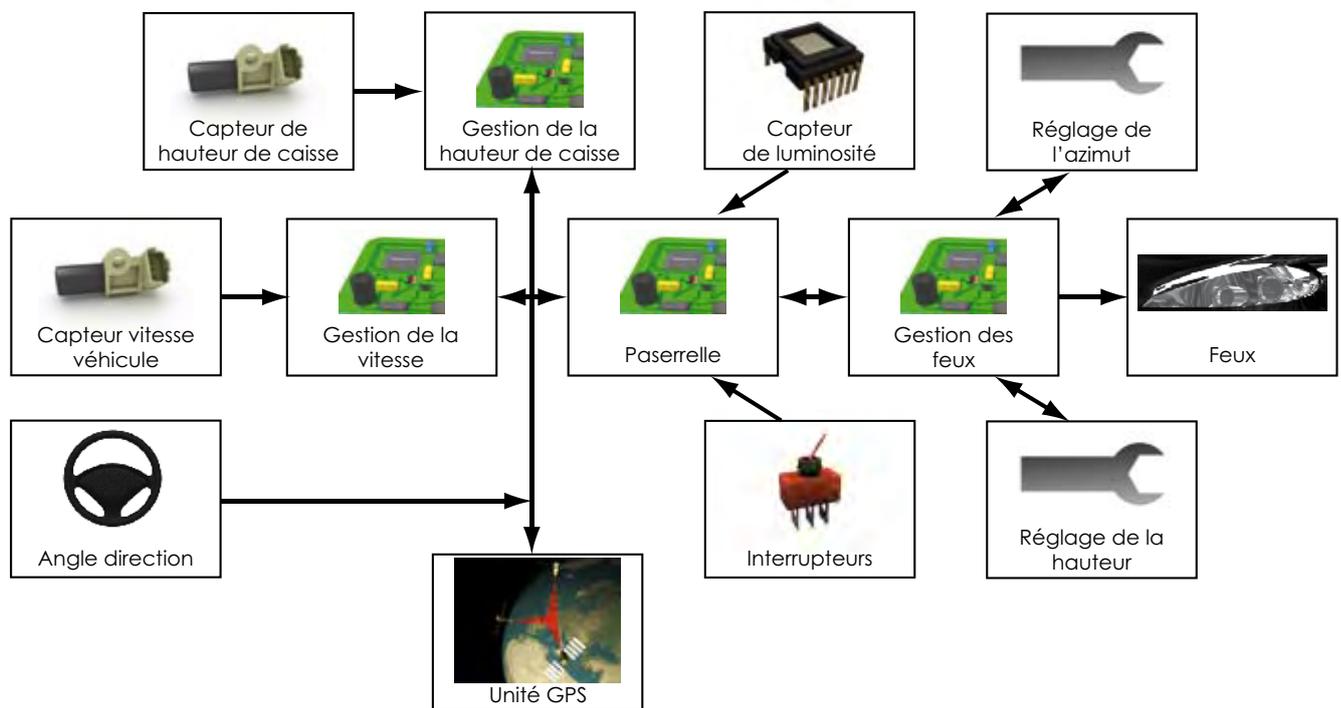
Les capteurs de hauteur de caisse renvoient un signal de type tension variable ou à rapport cyclique qui correspond à une assiette. Ce signal est interprété par l'unité de contrôle.

Les capteurs avant et arrière sont fixés aux barres anti-roulis ou directement aux bras des trains roulants. Sur les véhicules à suspension pilotée (Peugeot 407 par exemple), les quatre capteurs de suspension sont utilisés via multiplexage pour la correction de site des projecteurs.

Les différents éléments sont devenus multiplexés et sont architecturés autour du même bus.

Il peut y avoir, suivant les architectures choisies par les constructeurs, des calculateurs intermédiaires (dits "passerelles").

Exemple d'architecture multiplexée de gestion des feux



E. RÉGLAGE AUTOMATIQUE DE LA HAUTEUR DES PHARES (PROCÉDURE À L'OUTIL DE DIAGNOSTIC)

La procédure de réglage des phares au xénon (réglage automatique de hauteur) se fait à l'aide de l'outil de diagnostic.

Comme dans la procédure des phares classiques, le véhicule doit être dans les mêmes conditions (pression de pneu, horizontal...).

Au début de la procédure, le système vérifie la bonne position des capteurs de hauteur de caisse et fait procéder à leur réglage si besoin est. Le véhicule doit être à la bonne hauteur et le système fait procéder à un réglage des capteurs pour qu'il soit dans les tolérances.

Durant cette procédure, le système positionne les phares à une position déterminée par le constructeur. Il suffit alors de procéder à un réglage manuel de ces phares.

Cette procédure ne fonctionne pas si l'information vitesse du véhicule n'est pas valide, si un des capteurs de hauteur de caisse n'est pas dans les tolérances ou si la configuration du calculateur est mal effectuée.

Exemple d'utilisation de l'outil de diagnostic sur Renault Espace IV

Pour régler les projecteurs à lampes au xénon, il faut aller dans : "Initialisation des projecteurs à lampes au xénon et réglage des projecteurs" du menu du CLIP Renault. Les différentes étapes proposées alors par la valise sont les suivantes :

- ✓ Placer le véhicule sur une surface plane et horizontale.
- ✓ Ne pas serrer le frein de stationnement.
- ✓ Contrôler que le véhicule soit vide.
- ✓ Mettre le contact et allumer les feux de croisement.
- ✓ Vérifier la pression des pneus et ouvrir le capot.
- ✓ Entrer en dialogue en sélectionnant le système "lampe à décharge".
- ✓ Contrôler l'absence de défaut.
- ✓ Placer un régloscope devant le véhicule et régler le régloscope (selon version) en fonction de la valeur inscrite sur le projecteur.
- ✓ Sélectionner la commande : "Calibration calculateur".
- ✓ Effectuer le réglage manuel des projecteurs sans déplacer le véhicule.

F. NETTOYAGE DES PHARES

Dans le cas de feux au xénon, la législation impose un système de nettoyage de phares mis en route avec le nettoyage du pare-brise. En effet, ce système pallie l'impossibilité d'un dégivrage qui permet un éclairage halogène. Il s'agit du même système que celui qui existait et était proposé en option sur les véhicules haut de gamme.

Le fonctionnement est le suivant : une pompe électrique de plus forte capacité que celle des pare-brise est mise en route et la pression fait sortir deux tiges de vérins sur le côté des phares. Ces tiges se terminent par un gicleur. Quand les vérins sont en butée, le liquide de lave-glace sort par les gicleurs.



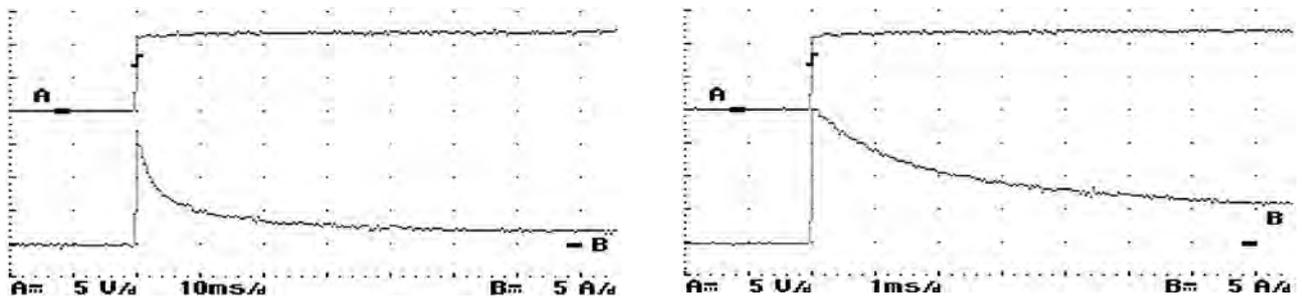
Feu avant de Citroën C8

G. COURBE U/I D'ALLUMAGE D'UNE AMPOULE 21 W

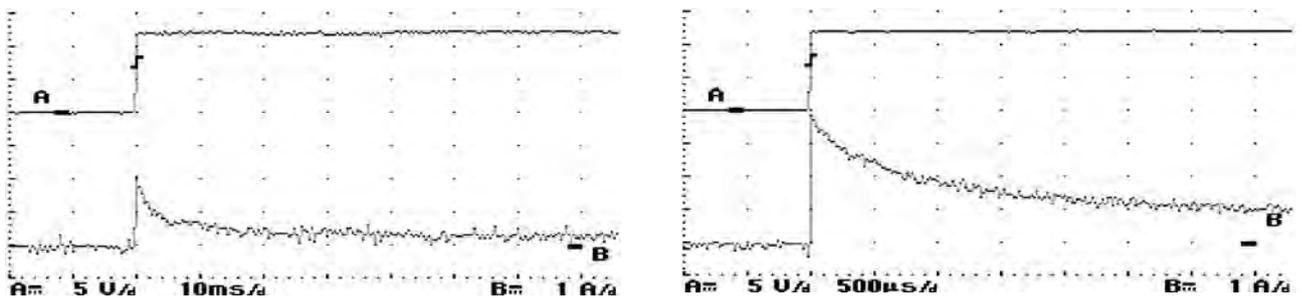
Quand une lampe est alimentée, le filament est à la température ambiante. Le tungstène ayant une résistance augmentant avec la température, un fort courant traverse le filament pendant un court instant.

Par exemple, au moment de l'allumage, une lampe de 21 W est traversée par un courant de 15 A (un courant de 4 A pour une lampe de 5 W).

Lampe de 21 W



Lampe de 5 W



En A, l'intensité parcourue dans la lampe et en B la tension d'alimentation de la lampe.

En conséquence, l'utilisation d'une lampe comme testeur est vivement à proscrire.

H. CÂBLAGE HAUTE TENSION ET PROTECTION DES PERSONNES

En phase de fonctionnement, les phares au xénon sont alimentés par une tension très élevée (85 V). Il faut donc prendre des précautions lors de l'intervention sur un bloc optique en marche, avec une lampe hors-service ou sur des véhicules accidentés.

En effet, un contact avec un fil abîmé du circuit de haute tension lors de l'allumage peut provoquer un choc électrique avec des conséquences sérieuses : brûlures, arrêt respiratoire voire cardiaque, chute...

Lors de toute intervention sur un véhicule équipé de phares au xénon, il faut donc interrompre la tension d'alimentation comme pour une intervention sur un système pyrotechnique.

I. ALIMENTATION DES LAMPES

Des mesures au luxmètre montrent qu'une lampe de type H4 perd 20 % d'éclairage quand la tension passe de 12 à 11 V et 50 % en passant de 12 à 10 V. Elle en gagne 25 % en passant de 12 à 13 V. On retrouve les mêmes variations sur un code européen et sur une lampe H1.

Sur une lampe au xénon, l'éclairement est compensé par l'électronique de commande et éclaire de la même manière de 8 à 16 V!

J. VIEILLISSEMENT DES LAMPES ET DES PROJECTEURS

Une lampe R2 usagée (5 ans de service régulier) éclaire 40 % de moins que la même lampe neuve à cause du dépôt de tungstène sur l'ampoule en verre.

Une lampe halogène vieillit beaucoup moins vite qu'une lampe classique. Mais le tungstène ne se redépote pas régulièrement sur le filament et cela crée des points de fragilité. Ceci explique que l'effet "inusable" d'une lampe halogène est illusoire.

Entre les deux projecteurs ci-dessous, les mesures montrent que celui qui s'est oxydé suite à une infiltration d'eau éclaire 50 % de moins.



Dans un avenir proche, il est probable que les évolutions majeures concernent le développement de l'éclairage adaptatif et de l'éclairage infrarouge, ainsi que la généralisation des feux à LED.

A. GÉNÉRALISATION DES FEUX À LED

À ce jour, seules les Audi A8 W12 et les Aston Martin V8 Vantage proposent des feux à LED à l'avant.

À l'avenir, les feux de route seront constitués d'une multitude de LED, ce qui constitue une solution peu encombrante et dégageant peu de chaleur.

L'intensité (BMW), le clignotement (Mercedes) ou le nombre de feux arrière allumés pourront informer de la force de freinage à la manière de l'allumage des feux de détresse en cas de forte décélération.

Cette généralisation des feux à LED s'accompagnera probablement d'une plus grande intégration des optiques au design.

Par exemple, sur l'Audi A8 W12, cinq LED blanches Luxeon d'un watt chacune sont agencées dans un réflecteur en forme de trèfle.

Par ailleurs, les OLED (LED organiques) arrivent progressivement sur le marché. Elles pourront être utilisées pour des petits écrans en raison de leur lumière plus homogène. Leur capacité à changer de couleur en fonction de l'alimentation fournie pourrait être exploitée par les designers...



Source BMW

BMW X5



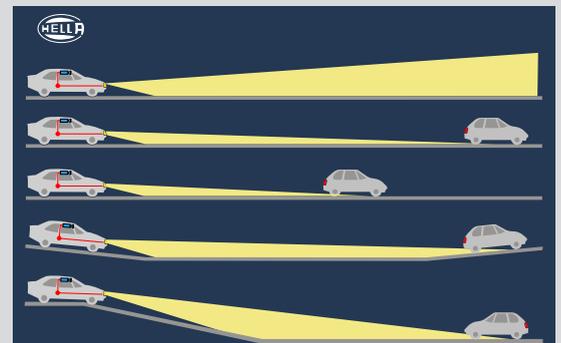
**Feu de jour à LED
Audi A8 W12 (2003)**

B. ÉVOLUTION DE L'ÉCLAIRAGE ADAPTATIF

En plus des paramètres d'angle du volant de direction, de la vitesse d'avancement, de la mise en route éventuelle des clignotants, l'orientation des projecteurs sera corrigée par des données de positionnement du véhicule par le GPS et de la détection de l'environnement de la route par une caméra.

La mécanique des phares directionnels pourrait être simplifiée et améliorée grâce à l'utilisation de LED.

En effet, les pièces mobiles pourraient disparaître au profit de LED fixes orientées plus ou moins vers les côtés qui s'allumeront progressivement, alors que d'autres assureront l'éclairage longue portée.



Source Hella

Correction en fonction de l'image détectée par une caméra placée à côté du rétroviseur

C. DÉVELOPPEMENT DES ÉQUIPEMENTS DE VISION INFRAROUGE

Existant déjà sur quelques véhicules haut de gamme, l'assistant de vision de nuit permet la représentation visuelle de la route dans l'obscurité. Son but est de permettre d'identifier les obstacles jusqu'à plus de 200 mètres, bien avant que ceux-ci ne soient visibles par les projecteurs traditionnels.

Le système actuel qui pourrait se généraliser est composé de :

- d'une caméra, qui se trouve sur le pare-brise au pied du rétroviseur intérieur ;
- d'antennes infrarouges, montées à l'intérieur des projecteurs. La lumière infrarouge est produite par des lampes halogènes. Les antennes émettent des infrarouges par intermittence à une fréquence de 30 flashes par seconde avec une durée de 8 ms ;
- d'un calculateur spécifique, qui commande les antennes et la caméra. Il effectue le traitement et envoie l'image grâce à une liaison multiplexée optique ;
- d'un écran de visualisation. Cet écran est coupé lors de vitesses inférieures à 15 km/h ou du passage de la marche arrière.



Source BMW

Vision infrarouge

Les équipements de vision nocturne pourront aussi appuyer sur des projecteurs à base de LED qui sont également en capacité de produire une lumière infrarouge.



SIÈGE NATIONAL

■ ANFA
41-49 rue de la Garenne - 92313 Sèvres Cedex
Tél. : 01.41.14.16.18 ; fax : 01.41.14.16.00
www.anfa-auto.fr

DÉLÉGATIONS RÉGIONALES

- ANFA *Aquitaine, Poitou-Charentes*
Parc technologique de Canteranne
15 avenue de Canteranne - 33600 Pessac
Tél. : 05.56.85.44.66 ; fax : 05.56.49.34.02
- ANFA *Auvergne, Limousin*
1 rue Képler - 63100 Clermont-Ferrand
Tél. : 04.73.14.47.50 ; fax : 04.73.14.47.69
- ANFA *Bretagne, Pays de la Loire*
2 cours des Alliés - BP 40 816 - 35008 Rennes Cedex
Tél. : 02.99.31.53.33 ; fax : 02.99.31.47.11
- ANFA *Centre, Basse-Normandie, Haute-Normandie*
23 avenue des Droits de l'Homme - 45000 Orléans
Tél. : 02.38.62.76.33 ; fax : 02.38.77.19.40
- ANFA *Île-de-France*
41-49 rue de la Garenne - 92313 Sèvres Cedex
Tél. : 01.41.14.61.13 ; fax : 01.41.14.16.56
- ANFA *Franche-Comté, Bourgogne*
Le Forum - 5 rue Albert Thomas - 25000 Besançon
Tél. : 03.81.60.74.80 ; fax : 03.81.60.74.85
- ANFA *Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées*
570 cours de Dion Bouton - 30900 Nîmes
Tél. : 04.66.70.63.80 ; fax : 04.66.70.63.81
- ANFA *Lorraine, Alsace, Champagne-Ardenne*
32 rue Lothaire - 57000 Metz
Tél. : 03.87.62.10.38 ; fax : 03.87.62.10.36
- ANFA *Picardie, Nord-Pas-de-Calais*
Immeuble Sanelec - ZAC La Vallée
Rue Antoine Parmentier - 02100 Saint-Quentin
Tél. : 03.23.64.83.55 ; fax : 03.23.64.30.36
- ANFA *Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse*
Parc Club des Aygalades - Bâtiment D
35 boulevard du Capitaine Gèze - 13014 Marseille
Tél. : 04.91.90.62.62 ; fax : 04.91.90.97.72
- ANFA *Rhône-Alpes*
Centre d'activités "Le Champ du Roy"
40 rue Hélène Boucher - CP 229 - 69164 Rillieux-la-Pape Cedex
Tél. : 04.72.01.43.93 ; fax : 04.72.01.43.99
-