



Workshop

ÉVOLUTION DE LA LUMIÈRE

Wolfsburg, octobre 2018

Nota : ce communiqué de presse, ainsi que les images et les vidéos présentant les technologies de lumière de Volkswagen sont disponibles sur le site Internet www.volkswagen-newsroom.com
e-Golf - consommation électrique en kWh/100 km : 12,7 combinée, émissions de CO2 combinées en g/km : 0, classe d'efficacité : A+.



Contenu

ÉVOLUTION DE LA LUMIÈRE

L'essentiel

Aperçu des principaux aspects

Page 03

Systèmes de lumière Volkswagen futuristes

Page 03

Principaux aspects

Scénario de lumière et HMI extérieure

Démonstrateur de lumière

Page 07

Tiguan – Modalité visuelle

Page 10

Technologies de projecteur

IQ.Light

Page 13

Projecteurs LCD HD

Page 15

Projecteurs à LED micropixel

Page 18

Projecteurs à LED haute performance

Page 20

Feux de signalisation

Signature commutable des feux rouges arrière

Page 23

Signature de feux rouges arrière personnalisable

Page 24

Bloc de feux arrière matriciel

Page 25

Bloc de feux arrière holographique

Page 26

Assistant optique aux manœuvres de stationnement

Page 28



L'essentiel

ÉVOLUTION DE LA LUMIÈRE :

Des systèmes lumineux innovants pour une sécurité accrue

L'essentiel - Aperçu des principaux aspects

1. Volkswagen améliore la sécurité des automobilistes grâce à de nouveaux systèmes lumineux innovants, comme le I.Q.Light.
 2. Le centre de compétence présentant un tunnel lumineux de 100 mètres de long permet d'optimiser et d'accélérer le développement de nouvelles technologies.
 3. Le nouveau démonstrateur lumineux, basé sur le modèle de la gamme ID., fait de cette lumière futuriste une réalité.
 4. Le centre de recherche du groupe Volkswagen teste ses systèmes lumineux interactifs à bord de son Tiguan avec écran extérieur et systèmes de projection.
 5. Le système IQ.Light du nouveau Touareg marque actuellement le statu quo des systèmes de projecteur de la marque Volkswagen grâce à ses 256 LED.
 6. Les projecteurs LCD HD arborent 30 000 pixels par projecteur et permettent la réalisation de tests pour les futures fonctionnalités lumineuses.
 7. Dans quelques années, les projecteurs à LED micropixel représenteront le commencement d'une nouvelle ère de projecteurs intelligents.
 8. Les feux de route à LED haute performance de Volkswagen pourraient devenir une alternative peu onéreuse aux projecteurs à laser.
 9. La signature lumineuse arrière en LED commutable garantit une sécurité accrue de nuit lors d'un freinage sur le Touareg, le Tiguan, la Passat et la Golf.
 10. Ces signatures personnalisées permettent d'influencer les possibilités de design, d'avertissement et d'indication.
 11. Grâce à des hologrammes, il est possible de voir flotter des indications en trois dimensions et des fonctionnalités des feux arrière dans une salle virtuelle.
 12. Les nouveaux systèmes lumineux projettent les indications directement sur la chaussée afin de rendre la conduite plus facile et plus sécurisée.
-



La lumière du futur sera capable de communiquer

Volkswagen a fait de la lumière une caractéristique essentielle de tous les véhicules de la marque. Les nouvelles technologies interactives augmentent la sécurité sur la route en améliorant la lumière des véhicules. Dans le même temps, les nouveaux systèmes lumineux à LED, comme le IQ.Light du nouveau Touareg, ouvrent de nouvelles possibilités fascinantes pour le design des véhicules. Klaus Bischoff, Directeur du Design chez Volkswagen, s'est exprimé à ce sujet : « La lumière du futur se transforme petit à petit en moyen de communication. On interagit avec le conducteur et les autres usagers de la route, peu importe qu'il s'agisse d'une voiture, d'une moto, d'un vélo ou d'un piéton, ce qui améliore considérablement la sécurité. Parallèlement, nous intégrerons davantage les fonctionnalités lumineuses au design des véhicules. » Le nouveau Touareg incarne parfaitement le statu quo en matière de technologies de lumières, aussi bien au niveau du design que de la technique. Le design et les fonctionnalités des lumières s'associent encore mieux qu'auparavant dans ce grand SUV et forment ainsi une unité esthétique et technique. Sous quelle forme se présenteront les concepts lumineux interactifs de demain ? Volkswagen répond également à cette question à l'aide des premières études portant sur une nouvelle génération de véhicules électriques : la gamme ID.

La lumière évolue parallèlement à la sécurité

Les ingénieurs et concepteurs Volkswagen exploitent la totalité de l'éventail de possibilités techniques à leur disposition afin d'améliorer sensiblement la sécurité. Pour cela, il convient d'une part de développer de manière innovante les fonctionnalités des lumières des voitures d'aujourd'hui et donc d'améliorer la sécurité sur la chaussée à ce jour. Les systèmes lumineux intelligents et les systèmes d'aide à la conduite basés sur la lumière permettent justement d'atteindre cet objectif. Les concepteurs et les ingénieurs gardent par ailleurs un œil sur le futur. En effet, les voitures à conduite assistée de demain poseront de nouveaux



défis au quotidien, comme lorsque le conducteur ne regarde pas la route. Par conséquent, de nouvelles fonctions lumineuses interactives entrent en jeu. Ces nouveaux systèmes ont la capacité de communiquer de manière empathique avec les personnes et donc de fournir un retour d'information, ce qui contribue à améliorer la confiance de l'utilisateur envers la conduite assistée. Les nouveaux éclairages extérieurs permettent en outre de personnaliser le véhicule, notamment grâce aux compositions et scénarios personnalisables. Une équipe de 15 designers est spécialement dédiée au design et à la mise en scène de l'éclairage. Son objectif est de continuer à développer l'émotion, l'individualité et la fonctionnalité du Volkswagen de demain. Les nouveaux systèmes lumineux seront équipés de projecteurs HD micropixel avec jusqu'à 30 000 points lumineux et de projecteurs de feu de route à LED haute performance, c'est-à-dire une alternative peu onéreuse par rapport à la lumière laser très coûteuse. Les projecteurs HD micropixel projeteront pour la première fois les informations directement sur la chaussée ce qui augmente considérablement la sécurité. Les nouveaux systèmes, tels que le bloc de feux arrière matriciel, révolutionneront également le feu rouge arrière. Des avertissements devraient entre autres être intégrés au bloc de feux arrière grâce à des signatures personnalisables, dans les limites définies par le Code de la route, afin de réduire les risques dans certaines situations, comme un embouteillage, grâce à une communication entre véhicules. Les nouvelles fonctions de conduite assistée, comme « l'assistant aux manœuvres de stationnement optique » (Optical Park Assist) avec microlentille, permettent de s'insérer plus facilement et en toute sécurité dans un embouteillage.

De la lumière statique à la lumière intelligente en huit décennies



Il s'est écoulé huit décennies entre les premiers projecteurs de la Coccinelle et le concept IQ.Light du Touareg. Les fonctionnalités des lumières se sont développées au cours de cette période et sont passées du stade statique de la première Volkswagen à des systèmes complexes et partiellement interactifs. Le nouveau Touareg et son concept IQ.Light en sont la preuve par excellence : Si l'assistant de vision nocturne « Night Vision » est disponible à bord du véhicule, les passants en danger seront automatiquement signalés brièvement par un flash du projecteur matriciel à LED afin d'attirer l'attention du conducteur. Des progrès significatifs seront possibles à l'avenir grâce à l'évolution de la lumière.

Volkswagen a toujours fait en sorte que ces progrès n'aient aucune répercussion sur le budget du conducteur. La Golf en est le parfait exemple : elle a toujours reflété parfaitement les progrès techniques réalisés dans le développement de la lumière. Ces progrès ont toujours été abordables et ils le resteront. Dès les premières générations, la Golf était équipée de projecteurs halogènes dont l'intensité lumineuse a toujours été meilleure que d'autres modèles. Les premiers projecteurs au xénon ont ensuite fait leur apparition ce qui a révolutionné les systèmes lumineux. Ce fut ensuite au tour des blocs de feux arrière à LED, des feux de jour à LED et des premiers projecteurs à LED sur la e-Golf de voir le jour. Une chose est sûre : le système IQ.Light, un des meilleurs systèmes lumineux de notre époque, permettra à moyen terme de voir aussi bien le jour que la nuit, même avec une Golf.

Le tunnel lumineux propre à Volkswagen réduit le temps nécessaire au développement

Afin de se préparer de manière optimale aux défis à venir, Volkswagen a inauguré un centre de compétences en matière de lumière en 2014 dans l'atelier de Wolfsburg. Depuis, un tunnel lumineux de 100 mètres de longueur et de 15 mètres de largeur, pour une hauteur de cinq mètres,



fonctionne en plein cœur du secteur « Recherche et développement » (R&D). Ce tunnel permet de tester les systèmes lumineux d'aujourd'hui et de demain grâce à une reproduction de la chaussée. Ses tests peuvent être répétés avec exactitude. Ce tunnel permet donc de comparer et d'évaluer les systèmes mieux que jamais. Néanmoins, il ne se restreint pas à ces tests : il est également idéal pour tester la perception de la lumière par les automobilistes et les passants. De plus, il permet de tester les systèmes intérieurs, tels que l'éclairage d'ambiance, l'affichage tête haute et le système d'infodivertissement, avec des conditions reproductibles. Le tunnel lumineux permet par ailleurs de réduire le temps de développement des nouveaux systèmes de projecteurs, de feux arrière ou d'éclairage d'intérieur, car cela réduit le nombre de trajets chronophages. Ainsi, les progrès réalisés dans le domaine de l'éclairage peuvent être intégrés encore plus rapidement dans les modèles de série, ce qui constitue un avantage non négligeable en matière de sécurité dont tous les automobilistes profitent.

Principaux aspects

Scénario de lumière et HMI extérieure

DÉMONSTRATEUR DE LUMIÈRE

Afin d'être en mesure de concevoir, tester et présenter les futures fonctions de lumière de manière optimale, la conception Volkswagen a développé un nouvel outil de travail innovant : le démonstrateur de lumière, un modèle ID. avec lequel les concepteurs sont capables de transposer la lumière du futur dans la réalité. Grâce à cet outil, les concepteurs Volkswagen sont capables de voir au-delà des fonctions actuelles des projecteurs et des blocs de feux arrière et de concevoir des systèmes d'éclairage qui représentent le nouveau contenu extérieur intelligent et fonctionnel.



La lumière définit le scénario de l'intrigue

En ce qui concerne la mise en scène de l'éclairage extérieur, les concepteurs s'attèlent tout particulièrement au scénario de l'intrigue. La mise en place de ces actions s'étend et intègre la dimension du temps afin de définir l'expérience du produit en plus de son aspect statique : la lumière pourra saluer, prévenir, interagir, communiquer et confèrera au véhicule un fonctionnement personnalisable de la lumière afin d'exprimer son individualité. Force est de le constater : Dans un contexte de bouleversement de la mobilité, les concepteurs accordent une importance cruciale aux interactions intelligentes. L'humain reste néanmoins au cœur de l'attention.

Les scénarios suivants, représentés avec le démonstrateur de lumière, présentent des extraits d'une nouvelle mise en scène fonctionnelle pour les futures voitures Volkswagen. Certains de ces scénarios sont toutefois encore irréalisables en raison du cadre légal manquant. Néanmoins, les concepteurs ont comme mission de développer des concepts astucieux pour notre monde de demain qui transcendent les limites actuellement établies.

Scénario de bienvenue / Les yeux croisent le regard du conducteur

La lumière permettra de transmettre des émotions et des sentiments : la voiture vous salue. Elle se « réveille » à l'approche du conducteur. Le scénario de bienvenue démarre avec l'apparition du logo VW. Puis les lumières s'allument les unes après les autres à partir de ce centre en suivant un chemin à 360°. La voiture ouvre ensuite les yeux et croise le regard du conducteur. Un tapis de lumière se déroule enfin à l'avant de la porte. Il indique la zone à partir de laquelle le conducteur peut monter dans le véhicule. Cette mise en scène lumineuse est non seulement



spectaculaire sur le plan visuel, mais elle permet également d'attirer l'attention et donc de maximiser la sécurité dans l'obscurité.

Début du trajet / Focus sur les projecteurs avant

La lumière est désormais capable de communiquer. La voiture projette pour cela la manœuvre de conduite en cours, également appelée « intention », de manière visible sur la chaussée. Prenons comme exemple le démarrage. Cette manœuvre est communiquée aux autres usagers de la route avec une projection animée vers l'avant. Ou encore la sortie d'une place de stationnement : une projection latérale de lumière fait office de clignotant prolongé. Ainsi, les autres usagers de la route peuvent reconnaître rapidement l'intention du conducteur et réagir en conséquence. Ce système est particulièrement judicieux dans le cas de véhicule à conduite assistée, car le conducteur n'a pas besoin d'y penser.

Mode assisté / Éclairage de distinction

La lumière devient désormais interactive. En mode de conduite assistée, c'est-à-dire sans conducteur actif, la voiture prend le relais et assure le contact visuel avec les autres usagers de la chaussée. En utilisant également la méthode de communication des « intentions », les autres usagers de la route peuvent comprendre rapidement et de manière intuitive qu'ils ont été repérés par le véhicule et que ce dernier réagira en conséquence. Lorsqu'un véhicule Volkswagen a démarré et roule en mode conduite assistée, il pourrait disposer à l'avenir d'un éclairage spécial de distinction qui indique qu'il conduit de manière autonome. Cela permet donc d'améliorer la confiance envers les voitures à conduite assistée et de faciliter la prise de repères au sein d'un trafic mixte.



Persienne de lumière dans le pavillon / Glace arrière en tant que feu stop supplémentaire

La lumière prend de nouvelles formes. La persienne de lumière dans le pavillon en est un exemple voyant. Elle permet d'une part de disposer d'un éclairage intérieur homogène et réglable et d'autre part d'éclairer vers l'extérieur, ce qui facilite grandement la localisation de la voiture sur un grand parking. À l'instar d'une persienne, le rideau de lumière du toit en verre peut être ouvert ou fermé et maintenu à une position souhaitée. Il est même possible de régler la couleur et la luminosité. Si l'on étend ce principe à la glace arrière, la persienne se transforme en feu-stop supplémentaire qui affiche la puissance de freinage. Lors d'un freinage léger, seule une partie de la persienne se déroule du bas vers le haut. Si la voiture freine fortement, le feu-stop s'étend alors sur l'ensemble de la glace arrière. L'effet d'avertissement est décuplé grâce à cette lumière dynamique. L'affichage parallèle de la force de freinage permet également d'améliorer la sécurité.

Projection dynamique / Avertissement de l'ouverture de porte

Chez Volkswagen, la lumière contribue toujours à améliorer la sécurité. Cet effet continuera de se renforcer à l'avenir. Les projections dynamiques contribuent à améliorer la sécurité, notamment dans les espaces urbains. Exemple : avant la sortie du véhicule, un vélo s'approche dans l'angle mort du conducteur. Avant d'ouvrir la porte, le véhicule détecte la situation de danger et projette l'ouverture de porte de manière dynamique sur le sol à côté du véhicule. De plus, une lumière rouge s'allume au niveau de la glace latérale. Celle-ci est visible aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur afin d'alerter le conducteur et le cycliste.



TIGUAN – MODALITÉ VISUELLE

Les modes de communication entre les usagers de la route subiront des changements avec l'arrivée des premières voitures à conduite assistée. Si aucun conducteur ne contrôle le véhicule de manière active, la voiture doit être en mesure de communiquer avec les autres conducteurs, véhicules et passants afin de garantir une sécurité optimale et une conduite confortable. De plus, les nouveaux modes de communication doivent optimiser la coopération avec les autres usagers de la route et établir un lien de confiance. Le département de recherche du Groupe Volkswagen teste ces méthodes de communication à l'aide d'un Tiguan disposant d'un équipement spécial.

Véhicule de recherche avec HMI extérieure

Le véhicule de recherche est actuellement équipé de trois technologies différentes qui assurent une communication à 360°. Il dispose de quatre grands écrans à cristaux liquides (LCD) sur les portes, mais également sur la partie avant et la partie arrière, d'une barre de LED qui entoure le véhicule à 360 degrés et de multiples lentilles au niveau des angles de la carrosserie. Grâce à ces technologies de projection lumineuse et d'affichage, les chercheurs peuvent analyser le comportement possible des usagers de la route dans des scénarios divers et variés. Les éléments visuels se transforment en une HMI extérieure (interface homme-machine). Cette HMI communique avec les autres usagers de la route et les informe des manœuvres prévues par le véhicule. Les écrans LCD affichent les avertissements et les indications. Les multiples lentilles de la partie avant et arrière projettent des informations de sécurité et de communication sur la chaussée. La barre de lumière à 360° interagit parallèlement avec les écrans LCD et assure la communication vers l'extérieur via un concept lumineux animé. Toutes ces technologies sont combinées à des signaux sonores afin d'intégrer au mieux les usagers de la route à la



communication. De plus, des technologies de projecteurs haute résolution sont considérées en parallèle pour intégrer de nouvelles fonctions basées sur les projections visuelles dans le concept de l'HMI extérieure.

La lumière devient une interface entre l'homme et la machine

La conduite assistée devrait peu à peu se généraliser dans les voitures Volkswagen au fil des années. Les systèmes tels que l'assistant de bouchon, qui s'occupe automatiquement du guidage longitudinal et transversal, tout en restant contrôlé par le conducteur, sont déjà disponibles. À l'avenir, les véhicules disposeront également de modes qui leur permettront de fonctionner sans surveillance de la part du conducteur (VDA classe 4 et 5 pour la conduite assistée). Afin d'exploiter de manière optimale et sécurisée les avantages d'une telle conduite assistée, il convient toutefois de prendre en compte une nouvelle méthode de communication entre l'homme et la machine. Exemple : en cas de situations confuses sur des routes prioritaires, la communication s'effectue par le contact visuel et la gestuelle. Ce ne sera souvent plus le cas à l'avenir. Dans de telles situations, la nouvelle méthode de communication permet l'instauration d'un lien de confiance et d'une bonne compréhension suffisamment tôt. Et cela optimisera le trafic, car le véhicule ne devra plus s'arrêter. Pour exploiter au maximum les avantages du mode de conduite assisté, le département de recherche du Groupe Volkswagen AG travaille sur une interface homme-machine, comme celle utilisée à l'extérieur du véhicule de recherche, c'est-à-dire le Tiguan.

Une interface homme-machine également utilisable pour le trafic d'aujourd'hui

L'interface homme-machine extérieure doit permettre une compréhension intuitive et le développement d'une confiance envers le comportement du véhicule, ainsi qu'une prévision facile des éventuelles manœuvres.



L'interface homme-machine extérieure est non seulement avantageuse pour les véhicules à conduite assistée de demain, mais également pour le trafic d'aujourd'hui. Prenons un exemple général : un avertissement d'embouteillage par une communication d'une voiture à une autre ou d'une voiture à X contribuerait à clarifier les situations afin d'éviter les collisions et ainsi améliorer la sécurité sur les autoroutes. Le Tiguan conçu par le département de recherche du Groupe Volkswagen est le premier véhicule de recherche avec une interface aussi polyvalente et utilisable en situation réelle. Les chercheurs abandonnent ainsi l'habitacle fermé et contrôlable par le conducteur comme espace interactif et partent à la conquête de nouveaux espaces afin de définir de nouvelles normes technologiques.

De nombreuses technologies diverses sont utilisées, développées et évaluées à cette fin, afin de pouvoir en tirer les meilleures recommandations technologiques et conceptuelles. Parallèlement, Volkswagen met un point d'honneur à toujours accorder une place centrale à l'homme dans ses recherches : piétons, cyclistes et conducteurs de voitures ou de motos. Outre la prise en compte des processus de perception psychologique au cours d'une communication, les études cherchent également à déterminer les besoins des utilisateurs. Pour cela, les chercheurs utilisent des enquêtes en ligne, des entretiens et des vidéos, des études réalisées dans une réalité virtuelle ou avec des prototypes dans une situation réelle. L'objectif final est d'améliorer la sécurité de tous grâce à l'interface homme-machine extérieure.

Technologies de projecteur

IQ.LIGHT – PROJECTEURS MATRICIELS A LED

Pour le Touareg de troisième génération, l'un des meilleurs systèmes de projecteurs au monde a été conçu : les projecteurs IQ.Light matriciels à



LED disponibles en option. Ces derniers marquent des points grâce à leur commande d'éclairage intelligente qui améliore le confort et la sécurité des trajets de nuit. Les projecteurs à LED utilisent une matrice composée de points lumineux, à savoir des diodes électroluminescentes activables (LED) indépendamment les unes des autres. La matrice des feux de croisement se compose d'une platine disposant de 48 LED. La platine des feux de route, quant à elle, est équipée de 27 LED. Les LED sont disposées en damier pour les deux modules. D'autres LED diverses et variées viennent compléter les 75 diodes électroluminescentes des feux de croisement et de route : l'éclairage périmétrique inclus et les fonctionnalités de signalétique (feux de position et de balisage latéral et clignotant animé) permettent d'arriver à un total de 128 LED par projecteur. Le Touareg utilise donc une luminosité équivalente à 256 LED dans les différents segments avant des projecteurs gauche et droit afin de voir aussi bien le jour que la nuit et donc d'améliorer la sécurité.

Les 75 LED des feux de route et de croisement, ainsi que les sept LED de l'éclairage périmétrique (dans cinq chambres de réflexion) et les trois LED du feu de braquage permettent d'activer diverses fonctionnalités intelligentes grâce à l'électronique. Le dispositif de commande correspondant utilise pour cela les signaux de la caméra avant, des données de cartographie numérique du système de navigation, les signaux GPS, l'angle de braquage du volant ainsi que la vitesse actuelle, pour activer en quelques fractions de seconde, les LED exactes qu'il faut pour un éclairage optimal. Grâce au système « Dynamic Light Assist », le conducteur peut constamment rouler en feux de route. Le Touareg se charge du reste : passage aux feux de croisement, retour aux feux de route, éclairage de ville, éclairage optimal sur autoroute ou feux offroad. Les nouveaux projecteurs matriciels à LED utilisant des caméras, avec une intensité lumineuse toujours plus importante, permettent de déceler les personnes, les objets, les autres véhicules et les animaux difficiles à discerner à temps dans l'obscurité avec des systèmes de phares classiques.



Ce surcroît de luminosité et l'optimisation de l'éclairage sont nettement perceptibles. Un point intéressant : la comparaison entre les excellents projecteurs au xénon des modèles précédents et le système à LED du nouveau Touareg a permis d'observer une différence de portée de plus de 100 mètres dans le cas des feux de route avec le IQ.Light – Projecteurs matriciels à LED. Les projecteurs interactifs fonctionnent comme sur les voitures autonomes : la caméra avant détecte par exemple les zones bien éclairées comme « habitées », et le Touareg passe alors automatiquement des feux de route aux feux de croisement. Les fonctions lumineuses des projecteurs IQ.Light matriciels à LED en détail :

- **Feux urbains** : faisceau de lumière particulièrement large, avec une attention particulière aux côtés, actif jusqu'à 50 km/h
- **Feux pour route secondaire** : feux de croisement avec large distribution du faisceau vers le bord de la route
- **Masquage permanent des feux de route** : feux de route permanents sur route secondaire, sans éblouir d'autres usagers de la route
- **Feux de croisement sur autoroute** : faisceau de lumière plus étroit, centré sur une plus grande portée à des vitesses supérieures
- **Feux de route sur autoroute** : faisceau de lumière plus étroit, centré sur une plus grande portée à des vitesses supérieures, dès lors que cela ne risque pas d'éblouir d'autres usagers de la route
- **Feux de dépassement** : feux de route ultra précis, sans éblouissement, lors des manœuvres de dépassement. Le système identifie que le Touareg quitte sa bande de circulation, la zone latérale concernée est alors illuminée plus intensément
- **Feux de croisement** : focalisation sur la voie de droite avec les feux de route masqués et trafic à double sens de circulation. Le regard est donc attiré sur sa propre voie de circulation



- **Feux de route** : feux de route activés manuellement, pour exploiter volontairement les 75 LED des projecteurs pour un éclairage maximal. Par rapport aux feux de route sur autoroute, le faisceau de lumière est plus large.
- **Éclairage tous temps** : réduit l'éblouissement nocturne du conducteur et des autres usagers de la route sur route mouillée. L'IQ.Light réduit l'éclairage sur la chaussée mouillée réfléchissante directement devant le véhicule et par conséquent, la réverbération gênante de la lumière des projecteurs dans cette zone. L'éclairage de la chaussée est par ailleurs plus large. La fonction peut être activée et désactivée par le conducteur
- **Déviatation du faisceau** : atténuation précise des feux de route sur les panneaux de sorte à ne pas éblouir le conducteur
- **Feux tout-terrain** : feux de croisement statiques particulièrement puissants, avec une largeur du faisceau de 90° afin de mieux pouvoir identifier les obstacles sur le terrain
- **Feux de repérage (en cas de vision nocturne)** : illumination ciblée des personnes identifiées par la caméra infrarouge de la vision nocturne, sans les éblouir, de manière à les rendre plus visibles pour le conducteur
- **Feux de braquage séquentiels** : ils permettent de générer une largeur de faisceau optimale pour les différentes fonctions susmentionnées grâce à des démarrages et des arrêts ciblés, ainsi que différents niveaux d'intensité. Par ailleurs, ces feux s'activent rapidement et se désactivent à nouveau lentement lors d'un braquage.



PROJECTEURS LCD HD

Volkswagen utilise de nouveaux projecteurs LCD HD dans son Touareg prévu pour les tests. Ils permettent d'obtenir une définition allant jusqu'à 30 000 pixels par projecteur grâce à leur écran LCD haute définition. En guise de comparaison : un projecteur actuel haut de gamme offre une résolution d'environ 80 pixels. Les projecteurs LCD HD permettent aux chercheurs de développer et de tester des scénarios de lumière hautement plus complexes que jusqu'à présent grâce à leur résolution beaucoup plus élevée. L'éclairage précis de la chaussée qui n'éblouit pas les usagers de la route permet par ailleurs de réduire la zone d'ombre du cône de lumière et donc de maximiser l'intensité lumineuse prévue pour l'éclairage de la chaussée. Encore un plus en matière de sécurité ! L'objectif final des projecteurs LCD HD consiste à optimiser les fonctions classiques et à en développer de nouvelles. Cela doit cependant être réalisable. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un support d'essai tel que le Touareg. Grâce aux projecteurs LCD HD, les ingénieurs responsables de la lumière disposent d'une certaine liberté d'action par rapport aux éléments devant être représentés avec des fonctions ou la répartition de la lumière.

Par ailleurs, ces projecteurs peuvent servir de base pour le développement de nouveaux systèmes d'aide à la conduite basés sur la lumière. Ces derniers utilisent des indications visuelles et des graphiques de fonctions qui sont projetés sur la chaussée à l'aide de ces projecteurs LCD HD. Il est ainsi possible de développer de nouveaux systèmes d'aide à la conduite, tels que « l'Optical Lane Assist » (assistant optique de maintien de voie). Avec ce système, les projecteurs projettent les voies de circulation à l'avant du Touareg. Ces projections permettent au conducteur, notamment en cas de travaux sur la chaussée, d'obtenir des indications précises sur la largeur du SUV (remorque incluse) et sur l'écart avec la délimitation de voie. Les voies de circulation suivent également le rayon des courbes. Toutes ces fonctions astucieuses qui visent à améliorer la sécurité seront testées avec



les projecteurs LCD HD. On y compte également les fonctions interactives pour les voitures Volkswagen à conduite assistée de demain.

Développer des fonctions avant que le matériel ne soit disponible permet de gagner du temps

Le département Recherche et Développement de Volkswagen étudie l'ensemble du spectre des systèmes de projecteurs HD. Il se concentre actuellement sur les projecteurs à LED micropixel de la nouvelle génération d'éclairage avant qui consomment très peu d'énergie. Cela est particulièrement cruciale lors de l'utilisation de projecteurs dans les véhicules électriques, comme les futurs modèles ID. Néanmoins, les projecteurs LCD HD testés sur le Touareg sont déjà aujourd'hui un atout inestimable pour les ingénieurs de Volkswagen : ils leur permettent de tester dès maintenant les futures fonctions lumineuses, avant même que le matériel ne soit disponible en série. Cela représente un gain de temps considérable, parfois même équivalent à plusieurs années. Le temps de développement ainsi gagné contribue à réduire les risques lors de la conduite de nuit grâce à des systèmes d'éclairage intelligents. Contexte : environ 30 % de tous les accidents impliquant un dommage corporel surviennent durant la nuit. La gravité des accidents est toutefois doublée par rapport à un accident survenant le jour. Un éclairage optimal et des assistants intelligents basés sur la lumière peuvent ici améliorer la sécurité.

De plus, il est possible de représenter les fonctions purement interactives, comme le scénario de bienvenue, qui salue le conducteur lorsqu'il s'approche de la voiture Volkswagen. Par ailleurs, il est possible de personnaliser la lumière : tandis qu'un conducteur va préférer un cône de lumière large, un autre va favoriser un cône plus étroit et plus long. Il est également envisageable de pouvoir télécharger de nouvelles fonctionnalités par le biais de l'App Store



Fonctionnement des projecteurs LCD HD

HD signifie, comme indiqué, haute définition. LCD, signifiant écran à cristaux liquides (*Liquid Crystal Display* en anglais) est une technologie courante dans le domaine du divertissement. La lumière provient de plusieurs LED. Votre lumière est diffractée à l'aide d'un filtre pour la rendre utilisable avec des cristaux liquides. La lumière emprunte alors deux trajectoires : A et B. Il est alors possible de définir une polarisation, ce qui est nécessaire pour les écrans LCD. Les deux trajectoires se rejoignent sur l'écran à cristaux liquides, qui agit tel un tamis à lumière. La polarisation permet de décider si la lumière peut traverser ou non pour chacun des 30 000 pixels. Cette tâche est assurée par un analyseur, c'est-à-dire un filtre additionnel. L'application d'une tension au niveau des cristaux liquides permet de commuter la polarisation de A vers B, c'est-à-dire une fonction de mise en marche et d'arrêt. Selon la polarisation, la lumière peut passer à travers les pixels ou est bloquée. Cela permet donc de définir, quelle lumière (quel pixel) est projetée sur la chaussée et laquelle reste dans le système. Il est également possible de définir des phases intermédiaires qui permettent d'afficher différentes teintes de gris. Il est ainsi possible de projeter des éléments graphiques sur la chaussée. Inconvénient du projecteur LCD HD : la lumière produite non projetée sur la chaussée reste inutilisée sous forme de chaleur au sein du système, ce qui consomme beaucoup d'énergie. Par conséquent, le rendement du projecteur LCD HD est limité.

PROJECTEURS A LED MICROPIXEL

Les projecteurs à LED micropixel constituent une autre technologie HD très intéressante. Volkswagen développe actuellement un tel système. Le projecteur à LED micropixel est un système de lumière compact, économique et à résolution élevée qui offre un très large éventail de fonctionnalités. Cette technologie de projecteur permet d'adapter la



lumière à chaque situation, de projeter la lumière de manière interactive sur la chaussée et d'offrir un haut degré de personnalisation. Il sera également possible de charger de nouvelles fonctions sous forme de mises à jour en utilisant une application grâce à l'architecture électronique End-to-End (de bout en bout) et à un nouveau système d'exploitation.

Une technologie qui repose sur trois puces de 1 024 pixels

Le fondement technologique du projecteur à LED micropixel consiste en trois puces à LED micropixel. Ce ne sont pas moins de 1 024 pixels qui sont répartis au centre de ces puces sur une surface de seulement 4 x 4 mm. Chaque pixel parmi ce total de 3 072 pixels peut être actionné individuellement. Comme illustré, chaque puce se présente sous la forme d'un carré d'une surface de 16 mm². Si cette puce devait être représentée à taille réelle par un système de projection, l'image obtenue serait également un carré. La répartition de la lumière à l'avant du véhicule est généralement carrée pour des raisons de comportement dynamique du véhicule. Le système optique transforme via la projection envoyée la répartition quadratique de la lumière de la source en un rapport idéal de 3:1. Ainsi, l'ensemble de l'éclairage de base est couvert par une matrice et est disponible pour l'application de fonctions d'éclairage intelligentes. À l'avenir, les LED micropixel carrées pourraient faciliter la conception du système optique.

Jusqu'à 30 000 pixels possibles avec ce système

L'ensemble du projecteur se compose d'un grand module à LED pour l'éclairage périmétrique statique et de trois lentilles extérieures. Tout le savoir-faire de Volkswagen se retrouve dans ces trois lentilles qui permettent d'ouvrir la voie vers une toute nouvelle génération de projecteurs performants et interactifs. Les trois lentilles micropixel font office de module de projection. Volkswagen a conçu un système optique



qui permet de doubler l'axe horizontal de la répartition de la lumière. Les ingénieurs ont réussi à obtenir un rectangle avec un rapport de 2:1 en partant d'un carré. Cela permet d'obtenir une répartition plus large de la lumière. Ces trois rectangles peuvent se superposer. C'est ainsi que l'on obtient un champ aussi large que possible et un angle maximal au sein duquel il est possible d'utiliser toutes les fonctions lumineuses imaginables. De plus, étant donné que les puces projettent une image au sein de la même zone, celle-ci dispose de plus de pixels et donc d'une meilleure résolution qui permet à nouveau de mettre en œuvre davantage de fonctions. Par exemple : les 3 072 pixels actuellement disponibles ne sont qu'un début. Les projecteurs à LED micropixel présentent le potentiel technique permettant d'enregistrer et de projeter jusqu'à 30 000 pixels par puce. Ainsi, les projecteurs à LED micropixel économiques ont la même résolution que les projecteurs LCD HD.

PROJECTEURS A LED HAUTE PERFORMANCE

Les nouveaux projecteurs à LED haute performance sont la preuve que Volkswagen s'évertue à découvrir toutes les possibilités offertes par la lumière. Ces feux constituent une alternative peu onéreuse, mais tout aussi performante à la lumière laser. Cette dernière est utilisée avant tout pour les feux de route à longue portée. Il en va de même pour les feux de route à LED haute performance. L'intensité lumineuse maximale des feux de route vise à améliorer la sécurité lors de la conduite de nuit. Le projecteur à LED haute performance a été développé par Volkswagen. Ce système permet de réduire la sortie optique de lumière afin de rendre les projecteurs attractifs d'un point de vue du design et compacts, sans pour autant affecter l'intensité lumineuse. Il en va de même pour les feux de croisement.



Même la meilleure des lumières doit rester accessible

Voici la situation initiale : la lumière laser est une source lumineuse idéale, car il est possible de produire beaucoup de lumière à partir d'une surface très petite. Conséquence : une forte luminance. Il est ainsi possible de produire une source de lumière ponctuelle parfaite. Par ailleurs, il est possible de réduire la taille des systèmes du véhicule en raison de la forte intensité lumineuse du laser. De plus, sa portée est extrêmement élevée et elle présente des avantages non négligeables pour la conception du véhicule. Pourtant, ses inconvénients ne peuvent pas être ignorés par un constructeur de grandes séries tel que Volkswagen : les coûts sont beaucoup plus élevés que dans le cas de projecteurs à LED normaux pour différentes raisons techniques et ces dépenses diminuent à peine, même avec de grands volumes. La priorité absolue de Volkswagen est néanmoins de garantir une sécurité à prix abordable. Par conséquent, les ingénieurs de Volkswagen se sont efforcés de développer leur propre alternative au laser, à savoir les projecteurs à LED haute performance.

Ces derniers permettent d'utiliser des semi-conducteurs avec un courant considérablement plus élevé qu'auparavant. Les nouvelles LED haute performance utilisées par Volkswagen fournissent une meilleure luminance que les LED normales et sont presque équivalentes à la lumière laser. Le flux lumineux des LED haute performance est toutefois considérablement plus élevé : la quantité de lumière est donc supérieure à celle de la lumière laser. Conséquences sensiblement positives pour le conducteur : un gain d'autonomie et un spectre d'éclairage des projecteurs plus large.



Le prototype technique a été développé en interne

Les prototypes de projecteurs à LED haute performance intégrés au Tiguan sont déjà prêts techniquement à faire leur entrée dans la production de série. Le design du projecteur n'a pas encore été réalisé, c'est-à-dire que seuls les composants techniques purs sont utilisés. Le développement de la lumière (éclairage assisté par ordinateur), la conception assistée par ordinateur, la sécurité thermique et la fabrication des nouveaux projecteurs ont été entièrement réalisés en interne par Volkswagen, sans faire appel à un sous-traitant.

Le système se compose principalement d'une lentille principale et d'un feu de route supplémentaire. La lentille se situe à l'extérieur du projecteur et sa forme est particulièrement plate par rapport aux systèmes actuels. L'objectif était de montrer les avantages de la nouvelle lentille en ce qui concerne la réduction de l'encombrement. Ce module de projection permet d'obtenir un feu de croisement large qui représente également les feux directionnels grâce à une fixation pivotante. Elle permet également de générer le premier niveau des feux de route. Le feu de route supplémentaire à LED haute performance se trouve à l'intérieur, juste à côté de la lentille principale. Important : malgré les trois feux de route supplémentaires présents dans le prototype, seule une des lentilles intégrées est nécessaire. Le prototype doit permettre de tester plutôt trois projecteurs additionnels différents avec une répartition individuelle de la lumière. En effet, les tests réalisés par Volkswagen ont permis de constater que tous les conducteurs ont des attentes différentes en ce qui concerne la portée et la largeur du cône de lumière des feux de route. Les trois projecteurs additionnels du Tiguan peuvent être activés séparément. Le premier produit une lumière ordinaire relativement large. Le deuxième génère plutôt une lumière ponctuelle relativement petite à longue portée, qui permet simultanément d'éclairer les environs proches à gauche, à droite et en haut grâce à d'autres lentilles, ce qui procure la « sensation » d'une lumière plus vive et améliore la sécurité. Enfin, le troisième consiste



en un point de lumière concentré dont la portée dépasse les 550 mètres. Les essais ultérieurs doivent ensuite déterminer lequel des trois feux de route supplémentaires semble le plus adéquat et sera donc intégré sur les modèles de série.

Feux de signalisation

SIGNATURE DE FEU ROUGE ARRIERE COMMUTABLE

La partie arrière d'un véhicule est la partie la plus observée par les conducteurs, aussi bien sur la fréquence que sur la durée. La raison est simple : que ce soit en ville, sur les routes hors agglomération ou sur l'autoroute, notre regard se porte toujours sur la voiture située devant nous. Il est donc d'autant plus important de soigner le design de la partie arrière et notamment du bloc de feux arrière. De plus, il est judicieux d'attirer au maximum l'attention des usagers à l'aide du bloc de feux arrière afin qu'ils puissent rapidement réagir aux clignotants et aux feux-stops. En 2014, Volkswagen a réussi à engendrer un effet maximal de signalisation lors des débuts de la Passat actuelle : de manière alternative au bloc de feux arrière à LED de série, il est également disponible depuis en option avec un bloc de feux arrière à LED qui propose une signature commutable entre feu rouge arrière et feu-stop. Cette option a permis d'atteindre une nouvelle étape en matière d'effet signalétique. À ce jour en 2018, les blocs de feux arrière à LED avec signature commutable de Volkswagen sont aussi disponibles sur la Golf, le Tiguan et le Touareg.

Clic-clac : un passage rapide entre feux arrière et feux-stops

« L'effet clic-clac » du passage entre feux arrière et feux-stops est visible la nuit dans le cas d'un feu rouge arrière actif : lors du freinage, la signature horizontale des feux arrière de la Passat et du Tiguan passe à la verticale,



c'est-à-dire à la signature des feux-stops. Visuellement, cela donne l'impression que la signature horizontale des feux arrière se renverse en position verticale des feux-stops. Ce changement de signal accentue la reconnaissance de l'action de freinage et améliore ainsi la sécurité du trafic.

SIGNATURE DE FEU ROUGE ARRIERE PERSONNALISABLE

La lumière a toujours été le centre de l'attention de Volkswagen en matière de sécurité. Toutefois, sa fonction ne s'arrête pas là : elle accentue également de manière indéniable le design spécifique d'une voiture. À l'avenir, les conducteurs de voitures Volkswagen pourront personnaliser eux-mêmes le design des lumières de leur voiture, grâce à une signature personnalisable du bloc de feux arrière, tout cela très simplement à l'aide d'une application sur leur smartphone. Volkswagen a présenté le fonctionnement de cette application en prenant l'exemple du nouveau Touareg. En effet, ce prototype a été équipé des nouveaux feux rouges arrière personnalisables.

Un feu rouge arrière, trois signatures

Le propriétaire peut choisir immédiatement trois signatures différentes depuis son système d'infodivertissement ou son smartphone ou en modifiant le mode de conduite. Dans les trois cas, la signature lumineuse environnante et étroite du bloc de feux arrière reste la même. Cela est notamment dû à la législation, car ces segments remplissent des fonctions précises et doivent correspondre à des angles de visibilité définis. En revanche, la partie inférieure et les LED de la surface intérieure peuvent être personnalisées. Le principe de base consiste à modifier les ailes à LED.

La signature de feu rouge arrière personnalisable s'inscrit dans la tendance internationale croissante qui consiste à pouvoir de plus en plus individualiser les véhicules grâce aux composants électroniques et de



pouvoir exprimer ses goûts. En ce qui concerne la lumière, cette tendance a commencé avec l'éclairage d'ambiance personnalisable dans l'habitacle. À partir de là, Volkswagen a développé l'idée d'une signature de feux arrière personnalisable et ainsi une nouvelle caractéristique de design. Bien que tout semble permis en ce qui concerne la lumière au sein de l'habitacle, l'éclairage extérieur doit satisfaire à toutes les dispositions légales en vigueur. C'est pour cette raison que Volkswagen s'est limitée dans un premier temps aux trois signatures lumineuses présentées pour le prototype. Néanmoins, il est envisageable de pouvoir télécharger d'autres signatures par la suite en tant que « fonctions à la demande » après la mise sur le marché. Il sera également possible d'attribuer une signature à un mode de conduite : dans le cas du Touareg, entre les modes « Comfort », « Sport » ou « Offroad ». Force est de constater : les graphiques de lumière deviendront à l'avenir une caractéristique de personnalisation. Ce qui était un élément fonctionnel statique auparavant devient une caractéristique de design et de sécurité interactive.

BLOC DE FEUX ARRIERE MATRICIEL

La prochaine étape des signatures personnalisables est le bloc de feux arrière matriciel. Il dispose de toutes les fonctions du bloc de feux arrière de demain. À l'instar de la signature de feux arrière personnalisable, le bloc de feux arrière matriciel dispose également d'une signature de feux arrière fixes pour des raisons légales. L'intérieur est équipé d'une matrice qui peut être réglée selon les envies de chacun par le biais du système d'infodivertissement ou d'une application pour smartphone, non seulement grâce à des graphiques de lumière, mais également avec des symboles et des textes à l'aide d'un écran.



Les affichages individuels permettent d'améliorer la sécurité du trafic

Le bloc de feux arrière matriciel ouvre la voie vers de nouveaux modes de communication. La matrice permet d'afficher des avertissements clairs comme un « flocon de neige » en cas de verglas au niveau du bloc de feux arrière. Cela peut être effectué manuellement par le conducteur, mais également automatiquement par le biais d'une communication entre les voitures ou entre une voiture et X. Dans cette logique, il serait donc par exemple possible de prévenir plus tôt en cas d'embouteillage et donc de contribuer à éviter des accidents mortels impliquant des poids lourds. Il est également important que les voitures à conduite assistée, c'est-à-dire sans conducteur, puissent communiquer avec leur environnement par le biais du bloc de feux arrière.

Les véhicules électriques affichent l'état de charge de la batterie grâce aux feux arrière

Il est possible d'imaginer un nombre infini de fonctionnalités supplémentaires. Il serait possible de personnaliser un scénario d'arrivée chez soi ou de départ, contrôlé par une application ou encore d'afficher l'état de charge de la batterie d'un véhicule électrique grâce aux feux arrière. L'avantage : aucun composant supplémentaire n'est nécessaire pour un véhicule électrique. En effet, les feux arrière sont bien sûr toujours présents. Les technologies des nouveaux blocs de feux arrière matriciels sont majoritairement disponibles de série. Dès que la législation permettra leur utilisation, ils seront mis en place. Naturellement, il serait possible de mettre à jour ces blocs de feux arrière matriciels, ce qui ouvrirait la voie à environ 100 signatures différentes possibles.



BLOC DE FEUX ARRIERE HOLOGRAPHIQUE

Quand on parle d'holographie, on pense immédiatement à Star Wars et à la princesse Leia : R2-D2 projette un hologramme la représentant au cours d'une discussion avec les chevaliers Jedi. Cela reste clairement du domaine de la science-fiction. Pourtant, l'holographie est bien une réalité. En effet : dans un avenir proche, il serait envisageable d'utiliser des hologrammes dans les feux arrière. Il s'agit dans ce cas d'un hologramme en volume. Selon l'angle d'observation, l'hologramme est visible différemment, de sorte à projeter une image en trois dimensions. Cette technologie pourrait bientôt ouvrir de nouvelles possibilités en matière de conception et fonctionnalités. C'est pour cela que Volkswagen présente son premier prototype de cette nouvelle génération de fonctions lumineuses : le bloc de feux arrière holographique.

Les hologrammes d'un bloc de feux arrière sont visibles avec des LED

Voici comment est créé un hologramme : un objet est balayé par un laser puis enregistré sur un photopolymère exposé, c'est-à-dire un film holographique transparent qui agit comme support de l'hologramme. Avant le balayage de l'objet, le rayonnement laser doit être séparé en un rayonnement de référence et un rayonnement d'objet. Les deux parties du rayonnement se reflètent sur la plaque et l'exposent. Cela permet « d'inscrire » l'hologramme dans le photopolymère. Si l'on expose la plaque transparente uniquement à l'angle du rayonnement de référence, l'objet apparaît virtuellement en trois dimensions. Selon l'angle de vue et la source de lumière, l'observateur peut même se déplacer autour de l'objet et l'admirer sous tous ses angles. Dans le cas du bloc de feux arrière holographique, les LED éclairent la plaque exactement selon l'angle du rayonnement de référence. Cela engendre une fonction lumineuse virtuelle en trois dimensions dans le bloc de feux arrière. Une fois éteinte, la surface de la fonction lumineuse est quasiment transparente. L'hologramme est



visible uniquement au-dessus ou à l'arrière du bloc de feux arrière lorsque les feux sont allumés.

La lumière apparaît en l'absence d'espace physique

Le bloc de feux arrière holographique ouvre un grand nombre de nouvelles possibilités. Il est possible de créer de la lumière même si aucun espace physique n'est disponible. Il est possible de produire de nouveaux effets de lumière. Il est possible de « faire sortir » la lumière des feux et donc de créer un effet plastique. Il est possible de modifier la représentation de la visibilité de la fonction lumineuse respective en fonction de l'angle de vue. Les sources de lumière en tant que telle sont « cachées » et ne sont donc plus visibles. Il est également possible de représenter des fonctions classiques comme les clignotants : il serait possible de placer un clignotant d'une couleur différente à l'arrière de l'hologramme du feu rouge arrière qui semble également flotter librement au sein du bloc de feux arrière. En guise d'addition aux fonctions classiques, il est possible d'intégrer des graphiques flottants comme le logo GTI de sorte qu'aucun préjudice ne soit porté aux fonctions obligatoires. Par exemple, le logo GTI ne serait visible que pour un observateur situé directement à côté de la voiture.

ASSISTANT OPTIQUE AUX MANŒUVRES DE STATIONNEMENT

Volkswagen a présenté toutes les possibilités s'offrant à nous avec un nouveau concept optique innovant sur une surface d'à peine un centimètre carré en prenant l'exemple de « l'assistant optique aux manœuvres de stationnement ». Cette nouvelle fonction utilise des microlentilles afin de projeter des indications et des aides à la navigation de toutes sortes sur le sol à l'arrière, sur le côté ou à l'avant de la voiture. Le système dispose de plus de mille petites microlentilles qui projettent la même image au sol. Le grand nombre de lentilles permet un rendu excellent de l'image, ainsi qu'une intensité lumineuse élevée. Dans le cas du nouvel « Assistant



optique aux manœuvres de stationnement » (*Optical Park Assist*) développé par Volkswagen, les lentilles projettent des bandes rouges à l'arrière de la voiture. Elles indiquent la largeur de la voiture, sont parfaitement visibles à l'aide des rétroviseurs extérieurs et servent ainsi de repères intuitifs lors du stationnement. L'idée du concept a vu le jour lors d'un stationnement : un ingénieur de Volkswagen souhaitait éviter d'endommager ses jantes alliage contre le rebord élevé du trottoir. C'est ce que permet « l'assistant optique aux manœuvres de stationnement ».

À peine visible au niveau des feux rouges arrière ou du pare-chocs

Lors d'un stationnement assisté (sans conducteur), « l'assistant optique aux manœuvres de stationnement » peut projeter la trajectoire sur la chaussée afin d'indiquer le stationnement aux passants. Ce nouvel assistant améliore la sécurité également en cas de panne, lors de la montée dans un véhicule et la sortie, car il projette alors également une zone de sécurité sur le sol autour de la voiture. Ces lentilles peuvent être intégrées, par exemple, dans le pare-chocs ou dans le bloc de feux arrière. Le rendu de l'image reste identique, même si la voiture est oblique, surélevée ou basse.