

Travail de recherche en optique
Optique dans l'automobile



Semestre :	1/2008
Date :	le 06/02/2009
Classe :	MI
Groupe :	Estoppey Simon

Table des matières

1 Introduction	3
2 Histoire	3
3 Système d'illumination	4
3.1 Généralités.....	4
3.2 Design.....	5
3.3 Technologie.....	6
3.3.1 Ampoules	6
3.3.2 Eclairage halogène	6
3.3.3 Eclairage Xénon	8
3.3.4 Eclairage à LED	9
3.3.5 Récapitulatif avantages/inconvénients	10
3.3.6 Ce qu'il faut retenir	10
4 Application routière	11
5 Diverses applications optiques	11
6. Conclusion	12

1 Introduction

L'histoire de l'automobile a commencé sérieusement en 1890 avec la révolution industrielle qui permit à divers technologies de voir le jour. C'est en 1908 que sort la première voiture accessible au grand public. Cette voiture est historique car il s'agit de la célèbre Ford T. On peut déjà voir sur cette voiture un système d'illumination optique. Bien que rudimentaire il fait partie des véhicules depuis leurs début.

La voiture est depuis toujours un symbole de liberté. Elle a pour but de pouvoir vous emmener partout à tout moment. Si elle devait se limiter à la conduite diurne elle perdrait une grande partie de son intérêt.

2 Histoire

L'illumination optique remonte très loin car la vision de l'homme est limitée dans l'obscurité. C'est pour cela que depuis déjà très longtemps nous recherchons à perfectionner des systèmes permettant soit une signalisation ou permettant de se mouvoir de nuit. L'exemple des phares permettant aux marins de s'orienter dans des conditions difficiles en est un bon exemple.

L'utilisation de phares avec un système optique remonte aux alentours de 1775. En ce temps la, la lumière était encore générée avec du bois mais on commençait déjà à utiliser des huiles combustible. Un système de miroirs concentrait la lumière afin de l'orienter dans la direction voulue. En 1823 une partie des miroirs sont remplacés par des lentilles. Ces lentilles ont été développées par plusieurs scientifiques dont Fresnel qui a donné son nom à la lentille. On obtient ainsi des systèmes composés de plusieurs éléments optiques servant à l'illumination.

On peut aussi relever deux inventions qui ne touchent pas que l'automobile mais qui vont révolutionner les systèmes d'éclairage portatif. La dynamo 1868 développée par Zénobe Gramme et l'ampoule par Thomas Edison en 1879. En effet l'utilisation de produit combustible est relativement dangereuse pour une utilisation mobile. C'est pour cela que dès les débuts de l'automobile des systèmes composés d'une génératrice dynamo et d'ampoules vont être préférés.

En 1908 quand la première voiture en grande série sort des usines, ces phares sont composés de lampe à gaz. Les systèmes électriques étant encore trop coûteux en ce temps la. Les phares sont donc composés d'un réflecteur constitué d'un miroir demi-sphérique et d'une lentille. Mais rapidement l'ampoule électrique va remplacer la flamme. Cette innovation présentait de nombreux avantages comme la sécurité. Malgré la courte durée de vie des ampoules de l'époque, la voiture n'avait plus besoin d'être approvisionnée en gaz.

Pour des raisons de coûts les phares ne vont pas connaître d'évolution significative pendant longtemps. On peut noter que la principale innovation fut de remplacer progressivement les matières coûteuses des phares par des matières synthétiques beaucoup moins onéreuses.

Il faut aussi noter que l'évolution des phares dans les débuts de l'automobile n'était pas une priorité. De nouvelles routières et de la volonté d'augmenter la sécurité fut un critère déterminant pour que les constructeurs cherchent des nouvelles technologies.

On voit ainsi apparaître les clignoteurs et des phares de rappel de freinage. La fabrication de ceux-ci étant toujours très simple.

Le phare gardera sa géométrie circulaire jusque dans les années 1960. A cette époque les technologies ainsi que les couts de fabrications permettent de faire évoluer la géométrie des phares. On peut ainsi optimiser leur forme ce qui permet de canaliser le flux à des endroits différents. La vision de nuit est alors significativement améliorée. Les ampoules ont aussi beaucoup évolué. Elles sont de meilleures qualités en coutant beaucoup moins chères. On peut donc voir depuis les années 1960 des phares avec des formes différentes. Depuis quelque temps les phares n'ont plus une utilité uniquement pratique mais une utilité esthétique. Il est intéressant de constater que l'identité d'une voiture passe par son design qui est actuellement souvent souligné par ses phares. On peut ainsi constater que dans de nombreuses publicités ou présentation de voitures, la première image que l'on nous montre et le véhicule phare allumés.

Actuellement de nouvelles technologies sont associées aux phares. Pour optimiser l'éclairage certains phares sont ainsi monté sur gyroscope se qui permet même sur une route déformées d'avoir le faisceau orienté sur la route. Certains phares sont montés sur des moteurs qui leur permettent d'être orientés dans les virages. De plus par souci d'économie d'énergie on remarque l'apparition de système à LED. Les LED étant économique elles ont aussi l'avantage de la durée de vie. L'illumination se partage actuellement entre 3 technologies l'halogène, le xénon et les LED.

Dans le futur on peut imaginer une forte augmentation de l'utilisation des LED au défrimant des 2 autres technologies. Et pourquoi pas des systèmes de vision nocturne ? Cela peut paraître futuriste mais certain constructeurs comme BMW le propose déjà en option.

3 Système d'illumination

3.1 Généralités

Une voiture comporte dans la majorité des cas les éléments suivant :

Phare avant : Feux de positionnements
Feux de croisements
Grands feux
(Clignoteurs) Parfois incorporés

Phare arrière : Feux de positionnements
Feux de stop
Clignoteurs

3.2 Design

Ces éléments sont dans un premier temps des éléments de sécurité ils doivent répondre à certains critères afin d'être homologués. Ces normes sont en générales Européens. Parfois il est possible de constater des différences avec des voitures d'autre pays ayant souvent des normes moins sévères.

Cependant les constructeurs jouent sur les formes pour donner une identité à la voiture. On aura ainsi des formes rondes pour des voitures familiale voir orienté pour une clientèle féminine et au contraire des formes agressive pour des voitures de sports.

Pour illustrer cet aspect j'ai choisi 2 modèles actuelles de voitures que l'on croise souvent sur nos routes. L'avant d'une voiture est souvent comparé au visage. Le design joue donc là-dessus. Les phares représentant les yeux qui expriment comme chez l'homme l'humeur du véhicule.

La nouvelle mini Cooper, cette voiture est tout en rondeurs. Ses phare avant sont ronds ce qui lui donne avec sa calandre air sympathique. Ses feux arrières bien qu'allongés épousent les formes rondes de la carrosserie.



L'incarnation de la voiture de sport que représente Audi S5 est caractérisée par des phares avant rectangulaires soulignés d'un faisceau de LED. Ces phares lui donnent un air énervé qui traduit un style très agressif. Les phares arrières eux aussi à LED sont de forme allongé mais avec des formes tranchantes.



Il est donc facile d'imaginer à quel point la recherche de design dans l'optique automobile est importante. Il n'est pas rare de voir un nouveau modèle mis sur le marché dont les modifications les plus visibles se trouvent aux niveaux des optiques de phare avant qu'arrière.

3.3 Technologie

3.3.1 Ampoules

Il existe actuellement 3 types d'éclairages.

- 1) L'ampoule « classique » halogène
- 2) L'ampoule à décharge Xénon
- 3) Les LED

3.3.2 Eclairage halogène

Le principe de fonctionnement d'une lampe halogène est relativement proche d'une lampe classique. Elle est composée d'une capsule en verre et d'un filament en tungstène. Cependant à la différence d'une ampoule classique fonctionnant sous vide d'air, l'ampoule halogène renferme un mélange de gaz sous pression. Grâce à la présence du gaz le filament de tungstène peut être élevé à des températures plus élevées qu'une ampoule classique environ 3000 [K] contre 2700 [K] pour une ampoule classique. Cette différence de température modifie les longueurs d'ondes émises et modifie par conséquent la couleur perçue. Cette différence permet une augmentation de l'efficacité lumineuse d'environ 30% par rapport à une ampoule classique.

Ampoule halogène classique dans l'automobile.
Constituée de 2 filaments elle permet deux
intensités lumineuses



Avantage, inconvénient :

- Malgré que ce type d'ampoule soit réputée gourmande en énergie pour une intensité équivalente elle présente un rendement supérieur à une ampoule classique.
- La majorité de ces ampoules fonctionnent sous 12[V].
- Cout de fabrication faible
- Possibilité d'avoir dans la même ampoule 2 filaments pour 2 puissances d'éclairage différentes.

- Un inconvénient réside dans la température que peut atteindre l'ampoule. Par rapport à une ampoule classique la taille de la capsule est souvent plus petite. Une dimension plus petite ainsi qu'une température de filament plus élevée engendre des contraintes thermiques non négligeables pour le support. De plus une ampoule halogène ne peut être touchée sans protection. Le fait de déposer un film gras peut amener à une durée de vie fortement diminuée.

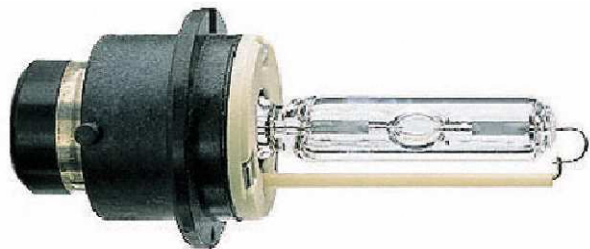
Ce type d'ampoule est encore très utilisé dans l'automobile d'aujourd'hui. Malgré l'apparition de nouvelles technologies.

La puissance des ampoules dans l'automobile se situe entre 55 et 60 [W] pour la route et des versions pouvant aller jusqu'à 100[W] sont disponibles pour des utilisations sur circuit.

3.3.3 Eclairage Xénon

Avant tout le Xénon est un gaz. Jusqu'à présent ses applications étaient limitées aux flashes photographiques ou au stroboscope. Une particularité de ce type d'éclairage et que sa température de couleur se rapproche de celle du soleil.

Ces lampes sont dites lampe à décharges elle fonctionne d'une manière similaire au lampes néons. Lors de l'allumage une forte tension est générée se qui provoque un arc électrique. Une fois la lampe allumée, Un faible courant permet de la maintenir allumée.



Avantage Inconvénients

- La lumière produite par ces projecteurs est proche de la lumière du jour
- La profondeur et la largeur du faisceau couvre une large surface
- La durée de vie des ampoules est proportionnellement plus longue que les ampoules halogènes
- La sécurité, lors de la conduite de nuit est améliorée.
- La consommation d'énergie est d'environ 35% inférieure à l'halogène pour une perception lumineuse qui est plus que doublée. (ampoules de puissance équivalente)

- Ce type de projecteur nécessite un système optique extrême complexe. L'ampoule est montée sur gyroscopes, la géométrie des phares est compliquée et le système d'alimentation est en haute tension.
- Le prix des ampoules est d'environ 200 frs contre 20 frs pour une ampoule halogène.
- Les systèmes optiques Xénon sont proposés en option. Cette option est souvent facturée plusieurs milliers de francs. (Environ 2000 frs difficile d'avancer un chiffre précis car chaque constructeur propose son kit.)

On peut tout de suite constater que les inconvénients de ce système n'est qu'une question de prix. Cette technologie est relativement nouvelle dans l'industrie automobile ce qui explique une partie des coûts. D'autre part, le phare devient un bijou de technologie mécanique et électronique. De ce fait ce type de projecteur sera toujours plus cher qu'un projecteur halogène. De plus, sur certaines gammes de produits, les phares s'orientent en fonction des virages ce qui permet de ne pas avoir d'ombres. Le facteur sécurité supplémentaire a été démontré. La vision de nuit étant très significativement améliorée, elle permet de diminuer les accidents dus à une mauvaise visibilité. L'argument de l'économie peut être discuté car lors de l'allumage l'ampoule consomme beaucoup d'énergie il faut ainsi qu'elle soit allumée un certain temps avant d'être énergiquement favorable. De plus l'ensemble des systèmes permettant le fonctionnement du projecteur est aussi gourmand en énergie. Malgré cela l'amélioration apportée par le Xénon place ce type de phare devant les systèmes halogènes.

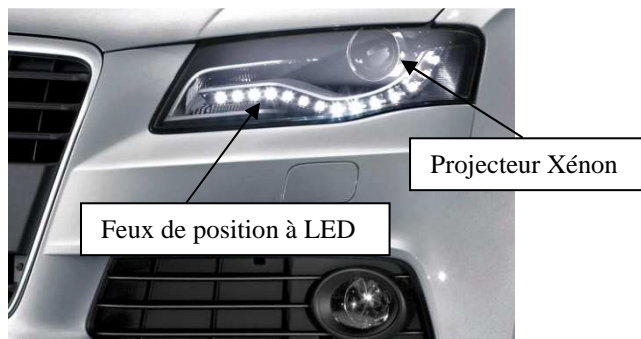
3.3.4 Eclairage à LED

On en voit, en on parle de plus en plus. L'avenir de l'éclairage c'est les LED. Ce type d'éclairage présente beaucoup d'avantages. Il est surtout très portatif. En effet il fonctionne sous basse tension et est le champion de la basse consommation. Ce qui limite le volume des accumulateurs nécessaires.

Cela fait déjà quelques années que nous sommes habitués à en voir, surtout utilisé comme voyant lumineux pour des applications de tous les jours par exemple mise en veille des appareils électroménagers. Plus récemment elles ont fait apparition sous forme de lampes porte-clés, de lampe frontales ou même de flash pour appareils photos. On les retrouve maintenant sur tous types de véhicules automobiles. Pour l'instant leurs rôles se limitent à l'éclairage d'avertissement ou d'agrément. On les voit comme feux de stop, comme feux de position ou même pour certaine classe de voiture comme illumination extérieur lorsque la voiture est arrêtée afin de permettre à ses occupants de pouvoir sortir du véhicule. Il faut aussi préciser que les LED dans l'automobile sont pour l'instant utilisées surtout de manière esthétique car elles sont « à la mode » En effet les phares sont toujours réalisés avec des ampoules classique et sont ornés de LED.

A l'heure actuelle l'augmentation du prix de l'énergie surtout ceux des carburants pousse les constructeur vers des solutions moins gourmandes en énergie. Les LED sont donc une alternative au phare classique. Pour l'instant l'incorporation de cette technologie est trop chère par rapport au cout d'une ampoule classique par rapport au réel avantage d'économie d'énergie.

Il faut noter que les LED blanches de dernières générations on une efficacité lumineuse supérieure au lampe à incandescences. Le spectre qu'elles émettent est presque entièrement contenu dans le domaine du visible ce qui les optimises.



Avantage Inconvénients

- Consommation d'énergie très faible (quelques dizaines de milliwatts/par LED)
- Résistance et durée de vie élevée (très intéressant pour l'automobile)
- Taille est poids faible
- Ne chauffe presque pas
- Comme le système est composé de plusieurs LED si une LED est cassée le système reste fonctionnel.

- Prix 2 à 4 fois plus élevé qu'une lampe classique de même puissance

3.3.5 Récapitulatif avantages/inconvénients

	Prix	Durée de vie	Performances	Consommation
Halogène	Le moins cher actuellement	La plus faible environ 1000 heures	Actuellement système en perte de vitesse sera certainement remplacé d'ici quelques années	Système le moins économique
Xénon	Très élevé	Moyenne environ 6000 heures	Meilleures performance actuellement	Economie pour une utilisation prolongée. Attention la consommation énergétique ne se limite pas à l'ampoule
LED	Encore cher mais les prix devraient rapidement chuter	La meilleure durée de vie environ 50'000 heures. Système d'ampoule en parallèle ce qui permet en cas de panne d'un des composants une fonctionnalité de l'ensemble	En cours de développement, sans doute l'avenir de l'éclairage. L'application automobile actuelle se limite à une utilisation comme feux de signalisation	Très économique

Il est difficile de chiffrer précisément les durées de vie des composants. Ils sont soumis à de grosses différences de température et à des vibrations. Ces paramètres influencent fortement leur durée de fonctionnement. De plus dans la majorité des cas, l'usure est la plus prononcée lors de l'allumage du système. Donc dans une utilisation semblable les facteurs restent pareils, une ampoule au xénon dure 5 fois plus longtemps qu'une ampoule halogène qui elle-même dure 10 fois moins longtemps qu'une LED.

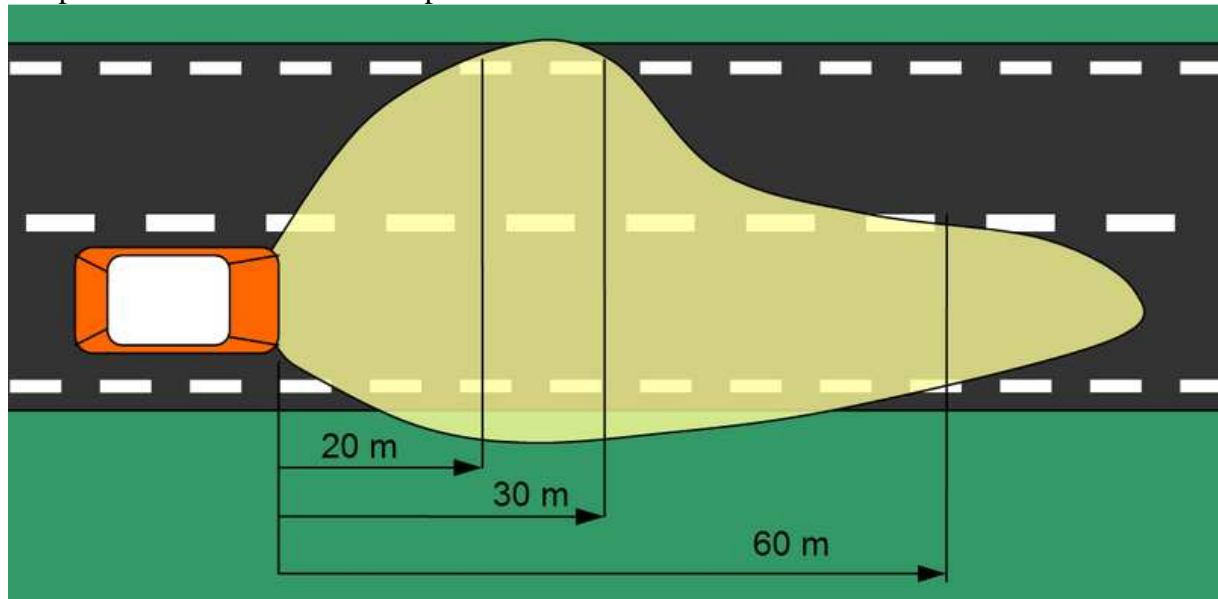
3.3.6 Ce qu'il faut retenir

Aujourd'hui les phares remplissent une fonction d'illumination mais aussi sont étudiés pour plaire à l'œil. Les nouveautés en matière d'éclairage automobile sont pour l'instant guidées par la performance pure plutôt que par une volonté de réduction de la consommation énergétique. Cependant il est quand même possible d'espérer que la volonté de réduire l'impact écologique de l'automobile sur l'environnement nous pousse à favoriser l'économie d'énergie. La technologie des LED est en très fort progrès depuis quelques années on peut donc s'attendre à voir bientôt apparaître de vrais projecteurs entièrement à LED. Pour l'instant un éclairage combiné Xénon-LED reste au niveau performance et sécurité la meilleure solution.

4 Application routière

Il est difficile de montrer une réelle différence entre les divers types d'éclairage sans les voir réellement, malgré cela on peut quand même relever quelques propriétés intéressantes. L'éclairage des projecteurs automobiles est assez compliqué. Ils doivent pouvoir éclairer un maximum de surface sans pour autant représenter un risque d'éblouissement pour des véhicules arrivant en sens inverse. L'éclairage est donc divisé en plusieurs zones.

Sur cette représentation schématique on peut observer que l'éclairage n'est pas focalisé sur une partie circulaire mais bien réparti en zones :



Un maximum de surface est couvert sur les 30 premiers mètres devant le véhicule. Puis un faisceau concentré sur la droite de la route s'étend jusqu'à environ 60 [m]. Il est facile d'observer cette dissymétrie d'éclairage en se plaçant à quelques mètres d'un mur on peut constater que les dessins créés par les projecteurs ne sont pas identiques. Pour réaliser ce phénomène les optiques de phares ne sont pas identiques. De plus leur réglage diffère légèrement. Les miroirs et les lentilles ne sont pas isométriques.

5 Diverses applications optiques

On trouve des technologies qui se rapprochent de l'optique dans divers applications. Par exemple des rétroviseurs qui se teintent automatiquement si une source de lumière trop forte est détectée.

Certaines marques proposent des systèmes de vision nocturne qui permettent de mettre en évidence piétons et cyclistes.

Des affichages dit « tête haute » commencent à se répandre. Cette technologie plus connue en aéronautique permet au conducteur d'avoir des paramètres afficher sur son pare-brise ce qui évite de détourner son regard de la route.

Certains constructeurs, par exemple, Saab n'hésitent pas à utiliser des réseaux de fibres optiques pour la transmission d'informations dans leurs véhicules.

6. Conclusion

Pour ma part ce travail a été intéressant. Depuis déjà fort longtemps je suis passionné par le domaine automobile. J'ai aussi eu la chance de pouvoir trouver un travail de diplôme dans ce domaine. Il consistera à optimiser un véhicule afin de le rendre moins gourmand en énergies. C'est pour cela que j'ai choisi de me pencher sur l'optique dans l'automobile. Depuis plusieurs années on nous parle d'économie de carburant et par conséquent de lampes économiques. Je voulais donc me rendre compte par moi-même du réel effort entrepris dans cette direction. Je me suis vite malheureusement aperçu qu'il était très difficile d'obtenir des données techniques fiables pour comparer d'une manière scientifique les différents systèmes. De plus il existe autant de systèmes qu'il y a de marques et de modèles de voitures. Je me suis donc borné aux généralités qui sont sur. Si le sujet était à redéfinir je me serai focalisé sur la technologie Xénon qui est complexe tant au niveau optique que mécanique.

Cas pratique, j'ai pu essayer les différents systèmes, de divers marques et constater les différences. J'ai surtout retenu qu'un vrai plus est amené par les systèmes Xénon hauts de gammes. Il améliore d'une manière significative le confort et la sécurité de nuit. Actuellement des ampoules halogènes sont proposées en version bleutée (imitation Xénon) et ce genre d'ampoules ne m'ont pas convaincus.

Je me suis aussi aperçu durant ce travail de recherche qu'une forte progression des optiques de phares est en marche depuis environ 5-6 ans. Il reste encore beaucoup de progrès à faire tant techniques que pour baisser les prix des composants actuels.

Il aurait été aussi intéressant de pouvoir démonter un système halogène et Xénon pour les comparer. Malheureusement ses pièces sont excessivement chères et difficiles à trouver.

Pour moi ce sujet était nouveau. J'ai pu me documenter et j'aurai maintenant un œil plus critique le concernant.

Estoppey Simon