

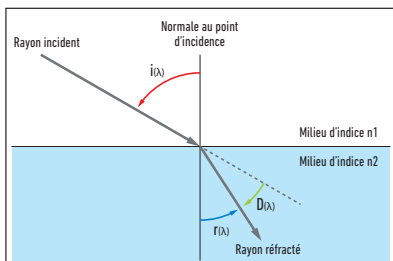


OLIVIER BALAGNA

# La lentille plan-convexe

*Les systèmes optiques des luminaires de spectacle semblent présenter peu d'intérêt. Comme si leur action et leur efficacité coulait de source. À tel point que de nombreuses documentations techniques d'appareils ne mentionnent même pas le nombre et le type de lentilles qu'ils comportent. C'est pourtant un des éléments essentiels de la qualité de l'éclairage. La plus connue est sans doute la lentille plan-convexe. Mais, hormis son nom et l'appareil qui en conserve les initiales, l'est-elle tant que ça ? Quelles sont donc ses propriétés ? Quels sont aussi ses défauts contre lesquels luttent les bureaux R&D ?*

Une des particularités des rayonnements lumineux, c'est de pouvoir traverser intégralement des milieux hétérogènes tels que le vide, l'air, l'eau, le verre ou certains matériaux tels que le polyester ou le polycarbonate. Mais le passage d'un milieu à l'autre n'est pas sans effet. Si la longueur d'onde des rayonnements n'en est pas affectée, leur vitesse et leur direction le sont invariablement. Cette modification est liée à la différence de masse volumique des matériaux traversés. Celle-ci va notamment déterminer l'importance de la déviation des rayonnements par rapport à leur direction initiale. Ce phénomène physique est appelé réfraction. Chaque matière qui laisse passer la lumière possède ainsi un indice nominal de réfraction  $n_0$ . C'est sur cette propriété réfringente que repose le fonctionnement des lentilles de verre qui constituent une partie du système optique de nombreux luminaires.



Dans un matériau transparent (ou dispersif), chaque rayonnement subit une déviation  $D(\lambda)$  qui est fonction de son indice nominal de réfraction.

### PRINCIPE DE LA LENTILLE PLAN-CONVEXE

La lentille plan-convexe est sans aucun doute la plus utilisée dans les appareils de spectacle. Elle a fourni ses initiales à ce projecteur plus que centenaire qu'on appelle PC. L'une de ses surfaces est plane tandis que l'autre est incurvée vers l'extérieur. Suivant la loi de la réfraction, un rayonnement qui la traverse se trouve deux fois dévié, lorsqu'il pénètre dans la lentille puis lorsqu'il en ressort pour retourner dans l'air, c'est-à-dire à chaque changement de milieu. Cette déviation est déterminée par deux facteurs : l'indice de réfraction du verre qui peut varier de 1,490 à 1,700 selon les procédés de fabrication utilisés (une absence de réfraction correspondant à un indice 1) et la courbure de la face convexe. Mais quels que soient l'un et l'autre, la lentille plan-convexe produit toujours une convergence des rayons. Ce qui est précisément l'effet recherché par tout projecteur qui se veut directionnel. Plus la courbure de la surface convexe sera importante, plus la lentille sera convergente.

La déviation s'opère pour tout rayonnement qui pénètre dans la lentille ou en sort selon une direction qui s'écarte de la perpendiculaire ou de la tangente à sa surface. En sorte que même les rayonnements qui atteignent perpendiculairement la surface plane – qui fait face à la source – sont nécessairement déviés lorsqu'ils atteignent la surface convexe et convergent tous vers un point de son axe

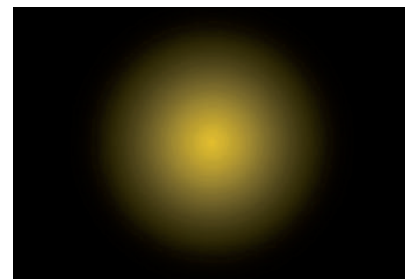


© DR

optique situé à l'extérieur du luminaire. Ce point de convergence est nommé distance focale. Dans le cas de la lentille plan-convexe, cette distance est toujours positive, ce qui signifie que ce point théorique se situe, par rapport à la lentille, du côté opposé à la source (à la différence d'une lentille concave).

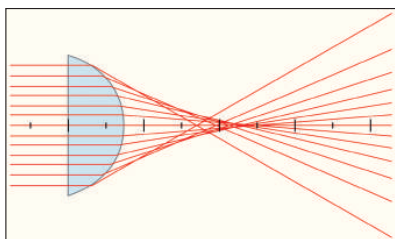
### PARTICULARITÉS DE LA LENTILLE PLAN-CONVEXE

Le principe de base d'une lentille plan-convexe repose sur la parfaite sphéricité de sa surface convexe. Vue en coupe, la ligne incurvée dessine donc une portion régulière de cercle. Mais cette caractéristique engendre une conséquence importante au niveau de la direction des rayonnements réfractés.



Le « point chaud » obtenu avec une lentille plan-convexe sphérique traditionnelle. Avec ses avantages et ses inconvénients.

© DR



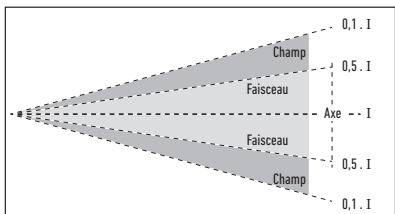
L'aberration géométrique caractéristique de la lentille plan-convexe sphérique : elle concentre davantage les rayonnements convergents qui sont les plus proches de l'axe optique et augmente leur distance focale.

En effet, ceux-ci ne convergent pas d'une façon équidistante : ils sont, au contraire, de plus en plus concentrés à mesure qu'ils se rapprochent de l'axe du faisceau. Ce phénomène physique est bien connu des éclairagistes qui désignent cette zone centrale de forte concentration par l'expression « point chaud ».

Cette répartition spatiale inhomogène et progressive de la lumière émise conditionne la mesure photométrique de l'éclairage. Selon une convention largement admise par les fabricants, on définit deux types d'angles : l'angle de champ et l'angle de faisceau. L'angle de champ est celui à l'intérieur duquel l'intensité lumineuse mesurée est supérieure ou égale à 10% de l'intensité maximale obtenue dans l'axe. L'angle de faisceau est celui à l'intérieur duquel la mesure est supérieure ou égale à 50 % de cette même intensité lumineuse maximale. L'essentiel de la zone d'éclairage exploitable se situe dans l'angle de faisceau mais la mesure photométrique de l'éclairage est établie dans l'angle champ.

### AVANTAGE ET INCONVÉNIENT D'UNE CONVERGENCE INHOMOGÈNE

Cette propriété optique de la lentille plan-convexe présente un avantage : lorsqu'on



La progressivité de l'éclairage définit l'angle de champ et l'angle de faisceau. Ce dernier repose sur le principe de la « demi-intensité ».

veut éclairer une vaste zone en juxtaposant les faisceaux de plusieurs projecteurs, il est possible de les superposer partiellement – ce qui compense la dispersion périphérique du flux – et d'obtenir ainsi une surface quasi homogène où les variations d'éclairage deviennent peu perceptibles. Mais elle présente dans certains cas un inconvénient majeur : lorsqu'on n'utilise qu'un seul appareil et que l'on souhaite obtenir un éclairage homogène sur toute la zone éclairée, on se heurte à cette particularité de la lentille plan-convexe et à la présence du « point chaud » qui rend l'opération impossible.

L'autre facette de cette propriété concerne le point de convergence des rayonnements. Selon la distance par rapport à l'axe optique à laquelle se situent les rayonnements, leur point de convergence sera plus ou moins éloigné de la lentille, produisant ce que l'on appelle une aberration géométrique. En pratique, cela se traduit par une absence de netteté de l'image produite. Dans le cas d'un simple PC, l'ombre projetée d'un corps ou d'un objet ne sera jamais précise. Dans le cas d'une découpe constituée de plusieurs lentilles plan-convexes permettant de faire le « point », la netteté restera imprécise et se doublera d'une aberration chromatique, liée au fait que l'angle de réfraction varie avec la longueur d'onde. C'est cet ensemble de problèmes qui a, par exemple, poussé le fabricant Robert Juliat à modifier le nombre et le type de lentilles utilisées dans ses

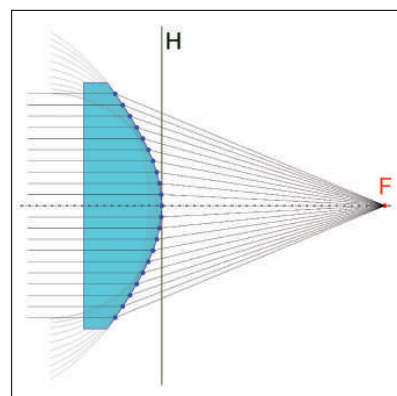


La découpe ADB DW105 38°-57° de la série Europe possède un condenseur asphérique de 68 mm de diamètre qui rééquilibre l'homogénéité de l'éclairage.

découpes de la série S et à créer la série SX, qui a pour principale caractéristique de ne plus avoir de « point chaud » et d'offrir un éclairage homogène sur toute la surface du faisceau.

### DE LA LENTILLE PLAN-CONVEXE À LA LENTILLE ASPHÉRIQUE

L'une des solutions adoptées par les fabricants pour homogénéiser la répartition spatiale des rayonnements et réduire les aberrations géométrique et chromatique consiste à modifier la courbure de la surface frontale de la lentille ou d'une des lentilles du système optique des luminaires. Dès lors, celle-ci n'est plus sphérique mais asphérique. La courbure de la surface frontale varie progressivement à partir du centre de la lentille jusqu'à son bord. Plus l'on s'éloigne de l'axe optique, moins la sphère se referme obligeant les rayonnements les plus extérieurs à moins converger. La forme de la lentille est alors calculée pour que la distance focale soit la même pour tous les rayonnements. C'est le cas des barillets optiques 19°, 26° et 50° des Source Four de ETC (le barillet 36° utilisant un autre système, couplant une lentille bi-convexe avec un ménisque convexe). C'est également le cas du condenseur de 68 mm des découpes ADB de la série Europe. C'est encore le cas de celui de la série SX de Robert Juliat qui est, de plus, associé à une lentille bi-convexe.



La lentille asphérique permet de réajuster la distance focale et de rétablir l'équidistance des rayonnements convergents.