

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Marette, Jacques (ingénieur ; 18..-19..)
Titre	La lumière dans la projection cinématographique
Adresse	Paris : Gauthier-Villars & Cie, imprimeurs-éditeurs, 1933
Collation	1 vol. (VIII-132 p.) ; 20 cm
Nombre d'images	144
Cote	CNAM-BIB 8 Ke 721
Sujet(s)	Cinéma -- Éclairage Lumière Projecteurs (appareils de projection)
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8KE721

8°

Ke
721

8 KE 721

Jacques MARETTE

Ingénieur
des Arts et Manufactures.



La
Lumière

dans la

Projection

Cinématographique



GAUTHIER-VILLARS & C^{ie}, Imprimeurs-Éditeurs
55, Quai des Grands-Augustins, 55, — PARIS (6^e)

1933

La
Lumière
dans la
Projection
Cinématographique

Imprimerie Gauthier-Villars et C^{ie}
55, quai des Gds-Augustins, Paris

95051

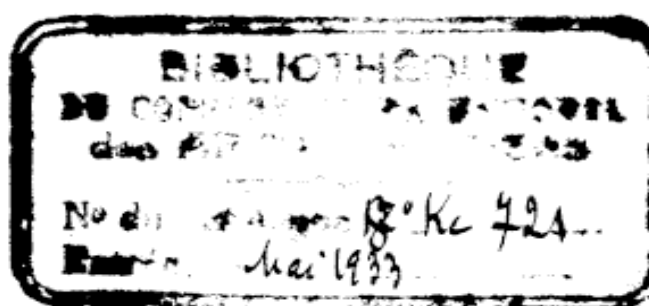
8° Ke 721

Jacques MARETTE

Ingénieur
des Arts et Manufactures.



La
Lumière
dans la
Projection
Cinématographique



GAUTHIER-VILLARS & C^{ie}, Imprimeurs-Éditeurs
55, Quai des Grands-Augustins, 55, — PARIS (6°)
1933

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés
pour tous pays.

Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

AVANT-PROPOS

Il a paru dans ces dernières années en France et à l'Etranger de nombreux ouvrages, brochures ou articles de presse traitant de la projection cinématographique.

Ces documents généralement très spécialisés ne visent que des points bien déterminés de la projection : ils n'ont été écrits que pour des techniciens et l'on chercherait en vain à en dégager une vue d'ensemble de la question.

L'exploitation cinématographique elle-même, en dehors des grands circuits qui possèdent parfois des embryons de services techniques, demeure sans directives, complètement abandonnée à elle-même, c'est-à-dire réduite aux seules connaissances que les gens du métier ont pu acquérir au cours d'une longue pratique. C'est pourquoi on voit si souvent se produire de grossières erreurs, commises la plupart du temps par des personnes nouvelles, donc mal préparées à la résolution des problèmes si particuliers que l'on rencontre dans l'installation et la conduite d'une salle de projection.

Or, comme toutes les industries nouvelles dont la croissance a été très rapide, le cinéma, par son extérieur prestigieux et brillant, produit une attraction considé-

nable sur une foule de gens qui ne possèdent souvent pour tout bagage que leur bonne volonté et leur enthousiasme mais qui en ignorent totalement les premiers principes.

Il n'est nullement dans notre intention de médire des praticiens et nous n'étonnerons personne en disant que la partie la plus importante des connaissances de l'ingénieur est justement constituée par la pratique.

Nous n'avons donc pas l'ambition de penser que cette étude remplacera les connaissances lentement acquises au bout de longues années de labeur par les vieux exploitants, mais nous pensons qu'elle pourra aider dans leurs travaux les architectes, les ingénieurs qui ont été conduits depuis peu à s'occuper du cinématographe et aussi les vieux exploitants eux-mêmes, qui pourront sans doute y trouver l'explication de quelques-uns des phénomènes qui auraient pu les frapper et peut-être les moyens d'améliorer leur projection; bien souvent en effet, absorbés par la routine journalière et les soucis de la programmation, les exploitants ne trouvent pas le temps nécessaire pour approfondir la technique de leur Art et ne savent d'ailleurs où puiser cet enseignement.

Or actuellement le public devient de plus en plus exigeant, même dans les petites villes de province, car, en raison de la facilité avec laquelle on se déplace aujourd'hui, il est à la portée de beaucoup d'établir des comparaisons.

Avec l'avènement du cinéma parlant qui depuis

quelques années a révolutionné l'exploitation, la cinématographie proprement dite est passée au deuxième plan, il semble même que la tendance à négliger les questions touchant la projection pure s'accroît, ce qui est une grande erreur car le plaisir des yeux vaut tout autant, pour ne pas dire mieux, que celui des oreilles.

Nous n'avons nullement, dans cet Ouvrage, la prétention de rassembler la totalité des connaissances relatives à la technique de la projection; nous avons donc laissé de côté tout ce qui nous paraissait être de pratique courante, nous efforçant seulement de faire ressortir les principes mêmes de la projection lumineuse en nous appuyant sur les connaissances de la physique de la lumière et de l'optique physiologique dans le but de préciser les méthodes à suivre pour augmenter l'attrait que le public éprouve pour les spectacles cinématographiques; on verra par la suite que, le plus souvent, ce résultat peut être acquis simplement, ce qui peut se traduire « à peu de frais ».

Au cours de cette étude, nous avons été amené en particulier à rechercher la manière dont le contraste de l'image, nous voulons dire le contraste apparent, celui qui est apprécié par l'œil, varie lorsque l'on fait usage pour la projection d'une puissance lumineuse plus ou moins forte.

Nous nous sommes heurté ici à une difficulté assez grande que tout d'abord nous n'avions pas soupçonnée, ayant pénétré dans un domaine peu exploré de la physiologie des sensations de l'œil.

Nous avons donc, pour éviter d'alourdir le texte, reporté en annexe à la fin de l'Ouvrage les déductions auxquelles nous avons été conduits, guidés dans cette recherche par les conseils éclairés de hautes personnalités scientifiques que nous tenons à remercier ici tout particulièrement.



LA LUMIÈRE

DANS

LA PROJECTION CINÉMATOGRAPHIQUE

CHAPITRE I.

GÉNÉRALITÉS. — PRINCIPES DE LA VISION.

On entend souvent dire que le cinéma fatigue la vue, cela n'est vrai que lorsque la projection est mauvaise, par suite d'éclairage insuffisant, de flou, de scintillement, de manque de fixité, d'accumulation de fumée, etc., mais une projection effectuée dans de parfaites conditions est loin d'occasionner une fatigue; elle est bien au contraire un repos, une détente, pour la vue des spectateurs.

Quand l'œil perçoit un objet qui dans le cas général ne se trouve pas situé exactement dans l'axe de vision (vision directe) mais sur le côté (vision périphérique), il ne possède de cet objet qu'une idée vague de son éclat, de sa couleur, et surtout de sa forme, mais l'attention du cerveau étant éveillée et ce dernier désirant préciser cette première impression, par un mouvement résultant des réflexes de l'œil qui inconsciemment oriente

le globe de l'œil dans la direction utile, le regard se trouve dirigé, pointé, sur l'objet en question.

Dans cette position, la ligne qui va de l'objet au centre de la pupille de l'iris vient rencontrer une partie de la rétine particulièrement sensible correspondant au centre d'une petite dépression de cette dernière que l'on nomme fovéa (tache jaune de forme elliptique mesurant de $0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},4$).

Quand on maintient le globe de l'œil immobile, on ne perçoit vraiment bien distinctement que des portions d'objet de dimensions inférieures au $2/100^{\text{e}}$ de la distance de vision; pour percevoir des dimensions plus grandes il faut que, par un mouvement panoramique très rapide (quelques fractions de seconde) du globe, l'œil parcoure l'ensemble de l'objet considéré pour que le cerveau qui totalise les impressions reçues puisse en acquérir une idée précise.

La perception d'un objet s'accompagne d'un autre phénomène primordial qui est l'accommodation pour la distance, ou en d'autres termes, la mise au point du système optique de l'œil.

Cette mise au point s'opère également par réflexe, elle est indépendante de la volonté, elle s'impose, l'œil cherchant toujours automatiquement la plus grande netteté possible et éprouvant une gêne, une fatigue, s'il ne peut y parvenir.

Elle se produit par la contraction de petits muscles qui sertissent les bords du cristallin, ou organe lenticulaire de l'œil, cette contraction modifiant plus ou moins la courbure du cristallin donc la distance focale de l'ensemble du système optique formé par la cornée

transparente, le cristallin et les liquides intérieurs de l'œil.

Un œil normal peut s'accommoder depuis 20^{cm} environ jusqu'à l'infini.

La vision de l'image projetée sur l'écran s'opère donc sans fatigue si cette image est bien nette, suffisamment contrastée et éclairée, sinon, et en particulier si la netteté laisse à désirer, les efforts que l'œil tente pour accommoder demeurent stériles, la vision est gênée, l'œil fatigue.

Cette fatigue, déjà perceptible pour la vision d'images fixes, prend une importance accrue dans la vision des images animées, fugitives donc plus difficiles à saisir.

Nous nous occuperons donc ici principalement de la projection et des moyens à employer pour faciliter la perception des images animées et, par suite, la compréhension des sujets dans le but d'augmenter l'intérêt et l'agrément que le public prend à la vision des films.



CHAPITRE II.

QUALITÉS DE L'IMAGE-FILM.

La nature de l'écran, son éclairage et les conditions générales de la projection ne sont pas toujours seuls responsables de la mauvaise qualité du spectacle cinématographique, le film en a souvent sa part importante, mais ce genre de défaut tend à diminuer en raison des soins que l'on apporte actuellement lors de la prise de vue et dans le tirage des copies.

a. Influence du voile chimique des émulsions positives.

— Il y a lieu cependant d'attirer l'attention sur l'importance du voile chimique des émulsions positives employées au tirage des copies et sur l'influence qu'il exerce sur la luminosité et le contraste de l'image projetée.

On appelle voile chimique d'une émulsion le voile appréciable que prend cette émulsion quand on la développe le temps normal (environ 3 minutes) sans exposition préalable.

La valeur de ce voile s'exprime généralement par la valeur de la densité égale par définition au logarithme décimal de l'opacité.

L'opacité d'autre part est par définition le rapport entre la quantité de lumière éclairant le film, reçue par

lui et la quantité de lumière qui traverse le film et vient éclairer l'écran (y compris l'absorption due au rapport) :

$$\begin{aligned} \text{densité} &= \log_{10} \text{ de l'opacité,} & d &= \log_{10} O, \\ \text{opacité} &= \frac{\text{lumière reçue}}{\text{lumière transmise}}, \end{aligned}$$

inversement, on aura :

$$\text{lumière transmise} = \frac{\text{lumière reçue}}{\text{opacité}}.$$

Pour avoir la quantité de lumière ou l'éclairement de l'écran en un point il faut diviser la lumière éclairant l'écran sans images par l'opacité de l'image au point correspondant.

La densité du voile chimique varie d'une émulsion à l'autre; on peut rencontrer des variations allant de

$$d = 0,05 \text{ à } d = 0,10$$

et même au-dessus (support compris).

Considérons les opacités correspondantes :

$$\begin{aligned} d &= 0,05; & O &= 1,123; \\ d &= 0,10; & O &= 1,259. \end{aligned}$$

Considérons un éclairement d'écran de 100 lux (obturateur tournant).

Les blancs des images-film obtenues avec ces deux positives recevront des éclairagements respectifs de

$$(1) \quad \frac{100}{1,223} = 89 \text{ lux,}$$

$$(2) \quad \frac{100}{1,259} = 79 \text{ lux.}$$

Avec la première émulsion nous aurons donc une perte de 11 sur 100 lux, avec la deuxième la perte s'élève à 21 sur 100 lux.

On peut ainsi évaluer la perte notable de puissance lumineuse qui peut être causée par un voile chimique trop accentué.

Reprenons la valeur des éclairément respectifs de 89 et 79 lux.

Si nous considérons les grands noirs qui ont généralement des densités voisines de 2,5 soit des opacités d'environ 316 nous voyons que la densité du voile chimique n'en changera pas sensiblement la valeur :

$$316 \times 1,123 = 354,868 \quad (\text{pour 1}).$$

$$316 \times 1,259 = 397,864 \quad (\text{pour 2}).$$

les éclairéments des grands noirs seront :

$$\frac{100}{354,828} = 0,28, \quad \frac{100}{397,864} = 0,25,$$

donc des valeurs pratiquement identiques ⁽¹⁾.

Nous voyons donc que la valeur des noirs ne change pas tandis que celle des blancs varie de 11 % environ ; l'augmentation du voile chimique abaisse donc considérablement le contraste de l'image projetée ⁽²⁾.

On est tenté parfois dans les ateliers de tirage à uti-

⁽¹⁾ En réalité le voile ne monte pas dans les grandes ombres par suite de l'accumulation de bromure pendant le développement.

⁽²⁾ Il y a lieu de rappeler ici qu'avec le procédé d'inscription sonore à densité fixe, le volume du son étant fonction directe du contraste de l'image-son, une augmentation donnée de la densité du voile chimique affectera beaucoup plus ce volume qu'une diminution équivalente de la densité des noirs.

liser des émulsions présentant un voile trop accentué au tirage des titres, ce qui précède nous montre les conséquences de cette erreur, en effet les titres doivent présenter le maximum de contraste : il faudrait au contraire réserver ces émulsions pour des négatifs trop contrastés.

b. Contraste et opacités de l'image-film. — Le contraste et l'opacité des images sont encore déterminés par examens visuels dans les ateliers de tirage : cet examen visuel pour être efficace doit être effectué par projection dans une salle peinte en couleurs sombres et mates, donc absorbantes pour la lumière et sur un écran parfaitement blanc mat (peinture au blanc gélatineux, par exemple, que l'on a soin de renouveler souvent) et recevant un éclairage de 100 lux de l'appareil de projection lorsque son obturateur est arrêté et grand ouvert (donc 50 lux effectifs, obturateur tournant).

Cet éclairage de 100 lux correspond aux conditions de la grosse majorité des exploitations moyennes, il peut paraître suffisant actuellement, mais il est meilleur d'augmenter bien au delà la puissance lumineuse des lanternes de projection et nous en verrons plus loin les motifs.

c. Flou artistique. — Un défaut important que l'on rencontre encore dans certains films et que nous tenons à signaler en passant provient de ce que l'on appelle communément « le flou artistique ».

Ce genre fut mis à la mode par les producteurs américains pour les images de premier plan ; on réalisa ainsi mais seulement dans le cas de sujets très agrandis,

sensiblement immobiles, une tête par exemple, de très belles photographies; mais que penser des imitateurs qui, n'ayant pas saisi les raisons de cette technique, l'ont appliqué, mal à propos aux plans d'ensembles, brouillant ainsi les tableaux et obligeant les yeux des spectateurs à des efforts impossibles d'accommodation; ces metteurs en scènes et opérateurs qui ont voulu faire du flou artistique pour suivre une mode nouvelle ont appliqué brutalement une formule sans chercher plus loin, sans remonter aux causes premières.

Le flou dit « artistique » est encore souvent imposé à l'opérateur de prise de vues par l'âge de la Vedette.

C'est une erreur manifeste que de vouloir faire représenter une jeune femme de 20 ans par une artiste de 45 ans : le producteur se risque là dans une aventure qui aboutit toujours à des résultats lamentables, quels que soient d'ailleurs le talent de l'artiste et sa réputation théâtrale.

Le cinéma, malgré le film parlant, ne sera jamais du théâtre et nous pensons qu'il pourra lutter honorablement contre ce dernier à condition d'utiliser tous ses avantages; or l'un des principaux et qui constitue en quelque sorte sa caractéristique propre est d'obliger le spectateur à concentrer son attention, donc d'augmenter l'intérêt qu'il éprouve, par une présentation rationnelle des tableaux successifs qui lui sélectionne en quelque sorte l'action en la dépouillant de tous les détails inutiles; ceci entraîne naturellement l'emploi des premiers plans mais nécessite aussi de bonnes photographies qui rendront les sujets bien visibles et bien nets. Il est évident d'énoncer qu'un spectacle cinématographique doit être réglé de telle sorte que l'on facilite au public la

compréhension du scénario. De cette nécessité est venue la fortune des plans américains, qui, en grossissant les sujets sur l'écran, permettent ainsi de mieux saisir les jeux de physionomie des personnages.

Donc tous les efforts doivent tendre vers cette idée directrice : rendre la projection aussi nette et lumineuse que possible.

Cette opinion va sans doute contrarier quelques cinéastes qui ont cherché à imiter les procédés utilisés couramment par les peintres et dessinateurs, perdant ainsi de vue que le temps accordé pour contempler un tableau est en quelque sorte indéfini, et que l'imprécision voulue du dessin conduit le plus souvent à un effet artistique, parce que le cerveau tend à compléter les détails de l'œuvre, et engendre ainsi une impression de vie.

Les vues animées n'ont pas besoin de ce truquage qui lui est même des plus nuisible, il leur suffit de posséder un bon éclairage mettant en relief les personnages, des contrastes suffisants, une opacité moyenne réglée sur les possibilités d'éclairement des projecteurs et enfin une netteté aussi grande que possible des sujets se trouvant dans l'action. Cette dernière précision est importante car le reste du sujet, qui sert à donner l'ambiance et qui d'ailleurs est fixe, peut souvent rester dans le flou ou dans l'ombre.

d. Fondus. — On peut également critiquer pour les mêmes motifs une pratique presque universellement adoptée pour raccorder ensemble deux scènes de tableaux différents par ce que l'on nomme vulgairement en termes de métier « le fondu enchaîné ».

Par fondu enchaîné on désigne le fondu de deux tableaux l'un dans l'autre, soit de plans, soit de décors différents, de manière à provoquer ainsi la disparition progressive d'un tableau et en même temps l'apparition également progressive du tableau suivant .

Notons immédiatement que dans quelques cas, assez rares d'ailleurs, le fondu enchaîné participe directement à l'action et vient concourir à l'effet artistique. mais la généralisation de ce système et son emploi comme moyen de transition à tous les changements de tableaux est absolument néfaste pour la vision et souvent antiartistique.

Le premier résultat atteint en effet est que pendant 3 à 4 secondes la vision est complètement déroutée par la superposition des images qui engendre une impression de flou, tandis qu'au point de vue artistique on assiste à des superpositions inimaginables entraînant parfois des effets comiques qui détournent l'attention des spectateurs et altèrent les impressions qui leur sont inspirées par l'action du film.

Il faut reconnaître que beaucoup de metteurs en scène réagissent contre cette généralisation excessive et opèrent par exemple les changements de plans par rapprochements ou éloignements progressifs.

D'autres se servent du fondu simple qui produit le changement en deux temps, d'abord la disparition progressive du tableau jusqu'à l'écran noir, puis l'apparition du tableau suivant progressive ou non; dans ce cas les fondus peuvent être beaucoup plus rapides et les deux fondus successifs ne durent guère plus de temps qu'un seul fondu enchaîné.

e. *Les sous-titres.* — Avec les films parlants la suppression des sous-titres est venue augmenter encore l'emploi abusif du fondu enchaîné, que certains appliquent systématiquement.

On peut en passant se demander pourquoi les sous-titres ont été ainsi frappés d'ostracisme, il semble que souvent ils pourraient servir utilement à placer l'action du film, supprimer ainsi des phrases bien inutiles du texte ou même permettre tout simplement aux spectateurs dépourvus d'instruction générale de se mieux identifier avec cette action.

On voit par exemple dans un certain film, très réussi d'ailleurs, les deux principaux personnages partir en voyage, pour une direction inconnue, puis survient une vue d'intérieur qui est immédiatement classée comme un intérieur italien par les personnes ayant voyagé, mais les autres, et c'est la très grande majorité, sont incapables de savoir où l'action les a entraînés; leur attention est déroutée jusqu'à ce qu'une caractéristique évidente, le jargon d'une servante, leur suggère peu à peu qu'ils sont en Italie, et pendant tout ce temps l'action qui s'est poursuivie leur a échappé partiellement.

Les producteurs devraient penser un peu plus souvent que la grosse majorité du public du cinéma est peu instruite et, par suite, rendre l'action plus compréhensible.

Beaucoup de gens de métier eux-mêmes ont certainement pu remarquer qu'à la deuxième vision d'un film ils perçoivent quantité de détails intéressants qui leur avaient totalement échappé à la première vision.

Il faut donc rendre l'action aussi limpide que pos-

sible et, sans aller jusqu'à invoquer l'autorité d'un Bossuet, se bien pénétrer de ce que le caractère artistique d'une œuvre ne procède pas obligatoirement de son obscurité comme beaucoup de modernes paraissent le croire.

Donc clarté dans la projection et limpidité dans l'histoire sont les deux qualités dominantes qui permettront aux spectateurs de suivre l'action avec le maximum d'intérêt.



CHAPITRE III.

ÉCLAIREMENTS PARASITES.

Transportons-nous, par la pensée, dans une salle moderne ; le spectacle va commencer, la salle est encore éclairée, puis viennent les jeux de lumière plus ou moins variés mais qui font passer progressivement la salle de la pleine lumière à l'obscurité, condition importante qui a pour but d'épargner une fatigue inutile aux yeux des assistants.

Au moment où commence la projection, tous les regards sont dirigés sur l'écran. Cependant, au cours de la projection, regardons et étudions la salle ; l'obscurité est loin d'y être complète, nous voyons en premier lieu que certains motifs sont restés allumés, suivant en cela les prescriptions des autorités de la police qui exigent que la salle ne soit jamais, même en cas d'arrêt brusque du secteur électrique, plongée dans l'obscurité, il existe donc un éclairage dit « de secours » alimenté par accumulateurs qui permet de donner une lumière suffisante en cas d'accident pour assurer l'évacuation de la salle,

une portion de cet éclairage reste le plus souvent allumé pendant le spectacle afin que le public entrant ou sortant puisse se diriger.

Eteignons cet éclairage un instant en continuant à regarder la salle, éteignons même les lumières de l'orchestre puisque ce pseudo-mort renaît malgré les hauts parleurs; tout est maintenant éteint sauf la lanterne de projection et pourtant les masses de la salle restent parfaitement perceptibles; en effet, l'écran illuminé par la projection brille et éclaire à son tour la salle. Si nous nous trouvons dans une salle dont la décoration est claire ou même blanche (il y en a encore), l'œil du spectateur est fortement gêné et distrait par cet éclairage.

Le cinéma puise en effet une partie importante de son attraction dans le fait que, les spectateurs étant plongés dans l'obscurité, les regards se dirigent forcément vers le seul point lumineux, l'écran, créant ainsi une attention soutenue qui porte l'intérêt à son maximum. Le théâtre a d'ailleurs appliqué ce principe et le grand metteur en scène qu'était le compositeur allemand Wagner s'en servait déjà presque constamment dans ses dernières œuvres telles que l'Anneau de Nibelung, Tristan et Yseult, etc.

La première conclusion à tirer est que la décoration de la salle doit être de tonalité foncée, absorbante pour les lumières, et il est facile de composer ainsi des ensembles harmonieux.

Le tableau ci-après donne le pourcentage de la quantité de lumière (radiations lumineuses totales) qui sont absorbées par différentes couleurs :

TABLEAU I.

Couleurs.	Lumière absorbée en %.
Blanc.....	20 à 33
Ivoire.....	30 à 34
Crème.....	28 à 44
Jaune paille.....	33 à 45
Jaune.....	41 à 66
Brun.....	59 à 73
Vert clair.....	33 à 57
Vert foncé.....	78 à 90
Bleu clair.....	45 à 69
Rouge clair.....	45 à 68
Rouge foncé.....	73 à 88
Gris.....	43 à 85

On remarque que les couleurs sombres telles que vert foncé, rouge foncé ou gris foncé, absorbent une portion considérable de la lumière qui les éclaire; leur brillance est atténuée d'autant.

De plus la lumière qu'elles diffusent contient peu de lumière blanche, elle est presque totalement dépourvue de rayons bleus et violets, elle tendra donc à faire opposition avec la lumière blanche violacée de la projection.

a. Les éclairements parasites de l'écran. — Si l'éclairément d'une salle trop claire par l'écran distrait les spectateurs, il nuit également à la projection par la réverbération qu'il produit sur l'écran diminuant ainsi les contrastes du sujet : cet inconvénient est beaucoup plus grave qu'on ne pourrait le supposer.

En effet, la projection est formée par des taches plus

ou moins lumineuses se détachant sur fond noir; si l'écran reçoit une certaine quantité de lumière parasite, les grands noirs disparaissent et la gamme de tons dont dispose la photographie se trouve amputée, défaut d'autant plus grave que la lumière, donc l'éclairement des blancs, est limitée.

Ce qui précède, nous montre l'intérêt primordial qu'il y a à réduire autant que possible tout éclairement parasite de l'écran, qu'il vienne de l'orchestre ⁽¹⁾, de l'éclairage de la salle ou de la décoration.

Ces recommandations pourront paraître superflues à beaucoup; mais néanmoins que chacun examine son établissement par la méthode suivante et il sera certainement surpris de ses constatations.

b. Eclairements parasites provenant de la salle. — Pour cet examen plaçons-nous au milieu de l'orchestre, et, pour obtenir une obscurité complète, fermons toutes les ouvertures donnant sur la salle et éteignons toutes les lumières; regardons ensuite dans la direction de l'écran : des taches lumineuses apparaîtront souvent provenant de fissures insoupçonnées qu'il faudra obturer (cet examen devra être effectué au cours d'une journée bien éclairée).

Ensuite allumons successivement chaque lampe sans oublier les lumières des couloirs d'accès, de l'orchestre

(1) On peut citer à ce sujet une soirée de gala donnée il y a quelques années dans un important théâtre de Paris pour la présentation d'une production étrangère qui avait été lancée avec des frais énormes et une publicité tapageuse, la lumière de l'orchestre éclairait à ce point l'écran que les noirs étaient dégradés du haut vers le bas de l'image, détruisant la qualité de cette dernière.

ou des coulisses de scène qui peuvent être allumées pendant la projection; supprimons successivement toute cause d'éclairement direct de l'écran ou du cadre de scène et les réflexions trop intenses.

L'éclairage convenable des partitions d'orchestre est un problème délicat, il doit être suffisant pour la lecture de la musique, ne doit jamais projeter de rayons parasites directs ni dans les yeux des spectateurs ni dans la direction de l'écran, mais aussi les faces éclairées des partitions d'orchestre doivent être entièrement masquées aux spectateurs et à l'écran.

L'emploi de réflecteurs concentrant la lumière uniquement sur les partitions n'est donc pas suffisant; il est bon d'adjoindre aux pupitres des cloisonnements latéraux, ce qui quelquefois ne va pas sans difficulté à cause de l'étroitesse des fosses d'orchestre et de l'esprit routinier du personnel. Une excellente solution, quand la forme de la salle s'y prête, est de placer l'écran au fond de la scène la partie blanche encadrée de velours noir. Dans cette position, l'écran reçoit le minimum d'éclairages parasites de l'orchestre ou de la salle. On peut d'ailleurs améliorer encore cette disposition en plaçant de part et d'autre de la scène et en avant de l'écran sur plusieurs plans parallèles des pendrillons de velours noir ou d'une teinte foncée mais dont l'envers, la face tournée vers l'écran, doit être obligatoirement noire pour éviter toute réverbération lumineuse sur cet écran.

On ne saurait trop insister sur l'importance qu'il y a à ce que l'écran se détache sur un fond aussi noir et sombre que possible.

Pour nous en rendre compte, prenons deux morceaux

d'un papier gris et plaçons-les sous un même éclairage, l'un sur un fond blanc, l'autre sur un fond noir, le premier paraîtra plus foncé que le second.

Une même brillance peut donc donner des impressions visuelles différentes.

En particulier, l'écran blanc éclairé paraîtra plus lumineux sur un fond noir que sur un fond clair. Le meilleur fond sera constitué par du velours noir. Si l'on tient cependant absolument à un fond de couleur, choisir un rouge foncé, un grenat par exemple, en se rappelant que la couleur du fond tend à faire paraître l'objet éclairé de la couleur complémentaire.

c. Eclairements parasites provenant de la cabine. — Pour continuer notre examen, toutes les lumières de la salle étant éteintes, allumons celles de la cabine comme pendant la projection d'un film mais sans allumer les arcs; il faudra déplacer ou masquer les lumières éclairant la cabine, y compris les fenêtres donnant sur l'extérieur, jusqu'à ce que l'écran reste uniformément noir.

Allumons ensuite successivement les arcs et projecteurs en nous servant d'un film à images noires ou bien en plaçant dans le couloir du projecteur un ruban de clinquant masquant complètement la fenêtre: on sera surpris dans beaucoup de cas de la lumière parasite qui passe à travers le projecteur et vient éclairer soit l'écran soit la salle.

d. Eclairement parasite provenant de l'objectif. — Lorsque toute lumière parasite aura été supprimée par des retouches effectuées au projecteur lui-même il restera encore la lumière diffusée par l'objectif, mais on

ne peut rien contre ce défaut, on doit se contenter de l'atténuer en choisissant avec soin l'objectif dont il faut maintenir propres les faces des lentilles et entretenir le vernis noir mat du tube intérieur.

Il est facile de se rendre compte de la quantité importante de lumière qui se trouve diffusée par l'objectif; pour cela, l'observateur se placera contre le cadre d'écran éclairé par le projecteur mais en dehors du cône lumineux et regardera alors l'objectif, ce dernier apparaîtra comme un point lumineux. L'objectif diffuse en effet de la lumière dans la direction de l'écran, éclairant en particulier les grands noirs et produisant ainsi un affaiblissement des contrastes.

Cette diffusion de la lumière provient :

1° Des réflexions sur les surfaces (dioptries) air-verre des lentilles de l'objectif;

2° Des reflets sur les parois internes de la monture de l'objectif;

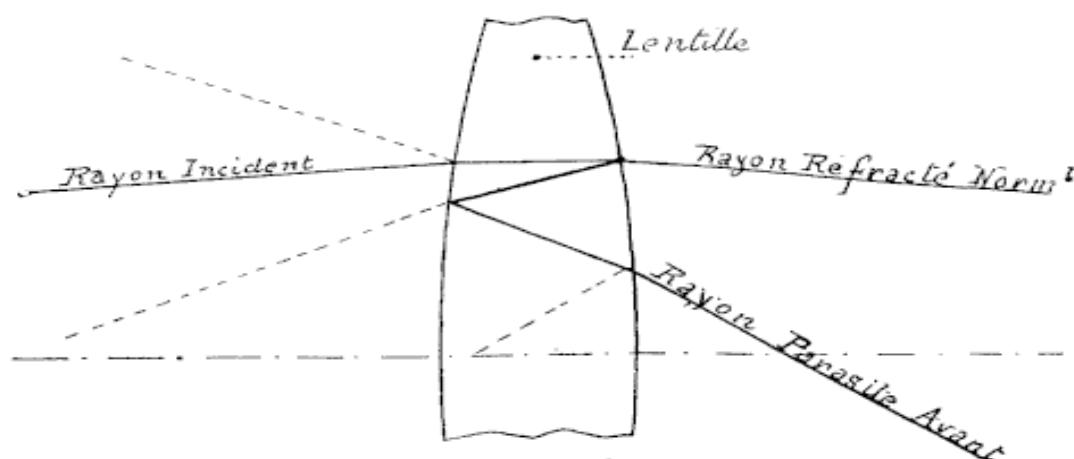
3° De la diffusion sur les particules de matières étrangères (bulles d'air) dans les verres de l'objectif ou sur des défauts de surfaces (rayures et polissage imparfait).

Les réflexions sur la surface des dioptries air-verre sont facilement mises en évidence dans la figure 1 ci-après.

Le rayon incident traverse le premier dioptre, puis en majeure partie, sort de la lentille par le deuxième dioptre pour former le rayon réfracté normal, mais une certaine proportion de lumière, 0,04 environ de la lumière incidente (pour une face parfaitement polie et une matière d'une transparence parfaite), est réfléchie

sur la face interne du deuxième dioptré, puis 0,04 de cette lumière réfléchiée est renvoyée par une deuxième réflexion dans la direction avant pour former le rayon

Fig. 1.



parasite, la quantité de lumière ainsi réfléchiée deux fois de suite est donc $0,04 \times 0,04 = 0,0016$.

Dans le cas d'un objectif comprenant n lentilles ou n groupes de lentilles collées soit donc $2n$ surfaces air-verre, la quantité de lumière renvoyée vers l'avant par double réflexion (en négligeant les réflexions d'ordre supérieur) est donc donnée par la formule

$$0,04^2 \times [1 + 2 + 3 + 4 + \dots + (2n - 1)] = 0,04^2 \times n(2n - 1),$$

pour quatre groupes de lentilles, par exemple, on a

$$0,04^2 [4(2 \times 4 - 1)] = 0,0448.$$

L'éclairement moyen d'un écran, pour un cliché ordinaire est environ le quart de l'éclairement total.

Par exemple pour 100 lux d'éclairement effectif (obtu-

rateur tournant) 25 lux, l'éclairement parasite de l'écran serait donc de l'ordre de $25 \times 0,0448 = 1,12$.

Cette valeur devait être un maximum parce que la dispersion de la lumière par réflexion se produit suivant un angle très supérieur au cône de projection de l'image et que la formule précédente ne tient pas compte de la courbure des faces des lentilles et de la lumière perdue dans les parois internes de la monture de l'objectif et ne serait rigoureusement vraie que pour des faces planes perpendiculaires à l'axe de projection, mais en pratique elle est toujours largement dépassée car d'autres facteurs entrent en jeu comme la diffusion de la lumière par les défauts intérieurs ou de surface des lentilles, et, la valeur de l'éclairement parasite provenant de l'objectif ⁽¹⁾ atteint généralement 12 % de l'éclairement moyen, c'est-à-dire dans le cas précédent (100 lux) :

$$\frac{12}{100} \times 25 = 3 \text{ lux } ^{(2)}.$$

On voit en passant pourquoi certaines combinaisons optiques dans lesquelles les corrections des diverses aberrations ont été poussées très loin en mettant en jeu un plus grand nombre de lentilles ne peuvent donner en projection que des résultats médiocres.

Les reflets sur les parois internes de l'objectif et de sa monture sont faciles à éviter par le vernissage en noir mat de ces surfaces.

⁽¹⁾ Pour un objectif de projection ordinaire genre Petzval.

⁽²⁾ Il n'est pas fait état ici de la lumière perdue du fait de l'objectif par réflexion, absorption ou diffusion car seules les pertes de contraste sont envisagées.

La diffusion de la lumière sur les particules de matières étrangères dans les verres de l'objectif ou à leurs surfaces dépend évidemment du soin apporté dans la fabrication; on ne peut complètement les éviter et ils varient en nombre et proportion d'un objectif à l'autre : c'est pourquoi il faut toujours faire l'essai des objectifs avant de les adopter.

On rencontre dans la masse des verres des corps étrangers, poussières, bulles d'air, stries et à la surface des rayures plus ou moins polies, des grains, des piqûres, etc., il faut avoir soin de ne pas les aggraver par des défauts de propreté ou d'entretien : une seule empreinte digitale très accentuée peut, par exemple, réduire de moitié le contraste de l'image projetée, de même les poussières ou la buée.

Un défaut important dans ses conséquences provient en particulier du polissage insuffisant des faces des lentilles, défaut qui engendre une diffusion de la lumière; le trouble apporté par ce défaut est certainement très supérieur avec les objectifs de projection courants à celui qui résulte uniquement de la double réflexion de la lumière sur les faces polies des lentilles, or les lumières parasites par réflexion et par diffusion s'ajoutent, et ont des valeurs très variables suivant les objectifs, il est donc absolument nécessaire de les essayer individuellement.

e. Choix des objectifs. — Il existe un moyen très simple de se rendre compte de la valeur d'un objectif en utilisant pour la projection un film à images toutes identiques et représentant un fin quadrillage de traits blancs sur un fond parfaitement noir : la régularité du

quadrillage, la netteté et la brillance ou l'éclat des traits blancs, enfin l'opacité du fond noir de l'image projetée seront autant de facteurs à considérer ⁽¹⁾.

Avec un objectif dépourvu d'aberration de sphéricité, le quadrillage devrait apparaître net sur toute la surface de l'écran : en réalité cette condition n'est jamais entièrement réalisée car il faudrait supprimer les rayons marginaux en utilisant un diaphragme de petite ouverture qui arrêterait une partie importante des rayons lumineux.

Avec un objectif dont la courbure du champ aurait été totalement corrigée, les traits blancs de l'image-écran devraient apparaître parfaitement nets aussi bien au centre que sur les bords de l'image.

Cette condition n'est d'ailleurs jamais réalisée complètement dans les objectifs de projection : rappelons que l'aberration de courbure augmente avec l'angle de projection (ou, ce qui revient au même, quand on utilise des objectifs de foyers de plus en plus courts).

Avec une distorsion bien corrigée, les traits blancs du quadrillage devront se projeter suivant des lignes droites parallèles.

Un objectif dépourvu d'aberration chromatique donnera des images où les traits blancs apparaîtront dépourvus de serts colorés.

Enfin, et ceci est très important, la luminosité des traits blancs devra être aussi grande que possible tout en conservant une bonne opacité du fond noir, ce qui

(1) Éviter d'employer des images fixes qui se déforment sous l'action de la chaleur même lorsqu'elles sont constituées par une mince feuille de métal perforé.

en d'autres termes peut s'exprimer ainsi : le rapport entre les opacités des noirs et des blancs, qui est toujours pour l'image-écran inférieur à celui de l'image-film, devra se rapprocher autant que possible de ce dernier ⁽¹⁾.

Cette condition se trouve, au point de vue de la réalisation pratique des objectifs, en contradiction avec les précédentes, il ne peut donc exister d'objectifs parfaits.

L'examen pratique recommandé précédemment permettra de se rendre compte d'une manière suffisamment précise de la valeur relative de plusieurs objectifs proposés et de choisir le meilleur.

f. Luminosité des objectifs de prises de vues. — On sait que la luminosité des objectifs de prise de vues s'exprime approximativement par F/N , ce qui veut dire qu'il faut diviser la distance focale F par N pour obtenir le diamètre de l'ouverture du diaphragme.

La quantité de lumière venant de l'objet qui peut passer par l'objectif pour venir former l'image est fonction de la surface de cette ouverture $\pi D^2/4$ ⁽²⁾ donc

⁽¹⁾ Dans son Ouvrage sur la « Formation de l'image photographique », Goldberg a exposé que la conservation des contrastes (ou des intervalles de luminosité) de l'image projetée dépend de ce qu'il appelle le brillant de l'objectif qu'il exprime par le rapport

$$R = \frac{\log E_b}{\log E_n},$$

où E_b serait l'éclairement de l'image projetée dans une zone du sujet correspondant à une opacité nulle (fenêtre sans image-film) et E_n l'éclairement de la même image dans une zone du sujet correspondant à une opacité absolue (une pastille opaque placée au milieu de la fenêtre sans image-film).

⁽²⁾ En réalité de l'ouverture de la pupille d'émergence.

proportionnelle au carré du diamètre du diaphragme, et, inversement proportionnelle à la surface de l'image, donc du carré des dimensions linéaires, donc aussi du carré de la distance focale F , au total,

$$D^2 \propto \frac{1}{F^2} \quad \text{ou} \quad \left(\frac{D}{F}\right)^2;$$

or

$$F = ND, \quad \frac{D}{F} = \frac{1}{N},$$

la luminosité est donc en réalité fonction de $(1/N)$ ⁽¹⁾.

Si nous avons un objectif et que nous fassions manœuvrer le diaphragme pour passer de l'ouverture $F/3,5$ à $F/5$ le rapport de luminosité s'exprime par

$$\frac{3,5^2}{5^2} = \frac{12,25}{25} = \frac{1}{2},$$

ce qui veut dire qu'elle a diminué de moitié.

g. Luminosité des objectifs de projection. — Dans le cas de l'objectif de projection, on ne peut raisonner de même, car nous n'avons plus affaire alors à un faisceau de lumière quelconque venant d'un objet, mais à un faisceau de lumière orienté par le système optique de la lanterne, le diamètre du diaphragme de l'objectif n'entre pas en ligne de compte directe à la condition essentielle de laisser passer la totalité des rayons ayant traversé la fenêtre du projecteur. On ne peut donc pas considérer la luminosité isolée de l'objectif de projec-

(1) En supposant le sujet à une distance très grande pouvant être confondue avec l'infini.

tion, mais celle de l'ensemble du système optique formé par le système condensateur, la fenêtre et l'objectif.

Le dispositif le plus lumineux sera donc celui qui embrassera la plus grande quantité de lumière émanant de la source, c'est-à-dire le cône lumineux d'angle maximum, et la condensera de façon à permettre de faire passer par la fenêtre et l'objectif la plus grande quantité de cette lumière.

h. Facteur de transmission des objectifs. — Mais ici intervient également un autre facteur dont dépend directement la luminosité des objectifs.

Nous avons vu précédemment qu'une certaine portion du flux lumineux reçu par l'objectif est renvoyée par double réflexion vers l'écran et constitue la lumière parasite provenant de l'objectif; de même une autre portion, encore plus importante, est renvoyée par simple réflexion en arrière, vers la source, ou vers les parois internes de la monture de l'objectif qui sont noircies à dessein pour éviter de nouvelles réflexions parasites; enfin une certaine quantité du flux lumineux incident est absorbée ou diffusée par la matière elle-même des lentilles.

Pour évaluer les pertes multiples par réflexion, absorption ou diffusion, on désigne par facteur de transmission d'un objectif quelconque le rapport entre le faisceau lumineux transmis et le faisceau incident :

$$t = \frac{F}{F_0} \text{ toujours inférieur à 1.}$$

Ce facteur est d'autant plus faible que le nombre de lentilles est plus grand et ces dernières plus épaisses.

Pour un objectif de projection genre Petzval, à

6 surfaces air-verre, le facteur de transmission est d'environ 0,65, c'est-à-dire que la perte de lumière est de 35 % ⁽¹⁾.

Il est utile à ce sujet de noter que, chaque fois que l'on intercale sur le trajet des rayons lumineux de projection une lame de verre à faces parallèles, parois de cuve à eau, glaces des volets de cabine, etc., cette lame absorbe environ 10 % du flux lumineux incident.

Toutes ces pertes de lumière, en venant diminuer l'éclairement de l'écran, agiront indirectement pour abaisser le contraste de l'image comme il sera expliqué dans la suite.

i. Lumière diffusée par l'image-film. — La lumière qui vient frapper l'image-film ne traverse pas intégralement cette image.

Le film comme chacun sait est formé de deux couches superposées, le support transparent constitué soit à base de nitro-cellulose (films dits en celluloïd), soit à base d'acétyl-cellulose (films dits ininflammables).

La couche de l'image proprement dite est constituée par de la gélatine et une petite quantité d'argent métallique en grains fins répartis suivant la densité de l'image. Ces grains d'argent proviennent de la réduction des grains de bromure d'argent qui formaient la couche sensible.

Il résulte de cette formation que la couche de gélatine

(1) En achetant un objectif, on devrait donc pouvoir connaître du fabricant la valeur du brillant de l'objectif et son facteur de transmission, comme on en connaît actuellement la distance focale et l'ouverture relative.

n'est pas complètement transparente ni homogène, sa surface en premier lieu est légèrement dépolie; la lumière en frappant tout d'abord cette surface de l'image sera donc diffusée par réfraction puis diffusée également dans l'intérieur de la couche principalement par les grains d'argent eux-mêmes.

Une certaine quantité de lumière qui traversera le film sera donc dispersée dans des directions diverses et totalement différentes de la direction théorique du faisceau de lumière incident. Une partie de ce faisceau de rayons inorganisés viendra rencontrer la face arrière de l'objectif et sera donc renvoyée par ce dernier dans la direction de l'écran.

j. Éclairement parasite total. — Tous ces éclairagements parasites provenant de la salle, de l'orchestre, de la cabine, de l'appareil de projection, de l'objectif ou du film, seraient peu importants considérés isolément, mais ils s'ajoutent naturellement pour donner un éclairage parasite total qui peut produire sur les grands noirs un éclairage représentant une fraction notable de l'éclairage total dont on dispose sur l'écran pour la projection.

Il est possible de mesurer directement dans une salle de projection la valeur de l'éclairage parasite total. On a trouvé par exemple que pour des salles courantes où l'éclairage effectif de l'écran est environ de 60 lux (obturateur tournant), l'éclairage moyen $60/4 = 15$ lux avec un film d'opacité ordinaire, la valeur de l'éclairage parasite peut être de l'ordre de 3 lux dont 2 lux environ proviennent de l'objectif seul.

Mais cet éclairage parasite peut atteindre des

valeurs très supérieures lorsque l'étanchéité de la cabine ou celle de la salle sont insuffisantes ou lorsque l'on projette en salle demi-éclairée, comme l'usage en a commencé malheureusement à se répandre.

Pour réduire au minimum les inconvénients résultant de la dispersion de la lumière par la cabine et l'ensemble du projecteur, objectif compris, il faut avoir soin de placer en avant de l'objectif, le plus loin possible, par exemple au droit des ouvertures de projection pratiquées dans la paroi avant de la cabine, un cache rectangulaire (ou légèrement trapézoïdal) qui est destiné à arrêter les rayons marginaux du cône de projection, sans cependant porter ombre sur la partie blanche de l'écran, mais de manière à ce que les rayons parasites diffusés par l'objectif ne viennent pas éclairer l'encadrement noir, ou même le cadre d'écran qui est de tonalités plus claires.

CHAPITRE IV.

INFLUENCE DE L'ÉCLAIREMENT DE L'ÉCRAN SUR LE CONTRASTE DE L'IMAGE PROJETÉE.

Examinons quelle doit être la puissance lumineuse la plus appropriée pour mieux faire valoir aux yeux des spectateurs les qualités des images cinématographiques.

Nous avons vu plus haut que le flux lumineux reçu par l'écran devait produire au minimum un éclairement de 100 lux (obturateur arrêté) il existe de nombreux appareils qui sont susceptibles de mesurer cet éclairement directement en lux (*voir* par exemple les luxmètres Philipps, Mazda, Filmograph, etc.) avec une possibilité d'erreur de 5 à 10 % environ, ce qui constitue dans notre cas une précision très suffisante. Un éclairement de 100 lux permet dans une salle moyenne une projection satisfaisante, à condition que l'on n'y fume pas ou qu'une bonne ventilation assure l'évacuation de la fumée. Il faut insister sur ce point, car la fumée qui vient souiller l'atmosphère de la salle agit d'abord en arrêtant une partie des rayons qui vont du projecteur à l'écran, ensuite les rayons qui vont de l'écran aux spectateurs, mais également en diffusant la lumière dans toutes les directions; la fumée produit donc une

diminution de la luminosité et de la netteté, et un abaissement des contrastes de l'image.

Cet éclairage de 100 lux a été déterminé par la pratique, il est suffisant dans la plupart des cas pour des distances de projection ne dépassant pas 25^m et peut être obtenu sans matériel coûteux au moyen d'une bonne lanterne à miroir (sans condensateur), et des charbons cuivrés de bonne qualité et de diamètre approprié à l'ampérage adopté, qui est fonction comme chacun sait de la dimension de l'écran.

On peut établir un rapprochement entre la valeur de cet éclairage de 100 lux, obturateur grand ouvert, ce qui représente environ 50 lux effectifs lorsque l'obturateur tourne (la somme des pales couvrant un angle d'environ 180°) avec quelques éclairages adoptés couramment par ailleurs :

Salles de classes.....	60 lux
Amphithéâtres.....	50 »
Ateliers.....	60 »
Bureaux ordinaires.....	40 »
Salles de dessin.....	100 »
Salles de couture.....	100 »

Ces éclairages sont naturellement mesurés à la place de travail; il faut par exemple que, dans un amphithéâtre, les assistants disposent d'un éclairage de 50 lux sur les tables de travail, les tableaux muraux, etc.

Dans les cinémas modernes, l'expérience a conduit à employer des éclairages effectifs très supérieurs de l'ordre de 100 à 150 lux, qui peuvent effrayer à première vue mais qui sont bien peu de chose comparés aux éclairages produits par la lumière solaire en rase cam-

pagne qui sont compris entre 1000 lux environ au coucher du soleil et 80.000 lux environ à midi par un beau jour de plein été.

Des éclairagements effectifs de 100 lux ne peuvent être obtenus que par l'emploi de lanternes à haute puissance utilisant des courants de 75 à 225 ampères (on s'est arrêté là pour le moment), ils permettent, tout en conservant dans la salle l'éclairage d'ambiance imposé par les autorités, d'augmenter dans des proportions insoupçonnées la qualité des photographies.

Au cours d'un voyage effectué aux Etats-Unis vers la fin 1924, j'avais été frappé déjà de la grande luminosité des écrans; à cette époque où l'on ne possédait pas encore les puissantes lanternes de projections actuelles, les Américains sacrifiaient délibérément la dimension des écrans pour concentrer la lumière sur une surface moindre.

Cette pratique a dû très certainement d'ailleurs accélérer l'emploi des premiers plans.

On sait que les films américains étaient devenus à cette époque moins contrastés que les nôtres; tandis que nous cherchions à améliorer la projection en employant des émulsions à grands contrastes donnant des images lumineuses, les films produits aux U. S. A. restaient de tonalité douce et très modelée, et donnèrent souvent sur nos écrans trop grands et peu lumineux des projections ternes.

Depuis nous sommes revenus de cette erreur et les films à grand contraste ne sont plus employés que pour des cas spéciaux tels que les appareils d'amateurs, ou de petite exploitation, pour lesquels la sécurité néces-

saire prohibe l'emploi de lampes à arc de charbon et impose les lampes à incandescence.

Il faut espérer que l'on arrivera un jour à améliorer suffisamment les lampes à incandescence, et même à mettre au point les lampes à arc de tungstène si négligées jusqu'à ce jour, pour donner à ces appareils ce qui leur manque encore, c'est-à-dire une lumière blanche et puissante.



CHAPITRE V.

RELATION ENTRE L'ÉCLAIREMENT DE L'ÉCRAN ET LA QUALITÉ DE L'IMAGE-FILM.

Comment tirer les films. — Si nous examinons plusieurs tirages d'un même négatif effectués à des lumières différentes, donc développés à des temps également différents, nous comparerons ainsi des images de même nature mais de contrastes inégaux.

Si nous sommes limités en lumière à la projection, comme dans le cas des appareils utilisant des lampes à incandescence, nous serons portés naturellement à suppléer au défaut de lumière en choisissant les films les plus contrastés afin de conserver aux blancs et aux demi-teintes les plus grandes luminosités possibles; mais dans ce cas nous savons que les détails des images seront très affectés, les grands noirs n'ayant été qu'incomplètement traversés au tirage par une lumière trop faible.

Si au contraire nous avons à notre disposition une lumière de projection puissante, nous choisirons des films de tonalités moyennes et mêmes douces, qui posséderont un modelé important; l'opacité moyenne de tels films sera très supérieure à celle des films contrastés, ils absorberont donc plus de lumière à la pro-

jection, mais cela sera sans inconvénient puisque ici nous sommes riches en lumière.

Cette abondance de lumière communiquera même, comme nous le verrons plus loin, un contraste accentué à l'image-écran et ceci est très important car les intervalles de luminosité de cette image seront en quelque sorte étirés vers les hautes lumières et, comme il est expliqué dans l'annexe placée en fin de cet ouvrage, ces intervalles de luminosité ainsi augmentés engloberont un plus grand nombre d'échelons de sensations de l'œil de telle sorte que pour les spectateurs l'image-écran apparaîtra non seulement plus lumineuse, plus brillante, mais aussi plus détaillée; les divers plans du sujet seront également plus distincts et le relief augmenté.

C'est ainsi que si l'on fait varier l'éclairement effectif de l'écran de 50 à 100 lux, on constate une amélioration remarquable de la projection qui est naturellement portée à son maximum avec des films positifs dont le tirage a été approprié à cette nouvelle lumière, c'est-à-dire dont les images sont suffisamment détaillées, tandis qu'au contraire avec des images dures, où les blancs et les noirs apparaîtront sans transition, la qualité de l'image-écran y gagnera sans doute en contraste mais pas en qualité.

Il existe donc deux méthodes pour obtenir sur l'écran de projection des images contrastées, la première qui est évidemment défectueuse est de se servir de positifs contrastés obtenus soit en partant d'émulsions positives dites à grands contrastes, ou encore d'orienter le tirage et le développement en conséquence, la seconde consiste à agir sur les conditions de la projection (par

la diminution des éclairément parasites et l'augmentation de l'éclairément de l'écran); nous pensons avoir démontré que par cette seconde méthode l'augmentation de contraste ainsi créée ne nuit pas à la qualité photographique, mais au contraire met en valeur tous les détails de l'image.



CHAPITRE VI.

VISION DE L'IMAGE-ÉCRAN.

Examinons maintenant de quelle façon agissent sur la vision les variations d'éclairement produites sur l'écran par la projection de l'image-film; en d'autres termes, quelles sont les sensations éprouvées par les spectateurs et comment varient ces sensations ?

On dit plus simplement en physiologie : comment la sensation varie-t-elle en fonction de l'excitation ?

On sait qu'une grandeur est mesurable quand on peut imaginer d'autres grandeurs doubles, triples,... de la première, en un mot des multiples ou sous-multiples, ce qui permet, la première grandeur par exemple étant choisie comme unité, d'évaluer les autres grandeurs par 2, 3....

La sensation que la lumière produit sur l'œil n'est pas une grandeur mesurable comme par exemple une longueur, une surface, un volume, un angle ou un temps, car il n'est pas possible de dire *a priori* que la sensation que l'on éprouve est double ou triple d'une autre.

Par contre, si nous considérons des grandeurs telles que le flux lumineux, l'éclairement, l'intensité lumineuse et la brillance, nous voyons qu'elles sont mesu-

rables et, en effet, l'unité de flux est le lumen ou flux lumineux émis par une bougie internationale dans un cône ayant pour ouverture l'angle solide unité; l'unité d'éclairement est le lux ou éclairement produit par un flux de 1 lumen tombant sur une surface unité de 1 m^2

$$1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2}.$$

L'unité d'intensité lumineuse est celle qui est donnée par une bougie internationale dans une direction déterminée; enfin l'unité d'éclat ou de brillance est le stilb qui est exprimée par la valeur de l'intensité lumineuse par unité de surface ou centimètre carré :

$$B = \frac{I}{S}.$$

Donc, avant d'aborder ce domaine complexe de la variation des sensations, étudions tout d'abord comment varie l'excitation, c'est-à-dire les brillances des différentes parties de l'image-écran en fonction de l'éclairement de cet écran et de l'éclairement parasite, dont nous connaissons par ce qui précède les origines et dont nous allons essayer de démontrer l'importance.

Considérons une image-film moyenne dont la densité des grands noirs atteint 2,5, c'est-à-dire une opacité de $O = 316$ ⁽¹⁾, et la densité des grands blancs 0,15, c'est-à-dire une opacité de $\omega = 1,4$ (intervalle de luminosités = 225:1).

Nous avons vu que l'éclairement d'un point de

⁽¹⁾ La densité est le logarithme de l'opacité; 2,5 est le logarithme de 316.

l'écran sera fonction de l'opacité du point correspondant du cliché :

$$\text{lumière transmise} = \frac{\text{lumière reçue}}{\text{opacité}}.$$

Nous aurons donc, pour un éclairement originel de 100 lux, les éclairagements d'écrans suivants :

$$\text{Grands blancs} \dots\dots\dots E_b = \frac{E}{\omega} = \frac{100}{1,4} = 71.$$

$$\text{Grands noirs} \dots\dots\dots E_n = \frac{E}{O} = \frac{100}{316} = 0,316.$$

Considérons le rapport

$$R = \frac{E_b}{E_n},$$

c'est-à-dire le rapport de l'éclairement des grands blancs à celui des grands noirs que nous appellerons facteur de contraste physique; nous voyons qu'il est égal au rapport des opacités de l'image-film :

$$R = \frac{E_b}{E_n} = \frac{\frac{E}{\omega}}{\frac{E}{O}} = \frac{O}{\omega}.$$

Donc, s'il n'y avait pas d'éclairement parasite, le facteur de contraste de l'image-écran serait constant quelle que soit la valeur de l'éclairement originel sans image et égal au rapport des opacités des noirs à celles des blancs.

Dans notre cas

$$R = \frac{O}{\omega} = \frac{316}{1,4} = 225.$$

Faisons intervenir maintenant l'éclairement parasite e nous aurons :

$$R = \frac{E_b + e}{E_n + e} = \frac{\frac{E}{\omega} + e}{\frac{E}{O} + e} = \frac{O(E + \omega e)}{\omega(E + Oe)}.$$

Faisons varier la valeur de l'éclairement parasite de 0 à 10 lux et cherchons quelles seront les valeurs correspondantes du facteur de contraste R pour des éclairagements originels d'écran de 25, 50, 100 et 150 lux (Tableau II).

TABLEAU II.

Opacités : Grands noirs $O = 316$. Grands blancs $\omega = 1,4$.

Éclairagements parasites e en lux.	$E = 25$ lux. R .	$E = 50$. R .	$E = 100$. R .	$E = 150$. R .
0.....	226	226	226	226
1.....	17,4	31,7	55	73,4
2.....	9,5	17,4	31,7	44,5
3.....	6,7	12,25	22,4	31,7
7.....	3,5	5,95	10,7	15,3
10.....	2,7	4,5	7,9	11,1

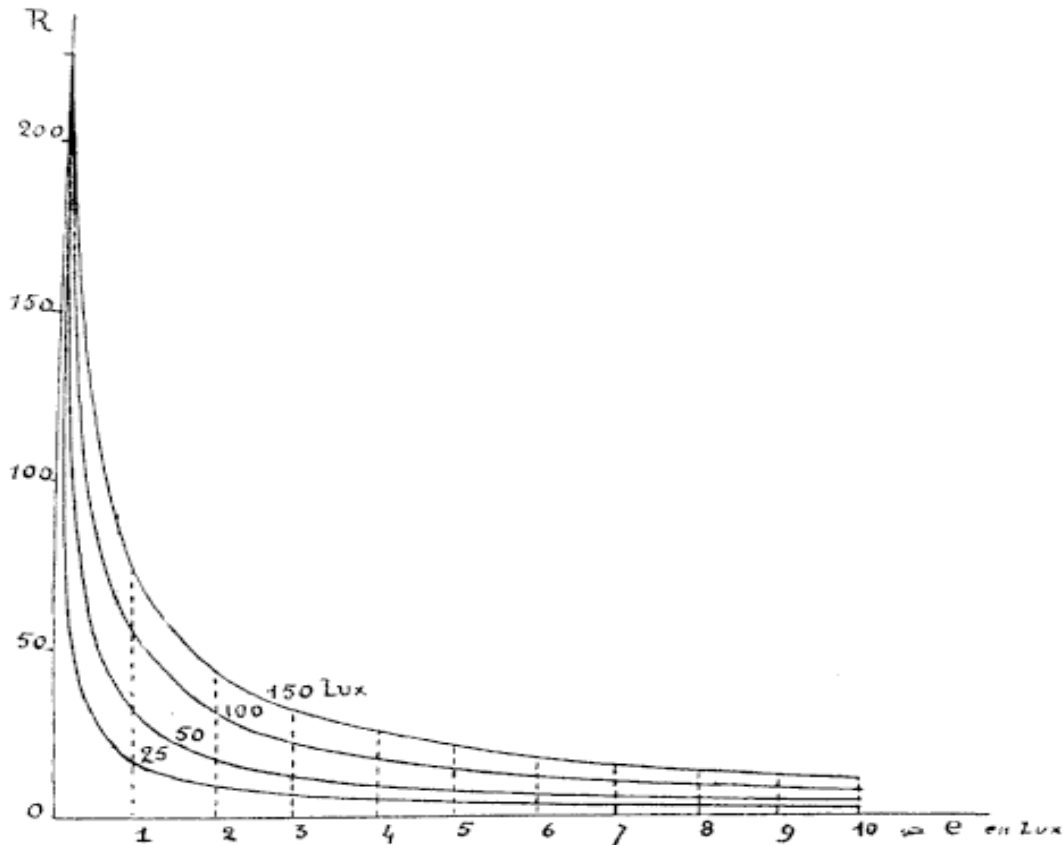
Au moyen de ces chiffres, traçons des courbes (*fig. 2*) en portant en abscisses les valeurs des éclairagements parasites et en ordonnées les valeurs correspondantes du facteur de contraste (unités arbitraires).

La figure ci-contre représente un faisceau de plusieurs courbes, correspondant respectivement à des éclairagements originels d'écran de 25, 50, 100 et 150 lux ⁽¹⁾ (obturateurs tournants).

⁽¹⁾ Un éclairage pratique de 150 lux (obturateur tournant) peut

On remarque la chute brusque du facteur de contraste lorsque l'éclairement parasite varie de 0 à 1 lux.

Fig. 2.



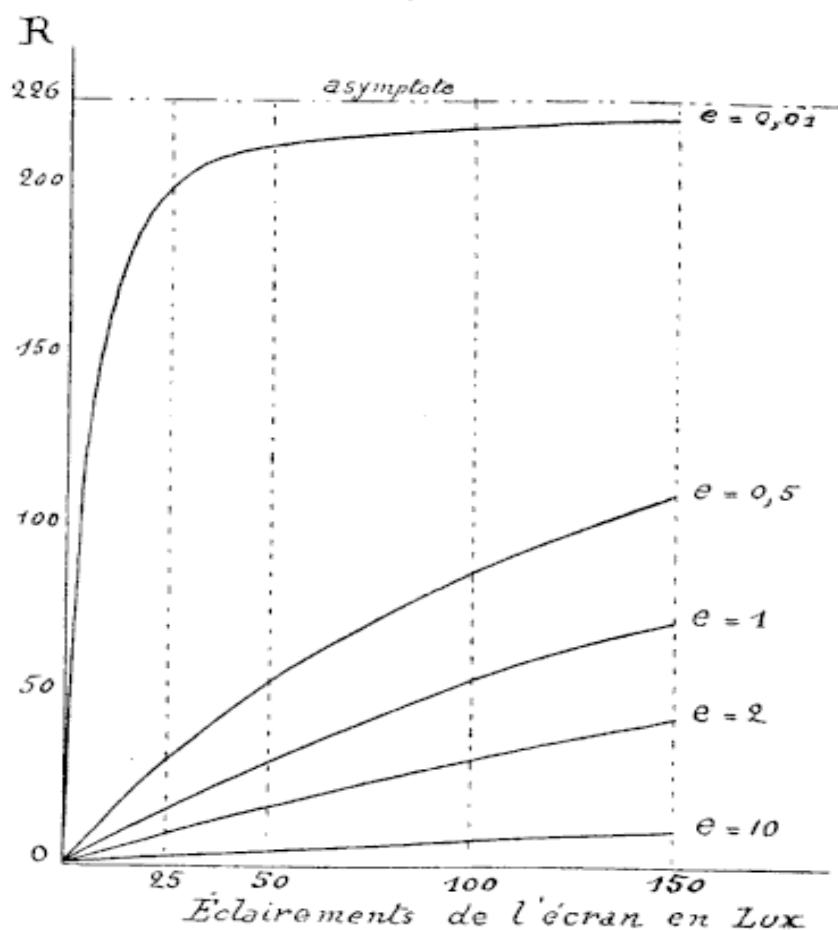
On remarque également que le facteur de contraste tombe de moins en moins vite lorsque l'éclairement originel de l'écran augmente de valeur.

Ceci est mis plus particulièrement en évidence dans la figure 3 où sont représentées par un faisceau de

surprendre par son importance, pourtant l'éclairement utilisé par un important théâtre parisien varie de 130 à 140 lux.

courbes les variations du facteur de contraste en fonction de l'éclairement originel variable de l'écran pour des éclairagements parasites de 0, 0,1, 0,5, 1,2 et 10 lux.

Fig. 3.



L'équation de ces courbes est donnée par la formule générale

$$\omega xy - \omega x + \omega \omega ey - \omega \omega e = 0$$

ou

$$x = E \quad \text{et} \quad y = R,$$

qui représente des hyperboles équilatères ayant une asymptote commune

$$y = \frac{0}{\omega} = 225,7$$

et coupant l'axe des y au point $y = 1$.

L'autre asymptote, $x = -0 e$, varie en fonction de l'éclairement parasite e .

De l'allure de ces courbes, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le facteur de contraste s'abaisse très rapidement quand l'éclairement parasite augmente, la plus grande variation se produisant entre 0 et 10 lux.

Or c'est précisément entre ces limites ⁽¹⁾ que, dans la majorité des salles, se placent les valeurs des éclairagements parasites; on peut se rendre compte ainsi combien peut varier la qualité de la projection d'une salle à l'autre, alors que *a priori* les conditions paraissent semblables.

2° Dans une salle déterminée, la valeur de l'éclairement parasite de l'écran imposera une puissance de projection d'autant plus considérable que cet éclairage parasite sera plus important; or les possibilités des lanternes seront rapidement atteintes, et c'est alors la qualité de la projection qui souffrira. C'est ce qui se produit en particulier avec la mode nouvelle de projection en salle demi-éclairée.

3° Inversement, dans une salle où la puissance de projection est insuffisante, on peut améliorer très notable-

(¹) Généralement entre 1 et 5 lux.

ment le résultat en réduisant ou supprimant impitoyablement les diverses causes qui engendrent les éclairéments parasites.

4° On sait que les projections en plein jour n'ont jamais pu donner de résultats acceptables : l'influence des éclairéments parasites de l'écran toujours très importants dans ce cas en est une des causes principales, à laquelle il faut ajouter en outre la gêne créée par les brillances des objets extérieurs.



CHAPITRE VII.

INTERPRÉTATION PAR L'ŒIL DE L'IMAGE-ÉCRAN.

Nous avons, dans ce qui précède, considéré les éclairagements de l'écran; or la sensation produite par l'intermédiaire de l'œil sur le cerveau humain n'est pas fonction directe de l'éclairement des objets, mais de la brillance que prennent ces objets suivant leur forme, leur couleur et la nature de leur surface sous l'éclairement considéré.

Cependant, dans une direction déterminée, ces facteurs s'éliminent, et en particulier, dans le cas de l'écran de projection, on peut considérer que la brillance dans une direction d'observation déterminée est constante et à peu près la même pour tous les points de l'écran, sinon sa surface n'apparaîtrait pas uniformément blanche.

Dans ce cas donc la brillance sera directement proportionnelle à l'éclairement

$$B = \frac{\delta}{\pi} E \quad (1).$$

(1) Loi de Lambert : $R = \pi B$, $B = \frac{1}{\pi} R$, R est la radiance; δ coefficient toujours inférieur à 1, est appelé « facteur de diffusion de la surface ».

Nous avons ensuite considéré des rapports d'éclairements, ce qui revient donc dans notre cas à considérer des rapports de brillances : or les sensations de la vision ne sont pas proportionnelles aux brillances ; l'œil, comme nous le verrons plus loin, n'apprécie pas le contraste d'une image en fonction du rapport de ces brillances qui est égal au facteur de contraste physique dont nous avons étudié les variations en fonction de l'éclairement de l'écran et des éclairements parasites.

a. L'œil. — L'œil, comme chacun sait, ressemble à la chambre noire d'un appareil photographique, la cornée transparente, le cristallin et les liquides intérieurs qui baignent ces organes en forment le système optique correspondant à l'objectif : devant le cristallin se trouve la pupille de l'iris qui agit comme un diaphragme, et dans le fond de l'œil la rétine correspond à la plaque sensible.

b. Adaptation pupillaire. — La clarté de l'œil dépend essentiellement de l'ouverture de la pupille de l'iris.

Or l'ouverture de cette pupille diminue automatiquement et très rapidement quand la lumière augmente, et inversement, de manière à doser en quelque sorte la quantité de lumière destinée à impressionner la rétine pour lui donner le temps de s'adapter et lui permettre de travailler dans les meilleures conditions possibles en la protégeant contre la fatigue qui résulterait d'une lumière excessive venant frapper l'œil brusquement.

La pupille agit donc en fonction de la brillance de l'objet considéré et de plus agit très rapidement

(une fraction de seconde); c'est à proprement parler un organe de protection.

Son diamètre peut varier de 1 à 9^{mm} mais se tient pratiquement entre 2 et 4^{mm}, la valeur de son ouverture est d'ailleurs liée au phénomène de l'adaptation rétinienne dont nous parlerons plus loin.

Un autre effet important de la pupille est d'arrêter au passage les rayons réfractés par la périphérie de la cornée, et qui passeraient par la périphérie du cristallin; elle agit donc exactement comme le diaphragme d'un objectif pour arrêter les rayons marginaux et diminuer l'aberration de sphéricité.

Au cours de ses expériences, M. Broca a trouvé que si l'on regarde avec une pupille artificielle de 2 à 2^{mm},5 (c'est-à-dire un diaphragme placé devant et contre le centre de l'œil), une feuille de papier blanc recevant un éclairement de 10 lux, la sensation lumineuse était la même avec ou sans la pupille artificielle, ce qui indique donc que pour cette brillance la pupille s'est fermée aux environs de 2^{mm}.

On peut remarquer que cet éclairement de 10 lux représente environ la moyenne des éclairements reçus par un écran de projection dans le cas où l'éclairement (obturateur ouvert) est justement de 80 lux.

En effet, lorsque l'obturateur tourne, l'écran ne reçoit plus que 40 lux et l'éclairement moyen de l'image-écran, (si l'on excepte par exemple les vues de neige, de mer, etc.) est environ le quart de l'éclairement maximum, pour 40 lux il est donc de

$$\frac{40}{4} = 10 \text{ lux.}$$

Done, pour un œil regardant une projection cinématographique, l'ouverture pupillaire sera comprise entre 1^{mm} (minimum d'ouverture) et 2^{mm},5.

c. La rétine. — La rétine, qui tapisse le fond de l'œil sur lequel viennent se former les images perçues, est un organe très compliqué qui fait partie du système nerveux, transmettant au cerveau les impressions reçues par l'œil.

Sans entrer dans des détails qui seraient superflus dans une courte étude, on peut dire que la rétine est formée de la juxtaposition de petits éléments allongés dans le sens de la profondeur de l'œil et de faible section, qui affectent la forme de cônes et de bâtonnets.

Ces petits éléments ne travaillent pas isolément mais par petits groupes comme l'indique l'expérience suivante :

Considérons une source lumineuse de dimensions notables, son diamètre apparent varie pour nous en fonction de la distance mais, comme nous l'avons vu précédemment, sa brillance reste la même, et cela tant que le diamètre de la source reste plus grand que la centième partie de la distance, mais, à partir de ce point critique, si nous continuons à nous éloigner de la source, son diamètre apparent semble ne plus changer tandis que sa brillance diminue en proportions inverses au carré de sa distance à l'œil.

On suppose qu'à partir du point critique considéré la lumière de la source n'impressionne plus qu'un seul groupe des petits éléments de la rétine et que ce groupe totalise les excitations reçues sur toute l'étendue de

son territoire sans pouvoir y déceler la répartition de ces excitations.

La dimension apparente de l'image ne peut donc plus diminuer puisque le pouvoir de définition de la rétine est atteint, tandis que la sensation diminue avec la portion du territoire impressionné par la lumière.

Ceci explique par exemple pourquoi nous pouvons voir les étoiles qui en raison de leur énorme éloignement n'ont pas de diamètre apparent perceptible mais des brillances très élevées, et aussi pourquoi nous pouvons sans danger regarder par exemple l'étoile Arcturus dont la brillance est très supérieure à celle du Soleil.

En conséquence les objets qui, en raison soit de leur distance soit de leur petitesse, donnent sur la rétine de l'œil des images trop petites seront d'autant plus visibles que leur brillance sera plus élevée.

Si nous regardons d'assez loin un tableau blanc sur lequel sont représentées des lettres noires, nous percevrons d'abord un ensemble gris, puis en nous rapprochant des taches noires sur fond blanc, puis la forme des lettres nous apparaîtra pour devenir peu à peu distinctes et lisibles.

C'est ce qui distingue la visibilité de la lisibilité d'un caractère, la visibilité dépend des sensations lumineuses, c'est-à-dire de la sensibilité de l'œil à la lumière, la lisibilité du sens de la perception des formes donc de l'acuité visuelle.

Nous observerons également que la lettre est lue d'autant plus loin qu'elle est plus grosse, plus noire et que le fond est plus blanc, plus éclairé, c'est-à-dire que le contraste est plus grand.

d. Acuité visuelle. — On désigne par acuité visuelle l'inverse de l'angle limite au-dessous duquel l'œil ne peut plus considérer comme séparés deux traits d'une lettre par exemple.

Pour un œil normal cet angle est de 1 minute.

A 15^m, par exemple, cet angle est celui sous lequel sont vus deux traits séparés par un intervalle de 4^{mm},5.

On a reconnu que pour une bonne perception, sans fatigue, on ne doit pas faire travailler l'œil au-dessous d'un angle correspondant à trois fois l'acuité visuelle.

Dans le cas précédent cet angle correspond à :

$$3 \times 4,5 = 13^{\text{mm}},5.$$

Ceci dans le cas d'un œil normal.

Or une proportion importante des spectateurs n'ont pas ou n'ont plus des yeux normaux et il faudra multiplier les angles précédents par des coefficients 2 ou 3.

L'acuité visuelle croît rapidement de 0 à 10 lux à peu près proportionnellement à l'éclairement, puis ensuite de moins en moins vite. Si l'on prend l'acuité visuelle égale à 1 pour un éclairement de 10 lux, on a donc, dans le cas d'un œil normal :

A	5 lux, une acuité de	0,50
A	10 » »	1,00
A	50 » »	1,22
A	100 » »	1,35
A	1000 » la limite de l'acuité est de	1,50

L'augmentation de l'acuité visuelle en fonction de l'éclairement paraît due d'après les travaux de Broca à ce que, lorsque la valeur de l'éclairement croît, l'étendue de chacun des territoires indépendants de la

rétine diminue, les éléments qui, par leur réunion, constituent ces territoires et, en particulier, les cônes de la *favea centralis*, semblent s'isoler peu à peu les uns des autres et pour les forts éclairéments, travailler séparément.

Prenons pour simplifier le cas d'un titre cinématographique à lettres noires sur fond blanc.

Pour une perception sans fatigue des lettres du titre, nous ne devons pas dépasser un angle de 3 minutes pour un œil normal.

Pour une salle de 30^m de profondeur ayant un écran de 6^m de largeur, les spectateurs du fond de la salle pourront donc distinguer sans fatigue, s'ils ont des yeux normaux, des traits distants de :

$$x = 2 \times 30 \times \tan 1' 30'' = 25\text{mm}.$$

Remarquons que des lettres de hauteur h ont des traits distants de $h/4$.

Les spectateurs du fond de la salle pourront donc lire des lettres de

$$4 \times 25\text{mm} = 100\text{mm}.$$

Et comme tous les spectateurs devront pouvoir lire, même ceux qui auront une vue défectueuse, c'est-à-dire plus de la moitié, il faudra multiplier ce chiffre au moins par le coefficient 2, ce qui nous donne des grandeurs de lettres ayant 200^{mm} sur l'écran.

L'écran ayant 6^m de largeur, nous pourrons placer ainsi 20 à 25 lettres sur chaque ligne du titre, ceci pour 10 lux d'éclairement du fond.

Si l'éclairement de l'écran prend les valeurs

$$25, \quad 50, \quad 100 \text{ lux};$$

les valeurs de l'acuité visuelle sont :

$$1,15, \quad 1,22, \quad 1,35;$$

la hauteur des lettres peut descendre à :

$$174^{\text{mm}}, \quad 164^{\text{mm}}, \quad 148^{\text{mm}}.$$

Un éclairement d'écran de 10 lux correspond, avec des éclairagements maxima d'écran de

$$25, \quad 50, \quad 100 \text{ lux},$$

à des opacités respectives du fond clair de

$$\frac{25}{10} = 2,5, \quad \frac{50}{10} = 5, \quad \frac{100}{10} = 10,$$

donc à des densités de :

$$\log 2,5 = 0,4, \quad \log 5 = 0,7, \quad \log 10 = 1,0.$$

Si ces densités étaient dépassées pour le fond clair des lettres, l'acuité visuelle tomberait au-dessous de 1 et décroîtrait rapidement.

Il suffirait par exemple pour le fond clair d'atteindre les densités respectives de :

$$\log \frac{25}{5} = 0,7 \quad \log \frac{50}{5} = 1, \quad \log \frac{100}{5} = 1,3,$$

qui correspondent à un éclairement de 5 lux pour que l'acuité visuelle diminuant de moitié, on soit obligé de doubler les lettres : on voit une fois de plus l'importance d'un bon éclairement de l'écran et de la transparence des blancs.

Si nous avons considéré le cas de lettres blanches sur fond noir nous serions arrivés à des constatations ana-

logues ⁽¹⁾ : il en est donc de même dans la perception des détails de l'image projetée.

e. Adaptation rétinienne. — Nous avons vu précédemment que la pupille de l'iris agissant comme diaphragme se contracte plus ou moins suivant l'importance du flux lumineux qui vient frapper la rétine; c'est ce que l'on appelle « l'adaptation pupillaire ».

De même la rétine jouit d'une faculté qui lui permet d'adapter sa sensibilité suivant les besoins de la vision, c'est-à-dire suivant la brillance des objets considérés.

Cette adaptation de la sensibilité résulte de phénomènes physiques et chimiques provoqués par la lumière sur les éléments composant la rétine; sous l'action de la lumière la sensibilité rétinienne diminue, se détruit, tandis qu'à chaque instant des apports sanguins la reconstituent ⁽²⁾.

Il se produit donc entre ces deux actions contraires un certain équilibre dont la position varie suivant la valeur de l'énergie des radiations lumineuses ou autres ⁽³⁾ reçues à chaque instant, la position de cet équilibre détermine la sensibilité rétinienne.

Mais, alors que l'adaptation pupillaire se produit en fonction du flux lumineux moyen qui frappe l'œil et

⁽¹⁾ En raison de l'adaptation rétinienne, l'œil percevra mieux les lettres blanches sur fond noir, puisque dans ce cas la quantité totale de lumière qui vient frapper la rétine est plus faible et que le rapport des éclaircissements sera toujours plus fort (les pertes de lumière par réflexion ou autre sont en effet moins élevées).

⁽²⁾ Allusion aux phénomènes de l'étranglement des cellules visuelles par le pigment rétinien et à la décoloration du pourpre rétinien sous l'action de la lumière.

⁽³⁾ Les radiations ultraviolettes, par exemple.

rend même les pupilles des deux yeux solidaires dans leurs mouvements, l'adaptation rétinienne est un phénomène local qui se produit pour chacun des yeux séparément et même pour chacun des territoires indépendants de la rétine.

f. Images secondaires. — Ceci est parfaitement mis en évidence par le phénomène des images secondaires. Lorsqu'on a fixé avec attention une surface brillante placée devant un fond sombre et que l'on regarde ensuite une surface blanche éclairée, on voit se détacher sur cette surface blanche une image sombre de la surface brillante précédemment observée, et inversement.

Cela tient à ce que l'image brillante, formée en une certaine portion de la rétine, a produit en cet endroit une diminution de sensibilité qui persiste pendant quelque temps.

Nous avons vu précédemment que l'adaptation pupillaire se produit presque instantanément; par contre l'adaptation rétinienne est lente, elle demande 4 à 5 minutes pour atteindre un état voisin de son équilibre définitif auquel elle ne parvient complètement qu'au bout de 15 à 20' [cas du personnel travaillant dans les ateliers photographiques en lumière rouge ⁽¹⁾].

Du temps appréciable nécessité par l'adaptation rétinienne, il résulte en particulier que dans la vision des projections cinématographiques il faut éviter avec soin

(1) De ce temps nécessaire pour l'adaptation complète est née l'idée de munir les ouvriers qui sortent momentanément d'un atelier au noir, de lunettes spéciales pour éviter l'adaptation inverse à la lumière vive de l'extérieur et supprimer le temps perdu pour le rendement du travail ou moment de la reprise.



les brusques transitions de passages foncés à des passages trop clairs qui surprennent les yeux des spectateurs et peuvent même produire une gêne en créant un éblouissement passager (analogue à celui qui est engendré par des lumières scintillantes); inversement le passage d'images claires à des images trop foncées nuit à la bonne perception de ces dernières, les yeux ne pouvant acquérir brusquement la sensibilité correspondante.

- Dans les ateliers de tirage, où l'étalonnage des lumières des différents tableaux des négatifs est effectué tableau par tableau, on a pris l'excellente habitude de rectifier les lumières de tirage d'après la vision en projection d'une première copie pour corriger les écarts désagréables à la vue, sans d'ailleurs se rendre compte de la raison exacte indiquée ci-dessus.

Etant donnée l'augmentation des éclairagements utilisés en projection, il deviendra de plus en plus nécessaire d'effectuer ces corrections.

g. Contraste physique et contraste apparent. — Ce qui précède montre que l'œil ne peut apprécier les intensités lumineuses proportionnellement aux éclairagements qu'il reçoit, et en particulier, pour les très fortes lumières, il tendra à sous-estimer la valeur des brillances des objets considérés.

Pour compléter notre comparaison précédente de l'œil avec la chambre photographique, nous dirons que le diaphragme pupillaire se ferme automatiquement pour diminuer la luminosité de l'œil quand la lumière devient trop vive et que la plaque sensible, la rétine, a une sensibilité qui varie en chacun de ses points suivant les éclairagements qu'elle y reçoit.

L'augmentation de contraste qui résulte d'une projection sous un éclairement violent est donc partiellement compensée par l'œil tout en procurant par l'élévation de l'acuité visuelle une perception plus grande des détails. C'est d'ailleurs ce que la pratique confirme et il suffit, pour s'en rendre compte, de considérer deux projections d'un même tableau éclairées avec des lumières différant du simple au double, par exemple.

Le lecteur trouvera dans l'Annexe qui a été reportée à la fin de cet ouvrage, pour ne pas encombrer le texte d'un sujet trop spécial, un essai d'évaluation du contraste apparent basé sur des considérations physiologiques.

On y verra que, dans l'interprétation par l'œil des valeurs relatives des noirs et des blancs de l'image projetée, la sensation de contraste augmente encore plus vite que le rapport des éclairements (facteur de contraste physique), et cela tant que le phénomène d'éblouissement de la rétine n'intervient pas.

Nous avons vu tous les avantages présentés par une grande luminosité de l'écran. On pourrait croire qu'une brillance trop grande de l'image projetée puisse amener une fatigue pour la vue, il n'en est rien; en effet, l'adaptation rétinienne corrige automatiquement l'impression exagérée qui pourrait résulter d'une brillance trop élevée, tant que la limite d'éblouissement n'est pas atteinte, limite correspondant à peu près à une brillance égale à $1/2$ bougie décimale; or nous savons que pour atteindre cette valeur il faudrait, dans le cas le plus favorable d'un écran parfaitement blanc et diffusant (Albedo = 1), le placer sous un éclairement supérieur à 16 000 lux, donc 100 fois plus élevé que le plus

fort éclairement utilisé à ce jour pour des projections publiques.

h. Scintillement. — Le scintillement a été supprimé en portant à une valeur suffisante le nombre d'obturations par seconde; pratiquement, on a augmenté ou bien le nombre des ailettes compensatrices ou bien la vitesse de défilement des images ⁽¹⁾.

Il est cependant intéressant de se rendre compte de l'origine de la sensation désagréable produite par une obturation défectueuse sur les yeux des spectateurs. Lorsque le phénomène du scintillement se produit, l'œil travaille en deçà de la limite de la persistance des impressions lumineuses sur la rétine; le passage rapide de la lumière à l'obscurité ne permet pas à la pupille de l'œil d'intervenir, l'accommodation pupillaire comme celle de la rétine s'opère pour la moyenne des éclairéments reçus dans le temps, de telle sorte que, la rétine reçoit des chocs lumineux successifs dont elle tend naturellement à exagérer l'intensité : il y a alors éblouissement de l'œil.

MM. Broca et Sulzer en étudiant sur l'œil l'action des lumières alternatives rapides ont trouvé que, pour des alternances d'éclats de l'ordre de $1/33^e$ de seconde,

(¹) Avec les projecteurs adaptés pour films sonores la vitesse de défilement est de 24 images/seconde; on emploie des obturateurs à deux ailettes, donnant donc 48 obturations par seconde, ce qui est parfaitement suffisant pour rendre le scintillement imperceptible, à condition toutefois d'employer pour les arcs du courant continu afin d'éviter le phénomène d'interférence entre les obturations et la périodicité du courant alternatif qui est généralement de 50 périodes par seconde, ce qui se traduirait sur l'écran par des vibrations lumineuses appelées « battements ».

la sensation lumineuse était très notablement augmentée et pouvait être multipliée par 4 ou 5.

Par exemple, dans le cas d'un éclaircissement de 170 lux et une durée d'éclat de $1/33^e$ de seconde, ils ont déterminé une sensation égale à celle qui serait provoquée par un éclaircissement permanent de 800 lux.

Si l'on augmente l'alternance, l'intensité du phénomène diminue et, vers 48 alternances, le scintillement devient presque imperceptible pour les éclaircissements d'écran habituellement utilisés.

On peut remarquer également d'après ce qui précède que le scintillement augmente avec l'éclaircissement de l'écran, phénomène bien connu des praticiens.

En résumé, le scintillement diminue quand l'alternance augmente et augmente avec la lumière; pour une valeur déterminée de l'éclaircissement il existe donc une valeur correspondante de l'alternance qui permet d'éviter le scintillement.



CHAPITRE VIII.

COMMENT AUGMENTER L'ÉCLAIREMENT DE L'ÉCRAN.

a. La source de lumière. — On a prétendu, en se basant sur le fait que l'œil humain présente un maximum de sensibilité pour les radiations de longueur d'onde voisines de 0,556 (jaune verdâtre), que la lumière de la projection devrait se rapprocher aussi près que possible de cette couleur, ce raisonnement est faux, car il ne tient pas compte de l'attrait que l'œil éprouve pour la lumière solaire, lumière blanche par définition et qui contient des quantités importantes de radiations bleues et violettes ⁽¹⁾.

En donnant à la lumière de la projection une coloration bleue violacée, par opposition avec la lumière fournie par les lampes à incandescence qui est jaunâtre,

⁽¹⁾ Il est curieux de rappeler à ce sujet un fait qui a été mis en évidence par les expériences de MM. Macé de Lepinay et Nicati; la fatigue de la rétine en lumière blanche se produit spécialement pour les rayons rouges.

Un œil fatigué à l'extrême par la lumière blanche voit le blanc vert.

L'éclairement de l'écran n'est jamais assez intense pour produire l'éblouissement de l'œil, mais néanmoins on peut penser que la sensation plus agréable produite sur l'œil par une lumière où la proportion de radiations rouges est plus faible est en relation avec le phénomène ci-dessus.

on se rapproche de la qualité de la lumière solaire et l'on accentue même les contrastes et le relief de l'image projetée. On peut attribuer ce dernier fait à ce que les noirs de l'image argentique sont de tonalités chaudes, parfois légèrement sépia, et qu'ils interceptent d'autant plus la lumière que celle-ci est plus riche en radiations de courtes longueurs d'onde.

Dans l'éclairage public on a utilisé au début des charbons homogènes en charbon dur dit « de cornue » ; puis des charbons agglomérés et enfin des charbons à mèche constitués par une enveloppe en charbon dur et une âme en charbon aggloméré plus tendre tel que du graphite mélangé à du silicate de soude et à des produits divers.

Les charbons à mèche ou à âme ont permis d'obtenir des arcs plus stables.

Par la suite, on a incorporé dans la composition de l'âme certaines substances et des sels minéraux, sels de calcium, de silicium, de magnésium, de fluor, de bore, etc., qui en modifiant très heureusement la qualité du rayonnement pour en améliorer le rendement lumineux communiquent à l'arc un plus grand pouvoir éclairant.

Ces arcs sont dits à flamme parce que l'arc électrique a une longueur plus grande et prend un éclat intense par suite de la présence de gaz très lumineux et de corpuscules qui proviennent de la combustion de l'âme tendre des charbons et qui se trouvent portés à l'incandescence.

La combustion des charbons à âme tendre engendre donc des fumées abondantes qui nécessitent leur évacuation immédiate et directe vers l'extérieur des

TABLEAU III.

Sources.	Températures en degrés centigrades.	Brillances en bougies int. par cm ² .	Longueur d'onde de l'or- donnée maximum en μ .
Étoile (Algol).....	env. 13.800°	840.000	-
Soleil (sans atmosph.)....	> 5700°	200.000	-
Soleil (avec atmosph.)....	-	150.000	0,4
Arc Sperry 185 A.....	4450°	35.000	0,65
Arc Artisol 75 A.....	4050°	23.000	0,67
Arc Peerless 75 A.....	-	-	0,68
Arc Charbous ordin. 10 A.	3420°	15 à 17.000	0,8
Tungstène fondant.....	2900°	6000	-
Lampe pointolite.....	-	2000	-
Filament de tungstène :			
dans le gaz.....	2717°	380 à 1200	1
dans le vide.....	2200°	150 à 200	-
Filament de carbone.....	1800°	55	1,2
Platine fondant.....	1750°	20	-
Bec acétylène.....	1800°	5,6	-
Bougie de stéarine.....	1650°	0,5	-
Lune.....	-	0,4	-
Ciel bleu.....	-	0,28 à 0,40	-
Papier blanc (Soleil au zé- nith).....	-	2 à 3	-
Écran blanc avec :			
éclairage de 50 lux.	-	0,0015	-
» 100 lux.	-	0,003	-
» 1000 lux.	-	0,03	-

Observations. — (1) Charbons au cuivre et cérium. — (2) Graphite pur. — (3) La brillance augmente avec la puissance. — (4) Maximum dans l'infrarouge. — (5) Étalon Violle. — (6) Limite d'éblouissement. — (7) Albedo = 1.

Nota. — L'œil humain ne discerne que les radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 0 μ ,4 et 0 μ ,7.

cabines; faute de cette précaution des dépôts abondants se formeraient très rapidement sur l'appareillage, en obscurcissant les parties optiques, lentilles de condensateur, miroirs, cuves à eau, objectifs, glaces des ouvertures de projection et pourraient même créer des troubles dans les organes électriques des amplificateurs, les poussières déposées étant très conductrices.

Le Tableau III (page 61) donne pour quelques sources de lumière les valeurs correspondantes des températures, des éclats ou brillances et des longueurs d'onde des ordonnées maximum des courbes spectrales, qui donnent une idée de la coloration dominante de la lumière des sources considérées.

On sait que la longueur d'onde de la lumière émise par un corps solide incandescent diminue quand la température s'élève, c'est-à-dire que la lumière contient de plus en plus de radiations violettes.

De plus, la radiation lumineuse d'un corps incandescent croît environ comme la puissance 4,7 de sa température absolue. On voit combien il est intéressant d'augmenter la température de la source.

Pour l'arc électrique l'intensité lumineuse croît avec la pression et la densité du courant, plus que proportionnellement à cette dernière. Notons immédiatement que certaines nécessités pratiques limitent obligatoirement l'ampérage du courant en fonction du diamètre des charbons, par exemple pour maintenir une certaine stabilité de l'arc.

Une densité trop élevée de courant provoquerait également une usure trop rapide des charbons, et même une combustion spontanée (charbons fusants).

Le spectre émis sera fonction de la nature des élec-

trodes de charbon portées partiellement à l'incandescence qui interviennent comme source de lumière, principalement le cratère du charbon positif, et également fonction des gaz ⁽¹⁾ et des particules solides incandescentes existant dans le milieu qui sépare les électrodes.

On introduit donc dans la composition de l'âme des charbons des matières propres à augmenter le pouvoir émissif de la lumière totale et de certaines radiations plus particulièrement désirées.

Certains corps comme le tungstène, l'osmium, le cérium présentent des pouvoirs sélectifs importants, c'est-à-dire qu'ils émettent plus de radiations visibles.

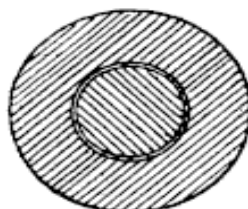
Les charbons à âme tendre cuivrée, employés aujourd'hui pour la projection, sont minéralisés au fluorure de cérium; la présence de ce corps procure à l'arc des radiations violettes intenses de l'ordre de $0^{\mu},4$ (sans parler des radiations ultraviolettes) tandis que le carbone incandescent émet surtout des radiations comprises entre $0^{\mu},45$ et $0^{\mu},55$ qui s'étendent même assez loin vers l'infrarouge ($0^{\mu},8$ et plus). Naturellement, le rendement lumineux augmente quand la proportion de radiations infrarouges diminue.

Actuellement, les fournisseurs de charbons pour arcs sont en mesure de fournir à l'exploitation les qualités qui s'adaptent le mieux au type de lanterne et à l'ampérage adoptés, renseignements qui doivent accompagner toute demande d'échantillons.

(¹) Dans les arcs en vase clos, c'est à la présence de cyanogène en excès par suite du manque d'oxygène qu'est due l'émission intense de radiations violettes et ultraviolettes.

La figure 4 ci-dessous montre en coupe la tranche d'un charbon positif à âme tendre : les charbons positifs destinés aux fortes intensités sont généralement

Fig. 4.



cuivrés extérieurement afin de faciliter le passage du courant.

Dans les charbons négatifs l'âme est cuivrée extérieurement avant d'être introduite dans l'enveloppe dure.

Pour les très hautes intensités 75 à 225 ampères, l'âme cuivrée atteint un diamètre important, ce qui entraîne la suppression de l'enveloppe qui a surtout un rôle de soutien, devenu ici inutile et de plus les charbons positifs et négatifs sont toujours cuivrés extérieurement afin de retarder l'échauffement interne qui pourrait provoquer la combustion spontanée du charbon.

Dans les appareils de projection utilisant des films de formats réduits, on a utilisé jusqu'à présent des lampes à incandescence à filaments de tungstène, métal qui résiste le mieux aux températures élevées et qui a un grand pouvoir émissif; l'emploi d'une atmosphère gazeuse dans l'ampoule (gaz argon) a pour effet de retarder la désagrégation du filament par suite de l'obstacle que les molécules gazeuses apportent à la

libération des atomes qui cherchent à s'échapper du filament.

On a donc pu augmenter ainsi le rendement lumineux en « poussant la lampe » par survoltage.

Enfin, par l'emploi de filaments boudinés, on diminue la perte de chaleur par conduction du gaz, en même temps que l'on concentre davantage le point lumineux et que l'on augmente sa brillance utile.

Malgré ces améliorations notables, la lumière émise par les lampes à incandescence, surtout pour les faibles puissances utilisées dans les projecteurs, est tout à fait insuffisante comme quantité, et comme qualité, jaunâtre.

C'est pourquoi il serait intéressant d'utiliser comme source lumineuse l'arc à billes de tungstène sous ampoule de verre qui permettrait d'atteindre des températures comprises entre 2700° (température du filament) et 2900° (température de fusion du tungstène), donc d'obtenir une lumière plus puissante et plus blanche avec une source lumineuse constituée par une sphère de plusieurs millimètres de diamètre, très supérieure comme surface et brillance aux filaments des lampes.

Il y a lieu, avant de clore ce chapitre des sources de lumière, de faire remarquer qu'une étude des plus intéressantes reste à faire, qui consisterait à analyser systématiquement chaque source, en déterminant la quantité d'énergie dispersée par chacun des rayonnements élémentaires qui constituent le rayonnement total ⁽¹⁾.

On faciliterait ainsi la tâche des fabricants qui ne procèdent encore maintenant que par empirisme.

Le rendement en lumière utile de chaque source

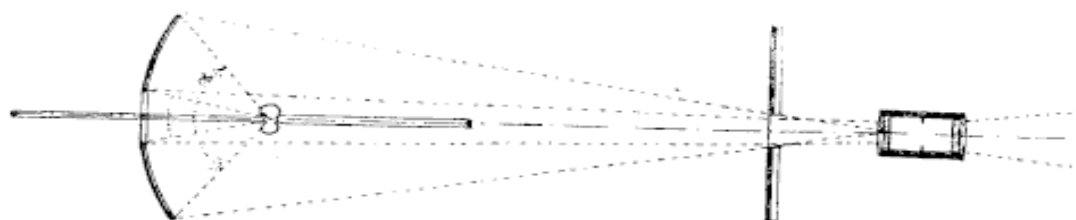
(1) Ou courbe spectrale d'énergie.

serait donc connu exactement, de même que les pertes par radiations invisibles; il deviendrait sans doute possible d'augmenter encore ce rendement tout en diminuant l'échauffement du film par rayonnements infrarouges, pour le plus grand avantage de sa conservation ⁽¹⁾.

b. Le système condensateur de lumière. — Toute lanterne comprend la source de lumière et un système optique destiné à concentrer la plus grande partie de cette lumière sur la fenêtre de projection, et vers la lentille arrière de l'objectif.

Remarquons immédiatement qu'il existe surtout avec

Fig. 5.



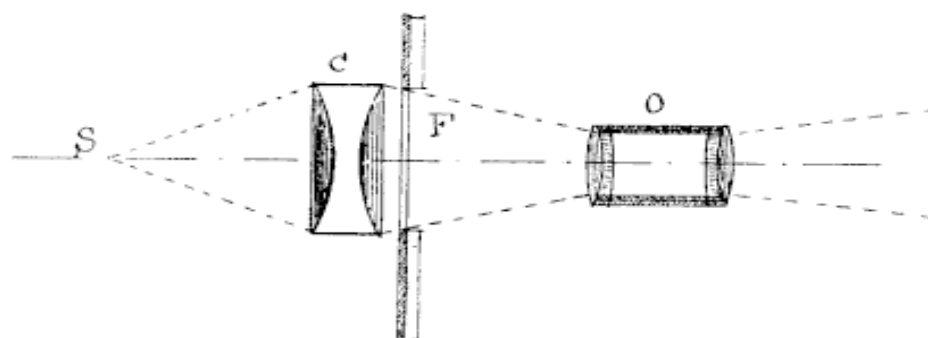
les objectifs longs foyers une certaine distance entre cette fenêtre et la face arrière de l'objectif, il faut donc, pour éviter de trop grandes pertes de lumière, que les directions des rayons entre ces deux points ne s'écartent pas trop de celle de l'axe optique et c'est la première condition à assurer (*fig. 5*).

Il existe pourtant une exception à cette règle géné-

⁽¹⁾ On sait que tout rayonnement visible ou non qui vient frapper le film et qui est absorbé par lui, c'est-à-dire qui ne le traverse pas ou n'est pas réfléchi, est transformé en chaleur dans la masse du film et par conséquent concourt à son échauffement.

rale, c'est lorsque le condensateur peut être placé contre la fenêtre de projection et embrasse toute cette dernière (*fig. 6*) alors il suffit que le condensateur fasse converger les rayons dans l'objectif.

Fig. 6.



C'est le cas des anciennes lanternes magiques, des lanternes d'agrandissements et encore aujourd'hui de certains appareils réduits tels que le « Pathé-Baby » et le « Pathé-Rural ».

La deuxième condition à assurer est que le système optique embrasse, recueille, la plus grande partie des rayons lumineux émis par la source, c'est-à-dire l'angle α aussi grand que possible (*fig. 6*). De là la nécessité de tourner la face du cratère positif vers l'arrière de la lanterne quand on utilise un miroir ou vers l'avant quand on ne possède qu'un condensateur à lentilles.

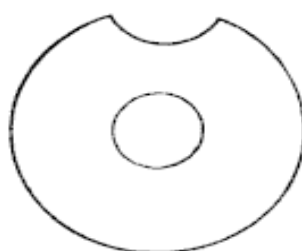
Les anciennes lanternes employaient uniquement des condensateurs à lentilles plan convexes, généralement deux; les condensateurs à trois lentilles, s'ils ont l'avantage de donner plus de convergence, donnent également plus de pertes par réflexion, absorption, etc.

Les nouvelles lanternes utilisent surtout des miroirs qui permettent d'embrasser un plus grand cône lumineux utile et absorbent moins de lumière.

Les charbons sont parallèles à l'axe optique avec lequel ils coïncident ou font un angle très faible avec ce dernier.

La partie centrale du miroir est souvent supprimée

Fig. 7.



comme inutile parce qu'elle correspond aux rayons masqués par les montures des charbons ou même parce qu'elle apporterait une perturbation nuisible dans la convergence des rayons : cette partie médiane ne représente d'ailleurs qu'une très petite portion de la surface totale.

On utilise des miroirs sphériques, paraboliques et même des surfaces intermédiaires obtenues par moulage de la pâte du verre ⁽¹⁾, ces miroirs sont ensuite polis et argentés.

La partie supérieure du miroir est échancrée pour laisser passer les gaz très chauds qui amènent souvent la rupture du verre (*fig. 7*).

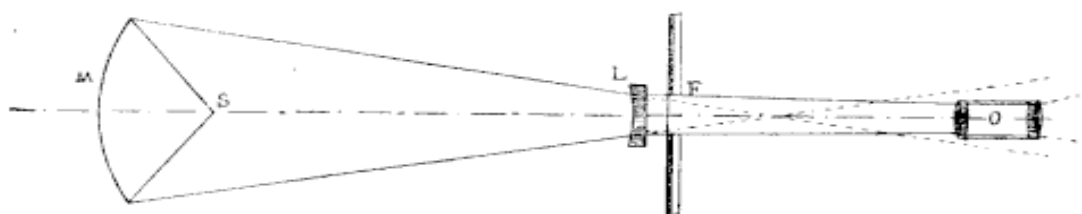
La partie argentée du miroir est toujours du côté convexe opposé à la flamme pour la protéger autant

⁽¹⁾ Par exemple des surfaces elliptiques.

que possible de la chaleur; certaines argentures résistent bien, d'autres ne durent que quelques semaines et l'on voit alors apparaître des piquûres qui s'étendent rapidement; il faut changer aussitôt le miroir dont le rendement a baissé très sensiblement. Par contre, des cassures du verre n'ont que peu d'importance.

Dans les lanternes actuellement en service, on peut

Fig. 8.



utiliser les miroirs jusqu'à un ampérage de 75 à 80 ampères; pour les très hautes intensités, on conserve par obligation les condensateurs à lentilles parce que les miroirs ne pourraient pas supporter la chaleur émise par le foyer des arcs.

Cependant, les meilleurs rendements lumineux sont obtenus avec des lanternes utilisant un miroir sans condensateur.

On a proposé cependant en Allemagne un système condensateur mixte dans lequel le miroir est employé comme à l'ordinaire, tandis qu'une lentille divergente est placée près de la fenêtre pour donner aux rayons une marche à peu près parallèle à l'axe optique de telle sorte que tout rayon ayant traversé la fenêtre passe également par l'objectif : il ne semble pas que l'on ait ainsi obtenu de résultats sensiblement supérieurs (*fig. 8*).

Lorsque l'on considère le cône lumineux qui vient

éclairer la fenêtre, on constate que pour réaliser un éclairage uniforme de l'écran ce cône doit être coupé par le plan de la fenêtre de manière à laisser tout autour une tache lumineuse notable qui se trouve arrêtée par les volets de la porte du couloir et qui correspond donc à une quantité de lumière complètement perdue pour la projection.

Ceci tient à ce que, vers la partie extérieure du cône lumineux, la marche des rayons ne suit pas la même loi qu'au centre. C'est d'ailleurs pour cette raison que la partie centrale du miroir est souvent supprimée.

Cette différence de marche des rayons se retrouve dans tous les systèmes optiques convergents à miroirs ou à lentilles épaisses et constitue l'aberration de sphéricité.

Un système condensateur de projection sera donc d'autant meilleur qu'il permettra d'utiliser la plus grande quantité du cône lumineux sans provoquer l'apparition de taches sur l'écran.

C'est là le gros avantage que présente le miroir sur le condensateur.

Voici tiré, d'une étude de F. Hauser et L. Mohr en date du 21 janvier 1928, un tableau très instructif sur les données comparatives des deux systèmes :

TABLEAU IV.

	Arc à miroir.	Arc à condensateur :	
		doubl.	triple.
Angle du cône utilisé.....	135°	45°	65°
Valeurs relatives du flux.....	8,1	1	2,1
Pertes par réflexion et absorptions diverses.....	12 %	30 %	40 %
Rendements comparatifs (calculés).....	10,2	1	1,8
Rendements comparatifs (expérimentés).	7,5	1	1,5

Le rendement est donc, dans le cas de l'arc à miroir, 7 fois et demie plus fort que dans le cas du condensateur double et encore 5 fois plus fort que dans le cas du condensateur triple, très rare d'ailleurs.

Nota : « Les chiffres indiqués dans ce tableau paraissant un peu exagérés, il faut compter pratiquement que l'emploi de l'arc à miroir avec des charbons à flammes permettra de réduire l'ampérage électrique de moitié tout en doublant l'éclairement de l'écran. »

Les auteurs ajoutent qu'avec les miroirs sphériques ou paraboliques, on obtient une image de la source en profondeur qui facilite le réglage ⁽¹⁾.

On emploiera donc une lanterne à miroir sphérique (le miroir parabolique coûte cher sans augmentation notable de rendement) avec un objectif d'une ouverture d'au moins 52^{mm} et même 62 pour les grandes distances de projection. Cela tient à ce que le faisceau lumineux est plus large avec le miroir qu'avec le condensateur, et que de plus les rayons marginaux sont plus considérables.

Ceci entraîne un emploi plus intensif des zones marginales des objectifs, donc une fabrication plus soignée par suite de la nécessité de pousser plus loin les corrections; il faudra donc choisir les objectifs avec beaucoup de soins.

(1) La lumière qui n'arrive pas à la face arrière de l'objectif est perdue; ce principe évident reste souvent inobservé. Donc régler l'arc de manière à réduire au minimum la tache lumineuse projetée sur le plan de la fenêtre, sans altérer l'éclairement uniforme de l'écran, sans point bleu au centre ni auréoles colorées sur les bords; ce réglage est particulièrement facile avec les arcs à miroirs.

L'exploitant qui désire augmenter l'éclairement de son écran peut obtenir facilement et à peu de frais le résultat cherché en choisissant une lanterne à miroirs sphériques sans condensateur (pour des écrans ne dépassant pas 5^m de large, ce qui est le cas le plus général) et en employant des charbons cuivrés à âme tendre. Qu'il sache bien toutefois que, suivant l'origine, la qualité des charbons varie très sensiblement, produisant sur l'écran des éclairagements pouvant différer de 30 %.

L'exploitant sera donc conduit à déterminer lui-même la meilleure qualité ou marque de charbons à utiliser dans son établissement, en comparant entre elles les différentes marques proposées par la mesure des éclairagements correspondants au moyen d'un luxmètre dont on apprend très facilement à se servir.

Pour les établissements cinématographiques de petite ou moyenne importance dont la distance de projection ne dépasse pas 25 à 30^m (donc pour une largeur maximum d'écran de 6^m en muet ou 5^m en sonore), on peut choisir entre les types commerciaux suivants qui donnent des résultats sensiblement identiques :

Lanterne Gaumont de 30 à 35 ampères à miroir sphérique sans condensateur et réglage des charbons à main.

Lanterne Peerless basse intensité 30 à 40 ampères à miroir parabolique et condensateur, et réglage automatique des charbons.

Ces lanternes permettent de projeter sur un écran avec des objectifs d'ouverture de 50 à 60^{mm} un flux lumineux qui peut atteindre 2500 et même 3000 lumens avec des objectifs extra-lumineux.

Elles nécessitent une puissance électrique disponible

à la cabine de 110 volts continus et 70 à 80 ampères (poste double).

Le voltage aux bornes des charbons est évidemment très inférieur, la différence est absorbée par des résistances pour assurer une plus grande régularité des arcs, donc éviter les variations de lumière sur l'écran.

Il est à remarquer que l'on peut obtenir encore plus de lumière en augmentant l'ampérage, mais cela au détriment de la fixité de l'arc; les chiffres indiqués correspondent à un fonctionnement régulier.

Dans les grands établissements on fait usage de lanternes à moyenne et à haute intensité; le choix pourra porter sur les types suivants :

Lanterne Peerless de 60 à 75 ampères sous 110 volts continus, à miroir parabolique mais sans condensateur, dispositif de réglage automatique des arcs; cette lanterne à très haut rendement lumineux peut, avec un bon objectif, de 60^{mm} et des charbons appropriés, fournir un flux lumineux utile sur l'écran de 6500 lumens.

Lanterne Hall et Connolly, type HC-3 de 75 à 120 ampères (110 volts continus) à condensateur sans miroir.

Lanterne Hall et Connolly, type FR-6 de 120 à 150 ampères (110 volts continus) à condensateur sans miroir, qui peut fournir un flux lumineux utile maximum de 7500 lumens.

Lanterne Artisol de 60 à 75 ampères (110 volts continus) à miroir parabolique et condensateur, réglage automatique des arcs, peut fournir 6500 lumens.

Lanterne Hall et Connolly, type FR-10, de 120 à 225 ampères (110 volts continus) à condensateur sans miroir. La marche à 225 ampères est exceptionnelle, la

lanterne fonctionne normalement vers 185 ampères et donne aproximativement dans ces conditions un flux utile de 10.000 à 12.000 lumens ⁽¹⁾. Ces lanternes nécessitent une très forte puissance électrique disponible à la cabine, qui peut atteindre au maximum, pour un poste double, 350 ampères (110 volts continus). Elles sont réservées aux très grandes salles de 3000 places et au-dessus.

Connaissant le nombre de lumens utiles que peut fournir une lanterne déterminée, on obtient très rapidement l'éclairement en lux de l'écran en divisant le nombre de lumens par la surface de cet écran exprimée en mètres carrés.

Exemple : Soit une lanterne capable d'un flux utile de 6500 lumens, on désire savoir quel sera l'éclairement obtenu sur un écran muet de 6^m de large et 4^m,50 de haut :

$$6 \times 4,50 = 27 \text{ m}^2,$$

$$\frac{6500}{27} = 240 \text{ lux.}$$

L'éclairement de l'écran sera de l'ordre de 240 lux, donc 120 lux effectifs. Ces chiffres sont évidemment approximatifs, car, comme on a pu le remarquer, de nombreux facteurs entrent en jeu; ils indiquent donc

(1) Un écran de grande salle devant recevoir au moins 200 lux par m², on voit qu'actuellement la dimension maximum que l'on puisse donner à l'écran est de

$$9 \times 7 = 63 \text{ m}^2,$$

on a en effet

$$\frac{12.000}{60} = 200.$$

seulement un ordre de grandeur, mais tels quels ils suffiront à se rendre compte *a priori* de l'éclairement qui pourra être obtenu dans des conditions déterminées ⁽¹⁾.

Il faut tenir compte également pour les très grandes salles de la distance de projection : lorsqu'on projette à des distances supérieures à 35 ou 40^m, une quantité très notable de lumière se trouve absorbée par l'atmosphère de la salle, toujours très chargée de poussières et de fumée même dans les salles ventilées. Cette absorption se produit naturellement dans les deux sens, de la cabine vers l'écran et de l'écran vers le spectateur.

Dans les salles qui ne possèdent qu'une ventilation naturelle par ouverture dans le plafond et dont l'air par conséquent ne se renouvelle qu'autant qu'on lui permet de rentrer par les ouvertures inférieures de la salle, c'est-à-dire pendant les entr'actes, l'absorption de lumière par effet de brouillard peut atteindre des valeurs énormes dépassant 50 %.

On peut affirmer que, dans les salles où le public a pris la fâcheuse habitude de fumer, une ventilation efficace assurant un renouvellement complet de l'air au moins 4 fois par heure s'impose.

Cette ventilation devra être effectuée du bas vers le haut car c'est vers le haut de la salle que se rassemblent la fumée et les buées.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur la venti-

(1) Aux États-Unis l'illumination des écrans est définie par leurs éclairagements mesurés en lumens par pieds carrés (foot candle). On obtient l'éclairement en lux en multipliant ce nombre par le coefficient 10,764

1 foot-candle = 10,764 lux.

lation des salles qui nous entraînerait en dehors du cadre de cette étude, et nous conseillons au lecteur de s'adresser pour cela aux nombreux ouvrages existant sur la question, ou aux installateurs spécialisés.

Avant de terminer ce chapitre, il est important de rappeler qu'un établissement cinématographique ne doit jamais faire fonctionner ses arcs de projection au maximum de leur puissance, mais au contraire il est nécessaire de conserver une certaine marge d'ampérage qui permette le cas échéant de venir éclaircir des tableaux trop sombres, de contraster des images grises et sans relief, en un mot de doper la projection.

c. Emploi des cuves à eau. — Les autorités de la police exigent en France l'emploi de cuves à eau.

Dans des conditions de propreté absolue, la quantité de lumière absorbée par une cuve à eau est d'environ 10 % tandis que la chaleur absorbée est de 85 % ⁽¹⁾.

Mais, dans la pratique, ce rendement lumineux n'est jamais atteint; les glaces peuvent se recouvrir de bulles d'air qui diffusent la lumière, la propreté des glaces laisse à désirer, par suite de marques de doigts, du limon qui se dépose sur les parois internes des glaces, des produits de la combustion des arcs qui se déposent sur les parois externes, etc., la quantité de lumière

(¹) Les mesures d'absorption de la chaleur et de la lumière sont délicates. Si l'on désire néanmoins se rendre compte pratiquement de l'absorption lumineuse produite par la cuve, il faut tenir compte du fait que la cuve à eau constitue une lame épaisse à faces parallèles qui rapproche la fenêtre de la lanterne d'environ le quart de son épaisseur; il faut donc avoir soin de faire le point de la lanterne avec et sans cuve pour obtenir dans chaque cas le maximum d'éclairement de l'écran.

absorbée augmente très notablement au cours d'une séance et peut même atteindre 50 % pour des cuves mal entretenues; les radiations infrarouges traversant la cuve se trouvent par contre peu modifiées, et le rapport chaleur/lumière augmente.

A toute absorption de lumière qu'il faut compenser par un renforcement de la puissance de l'arc, correspond donc un échauffement du film très notable.

On voit donc l'importance qu'il y a à exiger des opérateurs le nettoyage journalier des cuves à eau avant chaque séance. On devra employer de plus un courant d'eau afin d'éviter son échauffement et la filtrer par une bougie de porcelaine pour retarder l'apparition des dépôts.

Il est superflu d'ajouter que ces prescriptions ne sont presque jamais observées, et que très souvent les opérateurs suppriment clandestinement les cuves à eau.

Il est facile d'ailleurs de se rendre compte que, malgré la cuve à eau, le film en celluloïd prend feu spontanément au moindre arrêt, la température d'inflammation spontanée voisine de 210° étant atteinte en quelques fractions de seconde.

On a proposé des écrans thermiques, des verres à l'or par exemple, ou bien l'emploi dans la cuve à eau d'une dissolution de sels de cuivre, mais les verres à l'or chauffent rapidement et se brisent, et l'eau de la cuve retenant la chaleur se met à bouillir. Tous ces dispositifs d'ailleurs communiquent à la lumière une teinte verdâtre désagréable qui en rend difficile l'emploi dans les représentations publiques.

Une installation rationnelle de cuve à eau devrait comprendre un dispositif de circulation en circuit fermé

avec un radiateur de refroidissement placé à l'extérieur de la cabine et agencé comme pour une automobile avec un ventilateur; un filtre et une pompe à eau compléteraient avantageusement cet ensemble. A l'eau de circulation seraient ajoutés des sels appropriés, aluns, sels de cuivre, pour augmenter l'absorption du rayonnement infrarouge, mais en quantité exactement dosée pour éviter toute coloration apparente de la lumière.

Une semblable installation aurait une efficacité certaine, mais, en raison de la complication qu'elle apporte nécessairement, n'a probablement jamais été utilisée.

Il existe bien dans le commerce des cuves à eau munies de radiateurs, mais ces appareils sont insuffisants pour des lanternes de grandes puissances.

Il faut en effet considérer que tout le rayonnement absorbé par l'eau de la cuve se transforme par suite de cette absorption en quantité de chaleur d'énergie équivalente, chaleur qui a son tour doit être dispersée dans l'air par le radiateur; il faut donc établir ce dernier en conséquence pour éviter l'échauffement de l'eau de circulation.

Remarquons avant de clore ce chapitre que seules les autorités françaises ont rendu la cuve à eau obligatoire; en Amérique, en Angleterre et en Allemagne elles ne sont nullement imposées.

Il serait certainement aussi logique d'imposer les appareils de projection à obturateur arrière dont l'usage commence à se répandre et qui sont construits en Amérique par Simplex, en Allemagne par Ernemann, et en France par la M. I. P.

L'obturateur arrière est placé entre la lanterne et la fenêtre, il intercepte les rayons lumineux pendant 50 %

du temps (les ailettes couvrant à peu près 180°) et supprime donc l'échauffement du film à son passage devant la fenêtre pendant un temps correspondant. Cet obturateur est en outre le plus souvent combiné avec un ventilateur qui refroidit le film et les parties de l'appareil qui avoisinent la fenêtre (Ernemann Imperator III, Simplex avec dispositif spécial d'obturateur arrière, Nouveau projecteur M. I. P.).

Avec une lanterne de 30 à 35 ampères à miroir sphérique sans condensateur du type Gaumont, on obtient dans un projecteur fonctionnant à 24 images/seconde un échauffement de film qui atteint de 45 à 50° ; si l'on fait usage d'un obturateur arrière formant ventilateur, toutes les autres conditions restant les mêmes, l'échauffement du film ne dépasse pas 32 à 35° .



CHAPITRE IX.

L'ÉCRAN.

Lorsqu'on est certain par expérience que tout éclairage parasite de l'écran, provenant soit de la salle, soit de la cabine, est réduit au minimum, et après avoir réglé les projecteurs de manière à obtenir le maximum d'éclairage, on peut encore améliorer la projection par la qualité de l'écran lui-même.

a. Projections par réflexion et par transparence. — De toute manière, un écran opaque est préférable à tout autre parce que la lumière qui traverse l'écran est perdue pour les spectateurs.

Cependant, si l'on possède un écran en étoffe perméable, on doit faire en sorte que toute la lumière traversant l'écran soit absorbée par exemple au moyen de tentures noires disposées derrière l'écran ou la peinture en noir mat de tous objets tels que supports, hauts parleurs, etc., ainsi cette lumière ne sera pas renvoyée vers l'écran pour, en le retraversant, y venir atténuer les noirs de l'image.

On voit en passant que la projection dite par transparence sera toujours inférieure comme qualité à la projection par réflexion qui devra toujours lui être préférée.

Il existerait, paraît-il, depuis quelque temps aux U. S. A. un mouvement en faveur d'un retour à la projection par transparence pour la raison que la lumière qui passe à travers l'écran viendrait éclairer la salle !

Nous ne voyons pas bien les avantages qu'il y a à entretenir dans une salle une lumière importante pendant la projection ; nous en avons déjà exposé en partie les inconvénients et ce sujet sera développé à nouveau plus loin ; par contre, nous ne comprenons pas du tout que l'on puisse penser à éclairer une salle par la lumière perdue passant à travers l'écran.

En effet, ou bien la lumière qui traverse l'écran est diffusée, c'est-à-dire dispersée dans des directions quelconques et l'œil voit une image sur l'écran ou bien les rayons lumineux traversent l'écran en conservant à peu près leur direction initiale, on retombe dans le cas d'une surface transparente et il n'y a pas alors vision d'image, mais seulement vision du point lumineux constitué par l'objectif.

En réalité, dans toute projection par transparence, les deux phénomènes coexistent, et si un spectateur se trouve sur le trajet des rayons lumineux projetés et traversant l'écran sans déviation notable, ce spectateur percevra sur l'écran un halo lumineux en forme de tache circulaire plus ou moins importante qui troublera l'uniformité de l'image et fatiguera ses yeux parfois jusqu'à l'éblouissement.

Pour éviter ce défaut, il est nécessaire d'utiliser des projections obliques, mais alors le pseudo-avantage d'éclairer la salle tombe, on n'éclaire plus que l'orchestre ou le plafond de la salle, suivant que la projection est plongeante ou ascendante ; quant à la salle

elle-même, elle ne reçoit pas plus de lumière dans ce cas que dans celui de la projection par réflexion puisqu'elle ne se trouve éclairée que par la lumière diffusée par l'écran, celle qui concourt à la formation de l'image et qui est toujours plus grande dans le cas de vision par réflexion pour un projecteur de même puissance lumineuse.

Un écran destiné à la projection par réflexion doit être aussi peu absorbant qu'il est possible pour la lumière, ce qui revient à dire que la plus grande quantité de lumière doit être renvoyée vers le public (cela s'énonce communément en disant que l'écran doit être blanc).

L'absorption de la lumière par l'écran est difficile à mesurer par l'exploitant parce que cette mesure entraîne l'emploi d'appareils spéciaux, mais on peut apprécier facilement la qualité d'un écran en le comparant avec un étalon qui sera constitué par exemple au moyen d'un cadre enduit superficiellement de plâtre; ce corps qui est formé par l'enchevêtrement de fins cristaux transparents (à l'instar de la neige) donne une surface très blanche et diffusante. On pourra également employer un panneau peint au blanc gélatineux (après séchage complet).

Pour la comparaison, on dispose le panneau contre l'écran éclairé par le projecteur; en se plaçant à une certaine distance, l'observateur percevra parfaitement bien les différences d'éclat lumineux entre l'écran et l'étalon : on répétera cette observation de divers points de la salle, pour apprécier la répartition de la lumière dans toutes les directions utiles.

Ce procédé est très pratique et doit être employé

pour comparer ensemble deux matières différentes proposées comme écran : il n'est pas valable évidemment dans le cas d'écrans dits métallisés ou tout autre procédé analogue dont nous parlerons plus loin.

L'avènement des films sonores a malheureusement conduit dans la plupart des cas à supprimer l'emploi des écrans opaques, ces derniers ne laissant pas passer les sons des hauts parleurs placés derrière l'écran, mais les règles précédentes restent applicables. Pour les projections sonores il faut rejeter totalement les écrans en tissus, en coton généralement, dont les fils ont été tissés de manière à laisser des vides pour le passage du son ⁽¹⁾ et les remplacer par des écrans perforés de petits trous (environ 1^{mm} de diamètre) dont les surfaces additionnées ne représentent guère que 5 % de la surface totale de l'écran.

Ces écrans sont fabriqués soit à base d'huile de lin (toile cirée), soit à base de caoutchouc contenant une pigmentation blanche. Les trous très rapprochés ne sont plus visibles à quelques mètres et ces matières concilient en quelque sorte la transmission du son et la diffusion efficace de la lumière. De plus, leur surface lisse n'accroche pas la poussière et l'on peut les laver facilement.

A ce sujet on ne saurait trop surveiller la propreté de l'écran, on peut observer que, dans plusieurs établissements et non des moindres, cette question est des plus négligée : pour s'en rendre compte, il suffit de prendre

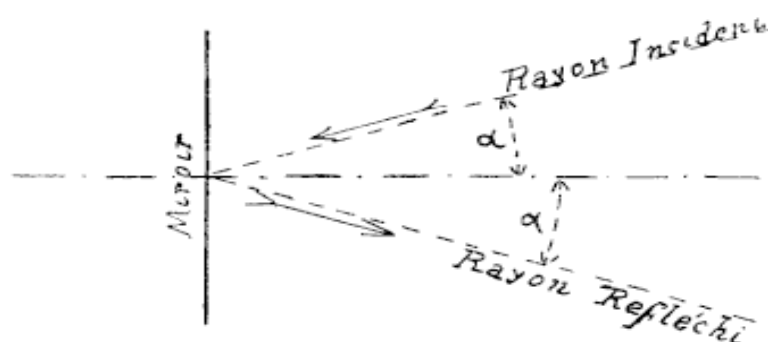
(1) Ces écrans se salissent rapidement et leur perméabilité laisse passer des quantités de lumière considérable; ils sont de plus hors d'état de servir après deux lavages.

une feuille de papier blanc que l'on placera contre l'écran éclairé par le projecteur.

Un écran parfait diffuserait la lumière d'une manière égale dans toutes les directions, mais dans la pratique il est loin d'en être ainsi et d'ailleurs cela n'est pas nécessaire car, à partir d'un certain angle avec l'axe de projection, la déformation de l'image est trop accentuée pour les spectateurs; ceci est bien connu des exploitants qui connaissent l'inconvénient des places de côté. Si l'image est déformée, elle est également moins lumineuse, la quantité de lumière diffusée par l'écran diminuant graduellement avec l'obliquité.

b. Lumière réfléchie et lumière diffusée. — Considérons un pinceau de lumière venant de l'objectif et remplaçons momentanément l'écran par un miroir plan, ce

Fig. 9.



pinceau de lumière sera renvoyé presque intégralement dans une direction symétrique de la direction incidente par rapport à la normale du miroir on dit que le rayon réfléchi fait avec la normale au miroir un angle égal à celui du rayon incident avec cette normale, les deux

rayons étant dans un même plan perpendiculaire au plan du miroir (*fig. 9*).

Dans ce cas il n'y a pas formation d'images projetées, du moins sur le miroir.

Supposons maintenant que nous dépolissions la surface du miroir; ce dépolissage a pour effet de produire sur la surface polie une multitude de facettes microscopiques qui réfractent les rayons incidents et les renvoient après réflexion dans toutes les directions à peu près uniformément, il y a alors vision réelle d'image parce que l'œil du spectateur reçoit de chaque point de l'écran une même proportion de lumière. Si le dépoli est à gros grain, nous aurons réalisé ainsi un bon écran de projection; en effet, la lumière sera utilisée presque intégralement, l'absorption étant minime et la diffusion suffisante.

Ce genre d'écran a été proposé maintes fois, mais il serait très coûteux, et n'est pas perméable au son.

Supposons maintenant que nous rendions le dépoli de plus en plus fin pour arriver au poli parfait; au fur et à mesure que le grain diminue et que nous nous rapprochons du miroir parfait, le nombre des rayons diffusés diminue de plus en plus parce qu'ils se rapprochent de la direction théorique des rayons réfléchis, ce qui veut dire, que pour des spectateurs placés de côté, l'écran deviendra de plus en plus obscur.

Nous voyons immédiatement que, dans une salle large et peu profonde, il y aura intérêt à choisir des écrans dont la surface sera à gros grains, qui diffuseront la lumière dans un angle solide considérable, tandis que dans une salle étroite et longue un écran à grains fins sera supérieur puisqu'il diffusera le même flux lumi-

neux dans un angle plus petit et procurera par conséquent une économie de lumière.

c. Écrans métallisés. — C'est la raison pour laquelle dans ce dernier cas on emploie souvent des écrans dits métallisés dont la surface est formée de poudre d'aluminium fixée par un adhésif. Ce genre d'écran agit d'une façon identique au miroir dépoli précédent.

Les fabricants d'écrans métallisés ont d'ailleurs acquis par la pratique certaines connaissances et font varier la composition de l'enduit suivant la forme de la salle, en y introduisant des charges à grains plus ou moins gros ou même en y incorporant des éléments de peinture blanche, donc des éléments diffusants.

Lorsque l'exploitant se trouvera donc dans la situation de choisir un écran, il pourra en suivant ces directives éliminer *a priori* un certain nombre de matières qui ne correspondront pas à la forme de la salle envisagée, les autres matières devront être essayées par comparaison en se plaçant successivement aux diverses places occupées par les spectateurs.

Avant d'aller plus loin, il est bon d'attirer l'attention sur une opinion paradoxale qui a cours parfois : il peut sembler en effet que la plus ou moins grande distance du spectateur à l'écran fasse varier la luminosité apparente de l'image projetée.

Nous avons vu que la lumière n'est pas diffusée par l'écran d'une manière égale dans toutes les directions, mais si nous considérons le cas visé ici de spectateurs placés sur une même ligne les uns derrière les autres à partir de l'écran, la luminosité de ce dernier leur apparaîtra rigoureusement égale, à condition toutefois que

l'atmosphère de la salle soit pure de toute fumée; en effet, si la quantité de lumière reçue par l'œil des différents points de l'écran diminue avec le carré de la distance, l'angle α , sous lequel est vu cet écran, diminue également avec le carré de cette distance d , car nous avons

$$\alpha = \frac{S}{d^2},$$

où S , surface de l'écran, est constante.

On démontre en optique que la clarté de l'œil s'exprime par la formule

$$C = \pi e n'^2 \sin^2 U',$$

où e est la brillance de la source, n' l'indice de réfraction du milieu de l'œil, $2U'$ l'angle de projection de l'œil qui est constant pour une même ouverture de la rétine. On voit que la clarté de l'œil est fonction de l'éclat de la source, mais pas de la distance de cette source à l'œil ⁽¹⁾.

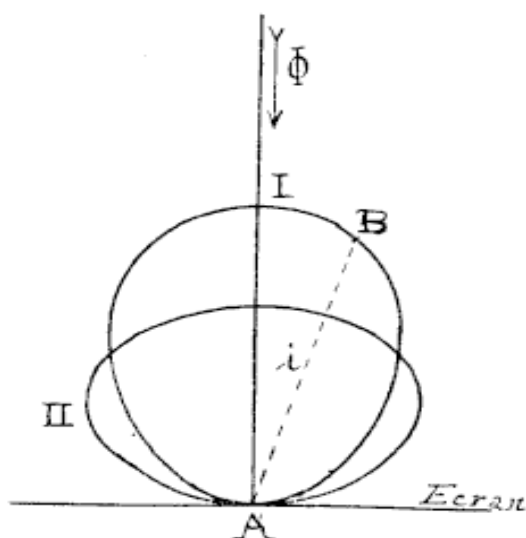
d. Courbes de diffusion de la lumière par les écrans. — Signalons en passant les recherches méthodiques effectuées sur les écrans dans les laboratoires américains : on y a mesuré l'intensité de la lumière renvoyée par un grand nombre de types d'écrans, et cela dans toutes les directions; avec ces données, on a ensuite tracé pour chacun des types essayés une courbe représentant

(1) Ceci n'est vrai que lorsque la source a un diamètre apparent appréciable supérieur au 1/100^e de la distance de vision comme on l'a vu précédemment.

en coordonnées polaires les intensités lumineuses trouvées (*fig. 10*).

Soit un écran A sur lequel tombe un flux lumineux normalement à sa surface; si l'on mesure les intensités lumineuses de la source secondaire formée par un point A de l'écran et que l'on porte sur les différents

Fig. 10.



vecteurs issus du point A les valeurs des intensités trouvées dans leurs directions, on obtient des surfaces dont le dessin figure la section droite

$$AB = i.$$

La courbe I a trait à un écran ayant un pouvoir de diffusion rassemblé; il conviendra à une salle profonde et peu large; l'écran de la courbe II, par contre, trouvera sa place dans une salle large, etc. ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Pour un écran parfaitement diffusant la courbe serait une circonférence tangente au plan de l'écran ou point d'incidence; on a en effet dans ce cas : $I = D \cos \alpha$.

e. Brillance de l'écran. — La brillance d'un écran uniformément éclairé par un faisceau de lumière tombant normalement à sa surface est directement proportionnée à l'éclairement.

Par définition, la brillance est le quotient de l'intensité lumineuse dans la direction d'observation par la surface apparente de la source vue du point d'observation; on a donc

$$B = \frac{I}{S}.$$

I est l'intensité lumineuse du flux lumineux émis par la surface S de l'écran vers l'œil du spectateur.

B sera donc la brillance ou l'intensité lumineuse par unité de surface d'écran.

Cette brillance B produite par l'éclairement E venant du projecteur dépend de la nature de l'écran, de son pouvoir diffusant et de son coefficient d'absorption lumineuse; ces deux facteurs varient suivant la direction d'observation mais, pour un même écran et une direction déterminée, on peut dire que la brillance de l'écran sera uniquement fonction de son éclairement par le projecteur et directement proportionnelle à cet éclairement

$$B = \frac{\delta}{\pi} \times E,$$

δ coefficient variable suivant la direction d'observation, mais toujours inférieur à 1.

La brillance est évaluée en bougies internationales par centimètre carré.

Le seul examen de ces courbes permet donc de se rendre compte immédiatement des qualités particulières

de chaque matière employée comme surface d'écran et de choisir celle qui convient le mieux à une salle de forme donnée.

f. Transmission du son à travers les écrans. — De même pour les écrans destinés à la projection des films parlants, il a été mesuré pour chaque type le volume du son transmis (la pression sonore) et cela pour les diverses fréquences usuelles afin de se rendre compte si le son transmis est exempt de déformation ⁽¹⁾.

Ces études très intéressantes nous paraissent trop théoriques pour être exposées en détail ici; elles ont confirmé d'ailleurs qu'une matière non vibrante, percée de petites ouvertures dont la somme des surfaces représente environ 5 % de la surface de l'écran est satisfaisante pour une bonne transmission du son et, en ce qui concerne la diffusion de la lumière, on peut considérer que l'examen visuel des qualités de l'écran par les méthodes décrites plus haut est amplement suffisant.

Nous connaissons maintenant les moyens d'améliorer la projection en utilisant au maximum la puissance lumineuse dont dispose le projecteur et cela d'une part par le choix d'une matière appropriée pour la confection de l'écran, d'autre part en sachant régler toutes les conditions qui constituent ce que l'on peut appeler l'ambiance de l'écran, peinture de la salle, éclairage de secours, etc.

Nous avons déjà dit que, depuis l'apparition du film

(1) On appelle « déformation du son » l'ensemble des phénomènes produits par la diminution ou l'augmentation de certaines fréquences qui entrent dans la composition du son total.

image et son, la photographie subit une éclipse, la qualité de certains passages est nettement insuffisante; parfois, les personnages eux-mêmes ne peuvent être distingués; si l'opérateur suit sa projection d'une manière intelligente, il doit au moment critique donner à la lumière le coup de pouce nécessaire, mais à la condition expresse qu'il possède un excédent de puissance.



CHAPITRE X.

CRITIQUE DU GRAND ÉCRAN.

Dans ce qui précède nous avons essayé de mettre en évidence toutes les raisons qui militent en faveur de l'augmentation de l'éclairement de l'écran, et ceci nous conduit à énoncer qu'il vaut mieux sacrifier la dimension de l'écran que sa luminosité.

Or, dans ces dernières années, nous avons vu prôner ce que l'on a appelé communément le grand écran ou écran panoramique : malgré que cette question ne concerne que quelques rares grandes salles, voyons comment elle se présente.

Il paraît d'abord intéressant du point de vue scénique d'augmenter le champ de la vision des spectateurs dans les tableaux d'ensemble sans diminuer pour cela la dimension apparente des personnages ou des engins en mouvements tels que navires, avions, etc. et cela pour que les détails de physionomie des personnages continuent à être perçus avec la même facilité ; mais, pour obtenir ce résultat, il faut que la netteté et la luminosité des projections n'en soient pas diminuées. C'est pour conserver la même netteté que les Américains ont cherché à utiliser la pellicule de grande largeur afin que, dans la projection sur le grand écran, le

grossissement reste du même ordre, mais on peut dire que le problème de la luminosité est demeuré presque entier.

Signalons en passant les difficultés rencontrées dans la prise de vue et la projection panoramique avec des objectifs grand angle, et les efforts visant à maintenir la planité de la surface du film dans les fenêtres des appareils : toutes ces questions ont été étudiées de très près par des techniciens expérimentés sans que des solutions vraiment pratiques aient été trouvées du moins jusqu'à présent. Les projets grandioses du début, film de largeur de 60^{mm} et même 70^{mm}, ont donc pour les motifs précédents subi de sérieuses réductions et il n'était plus question que de porter la largeur du film de 35^{mm} à 50^{mm} correspondant à un agrandissement d'image en largeur de 50 %, de 24^{mm} à 36^{mm}.

D'autre part, pour améliorer l'éclairement de l'écran, on perfectionna les lanternes de projection en augmentant à la fois et le rendement et la puissance : or, dès leur apparition, ces nouveaux appareils furent adoptés par toutes les grandes exploitations modernes dont ils ont amélioré très heureusement la qualité des projections en augmentant la luminosité des écrans restée insuffisante jusqu'alors ; on en profita également pour élargir quelque peu la dimension des écrans ordinaires et l'augmentation de puissance lumineuse procurée par les nouvelles lanternes se trouva ainsi totalement absorbée, de telle sorte qu'il ne resta plus de marge de puissance disponible pour les écrans panoramiques qui furent peu à peu abandonnés. Les dernières exploitations qui persistent encore à présenter certains tableaux sur écrans panoramiques en sont réduites à ne

les montrer qu'avec des éclairagements proportionnellement plus faibles qui impressionnent fâcheusement le public, d'autant plus que la netteté devient alors franchement mauvaise. Aussi les projections sur grands écrans ne sont-elles employées que pour quelques tableaux de films documentaires.

Pour éviter les frais considérables qu'entraînerait l'adoption du film large, on a proposé également l'emploi de dispositifs optiques qui ont pour but d'augmenter la dimension de la projection sans changer le format de l'image; nous voyons que, comme dans le cas du film large, ces dispositifs ont pour premier effet d'étaler la lumière sur une surface plus grande, donc de diminuer proportionnellement l'éclairement de l'écran, mais ici la netteté des images est également plus faible.

Les dispositifs sont de deux sortes : les premiers sont simplement des combinaisons optiques ayant pour but d'agrandir uniformément l'image projetée en conservant le rapport des dimensions, comme le magnascope, l'ampliviseur et les objectifs à foyers variables; les seconds sont ce que l'on nomme des anamorphoseurs qui agrandissent l'image dans une seule dimension (en largeur ou en hauteur à volonté); on utilise donc dans ce dernier cas, pour la projection, des films spéciaux dont les images lors des prises de vues ont été réduites dans cette unique dimension et dans le même rapport.

Ces dispositifs présentent un défaut commun ⁽¹⁾ qui vient s'ajouter aux pertes de netteté et de luminosité. Ils sont en effet constitués comme des objectifs par la réunion d'un certain nombre de lentilles; or une len-

(¹) Sauf les objectifs à foyer variable naturellement.

tille non collée occasionne par ses deux faces et son épaisseur une perte de lumière d'environ 10 %, cette lumière n'est d'ailleurs absorbée qu'en partie, une portion notable, par suite des réflexions multiples sur les faces des lentilles, est renvoyée dans la direction de l'écran augmentant ainsi l'éclairage parasite des noirs de l'image (comme nous l'avons vu plus haut).

Donc, si l'on additionne tous les inconvénients apportés par ces dispositifs, on trouve :

1° Une perte de netteté proportionnelle à l'agrandissement en surface ;

2° Une perte de luminosité également proportionnelle à cet agrandissement mais aussi augmentée des pertes par réflexion et diffusion du dispositif lui-même, donc diminution du coefficient de transmission total ;

3° Une perte de contraste due à l'augmentation de l'éclairage parasite provenant du système optique de projection.

En regard de ces inconvénients, nous trouvons un avantage unique : l'augmentation du format de l'écran pour le magnascope et le changement de format pour les anamorphoseurs.

Si l'on désire cependant posséder dans son établissement un moyen de modifier à volonté le format de projection, il y a tout avantage ou du moins on éprouvera le moins d'inconvénients, en employant les objectifs à foyers variables dans lesquels les deux barillets supportant les lentilles avant et arrière sont mobiles l'un par rapport à l'autre suivant une certaine loi qui modifie le rapport de réduction sans modifier la

position de l'image, donc sans changer la mise au point ⁽¹⁾.

En dehors de cela cet objectif, surtout au point de vue du nombre de lentilles utilisées, est constitué à peu près comme un objectif de projection ordinaire; on voit par là l'énorme avantage qu'il présente sur les autres dispositifs qui nécessitent l'adjonction devant l'objectif ordinaire d'un deuxième système de lentilles, doublant ainsi le nombre des surfaces de réflexion air-verre.

Comparé aux anamorphoseurs en particulier, malgré que ces derniers n'étaient l'image que dans une seule direction, donc sur une surface moindre, on aura une meilleure netteté et une meilleure lumière avec l'objectif à foyer variable dans la position du grand écran parce que les pertes de lumière par réflexion ou absorption dans les lentilles seront moindres. De plus, l'emploi de l'objectif à foyer variable conserve la maîtrise de la projection à l'opérateur, qui peut agrandir tel tableau à volonté, et en supposant, ce qui arrivera sûrement, une panne dans l'écran mobile, l'opérateur pourra continuer sa projection quel que soit le degré d'ouverture de l'écran au moment de la panne.

Cette facilité n'existe pas avec les autres dispositifs.

Examinons maintenant l'intérêt que peut présenter

(¹) La distance focale est donnée par la formule

$$\frac{1}{F} \equiv \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{e}{f_1 f_2},$$

dans laquelle F est la distance focale de l'ensemble, f_1, f_2 les distances focales de chacun des barillets, e l'écartement variable des deux barillets.

pour une exploitation cinématographique l'augmentation du format de l'écran de projection.

La caractéristique propre d'un panorama est que l'œil ne peut en saisir qu'une portion à la fois; l'augmentation du format doit donc profiter au champ de l'action mais non pas aux personnages qui doivent conserver à peu près les mêmes dimensions, le décor, le paysage profiteront donc seuls du changement des dimensions pour créer une ambiance d'étendue ou de hauteur, mais l'action qui est concentrée sur le jeu des personnages n'y gagnera pas grand'chose, d'autant plus que la possibilité de panoramiquer et l'emploi des changements de plan donnent déjà toute satisfaction dans ce sens : nous en avons eu un exemple frappant dans l'admirable film « Les prisonniers de la montagne » dans les vues de la Grande Crevasse.

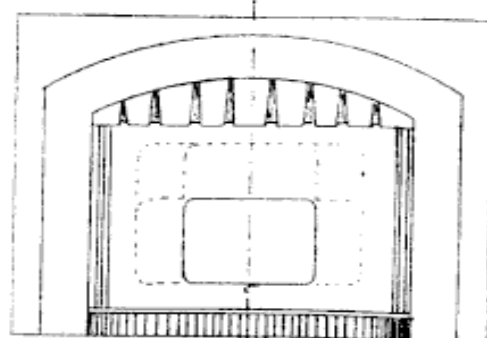
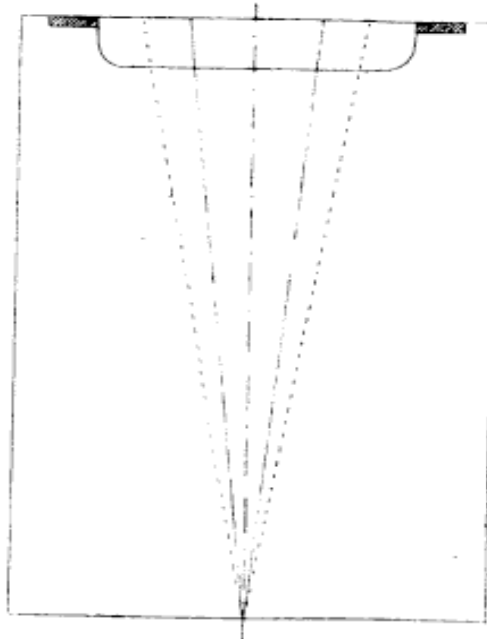
Ceci s'applique aussi bien aux cas du grand écran qu'à celui de l'écran panoramique et, l'on voit que l'avantage qui peut exister sur l'écran ordinaire sera bien réduit en considération des pertes de lumière et surtout des difficultés d'installation qui en sont la conséquence comme nous allons le voir.

En effet lorsque le format de l'écran a été déterminé pour une salle, on s'est basé en premier lieu sur les proportions de la salle ⁽¹⁾, ensuite sur les possibilités d'éclairage, mais aussi sur la nécessité de pouvoir apercevoir l'écran en entier de toutes les places de la salle; enfin il a fallu tenir compte des possibilités de

(1) Le format de l'écran est habituellement établi en calculant la largeur de cet écran comprise entre le $1/5^e$ et le $1/6^e$ de la distance de projection.

projection liées à l'emplacement de la cabine et s'assu-

Fig. 11,

Élévation*Plan*

rer que le cône de projection n'accroche pas au passage la tête des spectateurs ou des parties constructives.

Supposons que toutes ces conditions pour la projec-

tion sur le grand écran se trouvent également résolues, ce qui sera rarement possible sans modifications importantes, et que le propriétaire de l'établissement ait décidé d'effectuer les travaux nécessaires à cette installation.

Notons en passant que les écrans panoramiques obtenus avec les anamorphoseurs qui permettent d'augmenter soit la largeur soit la hauteur se ramènent au point de vue architectural au grand écran, parce qu'ils imposent le même espace disponible en hauteur et en largeur.

Prenons le cas très favorable d'une salle rectangulaire ayant 20^m de largeur sur 30^m de profondeur. L'écran normal aura 5 à 6^m soit 5^m,50 de large et le grand écran un minimum de 70 % en plus soit 9^m,35 de large (*fig. 11*).

Les dimensions du cadre seront pour l'entourage en velours noir :

$$2 + 2 = 4^m;$$

pour le cadre architectural :

$$2 + 2 = 4^m.$$

$$9^m,35 + 4 + 4 = 17^m,33.$$

Nous arriverons donc à loger le cadre architectural dans la largeur de 20^m de la salle, mais ce cadre de scène remplira presque tout le devant de la salle ce qui au point de vue de l'harmonie de l'ensemble est déjà défectueux. De plus, il existera entre les piliers du cadre architectural un espace de 12^m,20 dans lequel l'écran ordinaire de 5^m,50 paraîtra beaucoup trop petit surtout

7.

pour les spectateurs qui auront conservé le souvenir du grand écran.

Le passage d'un format à un autre exige de plus un mécanisme important, il faut que le cadre noir de l'écran soit extensible par construction et soit manœuvré à la main par un machiniste placé tout exprès, ou encore électriquement par une commande actionnée de la cabine sur lequel il est inutile de s'étendre, mais que tout le monde peut imaginer très compliquée et coûteuse.

La transformation d'une salle en vue de l'adoption du grand écran entraînera donc, quand elle sera possible, des travaux et des frais considérables; le plus souvent même on sera conduit par la force des choses à créer des salles spéciales pour écrans panoramiques, c'est d'ailleurs ce que l'on était en train de faire aux Etats-Unis d'Amérique lorsque la grande crise économique est venue tout arrêter.

Certains ont pensé tourner la difficulté en diminuant exagérément l'écran normal pour avoir la possibilité de l'augmenter, or l'effet escompté est en réalité inverse, car l'œil du spectateur s'habitue très vite au grand format et prend ce dernier comme base d'appréciation.

Il apparaît donc qu'avec les moyens techniques dont on dispose actuellement, le grand écran devrait être rangé parmi les nombreuses utopies que nous devons à la mégalomanie qui s'est étendue au monde entier dans ces dernières années et à laquelle nous sommes redevables en grande partie du bouleversement économique actuel.

Aurait-on cependant vaincu toutes les difficultés pour des salles spécialement équipées que les films appropriés

aux grands écrans (principalement pour ceux destinés à être projetés avec l'emploi d'anamorphoseurs) ne pourraient passer dans les salles ordinaires qui formeront toujours la grosse majorité, et que l'on sera amené par la force des choses à créer deux éditions différentes pour une même production, entraînant ainsi des frais supplémentaires considérables.

On avouera que le moment actuel serait bien mal choisi pour tenter une pareille innovation.

Done, conservons précieusement la lumière dont nous disposons, augmentons même autant que possible l'éclairage de l'écran et légèrement au besoin son format, mais gardons-nous bien d'étaler cette lumière sur un écran trop large en nous rappelant que tous les défauts croîtront avec la surface, c'est-à-dire avec le carré des dimensions linéaires.



CHAPITRE XI.

ÉCLAIRAGE DE LA SALLE.

Au cours de cette étude sur la projection cinématographique, le lecteur a pu remarquer combien la technique de la projection qui paraît simple à première vue se présente au contraire sous des aspects multiples.

Nous avons vu, par exemple, qu'il ne suffit pas de posséder un bon projecteur, une lumière puissante et un bon écran, mais que des dispositions architecturales de la salle et son éclairage constituent autant de facteurs importants à ne pas négliger.

Examinons donc comment on doit réaliser l'éclairage d'une salle avant et pendant la projection.

a. Eclairage avant la projection. — La lumière exerce une action physiologique puissante sur l'organisme humain en engendrant une sensation d'euphorie à laquelle personne n'échappe.

Il ne faut pas négliger cette action de la lumière sur les spectateurs mais au contraire l'utiliser avec soin pour augmenter l'attrait de la salle. Il faut donc disposer dans l'établissement, dans les halls et foyers, mais surtout dans la salle elle-même, d'éclairages puissants mettant en valeur la forme et la couleur de la

décoration, et surtout créant une ambiance lumineuse agréable.

La technique de l'éclairage a fait d'énormes progrès durant ces dernières années où l'on est parvenu à dégager des principes nouveaux et à codifier des règles jusque-là éparses et négligées : on ne saurait trop répandre ces idées nouvelles dont l'exploitation cinématographique peut en particulier tirer le plus grand bien.

Un éclairage peut être puissant mais ne doit jamais être aveuglant, l'œil ne doit pas être impressionné par des points trop brillants, en d'autres termes la brillance des sources lumineuses ne doit pas dépasser certaines limites.

Lorsqu'un observateur regarde une source lumineuse ayant dans sa direction une intensité lumineuse I , cette source lumineuse se présente à l'observateur suivant un certain contour : vue du point d'observation elle a une certaine surface apparente (qui est la projection de son contour sur un plan perpendiculaire à la direction d'observation). On appelle brillance de la source le quotient de l'intensité lumineuse émise dans la direction d'observation par la surface apparente de cette source

$$B = \frac{I}{S}.$$

Si, par un procédé quelconque, l'adjonction d'un globe diffuseur par exemple, la surface se trouve augmentée, on aura en désignant la surface apparente du globe par S'

$$B' = \frac{I}{S'}.$$

I, l'intensité lumineuse, donc le pouvoir éclairant de la source, n'a pas varié sensiblement ⁽¹⁾ mais la brillance est diminuée, S' étant plus grand que S .

Le globe diffuseur est ce que l'on appelle une source secondaire par transmission.

La notion de brillance s'applique aux sources secondaires qui émettent par transmission ou réflexion une portion de la lumière reçue d'une autre source primaire ou secondaire.

L'éclairage par réflexion est appelé couramment l'éclairage indirect.

Nous avons vu que l'œil était doué d'une faculté spéciale appelée adaptation par suite de l'action de l'iris mais surtout par suite de l'adaptation rétinienne; la sensibilité de l'œil s'adapte donc à la brillance des objets qu'il regarde.

Si des objets trop brillants sont placés devant lui, il lui devient difficile de percevoir les sujets environnants, plus sombres, surtout si la brillance de ces objets est assez forte pour produire l'éblouissement de l'œil.

Dans un grand nombre de salles de spectacles, on a utilisé, tant comme moyen d'éclairage que comme décoration, des cordons lumineux de lampes électriques dont les lignes accusaient certains contours de l'architecture de la salle, par exemple le contour du cadre de scène ou d'écran; on obtient ainsi un effet lumineux important, quoique d'un goût douteux, et qui présente le gros avantage d'être installé à peu de frais.

Le défaut de ces dispositifs est évident : il éblouit les

⁽¹⁾ En réalité, ce pouvoir éclairant a diminué environ de $1/5$ par suite de l'absorption du verre du globe.

yeux des spectateurs et leur dissimule la décoration de la salle.

On tend de plus en plus à les remplacer par l'éclairage indirect du plafond, des parois de la salle, du cadre et du rideau de scène, etc., éclairage qui produit une lumière diffuse mettant la décoration de la salle en valeur et ménageant les yeux des spectateurs qui sont ainsi plus à même de s'adapter à la projection.

Les cordons lumineux, les lumières apparentes, s'expliquaient autrefois avant le développement de l'électricité où l'on employait couramment dans les fêtes publiques des lampions à huile, des rampes à gaz; ces motifs lumineux avaient des intensités faibles, des brillances acceptables ⁽¹⁾, ils restaient logiques, mais avec la généralisation de l'électricité ces dispositifs ont été peu à peu abandonnés et nous voyons se répandre l'emploi dans les illuminations publiques de l'éclairage indirect des façades de maisons et d'édifices ou même des panneaux-réclames.

L'éclairage indirect, qui consiste en principe à projeter la lumière sur une surface appropriée qui à son tour devient éclairante, est extrêmement coûteuse ⁽²⁾ par suite des pertes de lumière qu'il entraîne par absorption, et c'est pourquoi on emploie le plus souvent des sources secondaires par transmission dans lesquelles des verres spéciaux gravés ou dépolis diffusent la lumière

⁽¹⁾ Brillances voisines de 0,5 bougie décimale.

⁽²⁾ Pour fixer les idées on peut dire que l'éclairage indirect nécessitera environ de 3 à 4 fois plus de puissance électrique que l'éclairage direct : nous avons tous pu constater cependant les effets remarquables d'éclairage obtenus à la dernière Exposition Coloniale Internationale (Paris, 1931) par l'emploi exclusif de l'éclairage indirect.

des ampoules électriques par une large surface de brillance atténuée.

Dans les salles de cinéma en particulier, où les frais d'installation viennent grever lourdement l'exploitation, il est préférable que l'éclairage indirect soit réservé pour quelques effets décoratifs, l'éclairage proprement dit de la salle étant fourni par des motifs lumineux diffuseurs.

Cette règle ne s'applique pas naturellement aux très grandes salles genre palaces qui, en raison du chiffre élevé de leurs recettes, peuvent s'offrir le luxe de l'éclairage indirect par réflexion.

Ce mode d'éclairage très agréable, puisqu'il permet de voir sans être incommodé, est d'ailleurs très souvent mal réalisé.

Si nous considérons deux surfaces éclairées, l'une blanche, c'est-à-dire renvoyant la plus grande partie de lumière reçue, l'autre grise, donc absorbant une fraction notable de cette lumière, il est évident qu'il faudra éclairer davantage la seconde pour qu'elle atteigne un pouvoir éclairant égal à celui de la première. Cette vérité assez simple est cependant le plus souvent méconnue, et il est à la portée de tout le monde de le constater dans certaines salles d'ouverture récente. On utilise aussi trop souvent l'éclairage indirect sans faire l'effort d'installation nécessaire de telle sorte que la salle reste constamment dans la pénombre.

En résumé, si l'on veut employer l'éclairage indirect, on doit peindre les surfaces éclairantes en couleurs claires et mates. Il s'élève ici une contradiction importante qui constitue une difficulté de plus à l'actif de l'éclairage indirect, difficulté que d'ailleurs on peut surmonter comme il sera expliqué plus loin.

Nous avons vu que les salles peintes en couleurs claires sont extrêmement désavantageuses pour la projection puisqu'elles réverbèrent la lumière sur l'écran et que l'on est ainsi conduit à employer une décoration de couleur foncée; comment donc tourner cette difficulté pour concilier cette condition avec la nécessité d'employer des surfaces diffusantes aussi claires que possible pour utiliser au mieux l'éclairage indirect.

Certains ont recherché des teintes neutres, grises, beige foncé, brun clair, mais ceci ne constitue qu'une demi-mesure acceptable pour une salle située dans les voies très fréquentées d'une grande ville où le spectacle est permanent, où par conséquent il est secondaire d'éclairer la salle en blanc, mais cette solution est à rejeter complètement pour les théâtres et les cinémas où l'exploitation est organisée en séances régulières et où il est nécessaire, lorsque rien sur la scène ne vient distraire l'attention, de ne pas laisser les spectateurs plongés dans une demi-obscurité qui engendre la tristesse.

On pourra consulter avec fruit le tableau suivant qui donne le pourcentage des quantités de lumière renvoyées par les différentes couleurs types :

TABLEAU V.

	Pour 100.
Blanc	67 à 80
Ivoire	66 à 70
Crème	56 à 72
Jaune paille	55 à 67
Jaune	44 à 59
Brun	27 à 41
Vert clair	43 à 67
Vert foncé	10 à 22
Bleu clair	31 à 55
Rouge clair	32 à 55
Rouge foncé	12 à 27
Gris	15 à 27

On voit par exemple que, pour des surfaces diffusantes, on a un grand intérêt à prendre le blanc pur qui n'absorbe que 20 % de lumière : l'emploi d'un ton ivoire ferait perdre 30 %, le gris 40 %, etc.

Si l'on désire malgré tout de la couleur, il vaut mieux utiliser des éclairages colorés.

Pour un ciel bleu, par exemple, des lampes bleues avec quelques lampes rouges, etc.

Il faut donc, si l'on tient absolument à utiliser l'éclairage indirect, aborder de front le problème et faire appel au talent des architectes pour ménager dans la décoration sombre des surfaces diffusantes claires qui seront disposées de telle sorte qu'elles ne puissent réverbérer de la lumière sur l'écran, ce qui se produit lorsqu'elles ne sont pas vues de cet écran, défilées par rapport à lui, ou vues seulement sous une incidence élevée, de biais.

Une erreur est par exemple de dorer ou d'argenter brillant la face verticale du mur d'appui du balcon qui forme ainsi miroir réfléchissant vers l'écran.

On remarquera ici l'intérêt qu'il y a par contre à placer l'écran au fond du tunnel obscur qui est naturellement formé par la scène ; cette disposition est très employée parce que l'on a constaté que la projection est toujours meilleure dans ce cas, quoique beaucoup ne se rendent pas compte de la raison exacte de ce résultat. Il est absolument nécessaire que les faces des décors, rideaux, murs, etc. tournés vers l'écran soient peints en noir mat pour absorber totalement la réverbération de l'écran. Malgré sa grande importance, nous avons pu constater que cette prescription est généralement inconnue ou négligée.

Dans quelques nouvelles salles américaines, on utilise un dispositif de décoration, dite naturelle, appelée encore atmosphérique, en disposant sur les murs constructifs de la salle une toile de fond représentant des paysages clairs qui forment la partie éclairante tandis que des décors imitant des constructions appropriées de couleurs sombres paraissent former l'architecture de l'amphithéâtre ainsi constitué et supporter les balcons et galeries. Il semble y avoir là une tentative heureuse qu'il était bon de signaler ici.

Toutes les solutions sont donc permises à condition d'absorber par des moyens et par une décoration appropriée la lumière diffusée par l'écran et réduire au minimum son éclairement parasite.

On peut remarquer en passant la similitude qui existe entre le son et la lumière avec cette différence importante cependant que les phénomènes du son se trouvent compliqués du facteur temps, la vitesse de la lumière peut être en effet considérée comme infinie dans notre cas tandis que celle du son est appréciable; mais la réverbération du son comme celle de la lumière se produit par réflexion sur les parois de la salle, c'est pourquoi on dispose sur certaines de ces parois des matériaux absorbants, par exemple sur le mur du fond de scène derrière les hauts parleurs et sur le mur du fond de la salle qui regarde l'écran.

Il n'y a d'ailleurs aucune proportion dans l'importance des phénomènes de la lumière et du son en raison comme nous l'avons dit de la faible vitesse de ce dernier qui engendre des inconvénients nombreux tels que échos, zones de renforcement, zones de silence, etc. que nous ne considérons pas ici et que d'ailleurs on ne

rencontre pas dans les salles moyennes de formes rectangulaires où l'absorption du son produite par les sièges, les spectateurs, et les quelques tentures de la salle suffit généralement. Pour le surplus, nous renvoyons le lecteur à la brochure sur l'Acoustique architecturale, publiée par Film et Technique, 78, avenue des Champs-Élysées, et qui résume parfaitement les remarquables études sur l'Acoustique effectuées par M. Gustave Lyon, le créateur de la Salle Pleyel.

Revenons maintenant à l'éclairage indirect et posons en principe qu'on ne doit l'utiliser que si toutes les conditions énumérées plus haut sont remplies et que l'on ne regarde pas à la dépense considérable qu'il entraîne et comme frais d'installation et comme dépense de courant, sinon il vaut mieux utiliser l'éclairage direct par transmission en employant des dispositifs d'éclairage garnis de verres diffuseurs, gravés ou dépolis, les motifs lumineux ainsi constitués, bandeaux, plafonniers, lustres, etc. utiliseront ainsi la lumière au maximum tout en ayant une brillance atténuée ⁽¹⁾. Il est de plus important, pour ne pas créer de gêne inutile aux spectateurs qui sont orientés vers l'écran, de disposer judicieusement ces motifs lumineux pour que les yeux ne soient pas incommodés par des parties trop brillantes se trouvant dans une direction approchée de celle des regards, c'est-à-dire de l'écran : on admet que ces parties brillantes doivent être écartées d'un angle de 25 à 30° du champ de vision normal.

En suivant ces directives, l'exploitant pourra réaliser

(¹) Cette brillance devra rester égale ou inférieure à 0,5 bougie décimale.

ainsi un éclairage rationnel de son établissement, de rendement maximum, qui impressionnera favorablement le public dès l'entrée.

b. Eclairage de la salle pendant la projection. — Quand la projection devra commencer, l'extinction de l'éclairage de la salle s'opérera progressivement pour faciliter aux yeux leur adaptation. Il n'y a pas lieu d'insister sur cet effet bien connu et qui est maintenant répandu partout.

Nous avons vu que l'extinction de la salle ne doit pas être complète pendant la projection; il est nécessaire pour obéir aux prescriptions de la police de conserver un éclairage réduit.

On se contentait autrefois de quelques lampes en veilleuse et d'inscriptions lumineuses généralement en lettres rouges pour désigner les sorties affectées au public : depuis, on a augmenté l'éclairage et la mode s'est établie de projeter dans une salle éclairée en pénombre au grand détriment de la projection.

Nous avons vu que pendant la projection on doit éviter avec soin tout genre d'éclairage de la salle qui pourrait produire sur l'écran un éclairement parasite ou gêner les yeux des spectateurs en provoquant l'éblouissement par des points trop brillants. Voilà donc ici l'occasion d'utiliser l'éclairage indirect, soit en se servant, en les réduisant ⁽¹⁾, des éclairages indirects

(1) On réduit l'éclairage en éteignant un certain nombre de lampes, ne jamais employer de résistances laissant toutes les lampes allumées en veilleuse, la dépense de courant serait énorme.

On peut également sous-volter les lampes restées allumées au moyen d'un transformateur (éclairage ambré).

De même les lampes qui restent en permanence derrière des écrans

décoratifs que l'on peut posséder, soit en employant des éclairages spéciaux que l'on allume pendant l'extinction des lumières de la salle. De toute manière, le mur d'écran doit rester complètement sombre pour que la projection se détache avec éclat sur ce fond.

D'après les principes énoncés précédemment, on réduira au minimum les inconvénients de l'éclairage en pénombre de la salle en créant une opposition de tonalité entre la lumière blanche de l'écran et celle de l'éclairage de sécurité; en choisira de préférence pour ce dernier une tonalité jaune verdâtre correspondant à peu près au maximum de sensibilité de l'œil; on facilitera ainsi la vision périphérique, donc la circulation et surtout, l'adaptation des yeux des spectateurs.

Conclusion.

Avant d'arrêter définitivement le projet d'équipement d'une salle de spectacle, il est absolument nécessaire de connaître la manière dont cette salle sera exploitée. Deux cas se présentent en effet :

Ou bien, et c'est le cas général, nous nous trouvons dans une salle de province, dans une ville d'importance moyenne, ou encore dans une grande ville mais dans un quartier excentrique; l'exploitation s'opère générale-

jaunes ou rouges seront avantageusement sous-voltées de 35 pour 100 au moins, leur durée sera augmentée, la dépense de courant moins forte et la lumière ne sera pas diminuée : car il est inutile de produire des radiations bleues et violettes pour les intercepter ensuite par un écran qui les transforme en chaleur.

ment par séances régulières avec places numérotées et souvent retenues d'avance.

Le spectacle commence à heure fixe et comprend des morceaux d'orchestre ou de phonographe servant d'ouverture, un grand film, des actualités ou un sketch cinématographique, quelquefois un deuxième film comique ou même une petite attraction genre music-hall; avant et après la séance et pendant les entr'actes, la salle sera éclairée en blanc avec une lumière abondante, mais pendant la projection on utilisera une lumière de sécurité aussi réduite que possible.

La salle sera peinte en couleurs foncées ou du moins pas trop claires; dans ces conditions, l'écran recevra un éclairage (obturateur ouvert) de 120 à 150 lux, donc de 60 à 75 lux effectifs, qui sera suffisant si l'établissement possède une bonne ventilation qui permette d'éviter toute accumulation de fumée.

Le deuxième cas est moins fréquent, mais prend en ce moment une grande extension; c'est celui de l'établissement placé au centre d'une grande ville, dans un quartier très accessible où le public aime à venir flâner, quartier des grands cafés et des magasins. Dans un tel établissement, le meilleur rendement est obtenu par l'exploitation continue appelée vulgairement « spectacle permanent »; le public doit donc pouvoir entrer et sortir de la salle aussi facilement que possible, il est par suite obligatoire de maintenir pendant la projection un éclairage suffisant, un éclairage en pénombre; la décoration de la salle pourra être effectuée en couleurs moins sombres pour faciliter la répartition de l'éclairage, par contre les entr'actes seront plus courts ou coupés par des attractions théâtrales ou des mor-

ceaux de musique d'orchestre, il ne sera pas nécessaire de disposer d'un éclairage en blanc aussi puissant que dans le premier cas.

Pour permettre de réduire au minimum l'intensité de l'éclairage de sécurité de la salle, on facilitera autant que possible l'accommodation de la vision du public entrant, comme cela a d'ailleurs été déjà réalisé dans certains établissements modernes, en créant, au moyen de vestibules d'accès faiblement éclairés, une sorte d'éclusage lumineux.

Mais, et ceci est très important malgré que l'on prenne toutes les précautions compatibles avec les conditions précédentes pour diminuer la réverbération des lumières parasites sur l'écran, ces dernières seront importantes et l'on sera donc obligé de les combattre en faisant appel à un éclairage de projection aussi puissant que possible, 100 à 125 lux effectifs au moins, sans cependant arriver complètement au résultat désiré; et c'est là le gros écueil que l'on rencontre dans les très grandes salles qui oblige alors à diminuer la dimension de l'écran au-dessous de $1/6^e$ et même du $1/10^e$ de la distance de la projection ⁽¹⁾ pour conserver à l'image une bonne luminosité.

Pour éviter cette trop grande réduction des dimen-

(¹) On peut à ce sujet citer le cas d'un très grand établissement qui projette à une distance de 70^m environ sur un écran de 6^m,80 de large, soit donc un coefficient supérieur à $1/10^e$. Ce même établissement fait usage par moment d'un grand écran de 11 mètres, soit un coefficient un peu supérieur au $1/6^e$ de la distance de projection, et cependant la luminosité de ce dernier écran est franchement mauvaise. On peut observer que la dimension de l'écran normal devrait être de 12^m,50 pour une salle d'une telle dimension.

sions de l'écran qui nuirait à la perception des détails pour les spectateurs éloignés, on devra donc s'efforcer de régler aussi minutieusement que possible, pendant la projection, l'intensité et la tonalité de l'éclairage en pénombre de la salle et des vestibules d'accès, tout au moins jusqu'à ce que l'éclairement parasite de l'écran, provoqué par ces éclairages, descende au-dessous de 0,5 lux. On choisira également des projecteurs aussi puissants en intensité que l'on pourra trouver, sans jamais craindre d'exagérer par excès d'éclairage, ainsi qu'on pourra le comprendre par l'exposé que l'on trouvera dans l'Annexe qui suit.

ANNEXE.

Variation de la sensation en fonction de l'excitation.

A chaque valeur de l'intensité réelle de la lumière excitatrice ou intensité physique, correspond pour l'observateur une intensité apparente.

Chaque sensation a donc une valeur qui est fonction de l'excitation extérieure.

Bien qu'il ne soit pas possible d'énoncer une loi simple reliant ces deux phénomènes, on peut cependant chercher à établir une correspondance entre eux.

Dans ce qui suit, il est supposé que l'œil considère des surfaces blanches parfaitement diffusantes recevant des éclairagements de valeurs variables : dans ce cas, les facteurs éclairagements, brillances et intensités des flux de lumière émis par ces surfaces ne diffèrent entre eux que par des coefficients constants; nous raisonnerons donc sur les valeurs des éclairagements plus facilement appréciables.

Si l'on considère un éclairagement E , il est possible de mesurer directement, au moyen d'un photoptomètre de Charpentier par exemple, le plus petit éclairagement supplémentaire ΔE qu'il faut ajouter à E pour percevoir une sensation différenciable de celle produite par l'éclairagement E .

On répète cette mesure pour des valeurs différentes de E et, au moyen des chiffres ΔE ainsi trouvés, on établit un tableau des valeurs de E et ΔE correspondantes.

On appelle « fraction différentielle » la fraction $\Delta E/E$ que l'on a cru un moment, à la suite des travaux de Weber, être une constante

$$\frac{\Delta E}{E} = k?$$

Partons d'un éclaircissement très faible, imperceptible, d'une plage considérée se détachant sur un fond parfaitement noir, puis augmentons progressivement cet éclaircissement; il arrive que pour une certaine valeur de l'éclaircissement on éprouve une première sensation de lumière, appelé seuil de sensation : posons cette première sensation égale à 1.

Divisons la plage considérée en deux demi-plages : il faut augmenter l'éclaircissement d'une des demi-plages d'une certaine quantité pour percevoir une différence avec l'autre demi-plage restée à la valeur du seuil : nous avons obtenu un nouvel échelon de sensation que nous posons égal à 2; et ainsi de suite.

L'intensité de la sensation produite par un éclaircissement E sera fonction directe du nombre d'échelons de sensation qu'il faudra franchir pour arriver de zéro à E .

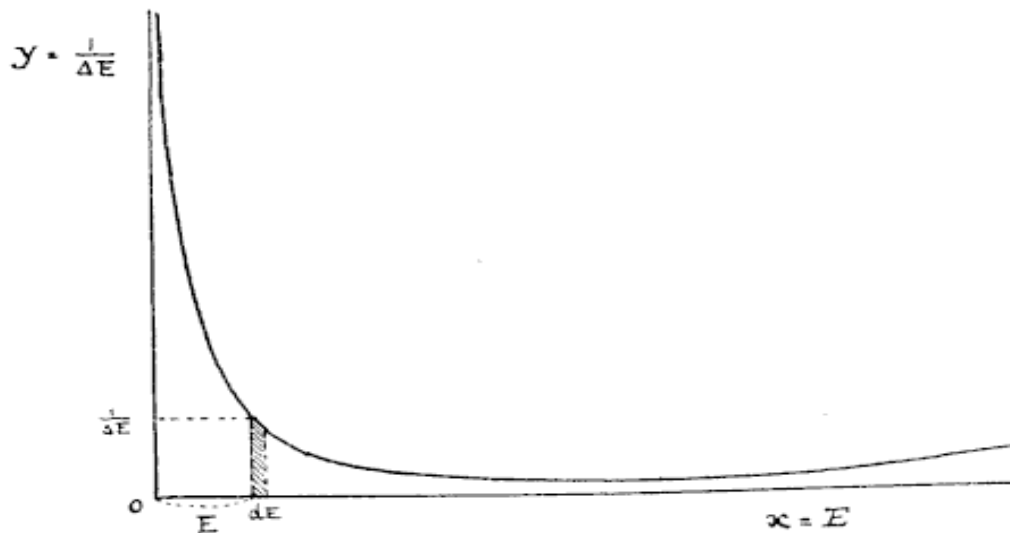
La valeur ΔE de l'éclaircissement différenciable est en quelque sorte l'inertie de l'œil à la lumière E ; inversement, la fraction $1/\Delta E$, c'est-à-dire l'inverse de l'accroissement, représente la sensibilité de l'œil, car plus $1/\Delta E$ sera grand, plus l'œil sera sensible pour l'éclaircissement E ; par suite, plus l'intensité de la sensation y sera grande.

Pour une valeur déterminée de l'éclairement, on peut mesurer expérimentalement la valeur du plus petit accroissement différenciable; en effet, pour une valeur de E , il est possible de déterminer des éclairements

$$E - \frac{\Delta E}{2} \quad \text{et} \quad E + \frac{\Delta E}{2}$$

tels que la moyenne des observateurs perçoive une différence de sensation dans 50 % des cas.

Fig. 12.



Au moyen des valeurs ainsi trouvées, on trace la courbe $\frac{1}{\Delta E}$ en fonction de E en posant $x = E$, $y = \frac{1}{\Delta E}$ (fig. 12).

ΔE étant la valeur du plus petit accroissement d'éclairement que l'œil peut différencier, $\frac{1}{\Delta E}$ représente le nombre d'échelons de sensation contenus dans l'unité,

et $\frac{1}{\Delta E} \times dE$, le nombre d'échelons contenus dans l'accroissement infiniment petit dE ; par suite le nombre d'échelons de sensation compris entre deux éclairagements E_1 et E_2 sera représenté par l'intégrale

$$\int_{E_1}^{E_2} \frac{1}{\Delta E} \cdot dE,$$

qui a pour mesure l'aire comprise entre la courbe $\frac{1}{\Delta E}$ en fonction de E , les ordonnées E_1 et E_2 et l'axe des abscisses.

Si nous désignons par E_0 l'éclairement au seuil de la sensation, le nombre d'échelons de sensation compris entre E_0 et un éclairagement considéré E , ou, en d'autres termes, la grandeur de la sensation pour l'éclairement E , sera de même

$$S = \int_{E_0}^E \frac{1}{\Delta E} \cdot dE$$

à une constante près.

Weber et Fechner, en supposant que

$$\frac{\Delta E}{E} = \text{const.} = B,$$

ou

$$\Delta E = BE,$$

d'où

$$S = A \int \frac{dE}{E} = C \text{ Log } E + D,$$

C et D étant des constantes, en ont déduit la loi qui porte leurs noms :

« La sensation est fonction du logarithme de l'excitation. »

Comme on le sait maintenant depuis les travaux de Broca et Helmholtz, la loi de Fechner n'est pas exacte, en particulier aux faibles valeurs de l'éclairement : nous ne pouvons donc employer la loi de Fechner pour comparer la sensation spéciale produite par la vision simultanée des blancs et des noirs des images, dont dépend le contraste apparent.

TABLEAU VI.

Éclairements E en lux.	$\frac{\Delta E}{E}$ ⁽¹⁾ .	$\frac{1}{\Delta E}$.	$\int \frac{1}{\Delta E} dE$ ⁽²⁾ .	$\text{Log}_{10} E \times 10^3$ ⁽³⁾ .
0,002.....	0,370	1351	1	0,3
0,005.....	0,325	614	3,7	0,7
0,01.....	0,271	369	6	1
0,02.....	0,250	200	8,6	1,3
0,05.....	0,183	109	12,9	1,7
0,1.....	0,133	75	17,4	2
0,2.....	0,110	45,4	23,2	2,3
0,5.....	0,091	22	32,2	2,7
1.....	0,0805	12,5	40,2	3
2.....	0,066	7,65	50	3,3
5.....	0,049	4,08	66,1	3,7
10.....	0,0365	2,77	82,5	4
20.....	0,030	1,66	104	4,3
50.....	0,026	0,76	137	4,7
100.....	0,025	0,40	164	5
200.....	0,022	0,225	192	5,3
500.....	0,019	0,105	235	5,7
1000.....	0,0185	0,055	273	6
2000.....	0,018	0,027	309	6,3
5000.....	0,016	0,0125	357	6,7
10.000.....	0,018	0,0055	394	7
20.000.....	0,020	0,0025	430	7,3
50.000.....	0,026	0,0007	470	7,7
100.000.....	0,032	0,0003	507	8
200.000.....	0,042	0,0001	527	8,3

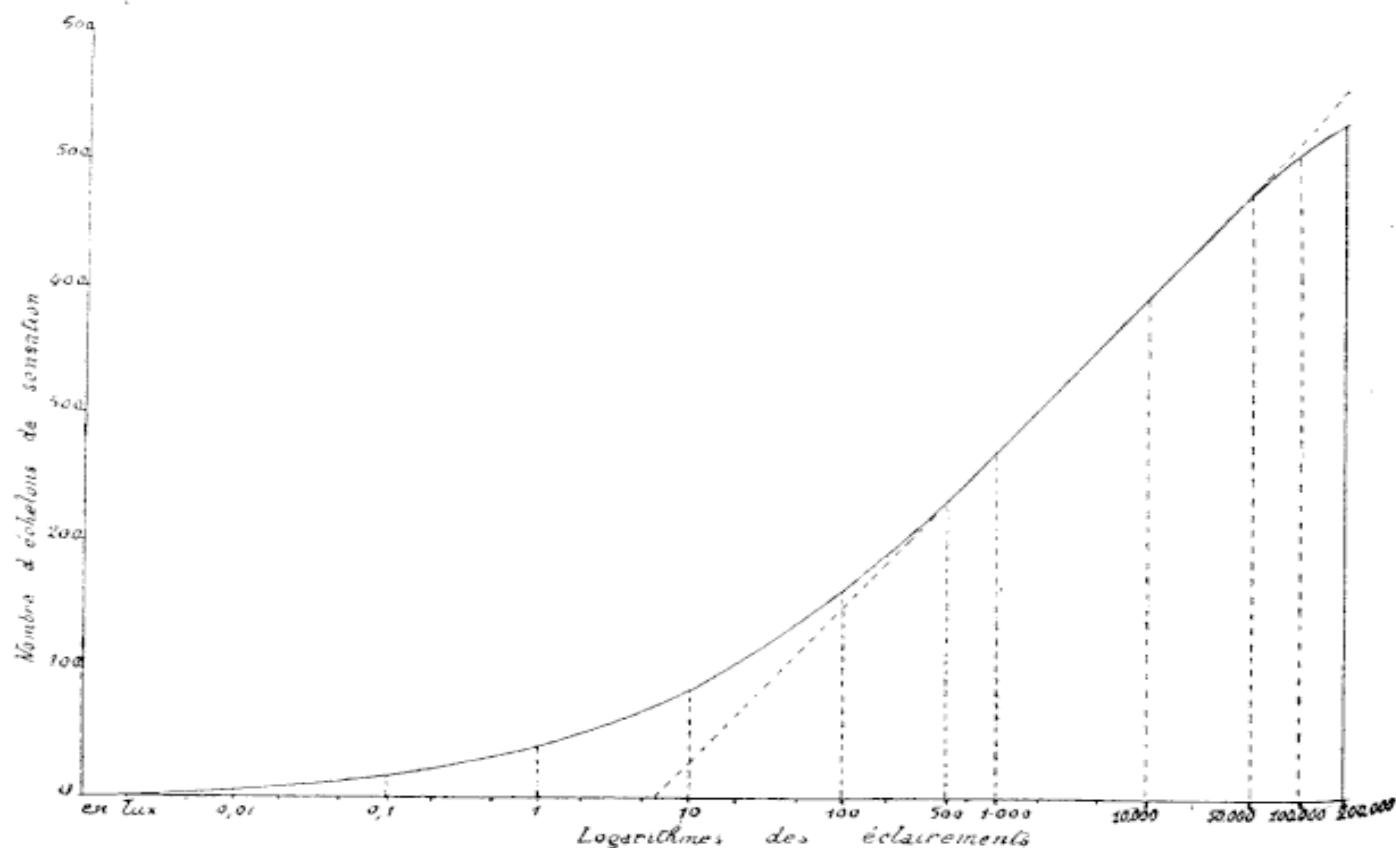
⁽¹⁾ Valeurs de la fraction différentielle exprimées en lumière blanche, déduites des valeurs des seuils différentiels en lumières monochromatiques d'après König et Brodhun recalculées par Nutting.

⁽²⁾ Valeurs des nombres d'échelons de sensation à franchir pour arriver du seuil de la sensation à l'éclairement considéré.

⁽³⁾ Logarithmes des éclairements mesurés en millièmes de lux.

Le Tableau VI (page 121) nous indique les valeurs de $\Delta E/E$ et de $1/\Delta E$ en fonction de E , depuis $E = 0,002$ lux jusqu'à 1000 lux.

Fig. 13.



Courbe de la sensation.

Il est facile au moyen de ce tableau de tracer la courbe des valeurs de $1/\Delta E$ en fonction de E .

Au moyen de cette courbe, on peut évaluer par mesure des aires le nombre d'échelons à franchir, c'est-à-dire l'intensité de la sensation pour chacune des valeurs de E du Tableau I.

Les valeurs trouvées ont été inscrites dans la cinquième colonne du tableau.

Au moyen de ces valeurs, traçons une courbe en portant en abscisses les valeurs logarithmiques des éclairagements et en ordonnées le nombre d'échelons correspondants : nous obtenons ainsi une courbe de la sensation qui est intéressante à considérer parce qu'elle montre une partie rectiligne à pente maximum pour des éclairagements variant de 500 à 50.000 lux (*fig. 13*).

On peut en déduire immédiatement que, tant que l'éclairement des grands blancs de l'image-écran n'a pas atteint et dépassé la valeur de 500 lux effectifs, l'intensité de la sensation croît plus vite que l'éclairement.

En effet, l'échelle des abscisses étant logarithmique, si l'on établit le rapport entre deux éclairagements différents, rapport que nous avons dénommé précédemment facteur de contraste physique, on voit d'après la forme de la courbe que, pour une même valeur de ce facteur, c'est-à-dire pour des éclairagements dans le même rapport, le nombre d'échelons de sensation croît plus vite que le facteur de contraste physique jusqu'à 500 lux environ.

Par exemple, entre 1 et 10 lux (rapport 10), on a 42 échelons de sensation environ; entre 10 et 100 lux, 80 échelons; entre 100 et 1000 lux, 110 échelons, et entre 1000 et 10.000 lux, 120 échelons.

Lorsque l'éclairement de l'écran augmente pour une même image-film, le nombre d'échelons que l'œil peut différencier augmente également, ce qui veut dire que l'image-écran apparaîtra de plus en plus riche en luminosités différentes et plus détaillée; il deviendra donc intéressant d'employer des images de plus en plus

douces et modelées dont on pourra mettre en valeur toute la richesse.

Il est intéressant de souligner en passant la grande analogie qui apparaît entre la courbe de la sensation (*fig. 13*) et les courbes sensitométriques types de Hurter et Driffield.

Dans les deux systèmes, on trouve portés en abscisses les logarithmes des éclairagements, tandis que, en ordonnées, les échelons de sensation correspondent aux densités de l'image photographique; l'allure générale des deux systèmes de courbes est identique; on y retrouve la partie droite et la forme caractéristique de l'épaule qui correspond dans la courbe de la sensation à la saturation de la rétine par la lumière et, dans les courbes sensitométriques, à la solarisation de l'émulsion.

Il reste maintenant à définir le contraste apparent, c'est-à-dire la sensation que l'œil éprouve dans la vision simultanée de deux éclairagements.

Nous avons défini précédemment le contraste physique par le rapport de deux éclairagements, mais là nous raisonnions dans l'abstrait.

Pour nous représenter le contraste apparent résultant de la vision simultanée de deux éclairagements, ou tout au moins à des intervalles de temps très courts, inférieurs à la durée de la persistance lumineuse sur la rétine, nous devons penser que l'œil ne tiendra compte que de la différence des sensations qu'il éprouve devant ces éclairagements du plus faible ou plus fort, c'est-à-dire du nombre d'échelons de sensation séparant ces deux éclairagements.

L'œil en effet ne peut tenir compte de ce qui n'existe pas dans l'image considérée, en particulier du noir

absolu; il ne peut donc évaluer la valeur absolue d'un éclaircissement qui dépend justement du nombre d'échelons existant entre le noir et ce même éclaircissement.

Du noir absolu au premier degré de sensation, ou minimum perceptible, c'est-à-dire de 0 à l'échelon 1 le contraste sera 1, de l'échelon 1 à l'échelon 2 le contraste sera encore 1, de même de 2 à 3, ..., de l'échelon n à l'échelon $n + p$, le contraste sera p .

Le contraste apparent sera donc représenté par la surface comprise entre la courbe $1/\Delta E$ et les ordonnées respectives E_n et E_{n+p} , la valeur du contraste apparent peut donc être évaluée en raison du nombre d'échelons de sensation séparant les deux éclaircissements considérés.

On remarquera que ceci est très avantageux, car les valeurs relatives aux très faibles éclaircissements, qui sont délicates à mesurer et sujettes à caution, se trouvent ainsi éliminées naturellement.

Si nous nous reportons à la courbe de la sensation, nous voyons que pour deux éclaircissements considérés la différence des ordonnées correspondantes représente le nombre d'échelons les séparant et donne par conséquent la mesure du contraste entre ces deux éclaircissements.

Done, pour compléter les conclusions précédentes, on peut dire que le contraste apparent croît jusqu'à 500 lux plus vite que le contraste physique, puis proportionnellement avec lui de 500 à 50.000 lux pour ensuite croître de moins en moins vite et même décroître pour des éclaircissements supérieurs; cela tient à ce que le phénomène d'éblouissement de l'œil par saturation de la rétine devient prépondérant.

Dans la pratique les éclaircissements maxima utilisés jusqu'à ce jour dans l'exploitation dépassent rarement

150 lux effectifs, on peut donc dire que le contraste augmente avec l'éclairement de l'écran, lentement d'abord entre 10 et 50 lux, puis de plus en plus rapidement, cet accroissement du contraste apparent étant toujours supérieur à l'accroissement du contraste physique, ce qui souligne pleinement l'avantage d'éclairements puissants de l'écran et confirme les enseignements de la pratique.

On peut déduire également de la courbe de la sensation que la loi de Weber et Fechner est applicable de 500 à 50.000 lux mais se trouve inexacte en dehors de ces limites.

Dans ce qui précède, nous avons supposé que la vision d'une image s'opère de la même manière qu'au laboratoire l'examen de deux plages juxtaposées d'un photopomètre, or, comme Goldberg l'a très justement fait observer, dans la réalité, la vision d'une image, qui est formée de luminosités variables et irrégulièrement distribuées est un phénomène beaucoup plus complexe, surtout dans le cas, étudié par Goldberg, de la perception d'images en lumière réfléchie.

On peut ajouter également que la mobilité de l'œil, dont il n'a pas été tenu compte dans ce qui précède, vient encore compliquer l'étude théorique des phénomènes de la vision, parce que dans l'examen d'un sujet, par suite du déplacement continu du globe de l'œil, les diverses parties de ce sujet viennent se projeter successivement sur et aux alentours de la *favea centralis*, seule partie de la rétine qui permette une perception nette.

Il est donc logique de penser que la sensibilité rétinienne s'adapte, non pas à la luminosité propre d'une

certaine plage du sujet à l'instant très court où cette dernière est examinée, mais à la luminosité moyenne d'une certaine étendue de ce sujet; le temps nécessaire pour l'adaptation rétinienne est en effet relativement lent par rapport à la rapidité des mouvements panoramiques de l'œil.

Pour essayer de lever ces objections, remplaçons, par la pensée, l'image photographique ordinaire par une image spéciale représentant un quadrillage blanc et noir dont les opacités extrêmes et moyennes seront identiques à celles de l'image précédente (ce que l'on obtient facilement en ajustant les surfaces des carrés noirs et blancs); dans ce cas particulier, la loi de variation du contraste apparent telle qu'elle a été exposée précédemment, peut s'appliquer, or il est évident et l'expérience le prouve, que les variations, en fonction de l'éclairement, du contraste apparent de l'image ordinaire seront parallèles et de même ordre de grandeur que pour l'image quadrillée en question.

La forme de la courbe de la sensation (*fig. 13*) permet de se rendre compte pourquoi les peintres et les dessinateurs exagèrent volontairement les contrastes, c'est-à-dire les intervalles entre les valeurs des ombres et des lumières, lorsqu'ils désirent donner l'impression de sujets violemment éclairés.

Dans les reproductions photographiques d'intérieurs, où l'on rencontre généralement des éclairages modérés, on parvient à reproduire à peu près fidèlement sur l'écran les intervalles de luminosité, mais lorsqu'il s'agit de sujets extérieurs on ne peut guère en traduire que très incomplètement toute la gamme des brillances,

c'est pourquoi les pellicules négatives à grands contrastes sont si appréciées des amateurs photographes.

Ceci apparaît encore plus nettement lorsque l'on veut reproduire des paysages en couleurs naturelles, et que par suite on s'éloigne de ce que la photographie en noir et blanc a de conventionnel pour chercher à donner à notre œil les mêmes sensations qu'il éprouve devant ces paysages, on aboutit, afin de donner une faible impression de la lumière absente, à un truquage, d'ailleurs bien connu et exploité par les peintres, qui consiste à exagérer les intensités des coloris du sujet, mais on n'arrive jamais à ce que l'écran devienne véritablement « une fenêtre ouverte sur l'extérieur », but recherché et jamais atteint.

Si donc un jour on parvient à réaliser techniquement la projection en couleurs et en relief, on devra l'accompagner d'éclairages très supérieurs à ceux que l'on utilise actuellement pour obtenir le maximum d'effet, et ce ne sera pas le problème le moins difficile de cette réalisation.

TABLEAU VII.

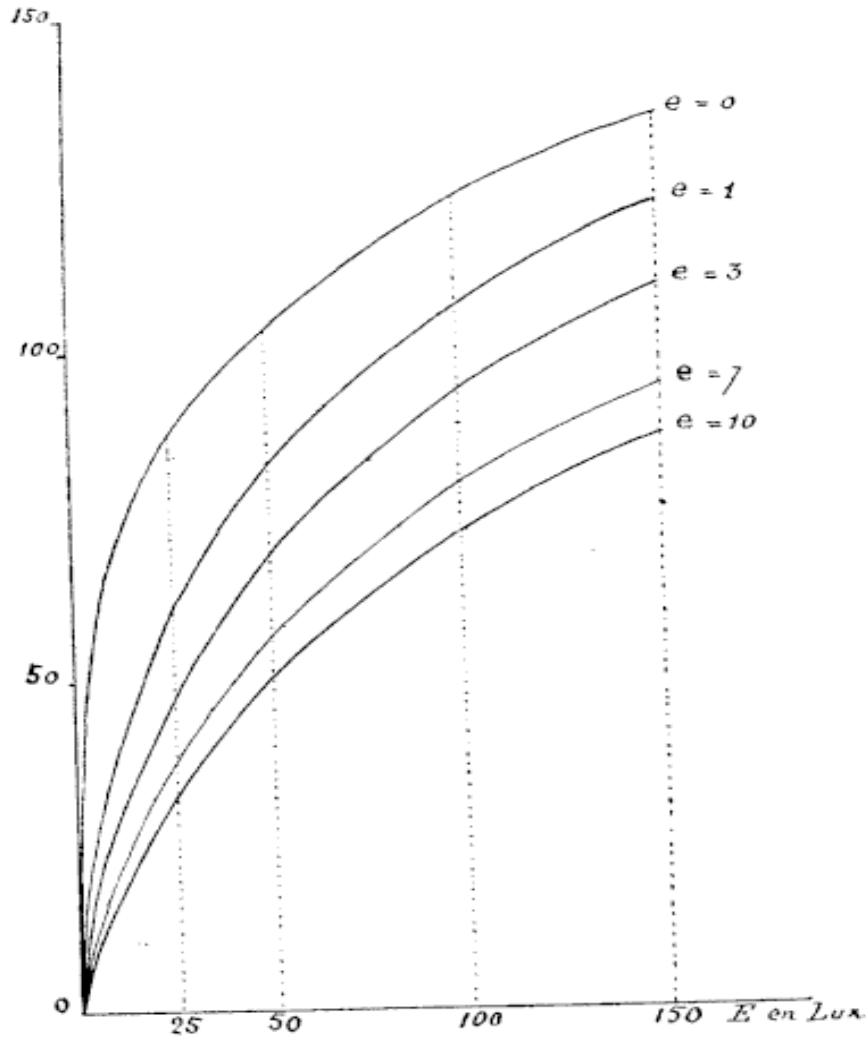
Opacités : Grands noirs $O = 316$. Grands blancs $\omega = 1,4$.

Éclairements parasites e en lux.	$E = 25$ lux. $n. e.$	$E = 50$. $n. e.$	$E = 100$. $n. e.$	$E = 150$. $n. e.$
0.....	84,7	103,3	123,4	135,2
1.....	60,9	83,2	107,3	121,6
2.....	53,1	75,2	99,5	114,2
3.....	48,3	69,7	94,0	109,1
7.....	37,6	56,9	79,8	94,3
10.....	32,7	50,6	72,5	86,5

Pour en revenir au sujet plus modeste qui nous occupe

aujourd'hui, on a noté dans le Tableau VII les valeurs du contraste apparent correspondant aux éclairagements des grands blancs et grands noirs de l'image projetée

Fig. 14.



en fonction de l'éclairement de projection E et de l'éclairement parasite e , puis on a tracé (fig. 14) un faisceau des courbes correspondantes.

Si l'on se reporte aux courbes de la page 42 (*fig. 3*) on voit immédiatement que le contraste apparent est beaucoup moins affecté que le rapport des éclairéments (facteur de contraste physique) par l'éclairément parasite de l'écran, mais qu'il l'est encore suffisamment (de 20 à 30 % suivant les cas) pour chercher à réduire par tous les moyens cet éclairément parasite afin d'éviter un abaissement très notable de la qualité de la projection et d'être obligé de le compenser par une augmentation importante de lumière, donc de dépense du courant de projection.

Dans les grands établissements cinématographiques où, par suite de la grande distance de projection, les pertes de lumière sont considérables, on arrive péniblement, même en employant les plus puissantes lanternes connues à assurer un bon éclairément de l'écran; c'est pourquoi, en Amérique, très souvent la largeur de l'écran mesure à peine le $1/10^e$ de la distance de projection qui atteint parfois 100^m.

Dans les telles conditions, la bonne qualité de l'écran, une ventilation efficace de la salle pour maintenir la transparence de l'air et l'abaissement des éclairéments parasites, deviennent des conditions indispensables; or il est à remarquer que c'est souvent dans ces grands établissements que l'on est conduit à faire usage d'éclairages en demi-jour pendant le spectacle, ce qui, comme on a pu le voir d'après cette étude, est à proprement parler un non-sens, et entraîne de grandes difficultés.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
AVANT-PROPOS.....	V
CHAPITRE I. — <i>Généralités. Principes de la vision</i>	1
CHAPITRE II. — <i>Qualités de l'image-film</i>	4
<i>a. Influence du voile chimique des émulsions posi-</i> <i>tives</i>	4
<i>b. Contraste et opacités de l'image-film</i>	7
<i>c. Flou artistique</i>	7
<i>d. Fondus</i>	9
<i>e. Les sous-titres</i>	11
CHAPITRE III. — <i>Éclairements parasites</i>	13
<i>a. Éclairements parasites de l'écran</i>	15
<i>b. Éclairements parasites provenant de la salle</i>	16
<i>c. Éclairements parasites provenant de la cabine</i>	18
<i>d. Éclairements parasites provenant de l'objectif</i>	18
<i>e. Choix des objectifs (méthode pratique)</i>	22
<i>f. Luminosité des objectifs de prises de vues</i>	24
<i>g. Luminosité des objectifs de projection</i>	25
<i>h. Facteur de transmission des objectifs</i>	26
<i>i. Lumière diffusée par l'image-film</i>	27
<i>j. Éclairement parasite total</i>	28
CHAPITRE IV. — <i>Influence de l'éclairement de l'écran sur le</i> <i>contraste de l'image projetée</i>	30
CHAPITRE V. — <i>Relation entre l'éclairement de l'écran et la</i> <i>qualité de l'image-film</i>	34
<i>Comment tirer les films</i>	34
CHAPITRE VI. — <i>Vision de l'image-écran</i>	37

	Pages.
CHAPITRE VII. — <i>Interprétation par l'œil de l'image-écran</i> ...	45
<i>a. L'œil</i>	46
<i>b. Adaptation pupillaire</i>	46
<i>c. La rétine</i>	48
<i>d. Acuité visuelle</i>	50
<i>e. Adaptation rétinienne</i>	53
<i>f. Images secondaires</i>	54
<i>g. Contraste physique et contraste apparent</i>	55
<i>h. Scintillement</i>	57
CHAPITRE VIII. — <i>Comment augmenter l'éclairement de l'écran</i>	59
<i>a. La source de lumière</i>	59
<i>b. Le système condensateur de lumière</i>	66
<i>c. Emploi des cuves à eau</i>	76
CHAPITRE IX. — <i>L'écran</i>	80
<i>a. Projection par réflexion et par transparence</i>	80
<i>b. Lumière réfléchie et lumière diffusée</i>	84
<i>c. Écrans métallisés</i>	86
<i>d. Courbes de diffusion de la lumière par les écrans</i> ..	87
<i>e. Brillance de l'écran</i>	89
<i>f. Transmission du son à travers les écrans</i>	90
CHAPITRE X. — <i>Critique du grand écran</i>	92
CHAPITRE XI. — <i>Éclairage de la salle</i>	102
<i>a. Éclairage avant la projection</i>	102
<i>b. Éclairage pendant la projection</i>	111
CONCLUSION	112
ANNEXE. — <i>Variation de la sensation en fonction de l'excitation</i> (Seuil de la sensation. Sensation différentielle. Loi de Fechner. Courbe de la sensation. Échelons de sensations. Contrastes physiques et apparent. Lois de variations du contraste appa- rent. Conclusion).....	117

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

Imprimerie - Librairie
GAUTHIER-VILLARS & C^{ie}
55, Quai des Gds-Augustins
PARIS

95051

