

La cinématographie panoramique par le procédé "Hypergonar" (1)

G. CHRÉTIEN (2)

GÉNÉRALITÉS.

I. — Considérations générales.

Le champ normal de la vision naturelle est beaucoup plus étendu en largeur qu'en hauteur; cela tient à ce que les champs visuels des deux yeux se prolongent l'un l'autre.

Ceci est heureusement compatible avec l'extension la plus fréquente des objets que l'on a à contempler; les extensions des paysages en hauteur sont plus rares, et les mouvements de la tête dans le sens vertical sont moins spontanés que les mouvements horizontaux.

C'est sans doute à ce phénomène qu'est due l'exagération de la hauteur apparente des monuments élevés, et ce qui a conduit les bâtisseurs de cathédrales à les situer en des emplacements où précisément le manque de recul pour les contempler renforçait encore l'impression d'élévation vers le ciel. Je crois que c'est une erreur des temps modernes de les dégager pour en permettre la contemplation éloignée.

Depuis que le cinéma existe, le format de ses écrans est un compromis entre ces deux extensions. Pour la photographie ordinaire, où l'on peut, par fixation convenable de l'appareil sur son pied, prendre des vues, soit en hauteur, soit en largeur, les fabricants ont été conduits à adopter pour format des plaques, un rapport qui n'est pas changé lorsque l'on coupe la plaque en deux; théoriquement, ce rapport serait de $(2x)^2$, soit 14×10 , ce qui est assez bien réalisé par la succession des formats: 18×24 , 13×18 , 9×12 , $6 \frac{1}{2} \times 9$, $4 \frac{1}{2} \times 6$, etc.

En dehors de ces formats, les photographes emploient les formats *longuets* qu'ils tirent des formats précédents au moyen de *caches*.

II. — Photographie panoramique.

En outre du format encadrant les images, se pose encore la question de champ.

Plusieurs procédés ont été employés pour étendre sans limitation le champ des photographies. Le colonel MOESSARD a imaginé des appareils à objectifs sphéro-toriques qui enregistreraient sur une seule plaque disposée horizontalement, tout le tour d'horizon, ce qui ne va pas sans entraîner une distorsion considérable. D'autres auteurs ont imaginé d'enregistrer l'image sur une pellicule roulée selon un cylindre concentrique à l'objectif photographique, celui-ci étant animé d'un mouvement de rotation autour de son point nodal d'émergence.

La maison *Eastman Kodak* a mis à la

disposition des amateurs des appareils réalisant ce procédé. De champ y atteint la valeur de 150° . Sur le même principe optique, des appareils ont été construits où le champ peut atteindre les 360° du tour d'horizon. Dans ces appareils, la pellicule se déroule et s'enroule dans un plan étroit au fur et à mesure de la rotation de l'objectif. C'est ainsi qu'Helbronner a obtenu, dans les Alpes françaises, ses magnifiques tours d'horizon de haute montagne.

III. — Cinématographie.

La prise en considération du mouvement et du temps par le cinéma ne semble pas apporter un moyen efficace nouveau au problème de la représentation panoramique.

La première solution qui s'est présentée a consisté à « panoramiqner » les vues, c'est-à-dire à faire tourner, d'un mouvement uniforme, l'appareil de prise de vues. Dans le cadre fixe de la projection, on voit alors défiler les régions successives du champ, ce qui ne va pas sans occasionner un certain malaise visuel. Cet artifice ne peut être utilisé que très rarement et avec beaucoup de circonspection.

Un grand cinéaste français, qui fut un précurseur dans cette voie: Abel GANCE, avait déjà, dans son film *Napoléon*, triplé en largeur les dimensions de l'écran. Il n'était pas, à l'époque où parut son film, poussé par les nécessités de la technique du film parlant, seule des considérations artistiques le guidaient. Au moyen de trois caméras et de trois projecteurs, il groupait sur l'écran triplé, soit des ensembles panoramiques saisissants, soit de tryptiques du plus heureux effet. L'impression produite sur le public fut considérable; malheureusement, les complications techniques du procédé en empêchèrent la diffusion.

IV. — Le film large.

Les Américains reconnurent bientôt l'intérêt que présentait l'élargissement de l'écran, surtout lorsqu'ils y furent poussés par les exigences impérieuses du film parlant et la nécessité de représenter à l'écran la scène du théâtre. Ils ont abordé le problème de front et ont tenté une transformation profonde de leur industrie à la faveur de laquelle ils comptaient accroître encore leur maîtrise.

La nécessité d'agrandir l'écran est aussi apparue lors de la construction de ces théâtres immenses dont les grandes villes américaines offrent des exemples encore rares. Des appareils optiques ont été imaginés qui, se plaçant devant le projecteur, donnaient des écrans aux dimensions énormes (*Magnascope*).

Mais la très petite image de la pellicule ne peut s'accommoder d'agrandissements indéfinis. Il fallait trouver autre chose, et puis il fallait sortir du format carré du cinéma parlant et donner à l'inscription sonore une place suffisante. D'ailleurs, il

ne faut pas confondre *grande image* avec *grand champ*. Le public, lui, ne s'y trompe pas.

Alors une solution rationnelle est venue à l'esprit: changer le format de la pellicule.

Mais cette solution simpliste et radicale est très coûteuse. Il faut changer, non seulement les appareils de prise de vues, modifier les studios, mais encore et surtout changer le matériel des ateliers de développement et de tirage, le matériel de projection, etc... Elle entraîne un effort financier d'autant plus considérable qu'il doit être très rapide. La dépense totale envisagée à l'époque, pour les ateliers et les cinquante mille salles du monde entier, était de plusieurs centaines de millions de dollars.

Malgré ces difficultés, cette transformation du cinéma a reçu un commencement d'exécution.

En mai 1929, la *Paramount* a présenté au *Rivoli* de New-York, son « *Magnafilm* » (pellicule de 56 mm). En septembre 1929, la *Fox Film* a présenté au *Gaiety Theatre*, son film « *Grandeur* » (pellicule de 70 mm). D'autres pellicules de 62 mm, 65 mm, furent proposées. Plusieurs grands films sur pellicule élargie étaient prêts à faire leur apparition sur le marché.

La bataille s'annonçait longue et dure elle mettait en jeu des capitaux immenses, des intérêts divergents et des puissances antagonistes comparables.

C'est à cette époque que survint la crise économique américaine, et la poursuite de ce programme fut abandonnée.

LE PROCÉDÉ « HYPERGONAR ».

V. — Solution par « anamorphose ».

Depuis un demi-siècle qu'il existe, le cinéma s'est installé dans des positions *inexpugnables*: il semble maintenant pratiquement impossible de l'en faire sortir par des modifications compliquées du matériel de prise de vues, et surtout de celui de projection.

Ayant été vivement frappés par l'impression considérable que produisirent sur le public les vues panoramiques lors de la présentation du film « *Napoléon* », d'Abel GANCE, nous avons pensé qu'une transformation par voie d'anamorphose des images, que nous avons étudiée antérieurement pour résoudre certains problèmes de technique militaire, pouvait apporter une solution plus pratique et plus immédiate à ce problème.

VI. — Théorie de l'imagerie anamorphotique.

Le premier opticien qui introduisit systématiquement des lentilles cylindriques dans la construction d'instruments d'optique est Augustin FRESNEL, dès 1819. Mais l'emploi courant de telles lentilles, surtout en ophtalmologie, est postérieur à 1860.

Pour l'application que nous avons en vue ici, c'est surtout ABBE qu'il faut citer. C'est lui qui semble s'être préoccupé, le premier, d'obtenir des images stigmatiques, avec des grandissements différents dans deux directions rectangulaires. Le premier *anamorphot*, le plus simple, composé de deux lentilles cy-

(1) Conférence donnée au Congrès Technique International de Turin (sept. 1951).

(2) Professeur honoraire à la Sorbonne et à l'Institut d'Optique.

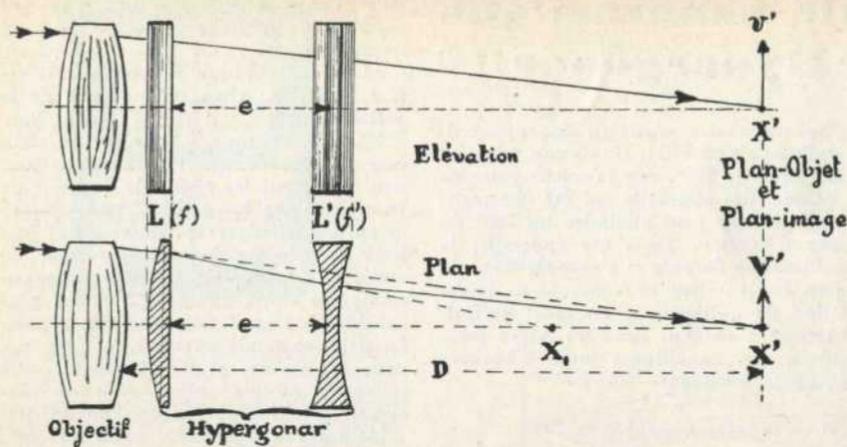


Fig. 1. - Principe de l'Hypergonar.

lindriques à axes orthogonaux, est de P. RUDOLPH, collaborateur d'ABBE. Ce dernier généralisa quelque peu l'anamorphot de RUDOLPH, et établit la théorie générale des systèmes anamorphotiques. Il montra qu'avec seulement des lentilles cylindriques, il est impossible d'obtenir des images réelles sans qu'au moins une d'entre elles ait ses génératrices perpendiculaires aux autres. Autrement, tout ce qu'on peut obtenir, c'est la concentration des rayons d'un pinceau lumineux dans une aire d'étendue plus ou moins réduite, mais toujours de l'ordre de grandeur des dimensions transversales du pinceau. La plus grande concentration a lieu en deux points du rayon principal, où la lumière se rassemble selon deux lignes focales, perpendiculaires entre elles. Ce sont les focales de STURM, et la distance qui les sépare mesure l'astigmatisme du pinceau.

Si par une disposition convenable de lentilles cylindriques croisées, on arrive à faire disparaître l'astigmatisme pour une position de l'objet, il en existe par cela même, une seconde, et les rapports d'anamorphose pour chacune de ces positions sont inverses l'un de l'autre.

Dans ces deux cas, l'imagerie est stigmatique, au sens de la Dioptrique élémentaire: les dimensions de l'aire de concentration de la lumière en ces points sont infiniment petites, du second ordre, par rapport à celles du pinceau, considérées comme infiniment petites du premier.

Nous ne nous étendons pas davantage sur la théorie d'ABBE, qu'on trouvera exposée dans le tome II de ses *Œuvres complètes*, pp. 283 à 295). Pour les besoins de la photographie, et surtout de la cinématographie, la Dioptrique élémentaire ne suffit plus, et il n'est pas possible d'obtenir mieux avec des lentilles à génératrices croisées. D'ailleurs, le calcul des aberrations est fort compliqué. Dant les systèmes admettant la symétrie de révolution, comme les objectifs photographiques ordinaires, les aberrations par rapport à la Dioptrique élémentaire, sont d'ordre impairs et débutent par le troisième, tandis que, dans le cas de l'anamorphot, elles contiennent des termes de tous ordres et débutent par ceux du second.

VII. — Théorie de l'« hypergonar ».

C'est ce qui nous a conduit à revenir sur la théorie d'ABBE, à l'examiner en détail et à rechercher si elle ne présentait pas quelque fissure par où l'on pourrait échapper à ses décevantes conclusions.

Toute la difficulté provient de ce que, par suite de la nécessité, pour obtenir des images réelles, d'introduire dans le système, au moins une lentille cylindrique croisée par rapport aux autres, il en résulte des termes d'aberration du second ordre très importants et non compensables.

La seule échappatoire possible est donc la suivante: n'employer que des lentilles cylindriques à génératrices toutes parallèles.

Mais alors, il faut renoncer à obtenir des images réelles. Comme les rayons lumineux qui se propagent dans un plan passant par les génératrices ne sont pas déviés (à une fraction de l'épaisseur des lentilles près), les rayons provenant du même point-objet, qui se propagent selon une nappe orthogonale doivent aussi se couper sur le point-objet lui-même.

Autrement dit, l'image se forme dans le plan même de l'objet, qui est ainsi plan de Bravais pour le système. Elle ne diffère de l'objet que par ses dimensions dans le sens perpendiculaire aux génératrices: elle est anamorphosée.

Il ne reste plus, pour la recueillir sur la pellicule photographique qu'à la rendre réelle au moyen d'un objectif ordinaire, mis au point sur cette image virtuelle, c'est-à-dire sur la même distance que l'objet.

L'impossibilité d'obtenir des images réelles anamorphosées se révèle, finalement, être d'un grand avantage pratique, car elle conduit à ne pas modifier la mise au point de l'objectif photographique lui-même.

Tel est le principe sur lequel repose l'« Hypergonar » (fig. 1).

Il est assez étrange qu'au cours de sa minutieuse analyse, ABBE ne mentionne nulle part, en dehors des prismes de BREWSTER, — d'ailleurs inutilisables pour notre but — les systèmes anamorphoseurs à génératrices toutes parallèles, ne pouvant fournir, il est vrai, que les images virtuelles.

L'HYPERCONAR.

La combinaison optique, que nous avons désignée sous le nom d'hypergonar (car elle n'est pas par elle-même un objectif grand angulaire, comme l'est l'hypergone de GOERZ, mais vise seulement à augmenter le champ — dans un sens seulement — des objectifs ordinaires), se compose essentiellement de deux systèmes, relativement minces, de lentilles cylindriques, séparés l'un de l'autre par un intervalle fini. Les génératrices de toutes les lentilles étant disposées parallèlement entre elles, il suffit de décrire la section droite de la combinaison, à l'instar de ce qui se fait pour les lentilles sphériques centrées.

Lorsque l'objet à anamorphoser est situé au loin, la distance entre les systèmes est réglée pour que le système soit afocal: les axes focaux des systèmes coïncident. Si f et f' désignent les longueurs focales des systèmes, on a, pour la distance e qui les sépare:

$$e = f + f'$$

et le rapport d'anamorphose est:

$$\Gamma = -f/f'$$

Si les deux sections droites ont des longueurs focales positives, le rapport Γ est négatif, ce qui veut dire que l'image est retournée de gauche à droite (mais non de bas en haut).

Dans l'« hypergonar », le premier système est divergent, f est négatif; le second est convergent, f' est positif. Γ est donc positif: l'image n'est pas retournée de gauche à droite. e étant nécessairement positif, $f' > -f$ et: $e = f - |f|$

Par le choix de f négatif, on gagne donc ainsi beaucoup sur la longueur totale d'encombrement de l'appareil, et la largeur du premier système optique est réduite. De plus, on peut tourner, avec ou sans hypergonar, sans avoir à retourner la pellicule.

L'adoption d'une puissance négative pour le premier système présente, en outre, un intérêt considérable pour la correction des aberrations nécessité par l'extension du champ.

MISE AU POINT A DISTANCE FINIE.

Nous venons de supposer que l'objet ou l'écran de projection sont situés au loin. Qu'arrive-t-il si l'on opère à distance finie?

Les faisceaux qui se propagent dans une section parallèle aux génératrices restent toujours stigmatiques sur le point-objet, tandis que ceux de la section droite cessent de l'être. Il faut donc faire une mise au point pour eux, comme avec un objectif ordinaire. Pour y arriver, il suffit de déplacer légèrement la lentille extérieure dans la monture, de manière à la rapprocher de la lentille convergente (comme on le fait avec certains objectifs modernes). La distance e , qui sépare les deux lentilles, s'exprime en fonction de la distance D de l'objet par la formule:

$$e = \frac{D + 2f - \sqrt{D^2 - 4(D+f)f'}}{2(D+f)} D.$$

D est toujours très grand par rapport à e , pour mettre ceci en évidence, on

peut développer la formule précédente, en série, procédant selon les puissances de $1/D$. On trouve facilement:

$$e = (f+f') \left(1 - \frac{f-f'}{D} \right) + \frac{f^2 - ff' + 2f'^2}{D^2} \dots$$

Evidemment, on n'applique pas ces formules au moment de chaque prise de vues. On a prévu sur l'anamorphoseur une graduation en distance et la mise au point se fait instantanément d'après cette graduation.

Elle entraîne une très légère variation du rapport d'anamorphose. Le calcul en est facile et le résultat s'écrit:

$$\Gamma = \frac{(D-e)f}{(D-e)f - De};$$

ce qu'on peut écrire:

$$\frac{1}{\Gamma} = 1 - \frac{e}{D} \frac{1}{f}$$

e est calculé par la formule précédente, et, là aussi, on peut avantageusement recourir à un développement en série selon les puissances de $1/D$.

On obtient ainsi:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_0} \left(1 + \frac{2f'}{D} \right) + \frac{(f' + 5f')f'}{D^2} + \dots$$

Γ_0 désignant le rapport d'anamorphose pour l'objet à l'infini.

Avec les caractéristiques des « hypergonars » construits, la variation de Γ ne dépasse pratiquement jamais 5% entre 5 mètres et l'infini.

Aucune objection ne s'oppose donc à la mise au point par l'« hypergonar », à condition que cette opération ne perturbe pas le parallélisme des lentilles. C'est une question de bonne construction mécanique.

Dans le but, évidemment, de tourner les brevets, certains constructeurs ont fait breveter un appareil consistant en un hypergonar combiné à une série de bonnettes collimatrices. On voit que cette complication, d'ailleurs bien connue, est inutile. Elle est même nuisible, puisqu'elle empêche, à la prise de vues, de tourner avec ou sans anamorphose, sans modifier la mise au point de la caméra.

CORRECTION DES ABERRATIONS.

Tout ce qui précède relève de la dioptrique élémentaire. Considérons maintenant la correction des aberrations.

Chromatisme.

On s'en débarrasse en achromatisant chaque système séparément. Le système convergent, qui a la plus faible puissance, peut être formé de deux lentilles seulement, en crown et en flint, respectivement. Pour la divergente, dont la puissance est double de la précédente et a une très grande ouverture relative, il a fallu grouper trois lentilles.

Toutes les lentilles sont collées au baume de Canada, ce qui implique une égalité rigoureuse des courbures des surfaces en contact, plus rigoureuse encore que pour les lentilles sphériques collées, d'autant plus difficile à obtenir que les surfaces cylindriques résistent moins bien aux déformations que les surfaces à double courbure.

Aberration sphérique et Coma.

On procède, dans la section droite, comme pour les lentilles de révolution. Le calcul des marches dans une section oblique est assez compliqué. On le simplifie considérablement par l'artifice suivant, qui réussit d'autant mieux que les lentilles sont plus minces. Chaque fois qu'un rayon repasse dans l'air, son inclinaison sur les génératrices reprend la même valeur. Pour connaître sa trajectoire dans l'espace, il suffit donc de déterminer sa projection sur le plan de la section droite. Or, on peut démontrer que si les épaisseurs des lentilles sont faibles, cette projection se comporte comme un rayon lumineux, à condition de remplacer l'indice de réfraction, n , du verre considéré, par un indice fictif n' , relié à n par la formule:

$$n' = \sqrt{n^2 + (n^3 - 1) \operatorname{tg}^2 \theta}$$

θ désignant l'inclinaison du rayon initial sur le plan de la section droite. Cet angle est lui-même toujours très petit, de sorte que l'on peut prendre:

$$n' = n + \frac{1}{2} \frac{n^2 - 1}{n} \operatorname{tg}^2 \theta$$

et traiter le problème comme celui de la section droite.

La formule précédente a été indiquée par CORNU, à propos de la réfraction dans les prismes des spectroscopes. Elle avait d'ailleurs déjà été employée par BRAVAIS dans ses recherches sur la théorie de l'arc-en-ciel.

ASTIGMATISME.

Cette aberration est la pierre d'achoppement des objectifs grand angulaires. Son étude met en évidence l'avantage que, pour l'extension du champ, la solution par anamorphose présente sur les objectifs à courte distance focale.

Le calcul de piano d'un objectif à lentilles sphériques anastigmat exige la mise en coïncidence dans un même plan des deux surfaces focales, surface de l'image dite tangentielle, et surface de l'image dite sagittale, et cela sur toute l'étendue du champ; tandis que la solution par l'hypergonar n'implique que la correction de l'image tangentielle. Précisons ce point dans les limites de précisions de la dioptrique du troisième ordre.

Si $P = -\sum \frac{Q}{n}$ désigne la courbure de Petzval du système optique considéré, A , son coefficient d'astigmatisme, on sait que les courbures ζ_s de l'image sagittale et ζ_t de l'image tangentielle sont données par les formules de BRETON DE CHAMPS:

$$\zeta_s = P - A, \quad \zeta_t = P - 3A.$$

Dans un objectif symétrique, on n'obtiendra donc la planéité de l'image qu'en satisfaisant simultanément aux deux conditions $A=0$ et $P=0$. Cette dernière est bien connue sous le nom de condition de Petzval. On ne peut y satisfaire qu'en introduisant dans la combinaison des lentilles négatives de forte puissance, ce qui accroît singulièrement la difficulté et limite la possibilité de construction d'objectifs qui doivent, finalement, être convergents.

L'intérêt théorique de l'« hypergonar » apparaît donc évident aux spécialistes de l'optique si l'on note que, dans son calcul, seule la considération de la courbure Q intervient, et que, de plus, le système, dans son ensemble, doit présenter une forte prépondérance des éléments divergents. L'hypergonar respecte les résultats acquis au cours d'un demi-siècle de lutte contre les aberrations astigmatiques des objectifs photographiques.

Parmi les aberrations que présentent les systèmes anamorphoseurs à génératrices parallèles, examinons de plus près la distorsion.

Distorsion.

Cette aberration se présente ici sous deux aspects essentiellement différents.

Tout d'abord, le rapport d'anamorphose, au lieu d'être constant depuis le centre du champ jusqu'au bord, peut être légèrement variable, d'une manière continue. C'est le phénomène analogue à celui que présentent les systèmes optiques de révolution: le grandissement varie depuis le centre jusqu'au bord du champ; des cercles concentriques équidistants du plan-objet sont représentés par des cercles concentriques qui ne sont plus rigoureusement équidistants; c'est ce qui cause la distorsion en pelote ou en barillet des objectifs ordinaires.

Dans le cas de l'anamorphose, un système de droites parallèles équidistantes, parallèles aux génératrices, sera anamorphosé selon des droites également parallèles, mais qui ne seront plus rigoureusement équidistantes.

Le calcul trigonométrique permet ici comme dans le cas des objectifs ordinaires, de corriger ce défaut pour une position déterminée du diaphragme, qui est d'ailleurs celui de l'objectif qui le suit, avec une très grande tolérance de position.

A ce phénomène s'ajoute celui de courbure des raies spectrales, étudié par CORNU au moyen de l'indice fictif dont nous avons donné l'expression précédemment.

En dehors de cette aberration du rapport d'anamorphose, il y a une autre sorte de distorsion, que j'appellerai distorsion orthogonale et qui relève de la pure géométrie. D'après ce que nous avons dit tout à l'heure, le rayon incident et le rayon émergent de tout le système sont également inclinés sur le plan des sections droites des lentilles. Sans qu'il soit nécessaire de détailler les calculs, on voit que son image anamorphosée (comprimée) est une courbe concave vers l'intérieur du champ. Lors de la restitution par projection, c'est le phénomène inverse qui se produit, et il y a compensation presque complète.

VIII. — Description de l'« hypergonar ».

Les « hypergonar » que nous avons construits sont de deux types:

« Hypergonar » pour prise de vues,
« Hypergonar » pour projection.

Ils ne diffèrent que par leurs dimensions et leurs montures.

Au point de vue optique, ils comprennent deux systèmes séparément

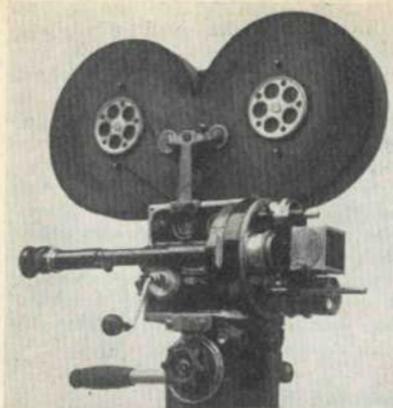


Fig. 2. - L'Hypergonar prise de vues monté sur la caméra.

achromatiques: un système convergent, constitué par deux lentilles collées, et un système divergent constitué par trois lentilles collées.

Dans le cas de la prise de vues, la mise au point se fait d'après la distance du sujet, au moyen d'une commande à spirale, à l'aide d'une graduation en distance. Cela n'altère en rien la mise au point de la caméra; on peut passer ainsi immédiatement de la prise de vue ordinaire à la prise de vue panoramique, et réciproquement (fig. 2).

Dans le cas de la projection, l'hypergonar est réglé une fois pour toutes selon la distance de l'écran, au moyen d'une rampe hélicoïdale. La meilleure façon de procéder à ce réglage nous paraît être la suivante. On projette sur l'écran un quadrillage formé de traits blancs sur fond noir, verticaux et horizontaux. On met au point par l'objectif du projecteur. On intercale l'hypergonar et on l'oriente de manière à ramener les lignes du quadrillage à la verticale et à l'horizontale, respectivement. Les lignes horizontales ont conservé leur finesse. En tournant la rampe de mise au point de l'hypergonar, on amène les verticales au maximum de netteté. L'appareil est réglé. On doit constater que l'interposition de l'hypergonar ne modifie par la mise au point sur l'écran.

La perte de lumière occasionnée par l'introduction des anamorphoseurs est insignifiante: c'est celle consécutive de

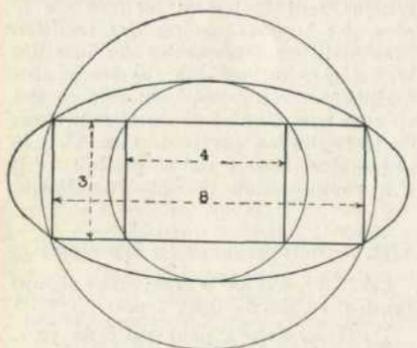


Fig. 3. - Comparaison des surfaces à éclairer pour doubler l'écran de projection

1. Pour l'écran normal (petit cercle: $s=1$)
2. Avec l'Hypergonar (ellipse: $s=2$)
3. Avec le film large (grand cercle: $s=3$)

l'interposition de seulement deux lentilles supplémentaires, puisque chacun des deux systèmes dont se compose l'hypergonar est formé de lentilles collées. D'ailleurs, les surfaces extérieures de chaque système sont traitées « anti-reflet ».

Le temps de pose n'est donc pas changé à la prise de vue.

A la projection, l'éclairage de l'écran est réduit proportionnellement au rapport d'anamorphose (fig. 3) puisqu'on éclaire une surface plus grande, et non proportionnellement à son carré (comme cela serait le cas si l'on agrandissait l'image dans toutes les directions) (figure 3).

Il en est de même quant au grain de la pellicule, et cet avantage est très appréciable.

LE CINÉMA PANORAMIQUE.

IX. — Emploi de l'« hypergonar ».

Il n'entre pas dans le cadre de ce rapport de traiter de ce qu'on pourrait appeler la nouvelle technique de la mise en scène, consécutive des possibilités que l'anamorphose apporte à l'art cinématographique. Songez seulement à la course de chars de *Ben Hur*, se développant sur un écran panoramique!

Il est certain qu'on l'a assez vu cet écran mortuaire 3x4; à l'heure actuelle, le public a besoin d'autre chose.

Comme résultat de nos observations personnelles, il nous semble néanmoins qu'il ne faut introduire dans un grand film qu'une proportion bien dosée d'images panoramiques; l'abus du panorama tue l'effet panoramique. Tandis qu'au contraire la présentation d'images sur un écran de format normal, qui s'ouvre de temps à autre, à bon escient, sur une scène qui a besoin d'air, qui a vraiment besoin d'un plus grand champ, produit sur les spectateurs une très forte impression. C'est ce que ne produit par l'agrandissement démesuré de l'image en tous sens, dans le seul but de montrer un *soul kiss* de plusieurs décimètres carrés.

Mais, objectera-t-on, il n'existe à l'heure actuelle, qu'un très petit nombre de salles qui peuvent recevoir un écran panoramique. Il ne peut être question de monter tout un film coûtant des dizaines de millions, qui ne pourra finalement passer que dans ce petit nombre de salles privilégiées.

On est donc pris dans un cercle vicieux. Sera-t-il possible d'en sortir jamais? La période transitoire, si on a l'audace de l'affronter, ne risque-t-elle

pas de dégénérer en catastrophe? L'histoire du film large n'est pas encore effacée de toutes les mémoires, et les difficultés pécuniaires dans lesquelles le cinéma se débat actuellement, ne permettent guère d'envisager de gaieté de cœur une telle éventualité! (fig. 4).

Si un problème comporte une solution, il en admet, par cela même, une infinité d'autres, a dit Henri POINCARÉ.

Pour ouvrir la voie, laissez-moi donc vous en proposer une. Elle est basée sur la souplesse d'adaptation de l'anamorphose.

Imaginons que l'on tourne un film en laissant constamment, pour toutes les scènes, l'Hypergonar monté sur la caméra. Le viseur dont se sert l'opérateur porte deux fils verticaux qui lui délimitent le champ de l'écran normal à l'intérieur duquel il rassemble les éléments d'action qu'il veut présenter à la manière ordinaire.

Une scène se présente-t-elle qui mérite l'extension du champ, à un degré quelconque, tout est prêt. Il n'y a qu'à continuer de tourner. Si le champ total dont l'hypergonar est capable se montre encore insuffisant, il reste à l'opérateur la ressource de « panoramiquer ». Ici, on doit signaler qu'un grand pano-



Vue normale avec objectif ordinaire.



Vue illi mime point, avec même objectif, anamorphosé en largeur par l'Hypergonar.



Vue restituée à la projection.

Fig. 4

rama qui défile dans un grand cadre, produit un effet grandiose, bien différent de celui, désagréable et fatigant, d'un « panoramique » dans un cadre étiqué!

Comment allons-nous maintenant utiliser ce métrage de négatif anamorphosé d'un bout à l'autre?

Pour les quelques salles qui possèdent déjà un écran panoramique, nous tirons simplement des copies positives, en nombre correspondant, en ayant soin de noircir à bloc, avant développement sur une plus ou moins grande largeur, les côtés des images qui doivent être projetées sans effet panoramique, ou avec un effet panoramique restreint, en réduisant progressivement les parties cachées, pour produire aux bons endroits, les effets d'extension.

Pour la projection, l'hypergonar reste de même, fixé sur les appareils.

Pour alimenter les autres salles en copies ordinaires, tirées d'après ces mêmes négatifs anamorphosés, on restitue directement au tirage les négatifs sur les copies.

En attendant mieux, les effets panoramiques seront remplacés par un « panoramique » du négatif lui-même, lors de son tirage.

Quand il s'agit d'un grand nombre de copies, il y a intérêt à préparer un contretype sur duplicating.

Tout cela n'implique que des opérations ne sortant pas de la pratique courante actuelle des laboratoires (fig. 5).

X. — Ecran panoramique de l'Exposition Universelle de Paris 1937.

Les principes exposés ci-dessus ont été appliqués à la réalisation d'un écran de très grandes dimensions demandé par la Compagnie de Production et de Distribution d'Electricité (C.P.D.E.).

Cet écran était installé en plein air, sur la façade du Palais de la Lumière, à l'extrémité du Champ de Mars de Paris (fig. 6).

Il mesurait dix mètres de hauteur sur soixante mètres de largeur. Ce rapport insolite de proportions nous a conduits à utiliser, pour le couvrir, la combinaison de deux projecteurs jumelés couvrant chacun, grâce à l'hypergonar, dix mètres de hauteur sur un peu plus de trente mètres de largeur.

Les images étaient prises au moyen de deux caméras pourvues d'hypergonars et jumelées mécaniquement par un joint holo cinétique. Les champs empiétaient l'un sur l'autre de un demimillimètre.

A la projection, les deux images se recouvraient partiellement sur une petite largeur, les parties communes étant dégradées en sens inverse, comme il a été expliqué plus haut.

Pour éclairer l'écran, les projecteurs employés étaient des *Simplex Standard* à obturateur-ventilateur arrière permettant d'utiliser 240 ampères à l'arc, sans échauffement dangereux pour le film. Les arcs étaient du type *Peerless haute intensité*, à chabon tournant, avec avance automatique différentielle et contrôle thermostatique de l'arc; ils pouvaient fonctionner entre 150 et 290 ampères, sous 65 à 85 volts. Ils étaient alimentés par un groupe unique de 500 ampères, délivrant le courant continu sous 110

volts. La chute de tension était produite dans des résistances directes, stabilisatrices, type bobiné sur porcelaine, réglage par plots. Les charbons employés étaient des charbons Lorraine positifs de 16 mm x 500, charbons noirs à âme minéralisée, négatif de 11 mm x 230, à enveloppe cuivrée et mèche centrale, du type employé dans la marine.

Les objectifs avaient une longueur focale de 140 mm avec une ouverture de f/2,1.

L'écran mesurait 600 mètres carrés de surface (10x60 m) et était fixé sur le mur extérieur concave du Palais de la Lumière à 60 mètres des projecteurs. Il recevait un éclairage de 36 lux, mesuré au luxmètre *Weston*. C'était un écran perlé (cataphote), rassemblant la lumière dans un cône de 45° d'ouverture de part et d'autre de l'axe. Le coefficient de réflexion était ainsi de 2,9 par rapport à une surface mate 100 % réfléchissante. De sorte que la foule des spectateurs, qui s'égayait dans les jardins, avait l'impression d'un éclairage de 104 lux. Les normes actuelles admises pour la salle de projection sont le 100 lux minimum et 150 lux maximum.

Le résultat s'est montré très satisfaisant, malgré l'éclairage intense des pavillons avoisinants.

Pour les essais préliminaires, l'écran avait été installé dans un champ aux environs de Paris, le bas de l'écran arrivait à peu près à 0,50 m du sol. Les spectateurs qui se trouvaient sur le terrain, ne voyaient pour ainsi dire pas les limites de l'écran, ils avaient l'illusion très forte de faire véritablement partie du paysage. Cette illusion s'est trouvée un peu atténuée quand l'écran fut élevé à son emplacement définitif sur le mur du palais.

Il se peut qu'un jour, peut-être proche, on en revienne à la formule plus rationnelle, mais combien plus onéreuse de M. Abel GANCE, qui consiste à produire des écrans panoramiques immenses au moyen de plusieurs projecteurs mécaniquement associés.

La réalisation précédente démontre péremptoirement que, même dans ce cas, la méthode de l'anamorphose peut intervenir efficacement, en réduisant de moitié le nombre des projecteurs et consécutivement celui des films de format normal les alimentant.

XI. — Autres applications de l'anamorphose à la cinématographie.

En dehors de son application à l'obtention d'écrans panoramiques avec des films de format normal et les appareils de l'exploitation courante, l'anamorphose est encore susceptible d'autres applications, et cela toutes les fois que pour une raison ou pour une autre, on a intérêt ou besoin de réduire l'encombrement de l'image sur la pellicule. Cette méthode est d'un rendement bien supérieur à la réduction homothétique des images. Dans ce même but, par exemple pour la *cinémathographie des couleurs*, elle permet de réunir sur la pellicule, dans le cadre d'une image ordinaire, les trois monochromes en réduisant leur largeur au tiers. Un seul

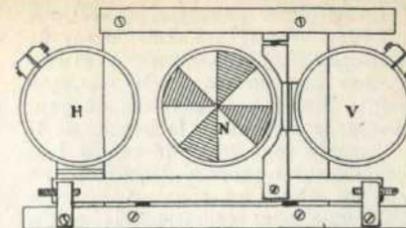


Fig. 5. - Equipement complet de projecteur. H. Hypergonar pour effet panoramique. N. Diaphragme compensateur pour écran normal. V. Hypergonar pour extension vertical.

anamorphoseur suffit dont le diamètre doit couvrir les trois objectifs de prise de vues.

Ceci est très favorable à la réduction de la *parallaxe* qui est une grande difficulté de la cinématographie en couleurs. En effet, puisque les images sont trois fois moins larges que les images ordinaires, les axes des objectifs sont de par ce fait, trois fois plus rapprochés qu'ordinairement, mais de plus, vu de l'emplacement du sujet, à travers l'hypergonar, leur distance apparaît également réduite trois fois, ce qui, somme toute, réduit la parallaxe totale au 1/9° de sa valeur.

Dans le cas de la *cinématographie en relief*, les deux images, respectivement droite et gauche, peuvent être réunies sur la même pellicule, soit en les plaçant côte à côte, comme ce que nous avons fait pour Louis Lumière, soit en les superposant dans la même hauteur, comme le fait actuellement la Société Relief-Lyon-France.

Enfin, l'anamorphose permet, dans le cas où la projection sur l'écran conserve ses proportions normales, de réduire de moitié, par exemple, le prix de la pellicule et de faire réaliser ainsi des économies importantes dans le cas où le prix des copies devient un facteur essentiel de l'exploitation (Actualités, Documentaires, etc...).

Dans ce cas, l'anamorphose des images peut n'être appliquée qu'au moment du tirage des copies, ce qui laisse inchangée la technique de la prise de vues. On y trouve l'avantage que, dans une période transitoire, où seulement un nombre restreint de salles possède les anamorphoseurs qu'exige la restitution, les mêmes négatifs peuvent être utilisés comme à l'ordinaire pour pourvoir à la projection dans toutes les autres salles.

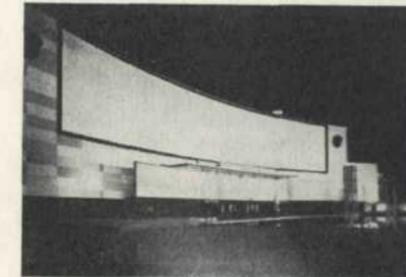


Fig. 6. - L'écran panoramique de 600 m² (60m X 10m) de l'Exposition Universelle de Paris 1937.

L'anamorphose a encore trouvé une application avantageuse dans le cas de la réduction de films parlants de 35 mm sur films plus étroits, de 16 mm, par exemple. Grâce à ce procédé, on peut conserver intégralement la largeur de la piste sonore tout en réduisant sa longueur dans un rapport déterminé. En procédant ainsi, on conserve toute la fidélité que peut comporter la réduction par voie photographique sur des émulsions à grain fin, sans augmenter le bruit de fond consécutif de l'étroitesse-

se de la piste sonore relativement à la granulation de l'émulsion.

Dans le même ordre d'idées, la réduction de l'image en largeur permet de réserver la place pour l'inscription de multiples pistes sonores, nécessaires pour la stéréophonie, par exemple, tout en leur conservant une largeur individuelle convenable.

Notons, à cette occasion, que ce n'est qu'en association avec l'écran panoramique, que la stéréophonie acquerra vraiment toute sa signification.

ment de l'écran ΔS soumis à l'éclairement E direct au long de la normale de l'écran. Le flux lumineux élémentaire incident $\Delta \Phi_i$ est $\Delta \Phi_i = E \cdot \Delta S$ tandis que le flux lumineux élémentaire réfléchi $\Delta \Phi_r$ est $\Delta \Phi_r = r \cdot \Delta \Phi_i = r \cdot E \cdot \Delta S$ où r est le facteur de réflexion générale.

Le facteur de réflexion générale dépend essentiellement du matériel dont est composé l'écran; la perte par transparence est due essentiellement à la présence d'une perforation ou d'une structure grillagée habituellement prédisposée pour permettre le passage du son.

La façon selon laquelle advient la distribution du flux lumineux réfléchi en conséquence de la rugosité de la surface peut être représentée par une indicatrice qui conjoint à chaque direction un vecteur dont la longueur représente l'intensité lumineuse dans cette même direction.

Indiquant par la fonction ΔI l'intensité lumineuse de l'élément ΔS il nous est plus aisé d'introduire la grandeur i de façon que

$$i = \frac{\Delta I}{\Delta S}$$

représente l'intensité lumineuse de l'élément ΔS en rapport à l'unité de surface.

Le flux lumineux élémentaire total irradié par l'élément ΔS est donc donné par l'intégrale de l'intensité lumineuse étendue au total demi-espace de projection, et indiquant par $d\omega$ le différentiel de l'angle solide qui comprend la générique direction de ΔI on peut énoncer:

$$\Delta \Phi_r = r \cdot E \cdot \Delta S = \int \Delta I \cdot d\omega = \Delta S \int \frac{i}{2\pi} d\omega$$

dont

$$r \cdot E = \int \frac{i}{2\pi} d\omega$$

L'effet lumineux sur le spectateur est donné par la brillance B établie par la relation $B = \frac{i}{\cos^2 \theta}$ où θ est l'angle entre la direction en laquelle on évalue la brillance et la normale à l'écran.

L'écran cinématographique

par M. CARMINA
Ingénieur à la Sté Cinemeccanica
(Milan)

Les notes ci-après se réfèrent uniquement au cas de projection normale par réflexion. Toutefois certaines de ces considérations pourraient également s'appliquer à d'autres cas, mais ici nous n'avons pas considéré particulièrement ni le problème des écrans pour transparence, ni celui des écrans pour systèmes spéciaux tels, par exemple, ceux pour la cinématographie stéréoscopique. Cette limitation est justifiée par le fait qu'actuellement les projections par transparence dans les cinémas sont des solutions très peu répandues tandis que les systèmes spéciaux de cinématographie sont limités à des expériences.

Limitant nos considérations à un écran plan, imaginons qu'il soit éclairé de façon uniforme et qu'en tous ses points la direction de l'éclairement soit perpendiculaire au plan de l'écran lui-même. Cette dernière hypothèse équivaut à considérer à l'infini l'objectif du projecteur, mais n'apporte pas une grande différence par rapport aux conditions réelles.

Le flux lumineux qui frappe un élément d'écran est en partie absorbé, en partie transmis et en partie réfléchi, pouvant considérer négligeables les autres formes de transformation de l'énergie.

Le rapport entre le flux lumineux réfléchi, et le flux lumineux incident constitue le « facteur de réflexion générale » du matériel composant l'écran, et de ce facteur dépend directement le rendement de la projection cinématographique. Aux effets cinématographiques ce qui acquiert une grande importance c'est la façon dont le flux lumineux réfléchi se distribue dans les différentes directions. Si l'écran est parfaitement lisse il réfléchira la lumière d'après les lois propres aux miroirs; on doit admettre qu'une certaine rugosité de la surface permet d'obtenir le degré de diffusion nécessaire à la projection cinématographique. Dans le terme de rugosité de la surface d'un écran cinématographique on peut inclure toutes les ondulations de la surface, pourvu qu'elles ne dépassent pas les limites de définition de la part des spectateurs. Pratiquement cette limite est définie en l'et, compte tenu des dimensions et distances habituelles dans les cinémas, on peut conclure qu'entre de telles limites peuvent trouver place aussi d'éventuelles ondu-

lations de dimensions sensiblement supérieures à la rugosité propre du matériel et même imprimées pour donner à l'écran la caractéristique désirée de distribution du flux lumineux réfléchi.

Nous faisons observer que nous employons le terme « réflexion » et ses dérivés pour indiquer ce qui, avec plus grande précision, est proprement dénommé « réflexion générale », c'est-à-dire toute la lumière qui est renvoyée par une surface sans faire de distinction entre la réflexion régulière (miroirs) et réflexion diffusée (éparpilleraient dû à la rugosité).

Les spectateurs n'occupent pas au complet le demi-espace vers lequel l'écran réfléchit la lumière. Nous pouvons définir comme « angle » (solide généralisé) de projection utile le lieu de jonction de tous les points de l'écran avec les yeux de tous les spectateurs. Le flux lumineux réfléchi par l'écran dans l'angle de projection utile est celui utile aux effets cinématographiques et son rapport avec l'entier flux lumineux réfléchi représente le « facteur de distribution ». Le produit du « facteur de réflexion générale » par le facteur de distribution peut être pris comme rendement utile (cinématographique) de l'écran.

Aux effets de l'application cinématographique ce qui intéresse c'est la brillance de tous les points de l'écran par rapport aux spectateurs.

Prenons en considération (fig. 1) l'élé-

