

## DEUXIÈME PARTIE

### BILAN DE L'HISTOIRE DE L'OPTIQUE

#### UNE LUMIERE EST UN ETAT D'AME

Tout ce qui précède, direz-vous, est bien intéressant et nous a permis de nous livrer à la plupart des expériences d'optique du programme du baccalauréat (1<sup>re</sup>). Mais à quoi sert l'Optique?

Laissez-nous alors vous raconter l'anecdote suivante :

En fin d'année scolaire, un professeur de physique posa à ses élèves de première cette simple question :

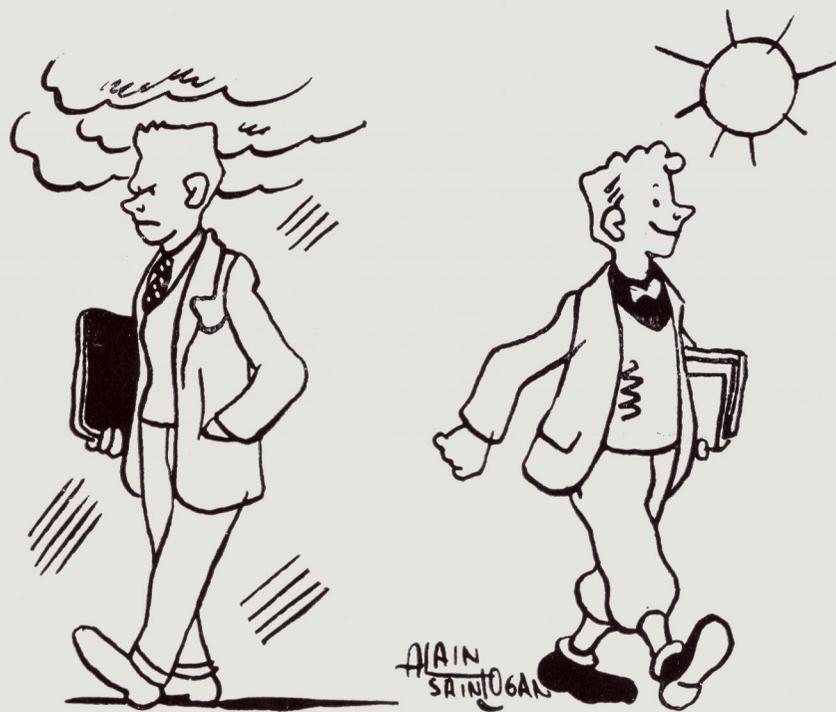
« A quoi sert l'Optique ? »

Les deux réponses les plus remarquables furent les suivantes :

« A passer le bac ».

« A nous faire connaître le monde ».

Passons sur la première, qui dénote un utilitarisme fort réaliste, mais précocement, et remarquons que la seconde est moins creuse et moins vague qu'elle n'en a l'air. N'oublions pas que l'optique, ce n'est pas seulement la loi  $\sin i = n \sin r$ , ou la classique question de cours sur le grossissement du microscope: l'optique est d'abord la science de la lumière. Certes, nous pourrions bien jouir de la lumière sans en avoir la science, mais à quoi celle-ci serait-elle bonne si nous ne nous en servions pour rendre notre vie quotidienne plus agréable, plus utile et plus belle ? Et vous allez voir que cette science de la lumière, c'est à chaque instant et d'un bout à l'autre de la journée que nous faisons appel à ses services.



Temps gris...

Temps clair...

Vous venez de vous éveiller, d'ouvrir les volets, de jeter un coup d'oeil au dehors. Le temps est-il clair ? Le soleil brille-t-il ? Vous voilà tout joyeux, alerte et chantonnant. Le ciel est-il, au contraire, couvert et gris ? Votre humeur s'en ressent et vous partez au travail l'esprit assombri et mélancolique.

La lumière est un clavier dont joue le psychologue. C'est elle, en grande partie, qui crée l'ambiance. Un poète a écrit : « Un paysage est un état d'âme » ; on en pourrait dire autant des couleurs. Celles qui tirent sur le rouge sont «chaudes», attirantes, excitantes ; celles qui se rapprochent du bleu, «froides», calmantes, sédatives. Les premières, qu'il s'agisse de la teinte de l'éclairage ou de celle du mobilier, favorisent la digestion et créent l'euphorie ; les secondes rafraîchissent et reposent. Le pont de Blackfriars, à Londres, peint en noir, était renommé comme « le pont des suicidés » ; il cessa de l'être quand on l'eut peint en vert.

Aujourd'hui que les tubes à lumière fluorescente procurent les nuances les plus diverses de la palette des tons, on pourrait songer à «modeler» l'humeur de ses invités rien qu'en variant la couleur de l'éclairage.

## **JEUX DE LUMIERE SUR LES MIROIRS**

Naturellement, il ne suffit pas que le soleil ou les lampes émettent la meilleure lumière : encore faut-il que nous la percevions. Le but de l'optique est justement" d'améliorer le plus possible cette perception, de façon à nous permettre de voir les choses le mieux possible et d'en tirer le meilleur parti possible. C'est pour cela que les lois qu'elle étudie servent jusque dans les actes les plus ordinaires de la vie courante. Avez-vous jamais réfléchi que la théorie des miroirs sphériques ou la formule du minimum de déviation du prisme pouvait être autre chose qu'un exercice scolaire.

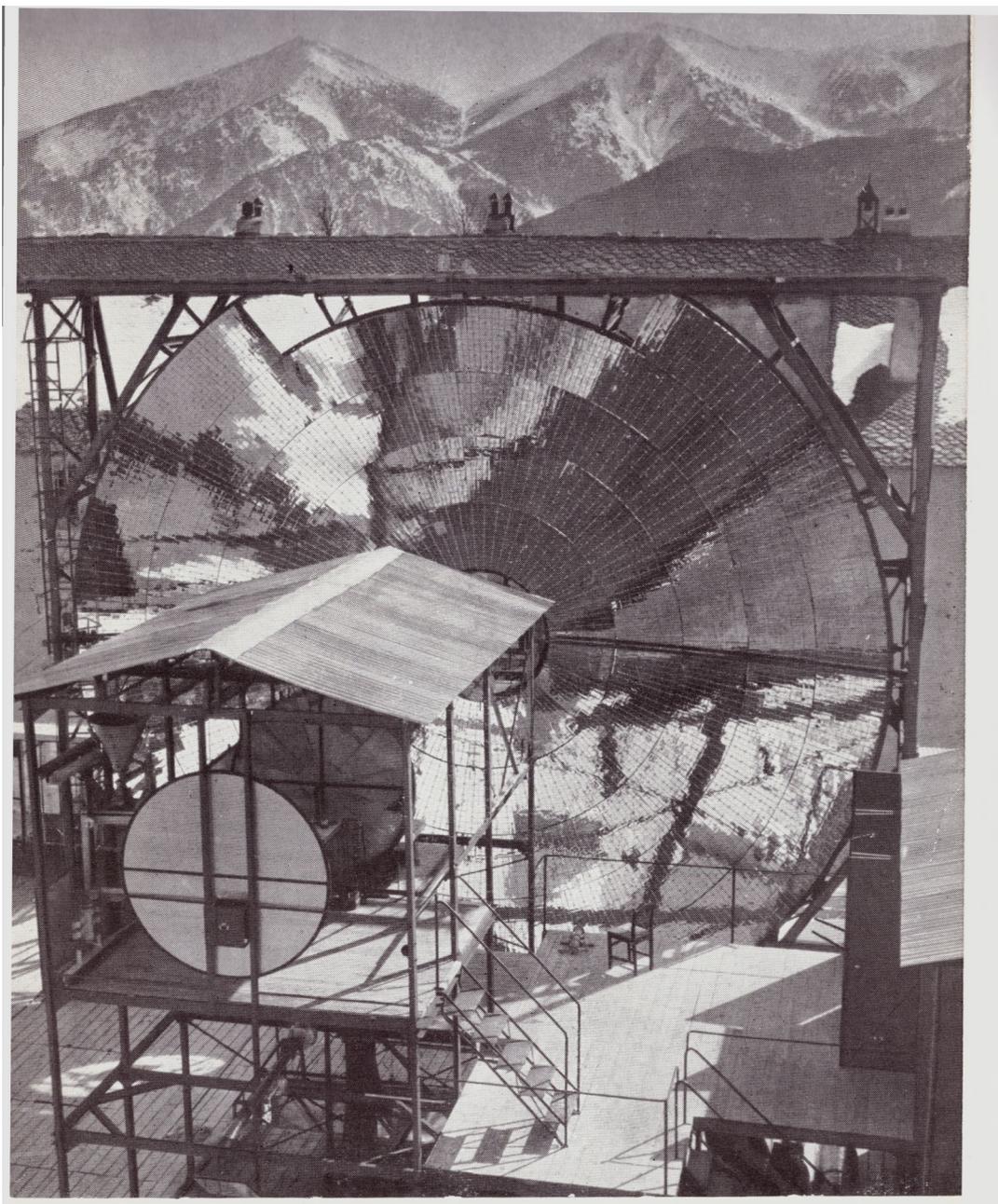
Prenons les lois de la réflexion — simples entre les simples. Ne parlons même pas du miroir plan devant lequel vous faites votre toilette, de celui que Madame tire de son sac pour se refaire une beauté ou du viseur à réflexion de votre appareil photographique. Allez vous promener et regardez les vitrines. Qu'il est désagréable d'en voir la glace encombrée de reflets ! Pourquoi ces reflets, sous lesquels les objets exposés disparaissent presque ? Tout simplement parce que la glace est verticale, qu'elle réfléchit la rue et la renvoie normalement vers vous. Pour les supprimer, il suffit d'empêcher la glace de vous renvoyer ses rayons — de faire en sorte, par exemple, qu'elle les rejette vers le trottoir. Et voilà pourquoi certains magasins **new look** ont des vitrines équipées de glaces cylindriques, qui renvoient vers le sol les rayons réfléchis et laissent tout loisir d'admirer ce qu'il y a derrière.

Placez deux miroirs plans aux deux extrémités d'un tube, inclinés à  $45^\circ$  sur l'axe, et vous obtenez le **périscope**. Celui des sous-marins, très long, n'aurait d'ailleurs qu'un champ très étroit si l'on n'intercalait, entre les miroirs, des lentilles qui font, de cet instrument, une énorme longue-vue.

Mettez trois miroirs au lieu de deux, ou même quatre, cinq... dix. Si tous sont bien réglés pour se renvoyer l'image, vous pourrez plier le tube, le rendre flexible, de façon à pouvoir le faufiler dans un trou quelconque pour en voir l'intérieur. Il sera devenu un **laryngoscope**, que le médecin glisse dans le larynx ; un **bronchoscope**, qui a 40 cm. de longueur et qui révèle l'intérieur des bronches ; un **gastroscope**, qui permet de voir les parois de l'estomac avec ses couleurs naturelles (bien entendu, l'objectif de tous ces appareils est accouplé à une petite ampoule).

Le télémètre peut être regardé comme un ensemble de deux périsopes dans le prolongement l'un de l'autre et visant le même objet. L'oeil droit regarde l'image du périscope de droite, et l'oeil gauche celle du périscope de gauche. Ces deux images ne peuvent être amenées en coïncidence qu'en imprimant à l'un des miroirs un certain déplacement, d'autant plus grand que l'objet est plus rapproché. Que ce déplacement soit produit à l'aide d'une vis soigneusement étalonnée, et voilà le moyen de connaître la distance de l'objet.

Un jour, le grand physicien allemand Helmholtz jouait avec ses enfants. Soudain, il aperçut dans l'oeil de l'un d'eux une lueur rougeâtre : c'étaient les rayons solaires qui, réfléchis par ses lunettes, avaient été projetés



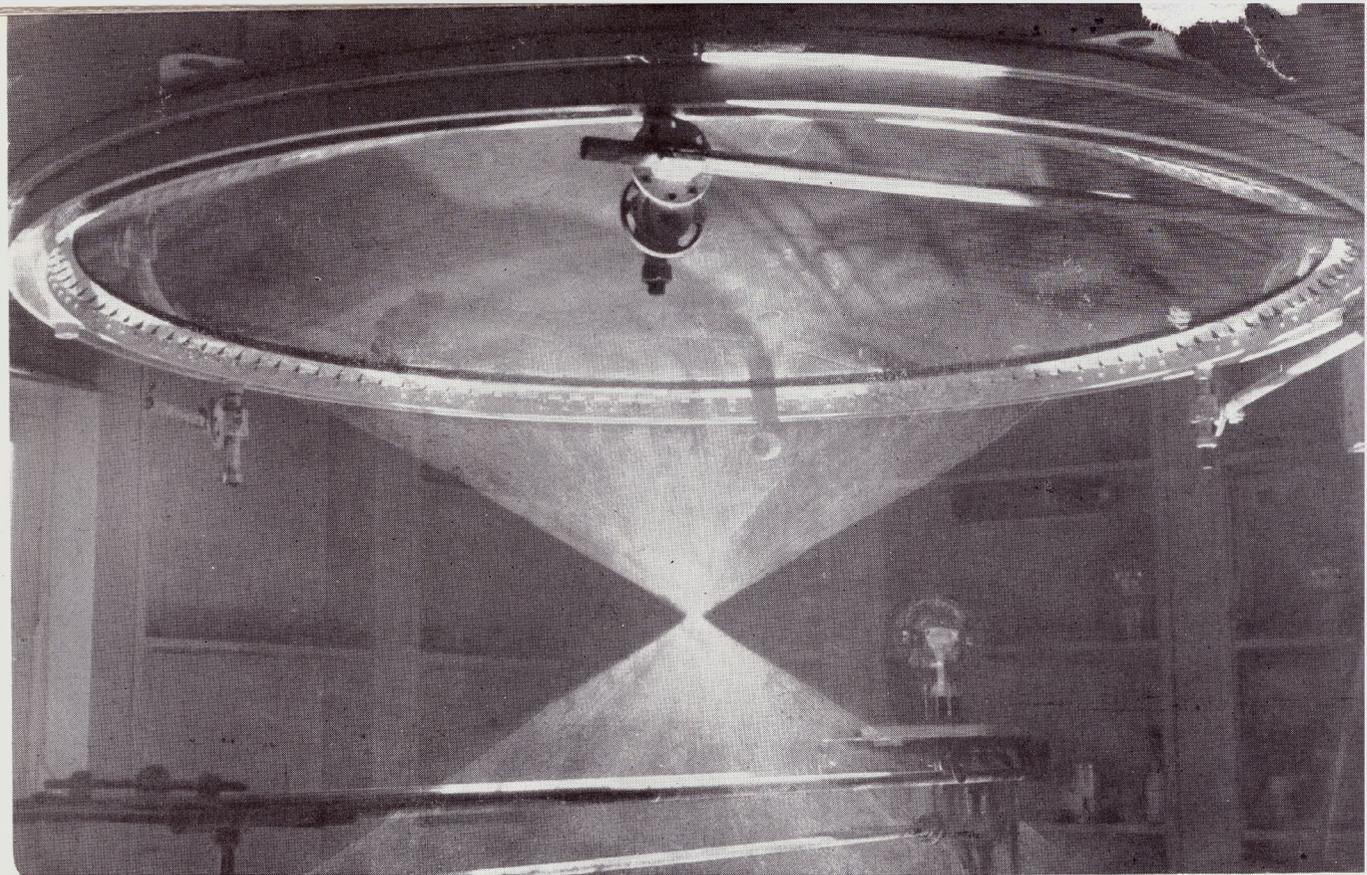
#### LE FOUR SOLAIRE DE MONTLOUIS

Au premier plan, la charpente qui abrite les fours et les dispositifs expérimentaux.

Au fond, le miroir parabolique : celui-ci, composé de 3.500 glaces, a une surface totale de 90 m<sup>2</sup>.

Ce four solaire permet d'atteindre des températures de 3.400°, sous une puissance de 75 Kw.

(Document Science et Avenir - Photo Le Cuziat.)

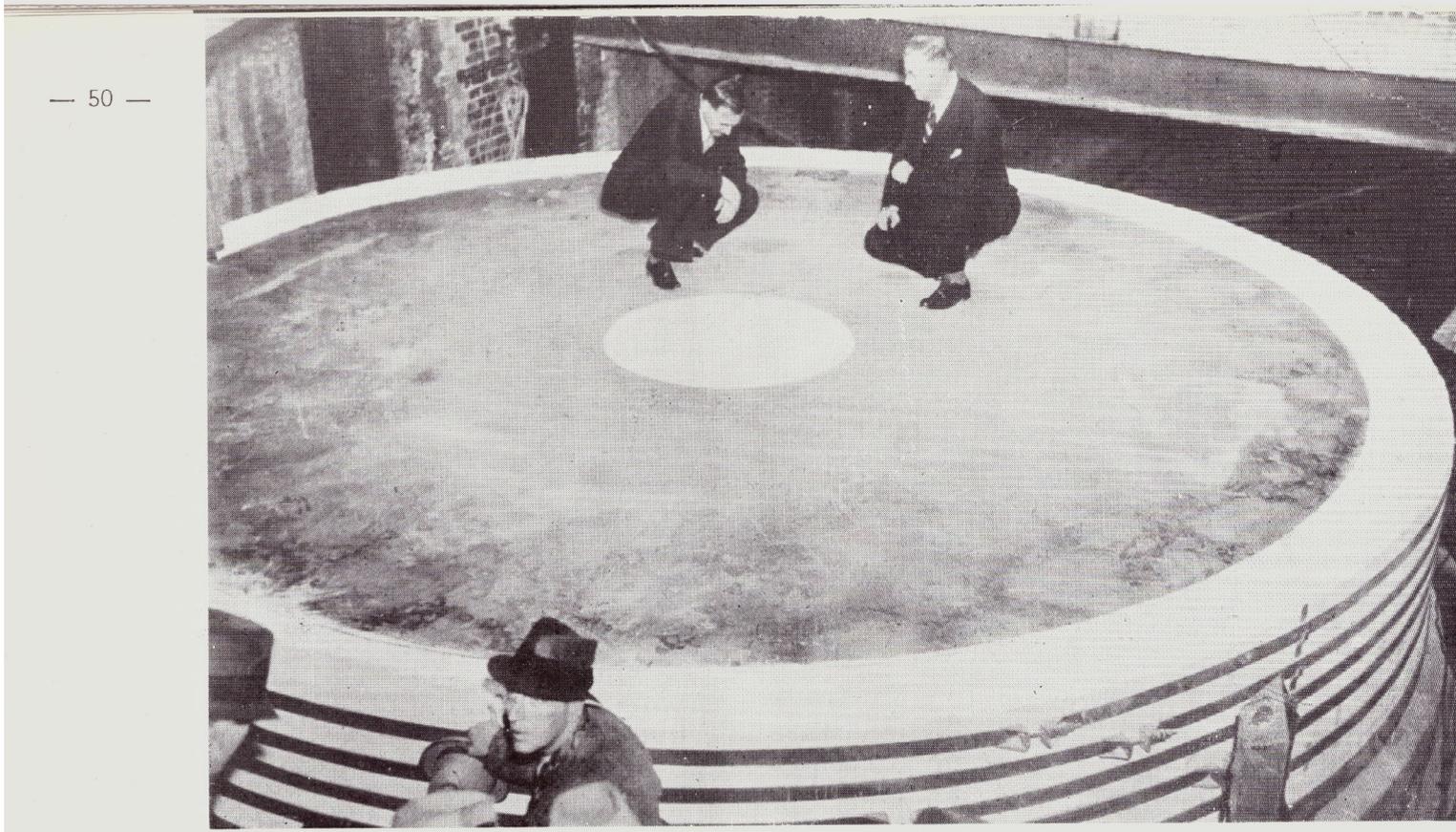


A côté du grand miroir, l'installation solaire de MONTLOUIS comporte également deux petites installations de laboratoire utilisant des réflecteurs paraboliques de 2 mètres de diamètre, analogues à ceux que l'on trouve dans les projecteurs de D.C.A.

vers l'enfant et, par un miraculeux hasard, s'étaient infiltrés dans le trou de la pupille ! Cette lueur rougeâtre, c'était la lumière réfléchie par la rétine ! C'est ainsi que Helmholtz eut l'idée de l'**ophthalmoscope**, instrument dont se sert toujours l'oculiste pour scruter l'intérieur de l'oeil (voir photo p. 34 et expérience N° 26).

Avec l'ophthalmoscope, nous quittons, du reste, le domaine des miroirs plans pour celui des miroirs concaves (puisque cet appareil comporte un miroir concave qui projette par la pupille la lumière d'une lampe), et bon nombre d'applications nouvelles nous sollicitent. Un miroir concave ? C'est celui des grands projecteurs de D.C.A. (voir p. 48), qui approchent parfois de 2 m. de diamètre, et c'est aussi celui des phares d'automobiles. C'est encore le **four solaire** de Montlouis (Pyrénées-Orientales) (voir p. 47) qui, renouvelant les **miroirs ardents** d'Archimède (voir p. 16), est capable, en concentrant les rayons solaires, de développer à son foyer une température de plus de 3.000° C. C'est aussi celui des télescopes astronomiques. Il réfléchit l'image de l'astre visé vers un autre miroir, qui en fournit, dans l'oculaire, une image agrandie. Le plus grand télescope actuel est celui de l'observatoire du Mont Palomar (voir p. 50). Il mesure 5 m. de diamètre, pèse 14 tonnes et serait capable de déceler la lueur d'une bougie aux antipodes.

Les miroirs convexes ont assurément moins d'applications que les miroirs concaves. Comme ils fournissent des images très petites et embrassent, pour cette raison, un champ considérable, ils sont néanmoins très utilisés comme rétroviseurs dans les automobiles.



Le plus grand miroir concave du monde celui du télescope du Mt. Palomar. On le voit ici au cours de sa fabrication  
(Photo Agence Keystone.)

## VICES DE FABRICATION... SANS QUE LE CLIENT RECLAME

Abandonnons maintenant le royaume de la réflexion pour celui de la réfraction. Nous passons sous l'autorité de la loi de Descartes, juridiction suprême qui gouverne à peu près toute l'optique. Dans la plupart des instruments d'optique, cette juridiction s'exerce par l'intermédiaire des propriétés des lentilles et du prisme. Il n'y a guère que dans le **réfractomètre** que la loi  **$\sin i = n \sin r$**  soit employée telle quelle, dans le but exclusif de déterminer **n**.

L'indice de réfraction est, en effet, une caractéristique du milieu. Qui connaît **n** identifie le milieu. Mon réfractomètre me donne-t-il, pour ces deux liquides, respectivement: **n** = 1,361 et **n'** = 1,333 ? Une table m'apprend que le premier est de l'alcool éthylique et le second, de l'alcool méthylique. Comme l'indice varie aussi selon la concentration du liquide, il permet au viticulteur de connaître le sucrage de son jus de raisin, comme au fabricant de confitures d'arrêter la cuisson au degré de concentration voulu.

Mais il y a une condition préliminaire à remplir pour utiliser le réfractomètre, appliquer la loi de la réfraction ou se servir de n'importe quel instrument d'optique : c'est d'avoir des yeux.

Il n'y a là ni une boutade ni une lapalissade. De combien d'entre nous pourrait-on dire, comme l'Evangile : « ils ont des yeux et ne voient point ? » Pas seulement parce qu'ils ne savent pas observer, mais parce que les yeux sont des instruments très primitifs et souvent très mal réglés !

On s'extasiait naguère sur la perfection de l'oeil comme sur celle de tout organe créé par la nature. « Quand on examine de près toutes les pièces qui le composent, écrivait en 1880 le professeur Moitessier, on reste confondu devant la perfection de chacune d'elles... » Ce n'était pas l'avis de Helmholtz, disant qu'il renverrait au fabricant un instrument d'optique aussi imparfait. C'est que, affligé d'aberrations variées, l'oeil laisse beaucoup à désirer si on le compare à un simple objectif photographique...

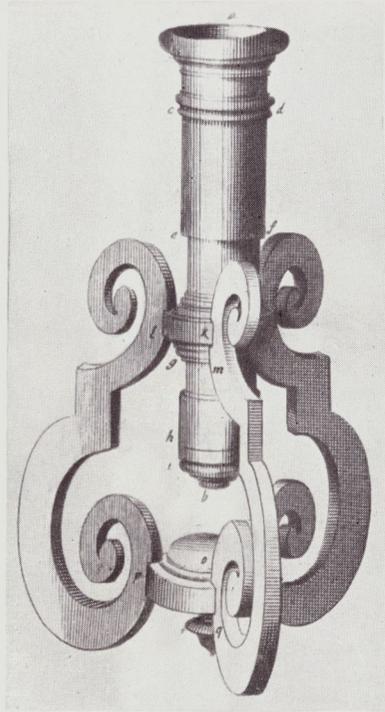
A ces aberrations, qui sont des malformations de l'oeil inhérentes à sa constitution même, s'ajoutent des défauts comme la myopie et l'hypermétropie. Voilà où interviennent les lois de la réfraction puisque, pour corriger ces défauts, le meilleur moyen consiste à adjoindre, au cristallin, une lentille qui lui ajoute un défaut de signe contraire. De nos jours, un Français sur quatre ou cinq porte des lunettes.

Que nous nous contentions de nos yeux ou que nous portions binocle, nous ne pouvons d'ailleurs affiner notre pouvoir séparateur en deçà de 1 minute d'arc : c'est-à-dire qu'à 25 cm. de distance, nous ne pouvons pas séparer deux points écartés de moins de 112 de mm. Pour augmenter ce pouvoir séparateur, il faudrait rapprocher davantage l'objet de l'oeil. Comme notre faculté d'accommodation nous l'interdit, nous y suppléons en aidant notre vue d'un instrument d'optique.

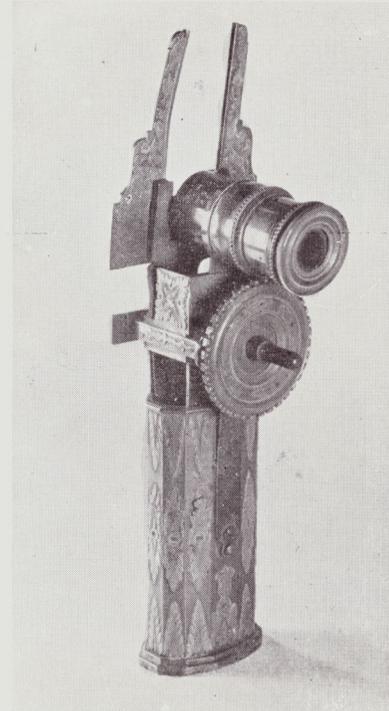
### **LE MICROSCOPE PLONGE DANS L'INFINIMENT PETIT**

Le plus rudimentaire de ceux-ci est la loupe. Son grossissement maximum n'est guère que de quelques dizaines de fois. Nos opticiens n'ont pas retrouvé le secret de la loupe puissante que connaissait, au XVII<sup>e</sup> siècle, le Hollandais Leeuwenhoek (1632-1723). Ses lentilles, qui lui permirent de découvrir globules sanguins et bactéries, étaient des perles de quelques millimètres de diamètre, qu'il obtenait en faisant fondre un fil de verre dans la flamme d'une chandelle et qui grossissaient jusqu'à 200 fois.

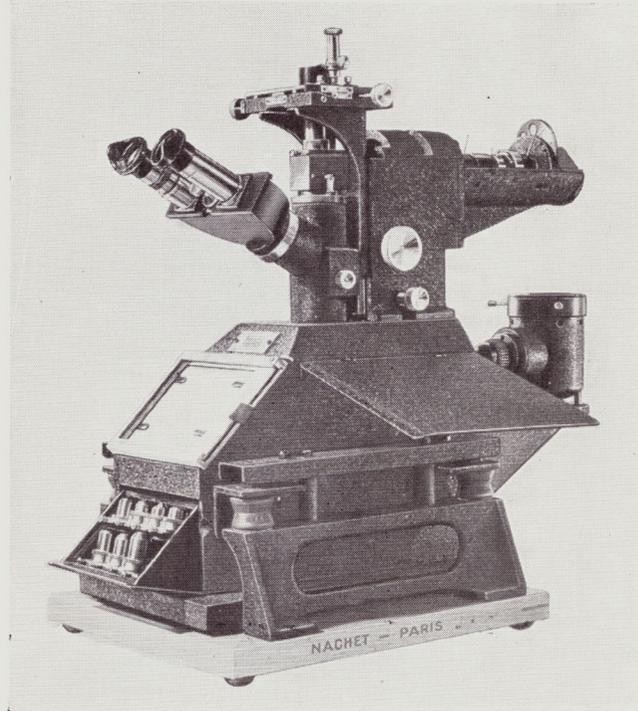
Incapables de retrouver les recettes de Leeuwenhoek, ses successeurs inventèrent le microscope, qui, d'ailleurs, jusque vers 1830, «plafonna» aux environs de 250 fois (voir p. 53). Ce sont surtout les travaux de l'Italien Amici (1784-1863) et l'Allemand Abbe (1840-1905) qui, en permettant de vaincre les aberrations des lentilles, le portèrent à son degré actuel de perfectionnement. Aujourd'hui, le microscope courant grossit jusqu'à 1.600 fois, et le plus petit objet perceptible n'y a que 3/10.000 de mm.



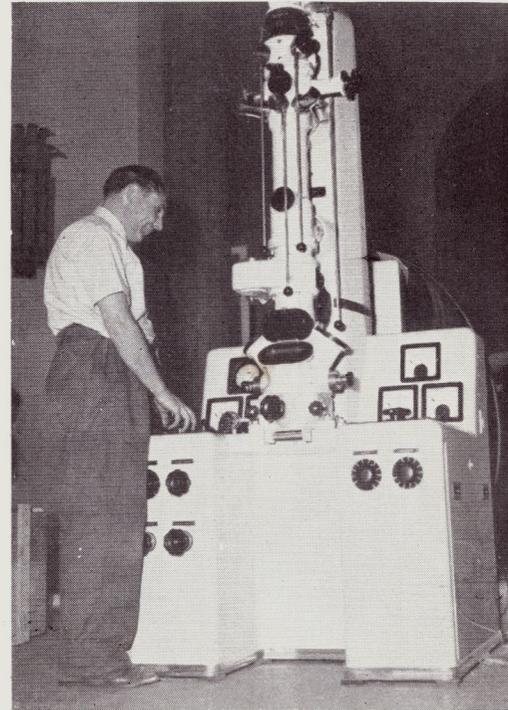
"Appuy de l'oculaire microscope",  
extrait de la "Dioptrique ocu-  
du P. CHERUBIN D'OR-  
LEANS, Capucin (1670).



Microscope simple universel de  
JOBLOT, fabriqué en France en  
1720. Collection Nachet.  
(Document photographique Nachet.)



**Grand microscope photo-métallographique NACHET,  
Modèle 1954. Grossissement : 2.000 d.**  
(Document Nachet.)



**Un microscope électronique  
de fabrication suisse.**  
(Photo Agence Keystone.)

Il est d'ailleurs possible d'accroître l'amplification en éclairant la préparation sur fond noir : elle ressort alors aussi brillamment que les poussières d'un rayon de soleil qui pénètre dans une pièce obscure. C'est le principe de l'**ultra-microscope** (des Allemands Zsigmondy et Siedentop vers 1900).

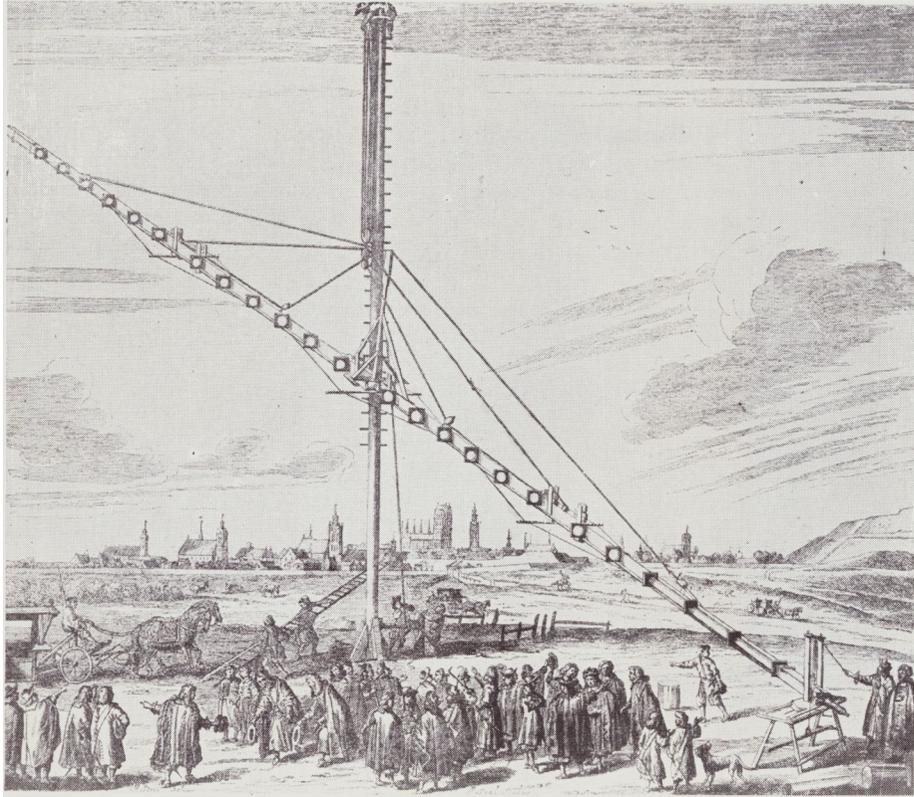
Le dernier cri en la matière appartient au **microscope a contraste de phase** (du Hollandais Zernicke vers 1933). Il laisse soupçonner des inégalités descendant jusqu'à 4/1.000.000 de mm. Mais tous les microscopes optiques (voir p. 54) restent loin derrière le fameux **microscope électronique** (voir p. 54), fondé d'ailleurs sur des principes tout à fait différents (des Allemands Knoll et Ruska en 1932). Cet instrument réalise maintenant des grossissements de l'ordre de 200.000 fois et sépare des points écartés seulement de 85 milliardièmes de millimètre... Mais là, nous sortons de l'optique...

## LA LUNETTE EXPLORE LE CIEL

Le 24 août 1609, un cortège de seigneurs chamarrés monta au sommet du campanile de Saint-Marc, à Venise, et l'un d'eux tendit au plus brillant de ceux-ci un tube de 70 cm. de longueur et de 45 mm. de diamètre. Le seigneur braqua ce tube vers l'horizon et s'exclama d'émerveillement : il voyait jusqu'à Saint-Justin de Padoue, distant de 35 km., et distinguait tous les détails des ba-feaux qui entraient dans le port.

Galilée venait d'inventer la lunette.

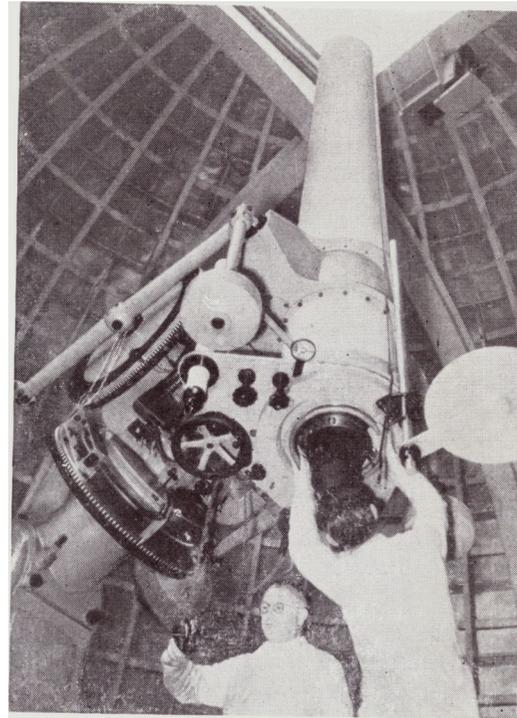
La lunette est encore un moyen d'augmenter le pouvoir séparateur de l'oeil — sur les objets éloignés, cette fois. Galilée (1564-1642) avait combiné un objectif convergent et un oculaire divergent. Sa première réalisation, qui avait provoqué l'admiration du doge, grossissait... trois fois. Il est vrai qu'il porta ensuite cette amplification jusqu'à une trentaine de fois. C'est d'ailleurs toujours sur le même principe que sont construites nos jumelles de théâtre.



La grande lunette de l'astronome HEVELIUS, Maire de Dantzic vers 1670. D'après la "Machina Cœlestis" de Jean HEVELIUS (Dantzic, 1670).

(Document aimablement communiqué par les Editions Larousse.)

Un télescope Grégorien de 15 pouces de long. Dès cette époque, ces instruments étaient souvent préférés aux télescopes "dioptriques" en raison de leur moindre encombrement et de leur plus grande netteté. — (Extraits des Leçons de Physique Expérimentale, de l'Abbé Nollet, 1755).



Une lunette moderne, celle de l'Observatoire de GRIFFITH PARK, situé sur le Mt. Hollywood (U.S.A.),

(Photo Agence Keystone.)

La **lunette astronomique**, à objectif et oculaire convergents (voir p. 56 et 57) fut l'oeuvre de Képler (1571-1631). Elle est devenue aujourd'hui aussi bien un instrument essentiel d'observatoire et de laboratoire que la longue-vue terrestre, précieuse aux marins et aux touristes. Mais cette dernière, compliquée d'un système optique redresseur, ne peut grossir plus de quelques dizaines de fois, alors que la lunette astronomique, quand la construction n'en est limitée ni par l'encombrement ni par le prix, peut atteindre des dimensions et des amplifications colossales.

Pour diverses raisons (par exemple : difficulté de tailler les quatre faces des deux lentilles qui forment l'objectif et inconvénients d'une réfraction en spectrographie), les astronomes abandonnent aujourd'hui les lunettes au profit des télescopes. Aussi, le record des lunettes, établi depuis 1897, n'a-t-il jamais été battu. Il s'agit de celle de l'observatoire américain Yerkes, dont l'objectif mesure 1,05 m. de diamètre. Il est constitué d'une lentille biconvexe de crown, épaisse de 75 mm. au centre et pesant 93 kg., et d'une lentille concave de flint, de 140 kg.

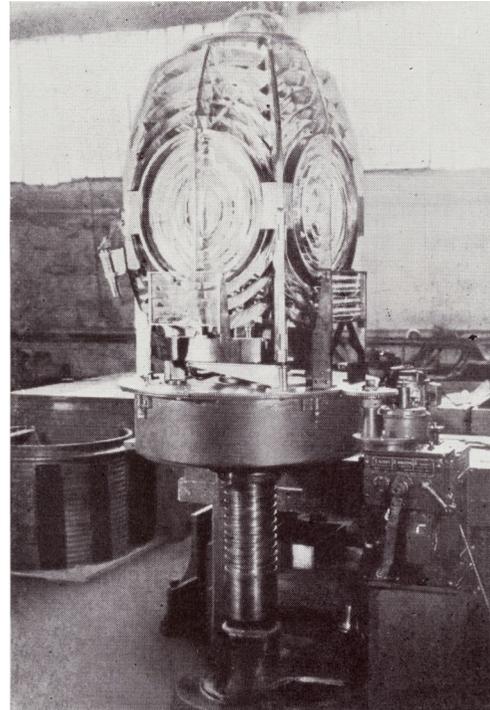
La lunette, même du type astronomique, ne revêt pas toujours cet aspect gigantesque. Elle équipe d'innombrables appareils de physique, d'arpentage, d'aviation, d'artillerie, sans compter des machines industrielles. Elle est le viseur du sextant aussi bien que du théodolite ; elle est comparateur et collimateur ; micromètre pour les contrôles de fabrication au 1/100 de mm. et lunette d'alignement pour l'ajustage des pièces de grande dimension (par exemple, en construction aéronautique).

La lentille, qui forme l'objectif des grandes lunettes d'observatoire, est également l'élément principal des phares qui éclairent nos côtes (voir p. 59). Ceux-ci consistent généralement en un système de lampes à arc dont la lumière est projetée en faisceaux cylindriques par des lentilles de Fresnel (voir p. 59). On sait que ce savant français (1788-1827) imagina d'allonger la portée des phares au moyen de la lentille à échelons, faite d'anneaux concentriques dont l'ensemble équivaut à une lentille unique de grand diamètre. Le phare de Créach d'Ouesant, le plus puissant de France, atteint ainsi, dans l'axe du faisceau, une puissance de 500 millions de bougies et une portée de 80 kilomètres. Il donne deux éclats groupés toutes les dix secondes.



Phare aéromaritime de Creach d'Ouessant (Finistère) vu de nuit. Equipé par les Anciens Ets BARBIER, BENARD et TURENNE (B.B.T.), avec 4 optiques de FRESNEL.

(Document aimablement communiqué par B.B.T.).



Optique, soubassement et machine de rotation, construction BARBIER, BENARD et TURENNE (B.B.T.), du phare aéromaritime de LA HEVE.

(Document aimablement communiqué par B.B.T.)

## DE LA CHAMBRE NOIRE A LA PHOTOGRAPHIE

Vous pouvez étonner vos amis en leur montrant les taches du Soleil sans lunette, sans lentille, sans instrument d'optique d'aucune sorte. Enfermez-les dans une chambre bien ensoleillée et faites-y l'obscurité complète. Puis, laissez rentrer un mince rayon de soleil par un très petit trou. Si vous le recevez sur un carton blanc, il y dessinera un cercle lumineux qui sera l'image du disque solaire, et, avec un peu d'attention, vous pourrez y découvrir des points noirs qui seront les taches en question — à condition, évidemment, que le Soleil présente des taches à ce moment-là.

Ce dispositif élémentaire est le **sténopé**, et il utilise le principe de la chambre noire. Agrandissez le trou, bouchez-le par une lentille convergente et vous obtenez la chambre photographique. L'invention de la photographie, due à Niepce (1765-1833) et à Daguerre (1789-1851), fut révélée le 7 janvier 1839. Voulez-vous savoir comment on procédait, en ce temps-là, pour prendre un **daguerréotype** ? « Une plaque de cuivre argenté soigneusement polie était frottée avec un coton imprégné d'iode jusqu'à ce qu'elle prît une belle teinte jaune ; exposée dans la chambre noire entre 15 et 30 minutes, selon la saison et l'heure ; placée ensuite, ainsi impressionnée mais sans aucune image visible, sur une boîte contenant du mercure chauffé à l'aide d'une petite lampe. Les vapeurs de mercure s'attachant aux parties que la lumière avait touchées, en proportion de la lumière reçue, dessinaient immédiatement une image positive où elles figuraient les clairs. Le métal non touché par la lumière formait les ombres. Un lavage à l'eau chaude salée arrêtait l'action de la lumière et rendait l'image définitive (1) ». Le résultat était une plaque métallique sur laquelle, en regardant d'une certaine façon, on arrivait à voir quelque chose, avec la droite et la gauche inversées et à la condition de ne pas accorder trop d'importance aux valeurs exactes des teintes...

Aujourd'hui, le photographe amateur n'a plus qu'à mettre au point, presser un bouton et porter sa pellicule à développer. Et il obtient presque aussi facilement des images en couleur et en relief.

(1) Potcnnié, d'après J. Prinet, **La Photographie et ses applications** (Presses Universitaires de France).





La couleur ? Elle n'est vraiment répandue que depuis quelques années et provient, le plus souvent, d'un traitement chimique. Le développement par inversion convertit le cliché lui-même en positif coloré, et il est même possible d'en tirer des épreuves sur papier.

Le relief, comme nous l'avons vu, résulte de l'effet stéréoscopique — lequel n'est réellement pas une nouveauté puisque le **stéréoscope** fut inventé par l'anglais Brewster en 1851. La photographie stéréoscopique consiste à photographier deux fois le sujet, en déplaçant l'appareil d'une longueur égale à l'écartement des yeux. Les deux images, légèrement différentes, sont placées dans le stéréoscope, dont les oculaires sont deux prismes minces opposés par le sommet. Elles semblent alors fusionner en donnant l'impression du relief.

Le français Maurice Bonnet a même inventé, en 1945, une technique qui permet de voir le relief sans aucun appareil. Les deux photographies stéréoscopiques qu'il prend du sujet sont, pour cela, découpées en tranches. Une tranche destinée à l'œil droit alterne avec une tranche destinée à l'œil gauche, et un sélecteur spécial réserve à chaque œil la série de tranches qui lui est destinée. Tout le monde a vu de ces photos publicitaires ou de ces portraits, qui débordent dans les trois dimensions de l'espace.

Mais l'amateur moyen ne se soucie pas de techniques compliquées, et il lui suffit d'avoir à choisir entre une quantité d'appareils dont les plus perfectionnés possèdent des objectifs ouverts à  $f/1,8$ , composés de quatre ou cinq lentilles. De puissants dispositifs d'éclairage (lampes flash) lui donnent le moyen d'opérer dans les conditions les plus diverses, au cours des explorations spéléologiques de Casteret et de Tazieff comme pendant les plongées sous-marines de Cousteau ou les expéditions à grande profondeur du bathyscaphe.

La chambre photographique peut d'ailleurs être adaptée à l'oculaire d'un microscope (optique ou électronique), d'une lunette ou d'un télescope astronomique, comme à un appareil à rayons X ou à une **chambre de Wilson**, cet instrument de physique atomique qui permet de voir les trajectoires des particules. Aujourd'hui, on peut photographier des objets aussi petits que certaines molécules (celles des protéines), qui n'excèdent pas 15/10.000.000 mm. de diamètre; des objets aussi formidables et aussi éloignés que les nébuleuses spirales (voir p. 61), que le télescope du mont Palomar enregistre jusqu'à 2 milliards d'années-lumière; et même des phénomènes aussi brefs que le sillage d'un projectile dans l'air, avec son cortège d'**ondes de choc**, en 1 milliardième de seconde.



Une photographie aérienne de la région de Saint-Nazaire-Nantes.

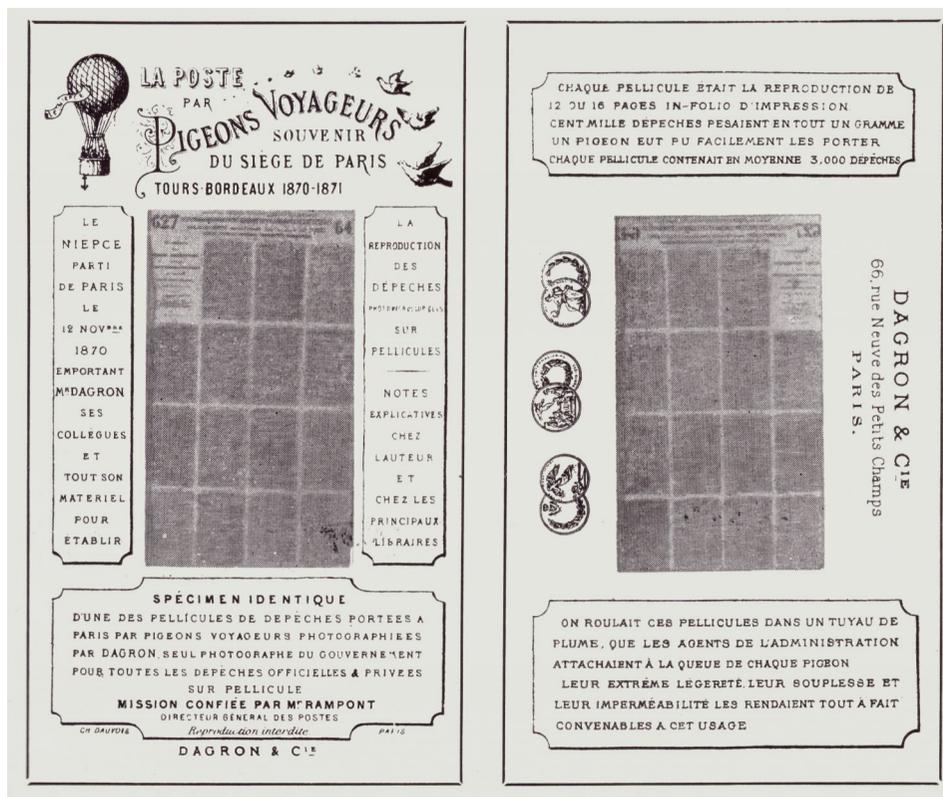
(Document I.G.N.)

On sait encore, en éclairant un sujet en mouvement périodique par des éclairs très rapides régulièrement espacés, en obtenir une image qui paraît immobile. C'est le phénomène **stroboscopique**, par lequel, au cinéma, les roues des voitures nous semblent parfois s'arrêter ou même tourner à l'envers ! Grâce à la méthode stroboscopique, on peut examiner les organes d'un moteur en marche comme les cordes vocales d'un chanteur.

C'est aussi l'appareil photographique, mais muni d'un objectif à très long foyer, qui prend ces photographies aériennes utilisées de nos jours par l'armée, l'aviation, la géographie, le tourisme... et la publicité. De ces vues à haute précision, notre Institut Géographique National tire ensuite la carte de France par les procédés de la **photogrammétrie** (inventée par le français Laussedat en 1852). Une escadrille de dix-huit avions, dont quatre quadrimoteurs, est chargée des prises de vue. Les photographies (voir p. 62) sont ensuite converties en cartes à l'aide d'un appareil extrêmement ingénieux et compliqué, le restituteur, dû au français Poivilliers (né en 1892). L'Institut Géographique National compte ainsi terminer la nouvelle carte de France au 1/20.000 en trente années, au lieu, des cent cinquante qu'elle eût demandées par les méthodes ordinaires.

C'est encore l'appareil photographique qui, dans un domaine opposé, conduit à la reproduction des documents par le **microfilm** (Dagron 1857) (voir p. 65). Le microfilm permet à un érudit de la Nouvelle-Calédonie d'étudier à domicile tel incunable dont notre Bibliothèque Nationale ne se dessaisirait à aucun prix. Il se présente sous la forme d'un rouleau de 35 mm. de largeur et long de plusieurs mètres, que l'on examine au moyen d'un appareil de lecture spécial. Du microfilm dérive la **microfiche**, qui, réduit un volume de 500 pages en quelques feuillets de 75X125 mm. Grâce à elle, une pile-de volumès aussi haute que la tour Eiffel tiendrait dans un classeur haut de 1,3 mètre !

C'est encore la photographie qui est à la base des procédés modernes d'illustration des livres, revues et journaux. Le plus courant est la **similigravure** (ies photos des journaux), que l'on reconnaît à la trame plus ou moins grossière des images. L'**offset** sert pour les revues à grand tirage et les documents à haut rendement, comme les cartes Michelin. L'héliogravure est utilisée pour les ouvrages de luxe et beaucoup d'impressions en couleurs.



Fac-similé d'un "Souvenir du Siège de Paris", édité par R.P.P. Dagron.  
(Document aimablement communiqué par son petit-fils, M. R. Dagron.)

Et voici quelques-unes des dépêches "photomicroscopiques" extraites du microfilm encarté dans le "Souvenir du Siège de Paris" reproduit ci-contre en vraie grandeur.

« Dépêches à distribuer aux destinataires.

BESANÇON, 28 janvier. - Fiquonet, télégraphe, Paris, 4<sup>e</sup> télégramme, nous allons bien, Prussiens en Franche-Comté.

CAEN, 30 janvier. - Bucquoh 5, rue Varennes, Caen, tous bien, James bien avec Faidherbe, Albert, Euphémie bien, l'embrassons Bucquoh.

Goupiloh, Taitbout, 34, santés bonnes Caen et Dieppe, dire oncle, armistice suis Caen (Calvados). pas pris.

CUSSET, 29 janvier. - Cornillon, chirurgien, hôpital Salpêtrière, famille va bien, Félicie va accoucher, Garibaldi victorieux Dijon. Célibataire partir, reçu 3 lettres. - L. Cornil. »

Tout cet immense essaim de techniques florissantes découle de la chambre noire, et nous en clorons la revue par une dernière application: le planétarium (inventé par l'allemand Bauersfeld en 1919), dans lequel les images des astres sont projetées sur une coupole blanche par un ensemble de 119 appareils.

### **LE CINEMA DISSEQUE LE TEMPS**

Ce qu'il y a de plus remarquable dans le général Hugo est qu'il fut le père de Victor, a-t-on dit. « Ce qu'il y a de plus remarquable dans la photographie, c'est qu'elle est la mère du cinéma », pourraient, de même, dire les fervents des salles obscures. Voilà une application de l'optique (et de la chambre noire) que personne n'ignore !

La caméra fut inventée en 1889 par le savant français Marey (1830-1904); elle contenait une bande de celluloïd photographique en déroulement, qui s'arrêtait chaque fois que s'ouvrait l'obturateur. Les premiers films furent tournés par Marey en -1891. Auguste et Louis Lumière perfectionnèrent ensuite le procédé, lui permettant de prendre l'essor considérable que l'on connaît. Le spectacle cinématographique lui-même, avec le studio de prise de vue, le scénario, les décors, la mise en scène, le maquillage, les truquages, fut l'oeuvre de Reynaud (1844-1918) et de Méliès (1861-1938)... Dès 1905 on tournait de grands films à épisodes, et le cinéaste italien Zecca s'écriait: « Je suis en train de refaire Shakespeare. Ce qu'il a passé à côté de belles choses, cet animal-là ! »

Un demi-siècle plus tard, le cinéma est devenu sonore. On hésita longtemps avant de lui donner la parole, au moyen de stries enregistrées sur le film en bordure des images et « lues » par une cellule photoélectrique. L'écran bavard, c'était un gros aléa commercial! Cette invention sensationnelle, étudiée dès avant 1914, n'apparut pourtant qu'en 1927, et sans doute eût-elle attendu plus longtemps encore s'il ne se fût trouvé une firme de cinéma qui, au bord de la faillite, risqua le tout pour le tout dans cette innovation. Inutile d'ajouter que la faillite prévue se changea en pluie d'or.

Il est curieux de constater que le film en couleurs fut beaucoup plus long à se répandre que le film sonore. C'est que le problème de la couleur présentait deux solutions, dont aucune n'offrait des avantages suffisamment évidents pour l'emporter à coup sûr. L'une consiste, en effet, à photographier la scène simultanément à travers quatre filtres (procédé Rouxcolor) ou trois filtres (procédé Dugromacolor) de couleurs différentes. Le film lui-même reste en noir et blanc, mais si l'objectif de l'appareil de projection est muni des mêmes filtres, la fusion des trois ou quatre images monochromes redonne la couleur réelle.

Dans d'autres procédés, tels que le Technicolor (dû au français Didier, 1904), c'est le film lui-même qui est coloré, au moyen d'un traitement chimique d'ailleurs fort compliqué. Comme le Technicolor n'exige aucune modification de l'appareil de projection, on comprend qu'il soit préféré par les exploitants et qu'il demeure le plus courant.

Le cinéma en relief n'est pas non plus une invention récente. Puisque la sensation de relief réclame l'intervention des deux yeux, le vrai et authentique cinéma en relief résulte nécessairement de la superposition d'images stéréoscopiques. Les deux images peuvent être projetées ensemble sur l'écran. Le spectateur reçoit alors un lorgnon bicolore qui permet à chaque œil de ne voir que l'image qui lui est destinée (procédé Lumière 1930). L'inconvénient de cette méthode est qu'elle interdit de faire des films en couleurs. L'américain Norling trouva le moyen d'y parer en 1939 en remplaçant les deux images bicolores par deux images projetées en lumière **polarisée** à angle droit. Les lorgnons du spectateur étant munis d'**analyseurs** en **polaroïd**, le relief est tout aussi sensible et la couleur est permise («L'Homme au masque de cire», 1952).

Malheureusement, l'obligation de porter des lunettes souleva, contre les deux procédés précédents, un tollé général. On chercha donc à obtenir la superposition des images, non plus dans l'œil du spectateur, mais sur l'écran même. Le problème revenait à projeter les images tranche par tranche (comme dans la photographie en relief de Maurice Bonnet), une tranche «œil droit» alternant avec une tranche «œil gauche», et à placer devant l'écran un dispositif ne laissant voir à chaque œil que la série de tranches qui lui était destinée. On vit alors éclore des inventions très complexes, comme le cyclostéréoscope du français Savoye (1950), qui fait tour-

ner devant l'écran un sélecteur à grille. Puis, comme le relief obtenu de cette manière était, de toute évidence, commercialement inexploitable, on lâcha du lest. On se résigna à se passer de couples d'images stéréoscopiques et à simuler un vague effet de relief en élargissant l'écran et en rapprochant la vision au cinéma des conditions de la vision réelle.

Notre cristallin, en effet, est un objectif à très grand angle (165° en largeur), alors que l'écran ne sous-tend guère plus de 10°. Que l'on agrandisse celui-ci et l'on se rapprochera des circonstances de la réalité. C'est ainsi qu'apparut l'idée de l'**écran panoramique**. On aboutit au **cinérama** (Waller 1952), dans lequel la prise de vues s'effectue par trois appareils qui, à la projection, couvrent un écran concave sous-tendant 146°. Et, comme les dimensions et le prix de ce cinérama sont respectables, on aboutit aussi au **cinémascope** (Chrétien 1928). Toute l'« astuce » de ce dernier consiste dans un dispositif optique, l'**hypergonar**, qui permet de condenser sur la largeur d'un film standard (35 mm.) un champ très étendu qui couvre aussi un grand écran.

Doté de la parole, de la couleur et du relief, il ne manque plus grand chose au cinéma pour reproduire la réalité ! Mais le producteur souhaite parfois l'inverse : combien de films tendent à donner une impression d'irréel, de fantastique ? On y parvient par des truquages ; (L'Homme invisible, le Docteur Jekyll et Mr. Hyde, le Passe-Murailles). Ces truquages sont d'autant plus aisés que le cinéaste est complètement maître du décor. Grâce au **simplifilm**, en effet (Dufour 1942), le décor peut être réduit à une simple photographie, voire une carte postale, placée dans la caméra et qu'un système optique ingénieux projette dans le plan même où évoluent les acteurs.

Au delà de la distraction qu'il apporte à des millions d'hommes, le cinéma a ouvert à la science de nouveaux horizons. Le français Comandon, en 1910, a créé la **cinémicrographie**, et l'on peut maintenant suivre sur l'écran les ébats des microbes. On peut y suivre également, filmées en couleurs, des opérations chirurgicales — spectacle qui n'est pas particulièrement recommandé pour les coeurs sensibles. Un autre français, Lyot, a cinématographié les phénomènes du soleil (les protubérances) et saisi la planète Mars en train de tourner majestueusement sur elle-même. Des prises de vues à l'extrême ralentie ont montré la pousse des plantes à vue d'oeil : d'autres,



**Le long d'un à pic sous-marin, un plongeur, muni de " La Caméra-torpille Rebikoff**  
(Photo Broussard - Cannes.)

a l'extrême accéléré, ont capté les phases des explosions atomiques (Los Alamos et Montebello), à raison de 3.500.000 images à la seconde !

Enfin, il est sûrement superflu de souligner le rôle du cinéma dans les explorations sous-marines, que tant de films et de livres ont popularisées. Le dernier mot du progrès dans ce domaine est dit par la **caméra-torpille** (Rebikoff 1953) (voir p. 69). C'est un propulseur sous-marin doublé d'un appareil de prise de vue: pour le cinéma en couleurs. Non seulement le plongeur peut enregistrer des images du monde étrange où il est descendu, mais sa propre caméra le véhicule !

Qu'il s'attaque au monde des bactéries, à celui des astres, à l'obscurité des cavernes ou à celle des mers, le cinéma nous apparaît de plus en plus comme une sorte de sonde, qui apporte chaque année, au Congrès de l'Association Internationale du Cinéma scientifique, des révélations nouvelles.



C'est un «tour d'optique» bien sommaire que nous venons d'accomplir ! Puisse-t-il néanmoins vous avoir convaincu que l'optique n'est pas seulement un sujet de composition au baccalauréat — chose bien évidente puisque l'optique, c'est la lumière, et que la lumière, c'est la vie.

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE .....	2
TOUR D'HORIZON .....	3
LE MATÉRIEL .....	6
LA LUMIÈRE - OMBRE - PÉNOMBRE .....	8
LA RÉFLEXION — Miroirs plans .....	10
— Miroirs sphériques .....	15
LA RÉFRACTION. — Notions sommaires de Trigonométrie .....	20
— Lois de la réfraction .....	22
— Le Prisme .....	28
— Les Lentilles .....	30
— L'Œil .....	34
UNE LUMIÈRE EST UN ÉTAT D'ÂME .....	43
JEUX DE LUMIÈRES SUR LES MIROIRS .....	45
VICES DE FABRICATION .....	51
LE MICROSCOPE PLONGE DANS L'INFINIMENT PETIT .....	52
LA LUNETTE EXPLORE LE CIEL .....	55
DE LA CHAMBRE NOIRE A LA PHOTOGRAPHIE .....	60
LE CINÉMA DISSÈQUE LE TEMPS .....	66



IMPRIMÉ EN FRANCE  
PRINTED IN FRANCE

2<sup>me</sup> édition

Achévé d'imprimer le 20 Octobre 1957  
sur les Presses de l'IMPRIMERIE LEPERCHE - PARIS