

qui le précède. Ce temps est celui que met la lumière pour franchir l'espace e qui sépare les deux stations, aller et retour. Le quotient $\frac{c}{l}$ représente l'espace parcouru par la lumière en une seconde, c'est-à-dire *la vitesse de la lumière* (*).

Les expériences de M. Fizeau ont donné, pour valeur de la vitesse de la lumière, environ 300 000 kilomètres par seconde : c'est un nombre très voisin de celui qui avait été obtenu par Rømer (852). — De nouvelles expériences, faites par M. A. Cornu au moyen de la même méthode, et avec quelques modifications destinées à en augmenter la précision, ont donné 300 330 kilomètres.

Des expériences toutes différentes, effectuées par Foucault, à l'aide d'un procédé qui permettait d'opérer sur une distance de quelques mètres seulement, avaient fourni, à peu près à la même époque que les expériences de M. Fizeau, un résultat très voisin du sien (**).

(*) Au moment où la roue dentée acquiert une vitesse double de la précédente, les rayons transmis, à l'aller, par les *creux*, viennent rencontrer au retour les *creux suivants*, et la lumière *reparaît*, avec toute son intensité, pour l'œil de l'observateur. — Au moment où la roue acquiert une vitesse triple de la première, il se produit une nouvelle *éclipse*; et ainsi de suite. — Chacune de ces observations permet de calculer la valeur de la vitesse de la lumière, en sorte qu'on peut, en prenant la moyenne des résultats, obtenir finalement cette valeur avec une grande précision.

(**) Voir le principe de la méthode de Foucault dans les problèmes qui sont à la fin du volume.

CHAPITRE VI

NOTIONS SOMMAIRES SUR LA PHOTOGRAPHIE

854. Photographie. — Production des images dans la chambre noire. — On désigne sous le nom général de *photographie* l'art de fixer les images lumineuses sur l'écran qui les reçoit.

Nicéphore Niepce est le premier qui soit parvenu à faire servir la lumière pour peindre des images persistantes, soit sur le bitume de Judée, soit sur l'iodure d'argent. Daguerre, après s'être associé à ses travaux, découvrit l'influence des vapeurs de mercure pour faire apparaître l'image, encore latente, que produit la lumière lorsqu'elle a frappé l'iodure d'argent pendant quelques secondes : il trouva, en outre, le moyen de fixer cette image. — C'est seulement alors que la découverte de Niepce put entrer dans la pratique. Les procédés ont subi depuis tant de transformations diverses, que nous devons nous contenter de quelques indications générales, suffisantes pour faire concevoir les principes des méthodes les plus usitées.

L'appareil qui sert à produire l'image est une *chambre noire*, plus ou moins semblable à celle que représente la figure 669 : c'est une caisse rectangulaire formée de deux parties B, E, qui peuvent glisser l'une dans l'autre. A la face antérieure est fixé le tube T qui porte l'objectif; dans la face postérieure EE' est enchâssée une glace dépolie sur laquelle viennent se peindre les images renversées des objets placés en face de l'objectif (794, 1°). Pour amener la glace au foyer conjugué de l'objet par rapport à la lentille, le photographe se place derrière cette glace, et la fait avancer ou reculer jusqu'à ce que l'image paraisse nette; il achève de *mettre au point*, en imprimant, au tube qui porte l'objectif T, de petits déplacements à l'aide de la vis Y.

La marche des rayons lumineux est indiquée dans la figure 670, qui représente la coupe d'une chambre noire : l'objet lumineux AB est placé à une distance supérieure au double de la distance focale princi-

pale CH de la lentille LL' : l'image A'B' se fait alors entre le foyer F et le point dont la distance à l'objectif serait double de CF (*).

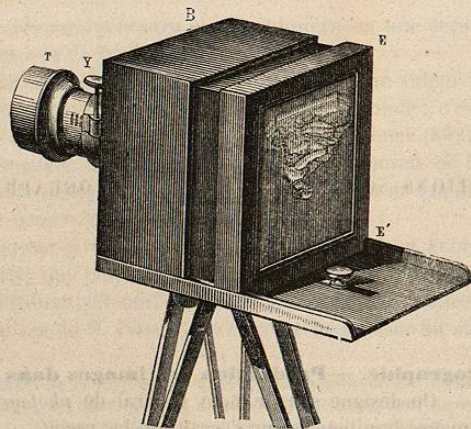


Fig. 669. — Chambre noire pour la photographie.

Il est clair qu'un même point de l'objet reçoit, toutes choses égales d'ailleurs, une quantité de lumière d'autant plus grande que la lentille

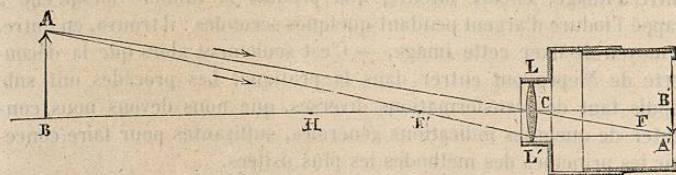


Fig. 670

offre une plus grande surface : en d'autres termes, l'image A'B' est d'autant plus vive que le diamètre de l'objectif est plus considérable.

855. Photographie sur plaque, ou Daguerrotypie. — L'image peut être fixée sur une plaque de cuivre argenté, en suivant le procédé qui a conservé le nom de *daguerrotypie*.

Après avoir soigneusement poli la couche d'argent, on la *sensibilise*, en l'exposant, dans un laboratoire obscur, à la vapeur d'iode et à la vapeur du bromure de chaux. La plaque se couvre d'une pellicule d'io-

(*) Pour déterminer le foyer conjugué du point A, on a construit le rayon AF' qui passe au foyer principal de gauche, et se réfracte en devenant parallèle à l'axe principal; ce rayon rencontre l'axe secondaire AC au point A', qui est l'image du point A.

de bromure d'argent, substances qui sont décomposables par la lumière. — On substitue alors cette plaque à la glace dépolie EE' de la chambre noire (*fig. 669*), en ayant soin de la garantir de la lumière pendant le transport. Sous l'influence des rayons lumineux qui forment l'image et qui viennent frapper la couche sensible, l'iode et le bromure d'argent éprouvent une décomposition partielle, qui met de l'argent en liberté; mais cette décomposition est généralement trop incomplète pour laisser une trace appréciable à l'œil : c'est ce qu'on nomme une image *latente*.

On rapporte la plaque dans le laboratoire, et on l'expose à la vapeur de mercure; sur tous les points de la plaque où se trouve de l'argent métallique, la vapeur de mercure se fixe, en gouttelettes imperceptibles, qui produisent une sorte de buée, d'un blanc mat. On voit alors *apparaître* l'image : les clairs s'y détachent en blanc sur les parties ombrées, qui conservent l'aspect miroitant de l'iodure d'argent. — Mais cette image s'effacerait, si on la transportait au jour, parce que l'iodure restant s'y décomposerait à son tour. Pour *fixer* l'image, on lave la plaque dans une solution d'hyposulfite de soude, qui dissout le bromure et l'iodure d'argent. — Enfin, pour donner à l'image plus de solidité, et en modifier la teinte, on la revêt d'une pellicule d'or métallique, en répandant, sur la plaque légèrement chauffée, une solution de chlorure d'or et d'hyposulfite de soude. — Il ne reste plus qu'à laver à l'eau distillée, et à sécher.

856. Production des clichés. — A l'époque même où Niepce et Daguerre terminaient leurs recherches, Fox Talbot faisait connaître, en Angleterre, un procédé qui doit être considéré comme l'origine de tous les progrès actuels de la photographie. L'idée fondamentale de ce procédé consiste à préparer d'abord un *cliché*, au moyen duquel on obtiendra ensuite des épreuves de l'image, en nombre aussi grand qu'on voudra. — Le cliché se fait le plus ordinairement *sur verre*, comme nous allons l'indiquer.

Pour les portraits, et en général pour les opérations qui peuvent se faire à proximité du laboratoire, on emploie le *collodion humide* (solution de coton-poudre dans un mélange d'alcool et d'éther). — Après avoir nettoyé avec soin la plaque de verre, on verse, sur sa surface, du collodion contenant des proportions déterminées de certains bromures et iodures solubles; le liquide, en s'écoulant, laisse sur le verre une mince couche adhérente, qui se prend très vite en une pellicule consistante en raison de la grande volatilité de l'éther. On plonge ensuite la plaque, pendant deux minutes environ, dans une cuvette contenant une solution d'azotate d'argent; cette opération, qui doit être faite à l'abri de la lumière, transforme en iode et en bromure d'argent les iodures et bromures employés; enfin, on transporte la plaque dans la chambre noire, à la place de la glace dépolie EE'

(fig. 669). — Lorsqu'elle a reçu l'impression de la lumière, on la reporte dans le laboratoire obscur, et on fait *apparaître* l'image, en versant rapidement sur toute la surface de la plaque, soit une solution de sulfate de protoxyde de fer, soit une solution d'acide pyrogallique; ces corps ont la propriété de *continuer la réduction* du bromure et de l'iodure d'argent aux points qui ont été impressionnés par la lumière. — Enfin, on *fixe* l'image, c'est-à-dire qu'on enlève l'iodure et le bromure d'argent non altérés, au moyen d'une solution d'hyposulfite de soude; on lave à l'eau pure, et on laisse sécher.

Pour les paysages, et en général pour la reproduction des objets situés loin du laboratoire, on a longtemps employé l'un des nombreux procédés dits au *collodion sec*, qui permettent de préparer les plaques de verre longtemps avant de s'en servir, et de ne développer les images que plusieurs jours après la pose dans la chambre noire. — Depuis quelques années, on tend à substituer à ces procédés les procédés dits aux *gélato-bromures*, qui ont l'avantage de permettre de réduire le temps de pose, jusqu'à donner parfois des images *instantanées*.

Le cliché constitue une image inverse, ou *negative*, puisque, sur les parties de la plaque qui ont été éclairées, la réduction des sels d'argent a donné naissance à un dépôt noir pulvérulent, tandis que les parties non éclairées ont repris, après le fixage, la transparence du verre. — Il nous reste à indiquer comment ce *cliché négatif* peut servir à tirer des épreuves positives.

857. Épreuves positives aux sels d'argent. — Le procédé le plus fréquemment employé est celui qu'avait indiqué Talbot, sauf quelques modifications de détail. — Il consiste à exposer à la lumière, derrière le cliché et en contact avec lui, une feuille de papier, *sensibilisée* au chlorure d'argent. Les rayons lumineux, passant à travers les parties transparentes du cliché, noircissent la couche sensible du papier, dans les parties correspondantes : les parties noires du cliché, en arrêtant la lumière, conservent au papier sa blancheur, dans les points qui leur correspondent. On obtient donc sur le papier une image *positive*, et cette opération peut être répétée indéfiniment, puisqu'elle ne fait subir au cliché aucune altération.

Quant aux détails de l'opération, voici, en peu de mots, en quoi ils consistent. — Le papier est d'abord couvert, sur l'une de ses faces, d'une couche d'albumine contenant du chlorure de sodium. Après avoir laissé sécher la feuille, on l'étend, par la même face, sur une solution d'azotate d'argent, qui transforme le chlorure de sodium en chlorure d'argent, et l'on fait sécher. — Pour obtenir une épreuve, on place la feuille de papier, sous le cliché, dans un cadre qui les maintient l'un et l'autre dans une position fixe : on expose ce cadre à la lumière et on arrête l'opération lorsque la teinte paraît suffisante. — On enlève du cadre la feuille de papier, on fait *virer* la teinte dans une solution

de chlorure d'or, et on la *fixe* à l'hyposulfite de soude, qui dissout les sels non attaqués par la lumière. Enfin, on lave l'épreuve, pendant plusieurs heures, avec de l'eau fréquemment renouvelée.

858. Épreuves au charbon. — Quels que soient les perfectionnements apportés à la préparation des épreuves aux sels d'argent, il paraît à peu près impossible de leur assurer une conservation indéfinie. On doit à M. Poitevin la première réalisation de procédés permettant le tirage des épreuves soit au charbon, soit aux encres grasses d'imprimerie, qui sont douées d'une inaltérabilité absolue.

Pour le tirage des épreuves dites *au charbon*, on expose à la lumière, derrière le cliché, une feuille de papier sur laquelle a été déposée une couche de gélatine, imprégnée de bichromate de potasse, et mélangée avec du charbon réduit en poudre impalpable. — La gélatine bichromatée et sèche acquiert, sous l'influence de la lumière, la propriété d'être plus ou moins insoluble dans l'eau chaude, selon que l'action des rayons lumineux a été plus ou moins intense. Il suffira donc, après une pose de quelques secondes, de plonger la feuille de papier dans un bain d'eau à une température convenable : c'est seulement aux points du papier qui auront été préservés de l'action de la lumière par les parties noires du cliché, que l'on verra la gélatine se dissoudre, en entraînant avec elle le charbon qui y avait été incorporé (*).

859. Photoglyptie. — Le procédé que nous venons d'indiquer a conduit M. Woodbury, en Angleterre, à une modification remarquable, désignée en France sous le nom de *photoglyptie*, et qui permet de tirer, *à la presse*, un nombre quelconque d'épreuves *au charbon*, sans faire intervenir à chaque fois l'action de la lumière.

Ce procédé est fondé sur cette remarque, que la couche de gélatine bichromatée, qui contient l'image obtenue comme il a été dit, présente, après le développement, des *épaisseurs variables* en ses différents points. Or, si l'on prépare, avec toutes les précautions convenables, une feuille de gélatine, isolée de tout support, séchée avec soin, et portant l'image en relief, il suffit de la comprimer fortement, à l'aide d'une presse hydraulique, contre une plaque de plomb (ou d'un alliage de plomb et d'antimoine), pour qu'elle pénètre dans le métal et donne un moule en creux, d'une grande finesse.

Pour tirer une épreuve, on verse, à la surface du moule, de la gélatine intimement mélangée avec du charbon; on couvre le tout d'une feuille de papier satinée, et on comprime légèrement avec une presse ordinaire, pour chasser l'excès de gélatine colorée : la gélatine restante fait prise, et s'attache au papier, avec lequel elle se détache du moule. — On peut ainsi tirer plusieurs centaines d'épreuves dans une journée.

(*) L'immersion de la feuille dans l'eau a toujours pour premier effet de détacher du papier la pellicule de gélatine : il est donc nécessaire, avant le développement de l'image par l'eau chaude, de plonger l'épreuve dans un bain d'eau froide, où l'on aura disposé à l'avance, soit une autre feuille de papier, soit une lame de verre, sur laquelle on appliquera la feuille impressionnée, par le côté gélatiné, et qui servira de *support* à la pellicule. C'est seulement après cette opération préliminaire qu'on introduit le tout dans un bain d'eau chaude : on enlève la feuille de papier primitive, et on prolonge l'action de l'eau jusqu'à ce que l'on ne voie plus se dégager de l'image aucune parcelle de matière colorante.

Avec l'un ou l'autre des deux procédés que nous venons d'indiquer on peut remplacer le charbon par toute autre poudre colorante, et réaliser ainsi les effets de dessins à la sanguine, à la sépia, etc.

860. **Tirage des épreuves aux encres grasses. — Photographure.** — La gélatine bichromatée, lorsqu'elle a été exposée à la lumière sous un cliché, possède, outre les propriétés que nous avons décrites, une autre propriété non moins remarquable. Quand on se contente de la mouiller légèrement, on constate que l'eau pénètre et gonfle les parties qui ont été préservées de l'action de la lumière, et qu'elle laisse sèches les parties qui ont été éclairées. Si maintenant on passe sur la surface un rouleau chargé d'encre lithographique, ou *encre grasse*, l'encre prend exclusivement sur les parties restées sèches. — Une couche de gélatine bichromatée, déposée sur une pierre bien lisse, et soumise aux opérations que nous venons d'indiquer, présente donc les propriétés d'une véritable surface lithographique, au moyen de laquelle on pourra tirer des épreuves à l'encre grasse, sur papier ordinaire, avec une presse semblable à la presse lithographique.

Enfin, la photographie permet aussi d'obtenir des planches de *cuivre*, pouvant servir au tirage comme les planches gravées en taille-douce. — La première partie de l'opération est absolument semblable à celle de la photoglyptie, c'est-à-dire qu'on prend, sur une lame de plomb, une empreinte de la gélatine bichromatée qui porte l'image en relief. — Mais, comme la feuille de plomb n'offrirait pas une dureté suffisante pour résister à l'action de la presse qui doit servir au tirage, on en fait un moulage et un contre-moulage en cuivre, par la galvanoplastie : c'est la planche de cuivre ainsi obtenue qui sert au tirage à l'encre grasse. On arrive à produire ainsi des gravures dont la finesse dépasse ce que pourrait réaliser l'artiste le plus habile, et qui ont l'avantage de reproduire le modèle avec une fidélité que la main de l'homme ne pourrait atteindre (*).

(*) Dans certains autres procédés de gravure photographique, au lieu d'opérer par moulage, on fait usage de planches métalliques couvertes d'un enduit qui sera impressionné par la lumière, de manière à ne permettre ensuite la morsure aux acides qu'en certains points, à l'exclusion des autres. On obtient ainsi des gravures en creux ou en relief, sur plaques d'acier, de bronze, de cuivre ou de zinc, avec une rapidité et avec une économie supérieures à ce que donnerait la galvanoplastie.

APPENDICE AU LIVRE V

PROPAGATION DE LA CHALEUR

CHAPITRE PREMIER

CHALEUR RAYONNANTE

I. — PROPAGATION DE LA CHALEUR PAR RAYONNEMENT.

861. **Rayonnement et conductibilité.** — La chaleur peut se transmettre de deux manières différentes : tantôt elle se propage par *conductibilité*, c'est-à-dire en cheminant de proche en proche, dans des corps dont elle élève progressivement la température; tantôt elle se propage par *rayonnement*, c'est-à-dire qu'elle franchit directement des espaces plus ou moins considérables, sans échauffer sensiblement les corps qu'elle rencontre.

Nous étudierons d'abord la propagation par rayonnement, qui offre, avec la propagation de la lumière, les analogies les plus intimes.

862. **La chaleur traverse le vide.** — La chaleur qui nous arrive du soleil, avec sa lumière, ne nous parvient qu'après avoir franchi les espaces célestes, où n'existe aucune matière pondérable : elle a donc traversé *le vide*.

La chaleur émise par des corps qui ne sont pas lumineux traverse également le vide. — Pour le démontrer, il suffit de répéter l'expérience suivante, qui est due à Rumford. Un thermomètre *t* (fig. 674) est soudé dans la paroi d'un ballon de verre, de manière que son réservoir B soit à peu près au centre du ballon. On a préalablement fait le vide dans le ballon :

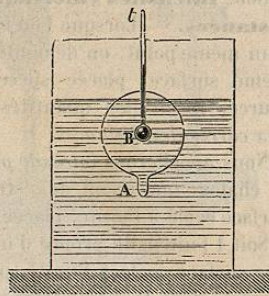


Fig. 674.

pour cela, on l'a soudé à l'extrémité d'un tube d'environ 1 mètre de longueur, on a rempli tout l'appareil de mercure, de manière à faire