

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 (*).

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

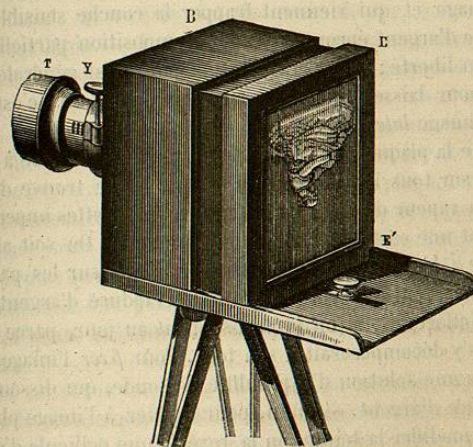


Fig. 688. — Chambre noire pour la photographie.

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.

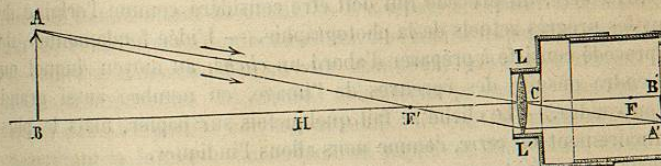


Fig. 689.

816. **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

(*) 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 .

CHAPITRE VII

NOTIONS SOMMAIRES SUR LA PHOTOGRAPHIE

815. **Photographie.** — **Production des images dans la chambre noire.** — On désigne sous le nom général de *photographie*, l'art de fixer les images produites par la lumière.

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 688 : 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 (754, 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 689, qui représente la coupe d'une chambre noire : l'objet lumineux AB est placé à une distance supérieure au double de la distance focale principale CH

vapeur du bromure de chaux. La plaque se couvre d'une pellicule d'iodure et 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. 688), 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'iodure 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.

817. **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 quelquefois sur papier, mais 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 raison de la grande volatilité de l'éther. On plonge ensuite la plaque dans une cuvette contenant une solution d'azotate d'argent, pendant deux minutes environ; cette opération, qui doit être faite à l'abri de la lumière, transforme en iodure 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. 688). — Lorsqu'elle a reçu l'impression de la lumière, on la reporte dans le laboratoire obscur, et on fait *apparaître* l'image, en plongeant la plaque dans une solution qui a la propriété de continuer la réduction du bromure et de l'iodure d'argent, aux points qui ont été impressionnés par la lumière. On emploie, pour cela, soit une solution de sulfate de protoxyde de fer, soit une solution d'acide pyrogallique. — 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 emploie l'un des nombreux procédés dits au *collodion sec*, qui permettent de préparer les plaques de verre plus ou moins longtemps avant de s'en servir, et de ne développer les images que plusieurs jours après que ces plaques ont reçu l'impression lumineuse. — Depuis quelques années, on tend à substituer, à ces procédés, les procédés dits aux *gélătino-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.

818. **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 *viver* 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.

819. **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 (*). — Les procédés indiqués par lui ont subi de nombreuses modifications : nous indiquons seulement les principales.

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 insolation de quelques secondes, de plonger la feuille de papier dans un bain d'eau à une température convenable : aux points qui auront été frappés par la lumière, on verra la gélatine se dissoudre, en entraînant avec elle le charbon qui y avait été incorporé ; au contraire, les points qui n'auront été que peu ou point éclairés conserveront la teinte de la couche primitive, plus ou moins atténuée. — Mais l'immersion de la feuille dans l'eau a toujours pour premier effet de détacher du papier la pellicule de gélatine qui contient l'image : 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'au moment où l'on ne voit plus se dégager de l'image la moindre parcelle de matière colorante.

(*) C'est dans ces termes mêmes que la question avait été posée, dans le programme d'un prix de dix mille francs proposé, en 1855, par le duc Albert de Luynes : ce prix a été décerné à M. Poitevin, quelques années après.

(**) On trouve, dans le commerce, des papiers *mixonnés*, c'est-à-dire couverts, sur une de leurs faces, d'une pellicule de gélatine mélangée de charbon. Pour en faire usage, l'opérateur n'a plus qu'à les *sensibiliser*, en les immergeant dans une solution contenant 2 à 6 grammes de bichromate de potasse, pour 100 d'eau. Ces papiers, séchés dans un lieu obscur, sont alors prêts pour l'exposition à la lumière.

820. **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, qui constitue 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 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 tirer plusieurs centaines d'épreuves dans une journée, tandis que le procédé qui précède n'eût pu en donner qu'une vingtaine, par les jours les plus favorables.

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.

821. **Tirage des épreuves aux encres grasses. — Phototypie, ou lithographie photographique. — Photogravure.** — 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 insolées. 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 ; placée sur une surface rigide quelconque (pierre, métal ou glace), et préparée comme nous venons de l'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. — Ce

(*) On obtient au moyen de la presse hydraulique les pressions énormes qu'exige cette opération (1000 kilogrammes environ par centimètre carré) : l'expérience montre que la gélatine sort du moule assez intacte pour servir à une seconde et à une troisième pression, ce qui permet de multiplier les moules, s'il est nécessaire.

procédé, qui a pris récemment des développements considérables, est désigné le plus ordinairement sous le nom de *phototypie* (*).

Nous signalerons enfin un procédé désigné sous le nom de *photo-gravure*, ou *gravure photographique*, qui permet d'obtenir une planche de cuivre servant à l'impression aux encres grasses, comme une planche gravée en taille-douce. — Ce procédé n'est qu'une modification de la photoglyptie, qui a été décrite plus haut. La feuille de gélatine bichromatée, après avoir été soumise sous le cliché à l'impression de la lumière, est encore traitée par l'eau chaude, de manière à y déterminer des creux et des reliefs (820); seulement, l'opération est conduite de manière à obtenir des creux peu profonds, et des reliefs présentant un *grain* semblable à celui de la gravure en taille-douce. Cette feuille est ensuite appliquée sur une lame de plomb, et passée avec elle au laminoir, de manière à y laisser son empreinte. Mais, comme le plomb n'offrirait pas une dureté suffisante pour résister à l'action de la presse qui doit servir au tirage, on en fait des moulages et contremoulages en cuivre, par la galvanoplastie : ce sont ces planches de cuivre qui servent 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 (**).

(*) On emploie encore dans l'industrie, sous le nom de *photo-lithographie*, un procédé un peu différent et qui consiste à impressionner par la lumière, sous un cliché, une couche d'albumine bichromatée, qui jouit de propriétés analogues à celles de la gélatine. Après divers traitements, dont le détail ne peut trouver place ici, la pierre peut servir au tirage à l'encre grasse, sans modification du procédé usuel.

(**) 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.

822. **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.

823. **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. 690) 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 : pour cela, on l'a soudé à l'extrémité d'un tube