

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

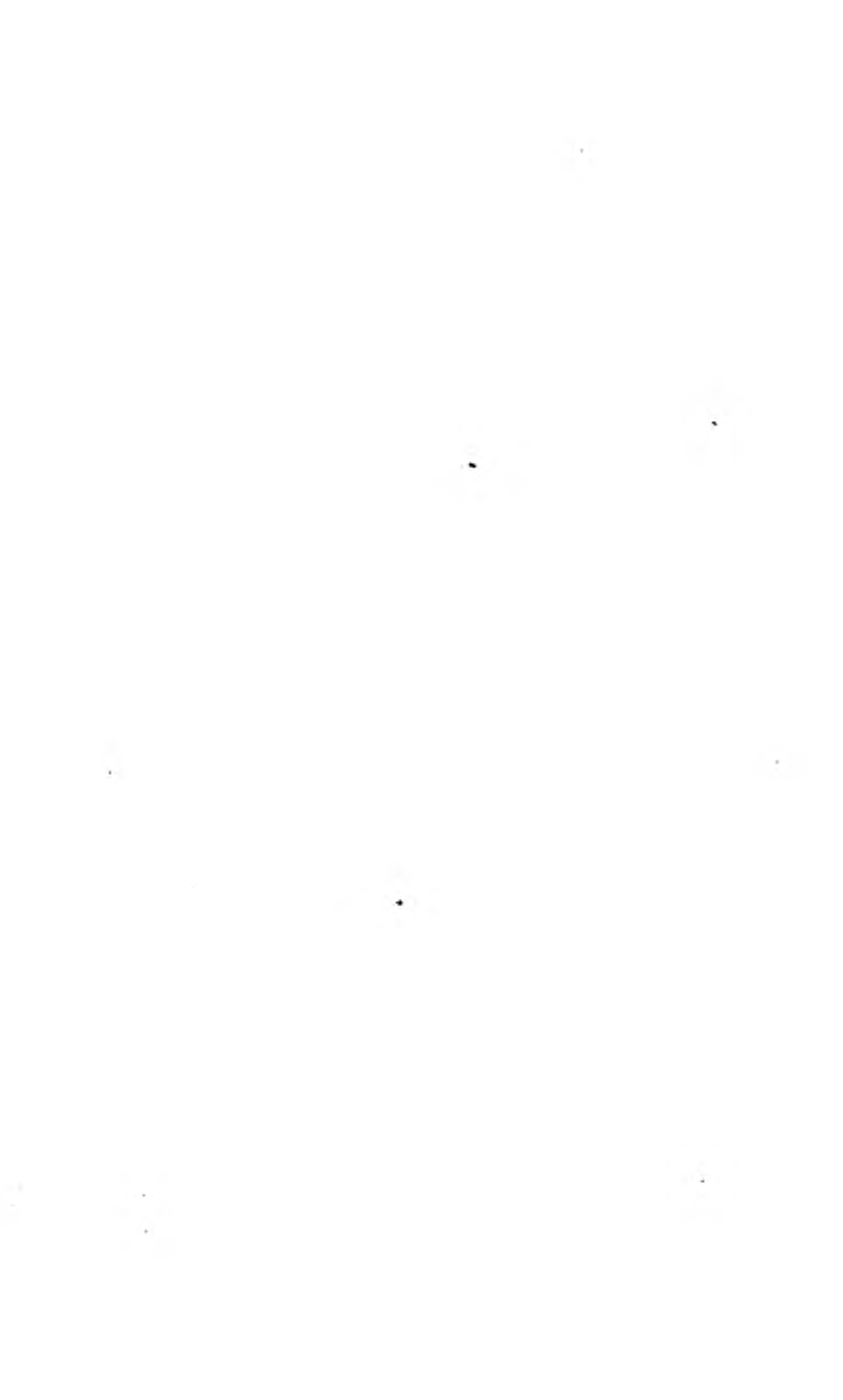
4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Smée, Alfred (1818-1877)
Auteur(s) secondaire(s)	Valicourt de Séranvillers, Edmond de
Titre	Nouveau manuel complet de galvanoplastie, ou éléments d'électro-métallurgie, contenant l'art de travailler les métaux à l'aide du fluide galvanique, pour dorer, plater, plaquer, cuivrer, etc., etc. suivi d'un Traité de daguerréotypie, contenant tous les perfectionnements apportés à cet art, depuis son origine jusqu'à ce jour
Adresse	Paris : Librairie encyclopédique Roret, 1843
Collection	Manuels-Roret
Collation	1 vol. (453 p.-2 f. de pl.) : ill., tabl. ; 15 cm
Nombre de vues	460
Cote	CNAM-BIB 12 K 21 (196)
Sujet(s)	Dépôt électrolytique -- Manuels d'amateurs Électrométallurgie -- Manuels d'amateurs Daguerréotype -- Manuels d'amateurs
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/10/2014
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/12519076X
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?12K21.196



ENCYCLOPÉDIE-RORET.

GALVANOPLASTIE

ET

DAGUERRÉOTYPIC.

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'*Encyclopédie-Roret* leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume il portera, à l'avenir, la véritable signature de l'Éditeur.

A stylized, handwritten signature in black ink. The signature appears to read 'Roret' in a cursive script. It features a long, sweeping horizontal line at the base, with several loops and flourishes above it, including a small 'R' at the beginning and a large 'e' at the end.

12² K 21 195
MANUELS - RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE,

OU

ÉLÉMENTS D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE,

CONTENANT L'ART DE TRAVAILLER LES MÉTAUX A L'AIDE DU
FLUIDE GALVANIQUE, POUR DORER, PLATINER, PLAQUER,
CUIVRER, ETC., ETC.;

Par M. **SNÉE.**

Augmenté d'un grand nombre de notes d'après MM. JACOBI, SPENCER,
DE KOBELL, SOLLY, DE LA RIVE, ELKINGTON,
DE RUOLZ, etc.

SUIVI

D'UN TRAITÉ DE DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT TOUS LES PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS A CET ART,
DEPUIS SON ORIGINE JUSQU'A CE JOUR,

D'après MM. LEREBOURS, GAUDIN, CH. CHEVALIER, BURON, etc.

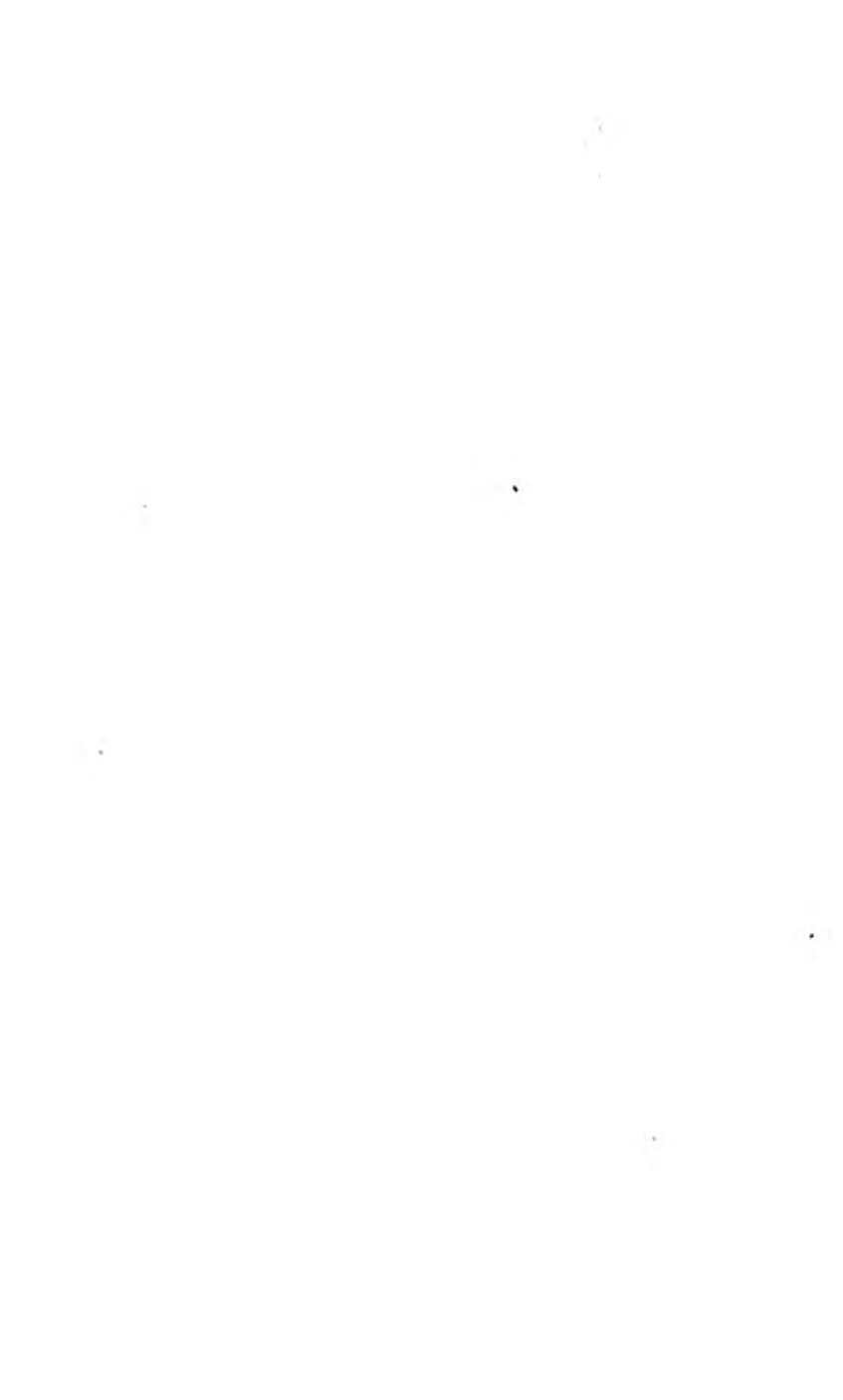
Ouvrage publié par E. de **VALICOURT,**
et orné de figures.

PARIS,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,
RUE HAUTEFEUILLE, 15 BIS.

1843.





AVERTISSEMENT.

La découverte de la Galvanoplastie est sans contredit une des plus importantes qui aient été faites dans notre siècle si fécond en découvertes. Elle lui appartient en propre, puisqu'elle n'est qu'une déduction raisonnée des lois de la chimie, science toute contemporaine.

Cette admirable invention semble en quelque sorte avoir réalisé tout ce qu'il y avait de possible dans ces brillants rêves de la pierre philosophale, de la transmutation des métaux, objets des chimériques recherches des Alchimistes et des Hermétiques des siècles passés. Et s'il est vrai que la science n'a point encore trouvé le dangereux secret de faire de l'or, on peut dire qu'elle a fait une conquête bien autrement précieuse pour l'humanité en créant la Galvanoplastie. Cette science encore toute nouvelle a déjà atteint, dès son début, à des résultats immenses; et l'avenir qui lui est réservé est incalculable.

Grâces à l'extrême simplicité des procédés *électro-métallurgiques*, les chefs-d'œuvre de la sculpture, de la ciselure et de la gravure, reproduits à un nombre infini d'exemplaires, et devenus ainsi populaires,

pourront désormais braver les atteintes du temps et la main non moins destructive de l'homme. Sous ce premier rapport, la galvanoplastie est à la sculpture et à l'art en général, ce que l'imprimerie est à la pensée humaine. Mais ce n'est pas seulement à reproduire des objets d'art que se bornent ses applications. Elle vient encore apporter de nouveaux perfectionnements à l'art déjà si avancé de la typographie. Enfin, sous une forme plus modeste et non moins utile, la Galvanoplastie peut encore subvenir à nos besoins les plus usuels. C'est par elle qu'une foule d'objets ou d'ustensiles composés des métaux les plus communs et facilement oxidables, ou même de corps non métalliques, pourront être recouverts d'une couche mince ou épaisse, à volonté, d'un métal précieux et inaltérable, et n'auront plus à craindre les dégradations et l'oxidation si fréquentes sous notre ciel brumeux et humide.

Ainsi qu'on le voit, la Galvanoplastie se rattache à un grand nombre d'arts, et le champ le plus vaste lui est ouvert. Comment se fait-il donc qu'en France, où les arts chimiques ont toujours été cultivés avec tant de succès, la Galvanoplastie n'ait encore été l'objet d'aucune publication? Notre pays qui s'enorgueillit à juste titre d'avoir produit les Lavoisier, les Thénard, les Gay-Lussac, les Daguerre, aurait-il donc accueilli avec indifférence la plus belle découverte dont s'honore la chimie moderne? Nous ne le pensons pas; mais c'est avec regret que nous signalerons les motifs de ce silence des publicistes français.

Il faut bien le dire, une sorte de fièvre d'*industrialisme* semble s'être emparée de notre époque; chacun se croit appelé à aller à la fortune par l'industrie, et loin d'être animés par l'amour du bien public et du progrès de la science, tous les efforts, toutes les recherches sont dirigés dans un but de spéculation et d'intérêt privé. Il est fâcheux que le gouvernement vienne en quelque sorte en aide à ces tendances mercantiles, en accordant avec une scandaleuse faci-

lité des brevets d'invention pour les objets les plus futiles(1). Et comme s'il n'était pas encore assez facile d'arriver au brevet d'invention, l'appât des brevets de perfectionnement reste toujours offert à toutes les médiocrités scientifiques et artistiques.

Dès-lors on conçoit facilement que dans le but d'obtenir l'un ou l'autre brevet, toutes les découvertes qui se rattachent soit à la création, soit au perfectionnement d'un art nouveau, soient tenues secrètes, puisqu'elles ont pour objet la spéculation.

Tel a été le sort de la Galvanoplastie. MM. Jacobi et Spencer, qui peuvent revendiquer concurremment la gloire de cette découverte, s'empressèrent avec une loyauté et un désintéressement qui leur fait honneur, de rendre publics leurs procédés. Mais aussitôt la foule des frêlons industriels se rua avec avidité sur cette nouvelle mine à exploiter; chacun se mit à l'œuvre avec mystère, déguisant avec le plus grand soin sa manière d'opérer(2). Il en résulte qu'aujourd'hui, en France, les procédés de la Galvanoplastie sont encore aussi peu connus qu'à son début.

Mais après avoir signalé l'absence d'un traité de Galvanoplastie, notre devoir était de suppléer à cette lacune.

Intimement persuadé que l'industrie bien entendue n'a rien à redouter de la publicité, et que la publication d'une découverte en amène bientôt cent autres, nous croyons rendre un véritable service au public français, en lui donnant une traduction fidèle de l'ouvrage publié à Londres par M. Smée, chirurgien de la banque d'Angleterre.

Aussi habile chimiste qu'infatigable expérimentateur, M. Smée s'est livré avec une rare persévérance à de nombreuses recherches, à une foule de manipu-

(1) Il suffira de citer les briquets, les allumettes, les veilleuses, les coquetiers caléfacteurs et autres inventions de cette importance.

(2) Nous sommes heureux de pouvoir citer le nom de M. de Ruolz, comme une honorable exception à ce qui vient d'être dit.

lations qui presque toujours ont été couronnées de succès. C'est à lui que nous devons le premier exposé méthodique qu'on ait fait des lois qui président à la réduction des métaux par l'agent électrique. Il conduit, pour ainsi dire, le lecteur pas à pas à travers les sentiers, hérissés souvent de difficultés, qu'il a lui-même parcourus, et qui l'ont enfin amené à des résultats certains. L'auteur même de son impuissance, dans quelques cas, évitera de longs et inutiles tâtonnements aux personnes qui se livrent à l'étude et au perfectionnement de l'électro-métallurgie, ou leur signalera quelques-uns des problèmes qui restent à résoudre. En un mot, si M. Smée n'a point inventé la Galvanoplastie, il a du moins le mérite de l'avoir enrichie d'un grand nombre de faits nouveaux, et son ouvrage, en reproduisant toutes les découvertes de MM. Spencer et Jacobi, fait connaître en même temps toutes celles qui lui sont propres.

Quelques personnes, les gens du monde surtout, reprocheront peut-être à M. Smée de s'être trop étendu sur la théorie du Galvanisme, et d'avoir décrit avec de longs développements les différents appareils voltaïques. Nous pensons, au contraire, qu'il a ainsi acquis un nouveau titre à la reconnaissance publique. Quelque surprenants, en effet, que soient les résultats déjà obtenus par la Galvanoplastie, il ne faut pas oublier que l'art de réduire les métaux est encore dans son enfance; un vaste champ reste donc ouvert à tous ceux qui voudront faire de nouvelles recherches, et se livrer à de nouvelles expériences; mais pour que ces recherches soient faites utilement, pour éviter des expériences qui auraient lieu en pure perte, il faut qu'elles soient éclairées par une sage théorie. Dès-lors une connaissance approfondie des lois du Galvanisme est nécessaire aux expérimentateurs. Et sous ce rapport encore, ils trouveront un excellent maître dans M. Smée. Il pose avec méthode et clarté les règles fondamentales du Galvanisme, et il n'énonce aucun fait qu'il n'ait vérifié par lui-même. Son livre est donc à

la fois un guide sûr pour arriver à de nouvelles découvertes, et pour reproduire les résultats déjà obtenus.

D'autres personnes seront sans doute étonnées de voir paraître un traité de Galvanoplastie sans qu'il se recommande par le nom et l'autorité de MM. Spencer et Jacobi. Nous leur répondrons que rarement ceux qui découvrent un art nouveau, le portent eux-mêmes à la perfection : c'est en effet dans la pratique que l'on reconnaît une foule d'avantages à adopter, ou d'inconvénients à éviter, pour arriver au perfectionnement. On conçoit donc que ces rares génies auxquels il est donné de reculer les bornes de la science, satisfaits d'avoir mis au jour une invention nouvelle, négligent souvent d'en déduire toutes les conséquences, occupés qu'ils sont de se livrer à de nouvelles recherches utiles à l'humanité.

Mais si les publications de MM. Jacobi et Spencer étaient incomplètes quant à la pratique, elles ont reçu dans l'ouvrage de M. Smée le complément qui leur était nécessaire sous ce rapport. On y trouvera la manière de réduire toutes les espèces de métaux, et aucune des applications pratiques de la Galvanoplastie n'a été omise par lui.

Néanmoins, pour ne rien laisser à désirer à nos lecteurs, nous avons cru devoir ajouter à la suite de l'ouvrage de M. Smée, un Appendice contenant tout ce qui a été publié tant en France qu'à l'étranger sur l'art de réduire les métaux. La plupart des articles de cet appendice sont empruntés au journal *Le Technologiste* (1), excellent recueil mensuel publié par les soins de M. Malepeyre.

(1) *Le Technologiste*, ou *Archives des progrès de l'industrie française et étrangère*, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. MALEPEYRE. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province.

Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8 grand format, renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie-Encyclopédique de ROGER*, rue Hautefeuille no 10 bis.

Nous avons cru devoir conserver scrupuleusement l'ordre de numérotation adopté par M. Smée, parce que nous le regardons comme une condition essentielle de méthode et de clarté, dans un traité didactique. Toutes les fois que nos opinions seront en contradiction avec celles de l'auteur, ou que ses idées nous paraîtront exprimées d'une manière incomplète, nous ajouterons des notes qui, sans rien déranger à la symétrie de l'ouvrage, auront pour but soit d'éclaircir le texte, soit de compléter la pensée de l'auteur en en déduisant toutes les conséquences.

Ainsi qu'on le verra dans le courant de cet ouvrage, la Galvanoplastie et l'admirable découverte de M. Daguerre ont ensemble plus d'un rapport, et sont destinées à se prêter un mutuel secours. Nous avons donc cru faire un véritable plaisir à nos lecteurs en complétant le Manuel de Galvanoplastie, par la publication de toutes les découvertes nouvelles qui se rattachent à la Photographie. Déjà, dans la dernière édition du *Manuel de Chimie amusante*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*, les procédés du Daguerréotype ont été décrits avec une certaine étendue; mais depuis la publication de ce manuel, un grand nombre de procédés nouveaux et d'améliorations, destinés à amener d'immenses résultats, ont été adoptés dans la Photographie. Nous les ferons connaître à nos lecteurs, en réservant à chacun la part qui lui revient dans ces différentes découvertes.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GALVANOPLASTIE.



HISTOIRE

De l'électro-métallurgie.

Nous n'avons point à pousser nos investigations jusque dans l'antiquité pour tracer l'histoire de cet art qui consiste à mettre en œuvre les métaux à l'aide du fluide galvanique; car on peut dire avec raison que sa découverte appartient exclusivement au XIX^e siècle. Cependant, si on dirige ses recherches dans le but d'en connaître l'histoire, on voit que son origine n'est pas soudaine, et, qu'à différentes époques, la galvanoplastie s'est successivement enrichie de nouveaux faits. On peut croire avec raison qu'elle doit sa naissance à la découverte de la pile à effets constants, du professeur Daniell, pile dans laquelle le cuivre est toujours réduit au pôle négatif. Ce savant, lorsqu'il fit sa première expérience, remarqua, en enlevant un fragment de cuivre qui s'était déposé sur un électrode de platine, que des éraillures de ce dernier métal s'étaient fidèlement empreintes sur le cuivre. Telle est, sans doute, l'origine de l'électrotypie; mais comme l'auteur avait dirigé toute son attention sur la construction de la pile elle-même, il ne paraît pas s'être suffisamment préoccupé de ce fait important.

Peu de temps après la découverte de cette pile, M. de la Rive fit des expériences sur ses propriétés; et dans un article publié par le *Magasin philosophique*, après la description d'une forme particulière de pile à laquelle il donne la préférence, on remarque le passage suivant : « La plaque de cuivre est également recouverte d'une couche de cuivre à l'état métallique, qui y est incessamment déposé par molécules, et telle est la perfection de la feuille de métal ainsi formée, que lorsqu'elle est enlevée, elle offre une copie fidèle de chaque éraillure de la plaque métallique sur laquelle elle reposait. » L'article dont nous extrayons ce passage semble n'avoir pas attiré l'attention : et ce qui paraîtra encore plus singulier, l'auteur, quoique ses titres scientifiques le rendissent éminemment propre à mettre ces faits en application, ne songea point aux résultats pratiques auxquels cette expérience pouvait conduire.

Ainsi qu'on le voit par ce qui précède, l'idée mère, le fait primitif qui sert de base à la galvanoplastie, avait été constaté depuis longtemps, mais de la connaissance de fait, à son application aux arts industriels, il y avait encore un pas immense.

Les choses étaient en cet état, lorsqu'en octobre 1838, le professeur Jacobi, de Saint-Petersbourg, annonça qu'il pouvait appliquer la réduction du cuivre aux besoins des arts et de l'industrie. Son procédé reçut le nom de *Galvanoplastie*.

Immédiatement après la publication de cette découverte, en Angleterre (année 1839), M. Spencer prétendit avoir exécuté quelques médailles en cuivre qui reçurent le nom d'*électrotypes* ou *voltatypes*. L'appareil dont il se servait était une simple pile de Daniell. Il employa tour à tour différents métaux comme modèles, pour y recevoir le dépôt métallique; mais il ne paraît pas avoir réussi dans l'emploi des substances non conductrices.

Ainsi, jusque là, la galvanoplastie de Jacobi et de Spencer n'était que l'application du fait dès longtemps entrevu par Daniell, mentionné par De la Rive, et observé par une foule d'autres personnes. Sans aucun doute, Jacobi et Spencer peuvent revendiquer l'honneur d'avoir, les premiers, amené la galvanoplastie à des résultats pratiques, mais, jusque là, les applications de ce nouvel art étaient fort restreintes. En effet, Jacobi et Spencer n'opéraient que sur le cuivre seulement; et tout en leur laissant le mérite incontestable de l'idée première

de la galvanoplastie, nous verrons que d'autres, en approfondissant ce sujet, trouvèrent bientôt que la plupart des métaux sont soumis aux mêmes lois de réduction que le cuivre.

Mais une découverte qui contribua au plus haut degré à propager la galvanoplastie dès son origine, est celle qu'on doit à M. Murray. Il remarqua que les corps non conducteurs pouvaient néanmoins recevoir un dépôt métallique, si l'on avait soin de les recouvrir préalablement d'une couche de plombagine. Ce procédé joint à une extrême simplicité une grande perfection. La première application en fut faite en janvier 1840; mais il est à regretter que l'auteur n'en ait pas étendu l'application, et qu'il n'ait pas publié ses recherches. Il se contenta de communiquer verbalement sa méthode dans des conversations qui eurent lieu à l'Institution royale, mais elle ne fut point publiée par la voie de la presse. Néanmoins toutes les recherches dirigées dans le but de connaître celui qui peut revendiquer la priorité dans l'emploi de la plombagine, s'accordent avec le témoignage de plusieurs autorités, pour en attribuer le mérite à M. Murray. Cette découverte lui appartient donc en propre; et, nous le répétons, on ne saurait lui accorder trop d'importance; les résultats obtenus par l'emploi de la plombagine sont immenses et incontestables, quoique quelques personnes aient nié son efficacité.

D'autres auteurs, comme MM. Solly et Spencer, ont imaginé plus tard des procédés pour obtenir sur des corps non conducteurs une couche métallique propre à recevoir le métal réduit; mais ces procédés, longs, dispendieux et difficiles, sont de beaucoup inférieurs sous tous les rapports à celui de M. Murray.

Les premiers essais que l'on fit des substances non conductrices, furent d'abord tentés avec des modèles de plâtre que l'on revêtait d'une couche métallique, soit en y appliquant une feuille d'or, soit en les enduisant d'une solution d'un sel métallique ramené ensuite à l'état de métal au moyen de divers agents chimiques. Il en résultait un double inconvénient, d'abord l'application d'une couche de métal, quelque mince, quelque bien répartie qu'elle fût, sur le plâtre, altérait inévitablement les finesses de la gravure; mais en outre, l'extrême porosité du plâtre, sa faculté absorbante avaient pour effet de désagréger ses molécules, lorsqu'on le plongeait dans un liquide, et le modèle une fois altéré, il en résultait nécessairement une copie informe. Ces inconvénients auraient fait aban-

donner l'usage du plâtre pour les modèles galvanoplastiques, si M. Smée n'avait eu l'heureuse idée d'employer les moyens connus de tous les mouleurs de rendre le plâtre non absorbant (1). Grâce à cette ingénieuse application, le plâtre, à cause de son extrême facilité à prendre exactement les formes les plus délicates, sera employé presque exclusivement pour les modèles galvanoplastiques. On doit encore à M. Smée de grands perfectionnements dans la manière d'obtenir les modèles en cire et en résine. Enfin, pour ne rien omettre de ce qui concerne les modèles, nous devons mentionner ceux en alliage fusible, obtenus par la méthode du docteur Boettger (2), et les différents modes de clichage soit par compression, soit par percussion, soit enfin par fusion. Ces derniers procédés sont décrits dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, deuxième édition.

La galvanoplastie une fois lancée dans le domaine public, l'impulsion fut générale, les savants, les industriels de tous les pays s'en occupèrent, et tous leurs efforts furent dirigés dans le but d'étendre les applications dont ce nouvel art est susceptible. Une des premières à laquelle ils songèrent fut d'employer l'agent galvanique comme moyen de dorure dans les différentes professions où cette opération est usitée. Une pareille découverte devait avoir un résultat immense pour le bien de l'humanité, puisqu'elle devait supprimer l'ancien mode de dorure par la voie du mercure, dont les émanations sont si nuisibles à la santé des ouvriers. Aussi, dès l'origine de la galvanoplastie, un grand nombre d'expérimentateurs se mirent à l'œuvre pour trouver un procédé de dorure galvanique.

M. De la Rive (3), professeur à Genève, paraît être le premier qui ait fait connaître un moyen de dorure par l'électricité. Mais son procédé avait plusieurs inconvénients. La couche d'or dont il parvenait à recouvrir les objets, paraissait trop mince, et offrait peu de solidité et d'adhérence. Il y avait en outre, pendant l'opération, une notable déperdition d'or

(1) Ces moyens sont décrits avec de grands détails dans la deuxième édition du *Manuel du Mouleur en médailles*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*. Et maintenant que le moulage du plâtre est appelé à jouer un grand rôle dans la galvanoplastie, cet ouvrage est indispensable à tous ceux qui veulent obtenir des modèles d'une grande pureté.

(2) On trouvera cette méthode dans l'Appendice, à la fin de cet ouvrage.

(3) M. de la Rive vient en effet d'obtenir une portion du prix proposé par l'Académie à l'auteur d'un procédé de dorure sans mercure; l'autre portion de ce prix a été dévolue à MM. Elkington et de Ruolz.

qui rendait ce moyen fort dispendieux. Enfin, M. De la Rive, de son propre aveu, n'avait pas réussi à dorer le fer ni l'acier.

Peu de temps après, le professeur Boettger, de Francfort, publia un procédé de dorure déjà plus parfait, puisqu'il parvenait à dorer le fer et l'acier, mais il avait échoué sur le cuivre et sur l'étain.

M. Elsner répéta plus tard les expériences de MM. De la Rive et Boettger, en indiquant quelques modifications à apporter soit aux appareils soit aux dissolutions employés, pour obtenir un bon résultat. Néanmoins, dans les conclusions de son mémoire, M. Elsner émet l'opinion que les procédés de dorure galvanique connus jusqu'à ce jour sont insuffisants pour remplacer la dorure au mercure dans l'industrie manufacturière.

Au mois d'août 1840, M. Smée fit faire un pas immense à la question, il découvrit un procédé au moyen duquel l'or peut désormais être appliqué en couches aussi minces ou aussi épaisses qu'on le désire. Le platine, le palladium et autres métaux, peuvent également être réduits par sa méthode, sous la forme métallique. C'est à lui en un mot que la science est redevable de la possibilité de réduire tous les métaux, parce qu'il a le premier découvert et appliqué les lois qui régissent la précipitation de tous les corps métalliques.

Quoi qu'il en soit, et malgré la supériorité évidente du procédé de dorure de M. Smée sur tous ceux de ses devanciers, le problème n'était pas encore résolu; car, pour substituer la dorure galvanique aux anciennes méthodes, il fallait réaliser les conditions suivantes :

1. Dorer tous les métaux employés dans les arts ;
2. Dorer des pièces de toutes formes et de toutes dimensions ;
3. Dorer le mat et le poli, et donner toutes les teintes que demande le commerce ;
4. Dorer à toutes les épaisseurs voulues ;
5. Enfin, obtenir une économie notable sur les anciens procédés, sans rien perdre en éclat et en solidité.

Au mois de décembre 1840, MM. Elkington et de Ruolz prirent chacun de leur côté un brevet d'invention pour la découverte d'un procédé de dorure galvanique applicable à tous les cas, et répondant à toutes les exigences.

L'Académie royale des sciences, appelée à donner son avis

sur ces deux derniers procédés, reconnu que celui de M. de Ruolz, surtout, réunissait une grande perfection à une extrême simplicité et à une notable économie. On peut donc désormais considérer la dorure galvanique comme acquise à l'industrie (1). Mais les procédés de M. de Ruolz ne se bornent pas à la dorure de tous les métaux, ils s'étendent encore à leur argenture, à leur platinure, leur cuivrage, leur étamage, leur zincage, etc., etc.

Après avoir recherché l'origine et les progrès de la dorure galvanique, jetons un coup-d'œil rapide sur les diverses autres applications successivement données à la galvanoplastie.

Nous avons déjà dit que les premiers travaux de MM. Spencer et Jacobi, lorsqu'ils découvrirent simultanément la galvanoplastie, avaient eu pour objet la reproduction des médailles, cachets, timbres, bas-reliefs et autres objets d'art. Considérée sous ce rapport, on peut dire que, dès sa naissance, la galvanoplastie a atteint à la perfection, et que ses résultats ne laissent plus rien à désirer. En effet, rien n'est comparable à la fidélité de reproduction, à la parfaite identité des empreintes obtenues par le procédé galvanique. Cette exactitude est même telle qu'on peut craindre qu'elle ne soit exploitée frauduleusement par d'habiles faussaires dans l'intérêt de leur coupable industrie. On peut donc dire dès à présent qu'une grande révolution s'est opérée dans la numismatique. Les médailles précieuses, les types curieux de pierres gravées, ne seront plus désormais le partage exclusif de quelques riches amateurs. Leurs copies multipliées à l'infini par la galvanoplastie, seront à jamais à l'épreuve de la destruction, et la modicité de leur prix les mettra à la portée de toutes les fortunes. Cette popularité désormais acquise à toutes les œuvres de la ciselure ancienne et moderne, sera d'un grand secours pour les études historiques; mais en fécondant le génie des artistes, elle est aussi appelée à exercer une immense influence sur la perfection de l'art.

Le problème de la reproduction des médailles une fois résolu, on entreprit de recouvrir d'une couche de cuivre les statuettes, bas-reliefs et ornements en plâtre destinés à l'embellissement ou à la décoration de nos appartements. Mais les premiers essais qui furent tentés n'eurent pas de succès. On

(1) Nous donnons dans l'Appendice la description des procédés de MM. Elkington et de Ruolz, et le rapport de l'Académie des Sciences. On y trouvera également les procédés de la Rive, Boettger, Elsner, etc.

était alors arrêté par deux obstacles qu'on est parvenu à surmonter depuis : la porosité du plâtre et sa propriété non conductrice. Aujourd'hui, la possibilité de revêtir d'une couche d'un métal, et surtout de cuivre, tous les objets, soit en plâtre, soit en autre matière non conductrice, est un fait acquis à la science et à l'industrie.

La gravure est peut-être de tous les arts celui qui pourra tirer le plus grand parti de la galvanoplastie. En effet la possibilité de reproduire en cuivre à un nombre infini d'exemplaires et avec la plus scrupuleuse exactitude les planches gravées en acier, en cuivre et même en bois, soit en creux, soit en relief, doit avoir la plus grande influence sur l'avenir de cet art. On n'aura plus à craindre désormais de voir une planche usée et hors de service, après le tirage d'un petit nombre d'exemplaires, et il en résultera nécessairement une grande perfection dans les produits, et une économie notable dans leurs prix de revient. Les essais qui ont été faits pour la reproduction des planches gravées tant par MM. Jacobi et Spencer que par le professeur de Kobell, ne laissent aucun doute sur l'entière efficacité de ce procédé.

L'art de la typographie devait tirer de nouveaux avantages du procédé galvanique. Rien de plus facile que de multiplier, au moyen de la pile, les planches stéréotypées, les matrices destinées à la fonte des caractères, et surtout ces nombreux clichés, ornement obligé de toutes les éditions de luxe.

Enfin, pour résumer en deux mots les autres applications de la galvanoplastie, l'imprimeur sur étoffes lui demandera ces cylindres dont la gravure coûtait si cher jusqu'ici; le chirurgien lui confiera ses instruments qui, revêtus par elle d'une couche d'or, seront désormais à l'abri de toute altération; le dentiste lui devra ces pièces métalliques s'adaptant avec justesse à toutes les inégalités des gencives, et dont l'exécution, par les procédés ordinaires, présentait des difficultés presque insurmontables.

Nous ne parlerons ici que pour mémoire de quelques essais qui ont été tentés pour reproduire sur des planches de cuivre la gravure des épreuves du daguerréotype. Jusqu'à présent on n'a pas encore réussi à obtenir par l'impression de bonnes épreuves des planches ainsi gravées. Toutefois nous mentionnerons avec plaisir, en son lieu, une application utile de la galvanoplastie au daguerréotype que nous devons à M. Bisson. Enfin, pour laisser à chacun le mérite de ses découvertes, nous

dirons que M. Smée est le premier qui ait réussi à recouvrir d'une couche de cuivre des objets d'histoire naturelle, tels que fruits, feuilles, végétaux, etc.

Pour compléter cet essai historique de l'électro-métallurgie, il ne nous reste plus qu'à dire un mot des divers appareils successivement employés pour opérer la réduction des métaux.

Les premiers essais de MM. Spencer et Jacobi furent faits au moyen d'un appareil à une seule cellule. Cette manière d'opérer subsista jusqu'au mois d'avril 1840. C'est à cette époque que M. Mason imagina une disposition beaucoup plus ingénieuse. Il se servit d'un appareil à une seule cellule, comme d'une pile de Daniell, en la faisant communiquer avec une deuxième cellule. C'est ainsi qu'il parvint à obtenir deux proportions de cuivre réduit pour une de zinc.

Cette première modification donna bientôt l'idée de plusieurs autres, et successivement, les diverses piles connues furent employées à la réduction des métaux. Ce n'est point ici le lieu de décrire ces différents appareils : toutefois, nous devons mentionner la pile galvanique inventée par M. Smée, parce qu'elle a été construite tout exprès dans le but spécial qui nous occupe. Sa découverte se rattache donc intimement à l'histoire de la galvanoplastie, et c'est par suite des nombreuses expériences qu'il a faites à l'aide de cette pile, que M. Smée, est parvenu à découvrir les lois de la réduction des métaux, si admirablement formulées par lui, et à observer une foule de particularités intéressantes pour l'électro-métallurgiste. Laissons donc M. Smée faire ressortir lui-même les avantages de la pile en général, appliquée à la galvanoplastie, et déduire ceux qui sont particuliers à l'appareil qui lui est propre :

« La supériorité du procédé par la pile sur tous les autres, dit-il, dépend surtout de la possibilité de l'appliquer à tous les cas. D'abord, quand on ne fait usage que d'une seule de ses cellules, la quantité de zinc dissoute pour produire un résultat donné est équivalente et même souvent inférieure à celle qui résulte de l'emploi des autres appareils, parce que l'action locale dans les piles composées, est moindre que celle qui résulte de l'emploi d'un appareil à une seule cellule, et que la quantité du métal précipité peut être réglée avec la plus grande exactitude; je n'hésite même pas à dire que l'emploi du pro-

cédé par la batterie, est le seul moyen qui puisse être employé avec avantage par le manufacturier.

« Ma pile (1) à éléments d'argent revêtus de platine, est particulièrement avantageuse à l'expérimentateur, car, en effet, lorsqu'elle est en action, elle lui fait connaître les progrès du travail dont il s'occupe. Si le courant électrique est faible, on entend un bruit léger; si le courant est un peu plus fort, le bruit augmente; si l'on fait passer un courant modéré, on entend un sifflement; et enfin, si le courant est très-fort, on distingue un véritable mugissement. Au moment où j'écris ces lignes, j'ai sous les yeux dix-neuf batteries qui fonctionnent, et chacune m'indique par un bruit particulier le travail qu'elle exécute. En ce moment la chute d'un corps pesant dans une pièce voisine ayant amené un point de contact entre deux fils conducteurs, il en est résulté un bruit considérable qui m'a immédiatement averti de cet accident, malgré le bruit produit par mes dix-huit autres piles. Je viens de séparer les fils conducteurs et le bruit général produit par les appareils, m'annonce qu'ils fonctionnent tous d'une manière satisfaisante. Toute action locale exercée sur le zinc est immédiatement indiquée par le bruit particulier qu'on entend, et j'ai été souvent surpris de la promptitude avec laquelle l'expérimentateur peut saisir les nuances de chaque bruit. »

« Quant à la durée des effets de cette pile, je dirai que, quoiqu'en théorie, ils ne soient pas absolument constants (2), on trouve cependant, en pratique, qu'elle répond à toutes les exigences de l'expérimentateur, puisque cette durée est de deux ou trois jours, ou qu'en d'autres termes, elle se continue jusqu'à l'épuisement entier de la pile : alors même, une minute suffit pour remettre la batterie en marche, en ajoutant un acide affaibli à la solution de zinc. En citant ma propre expérience, touchant le mode d'action de ma pile, je pourrais y joindre le témoignage de plusieurs des plus grands manufacturiers d'Angleterre. J'ajouterai que le platine ne détruit jamais l'argent, et que l'argent revêtu de platine n'éprouve jamais le plus léger changement et n'est pas le moindrement attaqué.

Tel est à peu près l'état actuel de l'électro-métallurgie ; on

(1) Pour la description de cette pile et la manière de la construire, voir dans l'ouvrage Nos 48 à 55.

(2) Voir à l'Appendice le tableau comparatif des intensités des diverses batteries galvaniques.

voit que cet art, encore tout nouveau, est déjà riche en conquêtes utiles. Mais il est permis d'espérer que, dans un avenir très-prochain, il prendra encore de nouveaux développements. L'impulsion est maintenant donnée; une foule de savants et d'hommes pratiques se livre aujourd'hui à l'étude des phénomènes du galvanisme, et en dirige chaque jour l'application vers un nouveau but d'utilité. On ne peut donc manquer de faire de nouvelles découvertes à présent surtout que les expériences vont être éclairées par une sage théorie, grâce à la publication en France de l'ouvrage de M. Smée.

LIVRE PREMIER.

DU GALVANISME.



CHAPITRE PREMIER.

DES BATTERIES GALVANIQUES.

Différentes espèces d'électricité, 1-9. — Batteries galvaniques; circonstances avantageuses ou désavantageuses, 9-14. — Cause prochaine du galvanisme, 14-18. — Quantité et intensité, 18-24. — Différentes formes de batteries: couronne des Tasses, Wollaston, etc., 24-33. — Adhésion de l'hydrogène sur la plaque négative; amalgame de la plaque positive, 34-38. — Batterie de Daniell, 38-45. — Batterie de Grove, 45-48. — Batterie de Saüc, 48-56. — Comparaison entre les trois systèmes, 56-58. — Conclusion, 58.

1. De même que les chimistes ont classé une série étendue de phénomènes sous la dénomination générale de *calorique*, de même ils ont nommé *lumière* une autre série, et ont imposé le nom d'*électricité* à une troisième. La cause première de ces phénomènes, ainsi que celle de la vie, échappe à nos recherches; nous ne pouvons que les constater, sans pouvoir en pénétrer l'essence. En examinant les corps organisés, nous voyons que ces phénomènes peuvent être produits sous l'empire de la vie, car presque tous les animaux ont la faculté de dégager du calorique; plusieurs insectes, en outre, peuvent volontairement émettre de la lumière, et la faculté de produire de l'électricité est parfaitement démontrée par le terrible choc imprimé par la torpille et quelques autres animaux.

2. Ces phénomènes ne peuvent être appréciés à l'aide des balances les plus parfaites, de là le nom d'*impondérables* qui a été assigné aux agents qui les produisent. Cette propriété d'être impondérables leur est commune, et, dans beaucoup de cas, paraît les lier étroitement les uns aux autres.

3. L'électricité est le seul de ces phénomènes dont nous ayons à traiter spécialement dans cet ouvrage.

Suivant la manière dont on l'obtient, l'électricité se subdi-

visé en : électricité par friction, lorsque ce fluide est obtenu à l'aide d'une machine électrique;

En thermo-électricité, lorsqu'il provient de corps solides par l'intermédiaire du calorique;

En électricité animale, quand il est produit par les corps organisés ;

En électricité magnétique lorsqu'il dérive de l'aimant naturel ou artificiel ;

En électricité voltaïque ou galvanique lorsqu'il est obtenu par la pile de Volta.

4. Quoique ces noms, par leur multiplicité, semblent propres à jeter de la confusion sur le sujet qui nous occupe, il faut se souvenir qu'il n'y a qu'une sorte d'électricité qui se manifeste sous ces différentes formes, suivant diverses circonstances. Occupons-nous seulement des effets obtenus à l'aide de la pile voltaïque.

5. Les phénomènes auxquels on a imposé le nom d'électricité voltaïque ou galvanique, sont ceux qu'on obtient par l'emploi de la pile de Volta ou de Galvani, ainsi appelées à cause du nom de leurs inventeurs. Ces observateurs remarquèrent que deux fragments de métal, possédant une affinité différente pour l'oxygène, produisaient, quand ils étaient convenablement unis l'un à l'autre, de fortes convulsions dans le cadavre d'une grenouille ; ayant continué leurs expériences, ils finirent par construire la pile qui est maintenant devenue, par suite des dernières découvertes, un instrument puissant et d'une importance immense.

6. Sans examiner en détail les expériences intéressantes des auteurs qui les ont suivies, disons que pour construire avec avantage une pile galvanique, on doit se servir de deux corps conducteurs du fluide électrique, ainsi que d'un liquide conducteur et composé, qu'on puisse soumettre à la décomposition.

L'un des deux corps doit avoir la plus grande affinité possible pour l'un des éléments du fluide, et le second corps doit avoir le moins d'affinité possible pour les éléments de ce même fluide. Ainsi, dans un simple circuit composé de zinc, d'argent et d'eau (l'eau étant rendue bon conducteur par l'addition d'un acide), le zinc a une grande affinité pour l'oxygène de l'eau, tandis que l'argent n'a que fort peu d'affinité pour ce gaz ; on produira ainsi un courant d'une grande force.

7. En ce qui concerne le pouvoir conducteur des corps, on peut dire que les métaux et toutes les variétés du carbone

(excepté le diamant), tiennent le premier rang parmi les solides. Les liquides sont en général de mauvais conducteurs, particulièrement l'eau pure, quoiqu'elle devienne bon conducteur si on y ajoute des acides, des alcalis ou un sel quelconque. Les chlorures, les iodures en dissolution, sont aussi de bons conducteurs. Voici une liste des métaux rangés dans leur ordre de conductibilité : l'argent, le cuivre, le plomb, l'or, le laiton, le zinc, l'étain, le platine, le palladium et le fer.

8. Si on excepte les métaux terreux et alcalins, tels que le potassium, le sodium, etc., le zinc a incontestablement la plus grande affinité pour l'oxygène, et c'est à ce titre qu'il est constamment employé comme métal électro-positif (c'est ainsi qu'on appelle le métal sur lequel agit la dissolution, ou qui, en réalité, agit sur le liquide). Tous les autres métaux, quelle que soit la dissolution acide dans laquelle on les met, sont électro-négatifs, état opposé à l'état électro-positif. Dans la table suivante, tout métal est électrisé positivement par rapport à tous ceux qui le suivent, et négativement par rapport à ceux qui le précèdent. Cette table ne comprend que les dissolutions acides, car elle varie avec presque toutes celles qu'on emploie.

Potassium	Fer	Argent
Barium	Bismuth	Palladium
Zinc	Antimoine	Or
Cadmium	Plomb	Charbon
Étain	Cuivre	Platine.

Néanmoins cet ordre me paraît exiger de nouvelles expériences; il me semble que dans cette recherche chaque métal devrait être employé dans un état très-divisé, comme le platine de ma batterie.

9. Lorsqu'un métal qui agit légèrement sur un liquide (comme par exemple le cuivre) est mis en contact avec un autre métal qui a une plus grande affinité pour l'oxygène de ce liquide, ce dernier métal, qui est électro-positif, est dissous, et donne au premier une disposition électro-négative, état qui le rend impropre à agir sur le fluide, parce qu'il est préservé par lui. Sir H. Davy utilisa cette singulière propriété pour protéger le doublage en cuivre des navires. Il se servait à cet effet de pièces de zinc et de fer mises en contact avec le cuivre, sous la flottaison. Malheureusement, ce dernier, en perdant

ses propriétés malfaisantes, permet aux plantes et aux animaux marins de s'y accumuler en si grande quantité, que la marche du navire en fut notablement retardée. Dans les cas semblables le zinc, à l'état de pureté, protège tous les métaux moins oxidables, même purs; mais si les métaux électrisés négativement sont recouverts d'une couche de charbon ou d'un métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène, l'action pourra être exercée sur eux.

10. Le contraire de cette observation s'applique au métal électro-positif, tel que le zinc; car, lorsqu'il est pur, l'acide sulfurique n'exerce aucune action sur lui, jusqu'à ce qu'on le mette en contact avec quelqu'autre métal ayant moins d'affinité pour l'oxygène. Cependant, si le zinc est allié à un métal électro-négatif, il y a non-seulement action de la part du fluide pour la production du courant galvanique, mais en outre on s'expose à beaucoup de frais par suite du métal qui sera attaqué en pure perte. Cette production additionnelle de courant se nomme *action locale*, et doit être évitée autant que possible (1).

11. L'action locale provenant soit du zinc ou du métal négatif allié à un autre métal, doit être assimilée à une infinité de petites piles, dont l'action est tout-à-fait indépendante de celle de la grande, où l'hydrogène est entièrement dirigé vers le pôle négatif et où par conséquent aucune action ne devient apparente au pôle positif.

12. C'est pour cette raison que les métaux à l'état de pureté sont extrêmement difficiles à dissoudre, particulièrement si les acides sont également à l'état de pureté; tel est, par exemple, l'argent pur dans une dissolution d'acide nitrique pur, ou du zinc pur dans une dissolution d'acide sulfurique, parce qu'il n'y a pas de *pile locale* de différents métaux établie pour favoriser la dissolution.

13. Une pile, lorsqu'elle est en action dans une dissolution acide, ne produit en apparence aucun changement du côté du métal électro-positif ou du zinc, si l'action locale est détruite, quoiqu'en effet ce soit le zinc qui est dissous. Au contraire, le métal électro-négatif qui, en réalité, n'éprouve aucun changement, laisse apercevoir un dégagement abondant de gaz qui provient du transport de l'hydrogène au pôle négatif, tandis que l'oxygène est attiré par le pôle positif ou le zinc.

(1) On pourra toujours éviter l'action locale en n'employant que du zinc le plus pur possible.

14. Ceci nous indique la cause prochaine du courant voltaïque, car on trouve que la totalité de l'action sur le zinc est exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite; de là le zinc paraît être l'agent calorifique de la pile, et semble y tenir la même place que le charbon dans le feu. D'après ces faits et plusieurs autres, les docteurs Wollaston, Faraday, et avec eux le plus grand nombre des expérimentateurs contemporains, croient que l'action chimique de la dissolution acide sur le zinc, ou plutôt du zinc sur l'eau de la dissolution acide, est la source du courant électrique dans la pile voltaïque; c'est là ce qu'on nomme la *théorie chimique* de la pile. Les allemands, et d'autres encore, suivant les traces de Volta, croient que l'action chimique est causée par le courant électrique, et que les effets sont produits par le contact de deux métaux hétérogènes. Cette dernière opinion a reçu le nom de *théorie du contact*.

15. En opposition à la théorie du contact, le docteur Faraday a décrit dans les *Transactions philosophiques*, des faits curieux qui montrent que la communication d'une simple batterie excitée par de l'acide sulfurique étendu, ne s'établit à l'aide d'aucun métal, mais à l'aide d'un liquide capable d'être décomposé par l'acide sulfurique le plus énergique. Cet auteur trouva également que la dissolution d'iodure de potassium, était la plus propre à mettre ce fait intéressant en évidence.

16. La quantité d'électricité développée, toutes choses égales d'ailleurs, est exactement proportionnelle à la surface du métal négatif employé: ainsi, pourvu qu'il n'y ait pas quelque obstacle à vaincre, si la surface de ce métal est doublée, la quantité d'électricité sera également doublée. Cependant l'étendue de la surface du métal positif n'est pas jusqu'à un certain point d'une grande conséquence, quoique néanmoins son trop peu d'étendue soit une circonstance nuisible à l'opération.

17. Une circonstance à laquelle on doit bien prendre garde, est qu'il faut que chaque point du métal négatif offre un point d'irradiation au métal positif, car chaque point qui n'est pas ainsi disposé est beaucoup moins actif, quelquefois même tout-à-fait sans action. Dans beaucoup de cas, cette particularité se montre d'une manière plus ou moins frappante; car si l'hydrogène est dégagé à l'état naissant, ce gaz, par l'action combinée de son adhésion et de son élasticité, se montre à une grande distance du métal positif, et tout-à-fait en dehors de la sphère de son irradiation; comme cela arrive lorsque la face posté-

rieure de la plaque de métal est en action, tandis que l'autre est opposée au fluide. Quand on fait usage de métaux très-polis, le gaz passe également à une grande distance; mais quand un métal est préparé avec du platine; de la manière que j'indiquerai plus loin, le gaz ne s'éloigne qu'à une petite distance, quoique avec force, quand on le met en contact avec la pointe d'un fil de zinc.

18. Il y a une corrélation entre la puissance et la distance qui sépare les métaux électro-positif et négatif, car plus on les rapproche et plus on dégage d'électricité, quoique son intensité ne soit point influencée par la différence de leur arrangement.

19. La fonction que remplit la dissolution acide a été expliquée en partie, car nous avons déjà dit que l'eau est décomposée, l'hydrogène se portant au métal négatif, tandis que l'oxygène se combine avec le zinc, pour former un oxide de ce métal. C'est alors que commence l'action de l'acide qui non-seulement donne un pouvoir conducteur très-considérable à la dissolution, mais s'empare de l'oxide métallique pour former du sulfate de zinc.

20. Quel que soit le liquide qu'on emploie pour charger la pile, son efficacité repose sur les mêmes principes; mais l'intensité varie avec chaque corps étranger qu'on introduit dans l'eau. Ainsi, les acides sulfurique et nitrique étendus, ou la dissolution d'un sel, impriment plus ou moins de puissance à la pile. Cependant une augmentation ou une diminution dans la proportion de ceux-ci n'influe pas sur l'intensité, quoique la quantité soit matériellement changée; car si dix gouttes d'acide sulfurique sont placées dans un litre d'eau, l'intensité sera aussi considérable que si on employait un litre du même acide. Mais la quantité, dans le premier cas, serait infiniment moindre que dans le second.

21. Une pile galvanique présente deux propriétés importantes: la quantité et l'intensité du fluide électrique, la quantité dépend du volume du métal négatif ou de la force de la dissolution, tandis que l'intensité provient de causes qui échappent à nos recherches; la quantité n'exige qu'une seule cellule, et ceci a été démontré dans toutes les expériences précédentes, car nous avons vu qu'il faut avoir deux métaux avec l'intervention d'un liquide. Ceux-ci restent dans l'inaction tant qu'ils ne sont point en contact; mais aussitôt que ce contact a lieu, soit dans le fluide excitant, soit à travers un liquide d'une décomposition

plus facile que le liquide excitant de la pile, l'action commence immédiatement. Le contact peut avoir lieu à l'aide d'un long fil métallique, et avec le même résultat. Dans ce cas cependant, selon que le fil métallique sera long ou d'un petit diamètre, ou fait d'un métal doué de peu de conductibilité, on verra une diminution notable de quantité dans l'hydrogène dégagé du métal négatif, ce qui prouve qu'un obstacle se présente au fluide électrique; mais si l'on donne de l'intensité au fluide, alors l'hydrogène se dégagera avec autant de facilité qu'auparavant.

22. Pour obtenir cette intensité, il faut recourir à un certain nombre de piles disposées en séries, ce qu'on obtient en faisant communiquer le zinc d'une pile avec l'argent d'une autre pile, en ayant soin de laisser libres le zinc et le cuivre qui en forment les extrémités; de cette manière, la quantité du fluide ne sera pas augmentée, car il ne se forme qu'une quantité d'électricité égale à celle qu'on obtient quand on se sert d'une seule cellule. Dans ce cas, cependant, la même quantité peut passer à travers une plus grande résistance, car il semble qu'à chaque alternation de la pile, le fluide électrique obtient une plus grande force pour vaincre l'obstacle qui s'oppose à son passage, et c'est cette force qu'on nomme intensité.

Ces deux propriétés sont très-difficiles à comprendre pour les commençants (1); mais, cependant, on peut s'en former une idée en comparant la quantité au piston qui imprime le mouvement au convoi d'un chemin de fer qui est mu à l'aide d'une seule machine sur un plan; mais que ce convoi rencontre un plan incliné ou un monticule, alors deux, trois cents machines seront nécessaires pour le mettre en mouvement, et cependant le piston qui fait tourner les roues du remorqueur n'agira pas

(1) Il est très-important de bien se pénétrer de la différence qui existe entre la quantité et l'intensité du fluide galvanique. L'ignorance où l'on serait de ces deux qualités bien distinctes pourrait entraîner de graves erreurs, et l'on verra plus tard que tels et tels métaux ne peuvent être réduits à l'état métallique qu'en employant plus ou moins d'intensité. On verra plus loin, Nos 155 et suivants, qu'un moyen d'une intensité plus ou moins énergique, les métaux sont réduits à divers degrés, soit à l'état de poudre noire, soit à l'état cristallin, soit enfin à l'état métallique pur. Il y a plus, l'intensité du courant galvanique exerce une influence notable sur la qualité du métal réduit, qui se trouve tantôt melleux, tantôt sec et cassant, suivant les circonstances dans lesquelles sa réduction a été obtenue. Toutes ces différentes nuances dues à l'intensité plus ou moins grande du courant, et les moyens d'augmenter ou de diminuer cette intensité, ont été soigneusement observés et décrits dans les Nos 122 et 154 à 163, nous y renvoyons le lecteur. Voir aussi No 91.

Nous dirons, pour nous résumer, que le mot d'intensité s'applique à l'énergie avec laquelle un courant galvanique, d'une force quelconque, traverse un milieu qui lui oppose de la résistance, tandis que la quantité exprime l'abondance de l'électricité produite.

un plus grand nombre de fois, dans un temps donné, que si une seule machine avait été employée.

23. Il n'y a aucun avantage, et même il y a des inconvénients, à faire usage d'une pile d'une intensité plus grande qu'il n'est nécessaire pour vaincre une résistance donnée, que celle-ci soit produite par un fluide à décomposer ou par tout autre agent; car si dix cellules, disposées de manière à former une pile composée, sont suffisantes pour vaincre l'obstacle, l'effet de 60 cellules arrangées en six séries de dix chaque, serait six fois aussi fort que si une série de dix cellules seulement était employée, parce qu'elles formeraient alors une pile de six fois le même volume, mais de la même intensité qu'auparavant. Mais si le tout était employé comme une série composée, la décomposition qui en résulterait serait infiniment moindre que six fois la quantité, et pour employer une pile avec avantage, il faut se graver ce fait dans la mémoire. En outre, si les surfaces sont augmentées avant qu'on ait obtenu une intensité suffisante, ce fait ne produira pas une puissance totale proportionnée.

24. Une pile composée ou formée de plusieurs cellules dégage dans chaque compartiment la même quantité d'électricité, et conséquemment la même quantité de zinc est dissoute dans les deux cas. Sous ce rapport, moins on emploiera de cellules pour vaincre l'obstacle, plus il y aura d'économie. Il est donc clair qu'aussitôt que, par l'accroissement des séries, on a obtenu une intensité suffisante pour vaincre partiellement la résistance, on devra chercher la quantité en augmentant la surface; car, si une seule cellule, ou une seule série, exige 500 grammes (1 livre) de zinc pour produire une quantité de travail donnée; lorsque ce même travail est obtenu plus vite à l'aide de douze cellules, 6 kilog. (12 livres) de zinc sont dissous, savoir : 500 grammes (1 livre) dans chaque cellule. Quelle que soit l'étendue des cellules, le résultat sera le même, car il n'y aura pas plus de zinc de dissous.

25. La forme de pile composée la plus simple, est la couronne des Tasses qui est formée de disques alternatifs de zinc et de platine soudés ensemble; le zinc doit être placé dans un verre, le platine dans un autre verre, et la série ainsi arrangée peut être chargée avec de l'acide sulfurique étendu. Il faut avoir soin que le métal des paires alternatives ne soit point en contact dans le liquide.

26. Lorsqu'on ne veut obtenir que l'intensité seulement, on

doit employer un grand nombre de disques, comme dans la colonne de Deluc qui est construite avec des disques de deux métaux séparés par des disques de papier. Il y a plusieurs méthodes pour construire ces piles : la plus commune de toutes consiste à placer alternativement des disques de papier argenté sur des disques semblables de zinc, en ayant soin que la série (c'est-à-dire la position relative du zinc) ait toujours la même direction. Cette espèce de pile peut aussi être faite de disques de papier dont une face est argentée ou dorée, et l'autre enduite d'une couche de miel et d'oxide noir de manganèse ; toutefois il faut éviter que le manganèse ne soit exposé à l'action du soleil, car dans ce cas il devient inerte. Il faut aussi que le papier doré ou argenté ne soit pas recouvert d'un vernis comme celui qu'on trouve dans le commerce. 500 à 1000 disques sont nécessaires pour construire un appareil convenable.

27. Les plus fortes batteries qu'on employa pendant longtemps, consistaient en cuivre et zinc, disposés de différentes manières, suivant le caprice de l'opérateur. Ainsi le cuivre de chaque cellule entourait le zinc, et tous deux étaient disposés de manière à s'ajuster dans une auge en porcelaine ayant 8, 10 cellules et même plus. Chaque cellule doit être considérée comme une pile distincte, quoique le cuivre et le zinc de la totalité de l'auge soient réunis. Cette disposition a été imaginée pour retirer d'un seul coup les couples de l'auge.

28. Dans cette batterie composée, un diaphragme de porcelaine sépare chaque pile simple. Mais le docteur Hare découvrit qu'une série de couples pouvait être placée dans une seule auge, pourvu que les métaux de chaque couple ne plongeassent pas dans le liquide ; et que le métal électro-positif ne fournissait une puissance irradiante qu'au métal électro-négatif de la paire à laquelle il appartenait ; et de même aussi que le métal électro-négatif n'agissait d'une manière identique par rapport à aucun métal électro-positif. Cette forme de pile est très-peu connue en Angleterre et n'est que rarement employée, je crois, dans les autres pays.

29. Il y a une autre forme de pile qui a été inventée par Cruikshank, et qui consiste en plaques carrées de zinc et de cuivre soudées ensemble et fixées à des intervalles réguliers dans une auge en bois ; le zinc étant toujours dans une certaine direction dans cette pile, ce sont les métaux eux-mêmes dont la distance des uns aux autres forme les cellules.

30. Il y a plusieurs autres formes de piles composées qui ne méritent pas ici une mention particulière, attendu que les principes qui ont été déjà établis les concernent toutes.

31. Pourvu que les métaux soient suffisants pour conduire le courant, leur épaisseur n'exerce aucune influence sur la quantité d'électricité, car cette quantité dépend de la surface qui est offerte au liquide; et si les métaux sont trop minces pour conduire l'électricité, il s'ensuivra une diminution dans la quantité du courant produit, diminution semblable à celle qui a lieu lorsqu'on emploie les fils très-déliés : pour cette raison, de la poterie, couverte de platine, n'a pas pu être employée comme pôle négatif d'une pile de Grove, la couche de platine n'étant pas d'une épaisseur suffisante. Cependant, quelque mince que soit la surface du corps métallique bon conducteur qui a été employé, le courant le traversera graduellement, propriété d'une grande importance pour l'électrotypie.

32. Les métaux étant bons conducteurs, et les oxides non conducteurs, il est important que le métal négatif présente une surface parfaitement décapée, sans quoi ce métal serait complètement sans action; c'est pourquoi, lorsqu'on emploie les piles de formes anciennes, le cuivre doit être nettoyé avec soin pour le débarrasser de l'oxide qui le recouvre, avant de mettre la pile en action.

33. Quand le métal est bien décapé avant de l'employer, cela ne l'empêche pas de perdre sa puissance très-vite et presque instantanément. Ce fait dépend principalement, si ce n'est tout-à-fait, de l'adhérence de l'hydrogène au métal négatif qui, par là, se revêt d'une couche conductrice de ce gaz qui est non conducteur, circonstance qui le rend sans action. L'état de la surface exerce une influence sur l'adhérence de ce gaz.

Le lecteur peut, à l'aide de l'expérience suivante, se convaincre facilement de la vérité de cette assertion : qu'on plonge dans un gobelet contenant de l'acide sulfurique étendu, une plaque de cuivre poli, et qu'on mette un fragment de zinc en contact avec le cuivre, des bulles d'hydrogène ne tarderont pas à se montrer et le couvriront en peu d'instant. On remarquera que ces bulles, au lieu de s'élever à la surface et de crever dès leur dégagement, continueront d'adhérer au métal; ceci dépend du principe appelé adhérence hétérogène, qui ne peut avoir lieu que lorsque la surface de deux corps se trouve en contact immédiat. Une surface polie de métal détermine l'adhérence du gaz avec assez de force pour contrebalancer la

force avec laquelle le fluide gazeux tend à s'élever vers la surface du liquide; cette force doit avoir une grande énergie si l'on considère la différence de pesanteur spécifique de l'hydrogène et de l'eau. Le nettoyage, à l'aide d'un papier de verre, obvie jusqu'à un certain point à cet inconvénient, mais cependant n'y remédie pas entièrement. Le moyen de vaincre cette adhérence sera exposé lorsque je décrirai ma batterie. Pour donner une idée de la quantité d'hydrogène qui adhère sur une surface métallique polie, je dirai que j'ai souvent vu le platine, le plus lourd de tous les corps, s'élever par la force ascendante de l'hydrogène jusqu'à la surface de l'eau après avoir été mis en contact avec le zinc.

34. Les mêmes observations s'appliquent au métal positif; car, lors même que le zinc impur serait rendu poli, l'hydrogène cependant y adhérerait avec tant de force que presque aucune action n'aurait lieu jusqu'à ce que la surface ne soit attaquée; c'est alors qu'elle acquerra immédiatement une grande énergie. Il y a cependant un autre moyen de vaincre cette action locale: je ne l'ai pas indiqué plus tôt, parce que je crois que cette action dépend de ce qu'on facilite l'adhésion de l'hydrogène. Il consiste en un amalgame du zinc. En préparant une pile, cette précaution ne doit pas être négligée, d'autant plus qu'elle est très-économique, puisqu'elle n'exige qu'une très-petite quantité de mercure. Lorsqu'on y a recours, on doit agir sur la surface du zinc soit à l'aide d'un acide, soit par le frottement, puis on frictionne la surface avec du mercure métallique. N'oublions pas à qui nous devons cette découverte qui permet de répandre dans les arts l'usage des batteries galvaniques. La postérité sera reconnaissante envers son inventeur, M. Kent, que l'on serait d'autant plus disposé à oublier, qu'il n'appartenait point à la Société royale, et qu'il n'était point au nombre des professeurs officiels de Londres.

Voici l'explication que j'ai essayé de donner de ce progrès important: le mercure enveloppe les petites parties de charbon et de métaux étrangers qui sont mêlés au métal, c'est pourquoi le premier gaz qui se dégage y adhère avec tant de force, que chaque point du métal en est recouvert, ce qui empêche toute action ultérieure; car de tous les métaux connus, il n'y en a pas auquel l'hydrogène s'attache aussi fortement qu'au mercure. Voici une expérience qui prouve que l'absence d'action dépend de l'adhérence de l'hydrogène; en effet, si on met un amalgame de zinc dans de l'acide sulfurique étendu, il n'y

aura pas de dégagement de gaz, mais l'amalgame se recouvrira de larges bulles; mais si on met dans l'acide un peu de sulfate de cuivre, de nitrate d'argent, ou de nitro-hydrochlorate de platine, un changement instantané aura lieu, car l'hydrogène ne se dégagera pas, mais sera absorbé à l'état naissant pour réduire les oxides de ces métaux.

35. Dans un traité élémentaire, il est hors de propos d'insister sur ces points, mais ceux qui désirent les connaître à fond peuvent consulter le *Magasin philosophique d'avril 1840*, ou les *Transactions de la Société des arts*, de la même année. L'étude de ces faits m'a donné l'idée de construire la batterie chimico-mécanique dont nous parlerons après avoir décrit les autres variétés de batteries. En conséquence, avant de nous étendre sur ce sujet, il est nécessaire d'indiquer une autre propriété des métaux à laquelle nous n'avons point encore fait allusion, à savoir : que les métaux les moins oxidables, comme le platine, mis en rapport avec ceux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène, se revêtent d'une telle quantité d'air, que leur emploi devient infructueux, parce qu'ils présentent au liquide une couche d'un corps mauvais conducteur, au lieu de présenter une couche métallique. Cette couche d'air peut être immédiatement détruite par la chaleur ou par de l'acide nitrique concentré. Ce fait est connu depuis longtemps, et l'expérience vulgaire qui consiste à faire surnager de la limaille de fer, tandis qu'on fait descendre au fond de la magnésie en poudre impalpable, en est un exemple; mais je ne pense pas qu'on ait jamais considéré ce fait comme dépendant de l'influence du fluide galvanique.

36. La manière dont le dégagement de l'hydrogène a lieu influe sur la puissance de la pile; car si ce gaz se dégage à l'état naissant du métal négatif à l'aide d'une substance qui cède de l'oxygène pour se combiner avec lui, l'intensité est plus grande que lorsque ce gaz s'échappe. La cause de ce phénomène n'est pas parfaitement connue; quelques personnes pensent qu'elle provient de l'action chimique qui a lieu aux deux pôles de la pile; tandis que d'autres l'expliquent dans l'hypothèse que l'hydrogène entraîne une certaine quantité d'électricité de tension, en considérant que l'électromètre à feuilles d'or est influencé lorsqu'on l'approche de l'hydrogène qui vient de se dégager.

37. Aucune amélioration n'avait encore été faite dans la pile galvanique, telle que nous l'avons décrite. En effet, toutes

les modifications n'avaient porté que sur le volume, la forme (telles sont les cellules plates et les cellules rondes) ou sur la disposition plus ou moins intérieure des métaux. Mais ces changements peuvent être à peine considérés comme un progrès. Enfin le professeur Daniell dirigea son attention sur ce sujet et construisit une pile d'après des principes entièrement nouveaux.

38. La batterie qu'il a préconisée présente de 216 à 648 millim. (8 pouces à 2 pieds) de haut sur 108 millim. (4 pouces) de diamètre. Le récipient extérieur doit être en cuivre; on peut en peindre l'extérieur qui ne joue aucun rôle dans la production de l'électricité.

Il faut éviter d'en peindre la surface intérieure. On verse dans ce récipient une dissolution de sulfate de cuivre, au lieu d'acide étendu dont on se sert dans les autres batteries; mais si dans cette circonstance une plaque de zinc était plongée dans cette dissolution, et si le contact était opéré, le cuivre de la dissolution serait réduit et se déposerait sur le zinc aussi bien que sur le cylindre extérieur; et de cette manière la batterie cesserait d'avoir aucun effet. On vit donc qu'il était nécessaire d'enfermer le zinc dans un vase poreux, afin de le séparer du sulfate de cuivre, c'est ce qu'on fit à l'aide d'un fragment d'intestin de bœuf; c'est dans cette membrane, qui fait l'office de vase intérieur, qu'on met le zinc avec de l'acide sulfurique étendu. On a de cette manière un cylindre extérieur en cuivre contenant une dissolution de sulfate de cuivre, et une capacité intérieure contenant le zinc et l'acide étendu. Aussitôt que le contact a lieu, le zinc est dissous, le sulfate de zinc est retenu dans la partie intérieure du vase, et l'hydrogène, au lieu de se dégager au pôle négatif, réduit le cuivre de son sulfate.

Le vase intérieur peut être considéré comme désavantageux, en ce qu'il diminue la puissance de la pile : plus le vase est poreux et plus la quantité d'électricité qui se développe est grande. C'est dans ce but qu'on emploie du plus gros papier commun, de grosse toile, de la poterie poreuse, au lieu d'une membrane de vessie ou d'un fragment d'intestin comme on le faisait précédemment. Le professeur Daniell emploie, comme métal positif, des baguettes de zinc qu'il amalgame; et comme un peu de cuivre passe toujours à travers les parois du vase poreux, cette opération doit être répétée chaque fois qu'on en fait usage. Dès qu'on s'est servi des tubes en poterie, on doit

les plonger dans de l'eau et on les y laissera jusqu'à ce que le sulfate de cuivre soit dissous. Sans cette précaution le métal en se cristallisant pourrait boucher les pores de la surface.

39. Quelques expérimentateurs ont pensé que le zinc était trop éloigné du cuivre quand il en était à 54 millim. (2 pouces) de distance; ils ont donc fait usage de cylindres d'un plus petit diamètre; quoique l'on obtienne une augmentation de puissance à l'aide de ce moyen, cependant son application présente plus d'inconvénients que l'emploi du procédé du docteur Daniell. Quand on fait usage de tubes poreux de n'importe quelle espèce, toutes les fois que la réduction du métal a lieu, on doit éviter avec soin que les plaques de la batterie ne soient en contact avec le vase poreux; sans cela la réduction du métal s'effectuant, celui-ci se déposerait sur le vase, et à la longue une ligne de continuité s'étendrait de l'un à l'autre.

Quelques personnes, dans l'unique but d'acquérir les mérites d'inventeurs, ont construit, sans aucun avantage, des batteries carrées, oblongues et de beaucoup d'autres formes, dans lesquelles il y a autant d'inconvénients que d'avantages.

40. La batterie de Daniell se fait surtout remarquer par la constance de ses effets, c'est-à-dire qu'elle a la propriété de produire exactement la même quantité d'électricité pendant un long espace de temps; c'est pour cette raison qu'elle est d'une grande importance dans beaucoup d'expériences.

41. Cependant, certaines précautions sont nécessaires pour obtenir de la constance dans ses effets; car si on changeait le volume des fils métalliques employés pour établir la communication, si leur longueur était diminuée ou augmentée, alors il y aurait variation dans la quantité d'électricité. La distance entre les pôles, et le volume de ces derniers doivent rester les mêmes; et il faut aussi avoir soin que les tubes poreux soient de la même texture; car on doit se rappeler, que si un seul tube en poterie d'une mauvaise construction était mis en usage dans la batterie à grande surface, la quantité d'électricité en serait influencée.

42. Plusieurs erreurs sont provenues de l'emploi du mot *constance*: on s'en sert souvent pour exprimer une action longtemps continuée, tandis que cette expression a ici un sens tout différent; car, une batterie peut être *constante* et ne rester en action qu'un court espace de temps; en outre une batterie pour-

rait continuer d'agir pendant des années et n'être pas constante dans son action; la propriété d'une longue durée est cependant la plus utile (1).

43. Les principaux inconvénients de cette batterie sont : 1^o le laps de temps nécessaire pour la mettre en action; 2^o l'embarras et la dépense qui accompagnent l'emploi des tubes poreux; et enfin la nécessité d'amalgamer de nouveau les plaques à chaque instant.

44. Le principal avantage que cette batterie possède sur toutes les précédentes, est le transport de l'hydrogène (au lieu de son dégagement) au vase négatif quand il est à l'état naissant, ce qui a lieu par la décomposition du sulfate de cuivre; c'est pour cette raison que la batterie ne dégage pas de vapeurs. Pour tirer le plus grand avantage de la force de décomposition de cette pile, il est nécessaire d'employer une série de dix ou douze batteries.

45. Une autre batterie construite sur les mêmes principes, quoique appliqués d'une manière différente, a été imaginée par M. Grove; il emploie le platine comme métal négatif, il verse dans la cellule intérieure de l'acide nitrique très-concentré, et il place dans la cellule extérieure du zinc dans de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu. La forme que M. Grove préfère est une auge à plusieurs cellules, comme celle de Wollaston, qui contient dans son intérieur des tubes poreux plats de la forme d'un parallépipède; et comme le platine est un métal dispendieux, il a soin de mettre toute sa surface en action, en l'entourant complètement de zinc. Dans cette batterie, l'acide nitrique est décomposé par l'hydrogène, et il se dégage du deutocide de nitrogène, lequel se trouvant en contact avec l'air atmosphérique est converti en acide nitreux.

46. Cette batterie est remarquable à cause de sa force; une série de quatre couples étant suffisante pour opérer la plupart des décompositions.

Une grande série laisse apercevoir un arc lumineux très-brillant; ce phénomène y est plus marqué que dans toutes les autres batteries. Cependant, malgré sa grande intensité, elle présente de graves inconvénients; car les vapeurs d'acide

(1) Pour mieux faire comprendre ce qu'on doit entendre par la constance d'une pile électrique, servons-nous d'une comparaison : une bonne montre, lorsqu'elle aura été remontée, marchera avec une vitesse constamment égale, jusqu'à ce que son ressort, tout-à-fait distendu, l'oblige à s'arrêter. Telle doit être la constance d'une pile galvanique à effets continus. Elle doit fournir jusqu'à son entier épuisement une *quantité* et une *intensité* égales d'électricité. Voir à l'Appendice l'excellente notice de M. Ed. Becquerel sur les piles à courant constant.

nitrique qui se dégagent pendant qu'elle est en action, sont dangereuses pour l'économie animale, et il y aurait de l'imprudence à s'y exposer sans que l'air circulât librement. Ces vapeurs nitreuses attaquent presque toutes les surfaces métalliques qui sont exposées à leur contact; c'est pourquoi cette batterie ne doit pas être employée dans un local où il y aurait des appareils en métal poli.

L'acide nitrique, en outre, passe à travers les tubes poreux, et attaque fortement le zinc, indépendamment de celui qui est dissous pour engendrer l'électricité. Enfin, à tous ces inconvénients, il faut ajouter l'embarras et les frais qui accompagnent l'emploi des tubes poreux.

47. Nous avons vu jusqu'ici que la batterie de M. Grove est construite sur le même principe que celle proposée par le professeur Daniell; car, dans toutes deux, l'hydrogène est dégagé à l'aide de moyens chimiques: dans l'une, par l'acide nitrique, et dans l'autre, par le sulfate de cuivre. Il existe plusieurs autres moyens pour obtenir les mêmes résultats; ainsi, on emploie le nitrate d'argent, les sels d'or, de palladium et de platine, et les autres acides oxigénés, tels que l'acide iodique, chlorique et bromique. J'ai essayé plusieurs autres moyens, mais je ne suis arrivé, jusqu'à présent, à aucun résultat nouveau, et je n'ai pas encore trouvé de disposition supérieure pour l'intensité, à celle de M. Grove.

48. En faisant une série d'expériences sur le ferro-cyanure de potassium, ayant eu plusieurs occasions d'employer la batterie galvanique, j'ai vu que, quoique les deux batteries précédemment décrites fussent des instruments admirablement construits, cependant il était à désirer qu'on pût en imaginer un dont la mise en action fût instantanée et accompagnée de beaucoup moins d'embarras. Je m'efforçai donc de construire une pile qui n'exigeât que peu de soins dans son emploi, ce que je fis en imaginant la batterie chimico-mécanique.

49. Après avoir étudié avec soin toutes les propriétés qui appartiennent aux métaux qui entrent dans la construction de ces sortes d'appareils, cette batterie fut établie sur la connaissance de la propriété que les surfaces rugueuses possèdent de dégager l'hydrogène, et que les surfaces polies présentent de favoriser son adhérence. Ainsi, quel que soit le métal qu'on emploie comme pôle négatif, il faut en rendre la surface rugueuse soit par l'emploi d'un acide concentré, l'acide sulfurique pour le fer, l'acide nitrique pour le cuivre ou l'argent,

ou en frottant mécaniquement la surface avec du papier de verre. Par ces moyens, l'emploi des métaux est rendu beaucoup plus efficace; mais pour tirer le plus grand avantage de ce principe, je recouvre le platine, à l'aide du fluide galvanique, d'une poudre noire de platine finement divisée; c'est-à-dire que je dispose le platine comme le cuivre est disposé dans la batterie de Daniell; mais au lieu d'employer le sulfate de cuivre dans le vase extérieur, j'emploie une petite quantité de nitro-hydrochlorate de platine; et de cette manière, la poudre métallique est déposée d'une manière aussi efficace sur la plaque de platine préalablement frottée avec du papier de verre. Par le même moyen cette poudre est déposée avec le même résultat sur le palladium, sur l'argent (attaqué par l'acide nitrique), sur les plaques de cuivre, sur toute espèce de fer et sur du charbon; mais aucun autre métal n'a pu recevoir ce dépôt. L'argent est le métal le plus généralement employé, à cause de son prix peu élevé et parce qu'il ne subit aucune altération. Mais, quel que soit le métal qu'on adopte, le principe est le même, c'est-à-dire qu'on obtient une surface à laquelle l'hydrogène n'adhère pas, mais de laquelle ce gaz se dégage. La multitude de points que présentent les surfaces rugueuses, paraît être la cause de cet excellent résultat. La préparation de l'argent est maintenant une branche à part dans le commerce, et les métaux recouverts de platine peuvent être achetés tout prêts à être employés; mais ceux qui désireront exécuter eux-mêmes cette opération en trouveront ci-après une courte description.

50. Le métal qu'on veut préparer doit être d'une épaisseur suffisante pour conduire le courant électrique et doit être rendu raboteux en le frottant, soit avec du papier de verre comme dans le cas où on emploie le platine ou le palladium, soit, si c'est de l'argent, en le frottant avec un peu d'acide nitrique concentré jusqu'à ce qu'il acquière un aspect miroitant.

L'argent est d'abord lavé et mis dans un vase avec de l'acide nitrique étendu auquel on ajoute quelques gouttes de nitro-hydrochlorate de platine. On place ensuite dans ce vase un tube poreux avec quelques gouttes d'acide sulfurique étendu, et dans ce tube on met le zinc. Le contact étant obtenu, le platine se déposera en peu d'instant à la surface de la plaque d'argent sous forme de poudre noire. L'opération est alors achevée, et le métal *platiné* est prêt pour l'usage. Ce-

pendant le fer, ainsi préparé, est aussi bon que l'argent et lui sera quelquefois substitué avec avantage.

Quand on emploie ce dernier métal, il n'y a qu'à le frotter avec un peu de nitro-hydrochlorate de platine et l'on verra de suite un dépôt de poudre noire se manifester.

51. Le liquide qu'on emploie généralement pour amorcer cette batterie est un mélange d'une partie d'acide sulfurique et de sept parties d'eau. Ce mélange présente assez de force pour n'importe quelle expérience. Quand on veut obtenir une plus grande intensité, il faut ajouter au mélange précédent quelques gouttes d'acide nitrique; mais il ne faut pas mettre une trop grande quantité de ce dernier, sans cela l'argent serait attaqué. Cependant, lorsqu'on se sert de platine pur, on peut mettre en usage l'acide nitrique sans inconvénient.

L'électro-métallurgiste trouvera avantageux d'employer une dissolution contenant seulement 1/16 d'acide sulfurique pur.

52. On a fait de nombreuses recherches pour trouver la disposition la plus appropriée à l'emploi de cette batterie, mais cette disposition doit dépendre du but qu'on se propose.

Les commençants pourront se contenter de l'auge à douze cellules de Wollaston (*fig. 7 A*), qui doit être construite de manière à employer à volonté toutes ou plusieurs des cellules indépendamment les unes des autres.

L'argent étant le métal le plus dispendieux doit être complètement entouré de zinc, afin que tout l'argent soit mis en action. Lorsqu'on veut que la batterie continue d'agir pendant longtemps, par exemple des jours et même des semaines, on doit employer un vase suffisamment grand pour contenir une grande quantité d'acide étendu (*fig. 3 A*).

53. Quand on veut employer une batterie pour la fabrication de quelque objet, il est bon, dans quelques cas, de retirer le sulfate de zinc à mesure qu'il se forme, au moyen d'un tube qui le laisse écouler par le bas, tandis qu'on verse continuellement un nouvel acide par le haut, mais ceci n'est pas toujours nécessaire. Pour atteindre ce but, la batterie doit être construite de manière que les plaques de zinc puissent être facilement remplacées quand elles sont usées; il y a plusieurs autres formes de batterie qu'on peut adopter, comme la batterie circulaire dont le zinc se trouve en dehors.

54. Ce qui caractérise ma batterie, c'est sa simplicité et la

grande quantité d'électricité qu'elle produit; en outre elle occasionne peu d'embarras dans son emploi. Le zinc exige rarement qu'on l'amalgame, attendu que l'amalgame dure jusqu'à ce que le métal soit complètement dissous.

55. Dans l'emploi de cette batterie, il importe qu'aucun sel de cuivre, de plomb ou d'autre métal ne soit mêlé au fluide excitant, attendu que l'argent en serait recouvert. En un mot, il faut qu'une surface de cuivre soit présentée au liquide au lieu du platine en poudre. L'ignorance de ces faits, de la part de ceux qui employaient cette batterie, faisait que le métal négatif se recouvrait de cuivre, qui, en s'oxydant, rendait le platine inutile.

56. Telle est la description des trois sortes de batteries en usage aujourd'hui. L'excellent appareil inventé par M. Daniell se fait remarquer par la constance de son action; celui de M. Grove, par sa force; quant à ma batterie, ce qui la distingue, c'est la quantité d'électricité qu'elle développe et la simplicité de sa construction. Aucun de ces appareils ne peut être considéré comme parfait, car chacun d'eux manque de quelques-uns des avantages qu'offrent les autres; il faut donc espérer qu'on parviendra à réunir dans une seule batterie tous les avantages que présente chacun d'eux.

Dans l'état actuel de la science, lequel des trois doit-on préférer? Cela dépend de l'usage qu'on veut en faire, et l'expérimentateur est seul juge de cette question. Quant à moi, la batterie à éléments d'argent platiné a complètement répondu à mon attente; cependant elle a été trop louée par les uns et trop blâmée par les autres. D'abord, elle a été soumise à des expériences qui ne lui étaient point applicables; c'est ainsi qu'on a voulu apprécier sa force, tandis que la quantité est sa qualité distinctive. Malgré ces épreuves, son utilité a été sanctionnée par l'expérience, et le public y a eu recours avec un empressement auquel j'étais loin de m'attendre. La raison qui fait préférer ma batterie, surtout dans l'industrie, est, qu'elle n'offre pas de tubes poreux, qu'elle n'exige pas l'emploi d'acides concentrés, et qu'elle ne laisse point échapper d'émanations toxiques. Son action peut durer pendant deux, trois et même un plus grand nombre de jours, quand on a soin de la charger d'une suffisante quantité d'acide. Le zinc n'a souvent besoin d'être amalgamé qu'une seule fois; et il faut très-peu de temps pour mettre cette batterie en activité, ou pour l'y maintenir.

Enfin les frais qu'elle exige sont très-minimes (1) et proportionnés à la puissance qu'on veut obtenir.

57. Voici un état approximatif des dépenses qu'exigent ces trois batteries. 1° Dans la mienne, ces frais dépendent du zinc qui est dissous par l'acide : zinc + acide + une faible action locale. Dans la batterie à effets constants, il y a zinc + acide + sulfate de cuivre + une forte action locale. Chaque cellule de cette dernière, pour fournir un résultat donné, coûte deux fois autant que la même force obtenue à l'aide de la mienne. Dans la batterie de Grove, il y a zinc + acide + acide nitrique réduit par l'hydrogène + acide nitrique combiné avec de l'ammoniaque qui s'est formée pendant l'action de la pile + une grande perte de zinc = à trois fois celle qui a lieu dans la mienne.

58. La construction des différentes formes de piles galvaniques a été passée en revue, et les principes sur lesquels les détails de chacune d'elles sont fondés, ont été exposés en peu de mots, car il faudrait un volume pour traiter ce sujet avec toute l'étendue qu'il comporte.

CHAPITRE II.

DES PROPRIÉTÉS DES BATTERIES GALVANIQUES.

Phénomènes des batteries en action, 59. — Galvanomètre d'Harris, 60. — De l'électrode, 61. — Bouteille de Leyde chargée par l'électricité voltaïque, 62. — Effets physiologiques, 63. — Magnétisme, 64-68. — Galvanomètres, 68-70. — Aimant passager en forme de fer à cheval, 70-74. — Cellule de décomposition, voltmètres, pôles, 74-85. — Lois de la décomposition voltaïque, 85-87. — Table des équivalents chimiques, 87. — Liquide nécessaire pour la décomposition, 88. — Faculté conductrice du liquide employé à la décomposition, 89-90. — Intensité nécessaire pour la décomposition, 91. — Electrolysis; décomposition électro-chimique, 92-99. — Théorie de Daniell 99-100. — Etat du liquide pendant la décomposition, 101. — Influence de la température du liquide, 102. — Formule de Ohm, 103.

59. Après avoir décrit les différentes formes de piles galvaniques, nous sommes conduits tout naturellement à étudier les effets qu'elles produisent, ces derniers sont nommés effets

(1) On trouvera à l'Appendice un tableau comparatif des intensités des différentes piles galvaniques. Ce tableau, dressé avec soin par M. Joule, est le résumé de nombreuses expériences qu'il a faites. Il achèvera d'éclairer le lecteur sur la construction de la pile qu'il devra préférer pour les travaux électro-métallurgiques.

En terminant ce qui a rapport aux piles galvaniques, nous ne saurions trop prévenir nos lecteurs contre les spéculations intéressées de certains marchands d'instruments de chimie. Leurs prospectus renferment l'annonce d'appareils galvanoplastiques, prétendus

galvaniques, et le principe qui leur donne naissance est appelé galvanisme.

Un des phénomènes qui se montrent dans une batterie en action, est le changement qui a lieu dans chacune de ses cellules. Dans celle de Daniell, on remarque un dépôt de cuivre sur le métal négatif. Dans celle de Grove, c'est un dégagement de gaz acide nitreux ; dans la mienne, c'est de l'hydrogène qui se dégage. Ces différents phénomènes mesurent exactement la quantité du courant ; mais, dans les deux premières aucune mesure exacte ne peut être immédiatement fournie ; dans la dernière, l'hydrogène recueilli dans l'une des cellules, à l'aide d'un ballon de verre, fait apprécier cette quantité avec exactitude.

Cette propriété de ma batterie est d'une grande valeur pour l'artisan et l'expérimentateur, car elle peut indiquer, par le murmure de l'hydrogène qui se dégage, si les communications sont bien établies et quelle est la quantité du courant produit, fait d'une haute importance dans l'électrotypie.

60. Un autre phénomène qui se montre dans l'emploi d'une pile, est la faculté qu'a cette dernière de chauffer les fils métalliques d'un diamètre assez grand pour laisser passer immédiatement le fluide. A l'aide de cette faculté, les métaux les plus réfractaires, tels que le platine, le palladium, l'or, le cuivre, le fer et l'acier, peuvent être fondus en peu d'instant. Le volume des fils métalliques fondus dépend de la quantité d'électricité qui se développe, tandis que la longueur de fil qui entre en fusion dépend de l'intensité du courant.

M. SNOW HARRIS a tiré un parti ingénieux de cette propriété pour construire un instrument propre à mesurer le courant galvanique : il consiste en un fil métallique délié qu'on fait passer à travers un thermomètre à air d'une grande délicatesse. L'expansion de l'air fait connaître le degré de tempéra-

ture, et qu'ils donnent comme supérieurs à tous les autres. Ce n'est pas ainsi qu'en ont usé les Daniell, les Grove, les Jacobi, les Smée, les Lenz, les Becquerel, et tous ceux qui ont donné une si belle impulsion à l'étude des phénomènes galvaniques. Ces savants ont livré à la publicité tous les détails de la construction de leurs appareils ; ils sont tous fort simples, et un amateur intelligent pourra les construire sans peine. Qu'on se tienne donc en garde contre ces appareils mystérieux annoncés avec tant de pompe, et qui n'ont sur les autres qu'un seul avantage, celui de rapporter de gros bénéfices au marchand qui les établit.

Dans la plupart des cas, et pour les expériences sur une pile délicate, les appareils à une seule cellule, dont la construction est si simple, seront suffisants. Et si l'on voulait faire des expériences plus en grand, l'appareil de M. Soret, décrit à l'Appendice, No VII, répondra à toutes les exigences en augmentant dans de justes proportions la forme et le nombre de ses couples.

ture du fil métallique. Cet instrument ne peut avoir de valeur que quand on emploie des fils d'un grand et d'un petit diamètre, dans deux expériences différentes; sans cela on n'estimerait qu'une seule des propriétés de la pile.

61. Une autre propriété que possède une pile, c'est celle de mettre en ignition des corps pointus en métal ou en charbon, lorsqu'ils sont en communication avec les pôles, et qu'on les maintient simplement en contact; on ne tarde pas alors à apercevoir une lumière extrêmement brillante; c'est ce qu'on a nommé l'*étincelle*. De grandes discussions ont eu lieu parmi les savants sur le point de savoir à quelle distance l'étincelle pouvait passer. Quelques-uns ont soutenu qu'elle pouvait traverser une petite distance. Jacobi, cependant, pensait que cette dernière était fort petite; M. Grassiot, pour éclaircir cette question, fit agir cent séries des plus grandes batteries du professeur Daniell; mais à l'aide de cet appareil, et malgré l'emploi du micromètre le plus délicat, il ne réussit point à faire passer l'étincelle à une distance appréciable, et même cette puissante batterie restait sans action si les corps étaient séparés par une distance égale à l'épaisseur d'une feuille de papier. Dans un des derniers numéros du *Magasin philosophique*, M. Crosse a fixé de nouveau l'attention sur ce point en publiant qu'à l'aide d'une grande série de piles à eau, qui sont en sa possession, il avait réussi à obtenir l'étincelle à une petite distance. Il se proposait de porter sa batterie à mille cellules, afin d'éclaircir complètement ce point. L'étincelle paraît dépendre particulièrement de la combustion de petites particules métalliques, et lorsqu'on emploie du charbon ou du coke, on présume que les particules de ces corps sautent d'un pôle à l'autre, en sorte que le charbon d'un pôle s'use à mesure que le charbon de l'autre pôle augmente aux dépens du premier, jusqu'à ce que la lumière ou flamme se trouve encaissée dans une masse de matière carbonisée. Cette circonstance a empêché jusqu'ici d'utiliser cette flamme brillante. Le phénomène de l'étincelle exige de l'intensité dans le courant pour se produire. Une série de batteries de Grove est plus propre que toutes les autres à la faire naître. Le professeur Wheatstone a établi par les expériences les plus ingénieuses que la durée de l'étincelle n'excédait pas la millième partie d'une seconde.

62. Une autre propriété qu'offrent les batteries galvaniques, c'est la faculté qu'elles ont de charger la bouteille de Leyde; mais cette propriété, qui est de peu d'importance, exige

une grande intensité dans le courant. Une longue série de batteries doit être mise en usage pour obtenir ce résultat.

63. La commotion produite par une bouteille chargée de fluide galvanique dépend de la même cause que celle que produit une bouteille chargée d'électricité. Cette commotion est une véritable contraction convulsive des muscles produits par la force de sa batterie; ce singulier effet exige généralement une série pour se produire : on ne le ressent que quand on établit la communication ou qu'on la rompt. L'effet est le même avec une petite série, si l'expérimentateur présente une solution de continuité à l'un de ses doigts.

Quand on veut obtenir la commotion sur le cadavre d'un animal, il faut enfoncer une épingle dans l'épaisseur de la peau qui recouvre sa tête, et une deuxième épingle à l'une des jambes de derrière, alors chaque fois que les pôles de la batterie seront mis en communication avec ces épingles, de fortes convulsions se manifesteront; les mêmes effets se produiront chaque fois que cette communication sera interrompue. Si l'expérimentateur applique une lame de zinc sur la lèvre supérieure, et une lame de platine sur la face inférieure de sa langue (et vice versa), et qu'on les mette toutes deux en communication, on apercevra des bluettes, que les paupières soient ouvertes ou fermées; on n'a donné aucune explication de ce fait singulier. Tous les phénomènes ci-dessus indiqués sont nommés effets physiologiques du galvanisme.

64. Les batteries galvaniques ont la propriété de produire certains effets qu'on nomme magnétiques et qu'on présume être le principe du magnétisme. Il serait impossible de définir le magnétisme comme on le fait pour le galvanisme et l'électricité, attendu que nous ne connaissons le premier que par ses propriétés. Il n'y a que deux métaux qu'on puisse aimanter, ce sont le fer et le nickel. L'identité du magnétisme et de l'électricité, ainsi que les autres branches de la physique doivent de nombreuses découvertes à Faraday; mais quoique l'étude du magnétisme soit pleine d'intérêt, il n'entre dans notre sujet d'en traiter ici que pour expliquer les effets du galvanisme.

65. Le courant voltaïque, quand il pénètre à angles droits dans un morceau de fer dont on le sépare par un corps non conducteur, y développe les propriétés connues sous le nom de magnétiques; car, si on le met en contact avec un autre

fragment du même métal, celui-ci sera attiré vers le premier. La puissance magnétique se développe avec d'autant plus de force, que le courant passe plus souvent autour du fer. C'est pour cette raison qu'on entoure plusieurs fois ce métal avec un fil métallique recouvert de soie ou de coton; le but qu'on se propose à l'aide de cet arrangement est de faire passer le même courant plusieurs fois à angles droits dans le métal. Quand le courant cesse, ce qu'on obtient en rompant la communication entre le fer et la batterie, on observe une différence qui dépend de la nature du fer. Car si ce dernier est du fer doux et malléable, l'aimantation cesse immédiatement; de là, le nom d'aimant *passager* qu'on lui impose; mais si on emploie dans l'expérience de l'acier très-dur, l'aimantation n'est pas si forte, mais est de plus longue durée; l'aimant dans cet état se nomme *permanent*.

66. Un aimant permanent, quand il est suspendu en équilibre, dirige toujours une de ses extrémités vers le pôle-nord de la terre, et l'autre vers le pôle-sud; mais si on fait passer un courant galvanique autour de cet aimant permanent et dans la direction de son axe, l'aiguille aimantée sera déviée à l'instant et se placera à angle droit avec sa première direction, c'est sur ce principe qu'on a construit l'instrument connu sous le nom de galvanomètre.

67. La direction que prend l'aiguille, quand elle se dévie, sera mieux comprise à l'aide de l'artifice suivant, rapporté par Daniell : il faut supposer que l'observateur lui-même remplit l'office de fil conducteur et que le courant électrique passe de sa tête à ses pieds tandis qu'il regarde l'aimant; le pôle-nord sera toujours à main droite. Cet ingénieux artifice est applicable à toutes les positions de l'aiguille, pourvu que l'observateur soit au-dessus ou au-dessous du plan de l'aiguille.

68. Les galvanomètres sont construits d'une manière différente, selon la délicatesse des expériences auxquelles on les soumet. En général il suffit d'employer une aiguille semblable à celle d'une boussole; un fil métallique couvert de soie ou de coton doit être enroulé autour de cette aiguille, dans la direction de son grand axe. Les deux extrémités du fil peuvent être unies à des vases pleins de mercure, ce qui fournit le moyen d'unir ces extrémités avec les pôles de la batterie.

69. Un galvanomètre d'une construction plus délicate peut être fait en employant deux aiguilles suspendues, de manière

que le pôle-nord de l'un est placé sur le pôle-sud de l'autre. Les polarités sont ainsi neutralisées et ne se trouvent plus sous l'influence du magnétisme terrestre : dans cet état, on les nomme astatiques. On les suspend généralement par un brin de soie de la plus grande ténuité, en sorte que le plus léger courant galvanique agit sur elles. Il est bon que l'une des aiguilles ait une légère prépondérance afin que la longue vibration ne vienne pas troubler l'opération. Un instrument comme celui-ci ne s'emploie que pour les expériences les plus délicates.

70. Il y en a une autre variété qu'on nomme galvanomètre à torsion, parce qu'on produit une résistance en tordant une substance élastique; par ce moyen on est en état d'apprécier les différences qui ont lieu dans les faibles courants.

71. Quelqu'utile que soit cet instrument pour apprécier les faibles courants, de grandes quantités d'électricité sont rarement mesurées à l'aide des effets magnétiques. L'emploi bien dirigé du magnétisme est une addition importante faite à nos instruments pour apprécier les courants voltaïques. Pour mesurer la quantité d'électricité dans un courant galvanique quelconque, on doit prendre un morceau de fer doux et le courber en lui donnant la forme d'un fer à cheval. Un fil de cuivre d'une grosseur convenable, couvert de soie ou de coton, doit être enroulé autour de ce fer, les deux extrémités sont laissées libres afin d'être mises en communication avec la batterie. Un morceau de fer doux auquel on fixe un crochet, sert à soutenir un poids quelconque, et c'est le chiffre de ce poids qui indique la force du courant.

Cet instrument n'a de valeur que pour les expériences comparatives, attendu que des résultats divers sont toujours obtenus avec des aimants différents, la qualité du fer employé exerçant une influence matérielle sur les résultats des expériences. Mais si on emploie le même aimant, si le diamètre du fil est suffisant, et si sa longueur est modérée, la résistance offerte au courant sera à peine appréciable, et la quantité relative d'électricité dégagée, indépendamment de son intensité, peut être rigoureusement déterminée.

72. Les aimants *passagers* sont trop fréquemment faits avec un fil très-délié, et d'une longueur considérable. Dans ce cas, la somme de magnétisme indiquée par le courant, cesse d'être une mesure exacte de la quantité d'électricité qui passe, parce qu'il faut qu'il y ait de l'intensité pour vaincre la résistance

apportée par les fils au passage du courant. C'est pour cette raison que les instruments électro-magnétiques qui présentent plusieurs aimants, et des fils d'un petit diamètre, exigent l'emploi de plusieurs cellules, pour admettre le passage du courant.

73. Ce n'est pas encore ici le lieu de donner une estimation comparative de la quantité d'électricité qui se forme, et de celle qui peut être obtenue par la décomposition chimique, mais comme l'aimant n'exige que fort peu d'intensité, et que celle-ci dépend du volume des fils, il est probable qu'une cellule de l'une des batteries précédemment décrites suffira pour faire l'expérience. Si cependant la décomposition de l'eau est faite comme épreuve, on doit employer un nombre suffisant de cellules pour vaincre la résistance qu'éprouve le courant; mais aussi, de cette manière, si on opère plusieurs combinaisons dans un but expérimental, on aura à supporter beaucoup de frais.

74. Si les différents phénomènes décrits jusqu'ici sont aussi pleins d'intérêt que d'obscurité, combien n'en est-il pas ainsi relativement à la propriété que possède la pile pour décomposer différents corps, et vaincre les affinités les plus puissantes en vertu desquelles les corps sont combinés! Ce sont surtout les travaux de H. Davy et de Faraday qui ont éclairé ce sujet, quoique Daniell et plusieurs autres les aient suivis dans ce vaste champ.

75. La cellule à décomposition doit être assimilée à la cellule d'une batterie, sauf la différence des métaux et de la dissolution qu'on fait entrer dans leur composition, suivant les expériences qu'on se propose de faire. Anciennement le volume des plaques de cette cellule était considéré comme peu important, de simples fils étaient employés; mais aujourd'hui on fait ces plaques plus grandes. C'est surtout M. Grove qui a insisté sur cette particularité, et on doit s'y conformer scrupuleusement.

76. Il y a plusieurs formes de cellules à décomposition dont l'emploi peut être utilisé suivant le but qu'on se propose. La plus simple est le tube en forme de V, qui n'est autre chose qu'un tube en verre recourbé de manière à présenter la forme de la lettre V; une petite lame de platine est placée dans chaque branche du tube, avec la dissolution; l'une de ces branches est mise en communication avec le pôle négatif de la pile et l'autre branche avec le pôle positif.

77. Une autre forme de cellule à décomposition a été imaginée par M. Faraday; elle est propre à donner la mesure de la quantité de gaz qui se dégage quand l'eau se décompose; il lui a donné le nom de voltamètre, comme servant à indiquer la quantité d'électricité produite. Il y en a plusieurs variétés qui diffèrent suivant la quantité du gaz qu'on veut mesurer. Si on ne veut en mesurer qu'une petite quantité, on fixe deux fragments de platine à environ 50 millim. (1 pouce 10 lignes) l'un de l'autre, et un tube, gradué en centimètres cubes, est placé sur ces fragments, afin de recueillir les gaz : quelquefois on se sert de deux tubes; on place chacun d'eux sur chaque pôle, afin de recueillir séparément les gaz qui se dégagent. Dans d'autres cas, quand on veut mesurer de grandes quantités de gaz, on emploie un tube recourbé qui se rend du haut de l'appareil dans un ballon gradué qu'on place sur une cuve pneumatique. Cet instrument doit présenter une disposition plus compliquée quand l'expérimentateur désire connaître les changements qui surviennent dans la dissolution, car alors on se sert de tubes poreux en terre, en membrane de vessie, etc., pour séparer les deux pôles, et pour empêcher la dissolution de passer librement d'un côté à l'autre. Les substances qui exigent l'action de la chaleur, pour être amenées à un état propre à favoriser leur décomposition, se mettent généralement dans un tube contenant deux fils fins de platine qui servent de pôles quand on les met en communication avec la batterie.

78. Quand j'ai décrit l'appareil dont on se sert habituellement pour opérer les décompositions, j'ai dit que tous, en général, présentent deux fragments de platine séparés l'un de l'autre, mais pouvant être réunis à chaque pôle de la pile. Ces morceaux de platine ont reçu l'incompréhensible nom de pôles, l'un d'eux peut être considéré comme tenant lieu de métal négatif et se nomme pôle négatif, l'autre est appelé pôle positif.

79. Cependant M. Faraday n'approuvant pas le nom de pôles, a substitué le nom de *cathode* à celui de pôle électro-négatif; de son côté M. Daniell, peu satisfait de cette nouvelle dénomination, l'a remplacée par celle de *platinode*. Ces trois dénominations, *pôle électro-négatif*, *cathode* et *platinode* sont donc synonymes et s'appliquent au métal sur lequel aucune action n'aurait eu lieu s'il avait été mis dans une batterie ordinaire. Le pôle opposé remplit les mêmes fonctions dans la

décomposition, que le zinc dans une pile ordinaire, et porte le nom d'*électro-positif*, *anode*, ou *zincode* de la batterie.

Le docteur Faraday considère les pôles comme des passages ou des portes par lesquelles l'électricité entre ou sort de la dissolution qu'on soumet à la décomposition; c'est pour cette raison qu'il les a nommés *electrodes*. Les corps bons conducteurs sont les plus propres à servir de pôles, et c'est pour cette raison qu'on donne la préférence aux métaux; mais l'eau et l'air ont été également employés comme pôles.

80. Le métal employé dans la construction d'un voltamètre de Faraday ne doit éprouver aucun changement soit de la part de la dissolution dans laquelle il est placé, soit de la part des corps qui peuvent se montrer à sa surface. Sous ce rapport le platine est préférable à toute autre substance, car tous les autres métaux sont susceptibles de s'oxyder et même de se dissoudre.

81. Une grande confusion est résultée de ce qu'au lieu de considérer la cellule à décomposition comme identique à la cellule d'une batterie, on a rapporté les effets qu'elle produit à l'élément de la batterie avec lequel communique le pôle.

Le fait est que lorsque les plaques extrêmes sont réunies par un fil, le circuit est complet, et le platine de la batterie est le platinode du pôle electro-négatif ou cathode de cette dernière.

Quand le circuit est complété par un liquide qu'on soumet à la décomposition, l'effet ne saurait être attribué aux plaques terminales de la batterie, mais bien à celles de la cellule à décomposition avec lesquelles elles alternent; en sorte que le zinc terminal de la batterie étant mis en communication avec le platine de la cellule à décomposition, la dénomination ne doit pas être tirée du zinc de la batterie, mais bien du zinc de la cellule à décomposition; on doit donc l'appeler platinode de la batterie. Le contraire de ceci s'applique au platine terminal de la batterie, car puisque le platine qui communique avec la cellule à décomposition tient la place du zinc dans les autres cellules, le platine étant substitué au zinc pour produire le dégagement de l'oxygène et pour empêcher sa combinaison, la dénomination doit être empruntée au platine de la cellule à décomposition, lequel tient la place du zinc, et ne doit pas provenir de la plaque terminale de la batterie; il faut donc l'appeler zincode, ou anode de la batterie. On a donné une

explication différente de ce changement dans les pôles, quand le circuit est complété par une dissolution qu'on soumet à la décomposition, au lieu de l'être par des fils métalliques; on a supposé que les deux plaques extrêmes, dans une batterie composée, ne remplissaient d'autre office que celui de conducteurs du courant.

82. Nous avons vu que la cellule à décomposition n'est autre chose qu'une cellule de batterie, qu'on modifie suivant les différents genres d'expériences; il s'ensuit nécessairement que dans toute cellule, il y a une égale somme d'action chimique. La mesure de l'électricité produite par cette dernière peut être obtenue avec toute autre cellule, et quand on l'a obtenue, elle indique exactement la somme d'action qui s'est produite.

83. Quant à l'importance de l'appareil à décomposition ou du voltamètre, nous devons faire une remarque: tant qu'il s'agit d'évaluer la somme d'action chimique qui a lieu, le voltamètre présente une grande utilité; mais si l'on veut comparer soit la somme d'électricité qui peut être produite par les combinaisons de plusieurs métaux, soit les effets produits par la différence dans les dispositions de l'appareil, soit enfin la résistance que plusieurs corps offrent au passage du courant, on doit alors se souvenir que si on emploie deux pôles de platine, une forte résistance se présente au passage du courant, ce dont il faut tenir compte dans les résultats. Pour avoir négligé ces particularités, plusieurs chimistes distingués ont commis des erreurs notables, et on n'a pas tenu compte des faits qui sans cela auraient été notés.

84. Un voltamètre bien supérieur aux précédents peut être construit en employant une des cellules de la batterie en argent platiné, et en recueillant les gaz qui se dégagent du métal négatif. Cet appareil offre peu de résistance au passage de l'électricité et donne aussi des résultats plus exacts.

85. Quand j'ai dit que l'action est semblable dans chaque cellule, je ne veux pas insinuer que le même poids de métal ou de sel est décomposé dans chaque cellule, mais seulement, que l'équivalent d'une substance quelconque est décomposé dans chaque cellule. Par exemple, si 54 milligrammes (1 grain) d'hydrogène se forme dans la première cellule, 195 centigrammes (36 grains) de chlore se formeraient dans la deuxième, 51 décigrammes (96 grains) de platine dans une troisième et 107 décigrammes (200 grains) d'or dans une quatrième cellule, parce

que ces chiffres sont les équivalents chimiques de chacune de ces différentes substances.

86. Le terme équivalent chimique semblerait indiquer qu'il ne s'applique pas à quelque chose de bien intelligible ; malheureusement nous n'en avons pas de plus correct, et cette doctrine est fort difficile à comprendre pour les commençants. Cependant tout ce mystère s'éclaircit par l'hypothèse suivante : Imaginons, en effet, que tout corps élémentaire est susceptible d'être divisé en atomes, et que les atomes de ces corps sont de volume et de poids différents, il est évident, dans ce cas, que si nous groupons ces atomes ensemble pour en former un corps composé, il faudra se servir de différents poids ; ainsi, si on combine de l'or avec de l'hydrogène, 107 décigrammes (200 grains) du premier ne prendront que 54 milligrammes (1 grain) du second ; et cependant il n'y aura qu'un atome de chacun d'eux, ou bien, si 54 milligrammes (1 grain) d'hydrogène se dégage dans la batterie, 107 décigrammes (200 grains) d'or seront déposés dans la cellule à décomposition.

87. On trouvera ci-après une table des équivalents chimiques des substances dont j'aurai à traiter dans cet ouvrage : on peut les considérer comme les poids des atomes primitifs ; ainsi, si on est en état d'établir le poids du zinc dissous, de l'hydrogène dégagé, et du métal réduit, on pourra établir, dans tout autre cas, combien, en poids ou en volume, une substance quelconque serait précipitée dans des circonstances analogues.

Equivalents en poids.

Hydrogène.	1
Oxygène.	8
Chlore.	36
Potassium.	40
Soufre.	16
Zinc.	32
Plomb.	104
Etain.	58
Fer.	28
Cuivre.	32
Or.	200
Platine.	96
Palladium.	54
Argent.	110
Nickel.	28
Chlorure de platine.	132

Équivalents en poids.

Chlorure d'or.	308
Sulfate de cuivre.	125
Nitrate de cuivre anhydre.	94
Sulfate de zinc.	143
Sulfate de fer.	139
Nitrate de cuivre.	170
Acide sulfurique.	40
Acide nitrique.	54
Acide hydrochlorique.	37
Ammoniaque.	17

Comme 1 décimètre 983 centimètres 637 millimètres cubes (100 pouces cubes) d'hydrogène pèsent 116 milligrammes (2 grains 1/10), il s'ensuit que pour chaque 932 centim. 310 millim. cubes (chaque 47 pouces cubes) de gaz hydrogène dégagé de ma batterie, il y aurait de réduit 1 gramme 737 millig. (32 grains) de cuivre, 5 grammes 108 millig. (96 grains) de platine et 10 grammes 797 millig. (200 grains) d'or; et l'équivalent de toute autre substance ferait connaître, en grains, la quantité précipitée.

88. Après avoir fait connaître les différentes variétés d'appareils à décomposition, je vais exposer les lois qui découlent de leur emploi. Ces lois ont été l'objet de recherches de la part de Faraday. Tous les corps doivent se trouver dans un état particulier pour subir la décomposition; c'est ainsi que quelques-uns, qui ne sont pas décomposés à l'état solide, abandonnent facilement leurs éléments quand on les soumet à l'action du calorique; par exemple, le chlorure d'argent mêlé à de l'acide sulfurique étendu, peut être décomposé par une seule cellule de zinc et de platine, quoique aucune puissance voltaïque ne puisse décomposer ce corps quand il est à l'état solide. Il y a des exceptions apparentes à cette loi, comme la décomposition du sulfate de chaux ou du baryte mêlés à l'eau. Cependant le premier de ces corps est peu soluble; on ne peut pas en dire autant du second, quoique probablement il y en ait une petite quantité de dissoute, mais qui se décompose; de cette manière le liquide n'étant pas saturé, en dissout encore, ce qui se répète jusqu'à ce que le tout soit dans un état complet de dissolution.

89. Aucun fluide ne peut être décomposé, à moins qu'il ne soit bon conducteur: ainsi l'eau pure, qui est un mauvais conducteur, n'abandonne pas ses éléments; tandis que si on y

ajoute des acides ou des alcalis, elle se décompose facilement en devenant conductrice. On peut aussi rendre l'eau bon conducteur en y mêlant des sels neutres.

Règle générale, les liquides se décomposent dès qu'ils livrent passage au fluide électrique; c'est pour cette raison qu'aussitôt que l'eau est devenue bon conducteur, elle est décomposée, et ne conduit pas plus d'électricité qu'il n'en faut pour que sa décomposition s'opère.

90. Cependant quelques liquides, bons conducteurs, peuvent livrer passage à un courant de moindre intensité, que celui que nécessite leur décomposition; et, néanmoins, les deux lois développées par Faraday ne sont pas contraires l'une à l'autre. Des exemples d'exceptions à cette deuxième loi se trouvent dans le chlorure de plomb et dans le nitrate de potasse fondu, qui conduisent de faibles courants sans se décomposer.

91. Une certaine intensité est nécessaire pour opérer la décomposition des corps, et cette dernière diffère suivant leur nature; ainsi une dissolution d'iode de potassium, ou de chlorure d'argent fondu, cède à l'action d'une seule batterie, tandis que l'acide sulfurique étendu et d'autres substances exigent plus d'intensité pour produire le même effet. Voici, d'après Faraday, une courte liste des substances placées par ordre, suivant qu'elles ont plus ou moins de facilité à abandonner leurs éléments :

Iodure de potassium	(en dissolution.)
Chlorure d'argent	(fondu)
Proto-chlorure d'étain	<i>id.</i>
Chlorure de plomb	<i>id.</i>
Iodure de plomb	<i>id.</i>
Acide hydrochlorique	<i>id.</i>
Eau	(acidulée avec l'acide sulfurique).

92. Quelques corps se décomposent immédiatement dès que le fluide voltaïque se dégage : telle est l'eau qui se sépare en ses éléments, l'oxygène et l'hydrogène, seulement sous l'influence de l'action *électrique* des courants. C'est là ce que M. Faraday a nommé *électrolysis*, parce que les éléments du corps semblent en quelque sorte arrachés directement de leurs combinaisons par la force voltaïque; l'électrolysis est en opposition avec une autre importante propriété qui sera indiquée plus loin. Il a nommé *ions* les éléments qui sont désunis, et qui se por-

tent, l'un vers le pôle électro-positif (anode ou zincode), tandis que l'autre se porte au pôle électro-négatif (cathode ou platinode) de la batterie; ceux qui se rendent au premier pôle se nomment *anions*, et ceux qui vont au deuxième pôle, *cathions*.

93. Les pôles ou électrodes, n'exercent aucune attraction sur les corps élémentaires tant qu'ils sont à l'état simple, car il faut qu'ils soient à l'état de combinaison pour que le fluide voltaïque exerce son action sur eux. C'est pour cette raison qu'une dissolution simple de chlorure, de brome, etc., n'abandonne ces substances ni à l'un ni à l'autre pôle.

94. Les corps susceptibles d'être décomposés doivent contenir un équivalent de chaque élément, c'est-à-dire doivent être composés d'un des atomes dont nous avons parlé, N° 87. Une seule exception à cette loi se trouve dans le périodure de mercure composé, qui pourtant est si peu stable, que la plus légère exposition à la lumière provoque sa décomposition. Les acides sulfurique et phosphorique ne sont pas par eux-mêmes électrolytes et ne cèdent pas directement leurs éléments sous l'influence de l'action voltaïque, parce qu'ils sont formés d'un atome de phosphore ou de soufre pour trois atomes d'oxygène.

95. Il n'est pas nécessaire qu'une substance soit directement composée d'éléments pour être en état de passer aux électrodes ou pôles. En d'autres termes, les corps composés de substances composées elles-mêmes, sont des *ions* aussi bien que ceux qui sont composés de substances simples. Ainsi, les acides sulfurique, phosphorique, arsénique et quelques autres, sont des *ions* par rapport au pôle électro-positif ou anode, tandis que presque tous les protoxides, l'ammoniaque, la potasse et plusieurs autres corps sont des *ions* par rapport à l'autre pôle. Voici une liste de ions simples et composés, dressée par Faraday :

Anions.

Oxygène,
Chlore,
Iode,
Brome,
Fluore,

Cyanogène,
Soufre,
Selenium,
Sulpho-cyanogène,
Acides.

Cathions.

Hydrogène,
Tous les métaux,
Oxides métalliques,
Les métaux terreux,

Les alcalis,
Les alcalis végétaux, tels que la morphine, etc., etc.

96. La même substance, dans des circonstances différentes, se portera successivement vers un pôle différent, attendu que, dans certains cas, elle jouera le rôle de base, et dans d'autres, celui d'acide. Un exemple vulgaire peut être puisé dans l'oxide de cuivre, lequel, quand il est combiné avec les acides sulfurique, nitrique, hydro-chlorique, ou tout autre acide, se rend au pôle négatif ou cathode, tandis que, combiné à l'ammoniaque, il joue le rôle d'un acide et se rend à l'anode ou pôle positif.

97. Si on trouve un corps à l'un des pôles de la batterie, on peut être certain qu'il y est arrivé par la décomposition directe, opérée par le courant voltaïque, attendu que, si le composé dont il faisait partie est dissous dans l'eau, les éléments de cette dernière, étant mis en liberté, jouent souvent un rôle important dans la formation de nouvelles combinaisons qui résultent ainsi d'effets secondaires. Ainsi, par exemple, la dissolution aqueuse d'un sel métallique, tel que celui de cuivre, étant soumise à l'action d'un courant voltaïque, l'hydrogène se porte au cathode, et l'oxygène à l'anode, mais pendant que ce changement a lieu, l'oxide de cuivre passe au cathode et l'acide sulfurique à l'anode; l'hydrogène s'empare de l'oxygène de l'oxide de cuivre, et forme de l'eau, tandis que le cuivre se précipite à l'état métallique sur l'électrode, non pas par suite d'une action directe du fluide voltaïque, mais par suite d'un effet secondaire, qui doit être attribué à l'hydrogène. Quelquefois ces éléments se combinent avec les pôles ou électrodes, de manière à former de nouvelles combinaisons; par exemple, si les pôles sont de nature à s'oxyder facilement, l'oxygène formera un oxide, et de même, si toute autre substance est mise en contact avec les gaz pour lesquels elle a beaucoup d'affinité, une combinaison semblable aura lieu; de là une série de résultats beaucoup plus nombreuse que les effets électrolytiques et qu'on a nommés décompositions secondaires ou électro-chimiques; quelquefois ces résultats secondaires sont plus compliqués, mais pas plus cependant que l'effet extraordinaire que nous avons dit être produit par l'oxygène sur le ferro-cyanate jaune de potasse, attendu que ce gaz, en se combinant avec une partie du potassium du ferro-cyanate, donne naissance à un sel tout nouveau.

98. Les effets secondaires de l'oxygène et de l'hydrogène ont été démontrés par des expériences nombreuses et bien faites; mais on n'a pas encore pu parvenir à prouver que l'hy-

drogène provenant de la décomposition de l'eau, réduisit les métaux à l'aide du courant voltaïque. Cependant, en faisant des expériences sur les corps simples non métalliques, on observa que le coke poreux et le charbon retenaient une portion d'hydrogène, quand ces substances formaient le pôle positif ou négatif de la batterie. On observa aussi que quand on les plongeait dans une dissolution de sulfate de cuivre, elles se revêtaient immédiatement d'une couche de ce métal, ajoutant ainsi un fait positif aux données de la théorie.

99. Le professeur Daniell, dans une note lue à la Société royale, a donné une théorie entièrement neuve touchant la manière dont les sels métalliques sont quelquefois décomposés. Il suppose que l'acide et l'oxygène passent d'un côté et le métal de l'autre.

D'après ces considérations, il a fourni de nouvelles données sur la composition des sels; ainsi le sulfate de cuivre, au lieu d'être formé de : acide sulfurique + oxyde de cuivre, consisterait en : acide sulfurique + oxygène + cuivre. Les deux premiers éléments, en les considérant comme étant en état de combinaison, sont nommés oxysulphions, et le sel, oxysulphion de cuivre; de même le radical des nitrates est nommé oxynitron; celui des carbonates, oxycarbon; celui des oxalates, oxalion; celui des sulphorinates, sulphorinion, etc.

Un autre fait important est contenu dans cette note, c'est la propriété que possède le courant électrique de décomposer deux substances dans la même dissolution; ainsi une eau acidulée et un sel métallique peuvent être décomposés en même temps, le courant se divisant entre eux.

100. Nous avons vu jusqu'ici que les corps peuvent être décomposés de deux manières : 1^o soit en cédant directement leurs éléments au courant voltaïque, quand le composé est formé d'équivalents uniques; 2^o soit par une action secondaire provenant des changements qui arrivent souvent comme résultats d'une nouvelle décomposition, ou combinaison des éléments de la première substance décomposée, avec d'autres substances qui se trouvent dans leur sphère.

101. Le liquide placé entre les électrodes n'éprouve, en apparence, aucun changement pendant que la décomposition s'opère, c'est-à-dire, que les effets de la décomposition ne se montrent qu'aux pôles; ainsi, si le sulfate de cuivre est décomposé, l'acide sulfurique se rend d'un côté, et l'oxyde de cuivre d'un autre, et cependant on ne trouvera ni oxyde ni

acide dans les parties intermédiaires de la dissolution ; ces expériences réussissent mieux quand on se sert d'un vaisseau plat et allongé, séparé, par deux diaphragmes poreux, en trois compartiments, dont les plus extérieurs (ceux qui sont aux extrémités) reçoivent les électrodes.

102. La température dans laquelle il faut maintenir la dissolution qu'on soumet à la décomposition, influe sur son pouvoir conducteur. Un liquide bon conducteur à la température ordinaire permettra difficilement le passage du fluide galvanique, quand sa température deviendra à -0° , tandis qu'à celle de l'eau bouillante, le passage sera des plus faciles ; il est donc important d'élever la température des dissolutions, quand on veut opérer une vaste décomposition en peu de temps et à peu de frais.

103. Ohm, dans une élucubration obscure, a donné la formule mathématique du courant galvanique ; voici cette formule générale : l'intensité de l'action (A) est égale à la force électromotrice (E) multipliée par le nombre de batteries (N) divisé par la résistance extérieure au liquide de chaque batterie que le courant a à surmonter (R'), plus la résistance offerte par l'arrangement particulier de chaque cellule, multipliée par le nombre de cellules (R'').

$$A = \frac{n E}{r' \times n} r''.$$

Conclusion.

Tel est le résumé des principaux phénomènes qu'on nomme galvaniques, et des différentes circonstances désavantageuses ou favorables à la production du courant galvanique.

L'application de ce dernier aux arts est une des plus grandes découvertes contemporaines ; et ce vaste champ, à mesure qu'on le parcourt, s'agrandit en montrant à nos regards une immense contrée dont la fertilité dépend du talent et du travail qu'on déploiera dans sa culture.

LIVRE DEUXIÈME.

De l'électro-métallurgie.



CHAPITRE PREMIER.

DES APPAREILS EMPLOYÉS POUR LA RÉDUCTION DES MÉTAUX.

L'électro-métallurgie exige la connaissance du galvanisme, 104. — Idée de l'électro-métallurgie suggérée par la pile de Daniell, 105. — Appareils à tubes poreux ou à une simple cellule, 106-113. — Appareil à tube capillaire, 113. — Appareil à cloison de plâtre, 114. — Appareil de batteries composées, 115-117. — Appareil à simple batterie, 117-119. — Auge à précipiter, 119. — Simple cellule jointe à une batterie, 120. — Disposition de Mason, 121. — Maniement des appareils, 122-124. — Lignes qui se produisent sur le métal réduit, moyen de les éviter, 124. — Adhérence et non adhérence du métal réduit, avec son modèle, 125-128. — Adhérence apparente, 128. — Accroissement latéral du métal réduit, 129.

104. L'électro-métallurgie étant sous la dépendance de l'agent galvanique, est soumise aux mêmes principes et aux mêmes lois qui ont été examinées dans la partie de cet ouvrage qui traite du galvanisme et des piles galvaniques, c'est pourquoi, pour pouvoir réduire les métaux à l'aide de ce fluide, il faut avoir une connaissance approfondie du galvanisme et des appareils voltaïques. Il est indispensable que le lecteur se familiarise avec le contenu des chapitres précédents, avant d'entrer dans l'étude de celui-ci; car, quelles expériences pourrait-on conduire avec succès, sans la connaissance des instruments à l'aide desquels se font ces expériences (1)? Toutefois, indépendam-

(1) 104. Un autre motif doit encore engager l'électro-métallurgiste à faire une étude approfondie du galvanisme. La galvanoplastie, quoique déjà riche d'une multitude de faits d'une application usuelle, est encore destinée à étendre ses conquêtes; et chaque expérimentateur est appelé à en reculer les limites. Mais pour que les expériences qui doivent amener ces nouveaux progrès puissent être faites utilement, il est nécessaire qu'elles soient éclairées par une saine théorie. Dès-lors il est indispensable qu'on se pénétre bien des principes qui président à la réduction des métaux en général, et qu'on connaisse au fond toutes les particularités qui se rattachent à chaque métal. Nous savons bien que la routine, malheureusement encore trop commune de nos jours, affecte un souverain mépris pour tout ce qui touche à la théorie d'un art, mais, quel que soit l'empire des préjugés, les gens éclairés comprendront facilement que dans un art tout de raisonnement et de deduction comme la galvanoplastie, les théories chimiques qui lui ont donné naissance, doivent avant tout être familières à l'expérimentateur.

ment des propriétés galvaniques dont nous avons déjà traité, il en existe quelques autres qui concernent soit les différents métaux, soit les qualités différentes des mêmes métaux.

Ces propriétés, ainsi que les appareils à employer pour obtenir les précipités exigent un examen approfondi.

105. L'idée de l'électro-métallurgie semble avoir été suggérée par l'emploi de la pile du professeur Daniell (1), car, pendant qu'elle fonctionne, le vase extérieur en cuivre qui joue le rôle de métal négatif, se revêt d'une couche additionnelle de cuivre qui représente un véritable moule. Si on se rappelle la construction de cette batterie, on voit qu'elle est principalement formée de deux récipients dont le plus interne est poreux et contient de l'acide sulfurique étendu, tandis que le récipient externe renferme la dissolution de sulfate de cuivre et le métal négatif.

106. S'il se trouve du sulfate de zinc mêlé dans une dissolution de sulfate de cuivre, la texture du cuivre réduit, d'après quelques auteurs, acquiert tant de fragilité que le métal se brise sous le moindre effort. Pour cette raison, la structure des tubes poreux doit être telle qu'elle empêche que le sel de zinc (produit par l'action chimique de la dissolution de ce métal) ne se mêle au sulfate de cuivre. L'effet du sel de zinc qui rend le cuivre cassant paraît, d'après mes expériences, avoir été exagéré, et quoiqu'il soit plus convenable d'empêcher autant que possible le mélange des deux dissolutions, cependant je ne pense pas que ce mélange ait de grandes conséquences (2).

(1) 105. En attribuant au professeur Daniell l'idée primitive de l'électro-métallurgie, M. Smee semble avoir pris à tâche de rabaisser le mérite de la découverte simultanée de MM. Spencer et Jacobi. Nous ne pouvons partager cette opinion; car, encore bien que le fait qui donne naissance à la galvanoplastie résulte nécessairement de l'emploi de la pile de Daniell, de la simple constatation de ce fait à son application pratique dans un but utile, il y avait un pas immense, et ce pas, MM. Jacobi et Spencer ont le mérite incontestable de l'avoir fait faire à la science. A ceux donc qui chercheraient à rabaisser la belle découverte de ces savants, on pourrait répondre ce qu'ontrefois Christophe Colomb répondit aux objections qui lui étaient faites sur la facilité de la découverte de l'Amérique : Qui d'entre vous, dit-il à ses détracteurs, pourrait faire tenir cet œuf debout sur ce marbre ? Et comme personne ne lui répondait, Colomb prit l'œuf, et le frappant légèrement sur le marbre de manière à affaïsser un peu le bout de la coquille, il l'y fit tenir. Ce problème, leur dit-il, était plus facile à résoudre que de découvrir un monde nouveau, et pourtant pas un de vous n'en a trouvé la solution.

Laissons donc à chacun son mérite, à Daniell celui d'avoir, en inventant sa pile, donné naissance au fait galvanoplastique sans en connaître la portée; à MM. Spencer et Jacobi la gloire, bien plus grande, de s'être enarçés de ce fait, d'en avoir tiré les conséquences, et de l'avoir appliqué à la création d'un art nouveau; à M. Smee enfin, le mérite d'avoir recherché les causes de ce fait, et d'avoir formulé exactement les lois qui lui donnent naissance.

(2) 106. Quel qu'en dise l'auteur, nous pensons, d'après notre propre expérience, que le mélange de sulfate de zinc avec le sulfate de cuivre, nuit souvent à la qualité du métal

107. La substance qui paraît le plus propre à séparer les dissolutions dans un appareil électrotypique, est une membrane animale telle que celle qui revêt le gros intestin du bœuf, ou bien une membrane de vessie. Nous avons déjà dit que plus le vase est poreux, plus la quantité d'électricité développée est grande, et plus, par conséquent, la quantité de cuivre déposée est considérable, attendu que la somme du dépôt métallique est toujours en rapport avec la quantité d'électricité engendrée. Voici l'ordre de quelques substances relativement à la facilité qu'elles présentent au passage du fluide électrique. 1° Le papier gris. 2° Le plâtre fin de Paris. 3° La baudruche dont se servent les batteurs d'or. 4° Les membranes de vessie de différentes épaisseurs; 5° le plâtre grossier de Paris.

108. Le plus simple de tous les appareils employés pour précipiter les métaux est celui de Daniell, qui présente un tube en terre poreuse, lequel contient l'acide et le zinc, tandis que le corps qui doit recevoir le dépôt est placé en dehors de ce tube, et mis en communication avec le zinc, à l'aide d'un fil métallique (*fig. 1*).

Qu'on prenne, par exemple, un vase quelconque, qu'on le remplisse à moitié d'une dissolution de sulfate de cuivre, qu'on y mette le tube poreux en terre contenant le zinc et l'acide, et on aura l'appareil de Daniell. Car quand on veut obtenir un électrotype, il est seulement nécessaire de mettre le corps qui doit recevoir le dépôt dans le vase extérieur qu'on fait communiquer avec le zinc, dès-lors l'action commencera à s'effectuer.

La saturation du liquide peut être maintenue en mettant une certaine quantité du sulfate de cuivre dans un nouet suspendu dans la dissolution de ce sel. L'inconvénient que présente cette forme d'appareil consiste dans le passage rapide du sel de zinc dans le vase extérieur. Mais elle offre l'avantage de permettre de placer le corps qui doit recevoir le dépôt, dans une position verticale, ce qui le rend moins sujet à se couvrir de molécules pulvérulentes (Voir la *note* 108, p. 56.)

109. Il existe une autre forme d'appareil, où une membrane de vessie tient lieu de tube en terre poreuse et où la position

réduit. On ne saurait donc prendre trop de précautions pour empêcher que ce mélange n'ait lieu. C'est surtout dans l'emploi des appareils à tubes poreux, à tubes capillaires, ou à membranes de vessie que cet inconvénient est à craindre. Il faudra donc éviter que l'excès de porosité de ces divers appareils ne permette la transudation trop facile du liquide acide dans lequel plonge le zinc, et par suite le mélange de sulfate de zinc avec la solution cuivreuse.

du moule est horizontale (*fig. 2*). Ici, le récipient extérieur est carré, et est construit en bois revêtu intérieurement de ciment : sur l'un de ses bords on fixe une tige de laiton percée de deux trous, dont l'un sert à établir sa communication entre le fil et l'original, tandis que l'autre fait communiquer le fil avec le zinc de la pile. Dans l'intérieur de cette caisse, on place une planchette d'acajou qui supporte un cylindre de verre où se trouve une plaque de zinc, ainsi que les cristaux de sulfate de cuivre qu'on veut dissoudre. Sur les bords du verre on fixe une membrane de vessie, cette membrane remplit l'office du récipient extérieur ou du tube poreux des appareils précédents, elle contient l'acide et le zinc. Ce dernier communique avec le fil métallique à l'aide d'une vis, de manière à pouvoir être facilement enlevé. Cet appareil est supérieur, à bien des égards, à ceux précédemment décrits, parce que le sulfate de zinc ne peut pas filtrer facilement à travers la membrane pour se rendre avec le sel de cuivre, et en outre on a plus de facilité pour retirer le zinc et les acides. Quand on se sert de cet appareil, il faut avoir soin que l'orifice du verre soit assez grand pour qu'il y ait irradiation du zinc à toutes les parties du moule. Car l'omission de cette précaution serait sujette à de graves inconvénients (1). Il faut aussi avoir soin de mettre le zinc à une distance telle, que chaque point de sa surface soit également distant du métal sur lequel le dépôt doit avoir lieu, afin que ce dernier puisse présenter partout la même épaisseur.

110. La dissolution dans tout appareil à une seule cellule, doit être acide, et celle qui contient le sel métallique doit être maintenue dans un degré convenable de saturation, en laissant quelques cristaux dans la dissolution ; si on laisse ces derniers descendre au fond du vase, ils ne rempliront pas le but qu'on se propose, celui de maintenir la dissolution dans un état convenable de saturation (2). Car, les parties du liquide qui ont

(1) 108 et 109. Les appareils décrits dans les Nos 108 et 109 seront très-suffisants pour les personnes qui ne s'occupent de la galvanoplastie que comme récréation. Ces appareils sont très-propres à obtenir des copies de médailles, sceaux, cachets, camées, et en général de tous les objets d'une petite dimension. L'extrême simplicité de ces piles et leur manipulation facile les recommandent aux commençants et à toutes les personnes peu familiarisées avec les opérations chimiques. Il existe encore une autre forme d'appareil très-simple inventée par M. Sorel. Nous en donnons la description dans l'Appendice.

(2) 110. La saturation du liquide qui tient en dissolution le sel métallique est d'une grande importance, surtout pour la réduction du cuivre. Cependant cette importance a été exagérée, et l'on verra plus tard, qu'en thèse générale, le plus ou moins de saturation du liquide doit être proportionné à l'intensité du courant. On pourra remédier au défaut de saturation du liquide, soit en le remuant souvent, soit en recourant au procédé indiqué par M. Smée, No 116.

été dépouillées de leur sel métallique s'élèvent à la surface, tandis que les parties saturées restent au fond, en contact avec les cristaux, et empêchent ainsi ces derniers de se dissoudre. On peut vaincre cependant cette difficulté, en plaçant les cristaux qui doivent être dissous dans un nouet qu'on dispose sur une planchette à la partie supérieure du liquide; par ce moyen, la saturation sera maintenue.

111. On peut construire de la manière suivante une autre variété d'appareil : on prend une boîte qu'on divise en deux compartiments par une cloison en terre poreuse, semblable à celle qui sert à préparer les tubes poreux de la pile de Daniell. On met la dissolution de cuivre et le métal négatif dans un des compartiments, et dans l'autre on introduit de l'acide sulfurique étendu et le zinc. L'avantage que présente cet appareil consiste à rendre les opérations plus faciles, et son emploi permet de placer le zinc et le cuivre à une égale distance l'un de l'autre, circonstance importante dans la fabrication des grandes plaques qu'on peut ainsi obtenir facilement. Le diaphragme poreux pourrait être remplacé par un diaphragme plus facile à préparer, mais moins durable, en plâtre de Paris, en papier, ou en membrane de vessie.

112. D'autres variétés d'appareils peuvent être imaginées au gré de l'opérateur, car, quel que soit le mode de construction de la batterie de Daniell, elle répondra également aux besoins de l'électro-métallurgiste (38).

113. J'emploie quelquefois avec avantage l'appareil suivant pour obtenir de faibles courants. Sa construction est fort simple. On met la dissolution qu'on veut dissoudre dans un gobelet; on effile ensuite un tube de verre dont l'orifice doit être capillaire; ce tube remplit l'office d'un tube poreux, et contient le zinc (on peut employer à cet effet un fragment de zinc amalgamé) et une dissolution acide très-étendue. La quantité d'électricité qu'engendre cet appareil est nécessairement peu considérable, car sa construction n'est pas propre à en produire une grande abondance; d'abord, plus la dissolution acide est étendue, plus la quantité d'électricité diminue; en outre, l'orifice capillaire du tube à travers lequel le courant doit passer est si petit, qu'il est nécessaire d'employer une grande force pour y faire pénétrer un liquide même goutte à goutte, et c'est là un grand obstacle au passage du courant; on emploie d'ailleurs un fil de platine très-fin pour établir la communication; et enfin la substance qu'on soumet à l'expé-

rience n'est pas placée vis-à-vis de l'orifice capillaire; la manière dont le tube capillaire agit pour diminuer la force du courant, paraît être d'interrompre ou de briser la continuité du fluide, en sorte qu'il ne passe qu'un très-faible courant; on peut régler la quantité d'électricité en réglant le diamètre de l'orifice du tube (1).

114. Quelquefois, quand on n'a besoin que d'un faible courant, on prend un verre dont on ferme l'ouverture avec une couche épaisse de plâtre qui remplit l'office d'un tube poreux. (Cet appareil a été employé pour la première fois par M. Golding Bird.) Quand on ne veut que diminuer légèrement la quantité d'électricité, on se contente d'augmenter la distance qui sépare les métaux électro-négatif et positif. Dans d'autres cas, j'emploie une membrane de vessie épaisse, ou des fils conducteurs fins, et je réunis tout ou partie de ces modifications pour diminuer la force du courant.

115. Dans tous ces cas, les métaux se précipitent sur le métal négatif d'une simple batterie. De même, quelle que soit la méthode qu'on emploie pour rendre une plaque négative, le métal s'y précipite également; par exemple, si une batterie suffisante pour décomposer de l'eau acidulée, est construite avec deux pôles de platine, l'oxygène et l'hydrogène se rendront à un pôle, et le métal sera précipité sur l'autre. J'ai déjà dit qu'une cellule de la batterie de Grove, deux ou trois de celle de Daniell, ou bien la batterie qui m'est propre, peuvent toutes décomposer l'eau acidulée, entre des pôles de platine; mais à ce degré d'intensité seulement, il ne se dégage qu'une petite quantité de gaz. Quand on veut employer de faibles courants, les séries ci-dessus mentionnées peuvent être employées avec avantage.

116. Si on veut obtenir une grande intensité, mais une faible quantité de fluide, on peut faire usage d'un certain nombre de cellules, en amorçant la pile soit avec de l'eau simple ou acidulée à l'aide d'une seule goutte d'acide dans chaque cellule; l'oxygène, quand on emploie ce mode de réduction des métaux se rend toujours au pôle positif (*fig. 7*). Dans la plupart des cas, cependant, comme on a pour but de précipiter une grande quantité de métal, il est important, pour parvenir à ce résultat, d'employer les plus petites séries (Voyez N^o et note 22 et N^{os} 154 à 163).

(1) 113. Les divers appareils à tube capillaire ont été parfaitement décrits dans la suivante notice de M. Bezançon, que nous donnons dans l'Appendice.

117. Dans la plupart des cas, les appareils précédents ne sont point employés, mais lorsque l'argent ou tout autre métal ayant une grande affinité pour l'oxygène, doit être précipité de sa dissolution, on tire parti de cette affinité, et au lieu de faire usage d'une plaque de platine au pôle oxygène de la pile, il faut employer un fragment de métal de même nature que celui qu'on veut précipiter et qui remplit les mêmes fonctions que celles de la plaque positive ou zincode de l'auge. Comme la dissolution du sel métallique laisse déposer incessamment le métal qui entre dans sa composition, le fragment de métal qui forme le pôle positif est dissous par l'acide qui tenait en dissolution le métal déposé, et de cette manière le liquide est toujours maintenu dans un état de saturation : une seule batterie est alors bien suffisante, car il n'y a que peu de résistance à vaincre (*fig. 3, 4, 6*). Une série d'auges à précipités, disposée comme une batterie composée, peut aussi être employée comme une seule batterie.

118. Pour comprendre ceci, prenons un exemple : je suppose qu'on veuille prendre une empreinte en cuivre ; une dissolution d'un sel de ce métal doit être placée dans un vase convenable, et l'objet sur lequel le dépôt métallique doit s'effectuer, doit être mis en communication avec le zinc de la batterie, tandis qu'un fragment d'une feuille de cuivre est mis en communication avec l'argent ; aussitôt que l'action commence, l'eau est décomposée, l'oxygène passe au pôle cuivre, qui s'oxide, tandis que l'hydrogène passe au pôle négatif. Pendant que la décomposition a lieu, l'oxyde de cuivre passe au pôle négatif, et l'acide au pôle positif ; l'hydrogène réduit l'oxyde du cuivre au pôle négatif, tandis que l'acide se combine avec l'oxyde de cuivre au pôle positif, et la saturation se continue. (*Voyez N° 99*).

119. L'appareil employé comme auge à précipités doit varier de forme, selon le volume et la forme de l'objet qu'on veut copier, et la dissolution doit être différente, suivant la nature du métal qu'on veut précipiter ; tout cela nécessitera des détails particuliers ; mais nous devons dire ici quelques mots de la matière la plus propre à la confection de l'auge à précipités. Le verre doit être préféré malgré sa fragilité et l'élévation de son prix ; inconvénients sans lesquels il serait généralement mis en usage. Certaines porcelaines sont aussi bonnes que le verre, en ce sens qu'elles ne s'altèrent pas ; cependant ces substances étant dispendieuses, j'ai généralement recours à

la poterie commune. On sera sans doute étonné d'apprendre que la plupart des substances métalliques pénètrent à travers le vernis des vases en poterie, et vont suinter à leur surface extérieure (1); c'est cependant ce qui arrive, mais on peut empêcher cet accident en enduisant la surface de ces vases d'une couche de poix. On emploie plus souvent les vases en bois que les précédents, parce que leur forme peut être variée, et qu'ils peuvent être rendus imperméables en les enduisant d'une couche du mélange suivant : cire, 500 grammes (une livre), colophane 2 kilo. 172 (3 livres), ocre rouge, 500 grammes (une livre), et deux cuillerées à bouche de plâtre de Paris. Une auge en plomb ou en étain remplira également le but, mais l'intérieur doit en être tapissé du mélange précédent ou d'une certaine quantité de poix. L'avantage que présente cette dernière substance, c'est que le sel en dissolution n'a que peu de tendance à cristalliser à sa surface, propriété qui, dans d'autres circonstances, serait fort désavantageuse; car quelquefois la totalité du sel d'une dissolution passe à l'extérieur du vase qui se trouve alors tout recouvert de cristaux.

120. Une autre forme d'appareil peut quelquefois être employée d'une manière avantageuse, quand on veut obtenir une grande intensité, mais qu'on ne veut pas subvenir aux frais d'une grande série. C'est l'adjonction de l'appareil simple à la batterie. On met dans la cellule à décomposition un tube poreux contenant l'acide et le zinc, et dans le vase extérieur on verse la dissolution qu'on veut décomposer; le zinc doit être mis en communication avec l'argent de la batterie, et avec le métal négatif dans la cellule à décomposition, le circuit se trouve ainsi complété. Il est évident que cet appareil augmente l'intensité du courant, car en employant le zinc comme pôle positif de la cellule à décomposition, il y a peu d'obstacle offert au passage du courant.

121. Il y a un autre moyen de précipiter les métaux à peu de frais, quoique dans ce cas il faille y consacrer beaucoup de temps. Je veux parler de l'appareil de Daniell; mais au lieu de mettre le zinc en communication avec le métal négatif, je fais communiquer le zinc et le métal d'une batterie avec une cel-

(1) 119. La transudation des solutions métalliques à travers les poteries les mieux vernies est un fait tellement inévitable, que nous engageons l'électro-métallurgiste à rejeter ces sortes de vases pour adopter généralement ceux en verre.

Il est bien entendu que cette observation ne s'applique en aucune façon aux tubes et cloisons en terre poreuse, qui sont employés pour concentrer la solution acidulée et le zinc, précisément à cause de leur porosité.

jule à décomposition, dans laquelle je mets un second morceau de métal qui joue le rôle de pôle négatif, et j'emploie comme pôle positif un morceau de cuivre. Le métal communique avec le zinc de la première cellule, et le cuivre communique à son tour avec le métal. De cette manière, avec 500 gram. (une livre) de zinc, j'obtiens 1 kilo (2 livres) de cuivre. Cependant, l'emploi de la seconde cellule présente des obstacles qu'on peut vaincre en se servant dans la première cellule d'un tube poreux d'un fort petit diamètre. Cet appareil extrêmement ingénieux a été imaginé par M. Mason, mais son usage ne s'est pas répandu, parce qu'il n'est pas suffisamment connu.

122. Les dispositions nécessaires pour obtenir la précipitation des métaux doivent être réglées non-seulement sur la connaissance approfondie des moyens propres à produire la quantité et l'intensité du courant, mais encore sur une application intelligente de ces dernières. L'intensité, comme nous le verrons plus loin, n'exerce pas une aussi grande influence sur les résultats, que celle qui provient de la quantité du fluide électrique; mais dans la plupart des cas, l'intensité doit être plutôt grande que petite. En ce qui concerne l'électrotypie, cette intensité peut être réglée de trois manières: 1^o en augmentant les séries, 2^o en employant des liquides suffisamment acidulés, 3^o et enfin, ce qui est beaucoup plus convenable, en mettant le liquide de la cellule à décomposition dans les conditions les plus favorables au passage du courant. La quantité de ce dernier peut être accrue en augmentant le volume des plaques négatives de la pile; en augmentant la concentration de la dissolution acide; en employant un pôle positif plus grand dans la cellule à décomposition; ou enfin en diminuant la distance qui existe entre cette dernière et la plaque négative. Chacun de ces moyens séparément suffit pour régler la quantité du courant électrique. Le moyen que j'emploie généralement pour précipiter la plupart des métaux, est l'augmentation ou la diminution de l'étendue du pôle positif; quelquefois j'emploie pour former ce dernier, un fil métallique très-fin, que je plonge d'un 1/2 millim. (un quart de ligne) dans le liquide.

123. Pour mesurer la quantité exacte du courant électrique, on doit employer un galvanomètre, surtout pour les faibles courants; mais si on emploie l'appareil qui m'est propre, l'opérateur peut juger assez exactement de la quantité du courant électrique, d'après le dégagement d'hydrogène qui a lieu au pôle négatif.

Tous les instruments sont des causes d'embarras et d'ennuis pour le praticien ; cependant celui qui emploie ma batterie n'a besoin d'autres témoignages que ceux que l'hydrogène fournit à sa vue et à son oreille.

124. La position dans laquelle on place la substance sur laquelle le dépôt métallique doit avoir lieu, produit dans certains cas, sur ce dépôt, un phénomène singulier ; en effet, si on place cette substance verticalement dans l'appareil, et surtout, si sa partie supérieure est suspendue sur la partie inférieure de la plaque, il se formera une série de lignes qui présenteront dans quelques cas des cavités d'un centim. (5 lig.) de profondeur. La cause de ceci peut être facilement expliquée : en effet, si on surveille l'opération pendant que la batterie fonctionne avec activité, on verra alors qu'à mesure que l'hydrogène réduit le métal de la dissolution, cette dernière devient incolore et plus légère que les parties du liquide environnantes. Cette partie incolore s'élève alors et produit un courant qui change de direction à chaque ascension ou à chaque obstacle. Ce courant s'étant ainsi formé une sorte de canal, augmente jusqu'à ce que les lignes aient acquis la profondeur indiquée. Cette circonstance nuit à l'épaisseur uniforme du dépôt, et ôte à la plaque sa valeur. On peut, jusqu'à un certain point, obvier à cet inconvénient en inclinant légèrement la plaque, ou, ce qui vaut mieux, en lui donnant une position horizontale. Ces lignes ne se montrent pas quand le dépôt se fait très-lentement. (1)

125. Le nouveau dépôt métallique peut quelquefois être enlevé avec la plus grande facilité ; dans d'autres cas, il adhère si fortement à l'original, qu'il ne forme plus qu'un seul corps avec lui, et qu'on ne peut parvenir à les séparer ; dans quelques cas il est nécessaire d'obtenir l'adhérence ou la non adhérence de la copie à l'original, et quoique jusqu'ici les résultats n'aient été que trop souvent l'effet du hasard, cependant il est de la plus haute importance de pouvoir produire l'une ou l'autre à volonté.

126. L'adhérence et la non adhérence dépendent de deux

(1) 125. On n'a pas encore donné une explication satisfaisante du phénomène des stries ou raies qui se forment sur le métal pendant sa réduction ; et quoiqu'il semble que ces raies soient plus disposées à se former sous l'influence d'un courant énergique, on n'en est pas pour cela exempt lorsqu'on emploie un courant faible. Nous devons donc dire que dans l'état actuel de la science, les causes qui donnent lieu à ces inégalités sont encore incertaines, et, par une conséquence nécessaire, il n'est pas possible d'indiquer les moyens qui s'opposent à leur formation. M. Gerlach est jusqu'à présent celui qui a essayé la meilleure explication du phénomène des raies. Nous renvoyons donc le lecteur à l'article publié par ce savant et qu'on trouvera à l'Appendice.

choses, savoir : 1^o de la couche d'air qui s'attache à la surface des métaux ; 2^o de la possibilité où se trouve cette couche d'air de se transformer en pôle et d'en remplir le rôle (35). Ces propriétés ont été examinées avec soin dans le 1^{er} livre, mais ici je dois indiquer leur application pratique.

Si un fragment de métal poli est plongé dans l'eau, il ne sera point mouillé, et c'est précisément dans cet état qu'on doit l'employer quand on ne veut pas que le dépôt y adhère.

Pour tirer parti de cette propriété, il faut plonger la plaque dans la dissolution et compléter immédiatement le circuit. L'air paraît jouer dans ce cas le rôle de pôle et établir une séparation entre l'original et la copie. Il est inutile d'ajouter que la plaque ne doit être ni chauffée, ni frottée avec de la potasse ou de l'acide nitrique avant son immersion ; surtout elle ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution acide avant que le circuit ne soit établi (1).

Quelquefois une ou plusieurs de ces précautions ayant été négligées, on voit survenir une adhérence partielle. S'il arrivait que cette adhérence eût lieu, on pourrait laisser la copie pendant 24 heures dans un lieu frais, jusqu'à ce qu'elle ait repris la température de l'air.

Les observations précédentes concernant la couche d'air qui revêt les métaux après qu'ils ont été exposés pendant un court espace de temps à l'air atmosphérique, se rapportent non-seulement à l'électrotypie, mais encore à beaucoup d'autres cas. L'application du calorique à une plaque du daguerréotype, avant qu'on ne la soumette à la vapeur de l'iode, est fondée sur le même principe, et tout autre moyen, parmi ceux que j'ai indiqués comme propres à nettoyer et décaper les plaques, sera aussi efficace.

127. Quand on veut tirer parti de la propriété opposée, eu d'autres termes, quand on veut faire adhérer le dépôt sur l'original, on suit une marche contraire : ainsi, on chauffe le métal et on le plonge dans l'eau, ou bien on le frotte avec une dissolution de potasse caustique ou avec de l'acide nitrique étendu, puis on l'immerge dans la dissolution ; car alors la surface en étant parfaitement nettoyée, le dépôt se fait sur le

(1) 126. Les causes de l'adhérence de la copie au modèle ont été étudiées dès l'origine de la galvanoplastie, et quoique les moyens proposés par M. Smée, pour prévenir cette adhérence, soient en général suffisants, nous croyons qu'on doit encore leur prêter les procédés usités par M. Jacobi, et qui consistent à passer sur l'original une couche très-légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc. Voir la notice de Jacobi, à l'Appendice.

métal lui-même, et non point sur une couche d'air intermédiaire. Ce dépôt, dans ce cas, adhère si fortement à l'original, qu'on ne peut pas les séparer l'un de l'autre, comme ont pu le constater ceux qui, ignorant ces faits, ont plongé des plaques de cuivre d'une grande valeur dans des dissolutions acides, et les ont, en quelque sorte, ensevelies dans une masse de cuivre dont ils n'ont pas pu les détacher. Celui qui s'adonne à l'électro-métallurgie ne peut réussir dans ses opérations qu'à la condition non-seulement de connaître ces règles, mais encore de les mettre en pratique.

128. L'adhérence d'une plaque métallique à une autre plaque également en métal, ne doit pas être confondue avec les adhérences apparentes de la copie à l'original, provenant de ce que le cuivre s'étale au-delà des bords de ce dernier, et l'embrasse fortement. On peut remédier à ce petit inconvénient en enduisant les bords du modèle qui doit recevoir le dépôt métallique, avec de la laque ou de la graisse, ce qui empêche le dépôt d'y adhérer; il faut alors un temps considérable pour que les côtés soient recouverts par l'accroissement latéral.

129. L'accroissement latéral de la plaque est une propriété d'une grande importance, car si une particule de substance non conductrice est placée sur un métal, elle sera couverte par le dépôt; de cette manière les dessins faits sur cuivre avec des vernis peuvent être reproduits. Si on veut copier une substance non conductrice à l'aide d'une légère couche de substance conductrice, une solution de continuité dans cette dernière n'empêchera pas d'obtenir une plaque parfaite; pour les mêmes raisons, il faut avoir soin qu'il n'adhère pas de bulles de gaz ou d'air à la plaque, car ces bulles se couvriraient d'une couche métallique et produiraient des inégalités sur la copie. On croira difficilement, au premier abord, qu'une bulle d'air puisse se recouvrir d'une couche de métal, tant la chose semble extraordinaire: c'est pourtant là un fait avéré, et il est même plus difficile d'éviter ce résultat que de l'obtenir (1).

(1) 129. L'enveloppement d'une bulle d'air sous une couche de métal n'a rien qui doive surprendre: c'est un fait très-commun dans les arts, et les évents ou soufflures qui se rencontrent dans presque toutes les pièces de fonte, de fer ou de cuivre, ne sont pas dus à une autre cause.

CHAPITRE II.

DES SUBSTANCES CAPABLES DE RECEVOIR LE DÉPÔT MÉTALLIQUE.

Substances sur lesquelles le dépôt métallique peut avoir lieu, 130-132. — Métaux, 132-136. — Substances non-conductrices : cire à cacheter, cire blanche, 136-139. — Substances non conductrices absorbantes, papier, plâtre, 139-141. — Moyens de les rendre non absorbantes, 141-143. — Moyen de copier les substances non conductrices, par les métaux, par la plombagine, 143-145. — Comparaison des différentes méthodes, 145.

130. Le dépôt métallique produit par le courant voltaïque, peut avoir lieu sur n'importe quelle substance conductrice capable de jouer dans l'appareil le rôle de métal négatif. Les lois qui président à la formation de ce dépôt sont les mêmes que celles qui régissent les éléments de la pile. Le dépôt peut s'effectuer sur presque tous les métaux (excepté sur les métaux terreux et alcalins), ou n'importe sur lequel de leurs alliages ou composés. Ce dépôt peut également se produire sur le charbon ou la plombagine. Quand on fait usage de métaux pour obtenir sur eux ce dépôt, l'effet devient manifeste, car la disposition de l'appareil ne diffère en rien de celle de la pile de Daniell.

131. Quand on veut que la surface et la forme de la copie représentent fidèlement celles de l'original, il est de la plus haute importance que le métal sur lequel doit avoir lieu le dépôt, ne puisse pas décomposer lui-même la dissolution, ce qui aurait pour résultat d'altérer plus ou moins la copie. Ainsi le zinc, l'étain, le plomb et le fer, mis dans du sulfate de cuivre, précipitent immédiatement ce dernier de sa dissolution; mais les métaux sus-indiqués sont eux-mêmes dissous dans une proportion exactement semblable à la quantité du cuivre réduit; une dissolution de ce dernier métal altère la surface de la copie et nuit à sa perfection. On peut obvier à cet inconvénient, jusqu'à un certain point, en ayant soin de faire passer le courant au moment même où on plonge le métal dans le liquide; cette manière d'agir est considérée par plusieurs auteurs, comme propre à détruire l'affinité élective, comme ils la nomment, c'est-à-dire l'action spontanée du métal sur le fluide. Mais je puis affirmer qu'une batterie de douze cellules n'empêche pas que les métaux les plus oxidables ne se dissolvent, et que les métaux les moins oxidables ne soient réduits.

132. Par conséquent, les métaux qu'on peut employer avec le plus d'avantage pour les recouvrir d'une couche métallique, sont ceux sur lesquels n'agit point le liquide où on les immerge; cependant ceux qui n'éprouvent que légèrement cette action peuvent être employés. Le platine, qu'aucune dissolution ne peut attaquer, est très-propre à recevoir les dépôts métalliques; mais l'élévation de son prix et la difficulté qu'on éprouve à le mettre en œuvre, sont des obstacles à ce que son emploi puisse être adopté.

133. Sous le rapport de l'inaltérabilité, l'or est aussi précieux que le platine, mais il est d'un prix encore plus élevé. Cependant, quand il est en feuilles, on peut l'appliquer sur la surface des substances molles, qui deviennent alors propres à recevoir la couche métallique qu'on veut y mettre. On peut en dire autant de l'argent et de l'étain; mais il y a d'autres procédés bien supérieurs à ces derniers et qui les rendent inutiles.

134. L'argent ne peut être réduit que par l'or et le platine, et doit être employé pour y réduire les métaux, quand on veut que le dépôt soit d'une grande pureté.

Les feuilles d'argent pur, dont l'épaisseur est calculée de manière à peser un gramme par centimètre carré (18 grains par 19 lignes carrées) de surface, sont employées par les faux monnoyeurs dans leur coupable industrie; le procédé qu'ils suivent consiste à mettre la pièce de monnaie qu'ils veulent imiter, sur une plaque de bois; sur cette monnaie, ils appliquent une feuille d'argent, puis ils frappent doucement sur cette dernière jusqu'à ce qu'elle présente une copie fidèle de l'original, résultat qui ne tarde pas à être obtenu: cela fait, ils recommencent la même opération pour la face opposée. Les deux disques d'argent sont ensuite soudés par leurs bords; et le fabricant commet un crime et risque sa tête pour la pièce de fausse monnaie qui lui a coûté tant de peine. Sans doute le lecteur n'aura pas même l'idée de recourir à cette fraude, et il n'est pas nécessaire d'en dire davantage; mais on comprendra facilement que le même procédé peut être mis en usage, avec une meilleure intention, par l'électro-métallurgiste, pour obtenir un moule.

135. Les alliages de plomb dont on fait particulièrement usage sont: le pewter ou soudure des plombiers, le métal fusible, et l'alliage qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie. Le premier est composé de 75 parties d'étain et 25

de plomb; mais dans certains cas on augmente la proportion de plomb. Il y a plusieurs variétés de cet alliage qui contiennent soit du cuivre, de l'antimoine ou du bismuth; mais l'alliage de plomb et d'étain est préférable. Le métal fusible, quoique fort employé par les électro-métallurgistes pour obtenir de petites empreintes, est d'une manipulation difficile; on doit la faire fondre sur une lampe et en écumer la surface, on en verse alors une partie sur un corps plat, et on applique par-dessus une médaille qu'on presse fortement à l'aide de la main. On doit attendre que le métal soit sur le point de se coaguler avant d'exercer une pression sur la médaille; sans cette précaution celle-ci pourrait présenter un aspect cristallin. Le métal fusible de J. Newton contient du plomb, du bismuth et de l'étain; mais les fabricants ajoutent généralement du mercure pour le rendre plus fusible. On ne doit cependant jamais mêler de mercure à cet alliage quand on le destine à prendre des empreintes. Le métal qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie est composé d'environ une partie de plomb, seize d'antimoine et une petite quantité de cuivre. Il faut beaucoup d'habitude pour réussir à prendre des empreintes avec le métal fusible, ou celui dont on se sert pour les caractères d'imprimerie.

Les Italiens ont un excellent procédé pour obtenir des empreintes en *pewter*: ils fondent une partie de cet alliage et l'appliquent sur un morceau de papier, ils appliquent dessus une médaille; le tout est placé sur un morceau de drap; enfin, ils mettent sur la médaille une planchette de bois et frappent un coup sec sur cette dernière; ils obtiennent ainsi une empreinte parfaitement nette.

On peut obtenir également une empreinte en prenant une lame de plomb bien nettoyée et bien brillante sur laquelle on place l'objet qu'on veut copier, et, en frappant un vigoureux coup de poing sur la médaille. On peut copier de la même manière un cachet en cire à cacheter, quoique au premier abord ce fait semble incroyable. On n'obtiendrait pas ce résultat par une simple pression; mais par un coup sec on y parvient.

Le plomb en feuilles, préalablement dépouillé à l'aide du raclage de l'oxide qui le ternit, puis aplati en le mettant sur une plaque de fer qu'on soumet à l'action d'une presse, pourra recevoir l'empreinte de la gravure la plus délicate, il suffit pour cela d'appliquer l'objet à copier sur la feuille de plomb, et cette dernière sur la plaque de fer et de comprimer le tout à

l'aide du cylindre d'une presse. Cette méthode est parfaite et suffit pour tous les cas. La pression à l'aide d'un rouleau est beaucoup plus forte qu'une pression directe, quoique les instruments employés par les estampeurs soient doués d'une grande énergie.

Le métal employé pour la stéréotypie est également applicable à l'électrotype, mais le moulage de ce métal a lieu d'une manière toute particulière sur du plâtre, et il exige certains appareils qu'il n'est pas nécessaire de décrire, car il est extrêmement difficile d'obtenir des empreintes parfaites au moyen de la fusion (1).

(1) 135. Nous regrettons que M. Smée ne se soit pas un peu plus étendu sur le clichage, c'est ainsi qu'on appelle l'opération au moyen de laquelle on obtient sur un métal doux, malléable ou fusible, l'empreinte en creux ou en relief d'une planche gravée, d'une médaille, etc., etc.; nous tâcherons de suppléer à cette omission.

Il y a quatre méthodes différentes pour obtenir des clichés : le clichage par compression, le clichage par percussion à froid, le clichage par fusion, et enfin celui où on emploie simultanément la percussion et la fusion du métal. Nous devons dire un mot de chacun de ces procédés, parce que les clichés étant de la plus haute importance pour l'électro-métallurgiste, on ne saurait donner trop de publicité aux moyens de les obtenir.

Clichage par compression. Les applications de cette méthode sont fort restreintes. On ne peut en effet l'employer que pour obtenir des empreintes d'objets composés d'une matière assez résistante pour supporter la pression énergique à laquelle ils sont soumis. Ce procédé a été suffisamment décrit par M. Smée, No 134; nous n'insisterons donc pas davantage.

Le clichage *par percussion* à froid, ou méthode italienne, est peut-être celui qui doit être préféré, parce qu'il donne constamment des résultats égaux. Il peut avoir lieu sur les corps durs et même sur la cire à cacheter, ainsi que l'a fort bien dit M. Smée, même No 134.

Nous ajouterons que les produits de ce genre de clichage seraient encore plus parfaits, si au lieu de se servir d'un marteau, on employait pour cet usage une petite presse à timbrer, comme celles qui sont en usage chez les notaires.

Quant au clichage *par fusion*, il présente l'immense avantage de pouvoir s'effectuer sur toutes espèces de modèles, et particulièrement sur ceux en plâtre. Mais à côté de cet avantage il offre de graves difficultés. D'abord il nécessite des appareils coûteux et embarrassants, mais il faut en outre une extrême habitude pour réussir à obtenir ainsi des empreintes parfaites; nous pensons donc que les personnes qui ne se sont pas exercées dans ce procédé doivent éviter de l'essayer, et qu'il restera longtemps le partage exclusif des clichés de profession. On pourra, du reste, se procurer des clichés de cette nature, d'une netteté parfaite, en confiant leur exécution aux clichés qui s'occupent des planches typographiques. Il suffira alors de leur remettre une épreuve en plâtre du sujet dont on voudra obtenir le cliché.

On pourra, du reste, consulter à cet égard le *Manuel du Typographe et du Fondeur en caractères*, qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

Le quatrième moyen de clichage, celui où la *percussion* est exercée sur un métal en *fusion*, est le plus usité en galvanoplastie, et les prétendues difficultés de ce procédé ont été de beaucoup exagérées par M. Smée; nous nous en sommes convaincus par notre propre expérience. Nous n'entrerons point dans tous les détails que comporte ce dernier genre de clichage. Tous les procédés qui s'y rattachent ont été décrits avec le soin le plus minutieux dans la deuxième partie du *Manuel du Monteur en médailles*, de l'*Encyclopédie-Roret*. On y trouvera la composition des différents alliages plus ou moins fusibles, et la description de tous les moyens de cliquer sur les médailles soit en métal, soit même en plâtre et en soufre, etc. Ce Manuel est tout-à-fait indispensable à l'électro-métallurgiste, et il forme le complément nécessaire du Manuel de Galvanoplastie. Nous recommandons encore au lecteur l'excellent article de M. Boettger sur la manipulation des alliages fusibles. On le trouvera à l'Appendice.

Quel que soit le moyen de clichage employé, on se rappellera que les clichés doivent être soigneusement décapés avant de les plonger dans la dissolution métallique.

136. Les substances non conductrices sont de trois espèces :
 1^o celles qui n'ont d'affinité ni pour le métal ni pour la dissolution où on les plonge. 2^o Celles sur lesquelles la dissolution agit mécaniquement. 3^o Enfin les substances susceptibles de se combiner avec le métal précipité. Celles de la première catégorie sont bien supérieures aux autres, mais sont peu nombreuses : la meilleure de toutes est la cire à cacheter, composée de gomme laque, de térébenthine de Venise et d'une matière colorante.

Le docteur Ure en indique les proportions : gomme laque 4, térébenthine 1, et matière colorante 3. Les fabricants en ont de plusieurs espèces, la plus coûteuse est la meilleure pour faire des cachets. Quelques-unes sont très-dures, comme la cire noire dont on se sert pour remplir les lettres gravées, sur les plaques des boutiques. L'emploi de la cire à cacheter occasionne une assez grande dépense, car celle de bonne qualité est très-chère, mais elle reçoit avec la plus grande exactitude l'empreinte des objets les plus délicats. Tout le monde se sert de cette substance, et chacun croit qu'il excelle dans l'art de faire un cachet, et néanmoins cette opération, toute simple qu'elle paraît, est encore entourée de nombreuses difficultés et d'une grande incertitude de succès. Les graveurs obtiennent les empreintes en cire à cacheter en présentant une carte au-dessus de la flamme d'une bougie et en frottant doucement la partie chauffée avec un bâton de cire préalablement ramollie par la chaleur. Quand ils ont obtenu une quantité suffisante de cire fondue, ils y appliquent le cachet.

Pour obtenir de larges empreintes, on prend un bâton de bonne cire, on le présente à la flamme d'une bougie, jusqu'à ce qu'il s'allume sur une longueur de 8 à 10 cent. (3 pouces à 3 pouces 9 lignes), on le place alors au-dessus d'une feuille de papier ou d'une carte, la cire fond et tombe en larges gouttes, et en peu de temps on en a une quantité suffisante. On éteint alors la flamme du bâton, et on remue tout autour la masse fluide jusqu'à ce que toutes les bulles d'air aient disparu, et que la cire, encore un peu molle, présente partout une surface bien unie. C'est alors le moment de lui faire recevoir l'impression de l'objet qu'on veut reproduire. On doit l'appliquer sur la cire, et l'y maintenir avec une forte pression, on plongera ensuite le tout dans l'eau froide. La difficulté sera moins grande si l'on se sert de cachet métallique, parce qu'il absorbe la chaleur et n'adhère point à la cire.

Lorsqu'on veut obtenir une empreinte en cire sur du bois ou autres substances analogues, il faut d'abord les frotter avec un peu d'huile d'olive, on plonge ensuite la cire dans l'eau froide, et sa surface est propre à s'enfoncer dans les cavités de la gravure et à s'unir à elle. On a fait de très-grandes empreintes en cire à cacheter en plaçant la médaille sur la composition à demi-fluide, et en la soumettant à une pression hydraulique. M. Botes a réussi dernièrement à faire, par ce moyen, des empreintes parfaites de 6 à 8 centim. (2 pouces 3 lignes à 3 pouces) de diamètre (1).

137. La cire vierge peut être employée à faire des empreintes, mais on la remplace économiquement en se procurant des bouts de bougies que l'on fond facilement au-dessus d'une lampe. L'objet à copier doit être légèrement huilé; on l'entoure avec un morceau de papier fixé par un lien, on obtient ainsi une cavité propre à recevoir la cire. C'est dans cette espèce de coupe qu'on versera la cire fondue. On aura soin qu'aucune bulle d'air n'adhère au modèle; on laissera le tout dans cet état, jusqu'à ce que la cire soit redevenue à l'état solide et entièrement refroidie, ce qui n'exige pas moins de deux ou trois heures, car on sait que la cire est un bon conducteur du calorique; on pourra ensuite détacher très-douce-ment la cire coulée sur la médaille.

On peut également prendre des empreintes en cire sur des plâtres; il suffira d'huiler légèrement le plâtre, on y verse ensuite la cire qui prendra l'empreinte exacte du modèle.

Une meilleure manière d'obtenir l'empreinte d'un plâtre, consiste à lui faire absorber de l'eau chaude jusqu'à saturation, mais sans que cependant l'eau paraisse à la surface; on l'entoure alors de papier et on y verse la cire fondue pendant qu'il est encore chaud; le tout est ensuite mis dans un endroit frais, et la cire se sépare du plâtre avec la plus grande faci-

(1) 136. On pourra, mais avec de grandes précautions, obtenir des empreintes en cire à cacheter de modèles en soufre. Ces modèles devront être préalablement huilés avec une goutte d'huile d'olive, et on les appliquera le plus tard possible sur la cire à cacheter, c'est-à-dire au moment où elle est tout près de reprendre sa solidité. Si on appliquait le soufre sur la cire pendant qu'elle est encore très-chaude, il arriverait infailliblement que le soufre se détacherait en petites écailles qui adhèreraient à l'empreinte, et lui ôteraient toute sa netteté.

Tout le monde sait que le soufre est d'une extrême fragilité, et qu'une température tant soit peu élevée déterminera sa cassure, cet inconvénient n'a pas lieu lorsque le soufre est récemment fondu; mais on peut artificiellement le remettre dans le même état où il se trouve quelques heures après la fusion. Il suffit pour cela d'exposer le moule à une chaleur douce et lentement progressive qui, dans aucun cas, ne devra excéder 50 à 60° centigrades. On pourra alors se servir du moule de soufre pour faire des empreintes en cire à cacheter, sans avoir la crainte de le briser.

lité. S'il existait encore une légère adhérence, c'est que le plâtre n'aurait pas été suffisamment saturé d'eau, inconvénient qu'on aura soin d'éviter une autre fois. En opérant avec soin, le plâtre ne doit pas éprouver la moindre altération (1).

138. Un mélange de parties égales de cire jaune et de résine peut également servir à prendre des empreintes, en le traitant absolument comme la cire. Cette composition est fort en usage chez les Italiens; mais il faut éviter avec soin de la couler très-chaude. Il faut la mélanger sans interruption, jusqu'à ce que toutes les bulles aient disparu et qu'elle ait acquis la consistance de mélasse. C'est alors seulement qu'on la coulera sur l'objet à reproduire, comme on le fait pour la cire.

139. Il y a plusieurs variétés de substances non conductrices de la deuxième classe. Tels sont le papier et le plâtre de Paris, sur lesquels la dissolution n'exerce aucune action. Le papier absorbe rapidement une partie du liquide et devient rude, c'est pourquoi on doit lui donner, à l'aide de certaines préparations, une surface parfaitement unie. A cet effet on peut le brosser avec un peu d'huile siccative de lin ou de noix (2). On doit donner, en général, la préférence à la première; cette huile est portée jusqu'à l'ébullition, pour qu'elle sèche le plus promptement possible, après avoir été appliquée sur le papier. La substance sur laquelle l'huile est appliquée doit être bien nettoyée, et brossée ensuite légèrement avec une brosse en poil de chameau, jusqu'à ce que toute absorption cesse et que la surface soit bien brillante, ce qui est dû à la petite quantité d'huile qui s'y attache; mais on doit avoir soin de ne saturer que tout juste le plâtre et le papier, attendu que l'huile superflue, en se desséchant à la surface, remplirait les petites cavités du dessin qui s'y trouve. On doit ensuite faire sécher le papier pendant vingt-quatre heures, et l'exposer, si c'est possible, au soleil; il est alors prêt à recevoir l'une des substances conductrices dont je parlerai plus loin. Cette préparation du papier paraît, dans la plupart des cas, être supérieure à toutes les autres.

Les vernis peuvent être appliqués dans le même but, et

(1) 137. Pour le moulage de la cire et de la stéarine nous renvoyons encore le lecteur au *Manuel du Mouteur en médailles*; il y trouvera les détails les plus étendus sur cette opération. Nous devons néanmoins prévenir que la cire et les substances analogues éprouvent un certain retrait en refroidissant; on fera donc mieux d'adopter le mélange indiqué No 138.

(2) 139. L'huile grasse employée par les peintres est préférable à toutes les autres pour rendre le papier non absorbant.

comme quelques-uns d'entre eux sèchent plus vite que les huiles, il est bon d'en faire usage dans certains cas. Les principaux d'entre eux sont : le vernis blanc, le copal, le mastic et le vernis des carrossiers. Le premier sèche en peu de minutes et doit être appliqué jusqu'à ce qu'une très-petite quantité s'amasse à la surface du corps sur laquelle on l'étend. Le vernis ou mastic remplit très-bien le bat, mais son application ne présente aucun avantage particulier. Le vernis des carrossiers peut quelquefois être employé ; avec lui, on obtient une surface très-unie. Il est inutile de décrire tous les procédés qui peuvent être mis en usage pour rendre le papier non absorbant et uni. Un mélange de cire et de colophane fondues ensemble peut servir à enduire les papiers, surtout ceux qui absorbent le plus. On doit faire chauffer la feuille de papier et appliquer le mélange sur la face opposée à celle sur laquelle on veut obtenir la copie. Cette application doit être faite de manière à ce que le papier soit bien imbibé ; il devient alors dur en peu de minutes, et on peut le plonger dans la dissolution : c'est là un excellent procédé et que je conseille d'adopter. On peut, dans certains cas, se servir de la colophane seule, mais cette matière a l'inconvénient d'être très-fragile ; d'autres substances peuvent être employées de la même manière, tel est le baume du Canada, etc.

140. La préparation du plâtre est de la plus haute importance ; on l'empêche d'absorber par les mêmes moyens que ceux qu'on emploie pour préparer le papier. Le plâtre est un sulfate de chaux ou gypse privé de son eau de cristallisation par la chaleur. Dans cet état, cette substance a une telle affinité pour l'eau et peut en absorber une si grande quantité, que quand on le mêle à ce liquide de manière à lui donner la consistance d'une crème, il se solidifie en quelques minutes. Dans la fabrication des empreintes en plâtre on doit faire attention à une infinité de petits détails (1) et se débarrasser de toutes les bulles d'air : celles-ci proviennent de deux causes, soit de l'adhérence de l'air au plâtre, ou bien de ce que le plâtre entraîne avec lui de l'air quand on le mêle à l'eau. On

(1) 140. Le moulage du plâtre n'est pas une opération aussi facile qu'on se le figure au premier abord. Pour y réussir, il faut les soins les plus minutieux. C'est un art tout-à-fait à part, et que l'électro-métallurgiste ne peut pas ignorer. Comme il faut que tous les modèles dont on se sert en galvanoplastie soient de la plus grande netteté, nous engageons le lecteur à se familiariser d'abord avec le moulage en plâtre. Toutes les opérations qui s'y rattachent ont été décrites avec les plus grands détails dans le *Manuel du Mouteur en métaux*, ouvrage tout spécial, et qui fait partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

remédie à la première cause en employant un plâtre récemment cuit; c'est là ce que font ceux qui se livrent à la stéréotypie; ils ont remarqué, en effet, que quand le plâtre reste exposé seulement une quinzaine de jours à l'air, les moules présentent moins de perfection. L'artisan ne peut expliquer ce fait, et la science est redevable de cette explication à M. Wyatt, le célèbre sculpteur, qui l'attribue à l'adhérence de l'air qui avait causé la perte de plusieurs moules précieux; cet artiste, pour obvier à cet inconvénient, met le plâtre dans un poëlon, sur le feu, et le chauffe jusqu'à ce que les gaz se soient dégagés, le plâtre est alors bon à être employé. Une suffisante quantité de plâtre doit être placée dans un vase et on doit verser dessus une certaine quantité d'eau, jusqu'à ce qu'il en soit suffisamment recouvert et qu'on ne voie plus paraître de bulles d'air. On le gâche alors avec soin. La surface sur laquelle on veut l'appliquer doit être légèrement frottée avec une petite quantité d'huile d'olive. On verse alors sur l'original une petite quantité de plâtre liquide, et on en frotte toutes les parties perpendiculairement avec un pinceau en soie de cochon, ce qui prévient l'adhérence des bulles d'air sur le plâtre, adhérence qui empêcherait d'obtenir une empreinte parfaite. On ajoute ensuite une autre quantité de plâtre pour donner à l'empreinte une épaisseur suffisante, on le laisse en repos quelque temps, puis, pour le retirer du moule, on le chauffe légèrement afin de chasser l'excès d'humidité : il est alors extrêmement dur et prêt à recevoir les substances propres à détruire son absorption.

141. Le meilleur moyen de traiter les objets en plâtre est de les placer dans une assiette plate, soit avec de la cire seulement, ou avec un mélange de parties égales de cire et de colophane préalablement fondues. La quantité de cire et de colophane ne doit pas excéder la moitié de la hauteur de l'objet qu'on veut copier, et la chaleur employée doit être suffisante pour rendre la composition parfaitement fluide; peu de temps après, la chaleur sera considérablement augmentée, et alors on pourra frotter une certaine quantité de liquide sur le plâtre chaud, qui l'absorbera, et en peu d'instants le plâtre sera pénétré par cette composition. On doit alors le retirer et l'égoutter, après quoi, il ne restera plus à la surface aucune portion de cire, mais la substance du plâtre en sera complètement pénétrée; on se procure ainsi une belle surface unie, et non absorbante; plus il y a de colophane dans la composition ci-des-

sus, et plus il faut de chaleur pour l'amener à une fusion complète; et quoique cette substance puisse être employée, cependant elle ne peut pas pénétrer au-delà d'une petite profondeur dans le tissu du plâtre, bien que par ce moyen on obtienne une surface nette, dure, et non absorbante. On peut employer une dissolution de colophane dans l'essence de térébenthine, mais il est difficile d'en chasser complètement cette dernière. Un mélange de colophane et de graisse peut remplir le même but. La cire blanche qui sert à faire les bougies s'oppose parfaitement bien à la propriété absorbante du plâtre, et est très-facile à appliquer.

Le suif ordinaire réussit aussi très-bien dans la préparation du plâtre. Il peut être fondu en fort peu de temps, et sa fluidité lui permet d'en pénétrer intimement le tissu; il est mieux de faire bien bouillir l'original dans le suif, d'égoutter les parties superflues de ce dernier, et de faire durcir l'original dans un lieu frais. On doit choisir le suif le plus dur, mais celui qui sert à la fabrication des chandelles de bonne qualité pourra remplir le but.

La stéarine n'est autre chose que du suif ordinaire dont on retire par la pression les parties fluides ou l'oléine: elle convient également bien pour pénétrer le plâtre; on la fait fondre, et on l'emploie avec le même succès et dans le même but que le suif; il en est de même du blanc de baleine.

L'huile de lin bouillante peut également être employée; on doit en saturer le plâtre, jusqu'à ce que celui-ci refuse d'en absorber et en laisse une petite quantité à sa surface; après quoi, pour sécher cette huile surabondante, on expose le plâtre au soleil. Le durcissement des couches extérieures n'indique pas une sécheresse suffisante pour qu'on soumette le plâtre à l'action de la dissolution; il faut pour cela que ce dessèchement pénètre profondément, car s'il était placé dans la dissolution avant d'être parfaitement sec, l'huile s'en séparerait, la dissolution attaquerait le plâtre et tous deux en seraient endommagés, si ce n'est détruits complètement. Le plâtre exige une grande quantité d'huile pour sa saturation (environ la moitié de son volume); l'original ne doit pas être trop desséché quand on applique l'huile, attendu que celle-ci elle-même ne se dessèche pas alors aussi vite (1).

(1) 141. Ce que nous avons déjà dit de l'huile grasse (note 139) relativement à son emploi pour rendre le papier non absorbant, s'applique à bien plus forte raison au plâtre; mais il faut que cette huile soit appliquée avec attention pour ne pas former d'épaisseur sur le sujet en plâtre. On trouvera encore dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, No et note 38, la composition des différentes espèces d'huile grasse et les moyens de les appliquer sur le plâtre.

Les observations qui concernent le vernis, le baume du Canada, et la térébenthine de Venise relativement à leur application au papier, concernent également les objets en plâtre. De tous les vernis, le mastic et le *verniss blanc* doivent être préférés; mais les méthodes où l'on n'emploie pas de vernis, sont supérieures à celles où on en fait usage. On a expérimenté sur beaucoup d'autres substances, mais il est inutile d'en parler ici.

Voici une table des substances qui peuvent être appliquées sur le plâtre. J'ai choisi celles dont l'emploi est le plus avantageux et qu'on peut se procurer à bon marché, après les avoir toutes expérimentées :

Le suif.	L'huile de noix.
La stéarine.	Une dissolution de colophane
Le blanc-de-baleine.	et de térébenthine.
La cire vierge.	Le baume du Canada.
La cire et la colophane.	Le vernis au mastic.
La colophane.	Le vernis blanc.
L'huile de lin.	Le vernis à la gomme la-
L'huile grasse ou lithargirée.	que.

142. La troisième classe de substances, c'est-à-dire celles sur lesquelles le métal réduit exerce une action, est la moins nombreuse, circonstance fâcheuse, car cette classe contient une substance qui est supérieure à toutes les autres pour donner des empreintes délicates (je veux parler du soufre). Le métal qui vient d'être précipité n'est pas plus tôt en contact avec le soufre, qu'il se combine avec lui pour former un sulfure, et le dénature tellement qu'il devient méconnaissable. Le seul moyen de remédier à cet inconvénient, consiste à revêtir le soufre d'une légère couche de vernis, tel que le *white-hard* ou le mastic. Cependant les empreintes en soufre n'ont pas répondu à l'attente des expérimentateurs qui ont employé ce vernis, et comme il y a d'autres substances qui peuvent fournir des empreintes, nous n'insisterons pas plus longtemps sur ce sujet.

143. Les substances non conductrices peuvent être copiées en ayant soin de les revêtir d'une substance conductrice quelconque : l'or, l'argent, le bronze et la poudre de cuivre peuvent être employés dans ce but.

Il y a un autre procédé par lequel les substances non conductrices, telles que les matières animales, végétales et minérales, peuvent être revêtues d'une couche très-mince de mé-

tal. L'objet à copier doit être frotté avec une petite quantité d'une dissolution d'un sel d'or, d'argent ou de platine, et dans cet état, on doit l'exposer à la vapeur du phosphore, obtenue par l'évaporation d'une solution éthérée ou alcoolique de ce dernier ; alors un dépôt métallique en couche très-mince aura lieu à la surface de l'objet qui deviendra ainsi bon conducteur. On a supposé qu'il y avait ici formation d'un phosphure métallique ; mais si un fragment de phosphore est plongé dans une dissolution d'or, d'argent, de platine ou de cuivre, le phénomène se trouvera expliqué, puisque chacun de ces métaux recouvrira le phosphore ; le dépôt de cuivre surtout est d'une grande beauté.

La substance qu'on veut copier, peut aussi être frottée avec la dissolution de l'un des métaux mentionnés tout à l'heure, puis on doit l'exposer soit aux rayons du soleil ou à la chaleur d'un foyer ; dans ce cas, la réduction aura lieu, mais ce procédé est long et ennuyeux, et c'est pour cette raison qu'on l'emploie rarement. Tout autre moyen de réduire les métaux peut également suffire, comme par exemple, la réduction à l'aide du proto-sulfate de fer, ou du gaz hydrogène (1).

144. Le meilleur moyen de revêtir une substance non conductrice, d'une couche de substance conductrice, est l'application sur la première d'une certaine quantité de charbon ou de plombagine pulvérisée ; dans ce but, on frottera une certaine quantité de l'un de ces corps sur l'objet à copier, de manière à l'en revêtir d'une couche extrêmement mince qui suffira pour remplir le but qu'on se propose. La plombagine est préférable surtout à cause de sa nature onctueuse qui rend son application plus facile. Cette application se fait à l'aide d'un pinceau en poil de chameau, de blaireau, ou en soie de cochon, suivant la nature de la substance qu'on veut recouvrir ; cependant on doit avoir soin que les interstices qui existent entre les petites lignes que présente la surface, ne soient pas bouchées, ce qui rendrait la copie imparfaite. Quelquefois on a de la difficulté à faire adhérer une couche mince à la surface ; mais si on fait une préparation où la délicatesse des détails n'est point indispensable, une petite quantité de vernis peut d'abord être appliquée. Quelquefois on emploie un peu d'es-

(1) 143. Ces divers moyens de métalliser les substances non conductrices sont à peu près abandonnés aujourd'hui que le pouvoir conducteur de la plombagine est un fait hors de doute et incontestable. Voyez néanmoins à l'Appendice les procédés employés par M. Spencer pour métalliser diverses substances.

prit-de-vin, lorsque ce liquide est de nature à agir sur le moule (comme ceux en cire à cacheter), mais il faut avoir soin de ne pas en rendre la surface rude par un excès d'alcool. On peut faire adhérer la mine de plomb sur certaines substances, en soufflant simplement sur elles avec l'haleine. De quelque manière qu'on obtienne cette adhésion, on doit toujours se souvenir qu'il est de la plus haute importance d'exposer à l'action de la dissolution une surface unie de mine de plomb, plutôt qu'une surface épaisse et rugueuse.

Les opinions contradictoires qu'on s'est faites touchant l'application de la mine de plomb, sont dues entièrement à ce qu'il y a de grandes différences dans les échantillons de cette matière; car si elle n'est pas formée de carbone, elle devient non conductrice. J'en ai trouvé des échantillons qui étaient tout-à-fait sans action, tandis que d'autres étaient d'excellents conducteurs. Il n'y a que l'expérience qui puisse indiquer à l'opérateur si tel ou tel échantillon de mine de plomb possède une qualité conductrice. Il n'existe pas deux fabriques où on puisse l'obtenir semblable, attendu qu'elle peut être naturellement d'une mauvaise qualité, falsifiée, ou mal préparée. Le meilleur moyen de juger de la qualité de la mine de plomb, est d'en prendre une pincée entre le pouce et l'index, et de la presser entre ces deux doigts: si elle est de bonne qualité, elle se tassera et adhérerait aux doigts. Si on emploie le charbon, il doit être bien carbonisé et réduit en poudre impalpable (1).

145. De toutes ces différentes méthodes, aucune, à mon avis, n'est comparable à l'emploi de la mine de plomb de

(1) 144. Il n'est peut-être pas de substance sur la nature de laquelle on ait été si peu d'accord, que celle connue sous le nom vulgaire de *plombagine* ou *mine de plomb*: ces deux noms, qui lui ont été donnés sous l'empire de la croyance erronée qu'elle contenait du plomb, ont été depuis remplacés par celui de *carbure de fer*, et enfin de *graphite*. Aujourd'hui les chimistes se sont arrêtés à cette dernière dénomination; ils considèrent ce produit naturel comme un véritable carbone dans un état particulier, et les minéralogistes l'ont classé parmi les combustibles, à côté des *anthracites*; quoi qu'il en soit, il contient 8 à 9 pour cent de fer sur 91 à 92 de carbone.

Le peu d'efficacité de quelques *graphites* dans l'électro-métallurgie doit être attribuée à la falsification qu'on leur fait quelquefois subir dans le commerce en y mélangeant le *molybdène sulfuré*. Cette fraude a eu pour effet de faire douter un instant de l'efficacité du graphite comme conducteur du courant galvanique. Mais aujourd'hui il est hors de doute que le graphite de bonne qualité possède à un très-haut degré la faculté conductrice. Néanmoins, comme les échantillons de cette matière sont très-variables dans le commerce, on ne saurait apporter trop d'attention pour la bien choisir, et ce n'est qu'après l'avoir essayée pour vérifier sa conductibilité, qu'on devra l'appliquer sur les substances non conductrices.

Le graphite qu'on doit préférer sera léger, pas trop dur, net, uni, luisant, argenté et d'un grain fin et serré; sa pesanteur spécifique doit être alors d'environ 2,09g.

Le lecteur nous saura gré de lui avoir fait connaître ces particularités sur une substance appelée à jouer un si grand rôle dans la galvanoplastie.

bonne qualité. La ténuité de sa couche est telle qu'elle ne suffit pas à elle seule pour conduire le courant voltaïque; mais cette couche mince favorise si bien la diffusion latérale du cuivre, que toute sa surface s'en trouve bientôt revêtue: il est curieux d'observer la couche du cuivre tandis qu'elle s'étale sur un moule. Pour mieux juger de ce fait, un fragment de cire à cacheter noire, revêtue de mine de plomb est très-convenable, attendu que la différence de couleur permet d'observer plus facilement la formation de cette couche: on verra le cuivre, après avoir pris naissance d'un point quelconque du fil conducteur, se déposer sur la mine de plomb et se répandre latéralement jusqu'à ce que toute la surface soit envahie par le métal déposé.

CHAPITRE III.

DES LOIS QUI PRÉSIDENT A LA RÉDUCTION DES MÉTAUX.

Métaux qui peuvent être réduits par le courant galvanique, 146. — Etats différents sous lesquels ils sont réduits, 147. — Lois pour la réduction des métaux en poudre noire, 148. — Lois pour la réduction à l'état cristallin, 149. — Lois pour la réduction à l'état métallique pur, 150. — Causes des différences dans la réduction, 151-152. — Moyen de les produire, 153-159. — Moyen d'obtenir une poudre noire, 159. — Des cristaux, 160. — Un métal régulier, 161-165. — Mêmes résultats obtenus à l'aide d'une seule cellule, 165-166. — Temps nécessaire pour obtenir le dépôt métallique, 167.

146. Tous les métaux peuvent être réduits à l'aide du courant galvanique, ou par l'action secondaire de l'hydrogène qui provient de la décomposition de l'eau. Cependant il n'y en a que quelques-uns qui puissent être avantageusement réduits de cette manière pour les besoins des arts. Ce sont: l'or, l'argent, le platine, le palladium et le cuivre; les autres métaux que je suis parvenu à réduire à l'état métallique (et non pas à l'état de poudre noire ou de cristaux) pour les usages ordinaires, sont: le fer, le bismuth, le zinc, le plomb, l'étain, l'antimoine, le nickel et le manganèse. La plupart de ces derniers peuvent être obtenus en une couche solide, qui se moule exactement sur la forme des substances conductrices ou non conductrices sur lesquelles on l'applique. La manière d'obtenir une couche mince ou épaisse sera traitée plus loin.

147. Les lois qui président à la formation du dépôt de chaque sorte de métal, paraissent être identiques, et quoique fort simples, elles m'ont coûté beaucoup de travail pour les décou-

vrir. Les propriétés dont j'ai à traiter ici, sont relatives à la qualité du métal, sur laquelle diverses circonstances exercent une influence notable. Le métal réduit peut se présenter sous trois formes : 1^o en poudre noire; 2^o sous forme de cristaux; 3^o sous la forme métallique. Outre ces trois formes, il y en a d'intermédiaires, c'est-à-dire constituées par la réunion de plusieurs d'entre elles; mais je n'ai point à m'occuper ici de ces dernières.

148. 1^{re} Loi. — Les métaux sont toujours précipités sous forme de poudre noire, quand le courant électrique a assez de force relativement à celle de la dissolution, pour que l'hydrogène se dégage avec violence du pôle négatif de la cellule à décomposition. Le métal se précipite sous forme d'une poudre spongieuse, lors même qu'une petite quantité de bulles d'hydrogène se dégage dans un court espace de temps, une demi-minute par exemple.

149. 2^e Loi. — Tout métal est précipité sous forme de cristaux, quand le pôle négatif ne produit pas un dégagement d'hydrogène, ou une tendance à ce dégagement. Par le mot *tendance au dégagement* de l'hydrogène, j'entends qu'il faut un courant d'électricité de tension plus considérable, ou une dissolution plus facile à décomposer, pour que le gaz se dégage. Les cristaux sont grands ou petits, suivant les circonstances qui seront indiquées plus loin.

150. 3^e Loi. — Pour précipiter les métaux à l'état métallique, c'est-à-dire avec tous les caractères qui leur sont propres, il faut employer une quantité d'électricité juste suffisante pour faire apparaître au pôle négatif les plus petites quantités d'hydrogène. En d'autres termes, la quantité d'électricité qu'on fait passer, si elle ne produit pas un léger dégagement de gaz à ce pôle, doit au moins produire une tendance à ce dégagement. Quand je dis que l'hydrogène doit se dégager légèrement de ce pôle, il faut se souvenir, pour ne pas être induit en erreur, qu'il suffit pour cela que quelques bulles de ce gaz adhèrent au pôle négatif, après qu'on a continué l'opération pendant quelques heures. En effet, l'état métallique du dépôt est obtenu dans sa plus grande pureté, lorsque l'hydrogène arrive juste à son point de dégagement, sans que ce dégagement ait lieu au pôle négatif.

151. Les causes de ces variations sont difficiles à comprendre; cependant, peut-être me sera-t-il permis d'en hasarder l'explication théorique. On a déjà vu plus haut que les mé-

taux peuvent être réduits de deux manières. Ainsi : 1^o d'abord le professeur Daniell a prouvé qu'un sel métallique cède souvent sa base sous l'influence directe du fluide galvanique. 2^o Il est prouvé que le métal peut être réduit d'une seconde manière sous l'influence de l'hydrogène qui provient de la décomposition de l'eau. Il me semble donc convenable, dans le cas où l'on veut obtenir le dépôt métallique à l'état ductile, d'agir principalement, si ce n'est entièrement, à l'aide de la décomposition secondaire, c'est-à-dire par l'intermédiaire de l'hydrogène. Une surabondance de ce gaz fait précipiter le métal sous forme de poudre noire, tandis que quand il se dégage modérément il en résulte un précipité de métal ductile et propre à être employé dans les arts. Il est probable que cet état de ductilité est produit par l'agglomération ou condensation des molécules de la poudre noire, de même que le platine métallique est produit par la condensation du platine spongieux. Je dirai même que l'état cristallin provient probablement de la décomposition du sel par l'action directe du courant électrique.

152. Laissons cependant les théories pour ne nous occuper que des faits. En résumé : 1^o le fluide électrique réduit les métaux combinés à l'état de sel dans une dissolution, et ils conservent leur état malléable et ductile quand le courant suffit tout juste pour provoquer le dégagement de l'hydrogène. 2^o Le courant électrique, quand il ne suffit pas pour produire le dégagement de ce gaz, précipite le métal sous la forme de cristaux. 3^o Et enfin, le dépôt métallique est noir et pulvérulent quand il y a dégagement abondant de gaz.

153. Le plus léger examen de ces faits suffira pour montrer l'importance des deux propriétés des piles pour la production de ces divers résultats. C'est pour cette raison qu'on voit certains effets résulter de la quantité du courant, et d'autres êtres produits par son intensité. L'art de régler l'intensité de ce courant est de la plus haute importance, car, d'une part, l'économie exige qu'on emploie le moins de cellules possibles, et d'une autre part, dans certaines circonstances, il est nécessaire d'en employer davantage. Le fluide qu'on veut décomposer doit autant que possible agir sur le pôle positif de la pile. Ainsi, dans la décomposition des sels d'argent, de fer, de plomb, d'étain et de cuivre, on doit se servir dans l'appareil à décomposition de pôles positifs de chacun de ces métaux, ce qui permet de conduire l'opération avec une seule

cellule, laquelle avec une seule batterie fait beaucoup de travail à peu de frais. Pendant la décomposition, les métaux précédemment indiqués sont dissous également dans la même proportion que la partie de la dissolution aux dépens de laquelle se forme le dépôt métallique. La dissolution conserve aussi toujours la même force.

154. Le degré d'action du liquide sur les pôles positifs, ou plutôt de l'oxygène et de l'acide transportés au pôle positif varie avec chaque sel du même métal. Pour régler l'action avec égalité, dans certains cas, on ajoute des acides d'un pouvoir oxidant plus ou moins grand, ou en plus ou moins grande quantité, à la dissolution métallique qui doit être décomposée; une augmentation ou une diminution de température influe sur l'intensité du courant qu'exigent les différents sels, attendu qu'à une haute température le courant passe avec plus de facilité, l'action sur le pôle positif étant dans ce cas plus énergique. Ces particularités seront examinées plus tard avec plus de soin. Mais je dois ajouter ici que, quand cela est possible, on ne doit employer qu'une cellule de sa batterie; et quand une seule cellule ne produit pas assez d'intensité, on peut obtenir une compensation, en ajoutant, si on veut, à la dissolution métallique un acide dont l'affinité pour le pôle positif soit plus ou moins grande.

155. Dans les cas où on emploie un anode ou pôle positif de platine, on est forcé d'obtenir une augmentation d'intensité en se servant d'une plus grande série de batteries. Alors on doit employer une quantité de cellules suffisante pour décomposer l'eau. Il suffit en général d'en employer 3 ou 4 : il n'est pas nécessaire d'obtenir une intensité plus considérable que celle qu'exige la décomposition de l'eau; mais il faut avoir soin de bien régler la quantité de l'électricité.

156. La quantité de ce fluide qui traverse un liquide dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de la distance qui sépare les électrodes, de l'étendue de surface que ces dernières offrent au fluide, ou du volume relatif des uns par rapport aux autres. J'ai déjà signalé ces particularités quand j'ai traité des piles voltaïques en général. Cependant chaque variation dans la force de la dissolution exige une quantité différente d'électricité, attendu qu'une augmentation dans la quantité du sel métallique exige également une augmentation dans celle de l'électricité, et *vice versa*. Cependant l'effet d'une augmentation de quantité électrique dans une dissolution où il n'y a pas une

intensité suffisante pour produire beaucoup d'hydrogène, est seulement d'augmenter la quantité ou le volume des cristaux.

157. La quantité de fluide électrique qui traverse une dissolution, exerce une influence curieuse sur l'état des cristaux, car il y a deux variétés de ces derniers : l'une provient d'un défaut de quantité de ce fluide, relativement à la force de la dissolution; dans ce cas la plaque métallique qu'on soumet à l'opération semble recouverte de sable, tant la couche qui la revêt offre peu de cohésion et de consistance, et tant sa texture est fragile; ceci tient au passage d'une faible quantité de fluide galvanique à travers une dissolution métallique concentrée. La deuxième variété de la forme cristalline des métaux provient d'une quantité d'électricité hors de proportions avec le volume de la plaque; ainsi, si on emploie un pôle positif de grande dimension et qu'on le mette en communication avec une forte batterie de faible intensité, et si on se sert en même temps d'une forte dissolution, il y aura un dépôt de cristaux grands et fort durs.

158. Pour appliquer ces lois, il faut tenir compte : 1^o de la force de la batterie; 2^o de la force de la dissolution; 3^o de l'arrangement des pôles dans la cellule à décomposition; 4^o et enfin de la température de la dissolution qu'on veut décomposer.

159. Quelle que soit la dissolution qu'on emploie, on peut augmenter le dégagement de l'hydrogène, afin d'obtenir le dépôt de poudre noire : dans ce but, on augmente l'intensité et la force de la batterie, on diminue le volume du pôle négatif, on augmente celui du pôle positif, on rapproche les pôles ou électrodes, et enfin on élève la température. Toutes ces conditions réunies ensemble ou utilisées séparément, favorisent l'augmentation du fluide électrique et le dégagement du gaz hydrogène.

Quel que soit le volume du pôle négatif, on peut obtenir un dépôt de poudre noire, en augmentant l'intensité et la force de la batterie, en donnant une plus grande dimension au pôle positif, en diminuant la quantité de sel métallique que contient la dissolution, en même temps qu'on ajoute une nouvelle quantité d'acide à cette dernière, et enfin en rapprochant les pôles.

On peut, à l'aide de n'importe quelle batterie (pourvu toutefois qu'elle ait assez de force pour décomposer l'eau), obtenir un dépôt de poudre noire en diminuant le volume du pôle

négalif, en augmentant celui du pôle positif, en rapprochant ces pôles, et en affaiblissant la dissolution avec un acide très-étendu.

160. Dans le but d'obtenir un dépôt cristallin avec une dissolution quelconque, on augmente la quantité d'électricité, en même temps qu'on diminue l'intensité provenant de la batterie; on augmente le volume du pôle positif, on diminue celui du négatif et on les rapproche l'un de l'autre.

Pour obtenir un dépôt cristallin à l'aide d'une plaque négative quelconque, on diminue l'intensité de la batterie, on augmente l'étendue de cette dernière, on sature la dissolution avec le sel métallique, et on a soin de ne pas l'aciduler. Le pôle positif peut être augmenté de volume et rapproché de l'autre pôle.

On peut obtenir ce dépôt cristallin à l'aide de n'importe quelle batterie en saturant la dissolution avec le sel métallique, sans addition d'acide, et diminuant le volume de l'électrode négatif, en augmentant celui du positif, et en les rapprochant.

161. Cependant le point principal est d'obtenir un dépôt à l'état métallique; à cet effet, il faut que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager, ce qui est important et difficile à atteindre. Quelle que soit la nature de la dissolution, si on trouve la quantité d'hydrogène trop abondante, on peut ou augmenter le volume du pôle négatif, ou diminuer celui du positif, ce qui suffira dans beaucoup de cas; mais comme dans quelques circonstances on veut laisser aux deux électrodes le même volume, il faut alors diminuer la grandeur des éléments de la batterie et la force de sa charge. Quelquefois, par exemple, j'emploie ma batterie après l'avoir amorcée avec de l'eau et une très-petite quantité d'acide; quand on veut augmenter la rapidité de l'opération, on doit diminuer le dégagement de l'hydrogène et augmenter la quantité du sel métallique de la dissolution. Il suffira dans plusieurs cas de varier la distance d'un pôle à l'autre pour régler le dégagement de l'hydrogène.

Les modifications opposées aux précédentes sont également applicables au cas où il n'y a pas une suffisante production d'hydrogène. En réglant la force de la dissolution métallique et en y ajoutant plus ou moins d'acide étendu, le dégagement de l'hydrogène dans n'importe quelle pile sera parfaitement apprécié, pourvu que cette pile soit assez forte pour décomposer l'eau.

162. Ainsi on peut obtenir la réduction d'un métal quelconque sous l'une des trois formes précédemment indiquées, en mettant une quantité plus ou moins grande de sel métallique dans la dissolution, en se servant d'un pôle négatif de n'importe quelle forme, ou d'une pile grande ou petite, ou enfin à l'aide d'une température plus ou moins élevée.

163. On a imaginé une expérience intéressante pour démontrer ces lois d'une manière simple et évidente. On introduit dans un grand vase une forte dissolution de sulfate de cuivre, on versedoucement dessus de l'acide sulfurique étendu avec un peu de sulfate de cuivre. La dissolution saturée de sulfate de cuivre, étant plus lourde, reste au fond; l'acide sulfurique au contraire surnage; puis on plonge dans le fond du vase un long fil métallique qui joue le rôle de métal négatif, on complète le circuit, peu de temps après on retire le fil; et le fond du vase se trouve revêtu de cristaux de cuivre épais et durs. Vers le milieu du vase on trouve des cristaux plus flexibles, et à la partie supérieure on rencontre une masse métallique spongieuse. On agite alors le liquide, afin d'en bien mélanger toutes les parties, puis on y introduit un autre fil métallique et l'on obtient alors un dépôt de cuivre d'une texture uniforme.

164. En détaillant les lois ci-dessus, on a vu qu'à l'aide de la batterie, on pouvait régler avec la plus grande exactitude la quantité et l'intensité du courant. Les mêmes principes s'appliquent aux cas où le métal sur lequel la réduction doit avoir lieu devient pôle négatif, par rapport à un fragment de zinc contenu dans un tube poreux; mais on ne peut pas user de ce moyen avec toute la délicatesse que comporte l'emploi de la batterie.

165. La quantité d'électricité dans un appareil à une cellule peut être accrue en augmentant l'étendue du pôle zinc, en le rapprochant du pôle négatif, en diminuant autant que possible toutes les résistances qu'on rencontre par l'emploi des diaphragmes, et en augmentant l'acide de la dissolution qui agit sur le zinc. La quantité d'électricité peut de la même manière être diminuée, en adoptant un procédé inverse. Dans l'emploi de l'appareil à une cellule, aussi bien que dans celui de la batterie, la force de la dissolution métallique qui doit être décomposée exerce son influence sur la quantité d'électricité qu'exige la réduction du métal. La même chose a lieu, que la dissolution soit neutre ou acide. Les faits précédents suffisent à eux seuls pour montrer l'imperfection de l'appareil à une seule cellule et la supériorité du procédé par la pile.

166. Il y a certaines particularités inhérentes à chaque métal, et même à chaque sel du même métal. Chacun d'eux exige des manipulations un peu différentes, qui dépendent des circonstances dans lesquelles la réduction du métal a lieu. Les variétés dans les procédés opératoires seront examinées dans le chapitre suivant.

167. Voyons maintenant l'influence que le temps exerce sur chacun d'eux. Est-il nécessaire, comme tous les auteurs l'ont dit, que la précipitation voltaïque ait lieu lentement? Les lois fondamentales qui régissent la précipitation des métaux répondent négativement; car si le pouvoir électrique est réglé d'après la force de la dissolution, la précipitation peut avoir lieu avec rapidité. En effet, je prouverai plus loin que la réduction des métaux peut être effectuée plus promptement qu'on ne le croirait au premier abord, parce que la précipitation est soumise aux mêmes lois, qu'elle ait lieu lentement ou rapidement.

CHAPITRE IV.

DE LA RÉDUCTION DES MÉTAUX, DE LEURS COMBINAISONS DIVERSES.

Réduction de l'or, 168. — Du platine, 169. — Du palladium, 170. — Remarque générale, 171. — Réduction de l'argent; de son nitrate, 172. — De son sulfate, 173. — De son acétate, 174. — De son hyposulfite, 175. — De son ammonio-nitrate, 176. — Réduction du nickel, 177. — Réduction du cuivre; de son sulfate, 178-179. — De son nitrate, 179 bis. — De son muriate, 180. — De son acétate, 181. — De son ammoniure, 182. — Pôle positif en cuivre, 183. — Pôle négatif, 184. — Cuivre réduit, 185. — Bronzage, 186. — Réduction du zinc, 187. Réduction du fer, 188. — Réduction du plomb, 189. — Réduction de l'étain, 190. — Conclusion, 191.

168. Nous avons à traiter maintenant des métaux qui peuvent être précipités de leurs sels par le courant galvanique, et des soins particuliers qu'exige chacun d'eux (1).

(1) 168. Quoique les procédés récemment découverts par MM. Elkington et de Ruolz pour la réduction de l'or, de l'argent et du platine, etc., soient infiniment supérieurs à ceux décrits par M. Smée, nous avons cru devoir laisser subsister en entier la description de ces derniers, Nos 168 à 177. Les travaux de M. Smée, quoique bien antérieurs à ceux de MM. de Ruolz et Elkington, avaient déjà presque résolu le problème de la dorure galvanique. Ils méritent donc d'être connus de ceux qui se livrent à l'étude de l'électro-métallurgie, parce qu'ils y trouveront peut-être les éléments de nouveaux progrès.

Nous donnerons à l'Appendice tous les procédés de dorure galvanique successivement proposés par MM. Delarive, Boettger, Elmer, et enfin par MM. Elkington et de Ruolz.

Nous devons néanmoins faire observer dès à présent que la dorure par le galvanisme ne peut guère être appliquée que sur un autre métal; et qu'en général, elle réussit médiocrement sur les substances non conductrices. Nous signalons ce progrès à l'ère ultérieurement, aux recherches de nos lecteurs. Voir le No 198, dernier alinéa.

Les sels de tous les métaux précieux peuvent être facilement décomposés, et l'hydrogène a une grande tendance à se dégager pendant leur décomposition ; sous ce rapport leur réduction exige les plus grands soins. L'or est généralement dissous dans l'acide nitro-hydrochlorique qui forme alors un chlorure ou hydrochlorate de ce métal. Ce chlorure est très-soluble et est un excellent conducteur. L'hydrogène paraît avoir une grande tendance à se dégager sous l'influence de la quantité d'électricité qui se forme pendant la décomposition de ce sel. La dissolution qu'on emploie peut être très-concentrée ou très-faible, mais il faut avoir soin de se conformer aux lois déjà mentionnées ; car s'il ne se dégage pas d'hydrogène au pôle négatif, aucune précipitation d'or n'aura lieu sous forme de poudre noire, et de cette manière j'ai pu obtenir une dissolution d'or tout-à-fait incolore. La surface du métal négatif sur laquelle le dépôt se forme doit être brillante et on doit faire passer une très-petite quantité d'électricité. Mais peu importe son intensité relativement à la force de la dissolution métallique. Le pôle positif doit être petit et en variant le volume de celui-ci, on peut régler avec la plus grande exactitude la quantité du fluide électrique qu'on fait passer ; en suivant ces règles, il ne sera pas difficile de précipiter l'or de la dissolution la plus forte. Pendant la décomposition de ce sel, le chlore est mis en liberté et peut attaquer légèrement le pôle positif.

Le pôle positif doit être construit avec un fil fin de platine ou d'or, et il suffit, dans la plupart des cas, d'en plonger seulement l'extrémité dans la dissolution.

Le pôle négatif peut être en or, en charbon ou en platine, car tous ces corps peuvent être recouverts d'or, n'étant pas susceptibles d'être attaqués par la dissolution de ce métal. On peut employer même les métaux sur lesquels agit la dissolution, en ayant soin toutefois de ne pas laisser ces métaux un seul instant en contact avec le liquide avant que le circuit galvanique ne soit complété. D'abord la dissolution devra être très-faible, mais une fois qu'on a obtenu une surface dorée, on peut la rendre plus forte en y ajoutant une dissolution plus concentrée. Plus la plaque négative sera grande, plus la réduction sera effectuée promptement. Car alors le pôle positif n'a pas besoin d'être aussi petit.

Il y a d'autres sels solubles d'or, tels que la dissolution de son oxide dans la potasse et la soude, ou dans leurs carbonates et le bromure d'or ; mais le nitro-hydrochlorate d'or remplira parfaitement le but.

169. Le platine peut exister en dissolution sous forme de chlorure, d'hydrochlorate ou de sulfate; les circonstances qui exercent une influence sur la réduction de l'or en exercent une semblable sur celle du platine, et les observations qui concernent le premier métal sont également applicables au second. Il est par conséquent inutile d'y revenir ici. Le nitro-hydrochlorate de platine est un bon conducteur et n'exige pour pôle positif qu'un fil de platine très-fin. La couleur du platine ainsi réduit ressemble un peu à celle de l'acier poli, couleur qui forme un grand contraste avec le platine précipité sous forme de poudre noire, tel qu'on l'emploie pour ma batterie.

170. Le palladium est soluble par l'acide nitrique dans lequel on ajoute une faible quantité d'acide hydrochlorique, et les règles qu'on doit suivre pour obtenir la réduction de ce métal sont les mêmes que celles indiquées pour réduire les métaux précédents.

171. On doit employer dans la réduction de tous ces métaux une batterie composée, ayant un pôle positif de platine dans la cellule à décomposition. Le volume de ce pôle exercera une influence sur la quantité d'électricité (*fig. 7*).

L'appareil à une seule cellule peut être employé pour la réduction de ces métaux, mais il est peu convenable sous ce rapport, attendu qu'il n'est pas facile de le diriger. On doit le construire de manière à ce qu'il n'admette que le passage d'une très-petite quantité d'électricité, et l'expérience m'a démontré qu'un tube à orifice capillaire était ce qu'il y avait de mieux pour remplir l'office du récipient intérieur. (113)

172. L'argent, sous le rapport de son importance pratique, exige la plus sérieuse attention. Examinons donc successivement le nitrate, le sulfate, l'acétate, l'hyposulfite et l'ammoniaque de ce métal.

Le nitrate d'argent est de tous les sels de ce métal le moins convenable pour en obtenir la réduction, et quand on en fait usage, l'hydrogène a une grande tendance à s'en dégager. C'est pourquoi, dans ce cas, on doit employer un très-faible courant. La cellule à décomposition doit contenir un pôle positif de platine ou même d'argent, attendu que ce dernier étant dissous entretient toujours le même état de saturation du fluide. Quand on emploie un pôle positif d'argent on court risque d'augmenter la quantité d'électricité. C'est pourquoi on ne doit employer qu'un fil de ce métal; alors, la profondeur à laquelle l'opérateur le plonge dans le fluide réglera la quantité du courant.

Le pôle négatif qu'on place dans cette dissolution; et qui doit recevoir le dépôt métallique, peut être formé d'or, de platine, de charbon ou d'argent; mais les autres métaux ne sont nullement propres à cet usage à cause de l'énergie qu'ils déploient pour décomposer la dissolution. La force de la dissolution de ce sel peut être portée de 55 centigrammes à 23 grammes (10 à 420 grains) par 30 grammes (par once) d'eau en ayant soin de régler la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution, comme on l'a déjà dit.

173. L'autre préparation d'argent est le sulfate de ce métal, sel soluble, qu'on se procure à bon marché, et qui présente une grande facilité pour obtenir le dépôt métallique, attendu qu'il peut s'appliquer sur les métaux qui ont plus d'affinité pour l'oxygène que l'argent. On peut précipiter l'argent de cette dissolution sur le cuivre en employant un faible courant électrique. On doit empêcher le dégagement du gaz dans ces cas, et on parvient à ce résultat par l'emploi du blanc d'Espagne. A cet effet, on frotte avec cette substance l'objet avant de l'immerger dans le liquide; cette friction est également faite plusieurs fois pendant la durée de l'opération, et son succès paraît dépendre en grande partie de l'application du blanc d'Espagne sur toute la surface de l'objet, afin d'enlever les particules pulvérulentes d'argent qui peuvent s'y former.

174. L'acétate d'argent est aussi un sel soluble qu'on se procure à bon marché et qui remplit parfaitement le but. Cependant, quand on emploie ce sel, il faut avoir soin de régler la quantité d'électricité. En somme, les deux derniers sels que nous avons indiqués sont les plus propres à entrer dans les dissolutions, attendu que la réduction de l'argent peut en être obtenue facilement.

175. On se procure sans peine l'hydrosulfite d'argent en ajoutant un hyposulfite quelconque, tel que celui de potasse, au nitrate, au chlorure, ou à tout autre sel d'argent. Il y a une si grande affinité entre ce métal et cet acide, que l'hyposulfite décompose les sels les plus insolubles d'argent. Les hypo-sulfites des alcalis peuvent être préparés en ajoutant de l'acide sulfureux à leurs sulfures, comme par exemple au sulfure de potassium ou de sodium. Ce sel d'argent est assez soluble et exige une plus grande quantité d'électricité pour sa décomposition que le nitrate.

176. Le nitrate ammoniacal et le chlorure ammoniacal d'ar-

gent sont très-solubles, mais n'offrent pas d'avantages particuliers pour obtenir un dépôt métallique.

On doit prendre de grands soins dans l'emploi de ces sels; car si la dissolution était quelque temps livrée à l'évaporation de manière à laisser des parties desséchées sur les parois du vase, il serait de la plus grande imprudence d'y toucher. Car un sel fulminant se formerait, et si on y touchait seulement avec le doigt pour l'enlever des parois du vaisseau, une explosion redoutable aurait lieu. J'appelle une attention toute particulière sur ce fait, car je l'ai appris à mes propres dépens, puisque j'y ai presque perdu l'œil droit. Ces sels sont de bons conducteurs, et on peut employer leur dissolution à tous les degrés de concentration. On doit rendre cette dernière alcaline à l'aide d'un excès d'ammoniaque. Un pôle négatif propre à recevoir le dépôt d'argent, est celui qu'on fait avec le platine, l'or, le palladium, le charbon ou l'argent lui-même, toutes ces substances n'étant pas susceptibles d'être attaquées par la dissolution. Ainsi toutes les fois qu'on veut obtenir une copie en argent, l'original doit toujours être fait d'un de ces métaux.

L'état spongieux du métal peut être obtenu de l'un de ces sels avec la plus grande facilité, en ayant soin d'augmenter la quantité d'électricité.

177. Le nickel n'exige pas beaucoup de soins, il peut être réduit d'une dissolution contenant du nitrate de nickel en se servant d'un faible courant. Ce métal excellent et qui est à bon marché, est fort utile pour revêtir le cuivre et d'autres métaux. Quand on opère sur cette substance, aussi bien que sur toutes les autres, il faut bien prendre garde que l'hydrogène ne se dégage du métal négatif, quoiqu'il faille cependant que ce gaz soit sur le point de se dégager. (150)

178. Quoique la manipulation des métaux dont je viens de parler soit extrêmement intéressante par sa nouveauté, cependant il n'y a peut-être pas de métal plus important que le cuivre pour fournir un dépôt métallique, sa réduction peut avoir lieu à l'aide de plusieurs de ses sels, dont les plus dignes d'attention sont : le sulfate, l'hydrochlorate, le nitrate et l'acétate de cette base. Le sulfate est le plus communément employé à cause de son prix peu élevé : il laisse déposer 25 parties de cuivre métallique pur pour 100 parties de sulfate décomposé par le courant voltaïque, et 27 parties de zinc sont dissous pour 25 parties de cuivre réduit. Ce sel est un peu difficile à décom-

poser et il offre une résistance considérable au passage du courant électrique. Son pouvoir conducteur, et par conséquent sa facilité à être décomposé peut être augmentée par l'addition d'un acide à la dissolution ; à cet effet, on peut choisir l'acide sulfurique ou l'acide azotique étendus. La dissolution faite avec 500 grammes (une livre) de ce sel dans 2 kilogr. (4 livres) d'eau, avec addition d'un tiers ou de moitié de son volume d'acide sulfurique étendu, est utile en beaucoup de cas. L'acide étendu doit être formé d'une partie d'acide sulfurique pour 8 parties d'eau ; on aura soin d'agiter le mélange. Cette dissolution est extrêmement avantageuse quand on veut obtenir une couche métallique sur des substances non conductrices préalablement recouvertes d'une couche de plombagine, parce que l'hydrogène avec une batterie suffisante n'a pas autant de tendance à se dégager.

Une modification peut être faite ici en employant un peu moins d'acide sulfurique étendu, et en même temps en ajoutant un peu d'acide nitrique, à l'aide duquel le pouvoir conducteur de la dissolution est naturellement augmenté. L'acide nitrique attaque le pôle positif, en sorte que la dissolution métallique en devient plus forte. Si cet effet est trop fort, on doit étendre la dissolution. Le pôle positif est plus disposé à être attaqué quand l'action a duré quelque temps, car il se forme de l'acide nitrique qui aide à l'action de la dissolution. Dans ces deux cas la réduction a lieu avec une grande rapidité. L'effet des acides est de diminuer la résistance offerte au passage du courant électrique, ou, ce qui revient au même, d'en augmenter l'intensité. On trouve que la qualité du cuivre obtenue par l'une ou l'autre de ces méthodes est la même, le métal est flexible, malléable et ductile, mais peu élastique ; pour obtenir ces qualités au plus haut degré, le dégagement de l'hydrogène doit être réglé d'après la force de la dissolution, de telle sorte que quand la plaque y a séjourné quelques heures, on voie quelques bulles d'hydrogène y adhérer. Je fais en sorte en général d'obtenir le cuivre un peu dur et élastique, et je parviens à ce but en augmentant la force de la dissolution.

La dissolution acide ne doit pas être employée quand la plaque négative ou le moule qu'on veut copier est formé d'un métal plus oxidable que le cuivre, car l'acide agirait sur cette plaque ou sur ce moule, et pourrait même les dissoudre entièrement. Dans ce cas, une dissolution neutre doit être em-

ployée (1). Si on veut que le cuivre possède les qualités que j'ai déjà signalées, on doit employer une série de deux, trois, quatre, et même d'un plus grand nombre de batteries; par ce moyen on obtient une grande intensité, et la tendance à l'évolution du gaz est accrue. Ajoutons que les frais sont alors doubles, triples, quadruples de ceux qui accompagnent l'emploi d'une seule batterie. On peut aussi donner au métal une texture flexible en faisant usage d'une dissolution neutre étendue, avec une seule batterie, ou même en employant une dissolution plus forte qu'on portera à une haute température.

On peut donner au cuivre la plus grande dureté (quoiqu'il soit dans ce cas plus fragile), en adoptant des dispositions un peu différentes; on emploie alors une dissolution saturée du sulfate de cuivre, sans addition d'acide, et un pôle positif très-grand, ainsi qu'une cellule d'une dimension assez forte pour produire une quantité considérable d'électricité. Par ce moyen on obtiendra un cuivre extrêmement dur et d'une apparence légèrement cristalline; quant à la fragilité, elle dépend de la structure cristalline, comme le démontre un examen mécanique; car si on brise un fragment de ce cuivre, on verra que ses particules n'adhèrent que légèrement les unes aux autres. Cependant, quand on précipite le métal sous cette forme, le résultat n'est pas toujours le même, car le dépôt, qui est en grande quantité, envahit les deux faces de la plaque; quelquefois ce dépôt se fixe dans un angle de la plaque et y produira des efflorescences qui paraissent dues à la même cause.

179. D'après ce qui précède, c'est une erreur grossière de supposer que la fragilité ou flexibilité, que la dureté ou la ductilité du cuivre dépendent seulement de la plus ou moins grande quantité d'électricité produite, ou, en d'autres termes, de la rapidité du procédé; car une plaque peut être soumise pendant quinze jours à l'opération et présenter assez de fragilité pour être brisée au moindre effort; quelquefois, au contraire, quoique le procédé soit exécuté en deux jours, le métal

(1) 178. Nous pensons, d'après notre expérience, qu'il y a presque toujours inconvénient à mêler un acide, même très-étendu, à la dissolution de sulfate de cuivre. Il en résulte presque toujours l'altération ou la perte des modèles, lorsqu'ils sont en métal. En général, pour obtenir un bon résultat, la solution de cuivre doit être aussi neutre et aussi concentrée que possible, ainsi que le recommandent MM. Jacobi et Spencer.

est doué d'une grande flexibilité (1). Nous pouvons obtenir l'inverse de ces résultats en changeant les conditions qui servent à les produire; ainsi, une plaque peut être, pendant quinze jours, soumise à l'opération, et cependant être flexible, en ayant soin d'employer une dissolution faible et un léger courant; d'autres fois la plaque est fragile quoiqu'elle ait été obtenue en deux jours, c'est ce qui arrive quand on emploie un fort courant et une dissolution concentrée; la flexibilité dépend de la quantité d'électricité qu'on proportionne à la facilité avec laquelle on obtient la réduction du métal d'une dissolution quelconque, et de la quantité de sel contenue dans cette dissolution; ainsi, on doit employer une petite quantité d'électricité pour une dissolution neutre composée seulement de sulfate de cuivre; si l'on veut obtenir une plaque flexible et molle, une dissolution plus forte avec une série de batteries peut être employée avec le même résultat: si la dissolution est très-acide, on peut obtenir les mêmes effets avec une plus grande quantité d'électricité à l'aide d'une seule cellule, en se conformant aux lois qui régissent la précipitation.

Une fragilité extrême peut être obtenue en employant une petite quantité d'électricité dans une forte dissolution. En effet, dans ce cas, la plaque paraît être entièrement formée d'une agglomération de sable.

Le cuivre peut toujours être précipité sous la forme d'une poudre noire, en se servant d'une batterie puissante ou en suivant les autres méthodes dont nous avons parlé en formulant les lois. (148)

179 bis. Le nitrate de cuivre est un sel beaucoup plus facile à décomposer que le sulfate; mais il est dispendieux, et sa préparation est longue, à moins qu'on n'emploie une forme d'appareil où la dissolution soit maintenue dans la même force à l'aide d'une plaque positive en cuivre. C'est une question de savoir si en général il n'est pas plus avantageux d'employer la dissolution de nitrate de cuivre. L'électro-métallurgiste peut facilement le préparer pour son propre usage, en faisant dissoudre le cuivre métallique dans de l'acide nitrique. L'o-

(1) 179. Presque tous les auteurs qui ont écrit sur la galvanoplastie avaient posé en principe que pour obtenir un cuivre doux et malléable, une grande lenteur dans la réduction et un faible courant étaient nécessaires. M. Smée a victorieusement réfuté cette opinion, et il démontre que le dépôt peut avoir lieu lentement ou avec rapidité, pourvu qu'on dirige avec discernement les circonstances qui accompagnent ce dépôt. Nous signalons ce fait parce que l'erreur contraire n'est pas encore suffisamment déracinée.

pérateur doit éviter de s'exposer aux vapeurs d'acide nitreux qui se dégagent et qui ne sont pas sans danger. Ce nitrate de cuivre peut être acidulé avec de l'acide nitrique qui augmentera assez son pouvoir conducteur, pour empêcher qu'aucun obstacle ne s'oppose au courant, quand on emploie un pôle positif en cuivre. L'hydrogène ici a une tendance à se dégager parce qu'il n'y a que peu d'obstacle au passage du courant électrique. Le cuivre obtenu de cette dissolution est excellent, et la rapidité avec laquelle il se dépose, surpasse celle qu'on obtient à l'aide des autres sels de ce métal, parce que lors même qu'on augmente la force de la dissolution, le métal conserve de la résistance. Quand on emploie cette dissolution, on met 500 grammes (une livre) du sel métallique dans un litre d'eau acidulée. Avec 16 grammes ($1\frac{1}{2}$ once) d'acide nitrique concentré à l'aide d'une dissolution de ce sel acidulée et saturée, on peut obtenir une plaque de cuivre avec la plus grande promptitude. Le pôle positif en cuivre doit être de la même dimension que le pôle négatif, et on doit les placer tous deux à un centimètre de distance; une série de 4 à 6 batteries doit être employée à la température ordinaire; on aidera leur action par une haute température; et si celle-ci est plus élevée, un nombre moindre de batteries suffira. On ne doit jamais obtenir une plaque de cette manière, à moins qu'on n'en ait besoin, car quoique la qualité du cuivre soit égale et même supérieure à celle du cuivre obtenu par une seule cellule, cependant les frais que nécessite le dépôt ainsi obtenu sont plus grands.

180. L'hydrochlorate de cuivre peut être employé, mais je ne sache pas que son application soit accompagnée d'aucun avantage. Il est plus difficile à décomposer que le nitrate, mais moins que le sulfate. Il y a plusieurs autres sels de cuivre, mais ils n'offrent pas en général un grand intérêt à l'électrométallurgiste. Parmi les autres sels qui peuvent être employés, nous citerons l'ammoniaque, l'acétate et l'hyposulfite de cuivre; ces sels n'offrent aucun avantage, lorsque le cuivre ou tout autre métal d'une moindre affinité pour l'oxygène est employé comme pôle négatif. Cependant, avec les métaux ayant une plus grande affinité pour l'oxygène, on peut les employer avec succès, car il est important que le métal négatif n'exerce lui-même aucune action sur la dissolution saline, autrement le dépôt serait imparfait.

181. L'acétate de cuivre se prépare en faisant digérer le

vert-de-gris ordinaire dans de l'acide acétique, et en évaporant la liqueur jusqu'à ce que les cristaux soient formés. C'est un sel difficile à décomposer et qui exige pour cela la force produite par plusieurs cellules; le seul avantage de son application est la propriété qu'il possède de n'être pas décomposé par le fer lorsqu'il est à l'état neutre.

182. Les combinaisons que l'ammoniaque forme avec les sels de cuivre, sont : l'ammoniaque de l'oxide de ce métal, l'ammonio-nitrate et l'ammonio-sulfate de la même base; la réduction de ce métal des combinaisons précédentes est accompagnée de difficultés, et il est nécessaire que la dissolution soit rendue alcaline par l'addition d'un peu d'ammoniaque. Le fer et l'acier ne décomposent pas spontanément ces combinaisons de cuivre, mais il est à craindre que le seul avantage qui accompagne leur application ne compense pas l'embarras et la difficulté inhérents à ce procédé. Ces derniers sels exigent une série de batteries pour que leur décomposition puisse avoir lieu.

Je dois observer que plus un sel peut être décomposé avec rapidité, plus la dissolution doit être forte, et *vice versa*.

La dissolution concentrée d'un sel exige plus d'intensité et de quantité dans le courant qu'une dissolution faible, tandis que celle-ci n'exige que le courant produit par une seule batterie : voilà le secret de régler la qualité du cuivre.

183. J'ai déjà dit que le cuivre en feuilles peut être employé comme pôle positif de la cellule à décomposition, attendu que pendant l'action de la batterie il est dissous dans une proportion égale à celle qui est réduite au pôle négatif. Il est curieux de voir avec quelle régularité la plaque est amincie jusqu'à ce qu'elle ait complètement disparu; mais pendant cette opération, on voit un résidu considérable d'une matière noire (probablement du charbon), provenant des impuretés qui se rencontrent dans le cuivre. Si une plaque électrotypique est employée comme pôle positif de l'appareil, il n'en restera pas une seule particule, car la totalité sera dissoute (1). Une partie du pôle cuivre de la batterie peut aussi être dissoute partiellement, si l'on revêt la presque totalité de sa surface d'un vernis ou d'une substance capable de résister à l'action du liquide; c'est là une propriété dont nous aurons à nous entretenir plus loin.

(1) 183. Ce seul fait suffit pour démontrer l'extrême état de pureté à laquelle les métaux sont réduits par la pile.

184. Le pôle négatif peut être fait de plombagine, de charbon, d'or, d'argent, de platine, de palladium, de nickel, et même de cuivre; car tous ces corps sont propres à recevoir le dépôt cuivreux. Tous les autres métaux éprouvent plus ou moins d'action de la part de la dissolution, quoique le plomb et ses alliages puissent être employés avec le sulfate de cuivre, particulièrement si la solution est étendue. L'étain est de beaucoup inférieur au plomb pour recevoir le dépôt cuivreux, attendu qu'il est plus facile à attaquer. (1)

185. Le cuivre, ainsi réduit, revêt la forme et l'apparence du moule sur lequel il a été déposé. Si la surface de ce moule est polie, la copie le sera également, et la couleur sera, dans plusieurs circonstances, très-légèrement changée, surtout lorsque ce moule est en cuivre. La surface n'est pas si brillante quand le plomb, l'étain et d'autres métaux semblables servent à l'opération; mais lorsque l'on applique de la plombagine sur des surfaces polies, telles que la cire à cacheter ou la cire vierge, la surface de la copie est parfaitement brillante.

186. Pour les copies de médailles, la couleur naturelle du cuivre n'est pas convenable, et il vaut mieux employer la couleur de bronze qui présente une plus jolie apparence. Celle-ci peut être obtenue de plusieurs manières. Le procédé le plus généralement adopté est le suivant : on recouvre la médaille avec de l'oxide de fer, on la place dans une moufle, et dans cet état, on la soumet à l'action de la chaleur; lorsqu'on la retire du feu il suffit de la brosser.

Cependant, d'ordinaire, j'emploie des moyens plus prompts pour bronzer. L'un d'eux consiste à frotter la médaille avec de la mine de plomb, après l'avoir retirée de la dissolution; on la met ensuite sur le feu et on la chauffe médiocrement; on doit ensuite la brosser vivement avec un pinceau rude en soie de porc, en la mouillant légèrement, afin d'enlever l'excédant de mine de plomb. On obtient ainsi une couleur bronzée, uniforme et brillante. Aucune méthode pour bronzer n'est préférable à celle-ci pour la beauté de son coloris, attendu qu'une médaille tout récemment préparée offre cette belle couleur antique si prisée par les numismates. Dans ces opérations, je crois qu'il se forme un oxide de cuivre, et c'est à lui probablement que cette teinte doit surtout être attribuée. Il est remarquable qu'une médaille ne peut être bronzée de cette manière que lorsqu'on l'a récemment retirée de la dissolution, car si on la laisse

(1) 184. Voir le dernier alinéa de la note 135.

quelques jours sans la bronzer, on n'y parviendra plus par ce moyen.

Les fabricants d'instruments ont un moyen de bronzer le cuivre qu'ils appliquent aux vis et aux autres parties de leurs appareils. Il consiste à frotter le métal avec une faible dissolution de platine. Il y a alors une portion de cuivre qui est dissoute et une proportion équivalente de platine qui se précipite. Ces fabricants protègent ce bronzage à l'aide d'un vernis; mais ce dernier mode ne doit pas être appliqué aux impressions délicates. Une dissolution d'or atteindrait le même but, mais le prix élevé de ce métal empêche qu'on ne l'emploie.

Un autre excellent moyen pour bronzer consiste à appliquer sur le métal une dissolution très-faible de sulfhydrate, d'ammoniaque ou de sulfure de potassium. On obtient alors un sulfure du métal qui donne une magnifique couleur à la médaille.

Le but qu'on se propose par l'emploi de ces méthodes est de rehausser la beauté de la main-d'œuvre, résultat que l'on obtient à l'aide de la couleur dont je viens de parler. Le choix de ces méthodes est laissé à l'opérateur; mais il n'y en a peut-être pas de supérieure, ou même d'égale au bronzage par la mine de plomb, lorsque, toutefois, l'opération est exécutée avec soin, et d'après les règles que j'ai tracées. (1)

187. Le zinc peut être précipité de son sulfate, en plaçant le métal qui doit recevoir le dépôt dans une dissolution de ce sel. On doit faire communiquer ce métal avec le zinc de la batterie, tandis qu'un autre fragment de zinc est mis en communication avec l'élément d'argent. La profondeur à laquelle le zinc doit être immergé dans la dissolution est réglée de telle sorte que l'hydrogène soit sur le point de se dégager. Il faut employer, dans ce cas, un courant un peu faible. La réduction

(1) 186. Voici un procédé de bronzage que nous croyons supérieur à tous les autres, parce qu'il n'exige pas l'emploi de la chaleur, et qu'il peut donner toutes les nuances de bronze usitées dans la numismatique; il réunit de plus la simplicité à l'économie :

On prend :	Pierre sanguine	5
	Mine de plomb	8

On broie ces deux produits ensemble sur une glace avec un peu d'esprit-de-vin. Il en doit résulter une pâte presque solide que l'on conserve pour l'usage.

Lorsqu'on veut bronzer, on délaie un peu de cette pâte dans l'alcool, et on l'applique en bouillie épaisse, avec un blaireau, sur la surface du cuivre préalablement décapé avec de l'acide nitrique étendu. On laisse séjourner cette composition pendant vingt-quatre heures sur le cuivre. On brosse ensuite avec une brosse demi-rude, jusqu'à ce que la médaille présente un aspect poli et brillant. On peut recueillir la couleur qui tombera pour s'en servir de nouveau.

Il suffira d'augmenter la proportion de sanguine ou de mine de plomb, suivant qu'on désirera une teinte claire ou foncée.

du zinc n'est pas d'une grande importance en elle-même, quoiqu'elle soit digne d'intérêt, considérée sous le point de vue de ses rapports avec les éléments des piles galvaniques ; car si, dans une série composée, par suite d'une cause quelconque, la totalité du fluide d'une batterie est neutralisée, alors cette dernière sera dans les mêmes conditions que l'appareil employé pour la réduction du zinc. Dans ce cas, le zinc se déposera immédiatement sur l'élément négatif. Ce phénomène se manifestera dans toutes les formes de batteries employées aujourd'hui. Cependant, c'est une propriété sans importance, attendu que l'action de la pile doit être arrêtée avant qu'elle ne soit épuisée. Lorsque ce dépôt a lieu, on peut l'enlever facilement en mettant la plaque en contact avec un métal qui puisse agir sur lui comme pôle négatif. Cette précaution est nécessitée par la difficulté avec laquelle le zinc, à l'état de pureté, est dissous dans l'acide. Aussitôt qu'on a saturé avec du sulfate de zinc le fluide qui agit sur une douzaine de batteries arrangées en série, le zinc se déposera sur le pôle négatif, si une seule batterie, parmi toutes, contient de l'acide ; ainsi, onze batteries sur douze peuvent avoir leur pôle négatif revêtu d'une couche épaisse de métal, tandis que la dernière n'en présentera pas une seule trace ; on ne trouve jamais le zinc dans toutes les batteries d'une série.

188. Les sels de fer ont une grande tendance à être peroxidés ; dans cet état, ils ne peuvent être réduits par le courant voltaïque ; il faut donc employer le proto-sulfate de fer. La préparation de ce sel exige beaucoup d'attention ; la raison pour laquelle on prend tant de soin est due à cette circonstance, que ce sel ne devient pas noir avec le tannin, tandis que ce dernier se transforme en encre avec le persulfate.

Le médecin, s'il ignorait la chimie, pourrait prescrire avec ce sel quelque substance végétale contenant du tannin, de manière que si ce sel contenait un peu de persulfate, son malheureux malade aurait le désagrément de boire, au lieu de médecine, une encre épaisse et dégoûtante. Mais, pour revenir à notre sujet, le dépôt de fer métallique doit être obtenu à l'aide d'une dissolution de proto-sulfate de cette base ; le métal sur lequel on veut obtenir le dépôt est mis en communication avec le zinc de la batterie, tandis qu'on fait communiquer un clou en fer avec l'argent de cette même batterie. Celle-ci peut varier d'une à douze cellules et même plus. Je donne la préférence à celles qui sont formées de plusieurs

cellules. On ne doit faire pénétrer le clou dans la dissolution qu'à une profondeur suffisante pour qu'il ne se dégage pas d'hydrogène, ou du moins, pour qu'il ne se dégage du métal qui doit recevoir le dépôt ferrugineux, qu'une très-petite quantité de ce gaz. Après un court espace de temps, on verra la plaque négative se recouvrir d'une couche de ce métal. Cette dernière est plus brillante, et d'une teinte plus blanche que celle de l'acier poli, mais elle se ternit rapidement à l'air. La réduction de ce métal et les moyens que j'ai indiqués comme propres à l'obtenir, sont une nouvelle preuve de l'importance des lois que j'ai signalées dans un précédent chapitre.

189. Le plomb est un métal difficile à manipuler. Il peut être réduit de son acétate, à l'état non cristallin, en ayant soin d'employer une dissolution très-étendue de ce sel, qu'on acidulera fortement avec de l'acide acétique ou avec une petite quantité d'acide nitrique. La réduction de ce métal ne présente aucune utilité, si ce n'est qu'elle démontre de nouveau l'exactitude des lois que j'ai formulées.

Pour opérer cette réduction, on peut se servir d'une série de batteries pourvues d'un électrode positif en platine, au lieu d'une seule cellule ayant un électrode en plomb.

190. L'étain est aussi réfractaire que le plomb, mais on peut le réduire de la même manière. La dissolution à l'aide de laquelle on peut obtenir le dépôt métallique est celle de nitrohydrochlorate d'étain très-étendue, à laquelle on ajoute de l'acide acétique. On peut se servir d'une seule batterie avec un pôle positif en étain, ou de plusieurs cellules ayant un pôle positif en platine.

191. J'ai traité jusqu'ici des principes à l'aide desquels les métaux les plus importants peuvent être réduits, nous avons vu que les moyens de produire le fluide électrique consistent soit en un simple circuit, quand la substance qu'on emploie se substitue au métal négatif, soit en un fragment de zinc contenu dans un tube poreux, soit enfin, en une pile galvanique quand le moule original joue le même rôle dans la seconde cellule.

La batterie à laquelle on donnera la préférence, ne doit être choisie qu'après avoir médité les faits consignés dans le livre précédent. Mais les points capitaux auxquels il faut s'attacher, sont la constance d'action et la simplicité. Les détails précédents sont le résultat d'expériences que j'ai faites avec la batterie de mon invention.

LIVRE III.

De la dorure, de l'argenture, du platinage, etc.

Instructions générales, 192. — Dorure galvanique, 193. — Appareil à une seule cellule 194. — Appareil à batterie, 195. — De la dorure du cuivre 196. — De la dorure à l'eau, 197. — De la dorure par amalgame, 198. — Du platinage et de la platinure 199. — Du palladiage, 200. — De l'argenture, 201. — Du nickelage des métaux, 203. — Du cuivrage des métaux, 204. — Du cuivrage des corps non métalliques, 205. — Du cuivrage des médailles, 206. — Des fruits, des végétaux, 207. — Des corbeilles, 208. — De la poterie, 209. — Manière de recouvrir les métaux d'une couche de fer, de zinc, etc., 210. — Conclusion, 211.

192. L'action de revêtir un métal d'une couche d'un autre métal, est un sujet digne d'intérêt. Ce procédé métallurgique a reçu différents noms, suivant le corps métallique dont on fait usage; ainsi, lorsqu'on emploie de l'or, ce procédé se nomme dorure; quand c'est du cuivre, *cuivrage*; quand c'est de l'argent, argenture ou plaqué, etc. Dans chacun de ces cas on se propose de faire adhérer les deux métaux, il faut donc avoir soin d'empêcher qu'une couche d'air ne s'interpose entre eux; car cette circonstance nuirait à l'adhérence qu'on veut obtenir. Il faut avoir également soin de bien décaper le métal, de le soumettre à l'action de la chaleur, d'agir légèrement à sa surface et de le bien laver après cette opération.

193. La galvano-dorure est, dans la plupart des cas, extrêmement facile (1), car si on se conforme scrupuleusement aux règles ci-dessus indiquées, l'opération n'exigera que fort peu de peines. On peut dorer le platine, le palladium, l'argent, le cuivre, le carbone et même l'or; la surface du métal sur lequel on veut appliquer la dorure, doit être bien nettoyée et dépouillée d'air, soit en le plaçant dans de l'acide nitrique, ou dans une dissolution de potasse, soit enfin en le plongeant

(1) 193. Nous répéterons ici ce que nous avons déjà dit, note 168: les procédés de dorure de platinage et d'argentage proposés par M. Smée, n'ont plus aujourd'hui que le mérite de la priorité, depuis que les belles découvertes de MM. de Ruolz et Elkington ont résolu si complètement le problème de la galvano-dorure. Voir à l'Appendice. On remarquera que M. Smée n'indique aucun moyen de dorer l'acier. Cette dorure est cependant la plus importante de toutes, puisque les objets en acier trempé, qui en sont revêtus, acquièrent ainsi tout l'éclat des objets en or sans rien perdre ni de leur trempe ni des autres qualités inhérentes à l'acier.

dans un acide, après l'avoir soumis à l'action du calorique. Le dépôt métallique s'effectuera d'autant mieux que la surface du corps sera plus unie; car une surface rugueuse n'est pas propre à faire réussir cette sorte d'opération, attendu que l'hydrogène a une grande tendance à se dégager pendant qu'on la pratique. Lorsque le métal qu'on veut dorer n'est pas de nature à décomposer la dissolution d'or, on peut donner à celle-ci plus de force; lorsqu'au contraire le métal (comme l'argent et le cuivre) agit sur cette dissolution, il faut qu'elle soit plus faible. La force du courant électrique doit varier suivant ces circonstances, mais en général son intensité doit être peu considérable.

194. Pour obtenir la dorure, de la Rive emploie une seule batterie, c'est-à-dire un tube poreux qui fait l'office de cellule intérieure, et il met une dissolution de nitro-hydrochlorate d'or dans une cellule extérieure. La cellule intérieure, dans ce cas, doit être remplie d'eau, à laquelle on ajoute environ une goutte d'acide sulfurique, ainsi qu'un petit fragment de zinc (1).

Dans ce genre d'opération on doit employer de préférence un diaphragme qui ne permette le passage que d'un faible courant électrique; une épaisse membrane de vessie ou du plâtre épais rempliront parfaitement ce but; un tube semblable à celui qui a été déjà décrit et dont une extrémité sera munie d'un orifice capillaire pourra servir au même usage.

La cellule extérieure doit contenir une faible dissolution de nitro-hydrochlorate d'or avec addition de quelques gouttes d'acide; dans ces cas, on peut employer avec avantage un métal négatif d'un grand volume, circonstance qui diminue la quantité proportionnelle d'électricité dans chaque partie de ce métal. Le métal négatif (surtout si c'est de l'argent, du cuivre ou leur alliage) ne doit pas être plongé dans le fluide avant qu'on n'ait établi la communication avec le zinc, attendu que dans ce cas l'argent, en vertu de son affinité pour l'or, réduirait celui-ci, ou bien serait lui-même dissous, ce qui alors l'empêcherait d'adhérer fortement.

195. Tous ces procédés me paraissent imparfaits, il en est un que je crois préférable : il consiste à prendre trois, quatre et même un plus grand nombre de mes batteries, et à les charger avec de l'acide sulfurique très-étendu. On attache

(1) 194. On trouvera également à l'Appendice la description complète du procédé de M. de la Rive.

aux deux pôles des fils de platine, l'un fera communiquer le zinc de la batterie avec le métal qui doit être doré; l'autre fil formera le pôle positif de la cellule à décomposition (*fig. 7*). L'hydrochlorate d'or doit être dissous et légèrement acidulé. On doit placer dans la dissolution le fil de platine qui communique avec l'argent des batteries, mais ce fil ne doit être plongé qu'à une très-petite profondeur. Tous ces préparatifs étant faits, l'objet qui doit être doré est mis en communication avec le zinc de la batterie; et à peine l'a-t-on placé dans la dissolution que l'or commence à se précipiter.

Toutes les parties de l'objet sur lesquelles on ne veut pas appliquer de couche d'or, doivent être couvertes de suif, de cire ou de quelqu'autre substance non conductrice pour empêcher qu'un dépôt ne s'y forme; en sorte que la surface d'un objet peut être dorée dans une étendue plus ou moins grande et sur des points déterminés, ce qui permet de dorer les traits d'un dessin ou des caractères de l'écriture. On peut régler la rapidité de ce procédé avec la plus grande délicatesse, en plongeant une longueur plus ou moins étendue du fil positif dans la dissolution. Par ce moyen, la quantité d'électricité qu'on fait passer peut être fixée avec une extrême précision.

Pour employer ce procédé avec une grande économie de temps, le développement de l'électricité doit avoir lieu de telle sorte que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager du métal négatif, car il ne faut pas oublier que le dégagement de ce gaz est nuisible, attendu que dans ce cas le précipité obtenu se trouve dans un grand état de division, c'est-à-dire en poudre noire.

Pendant que cette opération a lieu (surtout lorsque l'objet présente une surface rugueuse), il est bon de le retirer une ou deux fois de la dissolution, de le frotter avec une petite quantité de craie et de le bien laver; par ce moyen les particules pulvérulentes seront enlevées, et l'or sera précipité en présentant un aspect parfaitement uni. Quand la couche d'or précipitée est très-mince, elle présente une couleur jaune verdâtre; quand au contraire elle est épaisse, le métal conserve sa couleur naturelle. Si on ajoute un peu de cuivre à la dissolution d'or, le métal précipité offrira une couleur très-rouge; les observations précédentes s'appliquent également aux cas où l'on veut dorer le platine, le palladium, l'argent et l'or lui-même.

196. Il est plus difficile de dorer le cuivre que l'argent,

parce qu'une petite quantité de cuivre peut se dissoudre, ce qui rend l'or extrêmement rouge; néanmoins, cette dorure peut être obtenue à l'aide d'une dissolution d'or très-étendue, dans laquelle on a soin de ne plonger que l'extrémité du fil positif. On peut faire avec avantage de légers changements dans ces dispositions, suivant la nature de l'objet qu'on veut dorer.

Si l'on désire dorer des cuillers d'argent, on doit les nettoyer avec soin par les procédés précédemment indiqués, après quoi on graisse légèrement leurs faces et leurs bords. Le manche de la cuiller servira à établir la communication avec le zinc de la pile qui doit avoir au moins trois cellules: alors on verse la dissolution dans la cavité de la cuiller, et immédiatement après on plonge dans le liquide la pointe d'un fil délié de platine qu'on fait communiquer avec l'argent de la pile; et le dépôt commence immédiatement à s'effectuer. L'intervalle de temps qui s'écoule entre l'introduction de la dissolution dans la cuiller et l'établissement complet du circuit formé par le fil qui va communiquer avec l'argent de la pile, doit être aussi court que possible, afin d'empêcher l'action locale de l'argent sur la dissolution d'or de se produire, accident qui diminuerait l'adhérence de l'or sur l'argent. La dissolution ne doit pas être trop forte au commencement de l'opération, afin d'empêcher l'action locale que nous venons de signaler; mais dès qu'on a obtenu une légère couche d'or, on peut augmenter indéfiniment la force de la dissolution.

L'intérieur des vases d'argent peut être doré de la même manière, quelle que soit leur capacité; il faut avoir soin, si cette capacité est grande, de plonger une plus grande longueur du fil de platine dans la solution d'or (*fig. 7*). On peut dorer également l'extérieur de tous les vases, en plaçant ceux-ci dans la dissolution précédemment décrite, mais nous nous sommes déjà suffisamment étendu sur ce point.

197. Le procédé pour dorer à l'aide d'une solution d'or et de la précipitation galvanique, est bien différent dans ses effets de celui pour lequel M. Elkington a obtenu un brevet, et qu'on a nommé dorure à l'eau; par ce dernier procédé, le métal qu'on veut dorer est dissous dans une proportion égale à la quantité d'or déposée; aussi dès qu'une légère couche d'or est précipitée, aucun dépôt ultérieur ne peut plus avoir lieu; mais lorsque la dorure est obtenue par la pile galvanique, l'objet peut être recouvert d'une couche d'or d'une épaisseur indéfinie, circon-

stance fort importante, puisque de l'épaisseur de la couche métallique dépend la durée de la dorure.

Ce n'est point la dissolution de nitro-hydrochlorate d'or qui est employée dans la dorure à l'eau, mais une dissolution d'oxide de ce métal et de potasse. Cette dissolution peut encore être faite en ajoutant de la potasse caustique ou du carbonate de potasse à la dissolution ordinaire d'or, en proportion suffisante, pour que le précipité qui se forme d'abord soit dissous de nouveau et devienne ainsi propre à l'usage. Quand on veut dorer un objet, après l'avoir préalablement bien nettoyé, on le plonge dans cette dissolution chaude, et l'on obtient une légère couche d'or aux dépens d'une petite quantité d'argent (1).

198. Il y a, outre ces procédés, d'autres moyens de dorer usités dans les arts; telle est la dorure par le mercure. Ici, on frotte sur l'objet un amalgame d'or finement divisé et de mercure; après quoi, on fait évaporer ce dernier par l'action de la chaleur. Ce procédé est très-dangereux pour la santé des ouvriers, les émanations du mercure étant extrêmement toxiques. Il faut donc espérer qu'avant peu la galvano-dorure remplacera tout-à-fait cette manipulation dangereuse (2).

On ne pourra établir un parallèle entre la durée de la galvano-dorure et celle de la dorure par les autres moyens connus, qu'après un long espace de temps; pour ma part j'ai remarqué que des cuillers et d'autres objets que j'ai dorés à l'aide du courant galvanique se conservent parfaitement bien. L'épaisseur de la couche de métal qu'on obtient peut être réglée à volonté depuis une extrême ténuité jusqu'à un centimètre (5 lignes) d'épaisseur et plus.

La galvano-dorure ne paraît pas être généralement applicable aux substances non conductrices, car je ne suis pas parvenu jusqu'à présent à les dorer quand leur surface présentait une certaine étendue; quoique cependant j'aie réussi à déposer une très-petite couche d'or sur de la cire à cacheter enduite de plombagine, peut-être pourrait-on y parvenir en faisant usage d'une très-forte dissolution d'or.

(1) 197. Le procédé de dorure par voie humide n'a jamais donné que des résultats très-imparfaits; la couche d'or obtenue ainsi est infiniment mince et peu adhérente. Ce procédé n'a pas le moindre rapport avec la méthode de dorure galvanique inventée depuis par M. Elkington.

(2) 198. L'espoir exprimé ici par M. Smée s'est tout-à-fait réalisé, grâce aux travaux de MM. de Ruolz et Elkington. Nous avons en notre possession des objets en acier, dorés par leur procédé, et la beauté, l'adhérence et la solidité de cette dorure l'emportent de beaucoup sur tous les moyens de dorure connus.

199. Le platinage des métaux par le courant galvanique est un fait nouvellement acquis à la science. Ce procédé est semblable sous tous les rapports à la galvano-dorure, mais l'exécution en est plus difficile. La dissolution de nitro-hydrochlorate de platine doit être très-faible, et la pile chargée d'un acide étendu. L'objet qu'on veut *platiner* doit présenter une surface très-unie, qu'on nettoie avec soin à l'aide de la potasse avant de commencer l'opération. Ces préparatifs étant faits, et la dissolution de platine prête, on doit y plonger peu profondément l'extrémité d'un fil très-délié de platine qu'on mettra en communication avec l'argent de la batterie. L'objet à *platiner* est alors mis en rapport avec le zinc de la pile et plongé ensuite dans la dissolution (*fig. 7*) ; dès que l'immersion a lieu, on voit de l'oxigène se dégager du fil de platine qui communique avec l'argent de la pile, et en peu d'instants l'objet sera revêtu de platine. Aucun gaz ne se dégagera du cuivre, ou de tout autre métal qu'on voudra plater, pourvu que le courant électrique ne soit pas trop fort. Pendant l'opération, il faut retirer l'objet de temps en temps et le frotter avec un peu de blanc d'Espagne.

Ce procédé ne doit pas être confondu avec celui par lequel les métaux négatifs sont platinés pour l'usage de ma batterie, car, dans le premier cas, le platine est précipité avec sa couleur et son apparence naturelles; tandis que dans l'autre il se précipite sous forme d'une poudre noire. On peut nommer le premier procédé *platinage brillant*, en opposition avec le deuxième qu'on pourrait appeler *platinure pulvérulent*. On emploie un fort courant pour précipiter le métal sous forme de poudre noire; quant au platinage brillant, on l'obtient en employant des dissolutions de toute force, mais le courant doit être modéré.

Les échantillons que j'ai obtenus à l'aide de ma batterie, ne résistent point à l'action de l'acide nitrique, parce qu'ils présentent presque tous quelques légères fissures, par lesquelles pénètre l'acide qui enlève le platine par petites écailles; le *platinage brillant* n'est pas applicable aux surfaces rugueuses, parce qu'il est nécessaire que la surface qui doit recevoir la couche de platine soit parfaitement polie, si on veut éviter un dépôt de poudre noire. La couleur du métal ainsi réduit ressemble tellement à de l'acier poli, qu'il est difficile de les distinguer; il est inutile d'ajouter que le platinage brillant ainsi obtenu est magnifique, et qu'il serait d'une grande utilité pour

revêtir les télescopes, les microscopes, les quarts-de-cercles, et une infinité d'autres objets qui par leur nature peuvent être exposés à l'intempérie de l'air (1).

200. Pour *palladier* ou recouvrir les objets avec du palladium, on doit suivre les mêmes procédés que pour les plater (fig. 7.). J'emploie dans ce but le nitro-hydrochlorate de palladium étendu, et je frotte l'objet avec du blanc d'Espagne, comme dans les cas précédents. Ce métal est plus blanc que le platine et moins brillant que l'argent, on pourrait l'employer dans les mêmes cas, et avec les mêmes avantages que le platine, il présente de plus que ce dernier un volume double pour un poids donné.

201. L'argentage ou le plaqué obtenu à l'aide du courant galvanique est chose difficile (2); quant aux moyens à employer pour y réussir, ils sont du reste semblables à ceux déjà indiqués. La surface de l'objet qu'on veut argenter doit être nettoyée à l'aide d'une dissolution de potasse, et frottée ensuite avec du blanc d'Espagne; cela fait, on plonge cet objet dans la dissolution. La manière de disposer la pile est aussi la même que pour les métaux précédents, si ce n'est qu'au lieu d'un fil de platine on doit employer un fil d'argent qu'on mettra en communication avec le pôle positif ou l'argent de la pile. L'objet qu'on veut plaquer ne doit pas être mis dans la dissolution, avant que le circuit ne soit complet. Toutes les autres dispositions sont semblables à celles qu'on fait pour la dorure et n'exigent pas de plus amples développements. La dissolution doit être préparée avec un sulfate, un acétate, ou un hyposulfite d'argent très-étendu qu'on mêle avec une petite quantité d'acide sulfurique également étendu. Après avoir plongé le métal dans la dissolution pendant deux ou trois minutes, on le voit prendre une couleur foncée, on le retire alors pour le frotter avec du blanc d'Espagne; cette opération est répétée jusqu'à ce que l'on ait obtenu une couche d'une suffisante épaisseur. Il faut avoir soin de modérer le courant électrique, ce qu'on fait en employant comme pôle positif un fil d'argent extrêmement délié.

202. J'ai conseillé l'emploi d'une faible dissolution comme moins propre à favoriser l'action locale, lorsque j'ai traité des

(1) 199. Parmi les usages auxquels peut servir la réduction du platine, nous signalerons en première ligne le doublage des appareils de toute nature, employés dans les fabriques de produits chimiques et qui étaient jusqu'alors d'un prix exorbitant.

(2) 201. L'argentage galvanique n'offre plus aujourd'hui la moindre difficulté en recourant aux procédés de Ruolz.

moyens de revêtir les métaux d'une légère couche d'un métal précieux; mais si l'on veut revêtir d'une semblable couche un métal où l'affinité élective ne saurait avoir lieu, on pourra donner plus de force à la dissolution.

203. Les métaux peuvent être recouverts de nickel, en procédant comme dans les cas précédents. La dissolution qu'on doit employer est le nitrate de nickel; mais je dois ajouter que ce métal est difficile à réduire, et son usage très-restreint.

204. Un grand nombre de substances métalliques ou non métalliques, peuvent être cuivrées à l'aide du galvanisme. La dissolution et l'appareil qu'on doit employer ont déjà été précédemment décrits. L'avantage qu'on peut retirer de l'emploi du cuivre dans ces cas, est particulièrement relatif aux substances non métalliques, qui peuvent, de cette manière, recevoir une couche de cuivre pur. Rien ne serait plus facile que de cuivrer les métaux; mais comme il n'est pas probable qu'on y ait recours, il est inutile de nous occuper de ce sujet.

205. Les objets formés de substances non conductrices, qu'on veut cuivrer, peuvent être rangés en deux catégories: dans la première, se trouvent ceux sur lesquels le métal déposé doit offrir une copie fidèle de l'original; la deuxième catégorie comprend les cas où l'on veut obtenir le dépôt sous la forme cristalline.

La préparation doit être différente dans chacune de ces circonstances: dans le premier cas, la batterie et la dissolution doivent être disposées de telle sorte que l'hydrogène soit seulement sur le point de se dégager; dans le second cas, la dissolution peut être beaucoup plus forte; et l'on peut augmenter sa quantité d'électricité, en augmentant le volume de la pile, et l'étendue de la surface du pôle positif de cuivre, dans l'appareil où la décomposition doit s'opérer.

206. Dans la première catégorie, se trouvent rangés les objets délicats, comme les médailles, etc.

Les substances dont on se sert pour obtenir une empreinte, doivent être rendues non absorbantes par les procédés déjà décrits. L'objet doit alors être frotté avec de la plombagine, ensuite on fixe sur son pourtour un fil de cuivre très-délié, afin qu'il y ait un contact parfait entre la pile et la mine de plomb; puis on met cet objet dans une solution de sulfate de cuivre acidulée, après avoir fait communiquer l'extrémité du fil avec le zinc de la pile; cela étant fait, on place un fragment de cuivre, d'à peu près le même volume que le moule, dans la dis-

solution, et l'on met ce fragment en communication avec l'argent de la pile au moyen d'un fil métallique (*fig. 3 et 4*). L'action chimique commencera immédiatement, le cuivre sera dissous et se déposera sur la mine de plomb qui enduit le modèle, de manière à le recouvrir entièrement. Il est également avantageux d'employer deux batteries disposées en séries, le dépôt du cuivre sur la médaille en sera plus uniforme. Cette médaille ne doit pas séjourner longtemps dans la dissolution après qu'elle a reçu la couche métallique, car cette circonstance nuirait à son exactitude et à sa beauté. Après avoir retiré la médaille de la dissolution, on la frottera avec du papier rude pour enlever les moindres aspérités qui pourraient s'y trouver. Ce procédé pourra paraître barbare aux numismates, qui le considéreront peut-être comme propre à altérer la beauté des médailles; mais il n'est cependant pas si nuisible qu'on pourrait le croire, attendu que la couche de cuivre étant répandue avec une épaisseur à peu près uniforme sur toute la surface, l'effet qui en résulte est simplement d'augmenter le volume de l'original; ce procédé pourrait être utile aux sculpteurs et aux architectes, qui l'appliqueraient avec succès aux statues et autres ornements (1).

207. Une belle application de l'art de cuivrer, est celle qui peut être faite par les horticulteurs, aux fruits, aux légumes, aux feuilles, aux graines et à d'autres produits, soit pour en faire des objets d'ornement, ou dans le but d'en augmenter le volume et d'en embellir l'aspect. Les pommes et les poires peuvent être ainsi préparées en peu de temps; dans ce but, on les frotte avec de la mine de plomb, on enfonce vers leur queue une petite épingle; ensuite on unit cette épingle à un fil qu'on fait communiquer avec le zinc de la pile; on place alors le fruit dans la dissolution. Toutes ces dispositions sont complétées à l'aide d'un morceau de cuivre qu'on plonge dans le liquide et qu'on met en rapport avec l'argent de la pile. Les concombres, les calebasses, les pommes de terre, etc., peuvent être cuivrés de la même manière. L'opération achevée, la copie obtenue est parfaite et revêt la forme de l'original avec la plus scrupuleuse exactitude; on peut varier la qualité du cuivre déposé, en suivant les règles tracées dans le chapitre précé-

(1) 206. Pour bien comprendre ce paragraphe et les suivants, il faut se rappeler qu'on a ici pour objet de revêtir une médaille en plâtre d'une couche de cuivre qu'on laissera en définitive sur l'original : c'est donc un véritable cuivrage et non pas une reproduction de l'objet qu'il s'agit d'opérer.

dent; s'il s'agit d'un ornement, on donnera la préférence au cuivre cristallisé, qui est plus beau; mais si on veut obtenir une copie parfaitement fidèle d'un objet quelconque, on devra choisir le cuivre poli. Le cuivrage étant achevé, on retire l'épingle qui laisse un petit trou qui permet aux suc du fruit de s'évaporer jusqu'à siccité. Je possède un concombre que j'avais cuivré pendant l'été dernier et qui semble réduit à rien dans l'intérieur de sa coque métallique. Les poires, les pommes et d'autres fruits préparés de cette manière ne semblent formés que de cette coque seule. Les botanistes apprécieront facilement les avantages que leur offre ce procédé.

208. Une fort jolie préparation consiste à revêtir un panier d'une couche de métal cristallisé : à cet effet, le panier sera frotté avec de la mine de plomb et mis en communication avec le zinc de la pile à l'aide d'un fil métallique; ensuite on le plongera dans la dissolution et l'on complétera le circuit; le panier se couvrira immédiatement de magnifiques cristaux qui brilleront du plus vif éclat. On obtient les mêmes résultats en fixant des fils de cuivre très-déliés sur plusieurs points du panier, afin que ces fils soient en contact en plusieurs endroits avec la mine de plomb, ce qui permettra de terminer plus rapidement l'opération. Toute autre substance propre à présenter une surface conductrice peut être substituée à la plombagine. Quand on se livre à ces préparations, il faut employer un pôle de cuivre d'une grande dimension, et une série de deux ou trois batteries; quant à la dissolution de sulfate de cuivre, elle sera très-concentrée, car toutes ces précautions favoriseront la cristallisation du cuivre : des paniers ainsi préparés et remplis de fruits, de feuilles et d'insectes, pourraient servir à orner les salons, et offriraient bien plus d'intérêt que les ornements ordinaires qu'on y remarque; car si ces objets étaient préparés par leur possesseur, ils montreraient tout l'intérêt qu'il porte à la science galvanique, et s'ils étaient achetés, ce serait un moyen d'encourager l'application de ce puissant agent aux arts et à l'industrie : cet art qui n'est aujourd'hui qu'à l'état d'embryon, produira, sans aucun doute, des fruits qui amèneront une révolution dans l'industrie.

Que l'attention des riches se fixe sur ce sujet, qu'ils prennent sous leur patronage les ornements de ce genre, alors les artisans ne tarderont point à y acquérir de l'habileté, et l'emploi du galvanisme deviendra universel, comme celui de la vapeur et du gaz. J'insiste particulièrement sur ce point, parce

que plusieurs de mes préparations ont été admirées et n'auraient pu être obtenues par aucun des moyens connus jusqu'ici.

209. Les objets en poterie (ou leurs analogues) peuvent être cuivrés de la même manière. Mais leur surface étant unie, cette circonstance fait naître des difficultés qu'on peut surmonter par l'application préalable d'une très-légère couche de vernis.

210. Les métaux peuvent être recouverts d'étain, de plomb, de fer ou de zinc, et j'ai toujours réussi dans toutes ces opérations, en ayant soin d'obtenir le précipité assez promptement, pour que l'hydrogène n'ait pas le temps de se dégager.

Tous ces faits prouvent la vérité des règles que j'ai précédemment tracées; et, en m'y conformant, j'ai réussi à recouvrir le cuivre avec presque tous les autres métaux. J'ai remarqué que quelques-uns de ces derniers exigeaient beaucoup plus de travail que d'autres, et qu'avec quelques autres, on n'obtenait qu'une couche irrégulière; cependant, en se conformant aux règles prescrites dans un chapitre précédent, le précipité sera toujours obtenu dans un état plus ou moins régulier.

211. Quelques corps métalliques ont une grande tendance à cristalliser : on peut remédier à cet inconvénient en employant leurs dissolutions fortement étendues d'eau acidulée; mais comme il n'est pas probable qu'on ait recours à leur réduction, nous n'entrerons pas, sur ce point, dans de plus amples détails.

Les faits contenus dans cette division de mon ouvrage sont généralement neufs, et leur application digne d'intérêt. Ceux qui étudient le galvanisme pour se distraire trouveront dans l'électro-métallurgie une source de plaisirs et d'instruction. Cette science est destinée à acquérir une haute importance dans les arts, et ajoutera de nouvelles branches à l'application de l'électricité. Ceux qui désirent suivre cette étude verront que la pratique seule peut donner la perfection à leur travail; et de même que l'homme de science développe les règles auxquelles on doit s'astreindre, de même l'artisan doit suivre ces règles et en diriger les détails d'après son expérience.

LIVRE IV.

Des diverses applications de la réduction des métaux par le galvanisme.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA REPRODUCTION DES MONNAIES ET DES MÉDAILLES.

Importance de l'électro-métallurgie pour la numismatique, 212. — Moyen d'obtenir les moules, 213 ; — Directement par le courant voltaïque, 214 ; — Par l'intermédiaire du plomb, des alliages fusibles, etc., 215 ; — A l'aide des substances non conductrices, 216. — Reproductions métalliques en or, 217 ; — En argent, 218 ; — En platine, 219 ; — En cuivre, 220. — Précautions pour éviter les bulles d'air, 221. — Appareils à employer, 222. — Appareil à une seule cellule, 223. — Épaisseur du métal, 224. — Séparation de l'empreinte d'avec le moule, 225. — Importance de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, 226. — Autres avantages, 227. — Manière de faire des médailles parfaites, 228.

212. La réduction des métaux par la voie galvanique est de la plus haute importance pour le numismate, car, d'une part, elle lui fournit les moyens d'obtenir des empreintes de monnaies ou de médailles qu'il ne pourrait se procurer par aucun autre moyen, à cause de leur rareté ; et, d'un autre côté, elle pourrait offrir aux contrefacteurs les moyens de fabriquer les monnaies les plus rares, en sorte que les faiseurs de collections doivent se tenir sur leurs gardes lorsqu'ils les achètent. Cependant, je crains fort que l'électro-métallurgie, dans des mains inhabiles, n'ait causé et ne cause encore la destruction irréparable de beaucoup de médailles précieuses, destruction que ne sauraient compenser les bienfaits qu'elle nous a procurés.

213. Il y a trois méthodes pour prendre la copie d'une monnaie ou d'une médaille.

A l'aide de la première, on obtient directement une empreinte en métal sur la médaille elle-même, par la précipitation exercée sous l'influence galvanique. Par la seconde, une empreinte de la médaille est d'abord obtenue avec du métal fusible, ou

avec celui qui sert à la fabrication des caractères d'imprimerie; et enfin par la troisième, l'empreinte est produite à l'aide d'une substance non conductrice, telle que la cire vierge, la cire à cacheter, le plâtre, etc.

214. Une main inexpérimentée ne doit jamais tenter d'obtenir la première empreinte, en se servant de la médaille originale, et on ne doit jamais l'essayer quand on ne possède qu'un seul échantillon, de crainte d'insuccès. Cependant, le procédé est simple et d'une grande importance, quand on veut obtenir une copie parfaite d'une monnaie ou d'une médaille. L'objet à copier doit être revêtu sur le côté où l'on ne veut pas qu'aucun dépôt ait lieu, d'une certaine quantité de graisse, de cire, ou de toute autre substance non conductrice. Un fil métallique très-fin doit être fixé autour du bord de cet objet, qui alors peut être placé dans la dissolution métallique. L'adhérence de l'air au métal est d'une grande importance dans ce cas, et ce dernier ne doit pas rester un seul instant dans la dissolution, avant que le circuit ne soit complété.

Les deux faces de la médaille peuvent être copiées par deux opérations successives, et même par une seule, en ayant soin d'enduire la tranche avec un corps non conducteur, afin qu'elle ne soit pas entièrement enchâssée dans le dépôt qui se forme. Cette opération donne alors l'empreinte en creux de chacune des faces de la médaille ou de la pièce de monnaie. Par ce procédé, la teinte bronzée d'une médaille en cuivre peut être altérée, mais ces objets, lorsqu'ils sont en or ou en argent, n'éprouvent pas la plus légère altération. Le moule métallique peut être employé pour obtenir des empreintes en plâtre ou en cire à cacheter, et même pour recevoir de nouveau le précipité métallique qu'on obtient à l'aide du fluide galvanique. On peut ainsi produire une copie parfaite en relief de l'original. (1)

215. Les empreintes en creux de médailles ou de monnaies en plomb, en *pewter* (2), en métal fusible, en étain ou en argent, peuvent être obtenues de la manière indiquée précédemment, Nos 35 et suivants. Ces empreintes en creux doivent être sou-

(1) 214. Il ne faut pas perdre de vue ce qui a été dit Nos 126 à 129 et note 129, sur l'adhérence de la copie à l'original et sur les moyens de l'empêcher.

(2) 215. Le *pewter* est un alliage de plomb et d'étain dans la même proportion que la soudure employée par les ferblantiers. Voyez No 125. Voyez aussi à l'Appendice, Nos IX et X, les moyens d'obtenir des moules.

dées ou simplement mises en contact avec un fil métallique ; elles seront prêtes alors à recevoir le dépôt métallique. Voyez aussi note 135.

216. Cependant, la troisième méthode est celle qu'on doit préférer, car, à l'aide des substances non conductrices, on peut obtenir des moules excellents pour recevoir le précipité. L'amateur doit donner la préférence à la cire à cacheter, quand il s'agit d'avoir des empreintes de monnaies, de médailles ou de camées (136). Ces empreintes doivent être recouvertes d'une couche de mine de plomb, et on doit placer un fil métallique fin dans la cire; on peut alors les copier. (144)

On peut prendre l'empreinte des grandes médailles avec un mélange de cire et de colophane, ou avec du plâtre de Paris. Ce dernier doit être rendu non absorbant par l'un des procédés décrits dans un chapitre précédent (Nos 141, 142.) Le suif ou le blanc de baleine doivent être préférés, parce qu'on les a sous la main. On doit les couvrir de mine de plomb, et alors on les place dans la dissolution. Par l'une ou l'autre méthode on peut obtenir des médailles parfaites. Le fabricant qui désire obtenir un grand nombre d'empreintes métalliques de monnaies, devra se servir d'un morceau de plâtre carré ayant par exemple 20 centimètres (7 pouces 5 lignes) de côté, et il y fixera des empreintes de médailles aussi nombreuses que le comporte la surface du plâtre. Cette surface, qui présente les empreintes, doit être rendue non absorbante, suivant les procédés précédemment indiqués, puis couverte de mine de plomb; et enfin, on y fera déposer le précipité métallique. On obtiendra ainsi une série de monnaies sur une même surface. On peut les conserver dans cet état, ou les séparer les unes des autres. Le cuivre précipité sur le plâtre est d'une grande beauté.

La stéarine fondue est aussi très-propre à faire des moules.

217. L'opérateur, quand il a fixé son choix sur un de ces procédés, doit ensuite décider quelle espèce de métal il doit employer pour obtenir une empreinte. Pour faire une médaille d'or, une surface dorée ou argentée est très-propre à recevoir le métal qui se précipite de sa dissolution nitro-muriatique. Quand on emploie le premier de ces métaux, il faut se servir d'une dissolution aussi forte que possible. La monnaie ou la médaille à copier doit être mise en communication avec le pôle zinc d'une série de quatre à douze batteries. Un fil très-fin de platine, plongé dans la dissolution à une petite profondeur, doit communiquer avec l'argent platiné de la batterie ;

alors le dépôt s'effectuera. Pour avoir l'empreinte d'une médaille ou d'une monnaie en argent, la dissolution doit d'abord être très-faible, mais on doit augmenter sa force dès qu'une surface d'une épaisseur modérée est obtenue. Un très-bon moyen pour appliquer l'or consiste à précipiter d'abord une couche peu épaisse de ce métal, et à achever l'opération en faisant déposer sous cette couche d'or une deuxième couche de cuivre. La connaissance de ce fait pourrait être exploitée par les faux monnoyeurs. Je l'indique afin qu'on se tienne sur ses gardes.

218. Les médailles entièrement en argent sont fragiles, mais en doublant leurs revers avec une lame de cuivre, on y trouve, en outre l'avantage d'une surface d'argent, celui de la force et d'un prix peu élevé (1). On peut employer la dissolution de sulfate, de nitrate ou d'acétate d'argent. Un fil d'argent doit être mis en communication avec l'argent d'une seule batterie, et l'objet à copier doit être uni au zinc de la batterie à l'aide d'un fil fin de platine. Plus la médaille à copier est grande, plus le dépôt aura lieu promptement, par la raison qu'un métal négatif d'un plus grand volume sera exposé à l'action du fluide. On peut se servir d'une dissolution saturée de sulfate; mais avec le nitrate il suffira d'une dissolution contenant environ 10 décigrammes 85 millig. (20 grains) de sel par 30 grammes (par once) d'eau, quoiqu'on puisse lui donner n'importe quelle force en réglant la quantité d'électricité d'après les lois établies. De plus amples détails sur le mode d'opérer ont été donnés à propos des sels d'argent. Ce procédé n'est applicable qu'aux surfaces d'or ou d'argent, car la réduction ne peut pas bien s'effectuer sur les substances non conductrices.

219. Les médailles ou les monnaies peuvent être entièrement faites en platine ou palladium; on peut aussi revêtir les copies de ces médailles d'une couche de l'un de ces métaux, tandis que leur intérieur se trouve formé de cuivre. Le moule qui sert pour ces métaux peut être fait en or, en platine, en palladium ou en argent. Les dissolutions peuvent présenter n'importe quelle force, quoiqu'il soit plus avantageux de les

(1) 217, 218. Nous pensons que pour obtenir une médaille d'or, d'argent ou de tout autre métal précieux, il faut suivre un procédé tout-à-fait inverse de celui indiqué par M. Smée. On a vu, No 98, dernier aligné et note 168, que l'or est difficilement réduit sur une substance non conductrice. Je propose donc de réduire d'abord sur cette dernière substance une couche assez épaisse de cuivre qu'on dorera ou argentera ensuite par les procédés de Ruolz.

employer à l'état de saturation. (*Voir les remarques générales sur le platine, le palladium, etc., 169-171.*)

220. Le cuivre est un métal d'une haute importance pour le numismate, car il peut être appliqué en couches épaisses sur les substances métalliques et non métalliques. Le sel qu'on peut employer dans les cas ordinaires est le sulfate de cette base; quand on s'en sert pour revêtir des monnaies ou des médailles, la dissolution doit être plus concentrée que quand le métal réduit est employé pour l'électrotypie; en général, il suffit d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre (1) mêlée avec un tiers de son volume d'acide sulfurique très-étendu.

221. Dans la fabrication des médailles, on doit avoir soin d'empêcher l'adhérence de bulles d'air au moule, et sa pénétration dans la dissolution, quand on y plonge le moule. Cet accident arrive quand ce dernier présente des creux profonds, car on voit, dans ce cas, des bulles d'air fixées sur les cheveux, la barbe et à la racine du nez; cet accident suffit pour gâter la copie. Pour empêcher qu'il n'ait lieu, on doit examiner la médaille après qu'elle est restée quelque temps dans la dissolution, et en faire disparaître toutes ces bulles. Si on ne prenait pas cette précaution, les bulles se trouveraient revêtues d'une couche de cuivre, ce qui produirait de petites cavités.

222. Le procédé par la batterie est, sans contredit, préférable pour la fabrication des médailles, mais la forme de l'auge à précipiter doit varier suivant le volume et la forme des médailles à copier. Pour les grandes médailles, celles par exemple, de 10 centim. (3 pouces 8 lignes) de diamètre, un vase en poterie, ou mieux en verre, doit être préféré. La médaille doit être soudée à un fil métallique, et mise à plat au fond du vase; on doit faire communiquer le fil avec le zinc de la batterie, et placer ensuite au-dessus de la médaille un fragment de cuivre d'un diamètre un peu plus grand que le sien. La forme particulière du vase doit être telle que le cuivre ne puisse pas descendre et se mettre en contact avec la médaille, accident qu'il faut éviter avec soin. Ce morceau de cuivre doit communiquer avec l'argent de la batterie. On doit verser ensuite la dissolution dans le vase, alors l'action commencera immédiatement.

(1) 220. On sait que l'eau froide dissout un quart de son poids de sulfate de cuivre, tandis que l'eau bouillante en dissout moitié. Toutes les fois donc qu'on désirera une solution cuivreuse bien saturée, on devra la faire à chaud et la maintenir à une température élevée pendant la durée de l'opération.

Le cuivre de la dissolution se déposera sur la médaille, et le pôle positif de cuivre sera dissous pour maintenir la saturation du fluide. Il est toujours nécessaire d'employer une batterie suffisamment grande; la précipitation s'effectue mieux quand la batterie offre une surface double ou triple de celle du métal négatif; mais en suivant les règles précédemment établies, on peut employer une batterie de n'importe quelle grandeur.

Pour les petites médailles je donne la préférence au procédé par la batterie. Dans ce cas on peut employer l'auge à précipité verticale (*fig. 6*): un morceau de cuivre, communiquant avec l'argent de la batterie, est placé d'un côté, et de l'autre, on met autant de médailles qu'on en peut placer vis à vis du cuivre; on doit les faire communiquer toutes avec le zinc de la batterie. L'avantage de ce mode opératoire sur tous les autres, est la facilité qu'a l'opérateur pour enlever ou ajouter une ou plusieurs médailles sans endommager les autres. De cette manière on peut en fabriquer en même temps 8, 10, 12 et même un nombre plus considérable.

223. Quoiqu'on doive généralement préférer le procédé par la batterie, cependant il ne s'ensuit pas que ce soit le seul qu'on puisse employer; car l'appareil à une seule cellule est également applicable aux médailles (*fig. 1 et 2*); on peut employer n'importe lequel des appareils que nous avons décrits, et la seule règle générale à adopter est d'avoir soin de se servir d'une dissolution concentrée de sulfate de cuivre, d'une plaque de zinc suffisamment grande, et de faire en sorte que la distance du zinc au moule ne soit pas trop grande. Un peu d'acide ajouté au sulfate de cuivre améliorera la qualité du métal réduit (107-113).

224. On peut obtenir une empreinte parfaite d'un moule par l'un ou l'autre de ces procédés; cependant si les creux de l'original sont profonds, le dépôt ne s'effectuera pas toujours bien sur les parties les plus creuses; dans ce cas, lorsque la médaille est presque achevée, on peut la retirer de la dissolution, l'essuyer, la faire sécher et en revêtir les parties où le dépôt est le plus épais avec une couche d'une substance non conductrice. On doit remettre alors la médaille dans la dissolution, et les parties où le dépôt était plus mince ne tarderont pas à se combler.

Dans la fabrication des médailles, il n'est pas nécessaire d'obtenir une grande épaisseur de cuivre, il suffit que le métal obtenu soit de bonne qualité, et que son épaisseur soit

celle d'un pain à cacheter (1). Dans la plupart des cas il n'est pas nécessaire de chercher à obtenir une épaisseur plus considérable; cependant, quand on veut que cette couche présente plus d'épaisseur, on peut en recouvrir le revers avec une certaine quantité de cire à cacheter. Tous ces détails doivent être dirigés d'après la fantaisie de l'opérateur; mais je pense que le dépôt qu'on obtient dans l'espace de vingt-quatre heures est suffisant.

225. Lorsque la médaille est terminée, il ne reste plus qu'à séparer la copie de l'original, ce qui n'est pas difficile. On doit d'abord avoir soin d'enlever le cuivre qui entoure le moule vers ses bords, alors la séparation s'effectuera sans effort. Quand la copie a été obtenue sur la médaille originale elle-même, les précautions que j'ai conseillées suffiront pour que l'adhérence qui a lieu soit très-minime (2). Les empreintes obtenues avec la plupart des substances non conductrices se détachent si facilement que le moule n'en éprouve aucune atteinte, l'adhésion est beaucoup plus grande quand on emploie des moules en plomb; cependant, avec des soins, l'empreinte peut être séparée du moule sans que ce dernier en éprouve un grand dommage. Dans chacun de ces cas il est nécessaire de prendre certaines précautions pour diriger la force qu'on emploie à produire la séparation, car il y a manière d'enlever l'empreinte avec plus ou moins de facilité.

Quand on emploie le cuivre pour obtenir un dépôt, on peut,

(1) 224. Il sera prudent de donner aux médailles une épaisseur plus grande que celle indiquée par M. Smée; sans cette précaution elles sont sujettes à se voiler et à se déformer, surtout lorsqu'on les chauffe pour les bronzer. Cinquante à soixante heures d'immersion donneront une épaisseur convenable.

C'est ici le lieu d'indiquer un petit artifice fort simple pour imiter les médailles au point de tromper l'œil du connaisseur le plus exercé. On fera avec du cuivre rouge une virole du diamètre de la médaille qu'on veut imiter, et de la hauteur de cette médaille posée à plat. Sur cette virole, tournée et polie avec soin, on sondera très-proprement à l'étau, ou de toute autre manière, les deux côtés de la médaille imitée par le procédé galvanique. Si cette opération est exécutée adroitement, on obtiendra ainsi une copie tout-à-fait identique de la médaille originale; son apparence sera exactement la même, et il faudra la tenir à la main pour s'apercevoir, à la différence de poids, que ce n'est qu'une imitation. Il est bien entendu que la virole et les deux plaques seront bronzées par les procédés indiqués plus haut, No et surtout note 186.

(2) 225. Lorsque la copie sera adhérente à l'original de cuivre, il suffira souvent de chauffer le tout pour que la différence de dilatation des métaux, occasionnée par la chaleur, produise leur séparation.

Si l'adhérence avait lieu sur un modèle de plomb, on pourrait, à défaut d'autre moyen, faire fondre le plomb qui entre en fusion à une température bien au-dessous de celle qui altérerait le cuivre. Ce procédé est applicable à bien plus forte raison aux alliages fusibles.

Quant à la manière de s'y prendre pour diriger les efforts qui doivent amener la séparation de la copie et de l'original, on trouvera dans le *Manuel du Mouleur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Foret*, note 7, lettre d, des détails fort étendus à cet égard.

comme nous l'avons dit, éviter l'adhérence de la copie à l'original (125).

226. On ne comprendra bien l'importance de l'électro-métallurgie pour la fabrication des médailles que quand on saura la difficulté qu'on a à surmonter pour frapper celles qui sont d'un grand diamètre. M. Haggard possède une magnifique médaille, de Boulton, d'environ 108 millim. (4 pouces) de diamètre, et il assure qu'il a fallu la frapper trois cents fois avant de l'obtenir d'une exécution parfaite. C'est dans les cas semblables que les avantages de l'électro-métallurgie deviennent évidents; car, à l'aide de l'agent galvanique, la fabrication d'une pareille médaille ne serait pas plus difficile que celle de la médaille la plus ordinaire.

227. On peut donc à l'aide de l'électro-métallurgie perpétuer le souvenir d'un ami, ou d'un homme célèbre par sa science, ses talents ou ses vertus; tandis qu'on ne pourrait faire frapper leur médaille qu'à grands frais. Il est facile de se procurer à peu de frais une empreinte en cire de la personne dont on veut conserver les traits, et on revêt cette empreinte d'une couche métallique en suivant les règles que nous avons tracées. Cette dépense partagée entre trente ou quarante personnes ne serait point onéreuse pour chacune d'elles, et elles auraient la satisfaction d'avoir le portrait de la personne qu'elles auraient aimée; et quel immense avantage que celui de posséder le portrait d'un ami chéri, au lieu d'une simple bague d'or portant une inscription! Combien le souvenir serait plus durable! Souvent, en effet, l'anneau n'est prisé qu'à cause de sa valeur intrinsèque, et après avoir été porté pendant une année, est impitoyablement livré au creuset. Tandis qu'une médaille de cuivre, à part la beauté de son exécution, ne vaudrait que quelques centimes et serait cependant d'un grand prix pour celui qui la posséderait.

228. Il est à désirer qu'on puisse, à l'aide du galvanisme, parvenir à obtenir une médaille parfaite, c'est-à-dire ayant une face et un revers; car on n'y a pas encore réussi, et la chose est fort difficile, si j'en juge d'après ma propre expérience.

Voici comment je m'y suis pris pour essayer d'atteindre ce but. Je me suis procuré des empreintes en creux des deux côtés d'une médaille et je les ai mises en contact à la partie du plâtre qui se trouvait en dehors de l'impression, de telle sorte qu'il y eut entre les deux faces un intervalle égal à l'épaisseur de la médaille. La surface intérieure des empreintes en plâtre

fut ensuite revêtue d'une couche de plombagine et mise en communication avec le zinc de la batterie, tandis que le morceau de cuivre qui devait être dissous était placé au-dessus d'un petit trou que j'avais laissé sur le bord du moule. Cela fait, je fis communiquer les empreintes avec l'argent de la batterie. Cette tentative ne fut point suivie de succès. Je pense néanmoins qu'il serait possible, à l'aide de ce moyen, d'obtenir des médailles épaisses offrant deux faces. (Voyez Note 224, 2^e alinéa.)

CHAPITRE II.

DES MOYENS DE COPIER LES CACHETS, LES SCEAUX, LES EMPREINTES EN PLÂTRE, ETC.

Importance des cachets, 229. — Procédé pour copier un cachet, 230. — Moules en cuivre pressur des médailles en plâtre, 231. — Qualités du cuivre réduit, 232.

229. Jadis, lorsque la faculté d'écrire n'était donnée qu'à un petit nombre, un cachet était une chose de la plus haute importance : il remplaçait dans les actes le même office qu'une signature, et c'est précisément là l'origine de ce dernier mot. Aucune transaction n'avait lieu sans être accompagnée du sceau des parties; chaque corporation avait le sien. Comme preuve de la haute importance qu'on attachait aux sceaux, nous citerons celui de Southwell dont l'empreinte ne s'obtenait qu'après l'application de trois cachets séparés. Chacun de ces derniers se trouvant en la possession des trois intéressés, il aurait fallu que le contrefacteur les eût tous pour obtenir une empreinte convenable, et pouvoir aliéner une terre ou une propriété. Aujourd'hui le sceau a perdu sa valeur, et dans le vaste établissement où je demeure⁽¹⁾ des milliers de livres sterlings changent à chaque instant de main sans subir cette formalité.

230. Maintenant donc que les cachets ont perdu de leur importance, nous ne voyons pas d'inconvénient à décrire le moyen de les copier. Ce moyen est fort simple : on les recouvre d'abord d'une couche extrêmement mince de plombagine à l'aide d'une brosse dure. Si cela est nécessaire, on peut aider à l'action de cette substance au moyen d'une petite goutte d'esprit-de-vin ; mais il faut tâcher d'éviter l'emploi de ce liquide, attendu que la cire étant soluble dans l'alcool, le cachet pourrait être endommagé. On fait chauffer ensuite un fil métallique fin à la flamme d'une bougie, et l'extrémité chauffée est mise en con-

(1) La Banque d'Angleterre.

tact avec le bord du cachet pour qu'elle puisse y adhérer. On doit mettre un peu de plombagine autour du point d'insertion du fil. On place alors le cachet dans la dissolution ; le reste de l'opération est semblable, sous tous les rapports, au procédé qu'on suit pour obtenir des empreintes de médailles. (Voyez 220, 221, 222, fig. 6.)

On peut copier facilement par ce procédé les sceaux les plus étendus, comme celui d'Angleterre ou les grands sceaux des évêques. Ceux de moindre dimension s'obtiennent avec une égale facilité. L'opérateur doit se souvenir que, quoiqu'il lui soit parfaitement libre d'imiter les sceaux des règnes précédents, il encourrait les peines les plus sévères s'il se permettait de copier ceux actuellement en usage.

On pourra ainsi répondre à un ami dont on a reçu la lettre la veille ou dans la matinée, en lui envoyant une lettre portant son propre cachet qu'on aura reproduit par l'électrotypie.

Si on veut obtenir une copie en relief d'un cachet de cire également en relief, il faut recourir à deux opérations : ou faire d'abord un creux en plâtre, quand on aura obtenu ce dernier, on s'en servira comme on le fait pour le plâtre en général. 139 à 142 (1).

231. Des empreintes en cuivre peuvent être faites avec la plus grande perfection sur des médaillons en plâtre. Si on veut prendre un creux en cuivre d'un plâtre en relief, on prépare simplement le plâtre avec du suif, de la cire, ou toute autre substance analogue, Nos 139 à 142 ; on y applique ensuite avec soin de la mine de plomb, et l'on fixe autour de son bord un fil métallique fin pour faire communiquer le médaillon avec la batterie. Cela fait, on peut plonger ce dernier dans la dissolution. La copie en cuivre ainsi obtenue est d'une exécution aussi parfaite que le plâtre original. Quand on veut avoir un relief du médaillon en plâtre, on peut soit *électrotyper* le moule en cuivre obtenu comme je l'ai déjà dit N° 214, ou faire un moule de cire vierge, après avoir préalablement imbibé le plâtre avec de l'eau, N° 137 à la fin. Le moule en cire doit être enduit de mine de plomb, et on doit le fixer à un fil métallique avant de l'introduire dans la dissolution. On peut employer, dans le même but, un mélange de cire vierge et de colophane. Son application est semblable à celle de la

(1) 230. On trouve également dans le *Manuel du Monneur en médailles*, No 44 bis, un excellent procédé pour transporter directement un creux en plâtre en un relief de la même matière, et *vice versa*.

cire blanche. La médaille de cuivre obtenue par l'un de ces moyens est parfaite, et ce procédé peut être considéré comme excellent, car il ne présente aucune difficulté, n'exige pas beaucoup de travail, et s'exécute sans altérer le médaillon en plâtre. La seule difficulté qui accompagne la reproduction des ouvrages en plâtre, n'est pas la fabrication de la copie en cuivre, mais bien la difficulté d'obtenir une empreinte en plâtre bien faite. Il est à remarquer que chaque artiste qui s'occupe de l'exécution d'objets en plâtre s' imagine être en possession de quelque secret. Mais le fait est que cet art ne s'acquiert que par la pratique et n'est pas une science soumise à certaines lois (1). On peut obtenir un moule stéréotypé, d'un original en plâtre et tirer de ce moule une copie en cuivre. L'appareil et le mode opératoire sont semblables à ceux employés pour la reproduction des monnaies et des médailles. Mais peu de personnes consentiront aujourd'hui à adopter cette méthode, qui est inférieure aux autres. 220, 222 (fig. 3, 5, 6.)

232. On peut donner au dépôt de cuivre qui se forme dans les préparations précédemment indiquées, la texture qu'on juge convenable, en suivant les règles que j'ai prescrites. On peut l'obtenir de la plus grande flexibilité ou de la plus grande dureté. Une médaille, un camée ou un cachet, peuvent être obtenus très-durs, en employant une dissolution très-forte, une grande batterie, ou un pôle positif en cuivre très-volumineux. Ce mode de préparation peut être très-utile pour l'anaglyptographe de Bate, instrument très-ingénieux, à l'aide duquel on peut reproduire en planche gravée un original en relief. On fait passer sur la médaille un poinçon qui est placé sous un angle de 45 degrés. Cette pointe communique le mouvement à une autre pointe de diamant. A mesure que la pointe qui passe sur la médaille est élevée ou abaissée, le diamant suit une courbure analogue, en sorte que les lignes tracées sur la planche forment certaines courbures qui représentent une copie exacte de la médaille (2).

(1) 231. M. Smée tombe ici dans une grave erreur; l'art de bien mouler le plâtre ne s'acquiert pas par la pratique seule, il existe, pour y réussir, une foule de procédés imaginés successivement par les artistes, et qui ont été recueillis en des règles certaines, et forment une théorie dont l'observation est essentielle à la perfection de cet art. Nous recommandons de nouveau l'excellent *Manuel du Mouteur en médailles*, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

(2) 232. Le procédé de gravure de Bate nous paraît être analogue, mais de beaucoup inférieur, à celui employé par M. Achille Collas, pour la gravure de son *Trésor de numismatique*. Cet admirable ouvrage est maintenant entre les mains de tous les savants qui s'occupent de médailles. Nous croyons que l'électro-métallurgie est appelée à prêter un nouveau secours aux intéressants travaux de M. Collas.

Quand on emploie une légère couche de plombagine, le cuivre déposé ne change pas de couleur, quoique cette couche s'attache à l'empreinte en cuivre quand on enlève celle-ci, sans laisser de trace sur l'original en plâtre; mais le cuivre changera de couleur si la couche de plombagine est épaisse.

CHAPITRE III.

DE LA REPRODUCTION DES OBJETS EN AIRAIN ET EN LAITON.

Procédé à suivre pour obtenir cette reproduction, 233.

233. Il n'existe peut-être pas, en Angleterre, une église qui ne possède quelque monument antique, consistant en une plaque d'airain, où sont gravés les portraits de tous les membres d'une famille. A Yarmouth, ces reliques furent jugées si peu dignes d'intérêt, que l'on employa ces vénérables souvenirs à la fabrication de poids à l'usage de la ville. Cependant les antiquaires ont une grande vénération pour ces monuments, et beaucoup d'entre eux s'estimeraient heureux d'en posséder une copie. Rien de plus facile.

Pour reproduire les gravures sur l'airain, il suffit d'en obtenir une copie en plâtre de Paris, après avoir préalablement frotté l'original avec de l'huile; ensuite on fait bien sécher le plâtre, et on l'enduit de suif; cela fait, on fixe autour de lui un fil métallique et on le frotte de mine de plomb, avec une brosse douce, avant de le faire communiquer avec la batterie. On ne peut reproduire par ce procédé que les objets en airain d'un volume modéré, car quelques-uns sont tellement volumineux qu'il est presque impossible de les copier.

Le procédé par la batterie est le plus approprié à la reproduction de ces objets. On emploie comme pôle positif un grand morceau de vieux cuivre qu'on doit placer le plus près possible du plâtre. Comme les objets en airain sont ordinairement d'une grande étendue, et que la copie en plâtre l'est également, on doit employer une forte batterie, sinon, la force de la dissolution métallique doit être réglée d'après la puissance de la pile, et on doit la rendre beaucoup plus étendue et plus acide.

CHAPITRE IV.

DE LA MANIÈRE D'OBTENIR DES CREUX COPIÉS SUR DES SURFACES EN RELIEF.

Des copies de métal en creux, prises sur des surfaces en relief, 234. — Particularités concernant les creux pris sur du papier, 235.

234. Toutes les surfaces en relief peuvent être copiées avec facilité, qu'elles soient en papier ou en toute autre substance. On doit d'abord les rendre non absorbantes, en les enduisant d'huile, de vernis, ou de cire, suivant l'épaisseur de leur tissu. Cependant l'huile de lin doit être préférée pour la préparation du papier. On doit faire sécher la couche d'huile avant d'y appliquer celle de mine de plomb, et de mettre l'objet dans la dissolution.

235. Les empreintes provenant d'un original en papier présentent souvent une apparence légèrement dentelée sur leurs parties unies, ce qui s'explique par les vergures et autres inégalités de la pâte du papier qui s'y sont imprimées. Il paraît que cet inconvénient n'a plus lieu, après que plusieurs copies ont été obtenues.

L'attention de l'autorité a sans doute été fixée sur ce fait, à savoir que par l'électro-métallurgie on peut, avec la plus grande facilité, contrefaire les timbres secs. C'est à elle à décider quelles sont les mesures à prendre à cet égard (1).

CHAPITRE V.

DE LA FABRICATION DES MOULES OBTENUS SUR DES FRUITS, DES VÉGÉTAUX, DES LÉGUMES.

Moyen d'obtenir des moules de végétaux, 236. — Méthode de Chantrey, 237.

236. Dans un livre précédent nous avons enseigné la manière de revêtir les fruits et autres espèces de végétaux, d'une couche de cuivre métallique, après toutefois les avoir enduits d'une certaine quantité de mine de plomb (207). Si on conti-

(1) 235. L'inconvénient de la contrefaçon des timbres secs, au moyen de la galvanoplastie, n'est pas aussi grave qu'il le paraît au premier abord, du moins pour le papier timbré dont la vignette, à filigranes, incrustée dans la pâte même du papier, opposera un nouvel obstacle aux faussaires qui seraient tentés de contrefaire le timbre sec,

nue l'opération jusqu'à ce qu'un épais dépôt ait été obtenu, au lieu d'une légère couche, on obtiendra un moule. J'ai vu une empreinte métallique prise sur une feuille de cerisier, elle surpasse toute description : en effet, cette empreinte est d'une perfection admirable, car chaque fibre et chaque nervure, en un mot, les moindres parties de la feuille sont exprimées avec la plus grande fidélité sur la copie en cuivre. On peut copier de la même manière la surface d'un fruit, en sorte que chaque rugosité, chaque dépression, quelque délicates qu'elles soient, s'y trouvent reproduites aussi fidèlement que sur l'original.

237. Chantrey a imaginé un procédé ingénieux, mais difficile et compliqué, pour obtenir l'empreinte des feuilles et des bourgeons d'un arbre : il prend du sable fin de rivière, qu'il pulvérise et tamise avec soin, il y enferme les feuilles et les bourgeons ; le tout est desséché au four, les parties végétales se réduisent en charbon qu'on fait disparaître en soufflant dessus par des ouvertures ménagées à cet effet ; le charbon disparaît et laisse un vide qui représente la forme de la feuille ou du bourgeon ; cette cavité fait l'office d'un moule dans lequel on verse du cuivre fondu. On atteindra plus facilement le même but à l'aide du courant galvanique.

Toutes les substances animales et végétales qui peuvent séjourner quelques heures dans la dissolution de cuivre sans altération, peuvent être copiées. Dans tous ces cas, l'appareil à batterie, semblable à celui qu'on emploie pour les médailles, doit être préféré (*fig. 3.* (1)).

CHAPITRE VI.

DE L'APPLICATION DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE À L'ART DU FONDEUR.

Procédé que suit le fondeur pour obtenir un sujet en métal, 238. — Moyens employés par l'électro-métallurgiste dans le même but, 239. — Texture du cuivre, 240. — Règles générales, 241. — Application de l'électro-métallurgie à l'orfèvrerie, 242 ; — À l'art du dentiste, à la chirurgie, à la minéralogie, 243.

238. Notre siècle a malheureusement pendant longtemps cessé d'encourager la sculpture ; cependant, depuis quelques années, une recrudescence favorable à cet art semble s'être opérée, et l'on en peut juger par ce luxe d'innombrables statuettes qui

(1) 237. Nous ne voyons pas trop quel parti on pourrait tirer, dans les arts, de ces

aujourd'hui envahissent nos maisons. Si ce retour à la sculpture s'étend au-delà de la durée passagère d'une mode, l'électro-métallurgie est appelée à lui prêter un grand secours.

Pour obtenir une statue en fonte, le sculpteur livre au fondeur son modèle en terre, on en tire ensuite une épreuve en plâtre ou en cire, et c'est sur cette dernière qu'est fait le moule en terre ou en sable qui doit recevoir le métal fondu. Ces diverses opérations nécessitent un très-grand travail, et ne sont pas sans danger, à cause des explosions qui peuvent avoir lieu en coulant le métal; en outre la copie métallique est loin d'être parfaite; elle exige de nombreuses retouches et un nouveau travail pour être terminée.

L'électro-métallurgiste pourrait obtenir un résultat plus parfait en préparant simplement son sujet en plâtre, en le revêtant de mine de plomb, et en le plaçant dans une dissolution de sulfate de cuivre. Un fil métallique, mis en contact avec la mine de plomb, doit communiquer avec le zinc de la batterie, tandis que le fragment de cuivre qui doit être dissous, doit être en rapport avec l'argent de la même batterie.

239. Quand l'original présente de grandes dimensions, il est nécessaire que le vase dont on se sert présente une énorme capacité : pour obvier à cette difficulté, on doit, si le moule est creux, joindre ses différentes pièces ensemble par de la cire ou de la graisse, de manière à ce qu'il devienne lui-même le vaisseau propre à contenir le liquide. On doit se servir de fortes batteries et d'une dissolution légèrement étendue, parce que, d'après les probabilités, le volume de la batterie ne sera pas proportionné à l'immense surface que présentera l'original, même lorsque ses dimensions seront peu considérables. Le morceau de cuivre qui forme le pôle positif doit être aussi grand que possible. Il doit être placé le plus près possible du moule en plâtre, afin qu'il y ait peu d'obstacles au passage du courant. (1)

moules de fruits et de végétaux ; on ne pourrait même pas y fondre de la cire, ni quoi que ce soit, puisqu'il faudrait briser le moule pour en retirer le sujet. D'ailleurs les modèles en plâtre qui coûtent bien moins cher, sont beaucoup plus commodes pour couler de la cire, et on peut les faire en plusieurs pièces, ce qui permet la dépose du sujet. Ces moules seront donc complètement inutiles toutes les fois qu'il s'agira de reproduire un sujet en ronde bosse, et on ne pourra les appliquer que pour des objets plats, comme des feuilles, etc.

(1) 239. Nous savons qu'en France des essais ont été faits pour revêtir d'une couche de cuivre de grandes statues de plâtre, mais nous doutons qu'on soit parvenu, en grand, à un résultat satisfaisant. Quant aux statuettes et autres objets de moindre dimension, il sera facile de les recouvrir de cuivre, et cette couche, quelque mince qu'elle soit, favorisera merveilleusement l'application de ces bronzages si usités depuis quelque temps, en remplaçant les couches épaisses de peinture qui empâtaient toute la délicatesse des sculptures.

240. On peut donner au cuivre n'importe quelle épaisseur; sa force et son épaisseur peuvent aussi être réglées suivant que l'exigent telle ou telle partie du travail, en augmentant ou en diminuant la distance entre le plâtre et la plaque positive de cuivre. Le prix d'une statuette de bronze, obtenue par cette méthode, comparé à celui qu'elle coûterait par la méthode généralement en usage, est difficile à déterminer exactement. Dans l'ancien système, on doit tenir compte de la valeur du cuivre, du charbon nécessaire pour le fondre, et en outre de la main-d'œuvre nécessaire pour terminer ensuite le travail. Dans le procédé à l'aide du galvanisme, les dépenses sont : la valeur du cuivre, plus la valeur d'un poids égal de zinc, plus le travail nécessaire pour mettre les batteries en œuvre; tout cela est à peu près compensé par la valeur du sulfate de zinc qui s'est formé pendant l'opération. D'après les évaluations précédentes, on voit qu'on ne peut se former qu'une idée approximative des frais nécessités par les deux méthodes; et ce problème ne pourra être résolu qu'en faisant des opérations sur une large échelle.

241. Avant de terminer, je dois dire que l'électro-métallurgie ne se borne point aux applications que nous avons signalées dans le cours de cet ouvrage; car, tout objet dont on peut faire une copie en cuivre par l'ancien système, peut être également reproduit à l'aide du fluide galvanique. Quant aux autres métaux, on peut, à la vérité, les employer dans quelques cas, cependant l'application du fluide galvanique à leur préparation doit être limitée, à cause du prix élevé de plusieurs d'entre eux, et c'est-là ce qui mettra un obstacle à leur emploi général; tandis que la valeur de quelques autres est assez peu considérable pour que leur usage soit peu dispendieux.

L'électro-métallurgie promet de rendre de grands services à ceux qui travaillent l'or, car, après s'être procuré un modèle, ils peuvent s'en servir pour obtenir les copies les plus compliquées; il est vrai que l'achat des articles en or est si dispendieux, que la main-d'œuvre n'y entre que pour une faible part; sans cette circonstance, l'électro-métallurgie serait de la plus grande importance pour les orfèvres.

Le dentiste a besoin, pour la fabrication des rateliers, d'une empreinte exacte de la bouche, faite en platine, en or, ou en palladium. Le prix de fabrication de ces appareils est si considérable, que beaucoup de personnes se privent de leur

usage. Il est nécessaire qu'ils puissent s'adapter parfaitement, et, sous ce rapport, l'électro-métallurgie peut venir en aide au fabricant ; mais on doit se souvenir que nonobstant les règles prescrites dans ce livre, ces sortes d'ouvrages exigent de la dextérité et de l'habitude.

243. L'électro-métallurgie peut, dans certains cas, être très-utile aux chirurgiens et aux orthopédistes, car quand ils veulent exercer une pression continue sur une partie, ou qu'ils veulent placer une région du corps dans une position particulière, ils peuvent construire un instrument en cuivre approprié aux différents cas qui se présentent, résultats qui peuvent être obtenus en prenant d'abord une empreinte en plâtre ou en étoffe amidonnée de la partie malade.

L'électro-métallurgie n'est pas sans intérêt pour le géologue, car non-seulement elle peut reproduire la forme des veines métalliques renfermées dans le sein de la terre, mais encore elle fournit le moyen d'obtenir des copies en cuivre des fossiles, sur lesquels les dissolutions métalliques n'exercent aucune action. Si la dissolution est acide, elle ne pourra pas être employée pour les stratifications qui contiennent du carbonate de chaux ; mais alors on peut obtenir d'abord une copie en plâtre, dont on pourra tirer une autre copie qui sera aussi parfaite que l'original. Ces empreintes métalliques doivent être préférées à toute autre espèce de copie, car elles sont plus légères, occupent moins de place, sont moins fragiles, et par conséquent plus durables que les autres.

LIVRE V.

De l'Électrotypie.



CHAPITRE PREMIER.

DE LA REPRODUCTION DES CARACTÈRES D'IMPRIMERIE.

Manière d'imprimer les livres, 244. — De la stéréotypie, 245. — Des caractères électrotypiques, 246.

244. Les caractères dont on se sert pour l'impression des livres, sont formés de lettres séparées et composées d'un alliage particulier ; ces lettres combinées ensemble forment des mots, un certain nombre de mots forme un paragraphe, etc.

La plupart des ouvrages sont imprimés par parties, en sorte que tandis qu'on imprime un chapitre, l'auteur souvent en compose un autre. Dans ce cas, l'électrotypie ne serait d'aucune valeur pour le typographe, car les caractères qu'on emploie pour imprimer la première partie d'un ouvrage serviront encore pour en imprimer une autre partie.

245. Quant aux livres qui sont d'un grand débit, tels que la Bible ou les livres de prières, qui n'exigent pas qu'on y fasse de changements pendant un grand nombre d'années, on est dans l'habitude, quand l'ouvrage est entièrement composé, d'en prendre une copie stéréotypée. On obtient d'abord une empreinte en plâtre de ces caractères, puis on la fait sécher au four, et sur ce modèle on prend ensuite une seconde empreinte en métal.

L'empreinte, ainsi obtenue, offre l'avantage d'être d'une seule pièce, tandis que les caractères ordinaires sont formés de lettres séparées. Une planche stéréotypée peut être obtenue à si bon marché, que l'électrotypie ne saurait rivaliser avec elle sous ce rapport.

246. Pour obtenir une copie électrotypée d'une page formée de caractères ordinaires, il faut prendre une impression en creux de cette page, soit directement avec un métal, soit avec du plâtre. Dans ce dernier cas, il faut rendre le plâtre

non absorbant. On peut aussi prendre cette empreinte en cire blanche; l'impression en creux doit être couverte d'une couche de mine de plomb, et placée dans la dissolution, afin de recevoir le dépôt de cuivre. Ce procédé n'est guère utile que pour les bibles, et sa durée est probablement plus grande que celle des planches stéréotypées; mais jusqu'ici on n'a pas de donnée positive à ce sujet.

CHAPITRE II.

DE LA REPRODUCTION DES PLAQUES EN CUIVRE UNIES.

Manière de préparer les planches de cuivre unies, 247. — Planches électrotypiques, 248. — Procédé pour les obtenir, 249. — Manière de diriger la batterie, 250. — Auge à précipités, 251. — Température, 252. — Pôle positif, 253. — Règles pour donner au cuivre telle ou telle texture, 254. — Appareil à une seule cellule, 255. — Temps qu'exige ce procédé, 256. — Enlèvement de la plaque, 257. — Manière de préparer la plaque pour l'usage des graveurs, 258. — Economie dans la fabrication, 259. — Prix d'une plaque, 260.

247. L'application de l'électrotypie aux différents genres de gravures est de la plus grande importance. Les gravures sont généralement faites sur des planches de cuivre qu'on soumet à une longue et laborieuse préparation. Le cuivre qu'on emploie dans ce cas doit être aussi pur que possible; après l'avoir martelé de manière à lui donner une certaine épaisseur, on le livre au fabricant de planches en cuivre; celui-ci examine attentivement la planche, et enlève toutes les particules de métal étranger qu'il aperçoit à sa surface; après quoi, pour combler les petites cavités qu'occupaient ces particules, il frappe de nouveau, à coups de marteau, sur la plaque; on la polit ensuite grossièrement avec du charbon.

248. Les planches de cuivre, ainsi obtenues, ne sont pas pures, car elles contiennent généralement de l'étain et d'autres métaux qui rendent la gravure au burin difficile et la gravure à l'eau-forte incertaine dans ses résultats. Pour obvier à ces imperfections, on peut obtenir une plaque électrotypique copiée sur une plaque en cuivre ordinaire; et comme le métal qui se dépose sous l'influence du fluide galvanique est de la plus grande pureté, il est plus approprié aux besoins du graveur. Cette plaque copiée présente une surface aussi unie que celle de l'original, et peut être immédiatement mise en œuvre. Mais il est mieux cependant de marteler la copie et

de la frotter avec du charbon, ce qui l'améliore en la rendant plus élastique; et l'opinion d'un des premiers fabricants de planches de cuivre de la ville de Londres, est que la planche galvanique, ainsi martelée, est aussi bonne qu'une planche en acier. Une de ces plaques électrotypiques fut *planée* au marteau et préparée comme les plaques ordinaires dont se servent les graveurs. M. Palmer y fit exécuter plusieurs dessins. Le *planeur* interrogé sur la qualité de la plaque qui avait été soumise à son travail, répondit qu'elle était bien supérieure à celles obtenues par le laminage ordinaire.

Quelques personnes avaient douté que les planches obtenues par l'électrotypie pussent supporter l'action du marteau. Le fait précédent lève toute incertitude à cet égard. Cette planche fut ensuite soumise à l'action du burin, et l'artiste fut d'avis que la qualité du cuivre était telle, que la gravure au burin exigeait beaucoup moins de travail comparativement aux planches ordinaires. Un graveur à l'eau forte partagea la même opinion et avoua que l'acide nitrique mordait plus uniformément sur ce cuivre, ce qui dépendait sans doute de son extrême pureté. D'autres expériences analogues furent faites, et tous les artistes qui s'y livrèrent furent du même avis, et attribuèrent cette incontestable supériorité à la pureté du cuivre, tandis que le cuivre ordinaire est presque toujours mêlé de charbon, ou allié d'autres métaux, ou souillé de quelques scories et autres impuretés.

249. Le procédé, pour obtenir ces plaques, est fort simple. La planche sur laquelle le dépôt doit se faire, doit présenter sur sa face postérieure une lame de métal qu'on y soude, cette lame sert à établir la communication avec le zinc de la batterie. La température qu'exige cette opération chasse l'air qui revêt la surface de cette planche; en sorte que si on la plaçait de suite dans la dissolution de sulfate de cuivre, il serait à craindre que l'original et la copie n'adhérasent ensemble. Pour éviter cet accident, la plaque soudée doit être placée dans un lieu frais pendant vingt-quatre heures et même plus, ce qui lui permettra de se revêtir de nouveau d'une couche d'air. Ceux qui ne sont pas habiles à souder les métaux, peuvent se servir tout simplement d'un fil métallique ou d'un fragment de métal qu'on assujettit à la face postérieure de l'original : ce moyen de communication est tout-à-fait suffisant. Les parties de la plaque sur lesquelles on ne veut pas que le dépôt s'effectue, doivent être enduites de cire, de suif, ou de toute autre substance non conductrice.

250. La plaque étant ainsi disposée, on se sert d'une batterie en argent platiné, dont la surface est égale à deux fois celle du métal négatif. On charge cette batterie avec de l'acide sulfurique étendu (environ un décilitre d'acide sulfurique concentré dans seize décilitres d'eau). En employant l'acide ainsi étendu, on obtient une action locale beaucoup moins considérable; et pour cette raison on ne doit pas verser l'acide dans la pile avant que le refroidissement ne soit complet.

Pour le but qu'on se propose ici, la meilleure forme de batterie est celle qui est représentée dans la figure 3. L'élément argent présente une vis qui y est soudée, et un morceau de bois est fixé à sa partie supérieure. Une bande de zinc est placée sur chaque face de l'argent, et ces deux bandes sont simplement unies l'une à l'autre et à une vis, par une autre grande vis qui joint ensemble ces deux bandes de zinc et la pièce de bois, qui est unie à l'argent. Cet ingénieux appareil semble avoir été imaginé pour éviter l'ennui d'ajouter un autre fragment de zinc à mesure que ce métal est dissous.

251. On peut mettre en usage une auge à précipité, verticale ou horizontale. L'auge verticale est un vase de bois allongé, dont l'intérieur est luté; on y met d'un côté la plaque qu'on veut copier, et de l'autre le morceau de cuivre qui doit être dissous (*fig. 3, b*).

L'auge horizontale est un vase carré, à parois peu élevées, dans le fond duquel on introduit la plaque qu'on veut copier (*fig. 4*): on place à 14 millim. (un demi-pouce) au-dessus de cette dernière, la plaque de cuivre qu'on veut faire dissoudre. Il est nécessaire de mettre la plaque négative au-dessous, sans cela la force de la dissolution ne serait point maintenue uniformément, et une masse de cristaux se déposerait au fond du vase. Le premier appareil est plus convenable pour une précipitation lente, mais le second est plus approprié à la précipitation rapide du métal.

Quel que soit le procédé qu'on emploie, l'auge doit être remplie d'une dissolution de sulfate de cuivre, d'une force appropriée à la puissance de la batterie. Si on emploie une batterie, on doit l'amorcer avec une dissolution saturée de sulfate de cuivre, étendue d'un peu plus d'un tiers de son volume d'acide sulfurique. On peut employer une dissolution de nitrate de cuivre, de 500 grammes (1 livre) pour un litre et demi, ce qui hâtera la formation du dépôt métallique. On peut se servir d'une dissolution presque saturée de sulfate ou de nitrate

de cuivre, si toutefois on emploie une série de quatre ou cinq batteries, ou si la dissolution est maintenue à une haute température. Il est bon de placer d'abord la plaque dans une dissolution neutre, et ensuite, quand elle est déjà revêtue d'une légère couche, de la plonger dans la dissolution acide, afin que la couche d'air ne soit pas chassée.

252. Toutes les fois que cela est possible, on doit porter la dissolution à la température de l'eau bouillante, attendu que, par ce moyen, le dépôt se formera beaucoup plus vite et que le cuivre présentera plus d'élasticité.

On ne doit pas confondre l'élasticité avec la flexibilité, erreur qui n'est que trop fréquente. Cette dernière est la propriété que possèdent les corps de pouvoir être facilement courbés en restant dans la même position, tandis que l'élasticité est la propriété qu'ils ont de revenir à leur première forme après avoir été courbés.

La flexibilité des métaux est facile à obtenir en se conformant aux règles précédemment établies; quant à l'élasticité, c'est la propriété que l'électro-métallurgiste a le plus de peine à donner aux métaux.

253. Quand on a rempli l'auge avec le liquide, on prend un morceau de cuivre de même dimension que celle de la planche, et on le fait communiquer avec l'argent de la batterie. Celle-ci étant amorcée, l'auge à précipités étant remplie par la dissolution, et le fragment de cuivre à dissoudre étant plongé dans l'auge et uni à l'argent de la batterie, on doit faire communiquer le fil qui est soudé sur la plaque où le dépôt doit s'effectuer, avec le zinc de la batterie, et l'opérateur doit surtout avoir soin de ne plonger qu'en dernier lieu la plaque de cuivre dans l'auge à précipités, pour compléter le circuit; ces dispositions achevées, on voit un dépôt de cuivre pur se former (fig. 3 et 4); ce dépôt n'adhère pas à l'original à cause de la couche d'air placée entre eux.

254. Ayant mis l'appareil en action, l'expérimentateur doit régler la quantité du courant électrique, en diminuant ou en augmentant la distance qui sépare les pôles dans l'auge à précipités, suivant l'espèce de texture qu'il veut donner au métal; car ce dernier peut être obtenu aussi mou que le plomb, aussi dur que l'acier, ou d'une consistance intermédiaire. Le cuivre ne doit pas être trop cristallisé ni trop flexible, mais d'une texture moyenne entre ces deux extrêmes. Nous avons déjà suffisamment insisté sur les lois qui président à la forma-

tion de ces différentes textures. L'appareil n'exige aucune autre préparation pendant deux ou trois jours, mais au bout de ce laps de temps, on doit, si on le juge convenable, changer l'acide de la batterie ainsi que les plaques de zinc. Le morceau de cuivre qui forme le pôle positif doit toujours être examiné et changé si on le juge nécessaire. On ne doit pas laisser longtemps une plaque dans l'inaction au milieu d'une dissolution neutre, attendu qu'alors le cuivre réduit se trouverait sous la forme de lamelles.

255. L'appareil à une seule cellule n'est pas propre à la confection des plaques de cuivre, parce qu'il est difficile de régler exactement la quantité d'électricité d'après la force de la dissolution. En effet, les plaques les plus grandes et les plus parfaites qui aient été obtenues jusqu'ici, ont été faites à l'aide de l'appareil à batterie.

256. Le temps nécessaire pour confectionner une plaque varie suivant l'épaisseur qu'on veut lui donner, suivant la facilité avec laquelle la dissolution se décompose, suivant la force de la batterie, et enfin suivant la distance qui sépare les plaques dans la cellule à décomposition ou dans l'auge à précipités. Le plus court espace de temps dans lequel on puisse obtenir une plaque, varie de vingt-quatre à trente-six heures; mais quand on emploie l'appareil à une cellule, et de l'acide étendu, il faut généralement une semaine et même plus. Dans les deux cas, cependant, on peut obtenir une texture de cuivre semblable. La rapidité du travail dépend de la solubilité du sel à base de cuivre.

Le nitrate de cuivre étant le plus soluble de tous les sels de cette base, on ne peut jamais obtenir une copie plus promptement que ne le comporte la force de la dissolution de ce sel.

257. Quand la plaque est terminée, il s'agit de l'enlever de de l'original, et dans ce but on doit dégager les bords de ce dernier des fragments de cuivre qui l'entourent; cela fait, l'opérateur peut séparer les deux plaques l'une de l'autre avec une extrême facilité, car s'il se conforme aux règles que j'ai tracées pour faire adhérer une couche d'air sur l'original, aucune cohésion n'aura lieu entre ce dernier et la copie.

258. Les plaques de cuivre ainsi fabriquées peuvent être immédiatement employées par les graveurs, à moins, ce qui est préférable, qu'on ne les frappe auparavant à coups de marteau ou qu'on ne les frotte avec du charbon comme on le fait pour les plaques préparées par le procédé ordinaire.

Non-seulement on peut obtenir une plaque en cuivre, en prenant pour modèle une autre plaque de même métal, comme dans le cas précédent, mais encore on peut atteindre ce but en se servant, pour recevoir le dépôt, de lames de substances sur lesquelles le fluide n'exerce aucune action. Tels sont la cire vierge, la cire à cacheter, ou le plâtre de Paris, qu'on enduit préalablement de mine de plomb.

259. Les fabricants de plaques électrotypiques qui en ont un grand débit, doivent s'efforcer de diminuer leurs frais par tous les moyens possibles. En premier lieu, ils doivent se souvenir que le mercure, qui sert à amalgamer le zinc, n'est point attaqué, mais que quand ce dernier est dissous, le mercure se dépose sur les petites particules de métal étranger que le zinc contenait. On doit conserver avec soin cette masse ainsi que tous les résidus. On parvient à séparer le mercure des corps auxquels il est mêlé, en renfermant la masse dans un nouet en peau, qu'il faut presser dans tous les sens ; le mercure qui reste dans le nouet après cette opération peut être obtenu par la distillation. En un mot, d'après la théorie, l'opérateur doit s'efforcer de récupérer la totalité du mercure dont il a fait usage ; mais, dans la pratique, il y a toujours un peu de perte. Le sulfate de zinc qui reste dans la batterie quand celle-ci est épuisée est entièrement pur ; c'est pourquoi on doit faire évaporer la dissolution pour obtenir les cristaux de sulfate de zinc, ou bien on peut le convertir en carbonate de la même base dont on fait une grande consommation dans les arts. Le dépôt de cuivre étant également pur, on doit en conserver tous les résidus qui sont propres à fournir à l'or un excellent alliage. Ceux qui fabriquent beaucoup de plaques électrotypiques et à qui il importe peu que l'opération soit plus ou moins longue, peuvent adopter un genre particulier de batterie. Celle-ci doit être fort grande et ne doit pas être unie seulement à une seule auge à précipités, mais à une série d'auges disposées exactement de la même manière qu'une batterie composée ; de sorte que si vingt auges étaient ainsi arrangées et mises en communication avec la batterie, on obtiendrait 10 kil. (20 livres.) de cuivre pour 1 kilog. (2 livres) de zinc dissous. La dissolution de sulfate de cuivre dans chaque cellule doit être un peu plus étendue, et beaucoup plus acide que quand on se sert d'une seule auge ; en outre la plaque positive en cuivre et la plaque négative de chaque cellule doivent être de la même dimension. Cette grande batterie n'exige pas plus de dépense qu'une petite ; car pour obte-

nir une somme donnée de travail, il y aurait autant de zinc dissous dans une batterie faite avec un dé d'argent, que dans celle qui aurait un pôle négatif dont la surface égalerait celle de toute l'Europe. Cette assertion, qui pourrait sembler paradoxale, est confirmée par cette loi : dans toute cellule la somme d'action chimique est la même. En conséquence, une batterie, pour chaque 500 gram. (1 livre) de zinc dissous, fait précipiter 500 grammes (1 livre) de cuivre dans *chaque* auge, c'est pourquoi le nombre d'auges arrangées en série composée donnera un nombre égal de kilog. de cuivre précipité pour chaque demi-kilo de zinc dissous.

Dans la grande et industrieuse capitale de l'Angleterre, il serait inutile de faire connaître l'excellence d'un procédé, si l'on n'y joignait quelques données sur les dépenses qu'il occasionne.

260. Les frais qui résultent de l'emploi d'une seule batterie et de l'auge à précipiter, sont : la valeur intrinsèque du cuivre qui coûte 1 fr. 40 cent. le 172 kilog. (1 livre); plus 172 kilog. (1 livre) de zinc amalgamé, 1 fr. 20 cent.; plus un peu de zinc qu'on perd par l'action locale; plus l'acide sulfurique, 40 cent.; ce qui porte les frais de matériaux à environ 3 fr. le 172 kilog. (1 livre). Qu'on y ajoute la main-d'œuvre, le temps, le loyer, et les bénéfices qui doivent résulter de cette fabrication, et l'on verra que chaque 172 kilog. (1 livre) de cuivre mis en œuvre doit coûter environ une vingtaine de francs; mais il y a lieu d'espérer que ces frais diminueront au fur et à mesure que la vente s'étendra. Peu de personnes en effet seraient disposées à donner ce prix pour des plaques unies, à moins qu'elles ne voulussent y tracer quelque dessin fait avec un grand soin. Dans un cas semblable, l'élévation du prix serait plus que compensée par la supériorité des plaques ainsi fabriquées.

CHAPITRE III.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES DE CUIVRE GRAVÉES.

Planches de cuivre gravées, 261. — Dessins faits sur les planches, 262. — Des différentes espèces de gravures, 263. — Usages des planches gravées, 264. — Leur utilité pour l'art du potier en faïence, 265. — Leur utilité pour les imprimeurs sur étoffes, 266.

261. Les planches de cuivre gravées ne sont pas plus difficiles à reproduire que celles qui sont tout unies. En effet,

une planche où se trouve tracé le sujet le plus compliqué, la conception la plus belle, le travail le plus délicat et le plus fin, peut être copiée avec autant de promptitude, d'exactitude et de facilité qu'une plaque tout unie, puisque le dépôt métallique, dans les deux cas, s'effectue de manière à reproduire fidèlement l'original.

262. Les dessins gravés sur des plaques en cuivre sont en creux, c'est-à-dire que les traits du dessin sont creusés dans le tissu du métal et situés au-dessous de sa surface. Or, le problème à résoudre consiste à obtenir une copie en creux, c'est-à-dire semblable à l'original : il faut, pour cela, tirer cette copie en relief, ce qu'on peut faire de différentes manières. On peut obtenir une copie de cuivre en relief en procédant de la même manière que pour confectionner une plaque unie (249-257); ce procédé est le plus parfait et doit toujours être préféré quand il s'agit de dessins délicats. On peut également obtenir la copie d'une plaque gravée en se servant d'une plaque de plomb propre et bien décapée : dans ce cas on place cette dernière dans une presse à imprimer en taille-douce, au-dessous d'elle on met une plaque de fer et par-dessus on place la plaque gravée ; on les soumet alors à l'action de la presse. Dans cette opération, si le plomb est placé dessous, on obtient une impression parfaite, mais la plaque gravée qui est au-dessus se recourbe, ce qui est un inconvénient, et *vice versa*. En étudiant ces faits il me vint à l'esprit que si une troisième plaque était superposée au deux autres, cette forme curviligne n'aurait point lieu. L'expérimentation confirma les données de la théorie. J'employai une plaque de plomb unie, par-dessus laquelle je mis une autre plaque en cuivre et par-dessus celle-ci j'appliquai une autre planche métallique, et c'est cette dernière qui devint recourbée. On peut prendre une copie parfaite d'une plaque gravée, avec de la cire-vierge ; mais pour copier une large plaque, il faut quelque habitude. La cire-vierge doit être recouverte de mine de plomb et plongée ensuite dans la dissolution ; on peut aussi employer le plâtre de Paris, pour obtenir une impression en relief. Les ouvriers stéréotypeurs sont très-habiles dans l'emploi de cette substance ; mais, quoique j'aie réussi à reproduire des plaques en cuivre en faisant usage de plâtre, je crains qu'on ne trouve pas ce procédé assez parfait pour être employé dans les travaux électro-typiques. Le plâtre doit être soigneusement préparé en suivant les règles déjà tracées, et on ne le plongera dans la dissolution qu'après l'avoir huilé et re-

couvert de mine de plomb. Après avoir obtenu une impression en relief par l'une de ces méthodes, il faut en tirer une copie en creux en suivant les règles établies pour copier les plaques unies. Il est nécessaire que l'objet soit recouvert d'une couche d'air avant de le placer dans la dissolution, pour éviter toute adhérence (249-257).

263. La face postérieure de la plaque obtenue est toujours plus ou moins rude, on devra donc la limer avant de s'en servir ; quelquefois, lorsque la plaque est mince, on soude sur sa face postérieure une seconde plaque en étain ou en fer pour la rendre plus solide ; mais cette précaution n'est pas sans inconvénients à cause de la dilatation inégale de ces métaux lorsque leur température s'élève. Cependant, par l'emploi de cette plaque additionnelle on peut faire usage du cuivre à texture cristalline. Ce métal présente tant de dureté à cet état, qu'elle doit probablement avoir plus de durée. La face antérieure de cette plaque, quelque polie qu'elle soit, est sujette à présenter un aspect un peu terne ; on peut faire disparaître cette imperfection à l'instant, en frottant légèrement le métal avec du charbon. Pour expliquer la formation de cette couleur terne, il suffira de dire, que, si l'opérateur place un doigt sur une plaque polie, le cuivre qui se déposera sur elle présentera une copie de l'impression du doigt. J'ai vu, chose étonnante, une plaque montrer un dessin de chacune des lignes qui se trouvent à l'extrémité des doigts, et même les orifices des canaux perspirateurs.

264. Ceux qui ignorent l'art du graveur seraient étonnés de la foule de moyens employés, par les artistes, pour exécuter une gravure. Cependant, ces moyens peuvent être divisés en trois classes : dans la première viennent se ranger les dessins obtenus à l'aide d'instruments de différentes espèces, tel que le burin, etc. ; dans la seconde, le dessin est obtenu en agissant sur la plaque à l'aide d'acides capables d'attaquer le métal sur le trajet des lignes qui constituent la gravure ; et d'après le troisième procédé, une plaque est uniformément préparée par un instrument qui la revêt d'une couleur parfaitement noire ; dans cet état elle est livrée au graveur. En brunissant la plaque, on enlève toutes ses aspérités, et la partie ainsi traitée acquiert une teinte plus claire, en sorte qu'en réglant le degré du brunissage on obtient les différents effets du clair et de l'obscur : c'est ce qu'on nomme le mezzo-tinto ou manière noire. Ce procédé est moins coûteux que la gravure au burin et est mainte-

nant très en vogue. M. Palmer est parvenu à copier avec la plus grande fidélité chacune de ces trois sortes de gravures, en sorte que l'électrotypie, comme on le voit, peut s'appliquer à tous les cas où on juge convenable de l'employer.

265. Ce n'est qu'au ^{xiv}^e siècle qu'on a commencé à se servir de planches gravées dont l'usage est si répandu de nos jours. Par elles, on peut transmettre à la postérité et répandre dans le public des copies des chefs-d'œuvre de l'art, perpétuer les traits et multiplier l'image des hommes illustres et vertueux. Le vulgaire ne connaît guère que ces applications de la gravure, mais elles ne constituent pas la 10^e partie des usages des planches gravées. Les fabriques de poteries en consomment une énorme quantité, car presque tous les services de table, en faïence et les autres ustensiles en terre, reçoivent les dessins qui les décorent à l'aide de planches en cuivre. Voici comment on s'y prend : le dessin est profondément gravé dans le cuivre, et celui-ci est appliqué sur une feuille de papier mince, après l'avoir préalablement enduit d'une composition où entre l'arséniate de cobalt, au lieu d'encre ordinaire. Avant de vernir la pièce de faïence, une assiette par exemple, on y applique la feuille de papier pour faire adhérer le dessin; l'opération achevée, on enlève le papier avec soin, puis l'assiette est vernie et livrée au commerce.

Les dessins les plus insignifiants sont gravés sur les planches; les saules et autres échantillons semblables sont fort mal exécutés. Cependant notre faïence commune est un sujet d'envie pour les étrangers, car, nulle part, si ce n'est en Angleterre, on n'a réussi à donner quelque perfection à la poterie de cette espèce. L'électrotypie promet d'améliorer encore nos faïences, qui, aujourd'hui, sont sans rivales, car les dépenses que nécessite la gravure des planches de prix, sont telles que leur application est fort restreinte, d'autant mieux qu'une de ces planches ne peut fournir qu'un petit nombre d'impressions. Aujourd'hui, une planche qui coûterait mille guinées, pourrait fournir, par le moyen de l'électrotypie, un grand nombre de copies, en sorte qu'il n'en coûterait pas plus d'avoir un service de table orné de grossières peintures bleues, ou décoré de copies des chefs-d'œuvre de l'art, et représentant les plus belles scènes de la nature, exécutées avec la plus grande perfection. Avant peu, j'aime à le croire, les ridicules ornements qui décorent nos faïences, seront remplacés par des peintures plus élégantes et mieux exécutées.

266. Les planches en cuivre gravées sont aussi employées dans les manufactures d'indiennes : les planches, après avoir été gravées, sont roulées en cylindre, et leurs bords soudés ensemble par un moyen particulier; d'autres cylindres font pénétrer la teinture dans les traits de la gravure, alors l'étoffe qu'on veut imprimer passe sous le cylindre qui est mu par une machine à vapeur; de cette manière on peut imprimer 24 à 36 mètres (20 ou 30 aunes) de calicot en quelques minutes.

On pourrait copier ces planches en cuivre avant ou après les avoir courbées, en suivant les règles prescrites pour reproduire les plaques unies, et si le manufacturier le désirait, rien ne serait plus facile que de construire un cylindre sans soudure.

CHAPITRE IV.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES EN ACIER.

Procédé pour obtenir une planche en cuivre à l'aide d'une planche en acier, 267. — Procédé de Perkins, 268. — Parallèle des deux méthodes, 269.

267. Les plaques en acier ne peuvent être copiées que par un procédé particulier, car on ne doit les placer ni dans du sulfate, du nitrate, ni de l'hydrochlorate de cuivre, attendu qu'elles seraient infailliblement détruites. J'insiste sur ce point, car, à ma connaissance, des plaques d'acier ont été anéanties par les dissolutions de ces sels. L'acétate de cuivre cristallisé n'est pas décomposé par l'acier; cependant, lorsque le courant galvanique a duré quelque temps, il y a une certaine quantité d'acide mise en liberté, et qui peut attaquer l'acier; mais les plaques d'acier n'éprouvent aucune altération dans une dissolution alcaline d'ammoniaque de cuivre, de sulfate ammoniacal ou de nitrate ammoniacal de la même base.

On peut donc, à l'aide de ces sels, faire déposer le cuivre sur l'acier; mais je crains qu'on n'y trouve aucun avantage, attendu que le cuivre déposé sur l'acier est sujet à s'enlever par écailles: on doit donc recourir à une autre méthode pour obtenir une copie en relief d'une plaque en acier; on y parvient par l'emploi du plomb, de la cire, du plâtre ou de toute autre substance. Avec ces différents corps on peut se procurer une empreinte parfaite, et on se sert de cette dernière pour obtenir une plaque en cuivre.

268. Avant de terminer ce qui a trait à la méthode par laquelle on parvient à obtenir une copie en cuivre, d'une plaque de cuivre, ou d'acier, il est bon de rappeler que les plaques métalliques peuvent être obtenues, non-seulement par le fluide galvanique, mais encore par des moyens mécaniques. Cette dernière méthode est employée depuis quelques années, et a été imaginée par M. Perkins, qui a pris un brevet pour cette invention. Voici en peu de mots la description de son procédé : il commence par tracer une gravure sur une plaque d'acier doux qu'il fait durcir ensuite. A l'aide de la gravure, en creux de l'original, il obtient une copie en relief sur un rouleau d'acier doux, en exerçant une pression considérable sur le rouleau à mesure qu'il tourne. Ce rouleau qui porte le dessin en relief est ensuite durci, et peut alors servir à reporter le dessin, en très-peu de temps, sur un nombre plus ou moins considérable de planches; il suffit, dans ce cas, de placer la planche sous le rouleau, et de faire mouvoir ce dernier sous une pression énergique.

269. Les copies obtenues par le procédé de M. Perkins ne sont jamais aussi parfaites que l'original, en sorte qu'il est facile à un artiste de distinguer les unes des autres; ceci dépend des imperfections de la planche, qui exigent que cette dernière subisse des retouches. Ces imperfections sont telles que l'original et la copie ne sauraient être confondus. Il n'en est point ainsi des planches obtenues par le fluide galvanique, car telle est la ressemblance de la copie à l'original, qu'un artiste exercé ne saurait les distinguer l'une de l'autre; et même, chose singulière, la planche copiée donne une impression plus belle que celle obtenue à l'aide de la planche originale. cette particularité ne tient point à une différence de teintes, elle dépend de l'artiste, et non pas de la planche. En effet, l'artiste peut donner à son travail plus ou moins d'ombre, suivant la quantité d'encre qu'il emploie. La supériorité de la copie sur l'original doit, sans doute, être attribuée à la qualité supérieure du cuivre, qui donne une plus belle teinte à l'impression. Il est certain, en effet, que les planches électrotypiques sont supérieures aux autres.

CHAPITRE V.

DE LA REPRODUCTION DES PLANCHES GRAVÉES SUR BOIS.

Dessins exécutés sur les planches en bois, 270. — Procédé, 271. — Conclusion, 272.

270. Les peuples civilisés devraient être reconnaissants envers la gravure sur bois, car c'est elle qui a suggéré la première idée de l'imprimerie. Cet art mérite aujourd'hui une attention toute particulière, à cause de la perfection à laquelle il est parvenu. L'art du graveur sur bois est arrivé en effet à un si haut degré que j'ai vu des échantillons qui, pour la délicatesse et le fini du dessin, pourraient rivaliser avec des gravures sur acier. On n'est pas obligé de renouveler souvent la planche dont la durée est presque indéfinie; car, si je suis bien informé, on a pu tirer jusqu'à 100,000 exemplaires d'une seule planche (1). Cependant rien ne serait plus facile que de tirer une copie en cuivre d'une planche gravée sur bois. Cette dernière est l'inverse des planches en cuivre : celles-ci fournissent l'impression au moyen de l'encre qu'on introduit dans les traits creux du dessin, tandis que dans la gravure sur bois, c'est le trait qui se trouve en saillié.

271. On peut obtenir une copie en creux d'une planche de bois gravée, en ayant soin de revêtir cette dernière d'une couche de mine de plomb, et de couvrir sa face postérieure et ses bords avec de la cire ou de la graisse, pour empêcher le bois d'absorber une partie de la dissolution (2). Le reste du procédé (c'est même celui qu'on doit préférer pour reproduire les planches en bois) est semblable sous tous les rapports à celui qu'on suit pour faire les copies des plaques en cuivre. Lorsque la première copie en cuivre est faite, on doit la copier à son tour, on aura alors un fac-simile en cuivre de la planche de bois.

On peut éviter l'embarras de préparer la première copie

(1) 270. Nous pensons qu'on a beaucoup exagéré à M. Smée le nombre d'exemplaires dont le tirage est possible au moyen de la même planche gravée sur bois. Mais on peut obtenir un plus grand nombre d'exemplaires en faisant faire plusieurs clichés de la planche en bois par les moyens usités en typographie.

(2) 271. Le bois est tellement hygrométrique, qu'on ne devra jamais se hasarder à plonger dans un liquide une planche gravée de cette matière. Il faut donc renoncer à la reproduction directe des gravures sur bois, reproduction qui serait du reste sans intérêt, puisqu'on obtiendrait ainsi une planche où les dessins seraient inverses de ce qu'ils doivent être. Mais on pourra très-utilement copier les planches sur bois, en les moulant d'abord avec du plâtre, de la cire, etc.

avec du cuivre, en tirant d'abord une copie en cire, en plâtre ou toute autre substance appropriée, de la planche de bois, et en procédant ensuite pour copier ces substances d'après les règles indiquées précédemment.

Au reste, il est probable qu'on n'aura guère recours à ce procédé pour reproduire les planches en bois gravées, car il est bien plus aisé d'en obtenir une excellente copie stéréotypée.

272. Jusqu'ici j'ai traité des différents cas dans lesquels l'électro-métallurgie peut être appelée à rendre des services aux différentes branches de l'art d'imprimer. A mon avis, le terme *Electrotypie* doit être borné à ces applications; en effet, quoique la valeur de ce mot ne puisse, dans ces cas, présenter rien d'équivoque, cependant, en l'employant pour désigner des opérations différentes, on courrait le risque de tomber dans la confusion. L'électrotypie n'est qu'une branche de l'électro-métallurgie; mais son importance s'accroît par les services qu'elle peut rendre à nos manufactures; c'est même la première application qu'on ait faite en grand du fluide électrique pour les besoins des manufactures de la Grande-Bretagne.

CHAPITRE VI.

DE LA REPRODUCTION DU DAGUERRÉOTYPE.

Importance de l'électrotypie pour la daguerréotypie, 273. — Procédé pour reproduire le daguerréotype, 274.

273. Les journaux ont rendu compte des différents procédés imaginés pour reproduire l'image du daguerréotype sur le cuivre. Cependant je crains qu'on ait exagéré le résultat de ces tentatives. Je n'ai que peu de choses à dire sur ce sujet, n'ayant eu l'occasion d'examiner que deux plaques reproduites de cette manière. Sur une des copies en cuivre, l'image était peu distincte, et ne devint visible qu'après avoir été exposée aux rayons du soleil. La plaque originale ne conservait aucune trace de l'image qui, sur elle, ainsi que sur la copie, ne pouvait être vue qu'après avoir été exposée au soleil. On ne put pas faire revenir l'image sur la plaque originale, mais celle-ci, n'ayant subi aucune altération, aurait pu servir encore. La seconde plaque de cuivre était une copie d'une planche représentant le château de Dover, et exécutée par le docteur Simon; celui-ci m'apprit aussi que l'image n'avait point reparu

depuis un certain laps de temps. Sur la copie, l'image est plus pâle que sur l'original; cette pâleur est augmentée par le miroitement du métal, qui est aussi prononcé dans les parties où existe le dessin, que dans celles où il n'y en a pas. Le docteur Simon m'a assuré que l'image, quand on parvient à la rendre visible, peut être frottée sans inconvénient, mais qu'un grand nombre de plaques obtenues en faisant déposer du cuivre sur l'original, ne présentaient pas à leur surface la moindre trace de l'image. Dans un de ces cas, l'image fut transportée d'une plaque sur une autre, et non pas reproduite, attendu que le dessin que représentait une plaque d'argent, fut reporté sur le cuivre réduit, tandis que la plaque d'argent resta polie et privée d'image. Dans un autre cas, la plaque originale conserva l'image, mais elle était à peine visible.

274. Le procédé pour reproduire le daguerréotype est semblable, à tous égards, à celui qu'on emploie pour obtenir des plaques unies. Le docteur Simon a employé, dans ce but, l'appareil à une seule cellule, mais je crois que la batterie est préférable. La couche d'air qui revêt la plaque, et que nous avons déjà signalée, doit être l'objet d'une attention toute particulière, quand il s'agit du daguerréotype.

J'ai vivement regretté de n'avoir pu faire des expériences sur la découverte de M. Daguerre (1), car, ayant remis jusqu'à la fin de l'année pour m'occuper de ce sujet, le soleil ne présentait plus assez de force pour permettre d'obtenir des plaques photogéniques. Il est bon de rappeler ici que, malgré la généreuse récompense que la France a accordée à M. Daguerre pour sa découverte, dont toutes les nations auraient dû profiter, l'auteur a pris un brevet en Angleterre, en sorte qu'on ne peut, sans autorisation, employer le procédé photogénique.

(1) 274. Depuis la publication de l'ouvrage de M. Sonce, on a imaginé diverses applications de la galvanoplastie au daguerréotype. Quelques-unes ne sont pas sans intérêt; nous citerons entre autres l'invention de M. Bisson, celle de M. Donné, celle de M. Ch. Chevallier. On en trouvera la description dans l'Appendice.

LIVRE VI.

De la Gravure galvanique.



Action sur le pôle positif, 275. — Gravure à l'eau forte, 276. — Défauts du mordant, 277. — Gravure par le galvanisme, 278. — Conditions propres à activer l'opération, 279. — Avantages que présente la reproduction des gravures à l'eau forte par le galvanisme, 280. — Gradation des teintes, 281. — Remarques générales, 282. — Conclusion de l'ouvrage.

275. Toutes les opérations dont nous nous sommes entretenus jusqu'ici sont produites au pôle négatif de la batterie, mais certains effets peuvent avoir également lieu au pôle positif, et l'on peut encore tirer parti de ces effets dans les arts. On se souvient que l'argent et tous les métaux qui ont plus d'affinité que lui pour l'oxygène sont dissous, quand ils servent de pôle positif, dans une cellule qui contient une dissolution du même métal. Dans ce cas la distance maintenue entre les pôles positif et négatif influe sur le degré de force de la dissolution qui se forme. On peut démontrer facilement ce fait, en fixant un fil métallique par une de ses extrémités à la plaque d'argent d'une batterie, et en plongeant l'autre extrémité dans une dissolution de sulfate de cuivre, au fond de laquelle on met un fragment de cuivre qu'on fait communiquer avec le zinc de la batterie; au bout d'un court espace de temps, le fil commencera à se dissoudre, à partir de sa portion la plus rapprochée du métal négatif; ce phénomène se continuera jusqu'à ce que le fil soit entièrement dissous, de telle sorte que la partie la plus rapprochée du pôle négatif s'effilera en pointe, et prendra la forme d'un cône sous l'influence des différents degrés de l'action qui se produit.

276. Quoique cette propriété ne présente aucune application utile, cependant je l'ai signalée afin de montrer la facilité avec laquelle le cuivre est dissous, exactement en proportion du courant électrique qui passe, particularité d'une grande importance pour les graveurs à l'eau forte. Le mot gravure à l'eau forte s'applique aux gravures où les traits ne sont pas produits par le burin, mais sont obtenus par l'action d'un acide. Pour graver à l'eau forte on revêt une plaque de cuivre

d'une couche d'asphalte et de cire, en proportions égales, qu'on mêle avec 125 grammes (4 onces) de poix noire et de poix de Bourgogne; ce mélange est mis dans un morceau de soie qu'on frotte sur la plaque de cuivre maintenue à une douce chaleur en la présentant au-dessus de la flamme d'une lampe ou sur un réchaud; c'est ce qu'on nomme mettre la couche. Cette couche est d'abord incolore, mais on la noircit en la tenant au-dessus de la flamme d'une chandelle, et on la chauffe jusqu'à ce qu'elle présente une quantité suffisante de fumée. Alors, le graveur à l'aide d'un instrument en forme d'aiguille exécute un dessin dont les traits entament la couche et laissent le métal à nu. Il met ensuite la plaque dans un vaisseau plat, et verse dessus de l'acide nitrique étendu, afin que cet acide attaque le métal jusqu'à une suffisante profondeur, dans les endroits où les traits du dessin ont été pratiqués. On ne doit pas laisser la plaque dans l'acide assez longtemps pour que ce dernier attaque trop profondément les traits, ce qui donnerait à la gravure une couleur noire uniforme; mais après l'avoir laissée séjourner quelque temps dans l'acide, on recouvre les parties qui doivent être légèrement ombrées, avec du noir de Brunswichk, ou avec un vernis capable de résister à l'action de l'acide; on replace alors la plaque dans l'acide étendu, et quelque temps après on l'en retire de nouveau pour recouvrir d'autres traits avec la même préparation; on répète cette manœuvre aussi souvent que l'exige la différence d'ombres qu'on veut obtenir. Le degré d'habileté qu'un graveur peut atteindre par la pratique est vraiment extraordinaire, si l'on considère l'incertitude qui accompagne son travail; car l'action de l'acide nitrique n'est point soumise à des lois régulières, et en outre n'est jamais identique sur tous les points de la même plaque; ce qui est dû à ce que la plaque de cuivre n'est jamais pure, mais contient toujours un peu d'étain, dont les particules sont dispersées çà et là, et qui résistent à l'action de l'acide, en sorte qu'après avoir préparé une planche de prix, il reste souvent quelques-unes de ses parties sur lesquelles l'acide n'a pas mordu et qu'on termine avec le burin.

277. Les graveurs ne peuvent expliquer ces imperfections; cependant la chimie démontre que l'acide nitrique attaque le cuivre pour former un nitrate de ce métal, qui se dissout dans le liquide, tandis que l'action de l'acide nitrique sur l'étain est tout-à-fait différente; l'eau-forte transforme le métal en peroxyde, qui, n'étant pas soluble, met le cuivre à l'abri de l'ac-

tion de l'acide. Les graveurs, en effet, ont depuis longtemps remarqué à la surface de la plaque une poudre blanche qui n'est autre chose que du peroxyde d'étain, si fatal au succès de leurs travaux.

278. La galvano-gravure est accompagnée de beaucoup plus de certitude dans ses résultats, que la méthode précédente, puisqu'elle peut être ramenée à des principes bien étudiés et bien connus. Le dessin est exécuté sur la planche après l'avoir recouverte de la couche signalée plus haut ; cela fait, la face postérieure et les bords de la plaque sont revêtus de cire, et on fait communiquer la plaque avec l'élément d'argent d'une ou deux de mes batteries, à l'aide d'un fil métallique. On doit alors mettre le zinc en rapport avec un morceau de cuivre de la même dimension que la plaque : tout étant ainsi disposé, la plaque de cuivre et le morceau de zinc doivent être mis dans la dissolution de sulfate de cuivre. Le cuivre de la dissolution se déposera alors immédiatement sur la plaque négative, et la plaque à graver se dissoudra dans les points où les traits ont été dessinés, afin de maintenir la force de la dissolution.

Toute circonstance favorable à l'augmentation du courant électrique accélère la dissolution du cuivre, et au contraire tout ce qui le diminue, retarde cette dissolution ; en sorte que plus on rapproche la plaque à graver, qui forme le pôle positif, du fragment de cuivre qui forme le pôle négatif, et plus l'action sera rapide : de même, l'intensité de la batterie influe sur la profondeur à laquelle les traits du dessin sont creusés. Cependant la plaque négative du cuivre ne doit pas excéder le volume de celle sur laquelle on exécute la gravure ; sans cela, il serait à craindre que quelques traits fussent plus profondément creusés que d'autres ; et de même aussi, s'il y a quelques parties de la planche où les traits soient moins nombreux que dans d'autres, elles devront être abritées du contact de l'acide, avant les autres, à l'aide du vernis, afin d'obtenir de l'uniformité dans les creux ; ou bien la plaque négative qui se trouve vis-à-vis de celle sur laquelle on grave doit être recourbée, de manière à en être plus éloignée (1).

279. Les avantages de la galvano-gravure sont : 1^o l'absence des exhalaisons nitreuses qui se dégagent dans le procédé ordinaire ; 2^o une plus grande uniformité d'action que

(1) 278. Plusieurs auteurs se sont occupés avec succès de la gravure galvanique ; nous citerons entre autres le procédé de gravure sur acier par voie galvanique de M. Spence, celui du professeur de Kobell, pour reproduire la gravure au lavis. On les trouvera à l'Appendice.

quand on emploie les acides; 3^o la rapidité avec laquelle on peut obtenir des creux d'une grande perfection; 4^o on peut donner à ces creux n'importe quelle profondeur; 5^o les traits sont plus nets et mieux tracés que par le procédé ordinaire; 6^o et enfin aucune bulle de gaz ne se dégage, tandis que par le procédé ordinaire ces bulles endommagent la couche qui revêt le métal et produisent une inégalité d'action de l'acide sur le métal.

280. On peut connaître la quantité exacte de cuivre qui est dissoute aux dépens de la plaque, en pesant le métal réduit qui s'est déposé sur la feuille de cuivre, qui forme le pôle négatif, ou bien en mesurant la quantité d'hydrogène qui se dégage de la plaque d'argent d'une des batteries d'argent platine, car il y aura 20 décigrammes 62 milligrammes (32 grains) de cuivre de dissous pour chaque 952 centimètres 146 millim. cubes (48 pouces cubes) de gaz dégagé.

La galvano-gravure peut être exécutée avec plus ou moins de promptitude, suivant les séries de batteries auxquelles la planche est unie; mais les praticiens seront probablement d'avis que l'opération ne doit être faite ni avec trop de lenteur, ni avec trop de rapidité, et que deux ou trois batteries disposées en série sont très-convenables, quoique l'appareil à une seule cellule puisse suffire.

281. La galvano-gravure serait d'une haute utilité pour les artistes, à cause des gradations d'ombre qu'elle permet d'obtenir, comme dans le cas où on voudrait représenter un intérieur éclairé par une forte lumière. On peut s'en faire une idée à l'aide de l'expérience suivante : on prend une plaque de cuivre, et après l'avoir recouverte de la préparation que j'ai déjà indiquée N^o 276, on y trace un certain nombre de lignes à l'aide de l'appareil à régler, puis la plaque est revêtue sur sa face postérieure et sur ses bords d'une substance non conductrice; on la fait communiquer avec l'argent de la batterie, et on réunit au zinc un fragment de cuivre de même dimension que la plaque à graver; ces deux derniers métaux doivent être disposés dans la dissolution de sulfate de cuivre, de telle sorte qu'ils soient presque en contact par une de leurs extrémités, tandis que les deux autres extrémités se trouvent éloignées l'une de l'autre; par cette disposition, une grande quantité d'électricité passera par l'extrémité de la plaque qui se trouve presque en contact avec le pôle négatif, tandis qu'une fort petite quantité de fluide électrique se dirigera à l'extrémité op-

posée : l'action qui a lieu sur la plaque à graver étant exactement proportionnelle à la quantité d'électricité produite, n'est point égale sur toute la longueur de la plaque, car elle est plus grande (l'action) dans les points où les plaques sont les plus rapprochées, que dans ceux où elles s'éloignent ; c'est là le procédé le plus parfait pour obtenir une gradation d'ombre. On peut le varier en employant comme pôle négatif un fil ou une verge en cuivre qu'on place au-dessus du centre d'une plaque préparée ; dans ce cas on obtiendra une gradation parfaite, qui s'étendra dans toutes les directions à partir du centre, qui est d'une teinte noire foncée. On peut obtenir aussi de la même manière deux ou plusieurs ombres radiées, en employant deux fils négatifs et même davantage. On pourrait également obtenir une dégradation insensible de teintes, dont la partie la plus obscure se trouverait vers les bords, et la partie la plus éclairée vers le centre de la planche, il suffirait, pour cela, de faire un trou dans la plaque négative de cuivre, vis-à-vis de la partie de la planche où la transition à la lumière doit être obtenue.

282. Le graveur de profession, qui joindra la pratique à la théorie dans l'emploi de la galvano-gravure, obtiendra les plus beaux résultats ; il pourra exécuter avec autant de certitude que de facilité d'admirables gradations du clair à l'obscur. Les avantages que présente la galvano-gravure ne seront point bornés exclusivement aux artistes, car l'acide nitrique n'étant point employé dans le nouveau procédé, il n'y a pas d'exhalaisons de ce gaz nitreux, si nuisible à ceux qui le respirent ; cette circonstance pourra engager un grand nombre de personnes à s'en occuper. Ceux qui se livrent à l'étude des sciences pourront alors se procurer une gravure représentant des objets rares ou curieux qu'ils pourront échanger entr'eux. Les voyageurs qui parcourent des contrées étrangères, ou qui traversent des sites pittoresques, pourront donner à leurs amis une idée de la beauté et du grandiose des vues dont ils jouissent, et de l'aspect des villes et des villages qu'ils parcourent ; il y aurait ainsi un échange réciproque de gravures, profitable à tous. Les descriptions qui frappent la vue sont incontestablement supérieures à celles qu'on trace par la parole ; chacun trouverait donc dans la galvano-gravure une ample carrière pour déployer utilement son habileté, car il n'est pas plus difficile d'obtenir une gravure à l'aide du galvanisme, que d'exécuter un dessin ordinaire au crayon, chose que beaucoup de

gens ne pourraient pas croire. Les dames peuvent facilement se livrer à cette occupation dans leurs salons, car la galvanographie ne cause pas plus d'embarras que leurs travaux habituels. Il serait alors nécessaire de faire mettre la couche sur la plaque par un ouvrier, qui appliquerait ensuite le mordant, quand le dessin aurait été tracé : on avait objecté que l'acide pourrait endommager les meubles et les vêtements, mais cette objection n'existe plus, et je me plais à croire que cet art utile et amusant ne tardera pas à compter de nombreux partisans.

CONCLUSION.

Jusqu'ici j'ai examiné sommairement, non-seulement les propriétés des corps qu'on nomme galvaniques, mais encore les effets que produisent les batteries galvaniques dans leurs rapports avec l'électro-métallurgie. Cette science, en effet, est essentiellement fondée sur le galvanisme, et l'appareil à précipités employé n'est autre chose que la cellule d'une pile. Quant aux lois qui président à la formation du dépôt métallique, et quant aux métaux qui peuvent être réduits sous l'influence du courant, je dois dire que tout cela est le résultat de mes recherches. On comprendra l'importance de ces lois pour l'expérimentateur, quand on saura que leur connaissance lui permet de procéder avec certitude. La raison qui m'a fait consacrer tant de travail et de méditations pour découvrir ces lois, a eu sa source dans la conviction où j'étais que l'électrotypie serait tombée si l'expérimentateur n'avait point eu pour guides des principes fixes et arrêtés. Les hommes adonnés aux travaux de l'électro-métallurgie apprécieront, j'aime à le croire, l'utilité que présente l'extension apportée aux faits isolés déjà connus, et qui en fait une véritable science.

On ne saurait prévoir l'influence que cette nouvelle science exercera sur les arts, les manufactures et le commerce. L'emploi général du galvanisme dans les manufactures exige des encouragements, et les perfectionnements apportés à l'électro-métallurgie ne doivent pas être enchaînés par des brevets, si on veut favoriser sa propagation.

La reproduction des planches de cuivre en rendra le débit plus considérable qu'il n'a été jusqu'ici, et l'industrie des graveurs, loin d'en souffrir, en deviendra plus prospère, car on aura plus souvent recours à leurs talents pour exécuter des ouvrages de prix. Ces ouvrages pouvant être reproduits à l'infini, les éditeurs trouveront dans un vaste débit une compensa-

tion au prix élevé dont ils paieront un original qu'ils jugeront digne de fixer l'attention du public. En outre, les éditeurs pourront abaisser le prix des gravures représentant les plus beaux chefs-d'œuvre de l'art, de manière à les mettre à la portée de toutes les bourses. Il est incontestable que celui qui exploiterait une entreprise fondée sur des principes aussi larges, amasserait une grande fortune, et rendrait un grand service à la société.

La reproduction de ces plaques est d'une importance encore plus grande pour les fabricants de poterie, qui pourront perfectionner les dessins de nos faïences; alors les étrangers seront jaloux de ces produits de notre pays qu'ils regardent déjà d'un œil envieux.

Les imprimeurs sur étoffes pourront employer désormais dans leur préparation des gravures plus parfaites.

Cette science trouve des applications beaucoup plus nombreuses que celles que j'ai signalées; ainsi, elle fournit les moyens de souder le cuivre au cuivre, et de se livrer à d'autres opérations analogues, qui ne pourraient être faites par d'autres procédés, comme la possibilité de séparer un métal de son minéral ou d'un autre métal auquel il est uni. Ce sujet est si vaste, que si je l'avais traité, la publication de ce livre aurait été retardée d'une année; il m'a semblé préférable de ne pas retarder si longtemps cette publication, en considérant l'avantage que le public peut retirer par la connaissance des lois que j'ai découvertes.

Quelques-unes des applications de l'électro-métallurgie pourront paraître de peu d'importance aux yeux de quelques personnes, attendu qu'elles ne sont mises à contribution que pour se procurer des objets d'ornements propres à flatter les yeux; mais qu'on n'oublie pas que si les gens du monde se livrent à la fabrication de ces bagatelles, ils pourront contribuer à éclairer les effets d'un des agents les plus universels et les plus importants de la nature; et que si les manufacturiers se livrent à ce genre de travaux, l'emploi des piles deviendra général, ces dernières étant appelées à occuper un rang éminent dans les manufactures.

Il est vrai que l'électro-métallurgie offre de grandes ressources à la fraude, car les faussaires peuvent, en faisant usage de cette méthode, copier avec une scrupuleuse exactitude le timbre et toutes les surfaces en relief; en conséquence, on ne doit faire usage d'aucun travail en relief qui puisse faire crain-

dre la contrefaçon ; car, à l'aide de l'électro-métallurgie, les cachets et les planches en cuivre peuvent être copiés lors même qu'ils ne resteraient que quelques instants entre les mains du contrefacteur. Elle fournit aussi au faux monnoyeur les moyens de perfectionner sa coupable industrie. Je signale ces faits pour mettre les honnêtes gens en garde contre les entreprises de ces misérables.

Cependant la science ne doit pas être entravée dans sa marche, parce que quelques-unes de ses applications peuvent être faites d'une manière criminelle. On doit d'ailleurs se souvenir que les objets imités par l'électro-métallurgiste peuvent l'être également par les procédés connus. Notre compatriote, l'illustre Wollaston, disait souvent que : « l'homme peut copier tout ce qu'il exécute ! » Il serait donc absurde, en effet, de prétendre que telle ou telle œuvre ne saurait être imitée.

L'importance de l'électro-métallurgie pour les arts et les manufactures ne peut être contestée, même dans l'état actuel de cette science. On ne peut désormais élever de doutes sur les applications pratiques de cette science, car j'ai longuement énuméré les résultats qu'on peut en retirer; j'ai donné, en outre, d'amples descriptions des différents procédés qu'on doit suivre pour obtenir, avec certitude, tels ou tels effets; enfin, j'ai coordonné les faits de manière à en former un corps de système; et, en signalant les lois qui président aux opérations électro-métallurgiques, j'en ai formé une science vaste et intelligible. On peut se demander jusqu'à quelle limite cette science est susceptible d'être portée, et quelles seront, dans l'avenir, ses autres applications; mais, ne dût-elle se recommander que par celles que j'ai signalées, dût-elle, en un mot, s'arrêter au même point où elle se trouve aujourd'hui, ce serait déjà une conquête de la plus haute importance; en un mot, on peut dire hardiment qu'aucune autre découverte n'a présenté des applications tout à la fois si nombreuses, si importantes, et d'un si grand intérêt.

Cette science, nous l'avons dit, repose entièrement sur l'électricité, et parmi les résultats qui, il faut l'espérer, en découleront d'une manière indirecte, on peut citer l'étude de l'électricité en général, puissance gigantesque que nous connaissons d'une manière incomplète, et qui, d'après le peu que nous en savons, joue un rôle si important dans la nature; car, quoique nous apercevions les effets de ce fluide dans la foudre, et que nous contemplions avec étonnement et effroi sa force dévasta-

trice, cependant, que savons-nous aujourd'hui des effets qu'il produit autour de nous en agissant sans cesse et silencieusement ?

La science des phénomènes électriques est une des preuves les plus sublimes de la puissance de l'intelligence humaine ; par elle, l'homme a soumis à son joug un agent capable de produire des effets terribles. « Nil mortalibus arduum est. » Rien n'est difficile à l'homme, dit Horace en parlant de Prométhée, qui, d'après la fable, déroba le feu du ciel. La science moderne a justifié maintes fois la sentence du poète latin, qui ne prévoyait probablement pas, quand il écrivit ce passage, que la fable de Prométhée se réaliserait un jour.

Nous recommandons particulièrement aux jeunes chimistes l'étude de cette science, qui les récompensera amplement de leurs travaux, s'ils s'y livrent d'une manière systématique ; car les fruits de ces travaux seront durables, et leur causeront plus tard une véritable jouissance ; tandis que la chimie, dont on ne s'occupe souvent que comme moyen de délassement, produit des résultats bien différents. Les expériences auxquelles on se livre alors ne tendent et n'aboutissent qu'au plaisir du moment. Elles ne font que confirmer des faits vérifiés mille fois déjà de la même manière ; on en choisit ordinairement quelques-unes qu'on répète souvent, parce qu'elles présentent certaines particularités qui sont propres à exciter l'étonnement des spectateurs, et à donner une haute opinion de la science de l'expérimentateur. En agissant ainsi, ce qui n'est que trop ordinaire, la manipulation ne produit aucun fruit ; l'expérimentateur n'augmente pas la somme de ses connaissances, et pour prix de son travail et de ses déboursés, il ne retire que quelques résidus, et il est souvent dans l'obligation de réparer les avaries que ses ustensiles ont éprouvées, réparation qui n'est pas toujours facile. Je n'hésite pas à dire que l'électro-métallurgie procurera une plus grande somme de jouissances non-seulement comme travail scientifique, mais encore dans les résultats qui en découleront.

Pour conclure, je ne saurais trop rappeler au lecteur l'avantage qu'il trouvera à se bien pénétrer des principes sur lesquels est fondée l'électro-métallurgie, et des lois qui en régissent les opérations. En se hâtant, de prime abord, de mettre les différents procédés à exécution, sans connaître ces principes et ces lois, on n'aura que des succès et leurs conséquences naturelles, c'est-à-dire le dégoût et le désappointement. En ef-

fet, employer un procédé sans en connaître *le pourquoi*, c'est s'exposer à agir maladroitement et à gâter son ouvrage, en sorte qu'une expérience succède à une autre, et que l'on tombe d'insuccès en insuccès. On épuise en vain ses matériaux, et l'étudiant, s'il est permis de lui donner ce nom, abandonne avec dégoût l'étude d'une science qui lui a procuré si peu d'agrément, et il attribue l'incertitude de ses résultats à toute autre cause qu'à sa paresse et à son ignorance. Si, au contraire, il procède avec méthode et avec logique, en s'initiant à la nature et au *modus operandi*, ou manière d'agir, des substances qu'il doit mettre en œuvre, il est impossible qu'il échoue. En se livrant à cette étude préparatoire, toutes les particularités qui se présenteront pourront être ramenées à leur véritable source, et le remède pourra être opposé immédiatement au mal. Ceux qui ne savent pas ce que sont les appareils électriques et galvaniques, éprouveront quelques difficultés en commençant l'étude qui nous occupe; mais s'ils procèdent d'abord d'après une sage méthode, les premiers obstacles qu'ils rencontreront seront les derniers. Qu'ils se souviennent que sans quelque peine on n'a jamais rien accompli de bien!

Avant peu, le fluide galvanique sera probablement aussi important pour les manufactures, que la chaleur des fourneaux. Aujourd'hui, les portes des appartements sont ornées de plaques de métal richement exécutées à l'aide du galvanisme. On peut suspendre aux murs des gravures obtenues à l'aide de planches gravées par le même agent, et reproduites aussi par lui. Les chambranles des cheminées peuvent être garnis d'ornements obtenus de la même manière. Les assiettes peuvent être ornées de dessins exécutés à l'aide de plaques électro-typiques, et les cuillers dorées par le fluide galvanique. Dès à présent on peut jouir de toutes ces applications et de beaucoup d'autres encore; mais on doit surtout s'occuper des propriétés les plus importantes du fluide galvanique obtenu à l'aide de la pile; car, quoique les conquêtes de la science qui sont signalées dans le cours de cet ouvrage, soient belles et glorieuses, cependant, l'espoir d'obtenir une puissance qui surpassera la vapeur, l'emporte sur toutes ces applications: lorsqu'on aura réussi à traverser les mers, à parcourir les routes et à fabriquer les machines à l'aide du galvanisme, ou plutôt de l'électro-magnétisme, on sera parvenu au plus beau résultat qu'il soit donné à l'homme d'atteindre.

APPENDICE.



Depuis la publication de l'ouvrage de M. Smée, un grand nombre de publications relatives aux découvertes galvanoplastiques ont été faites en France et à l'étranger. Toutes ces publications ont été recueillies dans le *Technologiste* (1), mais leur étendue ne nous a pas permis de les insérer dans les notes que nous avons ajoutées au livre de M. Smée. Nous les publions donc dans cet Appendice qui complétera le *Manuel de Galvanoplastie*, et mettra le lecteur au courant des découvertes les plus récentes.

Pour mieux coordonner les matières dans leur ordre technique, nous avons divisé cet Appendice en deux parties. La première contiendra tout ce qui se rattache à la découverte de l'électro-métallurgie et à la partie théorique de cet art ; la seconde sera consacrée aux applications-pratiques qu'on en a faites successivement aux différents arts.

(1) *Le Technologiste*, ou *Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère*, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Malepeyre. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province. — Chaque mois il paraît un cahier de 48 pages in-8 grand format, renfermant des figures en grande quantité, gravées sur bois et sur acier. Paris, à la *Librairie Encyclopédique de Roret* rue Hautefeuille, 10 bis.

PREMIÈRE PARTIE.

DÉCOUVERTE DE LA GALVANOPLASTIE. — PROCÉDÉS ET APPAREILS USITÉS. — MANIPULATION DES APPAREILS. — THÉORIES GALVANIQUES.

I. PROCÉDÉ GALVANOPLASTIQUE DE M. JACOBI.

C'est une conséquence établie depuis longtemps par les faits, que le cuivre réduit s'attache, à l'état cohérent, non-seulement à une surface de même métal, mais aussi à des surfaces d'or, d'argent, de platine, etc. Le fer et le zinc, de même que l'étain pur, n'ont pas la même propriété, parce que ces métaux décomposent le sulfate de cuivre spontanément et avec trop de promptitude. Les alliages de plomb et d'étain, le plomb lui-même, se trouvant très rapprochés du cuivre par rapport à leur force électro-motrice, ne sont attaqués que très-faiblement par les solutions de cuivre, de sorte qu'on peut en faire des moules pour des copies galvaniques. S'il s'agit de reproduire des traits purs et déliés, le plomb sans alliage est préférable, surtout s'il n'est pas décapé.

M. Jacobi qui s'est occupé particulièrement de cette importante question, a, dans une série de lettres adressées à M. le comte A. Denidoff, fait connaître les résultats auxquels il est parvenu. Voici un extrait de cette correspondance :

» Au commencement de l'année 1839, dit M. Jacobi, j'avais fait graver des caractères sur une plaque de plomb; l'ayant soumise au procédé galvanique, j'en ai tiré une plaque de cuivre d'une parfaite cohérence, sur laquelle se trouva l'empreinte exacte, en relief, de l'original. Par le succès qu'a obtenu ce perfectionnement, ou plutôt cette conséquence scientifique, le champ d'application de ma découverte a été considérablement élargi; l'art de l'imprimerie, la stéréotypie, la fabrication des billets de banque et une quantité d'industries

utiles, sans parler de beaucoup d'arts, ont pu déjà en tirer un heureux parti.

» Lorsque je commençai à opérer, l'objet à copier formait l'élément négatif d'un couple voltaïque; les deux liquides étaient séparés par une plaque de terre glaise faiblement cuite. Pour obtenir un succès complet, c'est-à-dire une plaque de cuivre galvanique parfaitement cohérente et malléable, il faut que la solution de cuivre soit préparée à chaud, pure et parfaitement saturée. L'action électrolytique doit être modifiée en raison des moyens dont on peut disposer pour entretenir cette parfaite saturation. Il m'a fallu de nombreux essais pour en venir à savoir que, pour obtenir l'état cohérent du cuivre, c'est moins l'action lente ou la force du courant accusée par le galvanomètre magnétique qu'il faut considérer, que le degré de saturation de chaque point du liquide qui entre en contact avec un point de la plaque négative. J'appelle force de densité du courant, l'action totale du courant divisée par sa section transversale; cette expression est, comme on sait, importante pour apprécier plusieurs phénomènes du courant; mais ce sont particulièrement les actions électrolytiques primaire et secondaire qui en sont affectées, non-seulement par rapport à la qualité des substances émises, mais aussi en quelque sorte par rapport à leur quantité. La malléabilité du cuivre est d'autant plus grande que l'énergie de l'action est moindre. Sa couleur est alors d'un bel incarnat, pâle et d'un brillant presque argentin. Si la couleur apparaît sale, plus foncée, et enfin brune, c'est un indice que la solution n'était pas assez saturée et que le cuivre produit est cassant.

» Pour détacher de l'original la plaque de cuivre galvanique, il faut qu'elle ait acquis une épaisseur convenable; mais si le cuivre de l'original est cassant, lamelleux et spongieux, s'il n'est pas suffisamment décapé ou poli, il arrive quelquefois qu'il y a une adhérence si forte entre les deux surfaces que leur séparation devient impossible. En général, les métaux différents ne sont point sujets à cet inconvénient; cependant, j'ai eu un cas d'une adhérence intime, dont je n'ai pas encore pu reconnaître la cause entre une médaille d'argent et le cuivre réduit appliqué à sa surface.

» Je ne m'étendrai pas sur les nombreux et graves inconvénients dont cette manière de procéder est accompagnée; car bientôt j'ai été à même de la changer totalement en décou-

vrant qu'on peut produire des plaques de cuivre cohérent par la décomposition des solutions de cuivre entre des électrodes du même métal, en n'employant qu'un seul couple voltaïque; l'anode se dissout, et la réduction a lieu à la surface de la cathode (1). De cette façon on peut séparer entièrement du couple voltaïque, qui engendre l'action, l'appareil dans lequel s'opère l'empreinte galvanique.

» Sans ce perfectionnement, l'application de la galvano-plastique serait restée renfermée dans des limites trop étroites; mais, par son moyen, ce procédé même est devenu beaucoup plus simple, le succès plus assuré et l'espace de temps dans lequel les résultats peuvent être obtenus beaucoup plus abrégé; mais, ce qui est d'une plus haute importance, c'est qu'il n'y a plus de limite quant à la dimension et à la configuration des objets à reproduire. J'en donnerai une idée en rapportant qu'il a fallu seulement cinq ou six jours pour achever un bas-relief galvanique de 0^m,420 (1 pied 3 p. 6 l.) de long sur 0^m,283 (10 pouces 5 l.) de large, et pesant 0,911 kilog. (1 liv. 14 onces); de sorte que 183 grammes (6 onces) de cuivre environ se sont trouvés réduits par chaque espace de 24 heures. Pour obtenir ce résultat, je n'ai employé qu'un seul couple à cloison de 1^m,299 (12 pieds) carrés, chargé de sulfate de cuivre et d'une faible solution de sulfate de soude. Cet appareil est d'une constance admirable, pourvu qu'on ne néglige pas de suppléer à la diminution du sulfate de cuivre qui a lieu par la cristallisation; ce renouvellement doit avoir lieu deux fois par jour. L'aiguille du galvanomètre à fil court, qui fait partie du conducteur (Voir la fig. ci-après), n'accuse que des variations minimales que j'attribue aux changements accidentels de la température qui ont lieu dans les liquides.

» Convaincu que le galvanomètre n'agit que sur la surface des objets présentés, et que l'épaisseur de ces objets n'a aucune

(1) D'après les idées que M. Faraday s'est formées, par suite de ses recherches sur l'électricité, sur le mode d'action de la pile de Volta, la force qui détermine la décomposition chimique ne réside pas dans les pôles de la pile, mais dans les corps décomposés eux-mêmes, et les surfaces par lesquelles entrent et sortent les courants électriques sont le lieu principal de cette action. La surface du corps décomposé par laquelle entre le courant a reçu de lui le nom d'anode, et celle par laquelle il sort, celui de cathode. L'anode est le pôle négatif du corps décomposé, la cathode son pôle positif. Dans l'appareil ordinaire de Volta, l'anode et la cathode du corps qu'on veut décomposer sont en contact immédiat avec les pôles ou extrémités de la pile; mais ce contact n'est pas indispensable, et il peut en être séparé par un autre corps, de l'eau par exemple. Les corps qui touchent ainsi celui qui se décompose sont appelés en général électrodes par M. Faraday, soit qu'ils se trouvent ou non placés aux pôles de la pile, R.

importance, je n'avais jamais douté que des substances quelconques, convenablement recouvertes d'une couche métallique et munies d'un conducteur, ne pussent servir comme *cathode* dans l'appareil réducteur. Ayant pris une tablette de cire, j'y gravai des caractères avec une pointe, puis, l'ayant saupoudrée de cuivre en poudre impalpable, je l'ai soumise au procédé galvanique : au bout de quelque temps j'ai obtenu une plaque de cuivre cohérent sur laquelle les caractères gravés en creux sur la cire ressortaient en relief. Malgré le succès de cette expérience, je ne me crus pas dispensé d'en faire d'autres relativement à ces croûtes métalliques factices dont la formation offrait encore beaucoup d'imperfections. Heureusement d'autres observations, entreprises dans le même temps pour connaître le pouvoir électro-moteur du graphite, me vinrent en aide et me firent préférer ce corps remarquable à toutes les autres substances que j'avais jusqu'alors employées. L'état de ténuité auquel on peut amener le graphite le rend propre à former un enduit infiniment mince, quoique toujours cohérent. De cette manière j'ai pu obtenir des empreintes galvaniques en cuivre, en prenant des moules de cire, de bois, de plâtre et de stéarine. Cette dernière substance, dont M. le comte Bobriuski m'a signalé les avantages, est en effet la meilleure qu'on puisse trouver pour les jets au moule, la taille et la gravure. »

Tel est l'historique de la découverte de M. Jacobi; l'idée une fois conquise, son développement a marché rapidement, grâce aux circonstances favorables que les travaux dont le savant professeur était chargé, avaient réunies autour de lui. A mesure qu'une difficulté s'élevait dans la pratique, il s'appliquait à la vaincre, ce qui souvent lui a ouvert de nouveaux chemins et a contribué au perfectionnement de son œuvre. Aujourd'hui M. Jacobi présente au monde savant, artistique et industriel, la galvano-plastique comme un nouvel art technique. Déjà en Russie, dans des établissements publics et quelques ateliers, on exécute certains objets de luxe et d'utilité domestique en mettant à profit les indications de M. Jacobi.

Ce savant professeur a aussi fait connaître un résultat curieux auquel il est parvenu. Ayant pris une plaque métallique sur laquelle se trouvait une image photogénique produite par le daguerréotype, M. Jacobi s'en est servi comme d'un moule dans l'appareil où s'opère la réduction galvanique du cuivre. L'action engendrée par un couple voltaïque ayant été entre-

tenue durant vingt-quatre heures, il en est résulté une feuille de cuivre galvanique d'un poli parfait, sur laquelle se trouva l'empreinte assez distincte de l'image photographique ; seulement les ombres et les lumières s'y trouvaient renversées.

A sa lettre qui contient les détails précédents, M. Jacobi a joint :

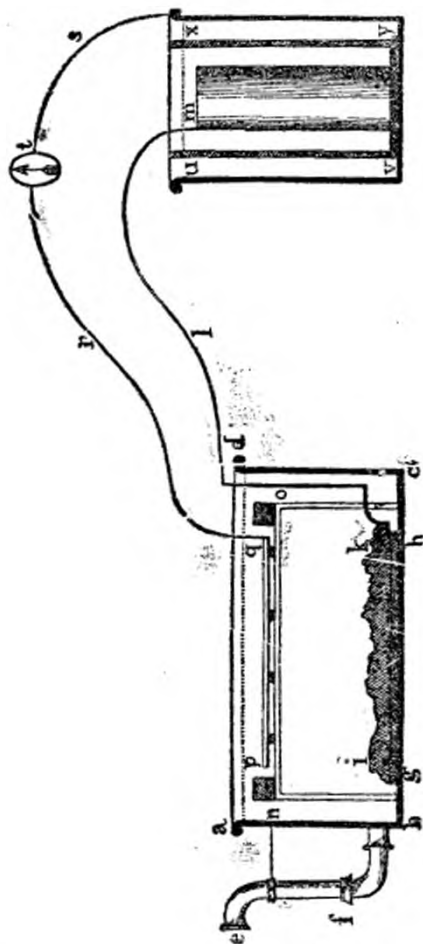
1^o Une copie galvanique d'un bas-relief représentant le martyr de sainte Catherine, dont l'original en cuivre repoussé est l'œuvre d'un maître italien. Les parties repoussées du bas-relief modèle ont été d'abord remplies avec du mastic : ensuite on en a tiré un moule de stéarine, lequel, après avoir été enduit de graphite et muni d'un conducteur galvanique, a pu servir comme cathode dans l'appareil de décomposition dont la fig. 1^{re} ci-après représente la section verticale. Les légères imperfections qui se remarquent dans cette empreinte proviennent des défauts du moule qui n'a pas été fait avec assez de soin. Au reste, la valeur artistique est ici moins à considérer que l'exécution par le procédé galvanique, et M. Jacobi, en envoyant cet exemplaire, qui est le cinquième tiré sur le même bas-relief, a disposé du seul qui lui restât, et par conséquent du moins parfait de tous;

2^o Deux matrices ou contre-épreuves d'une médaille récente frappée pour l'inauguration de l'Observatoire impérial de Pulkova. Le cuivre en est un peu cassant, parce que l'action a été un peu plus énergique qu'il n'eût été à désirer. Ces copies ont été exécutées en un jour et demi;

3^o Trois autres plaques galvaniques produites par l'appareil (fig. 2.) Les originaux ont formé l'élément négatif du couple voltaïque. Le cuivre de ces plaques est d'une parfaite homogénéité. On peut le soumettre à froid au laminage, comme on ferait du meilleur cuivre de Sibérie, et sans déchirement des bords. La plaque qui porte le nom du baron de Suhach est une contre-épreuve d'une plaque galvanique en relief tirée elle-même d'un original gravé au burin. Les traits ont été tant soit peu retouchés, parce que M. Jacobi avait négligé dans l'original d'enlever l'encre d'imprimerie qui remplissait une partie des traits du burin.

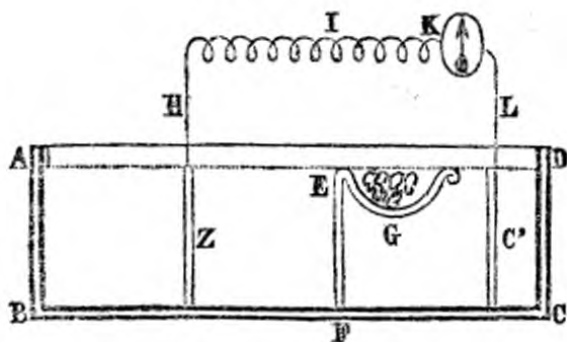
Appareils au moyen desquels M. Jacobi a obtenu des empreintes galvanoplastiques.

(FIGURE 1^{re}.)



a, b, c, d caisse avec un tube de décharge *e, f*; *g, h* planche de bois ou de verre sur laquelle repose le moule de stéarine *i, k*, muni du conducteur *k, l, m* qui communique au cylindre de zinc du couple voltaïque. *n, o* cadre de bois monté en flanelle qui sert de filtre pour arrêter les impuretés qui se détachent du cuivre *p, q* qui sert de cathode; *r, s, t* conducteur qui aboutit au cuivre après avoir traversé le galvanomètre *t* à fil court; *u, v, w, x* cylindre de terre glaise faiblement cuite. La caisse *a, b, c, d* sert de réceptacle pour le sulfate de cuivre. Il est convenable que cette caisse soit construite en bois et que ses parois soient revêtues en verre à vitre.

(FIGURE 2.)



A, B, C, D réceptacle en bois bien calfaté; E, F cloison de terre cuite; Z plaque de zinc; C' plaque de cuivre ou d'une autre substance recouverte d'une substance métallique ou de graphite et servant d'original. G crible qui contient des cristaux de sulfate ou de nitrate de cuivre. H, I, K, L fil conjonctif qui traverse le galvanomètre K. On peut également se servir de caisses à plusieurs compartiments.

II. DE LA GALVANOPLASTIE ET DE QUELQUES-UNES DE SES APPLICATIONS, PAR JACOBI ET SPENCER.

Nous avons sous les yeux une lettre du professeur H. Jacobi, de Saint-Petersbourg, à M. Faraday, en date du 21 juin 1839, et dans laquelle ce savant s'exprime ainsi qu'il suit :

« Il y a longtemps que pendant mes travaux électro-magnétiques, un heureux hasard me conduisit à découvrir que par l'action voltaïque on peut obtenir des copies en relief d'une planche de cuivre gravée, et qu'une nouvelle copie inverse de celle en relief pouvait être fabriquée de la même manière; de sorte qu'on a là un moyen de multiplier avec étendue des copies en cuivre.

« Le procédé voltaïque reproduit les lignes les plus délicates et même microscopiques; les copies sont tellement identiques avec l'original, que l'examen le plus rigoureux ne peut y découvrir la moindre différence. Je vous envoie avec cette lettre un paquet renfermant deux épreuves de ces planches. L'une est la copie en relief d'un original gravé au burin, la seconde est la copie de celle-ci en relief, et par conséquent identique

avec l'original; la troisième est la gravure originale, mais couverte de cuivre réduit.

» J'avais l'intention de faire une seconde copie, mais malheureusement les planches adhéraient si fortement alors, qu'il m'a été impossible de les séparer. Je ne puis dire la cause de cette union intime, qui est peut-être accidentelle, mais il paraît qu'elle existe seulement dans le cas où le cuivre, dont la surface subit la réduction, est friable, et par conséquent lamellaire et poreux.

» L'appareil dont je me sers est un simple couple voltaïque à cloison, dans lequel la planche gravée est mise à la place du plateau ordinaire en cuivre, que l'on plonge dans une solution de sulfate de cuivre.

» J'ai trouvé qu'il est toujours nécessaire qu'un galvanomètre à fil court fasse partie du circuit, de manière qu'on puisse juger de la force du courant et en diriger l'action; ce qui s'opère en séparant plus ou moins l'une de l'autre les plaques électro-motrices, ou en modifiant la longueur du fil de jonction, ou enfin en diminuant plus ou moins le pouvoir conducteur du liquide du côté du zinc.

» Pour le succès de l'opération, il est d'une grande importance que la solution de cuivre soit toujours parfaitement saturée.

» L'action ne doit pas être trop rapide; en 24 heures il doit y avoir environ 27 décigrammes à 325 centigram. (50 à 60 grains) de cuivre réduit par 7 centimètres 33 millim. carrés (par pouce carré), et il est bien entendu qu'on doit réduire le sulfate de cuivre en faisant passer le courant d'un seul couple voltaïque à travers la solution, par des *électrodes* de cuivre; l'*anode* s'oxidera autant que le *cathode* se couvrira de cuivre réduit, ce qui fournira au remplacement de la solution concentrée.

» Si on affaiblit la solution avec une eau chargée de quelques gouttes d'acide sulfurique, le courant devient très-énergique et constant, la décomposition se fait très-régulièrement, et le cathode gravé se couvre de cuivre d'une belle couleur rouge cillet...

» Sous le rapport de l'importance technique, je ferai observer que l'on peut se servir pour le cathode gravé, non-seulement de métaux plus négatifs que le cuivre, mais aussi de métaux positifs et de leurs alliages (excepté le laiton), quoi-

que ces métaux décomposent les sels de cuivre avec une trop grande énergie quand ils sont seuls.

» Ainsi, par exemple, on peut fabriquer des stéréotypes en cuivre que l'on multipliera autant qu'on voudra. Je vous enverrai un bas-relief en cuivre, dont l'original est une substance plastique qui s'adapte parfaitement à tous les caprices de l'art. Par ce procédé, tous les traits les plus délicats, principal mérite de ces ouvrages, sont conservés, tandis qu'ils sont sacrifiés par les procédés ordinaires, qui ne peuvent les rendre avec leur pureté.... »

M. Th. Spencer, de Liverpool, s'est aussi occupé de son côté du même objet que M. Jacobi, mais il paraît avoir été plus loin et être parvenu avant lui à vaincre quelques difficultés qui avaient arrêté ce dernier.

M. Spencer s'est proposé 1° de graver en relief sur une planche de cuivre, c'est-à-dire de former une planche de cuivre qui aurait les traits en relief, au moyen de l'électricité; 2° d'obtenir un fac-simile d'une médaille à dessin direct ou renversé, ou d'un bronze ou métal coulé et en relief; 3° de tirer une impression voltaïque d'un plâtre ou d'un moulage quelconque; 4° enfin de produire un nombre quelconque de fois les planches gravées au burin.

Quelques-uns des résultats obtenus par M. Spencer ont été admirés des connaisseurs par leur netteté et leur délicatesse, particulièrement les lettres, qui paraissent avoir été frappées au poinçon.

Nous entrerons dans quelques détails sur les procédés de M. Spencer qui viennent d'être publiés, et nous espérons que ce que nous allons dire suffira pour mettre sur la voie et faire voir jusqu'à quel point une cause qui paraît légère ou indifférente peut modifier les résultats.

1° Graver en relief sur une planche de cuivre.

On prend une planche de cuivre semblable à celles dont se servent les graveurs; on soude un morceau de fil de cuivre sur la face inférieure, et on l'enduit d'une couche de cire, ce qui s'exécute au mieux en faisant légèrement chauffer la planche et la cire. Lorsque cette cire a été étendue bien uniformément, on écrit ou on dessine sur la planche avec un crayon de mine de plomb, ou une pointe. Alors on enlève la cire avec une pointe de graveur, en ayant soin particulièrement de débarrasser parfaitement de cire toutes les tailles jusqu'à ce que

le cuivre soit à nu. L'outil dont on se sert pour cet objet doit avoir une forme telle que ces tailles ne soient pas en V, mais autant que possible rectangulaires et à parois parallèles.

Le dessin ou la gravure étant terminé, la planche est plongée dans l'acide nitrique étendu d'eau, par exemple, trois parties d'eau contre une d'acide. On s'apercevra que l'acide a la force suffisante par la couleur verte de la solution et par les bulles de gaz nitreux qui se dégageront de la planche.

On laisse la planche dans l'acide jusqu'à ce que les tailles découvertes soient légèrement corrodées, et pour que les moindres particules de cire, qui s'y trouveraient encore déposées, soient enlevées.

Ainsi préparée, la planche est placée dans une auge partagée en deux compartiments, par un diaphragme poreux ou cloison de plâtre ou de terre à potier. On remplit une des divisions avec une solution saturée de sulfate de cuivre, et l'autre avec une solution saline ou acide.

La planche à graver en relief étant alors déposée dans le compartiment qui renferme la solution de sulfate de cuivre, on met dans l'autre compartiment une plaque de zinc de même dimension.

Alors on établit une communication métallique entre les plaques cuivre et zinc, au moyen d'un fil de cuivre soudé à la première, et le circuit voltaïque se trouve ainsi complété. L'appareil est abandonné, en cet état, à lui-même, pendant plusieurs jours.

A mesure que le zinc se dissout, du cuivre métallique se précipite de la solution de sulfate de cuivre partout où le vernis a été enlevé avec l'outil à graver.

Au bout de quelque temps, et lorsque le cuivre se sera déposé dans les lignes tracées dans la cire, la surface de la planche sera plus ou moins inégale et rugueuse, suivant la rapidité de l'action. Pour obvier à cet effet, on la frotte avec une pierre ponce unie et de l'eau. Alors on la chauffe, on enlève le vernis à la cire avec de l'essence de térébenthine et une brosse, et la planche est prête à être imprimée avec les presses ordinaires d'impression typographique.

Dans l'exécution de ce procédé, il faut avoir soin que la surface du cuivre soit parfaitement nette dans les tailles, autrement le cuivre qui se dépose n'adhérerait pas avec une force suffisante, et il se détacherait aisément quand on enlèverait la

cire. C'est pour s'assurer que ce cuivre, mis à nu, est parfaitement net, qu'on le plonge dans l'acide nitrique étendu.

Une autre cause de l'adhérence imparfaite du cuivre déposé, qui est encore signalée par M. Spencer, c'est la présence de quelque menue particule d'un autre métal, tel que le plomb qui, se précipitant avant le cuivre, forme une écaille ou couche très-fine, laquelle s'oppose à l'adhérence du cuivre qui se dépose postérieurement.

Cette circonstance peut néanmoins être mise à profit avec avantage dans quelques autres applications du procédé de M. Spencer, dans lesquelles on se propose de prévenir cette adhérence du cuivre déposé.

2° Former une plaque solide voltaïque avec les tailles en relief.

On prend une planche de cuivre, plomb, argent, ou alliage des caractères d'imprimerie, de la dimension requise pour l'impression lorsqu'elle aura été gravée.

Au rebours de la gravure ordinaire, les tailles doivent être plates au fond, et, autant que possible, de la même profondeur. Ainsi gravée, la planche de cuivre ou d'argent est chauffée, et on y applique une couche d'un vernis fait avec de la cire-vierge mélangée à une petite quantité d'essence de térébenthine. On en dépose sur la planche une boule, que la chaleur fait couler sur toute la surface. Lorsque cette couche est sur le point de se solidifier, on l'essuie et on en enlève toute la cire; une suffisante quantité a pénétré alors dans les pores de la planche pour prévenir l'adhérence du cuivre voltaïque.

On y soude un fil de cuivre.

Dans cet état, la planche doit recevoir deux couches d'un vernis épais, sur le dos et sur les tranches, vernis qui se prépare avec l'alcool et la gomme-laque. Si la planche a une grande surface, il vaut mieux l'encastrer dans du plâtre ou du ciment romain, contenu dans une boîte de la dimension de la planche, en laissant en saillie les bords en bois de la boîte, au-dessus de la surface de la plaque qu'on désire rendre voltaïque.

Il faut faire bien attention, dans cet encastage, de maintenir toujours parfaitement nette la surface de la planche.

Cette planche est alors prête à être placée dans l'appareil où doit se faire l'opération.

Si la planche est de plomb, ou, ce qui est mieux, en métal d'imprimerie, il n'est pas nécessaire de la préparer à la cire,

attendu que, lorsque le dépôt est formé à l'épaisseur convenable, il suffit de chauffer pour opérer la séparation des planches.

3° *Produire des fac-simile de médailles, etc.*

On y parvient par deux méthodes différentes.

La première consiste à déposer un moule du métal voltaïque sur la surface de la médaille, chauffée préalablement et enduite de cire; puis, par une opération subséquente, à déposer du métal dans le moule ainsi formé. Ce moule exige également l'application de la cire.

La seconde méthode est plus expéditive; elle consiste à prendre deux feuilles de plomb laminé (le plomb moulé n'ayant pas une malléabilité égale dans tous ses points), et dont les surfaces sont parfaitement nettes et exemptes de toute aspérité. On place la médaille entre ces deux feuilles, et on soumet le tout à l'action d'une presse à vis.

Une petite machine à copier sera bien suffisante lorsqu'il ne s'agira que d'une petite médaille, qui n'a qu'un faible relief; mais si la médaille était grande et présentait beaucoup de saillie, il vaudrait mieux creuser les feuilles de plomb, ou en enlever une certaine épaisseur au tour, dans le point où on place la médaille, pour que celle-ci ne soit pas détériorée par la pression, et que le fac-simile soit plus net et à vives arêtes.

On forme donc ainsi, pour les deux côtés de la médaille, un moule dans le plomb, où les détails sont reproduits parfaitement, mais renversés. On peut, de cette manière, former vingt ou même cent de ces moules dans une même feuille de plomb, et y déposer avec facilité du métal par le procédé voltaïque. En effet, plus l'appareil est considérable, et plus l'opération marche rapidement et a de perfection.

Les portions de la surface du plomb où il n'y a pas de moules imprimés, ont besoin d'être vernies pour neutraliser l'action voltaïque, ou bien on peut obtenir une feuille entière de cuivre, dans laquelle on découpe ensuite les médailles voltaïques.

On soude maintenant un fil de cuivre avec propreté au dos de la feuille de plomb, qui est prête alors à être mise en action.

Ceci ne s'applique, comme on voit, qu'à la formation d'un côté de la médaille seulement, et il faut beaucoup de soin et d'adresse dans les manipulations pour former les deux côtés. Il y a sans doute quelque méthode meilleure que celle indi-

quée; M. Spencer dit même en connaître une qui est préférable, mais qu'il ne fera connaître que lorsque les expériences auxquelles elle est soumise seront terminées.

4^o *Obtenir une empreinte voltaïque d'un modèle en plâtre ou en terre.*

Ce procédé ne diffère pas du précédent; seulement, lorsque les objets ou ornements en plâtre ou en terre sont recouverts de feuilles d'or ou bronzés, il faut y attacher un fil de cuivre qu'on y insère par derrière, et qu'on fait pénétrer jusqu'à ce que le bout ou la pointe apparaisse à la surface du métal, ou seulement vienne l'affleurer. L'autre extrémité du fil doit être attachée à la vis de communication qui l'unit au zinc comme dans les opérations précédentes.

5^o *Obtenir un nombre quelconque de copies d'une planche déjà gravée.*

On prend une planche de cuivre gravée comme à l'ordinaire en creux; on se procure en même temps une feuille de plomb de même dimension; on pose dessus la planche et on les soumet ainsi, l'une sur l'autre, à l'action d'une presse très-puissante. Lorsqu'on enlève de la presse, le plomb présente en relief tous les traits que la planche portait en creux.

On peut opérer de la même manière, sur une gravure en bois, attendu que du plomb doux qu'on pressera dessus ne la détériorera pas.

On soude maintenant un fil de cuivre au plomb, on met celui-ci dans une boîte, et on place le tout dans l'appareil voltaïque. On forme ainsi une plaque de cuivre qui est un *fac simile* exact de l'original.

Il faut avoir l'attention dans ce procédé, que le plomb soit parfaitement net et brillant, et tel qu'il sort du laminier, et par conséquent, exempt de toute oxidation qu'il acquiert si promptement par son exposition à l'air. Il faut le soumettre à l'action voltaïque aussitôt que possible après qu'il a été retiré de la presse.

6^o *Instructions pour la manœuvre de l'appareil.*

Ici une action lente, et la simplicité dans les dispositions, étant les caractères principaux du procédé, il n'est pas nécessaire d'apporter dans l'opération cette attention minutieuse qu'exigent, en général, les expériences électro-magnétiques ou électro-chimiques, attention qui pourrait rebuter ceux qui ne sont pas habitués à ces sortes de manipulations.

Il est préférable, dans tous les cas, de faire usage, pour assurer le contact métallique, d'une vis de communication plutôt que de coupes de mercure; mais quand on se sert de la première, il faut que le fil de cuivre, dans le point de jonction, soit décapé et poli à l'émeri aussi bien que la pointe de la vis, là où elle presse sur le fil.

En soudant le fil de cuivre aux planches, il faut employer le moins possible de résine; le sel ammoniac ou l'acide chlorhydrique étendu remplissent beaucoup mieux ce but.

La plaque de zinc doit avoir des dimensions égales à celles de cuivre pour fournir les meilleurs résultats, attendu que l'expérience a démontré, dans ce cas, où une action lente et égale est une condition nécessaire, que les électrodes positifs et négatifs (cuivre et zinc) doivent présenter une surface d'égale superficie.

Quoique les plaques de zinc amalgamées soient préférables toutes les fois qu'on exige une intensité combinée avec la continuité de l'action, on ne peut, dans aucun cas, en faire usage dans les circonstances actuelles.

On trouvera encore qu'il est essentiel que l'épaisseur du zinc soit égale à celle du dépôt qu'on désire obtenir.

Le fond poreux du vase intérieur, contenant le zinc, doit présenter une superficie un peu plus considérable que celle des électrodes. On peut se servir pour cela d'un cylindre de verre sans fond ou de boîtes de bois vernies, fermées par un fond de plâtre, mais on recommande un vase de terre bien vernissé sans fond, avec un léger rebord pour assurer le fond de plâtre qu'on y adapte.

Le zinc, pendant la durée de l'opération, doit être enlevé de temps à autre pour en nettoyer la surface par le lavage.

La solution saline a besoin aussi d'être renouvelée :

Il convient d'ajouter de temps à autre quelques cristaux de sulfate de cuivre à la solution cuivrique; mais, dans le cas où le dépôt de cuivre devrait durer pendant longtemps et avoir une grande épaisseur, il sera nécessaire de faire évacuer cette solution une ou deux fois pendant l'opération, et de la remplacer par une nouvelle, attendu que l'acide sulfurique, rendu nécessairement libre après la désoxidation du cuivre, empêche, quand il vient à prédominer, l'action d'avoir lieu sur le cuivre, à la place duquel il se dépose un sous-oxyde, sous forme d'une poudre brun-rougeâtre, tandis que la solution est rendue incolore.

Lorsque cela arrive, il faut enlever la planche et la bien laver dans de l'acide nitrique très-étendu. Parmi les moyens qu'on peut employer pour enlever l'acide sulfurique qui devient libre, c'est l'argile pure qui paraît donner les meilleurs résultats. L'acide se combine avec elle et forme un sulfate d'alumine qui se dépose au fond du vase.

Lorsqu'un fil voltaïque est courbé, il se rompt sous le même angle que le cuivre fondu ; mais lorsqu'on le chauffe au rouge et qu'on le refroidit lentement, il prend la ductilité des feuilles de cuivre qu'on peut faire ployer à plusieurs reprises sans les rompre. Si on le bat sur une enclume, il redeviendra aigre et cassant.

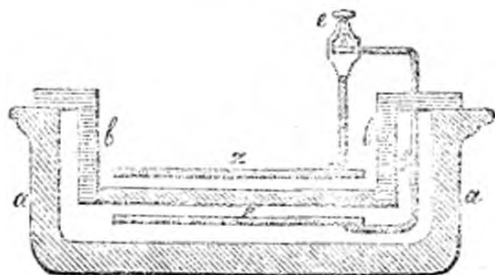
On peut le limer, le polir et le couper avec des cisailles à la manière ordinaire, et sa surface acquiert un poli fin comme le cuivre dont se servent les graveurs.

Si on exigeait un dépôt épais ou considérable de cuivre métallique dans un but pratique quelconque, il faudrait un temps assez considérable avant qu'il se formât par le moyen voltaïque ; mais il faut se rappeler que l'on peut souder la feuille de métal ainsi déposée sur une planche de cuivre, comme cela se pratique déjà dans les arts, sans nuire en aucune façon à la texture ou à la surface du métal déposé.

Pour déposer du cuivre sur une épaisseur de 3 millim. (2 lignes), il faut huit à dix jours d'action continue. L'étendue superficielle du dépôt n'entre pour rien dans la durée de l'opération.

7^o *Description de l'appareil de M. Spencer.*

(FIGURE 1.)



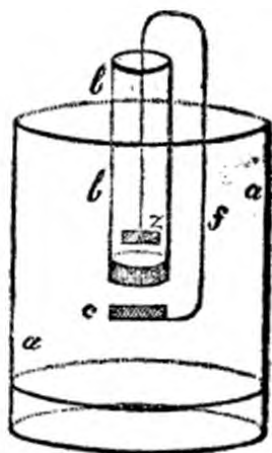
La *fig. 1^{re}* est une coupe de l'appareil auquel on peut donner des dimensions quelconques.

a est un vase en terre cuite qui contient une solution de sulfate de cuivre.

b un autre vase en terre ou en bois avec un fond de plâtre qui s'ajuste dans le vase *a*, et qui contient la solution saline ou acide.

p est la planche sur laquelle il s'agit de déposer du cuivre métallique plongé dans la solution cuivrique, et portant un fil de cuivre *f*, qui la met en communication avec la vis *e*, soudée sur la plaque zinc *z*, qui plonge dans la solution saline.

(FIGURE 2.)



La *fig. 2* représente un appareil plus simple; mais sur le même principe que celui de la *fig. 1*. Cet appareil est plus convenable pour des expériences sur une petite échelle, ou pour prendre un *fac simile* d'une petite médaille.

a est un verre à boire ordinaire, contenant la solution de sulfate de cuivre; *b* un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, avec du plâtre, et contenant la solution saline; *c* est la planche ou médaille sur laquelle on veut former le dé-

pôt, et à laquelle est soudé un fil qui est courbé pour aller toucher une pièce de zinc *z*, placée près du fond du tube *b* dans la solution saline.

III. SUR LE PROCÉDÉ GALVANOPLASTIQUE.

Par M. Ed. SOLLY.

Les belles découvertes de MM. Jacobi et Spencer ayant posé les fondements d'un art entièrement nouveau, celui de copier des ouvrages d'art en métal sans employer la chaleur, la pression, et à très-peu de frais, nous ont suggéré l'idée d'entreprendre quelques essais sur la précipitation du cuivre par la batterie voltaïque. Mais avant de faire connaître les résultats pratiques auxquels nous avons été conduits, nous demandons la permission de rappeler les principes sur lesquels ce nouvel art est fondé.

Lorsqu'un morceau d'étain ou d'autre métal semblable est plongé dans une forte solution de sulfate de cuivre ou vitriol bleu, il se recouvre bientôt de cuivre métallique qui, comme on dit, se précipite et se réduit, parce qu'alors l'oxide de cuivre est décomposé par un métal plus oxidable et qui a plus d'affinité que lui pour l'oxygène. Dans cette opération, l'étain s'oxide et se dissout, et le cuivre réduit se précipite sous forme de pellicules très-minces et très-déliées.

Si l'étain se recouvrait de cuivre sur toute sa surface, l'action cesserait naturellement d'avoir lieu, parce que ce métal, se trouvant enveloppé par le cuivre, deviendrait inerte et ne représenterait plus qu'une plaque de cuivre. D'un autre côté, d'après la manière même dont cette précipitation s'opère, il s'ensuit que le métal précipité doit être partout en contact parfait avec la surface sur laquelle il doit se déposer. On possède donc déjà ainsi le premier élément d'un mode de faire des copies ou des empreintes par précipitation, mais encore grossier et imparfait. En effet, par ce moyen les pellicules de cuivre seraient si minces et si fragiles qu'il serait impossible de les enlever à la surface de l'étain, ou bien si elles acquéraient une certaine épaisseur, ce serait naturellement en consommant une quantité considérable d'étain, parce que, pour chaque portion de cuivre précipité, il faut dissoudre une quantité correspondante d'étain, et par conséquent le poli de la surface

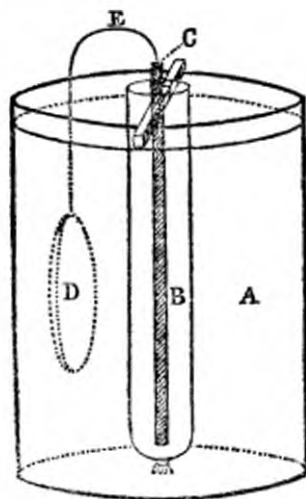
de ce dernier métal se trouverait détruit; et d'ailleurs comme la corrosion ne marche pas avec la même promptitude sur toute l'étendue de cette surface, il s'ensuivrait que si celle-ci portait des traits ou un dessin quelconque, ils seraient considérablement altérés, et même dans quelques points complètement effacés.

On parvient aisément à surmonter cette difficulté par le moyen que présente l'électricité elle-même, d'appliquer l'action chimique en tel point qu'on désire, c'est-à-dire de la faire naître dans un point, de la transporter par des conducteurs métalliques, et d'en faire l'application dans un autre point. C'est ainsi qu'on parvient à mettre en action l'agent le plus puissant de désoxydation, l'hydrogène, et que par l'électricité on donne à un corps la faculté de dégager de l'hydrogène à sa surface dans les circonstances les plus convenables et tandis qu'il est plongé dans une solution cuivreuse, et de soutenir cette action jusqu'à ce que la couche de cuivre déposée et précipitée par l'action de l'hydrogène naissant ait acquis un degré suffisant d'épaisseur.

Pour effectuer cette opération, une pièce de métal très-oxydable, du zinc, par exemple, est mise en communication par un fil soudé à l'une de ses extrémités avec une plaque de plomb, d'étain ou autre métal, sur la surface duquel est gravé le dessin qu'on se propose de copier. On prend un vase de forme et de matière quelconques, on le divise en deux par une membrane ou un diaphragme de poterie non vernie, ou toute autre matière poreuse. On remplit une des divisions avec une forte solution de sulfate de cuivre et l'autre avec de l'acide sulfurique étendu. Le zinc est plongé dans cet acide étendu, et la médaille ou le dessin à copier dans la solution de cuivre. Ce zinc se dissout dans l'acide et engendre la force, qui, transmise à travers les solutions jusque sur la surface de la médaille, provoque la précipitation du cuivre, tandis que le fil qui unit le zinc avec la médaille forme la communication nécessaire pour compléter un circuit galvanique.

L'appareil, comme on voit, est excessivement simple, peu dispendieux et facile à diriger; et une fois mis en action, il n'exige presque aucun soin jusqu'à ce que l'opération soit complète, c'est-à-dire au moment où il s'agit d'enlever la médaille et d'en séparer la copie.

Voici une disposition extrêmement commode pour monter cet appareil.



A est un verre ou un pot de terre contenant une solution saturée de cuivre, B un boyau de mouton ou une membrane tubulaire dont on a formé un sac en le liant par le bas, et qu'on maintient dans une position verticale au moyen d'une petite baguette de bois qui le perce en deux points opposés, et s'appuie sur les bords du verre : ce sac est rempli d'acide sulfurique étendu, dans lequel on plonge une lame en zinc C, soutenue par la baguette. D est la médaille ou modèle à copier, et E le fil métallique de communication.

Tout étant ainsi disposé, il suffit d'empêcher que la solution de sulfate de cuivre ne s'affaiblisse, parce que dans ce cas le cuivre se précipite à l'état pulvérulent, n'a plus aucune cohésion, abandonne sous forme de poudre la surface de la médaille, et s'oxide de nouveau très-rapidement. Cet effet arrive encore lorsque la surface sur laquelle on veut précipiter le cuivre est trop petite comparativement à celle du zinc et à la force de l'acide. On remédie facilement au premier cas en maintenant toujours dans la liqueur un excès de sulfate de cuivre non dissous destiné à remplacer celui qui est décomposé.

Quand le métal déposé a acquis une épaisseur suffisante, on l'enlève aisément de dessus le modèle en détachant adroitement les bords avec un instrument tranchant, après quoi on l'en sépare sans peine, ou bien en profitant des différences de dilatation que les métaux éprouvent par la chaleur.

La forme de l'appareil que j'ai indiqué ci-dessus offre cet avantage sur les autres, que le modèle est dans une position verticale. Lorsque ce modèle est placé horizontalement au-dessous du zinc, il est plus sujet à être souillé par la poussière et les impuretés que contient toujours le sulfate de cuivre, et qui, recouvertes par le cuivre précipité, forment à la surface du métal un certain nombre de taches noires d'un aspect désagréable.

Un autre avantage, c'est qu'on peut travailler à la fois sur deux, trois et même quatre modèles, et au besoin, enlever l'un d'eux sans déranger les autres.

Lorsque le modèle employé est parfaitement propre, à contours vifs et bien arrêtés, et quand l'opération a été bien conduite, la copie obtenue est un cuivre pur, brillant et généralement de couleur rubis. Cette couleur de cuivre précipité paraît être beaucoup influencée par la nature et la condition du moule, et en ayant égard à cette circonstance, on peut obtenir une grande variété de teintes diverses. J'avais pensé que la couleur de la copie galvanique d'une médaille dépendait de la nature du métal de l'original, parce que j'ai observé fréquemment que du cuivre précipité sur un moule en métal fusible pris sur une médaille d'argent avait une blancheur remarquable, tandis que celui pris sur des médailles de cuivre était rouge, et la plupart du temps jaune pour des médailles en or. En cherchant à m'assurer si ces effets dépendaient réellement de la nature de la médaille originale, j'ai trouvé qu'il y avait un si grand nombre de petites circonstances qui pouvaient influencer les résultats, qu'il était à peu près impossible de tirer aucune conclusion relativement à ces curieuses particularités de la couleur.

La surface du cuivre déposé est extrêmement sujette à se ternir par l'exposition à l'air; elle prend souvent en partie une couleur orangé brillant et quelquefois un rouge éclatant. Chauffée presque à la chaleur rouge, elle passe à un gris de fer uniforme parfaitement permanent.

Le métal précipité est un peu cassant, quoique très-élastique ;

mais, en le chauffant et le laissant refroidir lentement, il devient malléable et flexible.

On peut, comme on sait, faire, avec des substances très-diverses, des moules qui deviennent propres à précipiter du cuivre, soit en les dorant, soit en recouvrant leur surface d'une couche infiniment mince de métal qui donne la surface conductrice nécessaire pour la précipitation. Mon attention s'est tournée de bonne heure vers ce point, parce qu'il m'a semblé ouvrir un vaste champ à une foule d'applications nouvelles et curieuses; et en particulier j'ai cherché à diriger mes efforts sur le dépôt du cuivre sur des surfaces non métalliques, et, en conséquence, j'ai entrepris de nombreuses expériences pour déterminer les circonstances les plus favorables à cette précipitation dans de semblables conditions.

Mes premiers essais ont été faits avec du plâtre que j'ai cherché à recouvrir de cuivre, de manière à pouvoir tirer de moules en plâtre des objets moulés en cuivre. J'ai recouvert ces moules avec différents métaux, comme l'a indiqué M. Spencer, mais j'ai rencontré des difficultés insurmontables pour obtenir une surface lisse et uniforme; c'est avec les feuilles d'or qu'on réussit le mieux, encore ce moyen n'est-il pas exempt de tout reproche et toujours dispendieux. Plus tard j'ai essayé d'autres métaux, tels que le bismuth ou l'antimoine, que je réduisais à l'état de poudre très-fine avec une matière glutineuse; mais ces essais n'ont pas donné un résultat meilleur que les premiers.

Pendant le cours de ces expériences j'ai observé un fait curieux et qui m'a conduit à la solution du problème que je cherchais. Lorsque je voulais précipiter du plomb d'une solution d'un des sels plombiques, comme on le fait pour le cuivre, j'ai trouvé qu'il se formait promptement de petits cristaux gris de plomb sur les parties les plus saillantes ou en relief du moule métallique que j'employais, et qui était l'empreinte en plomb coulé d'une médaille. Ces cristaux augmentaient rapidement de dimension et s'étendaient vers la membrane en sac qui contenait le zinc et qui se trouvait à environ 8 centimètres (3 pouces) de distance du moule. Aussitôt que ces cristaux atteignaient la surface de la membrane, ils se réfléchissaient suivant diverses directions, se croisaient entre eux de diverses manières jusqu'à ce qu'ils eussent complètement enveloppé cette membrane d'un réseau de plomb réduit.

J'espérais que le cuivre, en se déposant sur une surface mauvais conducteur, augmenterait de même plus rapidement dans la direction de la lame de zinc et qu'il aurait moins de disposition à s'étendre sur les côtés; mais j'ai trouvé au contraire que le cuivre déposé jouissait de la propriété remarquable de s'étendre par ses bords beaucoup plus rapidement que suivant l'épaisseur, et qu'il semblait glisser ou ramper le long de la surface du plâtre ou autre substance mauvais conducteur sur laquelle on voulait le précipiter, et que même, lorsque la surface de ce plâtre était placée sous un angle de 45° relativement à la lame de zinc, et quand le dépôt commençait au centre où on avait appliqué une feuille d'or, le cuivre s'étendait également tout autour et aussi vite sur le côté qui s'éloignait du zinc que sur celui où il se rapprochait de lui.

En suivant la marche de ce phénomène, je n'ai pas tardé à observer qu'en augmentant légèrement le pouvoir conducteur de la surface du plâtre ou autre substance de même caractère électrique, je pouvais précipiter du cuivre sans avoir recours, au commencement, à l'application d'une feuille d'or ou autre corps métallique. Le pouvoir conducteur qu'il faut communiquer ainsi est très-faible, et pour produire cet effet il suffit de laver la surface une ou deux fois avec une solution de nitrate d'argent ou de chlorhydrate d'or, à faire sécher et noircir chacun des enduits successifs par une exposition à la lumière solaire, après avoir préalablement frotté avec une légère quantité de plombagine.

Préparé ainsi et placé dans la solution de cuivre, il ne fallait plus que toucher une des parties de ce moule en plâtre avec le fil de communication attaché au zinc pour produire une précipitation; il se formait aussitôt un petit anneau de cuivre sur la surface noircie tout autour du fil, qui augmentait bientôt de dimension et finissait par couvrir toute la surface préparée.

Quand le dépôt de cuivre avait atteint le bord de cette surface, il continuait à s'accroître, mais plus lentement, s'étendait sur l'épaisseur et même sur la face opposée du plâtre, en reproduisant jusqu'à ses moindres inégalités, comme si c'eût été une surface métallique.

C'est ce même moyen que j'ai employé pour précipiter du cuivre sur la surface de cartes, de feuilles de papier, et sur celle d'une foule de substances organiques extrêmement délicates et aisément altérables. J'ai même observé souvent que,

lorsque cette précipitation est arrêtée par une bulle d'air, elle enveloppe peu à peu celle-ci et en forme le moule parfait; l'opération marche avec rapidité, mais sans altérer une forme aussi fragile.

Ce procédé permet de couvrir de cuivre toute espèce de moule en plâtre, en soufre, en cire ou toute autre substance; mais je dois dire cependant qu'il m'est souvent arrivé qu'au moment où toute la surface de ces moules était enduite ainsi de cuivre, de voir se former en quelques points des excroissances mamelonnées de cuivre qui détruisaient le poli et l'apparence régulière des surfaces. La surface du cuivre qui recouvre le plâtre est bien nette, mais le procédé ne me paraît applicable qu'au cas où l'on n'a besoin que d'une seule ou d'un petit nombre de copies.

On produit un très-bel effet en recouvrant la surface des fac-simile de médailles ou des empreintes en plomb ou autre métal fusible, avec une pellicule très-mince de cuivre réduit. Ces empreintes présentent alors un aspect soyeux extrêmement agréable, et si on pouvait s'opposer par un vernis à ce qu'elles se ternissent, on fabriquerait ainsi une foule d'objets de décoration fort élégants et à bon marché.

Je m'occupe actuellement d'une série d'expériences sur la précipitation des autres métaux par des moyens semblables, et je me propose prochainement d'en faire connaître les résultats.

IV. OBSERVATIONS SUR LA GALVANOPLASTIE.

Par M. C.-A. GERLACH.

En préparant divers objets par les procédés galvanoplastiques, j'ai vu se passer sous mes yeux des phénomènes remarquables qui me semblent aussi propres à intéresser la science que la pratique, et que, sous ce double rapport, j'ai jugé à propos de communiquer au public. Quoique je sois forcé de déclarer, en débutant, que je ne suis nullement en mesure de présenter une explication satisfaisante sur la cause de ces phénomènes, j'ai pensé que je n'en devais pas moins attirer sur eux l'attention, pour qu'on puisse les étudier, leur donner de nouveaux développements, et les expliquer enfin à la satisfaction de la science et de l'art.

On sait que le cuivre qu'on dépose, en procédant par voie galvanique, suivant la méthode de M. Jacobi et de M. Spencer,

possède une grande dureté, ainsi que beaucoup de fragilité et d'aigreur, propriétés qui se manifestent plus ou moins suivant la force du courant dont on a fait usage; mais que même en employant le courant le plus faible, le cuivre précipité est encore tellement cassant, qu'il est impossible de le courber sous un angle un peu vif, sans qu'il se rompe aussitôt. En faisant recuire ce cuivre, on parvient il est vrai à faire disparaître le défaut en question et à rendre ce métal parfaitement ductile et flexible, en supposant toutefois que le précipité cuivrique qui s'est formé ne soit pas à gros grains par l'emploi d'un courant, trop puissant, ou bien trop cassant, par la formation d'un oxyde de cuivre pulvérulent (1); mais ce qu'il y a de remarquable dans ce cas, c'est que le cuivre, quand on le chauffe pour le recuire, se dilate d'une manière très-sensible, sans rentrer dans ses dimensions primitives lors du refroidissement. Déjà, à la simple vue, un petit objet préparé par voie galvanique et recuit, présente, quand on le compare à son original, de très-grandes différences. Une lame de cuivre longue de 0 m. 14382, a augmenté, après le recuit, de 0 m. 00654, ce qui ferait un centimètre pour une lame d'environ 0 m. 20.

Ces circonstances, comme on le voit, méritent qu'on les prenne sérieusement en considération, surtout quand il s'agit de copies galvaniques de planches gravées, et dans le cas où on voudrait tirer par impression des épreuves de ces copies; car d'un côté, une planche qui n'aura pas été recuite, peut se rompre à l'impression, et de l'autre, une plaque recuite est trop ductile et n'a pas assez de dureté pour pouvoir livrer en nombre de bonnes épreuves; en outre, le dessin est agrandi dans ses dimensions, et enfin, ce qui est pis, et lorsque la plaque est d'une épaisseur inégale, il est déformé par une dilatation inégale lors du recuit.

Ces propriétés du cuivre précipité par voie galvanique, d'être aigre et cassant dans certaines circonstances, et de devenir malléable et doux par le recuit, m'ont semblé présenter de la

(1) La précipitation d'un cuivre pulvérulent a ordinairement lieu sur les objets placés horizontalement. Par exemple, lorsqu'il se précipite de la plaque zinc du zinc en particules fines sur la vessie animale dans la cellule ou cavité où se trouve cette vessie, il se sépare sur la face opposée de cette vessie, sur celle en contact avec la dissolution cuivrique, du cuivre en poudre qui se précipite aussitôt sur les objets placés aux environs, se mélange à la couche cuivreuse qui se forme, s'oppose alors à une cristallisation régulière, et rend cassant et aigre le précipité qui s'est formé ainsi. Il m'a semblé aussi que quand la solution de zinc peut, soit par une petite ouverture de la vessie, soit à la suite de son grand poids spécifique, pénétrer à travers la cloison jusqu'à la solution de cuivre, alors le cuivre déposé était toujours cassant.

ressemblance avec celles de l'acier. L'acier trempé est, comme on sait, cassant et facile à rompre, et on peut le rendre par le recuit, et par conséquent par l'influence d'une température très-élevée, mou et ductile. Il faut dire aussi qu'elles ont également des rapports intimes avec la température appliquée, c'est-à-dire que moins cette température s'approche du rouge, et moins aussi l'acier perd de sa dureté, et qu'on a toujours la faculté de lui donner le degré de ductilité et de mollesse qu'on désire, par une chaleur convenablement ménagée.

Aujourd'hui, je suis disposé à croire que le cuivre galvanique peut, par différentes températures au-dessous de la chaleur rouge, acquérir divers degrés de dureté ou de ductilité ; qu'on peut parvenir à lui donner ainsi la dureté et la mollesse dont on a besoin, et, s'il était permis de conclure d'après un seul essai, je dirais qu'on peut admettre que dans certaines circonstances il suffit de chauffer une planche de cuivre galvanique jusqu'à la température de fusion de l'étain (environ 227° c.) pour donner au cuivre les propriétés qui le rendent propre à l'impression (1).

Un autre phénomène également remarquable, mais tout aussi difficile à expliquer, que je mentionnerai ici, consiste en ce que la couche de cuivre qui se forme du côté où le fil de communication est fixé, est la plus mince, tandis que du côté opposé, du moins celui qui se trouve le plus éloigné du fil de communication, elle est plus épaisse, soit que l'objet à recouvrir (une plaque, par exemple) soit tenu verticalement ou horizontalement dans la dissolution de cuivre, soit que le fil de communication soit fixé à la partie supérieure ou inférieure de la plaque verticale, c'est-à-dire, soit que le courant électrique entre dans la plaque, soit qu'il en sorte. La couche est ordinairement mince dans les environs du fil de communication, tandis qu'elle se présente sous une épaisseur assez considérable dans les points plus éloignés. Un fil suspendu verticalement dans une dissolution de cuivre prend une couche plus épaisse à sa partie inférieure, et par suite sa forme est un cône dont le sommet est tourné vers le haut. Mais si ce fil, avant d'être plongé dans la solution cuivrique, est préalablement courbé sous forme de syphon, c'est la portion qui se

(1) Le cuivre dont on s'est servi dans cet essai avait une structure cristalline très-fine ou granulée. Bien entendu, que de même qu'avec l'acier, suivant qu'on a affaire à des cuivres originellement durs ou mous, il faut employer des degrés de chaleur plus ou moins élevés, afin que les uns, à la température de l'étain en fusion, et les autres à celle du plomb fondu, etc., puissent acquérir le degré désiré de ductilité.

trouve à la partie supérieure des branches montantes qui devient la plus épaisse, et dont l'épaisseur diminue à mesure qu'on descend. Il s'ensuit, par conséquent, qu'il conviendrait, soit de fixer deux fils conducteurs sur les côtés opposés l'un à l'autre, soit, lorsque la conduction a duré quelque temps d'un côté, de fixer le fil conducteur sur le côté opposé au premier.

Un troisième phénomène qu'il convient de mentionner, est intéressant pour l'observateur, mais très-désagréable pour le praticien ; je veux parler de la *formation de lignes et de végétations linéaires* sur le dos de la couche galvanique de cuivre. Lorsqu'il s'agit de recouvrir d'une couche mince et unie de cuivre un objet où cet enduit joue le rôle principal, l'apparition de ces végétations ou élévations linéaires détruit tout le mérite du travail, et ni peine, ni attention ne peuvent y apporter de remède.

Si on étudie plus attentivement le phénomène, et si on cherche les moyens d'empêcher la formation de ces élévations linéaires, on voit qu'avant tout il est nécessaire de résoudre deux problèmes, savoir : 1° rechercher la *manière* dont ces lignes se forment ; 2° déterminer la *cause* de leur formation. Quoique je ne sois pas en mesure de résoudre ces deux questions, je n'hésiterai pas néanmoins à faire connaître ce que des observations multipliées ont pu m'apprendre sur ce sujet.

La manière dont ces lignes ou ces élévations linéaires se forment, paraît différente dans des circonstances qui ne sont pas les mêmes ; toutefois, elles paraissent soumises à des lois définies. J'ai eu fréquemment l'occasion d'observer les phénomènes suivants, lorsqu'il se formait des élévations linéaires, sans pouvoir néanmoins décider si les phénomènes que je vais mentionner se seraient présentés sous un autre aspect dans des circonstances différentes :

1° La végétation de chacune de ces élévations linéaires commence en un point, et se prolonge en ligne droite sur les plaques suspendues verticalement, et cela lorsque le fil conducteur était fixé à la *partie supérieure* de la plaque, et, à ce qu'il m'a paru, *descendait ou montait en direction verticale*.

2° Si le point de formation ou point générateur d'une ligne peut, dans son développement ultérieur, s'appuyer sur le corps qu'il s'agit de couvrir de cuivre, alors ce point se prolonge, et s'accroît, soit en montant, soit en descendant, sous la forme d'une ligne, exactement comme le lierre fait sur un mur, et c'est ce qu'on observe constamment sur les objets disposés *verticalement* dans l'appareil galvanique.

3° Si le point générateur dans ce développement ultérieur, ne rencontre plus ainsi cette paroi verticale, alors il végète sous forme de verrue, de rose, de bouton, de bourgeon ou de protubérance ramense. Ainsi ces élévations linéaires ne se développent donc que sur les objets *placés verticalement*, et non sur ceux disposés horizontalement. Néanmoins, si les objets placés horizontalement (par exemple le modèle en creux d'une ronde bosse ou d'un haut relief) présentent quelques parties verticales, ou des portions qui, d'abord horizontales, se relèvent verticalement, on observe alors que dans ces portions distinctes il se forme également une élévation linéaire.

4° Avec les fils suspendus *verticalement*, ainsi que les objets cylindriques d'un grand diamètre, la végétation linéaire marche, à ce qu'il paraît, en montant ou en descendant, suivant que le courant électrique y entre par en haut ou par en bas, et de manière à ce qu'il s'élançe du point générateur deux lignes dont l'une court à droite sur le fil ou le cylindre en direction spirale, et l'autre à gauche pour se rencontrer de nouveau sur le côté opposé du point générateur sur un angle déterminé. Tous les points d'origine sont disposés ordinairement sur une même ligne; il en est de même de ceux de rencontre. Quand la végétation se continue ou s'altère, ces élévations linéaires se déforment très-souvent, et alors il est difficile de reconnaître leur structure originaire. J'ai remarqué aussi fréquemment que la surface des corps sur lesquels il allait se former des élévations linéaires, se couvrait préalablement de raies et de bandes plus foncées et plus claires, et que la végétation suivait alors la route qui était ainsi marquée.

Tels ont été les résultats des observations que j'ai pu faire jusqu'à présent sur le mode de formation de ces élévations ou végétations linéaires.

Quant à ce qui concerne la *cause* de leur formation, il ne me sera pour le moment possible que de présenter des conjectures sur ce sujet. On a attribué la formation de ces végétations à un courant trop énergique, mais souvent avec un courant *faible* (c'est-à-dire produisant une déviation d'environ 30° à l'aiguille du galvanomètre) et en employant un seul et même appareil, j'ai obtenu tantôt des élévations linéaires ainsi que de fortes végétations cuivreuses; tantôt je n'en ai aperçu aucune, et le plus souvent je n'en ai pas vu de traces tant avec un courant faible qu'avec un courant fort.

Voici encore un quatrième phénomène que je crois utile de

signaler. Quelquefois j'ai remarqué que sur un objet que j'avais suspendu dans la liqueur (un petit modèle moulé en cire, par exemple, et enduit de graphite), et après qu'il s'était déjà revêtu d'une couche mince de cuivre, il se formait pendant la nuit un grand nombre de cavités hémisphériques parfaitement polies, de la grosseur d'une petite tête d'épingle, et qui paraissaient consister en bulles de gaz ou d'air fixées dans ces points. Pendant le jour, ces bulles ne peuvent pas se fixer, parce que les objets sont fréquemment enlevés de la dissolution cuivrique pour les examiner. Quoi qu'il en soit, il est difficile de se rendre compte de la manière dont ces bulles peuvent prendre naissance sur les objets. Peut-être cela provenait-il de ce que la plaque de zinc était, dans l'appareil, très-grande comparativement à l'objet qu'il s'agissait d'enduire de cuivre, et qu'il en résultait une si grande accumulation de gaz hydrogène qu'il se montrait sous forme de bulles sur l'enduit métallique.

Enfin, je hasarderai encore une observation sur la dissolution du vitriol de cuivre qu'il convient d'employer pour la préparation des objets galvanoplastiques. C'est une condition impérieuse pour produire des objets galvanoplastiques que la dissolution cuivrique (au moins quand on ne fait usage que d'une paire de plaques galvaniques simples) soit constamment saturée et neutre, et sans acide sulfurique libre. On remplit ordinairement la première condition en suspendant dans la dissolution saturée de petits sachets remplis de cristaux de vitriol de cuivre. Mais il n'y a que l'eau, devenue libre par la décomposition du vitriol de cuivre pendant la marche de l'opération galvanique, qui puisse se combiner avec les fragments de cristaux suspendus, c'est-à-dire les dissoudre, tandis que l'acide sulfurique devenu libre, n'étant pas dans un état propre à contracter une combinaison avec eux, s'accumule à l'état d'acide libre dans la liqueur qui ne peut plus être considérée comme neutre. On a proposé, il est vrai, pour neutraliser cet acide, de jeter de temps à autre dans la dissolution de cuivre quelques morceaux d'alumine; mais celle-ci devient ainsi promptement impure. Je pense donc que pour atteindre ce double but, savoir la saturation et la neutralisation de la dissolution de cuivre, et pour la maintenir constamment telle, il serait plus avantageux d'employer de l'oxide de cuivre (battitures de cuivre) dont on remplirait des sachets qu'on plongerait dans la liqueur.

V. NOUVELLES PILES ÉLECTRIQUES.

1° M. Jacobi vient d'établir par des expériences exactes, qu'il ne faut qu'une pile de 63 décimètres 31 centim. carrés (6 pieds carrés) de platine pour remplacer une pile de 10 mètres 55 décimètres 21 centim. carrés (100 pieds carrés) de cuivre, ou, par rapport au nombre des couples, 6 couples de platine, chacun de 10 décimètres 55 centim. 21 millim. carrés (1 pied carré) de surface de platine, produiront le même effet que 10 couples de cuivre dont chacun offre une surface de 1 mètre 5 décim. 52 centim. carrés (10 pieds carrés). Cette supériorité du platine s'est vérifiée par beaucoup d'expériences en grand.

M. Becquerel, à cette occasion, a fait remarquer que, lorsque deux métaux dont se compose un couple voltaïque plongent chacun dans un liquide différent, les deux liquides étant séparés par une membrane, l'intensité du courant dépend non-seulement de celle de l'action chimique d'un des deux liquides sur le métal oxidable, mais encore de l'action chimique des deux dissolutions l'une sur l'autre; cette dernière, dans certains cas, pourrait l'emporter sur l'autre. Or, dans la condition où M. Jacobi a opéré, la réaction de l'acide nitrique concentré sur l'eau acidulée par l'acide sulfurique, donne naissance à un courant électrique beaucoup plus considérable que celui résultant de la réaction de la dissolution de sulfate de cuivre sur la même eau acidulée. C'est à cette différence que sont dus les effets signalés par M. Jacobi, effets qu'on aurait obtenus en substituant au platine un autre métal de même surface et non attaqué par l'acide nitrique.

2° M. Poggendorf a trouvé un nouvel élément thermo-électrique dans le packfong, et s'exprime ainsi à cet égard :

« On construit ordinairement les éléments thermo-électriques qui doivent être exposés à une haute température avec du fer et du platine, et c'est en effet la combinaison la plus convenable pour les températures excessivement élevées. Pour des températures moyennes on peut employer une autre combinaison qui présente un premier avantage, celui d'être moins chère; cette combinaison est formée de fer et d'argentan (packfong). M. Seebeck a montré que l'argentan est un corps très-positif dans la série thermo-électrique; il suit immédiatement le bismuth et le nickel, et il précède le platine. Un élément argentan et fer a, par conséquent, une force électrique plus

énergique que l'élément platine et fer, et en effet il donne, pour une même différence de température, un courant notablement plus fort.

VI. NOTICE SUR LES PILES A COURANT CONSTANT,

Par M. Ed. BECQUEREL.

A l'époque actuelle, où l'on cherche de toutes parts à appliquer les sciences physiques et chimiques, et par conséquent l'action des forces électriques, aux arts industriels, je pense qu'il peut être utile de présenter succinctement l'exposé de toutes les recherches qui ont été faites pour obtenir des piles dont l'action fût constante pendant un certain temps.

La pile, telle que l'a décrite Volta, les piles à auges, celles à la Wollaston, et en général les piles dans lesquelles les deux métaux qui composent le couple plongent dans le même liquide, donnent des résultats très-variables, même dans un court espace de temps.

L'effet maximum se produit dans les premières minutes, mais bientôt il diminue rapidement, de sorte qu'en laissant continuer l'action, il est, au bout d'un certain temps, incomparablement plus faible qu'au commencement, à moins qu'on ne charge la pile avec des liquides peu conducteurs; alors la diminution de l'intensité est moins rapide, mais aussi le courant est beaucoup plus faible.

C'est mon père qui a donné le premier les principes sur lesquels est fondée la construction de ces piles, et qui a formé les premières piles de ce genre d'après la méthode suivante.

Dans l'intérieur d'un vase en verre, on dispose deux diaphragmes en baudruche, afin de former trois cases; ces diaphragmes sont appliqués sur les parois de la boîte avec tout le soin possible, afin que la communication d'une case à l'autre n'ait lieu que par l'intermédiaire de la baudruche, qui n'est là que pour retarder le mélange ou la combinaison des liquides contenus dans chacune des cases. A la rigueur, on peut ne mettre qu'un diaphragme, mais l'expérience prouve que deux sont nécessaires quand l'action doit durer longtemps. Le fond de cette boîte est ouvert seulement dans la partie située entre les deux diaphragmes, afin qu'en plongeant l'appareil dans un vase qui renferme le liquide conducteur, les liquides contenus dans chacune des cases externes ne se mêlent que difficilement. On plonge alors une lame de zinc et une lame de cuivre cha-

cune dans une des cases externes; le maximum d'intensité s'obtient sensiblement quand le cuivre plonge dans une dissolution de nitrate de cuivre, et le zinc dans une dissolution de zinc; mais il y a aussi une diminution d'intensité avec le temps.

Les expériences faites avec cette pile ont démontré que la condition indispensable pour la solution du problème des piles à courant constant consistait à faire plonger les lames dans des liquides différents. Ce problème, mon père l'a aussi résolu à l'aide de l'appareil nommé chaîne simple à oxygène, qui se compose de deux petits bocaux en verre dont l'un renferme une solution de potasse caustique très-concentrée, et l'autre de l'acide nitrique concentré; ces deux bocaux communiquent ensemble au moyen d'un tube recourbé rempli d'argile (kaolin exempt de carbonate de chaux), humecté d'une solution de sel marin. Dans le bocal où se trouve l'alcali plonge une lame d'or ou de platine, et dans l'autre une lame de platine; si l'on met en communication ces deux lames au moyen de fils de platine, on a un courant assez énergique qui provient de la réaction de l'acide sur l'eau, le sel marin et la potasse; la lame plongée dans l'alcali prend l'électricité négative, et la lame plongée dans l'acide prend l'électricité positive.

La meilleure disposition à donner à cet appareil est de terminer les deux extrémités du tube communicateur d'argile par deux tubes de platine qui servent de lames ou de pôles.

M. Daniell a construit une pile dont nous allons donner la description, et qui est à présent généralement employée. On prend un cylindre de cuivre AB, *fig. 8 pl. Galvanoplastie*, ouvert à sa partie supérieure, et dont le fond est percé d'un trou; sur ce fond est une portion de cylindre *ab* plus grande que l'ouverture sur laquelle s'attache fortement une portion d'intestin de bœuf, qu'on fixe par le haut E. Cette portion d'intestin forme un cylindre creux dans lequel plonge un morceau de zinc amalgamé CD. Alors, si l'on emploie différents couples, le cuivre, qui forme une des lames du couple, est mis en rapport avec le zinc d'un autre couple, et aussi le zinc avec le cuivre d'un autre couple. A l'ouverture inférieure se trouve un siphon recourbé *cf*, de telle sorte que si l'on ajoute du liquide dans le cylindre formé par l'intestin, il en coulera autant par *g* si l'intérieur du sac membraneux est déjà plein.

M. Daniell emploie pour liquide de l'eau acidulée par l'acide sulfurique pour la case zinc, et une solution saturée de

sulfate de cuivre pour l'extérieur du sac membraneux. Seulement l'eau acidulée tombe goutte à goutte dans la case zinc, et à mesure qu'elle tombe, elle chasse par le siphon l'eau acidulée chargée de sulfate de zinc, qui est plus pesante et qui diminuerait l'action de la pile. Des morceaux de sulfate de cuivre, placés dans la solution de sulfate, saturent cette solution à mesure que le sulfate dissous se décompose. Les couples de M. Daniell avaient 162 millim. (6 pouces) de hauteur sur 95 millim. (3 pouces 1/2) de diamètre. Avec dix de ces couples, il obtenait 317 centimètres (16 pouces) cubes de gaz par quart-d'heure; de plus, l'intensité de l'action chimique restait sensiblement la même pendant plusieurs heures.

Un désavantage de cette pile, comme d'autres analogues, est que la pile ne fonctionne pas quand la communication est interrompue; mais à peine est-elle établie, que le sulfate est décomposé, l'acide sulfurique se porte sur le zinc et concourt à produire le courant électrique; tandis que l'hydrogène de l'eau décomposée réduit le cuivre du sulfate sur la surface de cylindre. Le courant électrique provient donc de trois actions différentes: 1^o de l'action des deux dissolutions l'une sur l'autre par l'intermédiaire de la membrane; 2^o de l'action de l'eau acidulée sur le zinc; 3^o de l'action de l'acide sulfurique du sulfate sur ce même métal.

Voici maintenant d'autres piles d'un usage plus facile que celle de M. Daniell, et dont l'action est constante pendant un temps plus long, mais dans lesquelles on emploie le zinc amalgamé.

Ce zinc amalgamé possède la précieuse propriété de ne pas être attaqué par l'eau faiblement acidulée par l'acide sulfurique dans lequel il est plongé; mais vient-on à le toucher avec un fil de cuivre ou de platine, l'action devient très-vive, le zinc se dissout, et l'hydrogène se dégage sur le fil qui est le pôle négatif du couple voltaïque.

On a construit ainsi différentes piles en prenant pour métal négatif du cuivre, du platine, etc., en ayant soin de séparer les deux métaux du couple à l'aide d'un diaphragme, condition indispensable à la constance du courant; mais il est moins coûteux d'employer du cuivre. Ce métal ne s'altère pas pour ainsi dire; loin de là, il augmente plutôt de poids; car si l'on charge la case de cuivre avec du sulfate de ce métal, le cuivre du sulfate se réduit sur la lame de cuivre qui est le pôle négatif, et à la fin de l'expérience on l'enlève facilement.

Au lieu de baudruche et d'intestin de bœuf, on peut employer une vessie, et mettre simplement, comme on le fait ici à Paris, un cylindre creux de cuivre, *fig. 9*, lesté de sable fin, afin qu'il plonge dans le liquide, dans une poche formée par une vessie. Le tout est plongé dans un vase de verre MN, et entouré d'un cylindre creux de zinc ou plutôt de zinc amalgamé; la poche en vessie est remplie d'eau saturée de sulfate de cuivre, et des morceaux de sulfate sont placés à la partie supérieure du cylindre en baissant dans la solution, et la saturent continuellement à mesure que le sulfate est décomposé. Dans la case à zinc, c'est-à-dire dans le vase en terre, on met de l'eau salée saturée.

On trouve plus d'avantage à employer l'eau salée que l'eau acidulée; l'action est plus lente, mais aussi elle est constante pendant plus longtemps.

En général, les meilleurs diaphragmes sont ceux qui, tout en étant très-perméables à l'action du courant électrique, ne laissent traverser que très-peu des liquides qui baignent ses surfaces. De très-bons diaphragmes sont des cylindres en cuir tanné, mais non préparés avec des graisses, de 3 à 4 millim. (2 à 3 lignes) et plus d'épaisseur. On les fait bouillir dans de l'eau salée, et on ne les laisse pas sécher avant d'en faire usage.

On peut employer avec égal succès pour diaphragmes, des vases en porcelaine dégourdie, des cylindres creux en plâtre et des sacs en toile à voile. Les premiers donnent une action très-énergique, mais le mélange des dissolutions se fait trop vite pour le but que l'on se propose. La terre de pipe présente le même résultat.

Cette terre donne de même le maximum d'action quand on s'en sert comme diaphragme dans une pile formée par M. Grove. Cette pile, *fig. 10*, qui est très-petite, parce que chaque couple n'a pas une dimension de 3 centim. (1 pouce 2 lig.), a pour diaphragmes des têtes de pipes en terre bouchées par en bas. Dans l'intérieur se trouve le zinc amalgamé plongeant dans de l'eau salée; à l'extérieur, du platine plongeant dans de l'acide nitrique. Cette pile a une très-grande énergie d'action, comparativement à sa grandeur, puisque, avec six de ces couples, on fait rougir un petit fil de platine et l'on décompose très-rapidement l'eau.

Le plâtre donne un bon résultat, mais il est attaqué avec le temps. Avec la toile à voile à fils très-serrés, on forme des piles très-énergiques en employant toujours, comme ci-dessus,

pour liquides une dissolution de sulfate de cuivre du côté cuivre, et une dissolution de chlorure de sodium au côté zinc.

On a aussi employé des planchettes de bois; l'intensité du courant est alors très-énergique, surtout avec des planchettes de sapin très-minces. Il faut, avant d'opérer sur le bois, le soumettre, dans des chaudières à vapeur, à l'action de la vapeur d'eau, afin de lui enlever la sève et les matières résineuses qui pourraient retarder la marche du courant.

On peut aussi former des piles à courant constant, de la manière suivante, en n'employant qu'un seul liquide conducteur : on prend un vase, *fig. 11*, en terre poreuse, à demi-cuite, mais assez cependant pour ne pas se délayer dans l'eau; on y verse l'amalgame liquide de zinc, et l'on plonge ce vase dans un bocal plein d'une solution saturée de sulfate de cuivre. Un fil de cuivre, qui plonge dans l'amalgame, communique l'électricité négative, tandis que l'électricité positive est communiquée par une lame de cuivre plongeant dans le sulfate du même métal. C'est ici la réaction seule de l'acide sulfurique du sulfate de zinc de l'amalgame qui produit le courant électrique.

On peut encore imaginer d'autres dispositions, mais qui en réalité reviennent à celles que nous venons de décrire.

Au Muséum, il y a une pile qui agit avec une très-grande énergie pendant au moins six à sept heures. Chaque élément se compose d'une auge, *fig. 12*, en cuivre A B, de 35 centim. (1 pied 1 pou.) de largeur sur 40 centim. (1 pied 3 pouc.) de hauteur et 5 centim. (1 pou. 10 lig.) d'épaisseur. De petites auges *ab*, *a'b'* communiquent avec A B au moyen d'ouvertures pratiquées dans la paroi de celle-ci, et servent à mettre des morceaux de sulfate de cuivre qui saturent continuellement la solution de sulfate contenue dans A B, à mesure qu'elle est décomposée par le courant électrique; le métal positif est une plaque de zinc amalgamé M N, *fig. 13*, d'une dimension un peu plus petite que l'auge A B, afin qu'elle puisse entrer dans cette auge; un sac en toile à voile dans lequel plonge la lame de zinc sert à séparer le zinc du cuivre; on emploie pour dissolution du côté du zinc de l'eau salée.

Avec 12 couples formés de cette manière et réunis en pile au moyen d'un châssis, on a des effets de décomposition chimique et d'incandescence très-énergiques. Je crois que pour l'art de la dorure sur métaux à l'aide de l'électricité, dans le cas où l'on ferait usage de piles voltaïques, comme l'on n'a pas besoin d'une très-grande pile voltaïque, il faudrait construire

une pile de quelques éléments ayant ses couples disposés à peu près comme le couple ci-dessus; seulement, les dimensions seraient plus petites; un décimètre (3 pouces 9 lignes), par exemple, de hauteur et de largeur suffirait.

Au lieu de toile à voile, il serait bon d'employer du cuir peu épais, préparé comme nous l'avons indiqué plus haut; le cuir ne donnerait pas un courant aussi énergique qu'un diaphragme en toile à voiles, mais l'action serait constante pendant plus longtemps, peut-être pendant une journée entière.

VII. DE DIVERSES PILES GALVANIQUES, INVENTÉES PAR LENZ, JACOBI, ET PAR M. SOREL.

Dans les belles recherches sur l'électro-magnétisme, qu'on doit à MM. Lenz et Jacobi, recherches qui ont conduit ce dernier à la découverte de la galvanoplastie, ces habiles physiiciens ont eu besoin d'établir des batteries à courant constant, et voici l'appareil auquel ils se sont définitivement arrêtés. ABCDEF, fig. 14, est une auge en bois soigneusement mastiquée à l'intérieur, et partagée en deux compartiments par un diaphragme *ab* en poterie. Chacun de ces compartiments porte un tube d'évacuation *cd*, uni à l'auge par un tube de caoutchouc. Sur les parois opposées de cette auge sont deux montants *ef*, sur lesquels est fixée à vis une tige ronde *gh*. Sur cette tige se trouvent deux curseurs *i* et *k*, qui peuvent glisser sur sa longueur et être fixés en tel endroit qu'on désire par une vis de pression. Ces deux curseurs sont liés par une vis micrométrique *l*, qui règle leur distance mutuelle; *m* et *n* sont deux plaques métalliques dont la première est fixée au curseur *k*, et dont la seconde est simplement suspendue dans l'un des compartiments de l'auge.

La constance du courant de cette pile est fondée sur la résistance variable qu'opposent au passage de la force électromotrice les liquides sous différentes épaisseurs. On voit alors que lorsqu'on fait agir la pile, soit sur un galvanomètre, soit dans un but technique, il suffit de tourner la vis micrométrique *l*, après avoir fixé le curseur *i*, pour rapprocher plus ou moins les plaques *m* et *n* entre elles, c'est-à-dire pour diminuer ou augmenter la résistance de conductibilité du liquide dont la pile est chargée, et qu'on a ainsi un moyen très-précis pour maintenir un courant constant pendant tout le temps de l'observation ou du travail.

Cette pile, comme on voit, exige une attention soutenue

pour maintenir la constance du courant et un galvanomètre pour s'assurer de ses affaiblissements successifs; sous ce rapport elle est beaucoup moins avantageuse que celles dont il a été donné la description dans l'article précédent, mais elle peut néanmoins recevoir des applications quand on voudra une grande précision, et quand, dans les applications techniques, on aura besoin de soins plus attentifs pour obtenir certains résultats délicats et bien définis.

Tout récemment, M. Sorel a fait connaître un appareil dont il s'est servi pour fixer le zinc sur le fer, et qui convient, à ce qu'il assure, également bien pour la galvanoplastie et pour produire la dorure galvanique, l'argenture, etc.

Cet appareil, fig. 15 et 16, est composé d'un vase en cuivre de la forme d'une casserole, au milieu duquel est placé, sur un pied isolé en bois ou en verre, un cylindre de zinc amalgamé. L'élément cuivre a du côté du zinc une surface au moins dix fois aussi grande que celle du zinc, et il y a même de l'avantage à augmenter dans une plus vaste proportion le vase en cuivre, pour qu'il renferme une plus grande quantité de liquide conducteur, ce qui fera que l'appareil fonctionnera plus longtemps avec une force constante. Le liquide conducteur qui a paru préférable avec cet appareil a été de l'eau aiguisée d'acide sulfurique à trois ou quatre degrés de l'aréomètre; ce liquide a l'avantage de peu salir le zinc, d'où il résulte que l'appareil marche longtemps sans qu'on soit obligé de nettoyer le zinc. La cause principale de la force constante de cet appareil, c'est que le zinc, en s'appauvrissant de mercure par l'action de l'acide, devient de plus en plus attaquable, ce qui compense l'affaiblissement de l'eau acidulée. Pour obtenir une grande tension on réunit plusieurs de ces couples. Cet appareil, qui n'exige ni sacs ni diaphragmes, donne, avec le même nombre de couples, des effets plus puissants que la pile de Daniell, et précipite mieux les métaux.

VIII. SUR LES INTENSITÉS DES BATTERIES GALVANIQUES.

Nous empruntons à un beau mémoire publié par M. Joule, sur la chaleur développée par les conducteurs de l'électricité et pendant l'électrolyse, un tableau curieux sur les intensités relatives des différentes dispositions qu'on peut donner aux batteries galvaniques. Ces intensités ont été déterminées par de nombreuses expériences et d'après la théorie mathématique de M. Ohm. Dans ce tableau les intensités des batteries

qui sont le plus en usage sont en raison inverse du nombre de paires qui seraient précisément nécessaires pour surmonter la résistance de l'eau à l'électrolyse.

BATTERIES	de M. Grove.	{ Platine.	{ Zinc amalgamé.	{ 1	Intensités constantes.
		{ Acide nitrique.	{ Acide sulfurique étendu.	{ 0.93	
	de M. Daniell,	{ Cuivre.	{ Zinc amalgamé.	{ 1	
		{ Sulfate d'oxide de cuivre.	{ Acide sulfurique étendu.	{ 1.54	
	de M. Sturgeon.	{ Fer. Zinc amalgamé.		{ 1	
		{ Acide sulfurique étendu.		{ 3.33	
	de M. Smée.	{ Argent platiné. Zinc amalgamé.		{ 1	
		{ Acide sulfurique étendu.		{ 3.58	
		{ Cuivre. Zinc amalgamé.		{ 1	
		{ Acide sulfurique étendu.		{ 5.40	

A ce tableau, M. Joule ajoute ce qui suit :

« Sans entrer dans aucune discussion sur le mérite respectif de ces batteries, je ferai observer que chacune des quatre premières peut être employée avantageusement suivant les circonstances où l'on est placé ou la nature des expériences qu'on veut faire. La batterie fer-zinc présente quelques inconvénients à cause de l'action locale du fer, mais elle offre beaucoup de facilités mécaniques dans sa construction. Les batteries de MM. Smée et Grove sont aussi de bonnes dispositions ; mais celle du professeur Daniell est le meilleur instrument pour les applications générales, et, sans nul doute, le plus économique. »

IX. MOYENS DE MÉTALLISER LES SUBSTANCES NON CONDUCTRICES EMPLOYÉES POUR LES MOULES ET MODÈLES, DANS LA GALVANOPLASTIE, PAR M. TH. SPENCER.

Dans la description que M. Spencer a donnée de son procédé de galvanoplastie, il avait annoncé qu'on devait considérer ce procédé comme incomplet, tant qu'on ne parviendrait pas à l'appliquer à la reproduction de modèles en argile, en bois, en plâtre, ainsi qu'aux gravures en bois, etc. Toutefois, pour remplir cette condition, il se présentait une difficulté, puisque la précipitation galvanique exige toujours, pour avoir lieu, une surface métallique, et que par conséquent on ne pouvait étendre les applications à ces sortes d'objets.

L'auteur a bien eu recours, pour surmonter cette difficulté, au dorage et au bronzage des surfaces, et a même obtenu quel-

que succès dans ce genre, mais ce mode est incommode et dispendieux, et de plus, il enlève nécessairement aux originaux toute la pureté et la beauté de leurs contours.

Plus tard il a cherché à *métalliser* les surfaces en se servant de la plombagine, mais il n'a pas tardé à reconnaître que cette substance, indépendamment des défauts qui lui sont communs avec d'autres, se dépose parfois d'une manière fort irrégulière sur les surfaces.

Aujourd'hui, il propose une méthode qui, selon lui, paraît être complètement à l'abri des objections qu'on pouvait élever contre les autres, et qui a l'avantage de laisser l'original dans le même état de beauté et de perfection qu'il était avant l'opération.

Voici comment on opère lorsqu'on désire obtenir une empreinte en cuivre d'un original en bois, en plâtre, en argile; en un mot, d'une surface non métallique quelconque.

Supposons que c'est un morceau de bois gravé qu'on désire métalliser, afin de pouvoir déposer du cuivre à sa surface. La première opération consiste à se procurer de l'alcool concentré qu'on verse dans un vase en verre muni d'un bouchon, et à y ajouter un morceau de phosphore. On place ce vase dans l'eau chaude pendant quelques minutes, en le secouant de temps à autre. L'alcool prend ainsi 1/300^e de son volume de phosphore, et l'on obtient ce que l'auteur appelle une solution alcoolique de phosphore.

La seconde opération consiste à préparer une solution faible de nitrate d'argent qu'on verse dans un plat, à y plonger la face gravée du bois, et à l'y laisser pendant quelques secondes, afin que l'action capillaire fasse pénétrer la solution dans le bois.

Cette opération terminée, on verse une faible portion de la solution alcoolique de phosphore dans une capsule ou un verre de montre, placé sur un bain de sable, afin de la faire évaporer. On maintient alors le morceau de bois, la face gravée en dessous, sur la vapeur, et on voit s'opérer un changement immédiat; le nitrate d'argent se désoxide et donne lieu à un phosphure d'argent (1) qui permet au dépôt voltaïque de se former avec autant de rapidité et de certitude que sur l'argent et le cuivre les plus purs.

Le procédé tout entier peut être exécuté en quelques mi-

(1) Des expériences postérieures ont fait présumer à l'auteur qu'il se précipite de l'argent métallique, et qu'il y a formation d'acide phosphorique.

nutes et avec un plein succès ; et on parvient à métalliser ainsi complètement la surface tant extérieure qu'intérieure de tous les moules soit en plâtre soit en bois. Pour la vaporisation, si les objets sur lesquels on opère étaient d'un faible diamètre, on les fixerait au sommet intérieur d'une petite cloche ou sur l'orifice d'un entonnoir en verre qu'on place ensuite au-dessus de la capsule qu'on a mise sur le bain de sable ; on recueillerait ainsi la vapeur de phosphore et on l'empêcherait de se dissiper.

On peut se servir également d'une solution de phosphore dans l'éther, et faire usage de chlorides d'or ou de platine pour métalliser ; le succès est aussi certain et le résultat le même qu'avec la solution alcoolique et le nitrate d'argent.

X. MOYEN D'OBTENIR DES MOULES OU MODÈLES POUR LA GALVANO-PLASTIE, PAR M. BOETTGER.

La manière d'obtenir les moules dont on fait usage dans la galvanoplastie est d'une grande importance ; nous entrerons donc dans quelques détails à ce sujet.

D'abord, en ce qui concerne la masse ou matière dont on peut faire usage avec le plus d'avantage pour mouler les objets qu'il s'agit de copier. J'ai découvert, après une foule d'essais très-varies, qu'un alliage composé de huit parties en poids de bismuth, huit parties de plomb et trois parties d'étain, qui fond à une température de $+ 86^{\circ}$ R. (108° C.), était ce qu'il y avait de mieux. L'alliage métallique connu sous le nom de *métal de Rose*, et qui fond à $+ 78^{\circ}$ R. (98° C.), c'est-à-dire, à une température de 80° R. (100° C.) plus basse que l'alliage indiqué, semblait, il est vrai, mériter la préférence, mais j'ai trouvé que ce métal, par le refroidissement, présentait constamment au toucher dans sa masse un grain cristallin beaucoup plus grossier que celui de l'alliage que je viens de proposer ; d'où il suit que, dans le moulage d'une monnaie ou d'une médaille, les objets qui en proviennent n'offraient pas des arêtes aussi vives, des formes aussi bien accusées qu'avec la composition qui ne fond qu'à 86° , ou au moins que les défauts sont moins sensibles avec cette dernière. Suivant la remarque faite déjà par M. Spencer, on parvient de même très-bien à obtenir un moulage de planches gravées sur cuivre, ou sur acier, d'objets sculptés, de monnaies, de médailles et autres objets semblables, avec du plomb pur qu'on met en fusion. Toutefois, comme le plomb n'entre en fusion qu'à 257° R. (320° c.), et que les plaques qui servent d'originaux s'oxydent facile-

ment à cette température: qu'elles se voilent, se gauchissent, ou peuvent éprouver aussi d'autres accidents, je crois qu'il n'y a pas de métal, ou d'alliage de métaux, qui soit plus propre à servir de moule pour les objets qu'on veut reproduire par le procédé galvanoplastique, que celui que j'ai indiqué plus haut.

Relativement aux autres matières non métalliques dont on a fait usage, jusqu'à présent, pour obtenir des empreintes de médailles et autres objets, je crois pouvoir assurer, d'après ma propre expérience, que ni la cire, ni le blanc de baleine, la colophane, la colle de poisson, pas plus que l'acide stéarique et autres matières semblables, ne peuvent remplacer sous ce rapport un métal en règle. Il est vrai que toutes ces matières peuvent être recouvertes d'une couche excessivement mince de graphite en poudre fine qu'on y étend, soit au moyen d'un tampon de coton, soit avec un pinceau, et qu'elles se trouvent ainsi transformées en conducteurs hydro-électriques; mais quand il serait exact, ainsi qu'on l'a proclamé pour les essais de M. Jacobi, qu'on ait obtenu d'excellents moulages avec l'acide stéarique, il est incontestable que les empreintes galvanoplastiques produites par ce moyen n'ont jamais la netteté et le mérite de celles qui sont faites avec un modèle en métal.

Nous devons convenir, néanmoins, qu'il est des objets qui ne pourraient supporter une certaine élévation de température sans se détériorer; tels sont les sceaux en cire, les gemmes et autres semblables, et pour la reproduction desquels, par voie galvanoplastique, il convient d'employer les matières dont il vient d'être question; mais je persiste à croire que pour la gravure sur cuivre et sur acier, et pour tous les objets en métal qui éprouvent des détériorations promptes soit par l'impres-sion en taille-douce, soit par les moyens de reproduction, il n'y a rien de plus avantageux que l'alliage fusible que nous avons proposé. Tous les objets en haut et bas-relief que j'ai eu occasion de mouler avec cet alliage, sont venus d'une manière si parfaite que je n'hésite plus à le recommander pour mouler sur des pièces normales ou des originaux.

Il est bon d'avertir, toutefois, qu'il faut un peu de dextérité manuelle pour avoir des empreintes parfaites; mais un praticien tant soit peu exercé à ces sortes de travaux réussira en fort peu de temps à en obtenir de complètement irréprochables.

Je me sers, pour fondre cet alliage, d'une petite lampe à es-

prit-de-vin ordinaire; je place le mélange des métaux dans une cuillère ou poche en fer mince, et je maintiens pendant quelque temps en fusion; puis je le verse dans le couvercle renversé d'une boîte de carton, ou bien dans une capsule de la même matière, et munie de rebords, une couche de 6 à 7 millimètres (2 à 3 lignes) ou davantage, suivant le relief ou le creux de l'objet à mouler; j'agite avec un fil de fer fin préalablement porté au rouge, jusqu'à ce que l'alliage forme dans tous les points à la surface, qui doit être bien exempte de bulles et d'oxide, et par un refroidissement lent et uniforme, une masse pâteuse et homogène. Dans cet intervalle, je fais chauffer la monnaie ou la médaille que je veux mouler jusqu'au degré où je puis encore la tenir entre les doigts, puis je la pose vivement sur l'alliage mou et pâteux, et je la comprime dans cette pâte au moyen d'une molette ou pilon munie par-dessous d'un disque plat en liège; je maintiens cette pression pendant quelque temps et je n'y mets fin que lorsque l'alliage est à peu près refroidi. Si on tentait d'enlever la pièce gravée ou sculptée, ou bien la médaille, avant que l'alliage fût devenu solide dans toutes ses parties, alors il serait à peu près impossible d'éviter d'entraîner en même temps une portion de la masse métallique très-fusible qui adhérerait aux objets, lesquels pourraient, de cette manière, surtout s'ils ne possédaient pas un haut degré de poli, être facilement détériorés.

Vent-on atteindre encore plus promptement le but, on peut, au lieu de cet alliage fusible, prendre une feuille très-mince de plomb laminé qu'on a débarrassé, au moyen d'une dissolution de potasse caustique, de toutes les matières grasses ou impuretés qui pouvaient adhérer à sa surface. Telles sont les feuilles dont on se sert en Allemagne pour envelopper le tabac. On couvre la médaille ou l'objet à copier avec cette feuille, on met par-dessus un carton humide, mou, et qui ne soit pas trop épais, puis on soumet le tout à une forte pression dans une presse à vis ou aux coups d'un marteau pesant. On obtient ainsi une empreinte en plomb à vive arête, et sur laquelle le cuivre, séparé par voie hydro-électrique, se dépose en couches aussi brillantes, et se détache aussi facilement que sur les moules en alliage fusible. Sur les empreintes faites ainsi avec l'étain en feuille, celui, par exemple, qui sert à envelopper le chocolat, on ne réussit jamais aussi bien, qu'on serait tenté de le croire, à précipiter le cuivre en régule.

XI. OBSERVATIONS PRATIQUES SUR LA GALVANOPLASTIE,
PAR M. LE DOCT. SCHUBERT DE WURTZBOURG.

Depuis que je m'occupe de galvanoplastie, j'ai fait des essais pour remplacer, dans la production du courant électrique, le zinc par le fer, et quoique l'opération, dans ce cas, marche avec moins de célérité, j'ai pensé qu'il valait mieux prendre en considération les avantages économiques importants que présente ce dernier métal. Ces essais ont tous été faits d'abord avec le fer forgé. Mais plus tard, j'ai réfléchi que la fonte de fer, au moyen de la quantité notable de carbone qu'elle renferme, analogue en cela au zinc souillé par d'autres métaux, était plus électro-positive que le fer forgé pur, et que sous ce rapport, elle devait se composer comme cet alliage indiqué par M. Mallet, et qui consiste en 7 atomes de cuivre et un atome de zinc, lequel est plus électro-négatif que le cuivre pur. En conséquence, ayant fait quelques expériences avec la fonte, j'ai trouvé en effet que le dépôt du cuivre s'opérait tout aussi promptement que quand on faisait usage du zinc.

Jusqu'à présent je m'étais servi constamment de l'acide sulfurique pour dissoudre le fer; dans le but de remplacer ce liquide par une substance à meilleur marché, j'ai fait aussi des essais et j'ai trouvé, toutefois avec une plus grande lenteur dans la marche du procédé, qu'une dissolution de sel commun ou de sel de Glauber pouvait suppléer à l'acide sulfurique. Mais le point le plus intéressant de ces essais, c'est d'être parvenu à obtenir ainsi un courant parfaitement constant qui circule pendant plusieurs jours de suite, avec une force que je crois identiquement la même, à la condition toutefois qu'on remplace le vitriol de cuivre qui s'est décomposé, ainsi que l'eau qui s'est évaporée et décomposée, et enfin le fer qui a été dissous; car le fer s'unit au chlore du chlorure de sodium; ce fer alors est précipité par la soude devenue libre et il se recompose du chlorure de cette base; ce qui fournit, s'il est permis de s'exprimer ainsi, un moteur perpétuel.

Il est clair que ce procédé doit être extrêmement avantageux pour la galvanoplastie, mais je ne me suis pas encore assuré, si comme batterie constante il s'appliquera avec le même succès comme force motrice à l'électro-magnétisme. Comme je ne suis pas en mesure pour le moment de me procurer les appa-

reils nécessaires, je livre cette remarque au public, avec l'espoir qu'elle provoquera sans doute quelques expériences qui confirmeront ou infirmeront cette manière de voir.

Je profiterai de cette occasion pour indiquer encore ici une économie dans les frais qu'occasionne la galvanoplastie. Je veux parler de la préparation d'un vitriol économique, qui, même dans les localités où on ne peut rien préparer en grand, me paraît devoir être très-utile. On obtient par le procédé que je vais indiquer, un vitriol de cuivre sans faire le moindre usage de la chaleur.

On emploie pour cela les cendres ou cendrées de cuivre qu'on trouve à bon compte et contenant environ 50 pour 100 de cuivre, avec une certaine quantité de fer, et que ceux qui travaillent le cuivre recueillent dans les eaux où ils plongent les planches de ce métal. Ce cuivre, qui consiste en grande partie en oxidule, se combine très-aisément par la méthode de M. Bérard, avec l'acide sulfurique. On le mélange donc avec de l'acide sulfurique étendu de 15 à 20° Baumé, de manière à en former une bouillie épaisse, qu'on étend en couches minces, dans des terrines de grès, ou bien des auges en plomb ou en bois verni, et qu'on expose à la température de l'air extérieur en remuant plusieurs fois par jour. Au bout de 24 heures, la masse est delayée dans de l'acide sulfurique de la force indiquée ci-dessus, qu'on décante après que les matières insolubles se sont déposées, en répétant cette opération jusqu'à ce que les cendres de cuivre soient épuisées et l'acide sulfurique suffisamment saturé. On reconnaît le premier point quand la masse cesse, lorsqu'on la mouille, de passer au rouge, et reste noire; et le second, lorsqu'on voit cesser la réaction acide et la couleur de saturation de la dissolution.

Avec ce procédé, on trouve encore l'avantage qu'on n'a à payer que l'acide sulfurique qui sert pour la dissolution de la première portion; car, par la suite, on se sert constamment pour cet objet de la dissolution du vitriol de cuivre épuisée par le procédé galvanique.

On pourrait peut-être, avec plus d'économie encore, appliquer à cet usage les scories ou crasses qu'on trouve dans toutes les forges de cuivre.

DEUXIÈME PARTIE.

PRODUITS ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUES. — APPLICATION DE LA GALVANOPLASTIE AUX DIFFÉRENTS ARTS, ET NOTAMMENT A LA GRAVURE, A LA DORURE ET A LA PHOTOGRAPHIE.

XII. PLATINURE DES VASES CREUX PAR VOIE GALVANOPLASTIQUE.

Les vases de platine sont, comme personne ne l'ignore, de la plus grande utilité dans les sciences et les arts. Ils possèdent une résistance suffisante contre les chocs et les pressions mécaniques, ils sont infusibles, et, ce qui est précieux en chimie, il n'y a qu'un nombre très-limité de corps ou de composés qui paraissent exercer sur eux une influence chimique. Malheureusement l'usage des vases massifs de ce métal est encore très-borné, parce qu'ils sont environ trois fois plus chers que l'argent.

Cependant, il nous semble qu'on pourrait aujourd'hui faire l'application des découvertes récentes pour fournir aux sciences et aux arts des vases et vaisseaux d'un prix bien moins élevé et jouissant néanmoins des avantages des vases massifs de platine. Cette application nous paraît simple; il suffirait pour cela de traiter les vases fabriqués en métaux communs, ceux de cuivre, par exemple, qui paraissent les plus propres à cet usage, par un procédé galvanoplastique analogue à celui de M. Jacobi. On parviendrait ainsi à les doubler intérieurement avec une couche de platine qu'on pourrait rendre aussi épaisse qu'on voudrait. C'est une idée que je crois facile à réaliser et qu'on appliquerait encore avec avantage à la fabrication d'ustensiles de cuisine salubres, dont le cuivre se trouverait, avec une doublure bien faite en platine, à l'abri de toute action de la part des matières alimentaires qu'on y prépare.

XIII. RÉDUCTION DE QUELQUES MÉTAUX PAR VOIE GALVANIQUE.

Les progrès remarquables faits depuis peu dans la construction des appareils électro-galvaniques, les simplifications qu'on a cherché à y apporter et qui les ont rendus des appareils usuels et applicables dans la pratique, ont fait concevoir l'es-

poir fondé qu'on leur trouverait un grand nombre d'applications importantes. On vient, dit-on, de proposer en Angleterre de réduire en manufacture le platine par voie galvanique de sa dissolution acide afin de diminuer beaucoup les frais de préparation de ce métal, aujourd'hui très-précieux dans les arts, et dont le haut prix est dû en partie au traitement qu'on est encore obligé de faire subir à son minerai, traitement compliqué et qui ne s'est guère amélioré depuis qu'il a été proposé par Wollaston. Avec des procédés convenables, et sans beaucoup de frais, on pourrait, par un moyen analogue, réduire l'osmium, le rhodium et le palladium qui accompagnent le plus souvent le minerai de platine, minéraux dont quelques-uns ont déjà reçu quelques applications dans les arts, et auxquels on en trouverait de nouvelles s'ils devenaient plus communs et moins chers. La même méthode, c'est-à-dire l'action lente de l'électricité, pourrait de même être appliquée à la réduction du nickel; ce métal, peu cher et peu sujet à l'oxidation, trouverait dans un grand nombre de procédés des arts où il est encore inconnu, des applications aussi nombreuses qu'utiles.

NIV. GRAVURE DES CYLINDRES A IMPRIMER LES INDIENNES, PAR LE PROCÉDÉ GALVANIQUE.

M. J. Lockett, de Manchester, l'un des artistes les plus habiles et les plus occupés pour graver les cylindres à l'usage des imprimeurs d'indiennes, s'est proposé d'appliquer la précipitation électrique du cuivre à la gravure de ces cylindres, et vient tout récemment de prendre à ce sujet une patente en Angleterre.

Pour parvenir à ce but et faire un cylindre, il compose d'abord un noyau ou moule de la dimension nécessaire, qui peut être établi avec un corps conducteur et faire partie du cylindre quand il sera fini, ou avec un corps non conducteur qu'on sépare du cylindre quand celui-ci est terminé. Ce noyau, plongé dans une solution de cuivre, est mis en communication avec le fil positif d'un appareil voltaïque. On place ensuite dans le même vase qui renferme la solution une plaque ou surface du métal dont le cylindre doit être formé et qui enveloppe le noyau, lequel métal communique avec le pôle négatif de la batterie par l'action de laquelle le cylindre doit être gravé.

L'inventeur décrit les moyens dont il se sert pour enlever

telles parties qu'on désire sur les plaques ou les cylindres gravés en remplissant les tailles de ces parties avec du métal. Les portions de ces plaques ou cylindres qui ne doivent éprouver aucune altération sont recouvertes avec un vernis convenable, tandis que celles qu'il s'agit de faire disparaître sont enlevées par l'acide nitrique étendu (une partie d'acide nitrique et 20 parties d'eau), et ensuite remplies en y précipitant du cuivre par le procédé électro-magnétique.

Après que les cylindres ont été formés par ce moyen, on les finit en leur donnant une surface unie et régulière avec des limes ou des outils quelconques tournants qu'on met en action par des engrenages. C'est cette partie de l'invention qui paraît la plus neuve, et sur laquelle nous reviendrons lorsque les détails et les figures nous seront parvenus.

XV. CLICHÉ GALVANIQUE.

On recouvre de cire un peu molle et noire toute la forme de l'imprimerie, on racle le superflu jusqu'au niveau de l'œil de la lettre avec une règle de bois, puis on imprime une douzaine de maculatures qui emportent la cire superflue des espaces et de l'œil des lettres; quand la maculature se relève blanche, c'est qu'elle ne touche plus à la cire et que l'opération est achevée. On place alors cette forme dans l'appareil galvanoplastique; le cuivre se dépose et l'on obtient en creux une planche qui servira plus tard à reproduire une planche de métal d'imprimerie, laquelle étant clouée sur un cylindre de bois pourra fournir vingt mille exemplaires par jour par la rotation continue. Il ne faut pas oublier de saupoudrer la forme de plombagine qui s'attache à la cire pour appeler le dépôt de cuivre sur toute la surface.

XVI. COPIE DES OBJETS D'HISTOIRE NATURELLE ET EN PARTICULIER DES FOSSILES, PAR VOIE GALVANIQUE, PAR M. T. B. JORDAN.

Lorsqu'on veut appliquer les procédés galvanoplastiques à mouler ou copier des objets d'histoire naturelle et en particulier des fossiles, on éprouve souvent des difficultés assez graves à cause de la forme infiniment variée ou compliquée de ces corps, et du peu de succès qu'on obtient, lorsqu'il s'agit de dépouiller parfaitement les pièces, c'est-à-dire d'enlever les matières qui ont servi à en prendre l'empreinte des moules dans lesquels on doit précipiter du cuivre pour faire une co-

pie, sans altérer certaines portions délicates, profondes ou saillantes à la surface de ces corps. La cire et le plâtre ne réussissent ainsi que d'une manière tout à fait imparfaite. Pour parvenir à ce but, d'après ma propre expérience, je propose de faire usage pour le moulage de ces objets d'une composition analogue à fort peu près à celle dont on fabrique actuellement les rouleaux des imprimeurs et qui leur servent à étendre et à appliquer leur encre. Cette composition, qui conserve après le moulage une grande élasticité, et permet la dépouille sans altérer en rien les formes le plus délicates du moule, est appliquée à chaud, et on la laisse sécher pendant vingt-quatre heures avant de l'enlever de dessus l'objet. Le moule ainsi préparé a besoin d'être recouvert parfois d'un vernis solide afin de le protéger contre l'action des liquides dans lesquels on est obligé de le plonger. De plus le procédé a un autre défaut, c'est que jusqu'à présent on n'a pu faire qu'une seule copie avec un moule de cette espèce, mais cette épreuve est d'une perfection bien supérieure à toutes celles produites par les autres moyens ordinaires; d'ailleurs rien n'empêchera de faire quelques recherches pour perfectionner l'enduit dont on couvre ce moule et rendre celui-ci plus durable.

On peut donner des couleurs différentes aux diverses portions des copies ou épreuves obtenues par la galvanoplastie; ainsi, supposons qu'on se propose de produire un objet d'une teinte foncée qui doit être placé sur un fond d'une couleur plus claire; pour y parvenir on frottera les surfaces de cette copie avec du cyanure double d'argent et de potassiam qui lui donnera l'aspect de l'argent, aspect qu'on enlèvera ensuite par places et sur telle étendue qu'on désirera, dans les portions qui doivent rester brunâtres, avec une solution nitro-muriatique de platine. On parviendra aussi à produire d'autres teintes en se servant de solutions d'or; enfin on peut obtenir aussi une grande variété de tons, en variant le temps pendant lequel on fait agir chacune des solutions.

XVII. PERFECTIONNEMENTS APPORTÉS DANS LA FABRICATION DES CADRES, POUR LES TABLEAUX ET GRAVURES, ET A CELLE DES ORNEMENTS ET DÉCORATIONS, PAR M. TH. SPENCER.

M. Th. Spencer, l'un des ingénieurs inventeurs de la galvanoplastie, n'a pas été le dernier à comprendre tout le parti qu'on pouvait tirer de cet art nouveau dans l'industrie; et parmi les nombreux brevets qui ont été réclamés récemment

pour faire des applications utiles de cet art, nous allons donner la spécification de celui qu'il vient de prendre tout récemment comme un des plus féconds en applications importantes dans toutes les branches des arts industriels. Nous allons laisser parler M. Spencer lui-même.

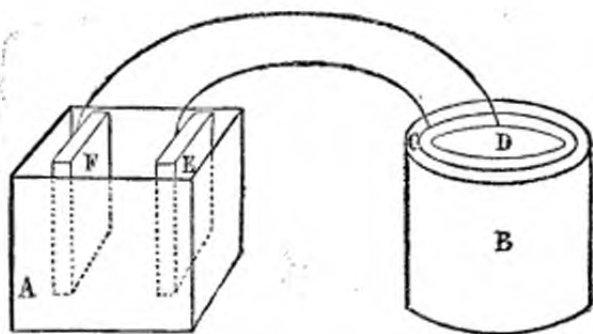
1^{re} *Méthode pour fabriquer des cadres ou bordures en cuivre.*
Voici comment on doit procéder généralement. On commence par faire un modèle suivant un dessin donné, soit en bois, soit en argile, en cire ou toute autre substance non conductrice de l'électricité, soit en métal. Ce modèle sert d'original pour en tirer un nombre quelconque de copies d'après le procédé que voici. On produit, avec cet original, une série de moules en creux par les moyens employés ordinairement pour mouler, en faisant seulement varier la méthode suivant la nature de la substance dont l'original est formé. Par exemple, si l'original est en bois, en métal, en plâtre ou en terre crue ou cuite, alors les empreintes sont prises avec un métal fusible, tel que celui qui sert aux caractères d'impression, ou mieux avec l'alliage fusible de Darcet. On peut aussi les couler en cire, en stéarine, en mélange de ces substances, ou en autres matières plastiques unies ou non au plâtre. Si l'original est en cire ou autre substance, fusible à une température moindre que celle de l'eau bouillante, alors l'empreinte ne peut être en métal, comme dans le premier cas. Alors elle doit être prise à froid en plâtre, ou bien on rend cet original conducteur de l'électricité par les méthodes indiquées ci-après, et on obtient une empreinte par voie galvanoplastique en suivant de point en point les instructions qui seront données ci-après pour produire des cadres par la même voie.

Si on jugeait à propos de faire les moulages ou empreintes en métal ou en alliages, alors ceux-ci n'exigent pas d'autre préparation avant d'être placés dans l'appareil électrique; tandis que s'ils se composent des substances non métalliques ou non conductrices dont il a été question ci-dessus, alors leur surface a besoin d'être préparée ainsi qu'il suit, afin de la rendre conductrice de l'électricité.

Pour atteindre ce but, j'ai inventé et déjà publié (Voy. les articles IX et X ci-dessus) des méthodes pratiques applicables aux surfaces de toute espèce; mais aujourd'hui je donne la préférence à la suivante pour les objets dont j'indique ici la fabrication, quoique je ne prétende pas qu'on doive exclusivement en faire usage.

La substance non conductrice reçoit d'abord une couche mince d'un vernis fin qu'on y applique avec un pinceau de poil de chameau; on la laisse en cet état jusqu'à ce qu'elle soit presque sèche, ce dont on s'assure par l'application du doigt qui, lorsqu'on est arrivé au point convenable, y adhère légèrement. Pendant qu'elle est encore ainsi incomplètement sèche, on y applique de la poudre métallique de cuivre, appelée ordinairement poudre à bronzer, avec un pinceau sec de poil de chameau, jusqu'à ce qu'elle en soit complètement recouverte et rendue ainsi métallique. Dans cet état, le modèle ou le moule est prêt à être placé dans l'appareil électrique pour y déposer du cuivre à telle épaisseur qu'on désire.

L'appareil électrique ou voltaïque dont on peut se servir pour l'objet en vue dans ce brevet, est celui qu'on appelle à simple cellule, dans lequel la surface préparée agit comme plaque ou élément de l'appareil, ou bien celui dans lequel l'électricité est conduite par des fils de la batterie dans le vase adjacent; ce dernier est appelé ordinairement appareil composé; et comme l'un et l'autre ont été inventés par moi et décrits dans mes publications antérieures, je ne crois pas qu'il soit nécessaire d'entrer dans de nouveaux détails à cet égard; néanmoins j'ai pensé qu'on ne verrait pas ici sans intérêt le dessin de l'appareil auquel, dans le cas actuel, j'accorde la préférence.



A est un vase contenant une solution d'un sel de cuivre, et principalement d'un sulfate que je préfère pour le procédé qui nous occupe; B un autre vase contenant un seul couple de plaques ou surfaces métalliques, disposées en batterie galvanique : par exemple, du zinc et du platine, du zinc et de

l'argent, du zinc et du cuivre, ou les derniers métaux, en substituant le fer au zinc. Le principe consiste à placer en regard deux métaux jouissant de propriétés électriques opposées, c'est-à-dire, positifs ou négatifs relativement l'un à l'autre. C représente la plaque négative ou de platine; D la plaque positive ou de zinc. Le moule du cadre est placé dans le vase A et indiqué par la lettre F. Dans cet état, on le fait communiquer par un fil avec la plaque positive D du vase B. On pose en même temps dans le vase A et en regard de la surface du moule une plaque de cuivre E, qu'on met de même en communication par un fil avec la plaque C ou négative de l'appareil B. Ces plaques sont ensuite excitées par de l'acide sulfurique étendu qu'on verse dans ce dernier vase. Ces dispositions étant prises, on maintient dans un état constant d'activité l'action qui s'exerce dans le vase B, jusqu'à ce que le dépôt de cuivre qui a lieu dans l'autre vase A soit considéré comme ayant acquis une épaisseur suffisante, à la surface du moule. Le cadre en cuivre qui se sera ainsi formé est alors enlevé en le détachant, si cela est nécessaire, par une légère application de la chaleur. Le derrière de ce cadre est rempli de métal fusible ou de soudure, afin de le rendre uni, et on fixe sur le contour inférieur une petite baguette qui sert à former la rainure sur laquelle doit poser la glace ou le verre qu'on se propose d'y placer. Dans cet état, ce cadre est propre à recevoir la dorure, l'argenture ou la platinure.

2^o *Méthode semblable pour fabriquer les moules ou empreintes servant à mouler les ornements en composition ou en papier mâché.* Afin de faire des moules pour cet objet, je me sers ordinairement du moyen suivant : je me procure un modèle exact ou une empreinte de l'ornement que je veux reproduire, ce modèle peut être en une substance quelconque métallique ou non métallique, et je l'assujettis à une surface parfaitement plane et unie. Je donne la préférence pour cet objet au verre plutôt qu'à une plaque de métal polie. J'assujettis donc la plaque, au moyen d'un vernis blanc épais des peintres; et dans le cas où le modèle est fixé sur le verre et serait lui-même non métallique, le verre et le moule ont besoin d'être métallisés, ainsi qu'il a été dit précédemment. Enfin, si la plaque était métallique et le modèle en une autre matière, alors le modèle seul aurait besoin d'être métallisé.

Lorsque ces préliminaires sont terminés, le modèle est prêt à être mis dans le vase A, et disposé comme F et D. En cet état,

il doit rester quatre, cinq ou six jours dans l'appareil, le temps variant avec l'épaisseur du métal dont on veut former le moule. Généralement je laisse marcher l'opération du dépôt voltaïque, jusqu'à ce que j'aie précipité une épaisseur d'environ 3 à 4 millimètres (1 à 2 lignes). Alors j'enlève le moule de l'appareil, et je dépouille la surface sur laquelle il s'est déposé. Si le dépôt s'est fait sur le verre, rien n'est plus facile de le détacher en appliquant le tranchant d'un couteau entre le dépôt et la plaque; mais s'il s'est formé sur une plaque métallique, alors les bords ont besoin d'être mis à découvert, en enlevant le cuivre déposé au moyen d'une lime; après quoi on sépare de la même manière qu'il a été dit ci-dessus.

Lorsque le moule de l'ornement ainsi formé est enlevé, on doit l'étamer par derrière par une des méthodes en usage, ou bien on peut l'étamer avant de le détacher par un procédé voltaïque qui sera décrit ci-après. On a généralement recours à l'étamage par les raisons suivantes. Lorsque le dépôt de cuivre a l'épaisseur suffisante, sa face extérieure ou envers présente un *fac simile* grossier de l'ornement sur lequel il s'est déposé; par conséquent cette face est inégale: mais dans la plupart des cas pour lesquels on a besoin de ces moules, il est absolument nécessaire que cette surface soit égale et de niveau, puisque, lorsqu'on s'en sert, ils sont soumis à l'action d'une presse pour en obtenir l'objet nécessaire; cette face est donc d'abord étamée, puis on verse sur l'étamage du métal fondu propre à résister à la pression de la presse, au moment où l'étain est encore à l'état de fusion, de façon que cet étain interposé procure une adhérence complète entre les substances mises ainsi en contact. Dans la plupart des cas, le plomb remplira bien le but; mais dans quelques autres, où la pression est très-légère, il suffira de doubler la plaque avec un ciment ou même du plâtre, et de renfermer le tout dans une boîte en bois, en laissant exposée seulement la face travaillée du moule.

Toutefois, dans le cas où on se proposerait de couler du verre fondu dans les moules, il deviendrait nécessaire d'employer une doublure d'un métal qui ne fût pas aisément fusible, tel que le laiton ou le fer; dans ce cas les doublures métalliques sont unies au moule en cuivre déposé par le procédé qu'on nomme brazer. Les modèles à couler en verre peuvent être un objet en verre taillé et poli à la roue, tel, par exemple, qu'un verre à boire. Dans ce cas on le recouvre d'une couche mixte de vernis métallisé par le moyen indi-

qué ci-dessus ; on place dans le vase A et on y forme un dépôt de cuivre métallique comme il a été indiqué. Les moules pour couler en verre peuvent être formés d'une ou plusieurs pièces suivant le but qu'on se propose.

3^e Méthode pour produire des modèles en cuivre pour couler des ornements en fer. Jusqu'à présent les modèles pour cet objet ont été sculptés en bois ou modelés en cire ou en terre. Après avoir été ainsi modelés, on en tirait, par le moulage en sable, des *fac-simile* en laiton ou en autre métal, et ayant soin que la partie postérieure restât creuse, dans le double but de rendre plus légers les moulages et de donner une épaisseur plus uniforme au métal. Mes procédés perfectionnés consistent dans les méthodes suivantes :

On prépare un modèle par une des méthodes actuellement en usage ; on en prend une empreinte qui est la contre-épreuve de l'original. Cette empreinte peut très-bien être en alliage ou métal fusible, en cire, stéarine ou plâtre ; je donne la préférence à la stéarine. Quand on a obtenu cette empreinte on la métallise, comme il a été dit, et on la place dans le vase A, en la mettant en communication avec l'élément D renfermé dans le vase B.

Néanmoins, dans l'intention d'atteindre la condition indispensable, c'est-à-dire que la partie postérieure du moule ou dépôt de cuivre présente une surface d'épaisseur égale et qui soit en quelque sorte le contre-moule de la face antérieure, au lieu de placer la surface, sur laquelle il s'agit d'opérer le dépôt, perpendiculairement dans le vase A, on l'y pose horizontalement, la surface sur laquelle doit être fait le dépôt étant en regard du fond du vase sur lequel repose la plaque de cuivre E, qui doit être corrodée et qui fournit le cuivre du dépôt. Cette disposition est maintenue jusqu'à ce que le dépôt ait l'épaisseur requise, ce qui arrive ordinairement au bout de cinq à six jours, temps qui varie au reste avec la dimension de la pièce, parce que plus les dimensions sont grandes, et plus ce dépôt a besoin d'être épais pour donner une rigidité et une force suffisantes au moulage définitif.

Le dépôt ainsi obtenu, lorsqu'on l'enlève de dessus la matière où il a été formé, est prêt à servir de modèle qu'on peut battre sur le sable ou autre matière pour couler en fer.

4^e Méthode pour dorer les cadres, bordures, et autres ornements métalliques. Cette méthode, qui s'applique aux cadres métalliques produits comme il vient d'être expliqué, ou à d'au-

tres objets, soit pour les décorer, soit pour leur permettre de résister aux influences atmosphériques ou aux acides, peut également recevoir des applications pour faire ressortir des légendes ou devises en or ou en alliage sur les surfaces en question. Voici comment je procède dans la préparation d'une solution propre à cet usage.

Je dissous de l'or pur ou l'un de ses alliages quelconque dans du brôme. Cette opération s'exécute au mieux en ajoutant l'or au brôme dans un état extrême de division, tel que lorsqu'il est en feuilles, jusqu'à ce que le liquide refuse de dissoudre une nouvelle proportion de métal. La solution peut encore être préparée en mélangeant une partie de brôme et d'alcool à parties égales, avec une partie d'acide acétique et quatre parties d'eau. A ce mélange on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique; on y introduit ensuite de l'or solide en lame ou morceau, en attachant cet or qu'on veut dissoudre à l'extrémité platine d'une batterie galvanique, tandis qu'une autre lame ou morceau d'or est de même fixée à l'extrémité zinc de cette même batterie. Ces deux lames forment alors ce qu'on appelle les deux pôles de la batterie. Ainsi fixées, les lames sont immergées dans le liquide renfermant du brôme, et lorsque la batterie est excitée et mise en action, l'or attaché à l'extrémité platine de la batterie est dissous et forme une solution de brômure d'or.

Quand on a obtenu, par l'une des méthodes décrites, la solution d'or, la surface qu'il s'agit de dorer ou de couvrir d'or est décapée, soit au moyen d'un acide étendu, soit en la faisant bouillir dans une lessive alcaline, ou écurée par les moyens connus. Dans cet état, on la place en F dans le vase A, et on la met en communication par un fil avec la plaque D du vase B. De la même manière on oppose en E, dans le vase A, une autre surface en or ou en ses alliages qui est destinée à être corrodée, et on la fait communiquer avec C du vase B.

On met alors les plaques de la batterie en B en activité, et on verse le liquide qui renferme le composé d'or et de brôme dans le vase A, où l'action commence à s'exercer sur les corps F et E; l'un se recouvre d'or et l'autre perd, par dissolution, une partie correspondante de sa masse; cette action peut être maintenue en activité pendant un temps quelconque, et suivant l'épaisseur que l'on veut donner à la couche d'or: généralement la surface est couverte en une heure ou deux. J'ai trouvé qu'il y avait avantage à ajouter trois parties d'eau à la

solution obtenue par la méthode directe dans le premier cas, et quelques gouttes d'acide sulfurique pour rendre le liquide meilleur conducteur de l'électricité.

Quand on a besoin d'un dépôt plus épais d'or, j'ajoute à la solution d'or et de brome une solution d'un sel ammoniacal; je préfère généralement pour cet objet deux parties d'acétate d'ammoniaque en solution pour une partie de bromure d'or.

Lorsque le métal qu'il s'agit de dorer est un alliage, et d'une nature telle qu'il puisse réagir sur la solution de bromure d'or par sa simple immersion, il convient d'ajouter un carbonate alcalin, tel qu'un carbonate ou bicarbonate de soude en excès, ce dont on s'assure quand il reste une portion de sel non dissoute au fond du vase.

J'ai inventé une autre méthode pour couvrir les métaux avec de l'or, qui ne diffère de la précédente que par le mode de préparation de la solution d'or, mais qui, sous tous les autres rapports, est exactement la même. On prépare cette solution en prenant une partie d'iodure d'or dissous dans vingt parties d'eau bouillante, et en y ajoutant quatre parties d'une solution saturée d'acétate ou de chlorhydrate d'ammoniaque, et faisant bouillir le tout pendant une demi-heure; ou bien on dissout l'iodure d'or dans une solution de deux parties de prussiate de potasse, et on étend de dix parties d'eau bouillante. Cette solution est bouillie pendant une heure, en ayant soin d'ajouter de l'eau à mesure que l'opération a lieu, ou bien en versant dès le commencement une suffisante quantité.

Les solutions ainsi préparées sont versées dans le vase A, en suivant, pour le reste, les instructions qui ont été données précédemment.

Quand on veut former en or une devise, une légende, un nom en relief, le dépôt doit se faire dans un moule métallique présentant la contre-épreuve de l'objet; ce moule peut être gravé, repoussé, estampé ou fondu. On le place en F dans le vase A, et on le met en communication avec la batterie comme dans les cas précédents.

Les surfaces des cadres ou autres objets, ayant été recouvertes d'or par l'une des méthodes précédentes, sont alors traitées par les moyens employés pour les dorures ordinaires, soit qu'on les laisse mates, soit qu'on en relève l'éclat par le bruni.

5^e Méthodes pour recouvrir d'argent les objets indiqués. Ces méthodes sont, sous tous les rapports, les mêmes que celles

décrites ci-dessus pour dorer. Elles présentent toutefois des différences qu'il est utile de signaler. D'abord on dissout l'argent dans une solution saturée d'acétate d'ammoniaque au moyen de la batterie galvanique, en procédant comme il a été dit pour l'or, ou bien on dissout l'argent dans le brôme et l'alcool, et toujours à l'aide de la batterie galvanique; l'argent ainsi obtenu est laissé en repos, jusqu'à ce qu'un précipité blanc jaunâtre commence à se manifester. La portion fluide ayant été décantée, le précipité restant est dissous dans trente fois son poids d'une solution saturée d'acétate d'ammoniaque, en faisant bouillir ensemble pendant environ dix minutes.

Le brôme et l'argent peuvent être dissous par les mêmes moyens dans d'autres sels ammoniacaux ou dans le prussiate de potasse, mais je donne la préférence à l'acétate d'ammoniaque.

La solution d'argent ayant été ainsi obtenue, on décape la surface du métal qu'on veut argenter; on place dans le vase A; on met en regard une autre plaque d'argent; on verse la solution argentifère dans ce vase; on établit les communications; enfin on excite la batterie, et quelques heures suffisent pour obtenir une argenture mince qu'on peut rendre plus épaisse en prolongeant l'opération.

On peut encore faire pour cet objet une solution avec l'iodure d'argent qu'on dissout dans du prussiate de potasse ou un sel ammoniacal quelconque.

60 *Méthodes pour plater les surfaces métalliques.* Jusqu'à ce jour on n'a guère tenté de plater les surfaces métalliques par voie électrique qu'en se servant d'une solution de chlorure de platine. Cette solution, avec le concours de l'électricité voltaïque, a servi à couvrir tous les métaux utiles, à l'exception du plomb; mais dans aucun cas cette méthode n'a eu de succès quand il s'est agi d'obtenir des platinures durables et permanentes, parce que les enduits manquaient toujours d'adhérence. Les perfectionnements que je propose, consistent en premier lieu dans la préparation de la solution, et ensuite dans l'usage du brôme, qui paraît pour la première fois dans cette application, et enfin à couvrir de platine la surface du plomb.

Pour préparer ma solution, je me procure de la poudre jaune, appelée dans les laboratoires platino-chlorure d'ammoniaque, qu'on prépare en combinant le chlorure de platine avec le sel ammoniac; je dissous cette poudre dans soixante fois son poids d'eau, à laquelle j'ajoute préalablement trois

parties d'acide chlorhydrique, parce que cet acide accélère la solution de la poudre jaune. Quand le mélange est opéré, je fais bouillir à peu près dix minutes, et la solution est prête.

Un autre mode de préparation de la solution consiste à dissoudre du platine métallique dans du nitrate d'ammoniaque à l'aide de la batterie voltaïque, ce qui s'exécute exactement d'après les mêmes principes que ceux indiqués pour dissoudre l'or. Dans tous les cas, c'est l'une ou l'autre de ces solutions qu'on verse dans le vase A, en suivant relativement au reste de l'opération les indications données plus haut.

Quand je me sers du brôme conjointement avec le platine, je me procure le métal au plus grand degré de ténuité possible, ou le platine dit en éponge, auquel j'ajoute le brôme mêlé à son volume d'alcool en agitant le mélange pour hâter la dissolution. Dans cet état le platine se combine au brôme, et le bromure de platine qui en résulte est combiné avec la moitié de son volume d'acide sulfurique étendu de six fois son poids d'eau; en cet état la solution est prête à être employée comme il a été dit précédemment.

Le brôme peut également être combiné au platine en se servant de la poudre jaune indiquée ci-dessus, et la combinant avec la solution alcoolique de ce corps. On emploie l'une ou l'autre de ces solutions comme celles pour dorer, en substituant à l'or un morceau de platine solide qu'on place en regard de la surface à platiniser.

Pour couvrir les surfaces en plomb avec du platine, on commence par nettoyer celles-ci par les moyens en usage, et on les immerge dans l'eau contenant 15 grammes ($1/2$ once) des solutions du platine par litre d'eau; le plomb doit rester six heures immergé dans ces solutions. Quand on l'enlève, on trouve qu'il a déjà pris une couleur brun foncé, ce qui déjà, dans bien des cas, suffira pour le préserver de l'action des agents atmosphériques et des liquides; mais si l'on désire une couverture plus durable, alors il est nécessaire de faire agir, pendant que le plomb est dans la solution, une batterie voltaïque, cas dans lequel cette solution doit présenter une force double.

Les surfaces métalliques ainsi platinées peuvent recevoir toutes les applications indiquées dans le N^o 4, et le plomb ainsi protégé employé pour en faire des plaques aux éléments négatifs dans les batteries.

7^o *Étamages des surfaces métalliques.* La surface métalli-

que qu'on se propose d'étamer est d'abord décapée par les moyens usités par les chaudronniers. On la place ensuite en F dans le vase A, on la met en communication avec D du vase B; cela fait, on verse dans le premier vase, sur la pièce à étamer, une solution d'acétate d'ammoniaque ou muriate de la même base, ou du sulfate de soude (je préfère le premier sel en solution concentrée étendue de son volume d'eau). La batterie en B étant mise en activité, l'étain qu'on a mis en E se dissout et est transporté sur l'autre surface en F, où il se dépose à l'état solide. L'épaisseur de l'étamage se règle suivant le désir de l'opérateur.

8° *Décapage du fer par voie galvanique, et cuivrage de ce métal.* Voici en quoi consistent mes perfectionnements. Pour décaper la surface du fer, j'attache celui-ci à l'extrémité platine d'une batterie voltaïque de trois couples, chaque plaque ayant la même surface que le fer à décaper. Cette pièce ainsi fixée est plongée dans le vase A en E; une autre lame en fer est de même attachée à la batterie, mais à l'extrémité zinc des plaques; cette lame est représentée en F dans le vase A. Une solution de sulfate de soude est alors versée dans le vase A, de manière à couvrir les lames de fer; la batterie étant excitée agit sur la surface E. En quelques minutes cette surface est décapée si elle consiste en fer malléable; mais si elle est en fonte, elle est dépouillée de son fer, et son carbone se trouve mis à nu; dans les deux cas elle est en état de recevoir le dépôt. Pour y opérer ce dépôt de cuivre, le fer ainsi décapé est immédiatement attaché à l'extrémité zinc d'une batterie, ayant un nombre de plaques égal à celui ci-dessus, et on fixe de même une lame ou un morceau de cuivre à l'extrémité opposée au platine de la batterie; ces surfaces sont plongées dans le vase A, qui doit renfermer alors un sel de cuivre. La solution cuivrique peut être préparée avec un acétate, un sulfate, un nitrate ou avec l'acétate ammoniacal de ce métal. Quand tout est ainsi disposé, le fer décapé ou la surface charbonneuse mise à nu se recouvrent d'une couche de cuivre dont on peut régler l'épaisseur à volonté.

Quand on se propose de cuivrer du fer malléable, on peut le décaper par le moyen suivant, qui paraît plus simple que le précédent, mais qui exige plus de temps. La surface qu'il s'agit de décaper est placée dans une solution à demi-saturée de sulfate de zinc, qui doit renfermer une petite portion d'un sel de cuivre colorant à peine le liquide. Au bout d'une heure, on

trouve que le fer est bien nettoyé, et qu'il s'est recouvert d'un très-léger enduit de cuivre. Dans cet état, on l'attache à l'extrémité zinc de la batterie, comme dans les exemples précédents.

9^o *Production d'ornements riches sur les cadres, corniches et décorations intérieures.* Toutes ces surfaces ont généralement jusqu'à présent été décorées en y appliquant à plusieurs reprises des enduits de blanc d'Espagne et d'une matière glutineuse et adhésive qu'on nomme assiette. Ces enduits, après avoir été rebouchés, poncés, doucis, sont refondus et réparés avec des instruments aigus pour y former ou rétablir la pureté des dessins ou ornements. Une autre méthode pour produire ce genre de décors, consiste à fixer sur la surface polie et poncée du tulle bobin ou tout autre tissu réticulé formant divers dessins. Les perfectionnements que je propose ont pour but de produire tous ces genres de décoration sur les objets indiqués, au moyen de calicot ou autre tissu semblable qu'on a gaufrés. Les ornements sont d'abord produits sur ce tissu en les gaufrant entre des cylindres ou en les comprimant dans des matrices ou gaufroirs qui ont les formes du modèle de la surface. Ce tissu est alors découpé suivant ces formes et appliqué sur la surface qu'il s'agit de décorer. Maintenant je décrirai le moyen de fabriquer ainsi un cadre de tableau, parce qu'on pourra ensuite faire l'application du même moyen à tout autre genre de décorations.

Généralement les grands cadres pour les tableaux et les gravures sont en bois. Dans cet état, leur surface a besoin d'abord d'être recouverte d'une couche que les doreurs appellent couche claire de blanc. Lorsque cette couche est sèche, on en donne au pinceau une seconde, mais rendue plus épaisse en la saturant davantage avec du blanc. Pendant que cet enduit est encore humide, on y pose avec soin et propreté le tissu gaufré, on presse légèrement dessus, de façon à permettre à la matière épaissie, encore fluide, de pénétrer inférieurement dans les anfractuosités ou les traits en creux que le tissu présente par-dessous, afin que, quand le tout sera sec, on ait une surface solide offrant des ornements en creux ou en relief. Cette surface est alors propre à recevoir les autres apprêts qui la rendent apte à être dorée.

On conçoit qu'on peut produire ainsi des ornements et des décorations de toute espèce; mais lorsque le tissu gaufré est devenu sec, on peut l'enlever avec adresse et de manière à ce

qu'il laisse sur le cadre l'empreinte de ses formes qu'on dore ensuite comme à l'ordinaire.

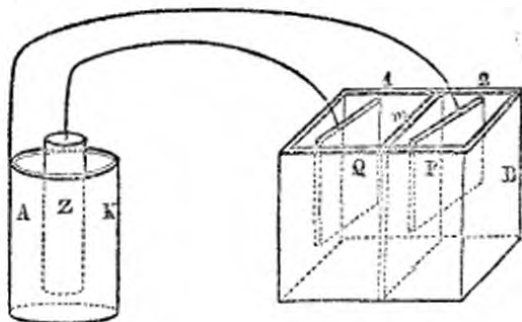
Il existe un grand nombre de compositions propres à fixer le tissu sur le cadre; mais celle que j'ai indiquée me paraît être la meilleure, parce qu'elle réussit surtout quand on veut ensuite enlever le tissu et ne laisser que son empreinte.

10^o *Méthode pour améliorer la composition qui sert à mouler les ornements et décorations.* La composition dont on fait usage pour cet objet consiste généralement en proportions définies de colle animale, d'eau, de blanc, de résine ou de goudron à l'état fondu. Le perfectionnement que je veux introduire consiste à ajouter aux ingrédients ci-dessus décrits du caoutchouc dissous dans l'essence de térébenthine ou bien dans l'asphalte, l'esprit de bois, ou l'huile de gaz. Cette addition aux matériaux communément employés se fait dans la proportion, pour 6 kilog. (12 livres) de colle employée, de 1 kilog. (une livre) de caoutchouc, qu'on dissout dans telle quantité de térébenthine qu'on le juge convenable : ce qui réussit le mieux, c'est deux kilog. (4 livres) de ce dernier liquide pour 1 kilog. (2 livres) de caoutchouc, quoique les proportions puissent varier suivant la qualité de la colle, une bonne matière exigeant une moindre quantité de caoutchouc. Cette addition a pour but de donner à cette composition plus d'élasticité et de finesse, et d'empêcher qu'elle ne se crevasse.

XVIII. GRAVURE A L'EAU FORTE SUR ACIER PAR VOIE GALVANIQUE,
PAR M. TH. SPENCER DE LIVERPOOL.

M. Th. Spencer, un des inventeurs de la galvanoplastie, a adressé tout récemment au docteur Mohr de Coblenz, une lettre sur ce sujet, dont nous extrayons les détails suivants :

» Lorsqu'une planche en métal doit être gravée à l'eau-forte par voie galvanique, on commence par la couvrir en entier avec une couche légère de vernis, puis on décalque et on trace le dessin à la pointe de manière à bien découvrir sur tous les traits la surface naturelle du métal. Dans ce cas le mode d'opérer est absolument le même que celui qu'on met en usage ordinairement pour la gravure à l'eau forte. Mais arrivé à ce point, on fixe un fil à la planche qu'on fait communiquer avec l'extrémité négative d'une batterie, ou avec un seul couple d'électromoteurs; puis on complète et ferme le circuit de la manière suivante :



• Soit A, le couple électromoteur composé d'une tige de zinc Z et d'un cylindre ou vase de cuivre K rempli en partie avec de l'acide sulfurique étendu. Soit en outre la caisse B divisée en deux cellules par une cloison poreuse m, consistant en une vessie, du fort papier ou de l'argile cuite. Dans la cellule 2 on suspend la plaque préparée P et sur laquelle on veut mordre, dans une solution faible de sel commun, et on la met en communication par un fil avec l'élément cuivre du couple électromoteur. Dans la cellule 1 on suspend une plaque Q de cuivre nu dans une dissolution de sulfate de cuivre et on la met en communication avec l'élément zinc dudit couple.

• Aussitôt que le circuit est fermé, et que le zinc commence à établir le courant, il se dégage de l'oxygène sur la plaque P, tandis que celle Q donne de l'hydrogène, et cela, en quantités proportionnelles à l'hydrogène qui apparaît en K, et à l'oxygène qui se combine avec le zinc Z. L'oxygène qui se combine avec P, rend le métal soluble dans l'acide et il en résulte un creusement à la surface de la plaque; l'hydrogène de Q réduit une quantité correspondante d'oxide de cuivre dans la cellule 1, et réduit autant de métal sur Q qu'il en a dissous sur P, en supposant toutefois que P soit une plaque en cuivre, car s'il en était autrement, la quantité de cuivre déposée sur Q, serait un équivalent de celle du métal enlevé par l'acide à la plaque P.

« On fait marcher l'opération jusqu'à ce que les traits du dessin soient suffisamment profonds; et en établissant avec exactitude la distance et l'angle, suivant lesquels les plaques en regard se présentent, on peut régler à volonté la profondeur de ces traits, et même la modifier localement, comme

lorsque, dans un paysage, par exemple, le premier plan a besoin d'être plus coloré que les plans postérieurs. De même, lorsque les coups de force, quand il s'agit d'une rosette, d'une étoile, d'une étiquette, ont besoin de ressortir sur un fond moins coloré, on peut, par un rapprochement local et par la position des plaques en regard, amener ce résultat de la manière la plus certaine. En un mot, il n'y a pas de rapport possible qu'on ne puisse déterminer par l'observation attentive de ce principe, et par des manipulations fort simples.

» Je vais plus loin, et j'ai maintenant la conviction qu'on peut aussi graver des images daguerriennes.

» J'ai aussi réussi à imiter la gravure sur bois ou en relief, avec un tel degré de perfection, qu'on peut à volonté tirer des épreuves de l'original ou des copies sans qu'il y ait de différence.

» Enfin, ce procédé me paraît susceptible d'une foule d'applications sur lesquelles je ne veux pas m'étendre pour le moment.

» La différence entre cette méthode et la gravure à l'eau-forte ordinaire, consiste en ce que dans celle-ci, les traits mordus, quand on les examine au microscope présentent une série continue de lignes de profondeur irrégulière; quand on veut creuser davantage, ces lignes s'élargissent au point que la plaque est perdue et que les traits sont rongés par-dessous. Cette méthode ne s'applique donc guère qu'aux esquisses, et encore avec une sorte de limitation et de réserve.

» Ces inconvénients disparaissent par la méthode galvanique. Les lignes observées au microscope forment un canal ou sillon parfait, mais à surface assez rugueuse pour retenir l'encre ou la couleur, et ces lignes peuvent être notablement approfondies sans avoir à craindre qu'elles s'élargissent ou se rongent par-dessous. Lorsque deux lignes se coupent, les arêtes du point de section sont aussi nettes que si elles eussent été tracées au burin.

» Ce procédé me paraît extrêmement précieux pour les artistes habiles qui se distinguent par de beaux dessins à l'eau-forte; ils apprendront sans doute avec plaisir qu'avec les planches ainsi faites, on peut tirer 30 ou 40,000 bonnes épreuves.

» Pendant tout le temps de l'opération il faut avoir soin de se garantir des gaz qui se dégagent. »

Il paraîtrait, d'après la lettre de M. Spencer, que ce savant s'est occupé pour la première fois de ce nouveau mode de

gravure, en juin 1840, et qu'il s'en est assuré à cette époque la propriété par une patente. Il annonce qu'en général il ne faut pas plus de une à deux heures pour compléter l'opération, et que dans bien des cas elle est terminée en moins de quelques minutes, et qu'en outre on reste constamment le maître de donner aux traits telle profondeur qu'on désire.

M. Spencer a essayé sur les divers métaux propres à cet usage, et a réussi sur tous, principalement avec l'acier qui est en état alors de fournir un nombre indéfini d'épreuves.

Il annonce aussi qu'il a cherché à faire l'application de ce procédé à tous les genres de gravures, et en particulier à celle des rouleaux pour l'impression des étoffes, ainsi que pour celle des plaques qui servent à la décoration des grès et faïences. Il a réussi dans ces deux cas, excepté que dans le second, les traits ne sont pas encore assez creux et ont encore besoin d'être approfondis par la main du graveur.

Les divers métaux ont besoin, comme de juste, qu'on apporte au procédé des modifications pour réussir dans cette opération; ainsi, quand on veut graver sur le platine ou l'or, il faut faire mordre avec une solution faible de chlorides, et naturellement ne faire usage d'aucune combinaison d'acide sulfurique ou nitrique.

Si les traits doivent être délicatement et finement tracés, on prend une solution neutre d'un sel dont l'acide n'attaque que faiblement le métal sur lequel il faut mordre. Ainsi, avec le cuivre, on donnera la préférence à un acétate et à un sulfate sur l'acide nitrique. L'acier exige une modification particulière, attendu qu'il faut agir à la fois sur le fer et le carbone; M. Spencer a réussi, mais par un moyen qu'il ne décrit pas, ainsi qu'on a pu s'en convaincre à l'inspection des gravures d'acier trempé qu'il a préparées ainsi, et adressées à M. Mohr, et qui représentent un très-beau guilloché d'une finesse et d'une égalité parfaites. Leur préparation par voie galvanique n'a pas duré une heure.

« Du reste, ajoute M. Mohr, le principe théorique sur lequel est basée la gravure à l'eau forte par voie galvanique, paraît reposer sur les considérations suivantes :

« D'abord, dans la gravure à l'eau forte ordinaire, il n'y a pas dans les premiers instants formation de gaz; mais lorsque l'acide nitrique commence à mordre sur le cuivre, alors il se forme dans les traits du deutocide d'azote, qui s'oppose à ce qu'une nouvelle portion d'acide vienne en contact avec le mé-

tal. Les bulles de ce gaz s'accumulent dans le trait, puis se lèvent en masse en découvrant de la manière la plus inégale les parties qui doivent être rongées. Lorsqu'on mord sur le zinc ou l'acier, la même chose arrive avec l'hydrogène.

» En second lieu, l'action chimique dans un point est la cause d'un accroissement de cette même action dans le même point. Une lame d'argent ou de cuivre ne se dissout d'abord qu'avec lenteur dans l'acide nitrique, mais peu à peu la réaction devient de plus en plus vive et tumultueuse à mesure que cette réaction chimique se développe avec plus d'activité. C'est ainsi que la chaleur et la combustion s'alimentent réciproquement, qu'il en est de même de la chaleur et de la formation de l'eau par le platine, et enfin dans une foule d'autres opérations chimiques. Un point sur le cuivre qui se distingue par une action plus énergique, est la cause pour laquelle tout est attaqué autour de lui avec vigueur, parce qu'il forme un foyer où la force se développe avec une nouvelle énergie.

» Dans le procédé de gravure par le galvanisme, le principe de l'affinité chimique se trouve placé dans un autre vase, dans le zinc, et transmis d'une manière très-régulière à la plaque par un fil et un liquide. Enfin, la liqueur dans laquelle la plaque à graver se trouve plongée, peut être rendue tout à fait neutre ou faiblement acide, parce qu'elle emprunte son activité, non pas à une force chimique qui lui soit inhérente, mais à une force qui lui est transmise du dehors. Le champ qu'il s'agit de graver n'a donc rien à redouter de l'affinité chimique de l'acide. »

XIX. DE LA GALVANO-GRAVURE, PAR M. OSANN.

Toutes les personnes qui sont aujourd'hui au courant des découvertes technologiques connaissent le procédé au moyen duquel on se sert d'un courant hydro-électrique pour recouvrir divers objets d'une couche de cuivre, et pour en tirer des copies soit en creux, soit en relief. Dans ce procédé, où le courant électrique partant d'une plaque de cuivre est conduit à travers une solution d'un sel de ce métal vers l'objet qu'il s'agit de recouvrir d'une couche cuivrique, il se dissout par l'acide du sel une quantité du cuivre de la plaque proportionnelle à celle du cuivre qui se dépose à la surface de l'objet. Toutes les tentatives qui ont été faites jusqu'à présent n'ont eu d'autre but que le perfectionnement de ce moyen de prendre des empreintes.

J'ai réussi à trouver un procédé qu'on peut non-seulement considérer comme un perfectionnement de ce qui a été fait jusqu'à présent, mais qui de plus me semble ouvrir une nouvelle voie dans cette partie technique de la science de l'électricité. Ce procédé, on peut le considérer comme étant l'inverse de ceux qui ont été pratiqués jusqu'ici, c'est-à-dire qu'au lieu de reproduire des formes par le transport et le dépôt de particules de cuivre, je leur donne naissance en enlevant et en emportant ces particules.

Dans un verre cylindrique, je place à une faible distance l'une de l'autre deux plaques de cuivre verticales et parallèles, après avoir, sur celle qui est destinée à transmettre le courant électrique à la liqueur, tracé un dessin avec une encre insoluble dans l'eau. Ce verre est ensuite rempli d'une dissolution de sulfate de cuivre, et les deux plaques mises en communication avec un électro-moteur. Le courant électrique s'élance de l'une des plaques à l'autre à travers la liqueur, et le cuivre s'y dissout dans tous les points qui ne sont pas recouverts par l'encre préservatrice, pour se porter sur la plaque suspendue à l'opposé.

On conçoit aisément que, suivant la manière dont le dessin a été tracé, on peut obtenir à volonté une gravure en creux ou en relief; jusqu'à présent, je n'ai fait usage de ce moyen que pour graver des médailles et produire des caractères ou des dessins en relief, ou pour faire des gravures sur cuivre, qui ressemblent aux gravures sur bois et s'impriment de même. Les épreuves faites dans une imprimerie avec des plaques préparées de cette manière ont parfaitement réussi et répondu à mon attente.

XX. NOTE SUR LA GALVANO-GRAVURE, PAR M. B.-F. MARCHAND.

Pour multiplier avec succès une gravure sur acier, on n'a qu'à en prendre sur l'original une copie en relief avec le métal de Rose (1), puis à précipiter du cuivre sur cette copie. Quand la planche est très-grande, le clichage présente quelques difficultés, mais on peut les surmonter en transportant le métal au moment où il vient de se solidifier, ainsi que la planche

(1) Le métal de Rose, le métal de Boettger, etc., sont des alliages en quantité variable de bismuth, de plomb et d'étain. Celui de Rose fond à 90 degrés C., celui de Boettger à 100 degrés. Ces alliages sont analogues à ceux dont on se sert en France pour faire les rondelles fusibles des chaudières des machines à vapeur, tels que celui de 8 de bismuth, 6 de plomb, 3 d'étain, qui fond à 97 degrés 75, et celui de 8 de bismuth, 5 de plomb et 3 d'étain, qui fond à 94 degrés 50, (Voir le N° X de cet Appendice.) M.

d'acier, sous une forte presse dans laquelle on laisse le tout refroidir. Les planches de cuivre qu'on craindrait de détériorer en les plaçant dans l'appareil galvanoplastique peuvent être traitées de la même manière et fournir de même un bon cliché. On ne réussit pas aussi bien à imprimer les planches d'acier sur le plomb, et c'est un moyen que je ne conseille pas de mettre en pratique. Pour donner la pression on se servira, bien entendu, d'une presse verticale, et non pas d'une presse à rouleau.

L'adhérence du précipité sur la plaque qui sert de modèle ou de moule pour y déposer du cuivre, n'est nullement à craindre avec le métal de Rose, tandis qu'elle est très-fréquente avec les planches de cuivre, surtout si elles n'ont pas encore servi à donner des épreuves à l'imprimeur en taille-douce. Ce n'est pas à proprement parler une adhérence dans les tailles, mais au contraire un phénomène de cette espèce qui se manifeste sur toute les portions de la planche de cuivre qui sont lisses et non gravées. J'ai observé aussi le même effet avec les planches simplement gravées à l'eau forte; une très-légère couche d'huile, qu'on enlève ensuite avec soin et qu'on applique à plusieurs reprises successives, prévient cet inconvénient (1).

XXI. NOUVELLE APPLICATION DE LA GALVANOPLASTIE POUR REPRODUIRE, DANS LE GENRE DE LA GRAVURE AU LAVIS, LES PEINTURES ET LES DESSINS, PAR M. LE PROFESSEUR DE KOBELL, DE MUNICH.

L'heureuse application que M. Jacobi a su faire aux arts techniques de la précipitation galvanique du cuivre, m'a suggéré l'idée de rechercher s'il ne serait pas possible de reproduire les tableaux et les dessins dans le genre de la gravure au lavis, sur une planche de cuivre, et de tirer des épreuves avec celle-ci. Il était aisé de prévoir que si on parvenait à rendre conductrice une surface vernie, on formerait ainsi une couche cuivreuse d'une grande fidélité; mais les méthodes usitées pour peindre et vernir des surfaces unies et dans lesquelles on fait usage de substances grasses ou résineuses, s'opposaient à ce qu'on pût obtenir des couleurs ou des vernis conducteurs, et on conçoit qu'il n'est guère possible d'étendre au pinceau, sur ces surfaces, une couche de graphite ou d'autre

(1) M. le duc de Leuchtenberg a employé avec succès au même usage de la stéarine fondue. Voyez ses expériences sur la galvanoplastie, ci-après No XXII, M.

substance analogue, sans détruire les demi-teintes et les nuances les plus délicates des images.

J'ai donc cherché, sans ce moyen, à recouvrir de cuivre une image peinte sur argent ; j'ai pensé que c'était uniquement une question de temps que de recouvrir de cuivre les parties non conductrices, interrompues et entourées par celles qui le sont.

L'expérience a répondu à mon attente, et des dessins à la cire, au vernis, aux encres chimiques, etc., se sont recouverts ainsi de cuivre en très-peu de temps sans qu'on eût besoin de les rendre conducteurs. J'ai pu ainsi observer comment, au milieu d'une surface non conductrice qui recouvre complètement le fond, se fixaient des points cuivreux, et comment, par l'aggrégation, ces points se réunissaient, pour former des lignes, des filets ou des traits. D'ailleurs, pour obtenir une planche suffisamment épaisse pour l'impression, il faut une période de quatre à cinq jours, et on voit qu'il est assez inutile de donner un pouvoir conducteur aux couleurs et vernis ; les demi-teintes ou les nuances légères, c'est-à-dire les couches les moins épaisses, sont ordinairement déjà précipitées complètement dès le second jour ; et s'il reste quelques points à découvrir, on peut, pour hâter la terminaison de l'opération, les enduire de graphite minéral, bon conducteur, avec un pinceau, parce que, à cette époque, l'image ne saurait en éprouver aucun inconvénient ; seulement, avant de faire cet enduit au pinceau, il faut sécher la planche avec du papier brouillard, afin qu'il ne s'étende pas.

La manière de préparer le dessin qu'on se propose de copier, est bien simple : il faut le peindre sur une planche d'argent ou de cuivre (1) avec une couleur ou un vernis semblable à celui dont se servent les peintres sur porcelaine, c'est-à-dire le vernis épais qui reste après l'évaporation lente de l'essence de térébenthine. On peut colorer ce vernis avec du peroxide de fer, dont on se sert aussi dans la peinture sur porcelaine. Un vernis très-convenable et qui sèche promptement, est celui qu'on prépare avec une solution de résine Damara dans l'essence de térébenthine, et à laquelle on mélange du fer, du noir minéral ou toute autre couleur. Dans cette opéra-

(1) Quand on se sert du cuivre, on peut enlever ou poncer à la craie, puis passer sur les traits du calque une solution de sulfure de potassium au maximum de sulfuration, au moyen d'une plume très-fine. Les lignes noires qu'on produit ainsi sont enlevées ensuite avec de l'eau pendant qu'elles sont encore humides, et il reste sur le cuivre des traits déliés, par une sorte de corrosion du métal.

tion, il n'est pas nécessaire de surcharger ou d'empâter beaucoup : au contraire, plus le dessin est léger et délicat, mieux la planche de cuivre qui se forme le reproduit avec fidélité, et plus tôt il est terminé. Ce vernis doit du reste adhérer fortement sur la plaque après la dessiccation, autrement il pourrait se former dessous une couche mince cuivreuse, qu'on ne pourrait plus enlever qu'an moyen de l'acide nitrique.

Dans quelques-uns de mes essais, j'ai mélangé au vernis un peu de formiate d'argent, puis j'ai chauffé légèrement la plaque. De cette manière, quelques points conducteurs en argent sont restés libres à la surface, et ont favorisé la précipitation ; mais, je le répète, cette addition n'est nullement nécessaire.

Pour précipiter le cuivre, on peut se servir de l'appareil de M. Jacobi, ou bien d'une auge en cuivre, avec un cadre en parchemin, comme M. Steinheil l'a établi d'après la méthode de M. Daniell, ou, enfin, de l'appareil décrit par M. Spencer, N° XVII de l'Appendice.

L'emploi de l'appareil de M. Jacobi présente un inconvénient : c'est que les bords de la plaque, par suite de l'action continue, deviennent trop épais et qu'il s'y forme, dans les angles surtout, de gros bourrelets. Il ne donne pas non plus une épaisseur uniforme, si on n'a pas soin de retourner fréquemment la plaque, et il faut une certaine habitude pour éviter qu'il ne s'y forme des côtes ou des végétations.

Une auge en cuivre est plus commode, mais quand on en a fait usage pendant quelque temps, elle se charge d'une si grande quantité de cuivre précipité, qu'il devient indispensable, à cause des inégalités qu'elle présente alors, d'en renouveler le fond. D'ailleurs on voit que dans ce cas on précipite en pure perte plus de cuivre que cela n'est nécessaire.

Un appareil dont je me suis servi avec avantage, consiste en un vase de verre ou de porcelaine, à fond plat et dont les parois ont de 54 à 95 millim. (2 à 3 pouces $1\frac{1}{2}$) de hauteur. Sur le fond de ce vase, on dépose une planche de cuivre destinée à servir de support, et à laquelle on soude à angle droit une lame de même métal, de 40 millimètres (1 pouce $1\frac{1}{2}$) de largeur. Cette lame est, sa partie supérieure exceptée, isolée avec de la cire.

Cette plaque-support doit présenter assez d'étendue pour dépasser tout autour celle qui est peinte et qu'on dépose dessus, de 12 à 14 millimètres (5 à 6 lignes). J'avais, dans l'origine, soudé la lame conductrice à la plaque peinte elle-même, mais

les bords se sont ainsi trouvés bulleux et boursoufflés, inconvénient qu'on évite par la disposition dont il vient d'être question.

Au-dessus des plaques superposées se trouve placé, sur des pieds de 7 millim. (3 lignes) de hauteur, un cadre sur lequel est tendu un parchemin, c'est-à-dire un tambour, sur lequel on pose une plaque de zinc amalgamé, qu'on tient à distance du parchemin par quelques petits disques ou tubes de verre qu'on interpose. Pour établir la communication, je me sers d'une plaque de cuivre soudée à une lame de même métal, de 40 millimètres (1 pouce 1/2) de largeur, et qui est un peu plus petite que la plaque de zinc et repose sur elle. La lame plonge soit dans une gouttière remplie de mercure, pratiquée dans celle soudée à la plaque-support du fond, ou bien elle se trouve en communication avec celle-ci, au moyen d'un crampon à vis. Quand on emploie le mercure pour établir la communication, il faut prendre quelques précautions, attendu que lorsqu'il en tombe quelques particules sur la plaque-support, ce qui peut aisément arriver quand on soulève l'appareil et qu'on replonge, il se forme un amalgame de cuivre qui met cette plaque hors de service.

On peut, au lieu de ces lames de communication, se servir de fils métalliques, mais cette substitution présente peu d'avantage, attendu que la précipitation marche bien plus lentement.

On remplit le vase en verre jusqu'à ce que le cadre se trouve immergé avec une dissolution concentrée de vitriol bleu, et on verse sur une épaisseur de quelques millimètres de l'acide sulfurique étendu sur la plaque de zinc. Pour alimenter la faculté de précipitation de la liqueur, on place tout autour de la plaque-support des cristaux de sulfate de cuivre. On change aussi la liqueur de temps à autre et on remplace la plaque de zinc qui a été fortement attaquée par une nouvelle. Il faut également avoir soin de gratter et enlever les petits dépôts de cuivre qui peuvent s'être formés sur le parchemin, et s'ils se multipliaient, remplacer le cadre par un nouveau. Au reste, au lieu d'un tambour, on peut très-bien employer une auge en argile cuite à moitié, qui laisse infiltrer les liquides, mais par ce moyen la précipitation n'est pas aussi rapide.

En observant les règles prescrites, je suis parvenu à obtenir, dans un espace de quatre à six jours, des plaques de 1 décimètre carré (13 pouces 93 lignes carrées) de surface, sur une

épaisseur de plus de 3 millimètres (une ligne 1/2) et ne présentant pas d'inégalité bien marquée. Lorsque ces plaques ont été obtenues, je les ai enlevées de l'appareil, je les ai séchées au papier brouillard, j'en ai uni le dos à la lime, puis je les ai remises dans l'appareil pour en augmenter l'épaisseur.

Parfois j'en ai enduit quelques points avec de la cire, afin d'amener à la même hauteur que les autres, les endroits qui présentaient des dépressions; puis j'ai uni la plaque à la lime. Dans tous les cas il est toujours utile d'examiner de temps à autre la formation de la plaque, surtout, relativement à ses bords, et d'amener, par le changement de place, le bord le plus mince dans les endroits où se manifeste une précipitation plus rapide. Une solution qu'on tient dans un état constant de saturation, est une condition indispensable pour obtenir une prompte et belle précipitation. Les bulles d'air, qui peuvent, par suite de cette précipitation, adhérer à la surface de la planche, doivent être enlevées avec un pinceau très-doux. Le procédé, au reste, n'exige un peu d'attention qu'au commencement et jusqu'à ce que la gravure se soit formée.

Lorsque le cuivre précipité a l'épaisseur suffisante, on lime les bords des plaques avec précaution et on les sépare aisément l'une de l'autre. On enlève avec de l'éther toutes les portions de vernis qui peuvent adhérer à la planche gravée qu'on a obtenue et qui est prête alors pour l'impression. Les épreuves ressemblent à des dessins au lavis et présentent toutes les demi-teintes qu'on a ménagées lors de la peinture.

Je crois que cette méthode mérite d'autant plus l'attention des artistes, que chacun d'eux, sans avoir de connaissances dans l'art de la gravure, pourra multiplier ainsi par impression un dessin ou une image quelconque. On conçoit du reste qu'on peut, sur une semblable planche, employer encore le grattoir ou le burin, pour donner plus de vigueur aux traits ou produire des effets mieux déterminés.

Les frais de l'opération sont très-minimes, surtout si on a égard aux résultats qu'on obtient.

XXII. EXPÉRIENCES SUR LA GRAVURE GALVANIQUE, ET SUR LA GALVANOPLASTIE EN GÉNÉRAL.

Par MAXIMILIEN, duc de LEUCHTENBERG.

1. L'hiver dernier, j'ai consacré quelques loisirs à une série d'expériences galvanoplastiques qui m'ont donné la conviction

pratique d'un fait que M. Jacobi m'avait communiqué, savoir : que M. le professeur de Kobell avait réussi à former sur une peinture ou dessin analogue au lavis une précipitation de cuivre constituant une planche dont on pouvait se servir ensuite pour imprimer en taille-douce (1). Comme les essais de M. de Kobell me paraissaient présenter cela d'intéressant qu'ils démontraient que les surfaces non conductrices peuvent se recouvrir de cuivre, même quand elles sont entourées et séparées par des surfaces qui constituent de bons conducteurs, j'ai cherché à éclaircir ce point; et c'est le résultat de ces recherches que je communique ici sommairement.

Le tableau ou peinture a été préparé sur une planche d'argent ou de cuivre. Le dessin est composé d'une *seule* couleur mélangée à un excipient épais, résultant de l'évaporation de l'essence de térébenthine, tel qu'on en fait usage dans la peinture sur porcelaine. La couleur a été le plus généralement le rouge de fer, ou sous-sulfate calciné de ce métal. On obtient aussi une couleur très-convenable aux essais, et qui sèche promptement au moyen d'une dissolution de résine Damara dans l'essence de térébenthine, à laquelle j'ai mélangé tantôt du rouge de fer, tantôt du noir minéral.

La première expérience que j'ai tentée m'a démontré que l'impression réussit d'autant mieux que le dessin ou l'image est préparé suivant une manière qui se rapproche davantage de la gravure sur cuivre ou acier, et que ses nuances les plus délicates se reproduisent ainsi parfaitement bien, tandis que les teintes plus prononcées et plus larges s'éloignent de la gravure sur métal, pour prendre de la ressemblance avec la gravure sur bois. Le petit nombre d'essais que j'ai faits ne me permettent pas encore d'entrevoir à quel degré de perfection il sera permis de porter ce procédé; mais ce que je puis assurer, c'est que dès à présent il donne des résultats supérieurs par leurs effets aux eaux-fortes des graveurs sur cuivre, qui, par la profondeur et la largeur égales de tous les traits creusés par l'acide, ne présentent ni nuances, ni ombres, ni lumière.

Ce procédé m'a paru très-propre à produire des effets d'ombre, de lumière et de coloration, qualités qu'il possède en commun avec la gravure au burin; mais de plus il m'a semblé posséder la propriété de fournir des lignes et des traits plus doux, et en outre on y trouve cet avantage que le dessin restant à la disposition de l'artiste, on peut en peu de temps et

(1) Voyez la description de ce procédé à l'article XXI qui précède.

de la manière la plus simple en multiplier autant qu'on veut les copies. Pour que le dessin ou modèle, préparé comme il a été dit, avec un corps résineux, prenne un développement et une épaisseur suffisante par la précipitation du cuivre, il n'est pas nécessaire, tant pour les teintes délicates que pour celles foncées, de le frotter avec une poussière conductrice quelconque, telle que le graphite ou autre semblable, attendu que, dans la précipitation cristalline du cuivre, l'agrégation des molécules pour passer à l'état solide se fait aisément, et que leurs formes cubiques se prêtent à ce groupement en feuilles ou tables minces.

L'appareil de M. de Kobell, dont je me suis servi, consiste en une planche de cuivre à laquelle on a soudé à angle droit une lame métallique de 36 millim. (1 pouce 4 lignes) de largeur pour établir la communication. Cette lame est, à l'exception de sa partie supérieure, enduite de cire pour l'isoler. La planche a une grandeur telle qu'elle laisse tout autour du dessin qu'on y a peint une marge d'environ 12 millim. (5 lignes). Sous cette plaque, on place un cadre sur lequel on a tendu un parchemin qui forme une sorte de tambourin qui repose sur des pieds en bois de 6 millim. (3 lignes) d'épaisseur. Sur ce cadre est posée une plaque de zinc amalgamé qu'on tient à distance du parchemin en interposant deux baguettes de verre. Pour établir le courant, on se sert d'une plaque de cuivre unie à une lame de même métal de 36 millim. (1 pouce 4 lignes) de largeur, un peu moins étendue que la plaque de zinc et posée sur elle. La feuille est réunie par des mâchoires à vis et la lame soudée à la planche de cuivre.

L'appareil, étant ainsi établi, est déposé dans un vase en verre ou en porcelaine à fond plat, et dont les parois ont 5 à 7 centim. (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 7 lignes) de hauteur; ce vase est ensuite rempli jusqu'à ce que le cadre baigne avec une solution concentrée de sulfate de cuivre, on verse en même temps sur la plaque de zinc, à une hauteur de 4 à 5 millim. (1 ligne $1/2$ à 2 lignes), de l'acide sulfurique étendu, et on dépose aussi quelques cristaux de sulfate de cuivre tout autour de la plaque de cuivre.

Je passe sous silence toutes les petites précautions à observer, et les tours de main auxquels il faut avoir égard dans cette opération, attendu qu'il n'y a aucune différence, sous ce rapport, avec les essais galvanoplastiques. Seulement, avant de se servir de la plaque de cuivre précipité pour l'impression,

il convient d'en détacher les portions de couleurs du modèle qui pourraient y adhérer avec un peu d'éther.

II. Je me suis également occupé d'une expérience ayant pour but de reproduire des copies identiques d'une planche de cuivre gravée sans l'intervention d'une empreinte intermédiaire en stéarine; je suis parvenu à obtenir ces copies en précipitant d'abord du cuivre sur la planche originale dans l'appareil ci-dessus décrit, enlevant ensuite la plaque de cuivre précipitée au bout de quelques jours, puis précipitant de nouveau sur cette plaque. La séparation de la planche originale de la plaque précipitée n'a pas présenté de difficultés, du moins avec cette condition, qu'avant chaque opération, on fait fondre sur la planche originale de la stéarine qu'on essuie avec un linge. J'ai observé même que la séparation des deux précipités entre eux s'opérait avec facilité, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à la stéarine. L'utilité pratique de ce procédé est évidente; l'identité des précipités avec la planche originale permet d'en tirer des épreuves qui ressemblent en tout point à celles que fournit cette dernière : on peut donc ainsi multiplier par impression les épreuves, sans avoir à redouter que la planche originale éprouve de détérioration. De cette manière disparaît un des plus grands désavantages qu'on rencontrait dans la gravure sur acier.

III. Quoique l'exactitude de ces copies soit poussée jusqu'à l'identité, j'ai essayé pour cette opération une autre méthode que je vais indiquer, et qui peut-être pourra recevoir d'autres applications. Au lieu de charger d'encre d'impression en taille-douce la plaque gravée originale, comme on le fait quand on veut tirer épreuve, je l'ai enduite avec la composition indiquée plus haut (résine Damara, rouge de fer et essence de térébenthine); j'en ai tiré aussitôt une épreuve sur du papier très-fin, puis j'ai étendu mon épreuve sur une plaque d'argent ou de cuivre, de telle façon que la couleur fût appliquée sur le métal; puis, après que cette couleur a été bien séchée, j'ai enlevé le papier au moyen de l'eau, et enfin le dessin ou tableau resté ainsi sur la plaque a été traité comme il a été dit dans le N° I de cet article.

IV. Enfin, je me suis occupé de la précipitation du cuivre dans des formes creuses et non plus sur des surfaces planes, et je vais faire connaître le résultat auquel je suis parvenu. Un cône massif de stéarine a été enduit avec soin de graphite, et on l'a recouvert d'un cylindre creux de cuivre de diamètre tel

qu'il n'y eût entre eux aucun contact : on a mis alors en communication le cône avec le pôle zinc, et le cône en cuivre avec le pôle cuivre de l'appareil de M. Jacobi. On a obtenu ainsi au bout d'environ douze heures un précipité mince, un peu raboteux à l'extérieur, et rayonné. La stéarine a été alors retirée du cône en la faisant fondre, afin de pouvoir précipiter un second cône à surface convexe unie dans l'intérieur du premier. Cette opération a complètement réussi. Ce cône en cuivre a été alors suspendu avec des lames de plomb dans une solution concentrée de sulfate de cuivre, le sommet en bas et l'ouverture en haut. Dans ce cône on a suspendu un autre cône plus petit en zinc, tourné et enveloppé dans une vessie ou du parchemin. Cette suspension a eu lieu de telle façon, qu'il n'y eut que les lames de plomb partant de ce petit cône qui touchassent les lames de même métal du grand cône. Dans la vessie, on a versé de l'acide sulfurique étendu, en même temps que cette vessie plongeait à l'extérieur dans la solution cuivreuse. Au bout de quelques jours il s'est formé dans le premier un deuxième cône de cuivre, qu'on a retiré en bon état après avoir enlevé le cône extérieur. De cette manière, je pense qu'avec quelque soin on obtiendra des bustes en cuivre et des statues, non pas par enduit métallique, comme on l'a fait jusqu'ici, mais par une précipitation dans des formes creuses ou des moules, qui réussit très-bien.

V. Il ne paraît même pas nécessaire, en pareil cas, de produire préalablement un précipité cuivreux extérieur, afin de pouvoir ensuite travailler dedans : il suffit de prendre le moule en creux en cire de l'objet, de l'enduire à l'intérieur d'une couche de graphite, puis d'y suspendre du zinc huilé, enveloppé d'une vessie ou de parchemin, ainsi qu'il a été expliqué ci-dessus.

Comme, dans un procédé d'une importance aussi majeure que l'est la galvanoplastie de M. Jacobi, les moindres faits ont souvent de l'intérêt, j'ai cru qu'il était de mon devoir de communiquer à l'Académie ceux que j'ai constatés, et je me propose de même de lui faire connaître tout ce que la continuation des expériences pourra me présenter de nouveau ; en attendant j'ajouterai encore un mot.

L'appareil que j'ai décrit ne m'a guère servi qu'à précipiter de petites surfaces planes, et tout intense et régulière que son action m'ait paru dans ce cas, je l'ai trouvée insuffisante dans des essais plus en grand, principalement avec les formes cubi-

ques, qui déjà ne trouvent plus à se loger dans le petit espace de 6 millimètres (3 lignes) qui existe entre le tambourin et la planche de cuivre, indépendamment de la couche peu épaisse de la liqueur, et plusieurs autres inconvénients qui contribuent encore à cette insuffisance.

Cependant, comme tous les *specimen* que j'ai préparés ont été destinés à donner des épreuves par l'impression, tout se réduit à obtenir un précipité qui soit le moins cassant possible. Le précipité s'est montré éminemment cassant dans deux circonstances :

1^o Quand je soumettais les électrodes à une action galvanique trop énergique, de manière à hâter la précipitation. Dans ce cas, les plus beaux précipités rouges grenus ou mamelonnés étaient aigres, et ceux feuilletés fragiles.

2^o Quand je faisais varier à plusieurs reprises la distance du tambourin, en mettant sous ses pieds des morceaux de bois plus ou moins épais. Dans ces circonstances, le précipité se composait d'une suite de couches ou feuillets superposés les uns aux autres, correspondants aux changements alternatifs de la distance, et qui rendaient la masse entièrement cassante.

Ce que je dis ici est pour éviter les erreurs, car dans mes autres essais je me sers actuellement avec le plus grand succès du grand appareil de M. Jacobi.

XXIII. PROCÉDÉ ÉLECTRO-CHIMIQUE POUR DORER L'ARGENT ET LE LAITON, PAR M. AUG. DE LA RIVE, DE GENÈVE.

Frappé des conséquences que présente l'emploi du mercure dans le dorage, j'avais depuis longtemps pensé que la force décomposante des courants électriques, appliquée à une dissolution d'or, pourrait, en apportant l'or molécule par molécule sur l'objet qu'il s'agit de dorer, remplacer sinon dans tous les cas, du moins dans plusieurs, l'emploi du mercure. Les premiers essais que j'ai faits dans ce but datent de quinze ans; ils ne furent pas heureux, et je cessai alors de m'occuper de cet objet. Les travaux qui ont été faits dès-lors sur l'électricité, et notamment plusieurs découvertes importantes de M. Becquerel, m'ont conduit à tenter de nouveaux essais dirigés d'une manière un peu différente, et je crois être maintenant parvenu à un procédé qui, s'il n'est pas parfait, est cependant de nature à donner des résultats utiles et à devenir, à ce que je pense, entre les mains des praticiens, usuel et avantageux.

Les principes qui m'ont dirigé dans cette application de la force décomposante du courant électrique au dorage des métaux sont les suivants :

1° L'emploi de petites forces électriques pour opérer les décompositions, quand on veut obtenir un dépôt régulier et uniforme des particules de l'un des éléments du liquide qui est décomposé, savoir : dans le cas particulier qui nous occupe, des particules de l'or qui est à l'état de chlorure dans la dissolution ;

2° L'emploi d'un diaphragme de vessie pour séparer deux dissolutions placées à la suite l'une de l'autre dans le même contact électrique, afin d'éviter leur mélange, sans empêcher cependant le courant électrique de les traverser successivement. L'une de ces solutions est la dissolution d'or ; l'autre, l'eau légèrement acidulée, qui sert à produire le courant par son action sur une lame de zinc qui y est plongée ;

3° Le troisième principe est la propriété que possède le courant électrique de passer avec d'autant plus de facilité d'un liquide dans un métal, et réciproquement, que le métal est plus susceptible d'être attaqué chimiquement par le liquide. Dans le cas qui nous occupe, le métal qui plonge dans la dissolution d'or est plus attaquable par le liquide que l'or lui-même ; il en résulte que, lorsque la partie immergée ne sera pas entièrement dorée, le courant va chercher les points où le métal qu'il faut dorer est encore à nu pour les traverser et y déposer l'or, quelle que soit la longueur du trajet qu'il aura à parcourir dans le liquide, c'est-à-dire quelle que soit la forme plus ou moins irrégulière ou compliquée de l'objet qu'on veut dorer.

Voici comment, après divers essais, je suis parvenu à appliquer au dorage les trois principes précédents.

Je verse une dissolution de chlorure d'or aussi neutre que possible et très-étendue (5 à 10 milligrammes, d'or par centimètre cube de la dissolution) dans un sac cylindrique de vessie ; je plonge ce sac dans un bocal de verre où il y a de l'eau très-légèrement acidulée. L'objet que je veux dorer communique par le moyen d'un fil métallique avec une lame de zinc qui plonge dans l'eau acidulée, et lui-même est placé dans la dissolution d'or. On peut, si l'on veut, mettre l'eau acidulée et le zinc dans le sac de vessie, et la dissolution d'or ainsi que l'objet qu'on veut dorer dans le bocal de verre. Au bout d'une minute à peu près on retire l'objet, on l'essuie avec un linge fin ;

et en le frottant fortement avec ce linge, on le trouve déjà un peu doré; après deux ou trois immersions semblables, la dorure est devenue assez épaisse pour qu'il soit inutile de prolonger l'opération.

Je n'entrerai pas dans les détails de toutes les précautions qu'il faut prendre pour bien réussir; je me bornerai à en indiquer quelques-unes.

Il faut que le courant électrique soit très-faible, et on doit éviter, autant qu'on le peut, que par l'effet d'une trop grande intensité du courant il se dégage de l'hydrogène sur l'objet qu'on veut dorer; ce dégagement de gaz pourrait, s'il était trop abondant, empêcher l'or de se déposer solidement. En conséquence, il ne faut mettre que quelques gouttes d'acide sulfurique ou nitrique dans l'eau où plonge le zinc, et n'enfoncer ce métal dans le liquide que de la quantité nécessaire pour qu'un courant suffisant s'établisse, ce qu'avec un peu de pratique on obtient facilement.

L'objet qu'on veut dorer peut être préalablement décapé et poli, ou simplement décapé. Dans le premier cas, il sort de l'opération du dorage avec une dorure brillante qui semble avoir été soumise à l'action du brunissoir. Dans le second cas, la dorure est terne; elle ressemble à celle qu'on obtient au moment où l'on retire du feu les objets qu'on dore par l'amalgame, peut-être la couche d'or est-elle plus épaisse; ce qui pourrait faire supposer qu'il en est ainsi, c'est qu'il faut plus d'immersions pour opérer le dorage. Il faut avoir soin dans les deux cas de bien décaper, et surtout de bien dégraisser et nettoyer l'objet qu'on veut dorer. Il est bon aussi de le laver dans de l'eau légèrement acidulée chaque fois qu'on le retire de la dissolution avant de l'essuyer et de le frotter, et de même après qu'on l'a frotté, avant de l'y remettre. Un moyen assez bon de le décaper consiste à le faire communiquer pendant quelques instants dans l'eau acidulée avec un morceau de zinc qui, formant avec lui un couple, détermine sur la surface un dégagement abondant d'hydrogène.

La couleur de la dorure paraît tenir à plusieurs circonstances, au titre de l'or dissous, à la nature du métal qu'on dore, au degré de concentration plus ou moins grand de la dissolution d'or. Le poli ou le non poli préalable de la surface qui reçoit la dorure, paraît aussi avoir de l'influence sur la couleur. Dans le cas où la surface n'a pas été préalablement polie, la dorure est beaucoup plus rouge, ce qui tient probablement à ce

que les molécules d'or se déposant sur une surface raboteuse et parfaitement unie, leur inclinaison mutuelle donne naissance à un jeu de lumière semblable à celui qui a lieu dans l'intérieur d'un vase coloré; ce qu'il y a de curieux, c'est que le brunissoir, en passant sur la dorure, ne détruit pas cet effet.

Il faut avoir grand soin que l'objet qu'on va dorer ne soit en contact avec la dissolution d'or qu'après que tout a été arrangé, de façon que le courant électrique ait lieu dès que ce contact est établi; autrement l'action directe, sans courant, de la dissolution d'or sur la surface à dorer, empêcherait la dorure de bien prendre, surtout s'il s'agissait de dorer l'argent.

Le procédé me paraît être très-économique; tout ce qui est étranger à l'or est fort peu dispendieux: quant à l'or lui-même, il en faut très-peu pour une dorure passablement belle. J'ai réussi à dorer dix cuillers à café d'argent avec une dissolution qui renfermait 800 milligrammes d'or. En supposant que la dorure des 10 cuillers ait pris tout l'or de la dissolution, ce qui n'était pourtant pas le cas, chaque cuiller aurait pris 80 milligrammes d'or, ou pour 32 centimes environ, en portant à 4 francs le prix du gramme de l'or fin, prix plutôt trop élevé. Il est vrai que la dorure n'était pas très-épaisse; elle était d'un beau jaune-vert, qu'on nomme *or anglais*. Cependant, elle a résisté au frottement réitéré d'une peau et du brunissoir. Une température élevée de 300 à 400 degrés ne l'a pas altérée; elle a seulement fait pénétrer l'or un peu plus intimement dans la surface de l'argent; mais une seconde dorure mise sur la première, d'après le même procédé, a produit alors une couche très-épaisse, et probablement d'une grande durée.

Les divers objets que j'ai dorés au moyen du procédé que je viens de décrire, sont des fils, des plaques, des cuillers à café en argent, des cuvettes de montre en laiton. J'ai même réussi à dorer quelques roues d'horlogerie. Les extrémités des dents se dorent bien; mais la couleur n'est pas celle que les horlogers préfèrent, elle est trop rouge. Je suis occupé à chercher les moyens de la rendre plus jaune et plus mate.

Tout objet me paraît pouvoir, quelle que soit sa forme, être doré par le procédé en question. On peut même dorer partiellement une surface, soit en recouvrant de cire les parties qui ne doivent pas recevoir la dorure, soit en amenant avec un pinceau la dissolution d'or sur les parties qui doivent être dorées.

On peut aussi produire sur une surface par la dorure des traits dont les contours forment des lettres ou des figures.

J'ajouterai, en terminant, que depuis que mon travail a été achevé, j'ai eu connaissance d'un procédé pratiqué en Allemagne et en Angleterre pour dorer avec une dissolution d'oxide d'or dans la potasse. Ce procédé, qui n'a pas été généralement adopté, exige l'emploi d'une température élevée, tandis que le procédé électro-chimique a lieu à froid. Il ne présente pas l'avantage, comme ce dernier, d'enlever l'oxygène et le chlore à l'or, et de les empêcher d'attaquer l'objet qu'il faut dorer, comme le fait le procédé électro-chimique, qui transporte par la force du courant électrique ce chlore et cet oxygène en dehors de la dissolution à travers le diaphragme de vessie sur le zinc placé dans l'eau acidulée. Aussi ce procédé, purement chimique, ne donne-t-il, à ce qu'il paraît, qu'une dorure terne et peu vive. Je le crois aussi moins économique et d'une manutention moins facile. Enfin, il me paraît présenter d'autres inconvénients qu'on ne rencontre pas dans le procédé électro-chimique, et dont au reste les praticiens seront les meilleurs juges. Quoi qu'il en soit, l'expérience décidera quel est celui des deux procédés qui a la supériorité. Ce qui m'engage à faire connaître le mien, dût-il n'avoir qu'une application partielle, c'est de voir que le procédé purement chimique paraît être abandonné, et qu'on continue à faire usage de celui qui est fondé sur l'emploi du mercure dans bien des cas où je me suis déjà assuré que la méthode électro-chimique pourrait bien être substituée avec avantage.

XXIV. DE LA DORURE, DE L'ARGENTURE ET DU PLATINAGE SUR LE LAITON, L'ARGENT, LE MAILLECHORT, ETC., PAR M. BOETTER.

Je me propose, dans cette notice, d'indiquer aux industriels et aux artistes un appareil extrêmement simple, au moyen duquel on peut, avec la plus grande facilité, dorer et platiner solidement des objets en argent, laiton, acier, etc. reproduire avec la plus rigoureuse exactitude des planches gravées à l'eau-forte ou au burin, des médailles, des monnaies, des antiques et une foule d'autres produits de l'art ou de la nature.

J'ai déjà reproduit un très-grand nombre de monnaies, de médailles, et même de grandes planches gravées par le procédé galvanoplastique, et ces objets ne laissent, sous aucun

rapport, rien à désirer; les tailles les plus fines, les traits les plus délicats, les demi-teintes les plus légères, et celles qui passent des parties mates à celles polies sont reproduites avec une admirable fidélité dans les plaques nouvelles; en outre, ces plaques sont, suivant la durée du temps qu'on a mis à les produire, d'une épaisseur et d'une solidité telles que la multiplication des planches gravées sur cuivre, les plus précieuses et les plus chères, n'est plus aujourd'hui qu'un jeu pour la galvanoplastie, et mérite qu'on s'occupe sérieusement d'en faire des applications en grand.

Je me suis également assuré qu'il n'est pas nécessaire que le sulfate de cuivre, qui sert à la précipitation, soit chimiquement pur; car une dissolution de ce sel de cuivre, à laquelle j'avais à dessein ajouté une grande quantité de sulfate de zinc ou vitriol blanc, n'a pas altéré le moins du monde le résultat, et a fourni des copies galvanoplastiques en cuivre aussi belles que celles obtenues avec une dissolution de vitriol bleu chimiquement pur.

Je demanderai aussi la permission de faire connaître quelques résultats que je dois à ma propre expérience, concernant les tentatives qui ont été faites par M. de la Rive, pour dorer les objets en argent et en laiton. (*Voir l'article XXIII qui précède.*)

A la lecture de la note de M. de la Rive, il est facile de voir que l'auteur n'a pas réussi jusqu'à présent à dorer le fer et l'acier par voie galvanique, et cela, selon lui, parce que le fer, combiné galvaniquement avec le zinc, ne forme pas un couple voltaïque actif. Postérieurement l'auteur a annoncé qu'on pourrait parvenir à dorer les métaux en les recouvrant préalablement d'une couche mince de cuivre.

Mais, tout récemment, M. Sturgeon ayant annoncé un fait que l'expérience a confirmé, savoir: que la fonte combinée avec le zinc donne des piles beaucoup plus énergiques que celles formées avec le cuivre et le zinc, j'ai présumé que la remarque de M. de la Rive, sur l'impossibilité de dorer le fer et l'acier par voie galvanique, reposait sur une erreur. C'est ce que l'expérience m'a démontré, puisqu'au moyen d'une dissolution aussi neutre que possible de chlorure d'or, je suis parvenu à dorer fortement, dans l'appareil décrit ci-après, des ressorts de montre, des aiguilles de boussole et autres objets en acier, sans avoir besoin de les cuivrer préalablement.

Dans mes essais pour dorer l'argent par voie hydro-élec-

tique, j'ai remarqué que lorsque je me servais comme électrode négatif d'une cuillère d'argent fixée à un fil mince de cuivre, puis que je plongeais cette cuillère dans la solution d'or simultanément avec une petite portion de ce fil de cuivre, la dorure rougissait fortement, mais qu'il n'en était jamais ainsi quand, au lieu du fil de cuivre, je faisais usage d'un fil de platine, et avec de l'argent aussi exempt que possible de cuivre. La dorure, dans ce dernier cas, réussissait toujours parfaitement; l'objet doré, quand on l'avait plongé dans la solution à l'état poli, en sortait, après que l'effet avait eu lieu, avec une couleur pure spéculaire d'un beau jaune d'or, qu'il était impossible de distinguer des belles dorures au mercure et par la voie sèche.

La solution d'or, qui ne renferme que des traces de cuivre, ne dépose, d'après mes observations, au commencement de l'opération, presque uniquement que du cuivre; et un objet en cuivre, ou qui aura été couvert d'une couche mince de cuivre, en sortira à peine doré, quelque durée qu'on ait donnée à l'action galvanique. C'est précisément là ce qui me fait croire que l'observation contenue dans la note additionnelle de M. de la Rive, dont il vient d'être question, est complètement erronée. En effet, si on prend de l'acier parfaitement décapé, et qu'on le plonge dans une solution étendue de sulfate de cuivre de manière à ce qu'il s'y recouvre d'une couche mince de ce dernier métal, puis qu'on soumette cet acier ainsi préparé à l'action d'un courant galvanique dans l'appareil décrit plus loin, on n'obtient pas la plus légère précipitation d'or; ou plutôt la couleur de la couche très-mince d'or qui se dépose est tellement altérée ou modifiée par la couche cuivreuse sous-jacente, qu'on ne se douterait nullement, en voyant cet acier, qu'il puisse en aucune façon avoir été soumis à un procédé de dorure. Probablement aussi que M. de la Rive, dans ses essais de dorure sur acier, se sera servi d'acier qui n'était pas très-homogène, ou qui n'avait pas reçu un haut degré de poli. Des aciers qui ont été polis avec soin ne sont, comme on sait, humectés ou mouillés ni par l'eau ni par les acides étendus, ni même, dans un certain espace de temps, attaqués par l'acide chlorhydrique étendu. Ces aciers, comme si des particules des parties huileuses employées à donner le poli avaient pénétré profondément dans les pores du métal, paraissent indifférents, au moins pendant un certain temps, à l'action des acides, et être devenus des corps

non conducteurs du fluide électrique. Mais si l'on fait usage d'un acier qui n'aura pas été poli à l'huile, dont néanmoins le poli a été fait avec soin, et qui soit bien homogène dans sa masse, on parviendra aisément à lui donner une belle dorure. Les ressorts de montre et d'horloge en acier, les aiguilles de montre, etc., qui ont été débarrassés de la couche bleue d'oxide qui les couvre, en les plongeant dans l'acide chlorhydrique étendu, se doront avec beaucoup de perfection et de facilité, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des moyens accessoires. Au reste, il m'est arrivé souvent que des objets en acier un peu longs, par exemple, de grands couteaux de table, ne se sont pas recouverts également d'or; mais que la portion de la lame tournée du côté du zinc ou pôle positif était dorée plus fortement que celle qui lui était opposée. On fera donc bien, à ce que je crois, dans des cas semblables, de remplacer le cylindre qui renferme la solution aurique par une capsule de verre plus plate, et de plonger l'objet à dorer dans une position horizontale plutôt que verticale.

L'argentan, le maillechort, le pack-fong et tous les alliages de cette nature ne se prêtent point, peut-être à cause du cuivre qu'ils renferment, aux opérations de la dorure par voie galvanique; au moins dans mes essais, des objets faits avec ces alliages et traités comme il a été dit, ont, après l'opération, ressemblé plutôt à des métaux cuivrés que dorés (1).

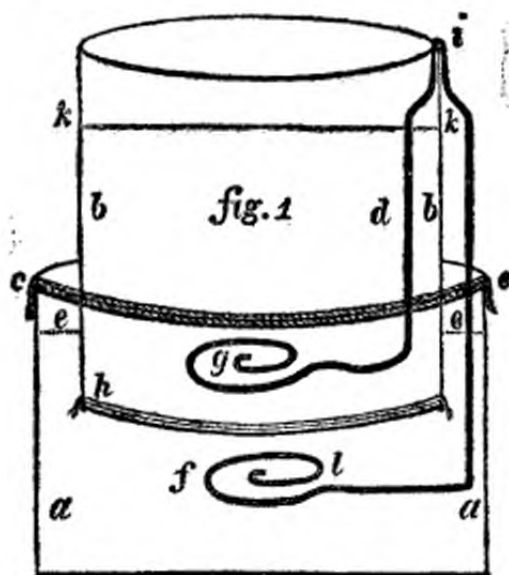
Le laiton, au contraire, se dore aussi bien que l'argent par la voie humide.

Le fer-blanc et l'étain ne se prêtent pas à cette opération.

Si, au lieu d'une solution de chlorure d'or, on fait usage d'une solution semblable de platine étendue et aussi neutre que possible, on peut recouvrir par les procédés galvanoplastiques des objets en cuivre d'une belle couche de platine blanc; mais il n'y a que l'argent, le laiton et le cuivre qui se prêtent bien à recevoir cette platinure.

Maintenant je vais passer à la description des appareils dont on voit le dessin dans les *fig. 1* et *2*, et dont je me sers avec le plus entier succès depuis longtemps pour les opérations dont il est ici question.

(1) Voir au No XXVI les procédés de Ruolz pour la dorure de tous ces métaux.



La fig. 1 est l'appareil qui sert aux reproductions galvanoplastiques en cuivre, *aa* est un vase en verre ouvert, et rempli jusqu'en *ee* avec une dissolution parfaitement saturée de sulfate de cuivre. Le diamètre et la grandeur de ce vase sont proportionnés au volume des objets qu'on se propose de copier; *bb* est un cylindre en verre ouvert aux deux bouts, dont le diamètre est un peu plus petit que celui du vase *aa* qui contient la solution de sulfate de cuivre, et dont la hauteur est d'environ 16 centimètres (6 pouces). Ce cylindre est clos à sa partie inférieure *h* par une vessie aussi mince que possible qu'on a préalablement humectée. La cheminée en verre d'une lampe ordinaire remplira très-bien l'office de ce cylindre dans un cas ordinaire; mais il vaudra mieux se servir d'un cylindre muni d'un rebord saillant à la partie inférieure pour empêcher le fil qui sert à maintenir la vessie de glisser et de se détacher; *cc* sont deux fils bien recuits et élastiques de laiton de 1 millim. (1/2 ligne) de diamètre qui entourent le cylindre *bb* dans trois points de la moitié inférieure de sa longueur et lui servent de supports. A cet effet, ils sont à leur extrémité recourbés en crochets pour présenter un appui fixe à ce cylindre quand on le pose sur le bord du verre *aa*; *g*, *d*, *i*, *f*, *l* est un autre fil plus fort de cuivre non

recuit, d'un seul morceau, et de 4 à 5 millim. (2 lignes) de diamètre, auquel on donne facilement, au moyen d'une pince, la forme indiquée dans le dessin. En *g* et *f*, ce fil est contourné en anneau ou en spirale; et en *i*, sur une hauteur de 13 à 14 millim. (6 pouces), il est pincé de manière à serrer la paroi du cylindre. La portion *g* courbée en anneau descend dans ce cylindre jusqu'à une distance d'environ 6 à 7 millim. (3 lignes) de la vessie animale, tandis que celle *f* s'en éloigne de 6 à 8 centimètres (2 pouces 3 lignes à 3 pouces). On fera très-bien d'enduire le fil depuis le point *l* jusqu'au point *e* avec une forte couche de gomme laque, pour empêcher une précipitation inutile du cuivre dans cette partie de l'appareil.

Veut-on actuellement se servir de cet appareil bien simple pour produire une planche de cuivre en relief? on remplit, ainsi qu'il a été dit, le vase extérieur jusqu'en *ee*, avec une dissolution de sulfate de cuivre saturée, froide et préalablement filtrée à travers du papier gris. On jette en outre, pour maintenir aussi longtemps que possible la solution à l'état de saturation, quelques cristaux de sulfate de cuivre au fond du vase. On place le fil *g*, *d*, *i*, *f*, *l* à cheval sur le bord du cylindre en verre *bb*, fermé par la vessie. On pose sur l'anneau ou spirale *g* une plaque épaisse de zinc qui a d'abord été amalgamé, et dont le diamètre est proportionné à celui du cylindre; on remplit ce cylindre d'eau pure ordinaire jusqu'à la ligne ponctuée *kk*, à laquelle, suivant sa quantité, on ajoute plus ou moins d'acide sulfurique étendu d'eau; par exemple : 6 parties d'eau pour une d'acide concentré. Cela fait, on pose sur la portion *f* du gros fil courbé en anneau ou en hélice l'objet qui a été moulé en alliage fusible; puis, on introduit le tout dans le vase qui renferme la solution cuivrique, de façon que le cylindre qui porte la vessie pénètre de 5 à 6 centim. (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 3 lignes) au-dessous du niveau de la solution de sulfate de cuivre, et on le maintient dans cette position.

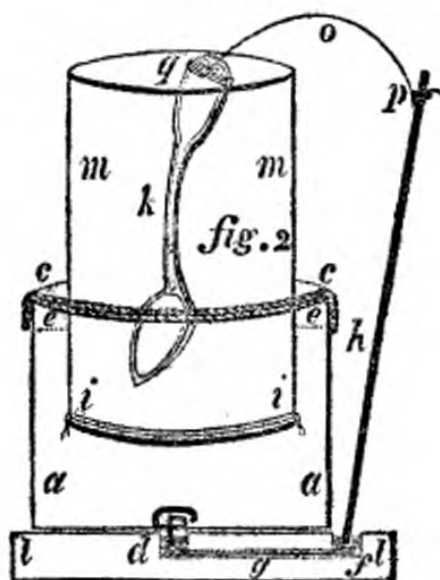
Au bout de 24 heures, on enlève le cylindre *bb* avec le fil qu'il porte, on le retire de la solution de cuivre pour renouveler l'acide étendu d'eau, nettoyer la plaque de zinc avec soin, ou la remplacer par une nouvelle, dans le cas où elle aurait été en grande partie dissoute, pour agiter avec une baguette de bois ou de verre la solution cuivrique, et dans le cas où elle ne présenterait plus une saturation suffisante pour y ajouter quelques nouveaux cristaux de sulfate.

Déjà, au bout de trois à quatre jours, le cuivre qui se sera

précipité sur le modèle aura atteint une certaine épaisseur, et au bout de six à huit jours environ, on aura obtenu une plaque épaisse de 4 à 5 millim. (2 lignes).

Pour séparer la nouvelle plaque de cuivre en relief du modèle en alliage, on n'a plus besoin que de placer la masse dans un étau ou presse, pour la limer sur les bords jusqu'à ce qu'on ait découvert le bord du modèle et l'alliage. Alors, avec une lame, on enlève avec adresse et précaution la nouvelle plaque de cuivre qui s'est formée sur le modèle sans altérer en quoi que ce soit ce dernier ; j'ai pu ainsi employer le même modèle bien des fois de suite. Mais si au lieu d'un modèle en alliage fusible on se servait de plomb laminé, ainsi qu'il a été expliqué précédemment, N° X, dernier alinéa, on ferait bien, après la frappe, c'est-à-dire après avoir moulé ce plomb sur l'original, de le soutenir sur sa face postérieure avec une autre plaque un peu épaisse de plomb, et d'unir l'une à l'autre sur les bords, ou au moins en quelques points, avec un peu de cire, pour éviter, autant que possible, que le plomb laminé ne cède et ne se déforme, et d'un autre côté pour empêcher que le moule, quand on immergera le cylindre *bb*, ne se déplace, à cause de sa légèreté, de la position qu'on lui a donnée sur l'anneau.

(FIG. 2.)



Pour dorer l'argent, le laiton et l'acier, ainsi que pour pla-

tinier le cuivre, l'argent et le laiton, je me sers de l'appareil représenté dans la figure 2, dont voici la description :

ll est un plateau en bois de 3 centimètres (1 pouce 2 lig.) environ d'épaisseur, au centre duquel est percée une cavité *d* de 7 à 8 millim. (4 lig.) de diamètre, et 12 à 15 millim. (5 à 7 lignes) de profondeur. Une autre cavité *f*, de mêmes diamètre et profondeur, est également percée près de la périphérie du plateau. Ces deux cavités sont remplies de mercure, et communiquent ensemble au moyen d'un fil de cuivre *g*, qui, à travers le bois, va de l'une à l'autre. Sur ce plateau est placé un vase de verre *aa* ouvert par le haut, et au centre et dans le fond duquel on a percé un trou avec un tiers-point humecté d'essence de térébenthine. Dans ce trou, on introduit un gros fil de cuivre qui descend de 6 à 7 millim. (3 lignes) au-dessous de son fond où il est mastiqué avec de la gomme laque, et se termine à l'intérieur du verre par un anneau ou une spirale plate destinée à porter une plaque de zinc amalgamé.

mm est un cylindre en verre ouvert par le haut et par le bas, de 10 à 11 centimètres (3 pouc. 9 lig. à 4 pouc. 1 lig.) de hauteur, et fermé à sa partie inférieure par une vessie *i*, *i*. A l'extérieur, ce cylindre a été entouré comme le cylindre *bb* de la figure 1, avec trois fils de cuivre recuits et élastiques *cc*, qui servent de supports à ce cylindre lorsqu'on le place sur le vase *aa*; *h* est un fil de cuivre de 2 millim. (1 ligne) de diamètre, dont l'extrémité inférieure plonge dans la cavité *f* remplie de mercure, et dont le bord supérieur *p* est entouré par un fil fin de platine *o*, dont l'autre extrémité *q* embrasse et soutient par quelques tours l'objet *k* qu'il s'agit de dorer.

Veut-on, par exemple, dorer une cuillère d'argent poli, on verse dans le vase *aa* jusqu'à la ligne ponctuée *ee*, après avoir toutefois placé sur l'anneau *d* une plaque de zinc amalgamé, de l'eau qu'on a aiguisée avec un peu d'acide sulfurique étendu d'eau, 12 à 20 gouttes dans 60 grammes (2 onces) d'eau. On pose ce vase sur le plateau *l*, *l*, de façon que le fil *d* plonge dans la cavité remplie de mercure; puis enfin on introduit dans ce vase le cylindre *m*, *m* fermé par la vessie et rempli d'une solution étendue de chlorure d'or. (Une partie de chlorure d'or sec et bien neutre pour environ 160 parties d'eau distillée.) On plonge alors l'extrémité du fil de cuivre *h* dans la cavité *f* qui contient du mercure, puis on immerge l'objet assujéti à l'extrémité du fil de platine *o*, et en communication par conséquent avec le fil de cuivre *h* dans la solution auri-

que. L'objet ne doit jamais rester dans cette solution d'or au-delà d'une minute ; alors on l'en retire, on le lave à l'eau pure, on l'essuie promptement avec un chiffon de toile de lin en le frottant vivement et avec soin dans toutes ses parties, puis on le plonge de nouveau dans la solution, on l'en retire au bout d'une minute une deuxième fois, on le lave, le sèche, le frotte comme précédemment. On répète cette opération 5 à 6 fois de suite, ou au moins jusqu'à ce qu'on juge que la dorure est suffisamment épaisse et colorée, car on peut, par des immersions plus ou moins nombreuses, faire une dorure aussi forte et épaisse qu'on le désire.

Pour dorer les ressorts de montre, les aiguilles de boussole et autres objets semblables, on procède exactement de la même manière. Tous ces objets sortent de la solution d'or avec le même poli qu'ils avaient avant de les soumettre au procédé galvanique, et il n'est plus besoin, après le dorage, de leur donner une seconde fois le poli.

Si, au lieu de la solution de chlorure d'or, on fait usage d'une solution de chlorure de platine concentrée au même degré, on peut, en procédant exactement de la même manière que pour le dorage, plater le cuivre, l'argent et le laiton. Par ce procédé, je suis parvenu à plater parfaitement bien des objets en cuivre obtenus par les moyens galvanoplastiques ; puis, après les avoir platinés, à les dorer d'une manière très-solide.

Si l'on se propose de dorer de gros objets en argent, tels que des sucriers, des saucières, des salières, etc., on fera bien, au lieu d'un cylindre en verre de 20 à 22 centimètres (7 pouces 5 lignes à 8 pouc. 2 lig.) de hauteur, de faire usage d'un vase également en verre, mais présentant la forme d'une capsule.

Pour argenter le cuivre et le laiton, ce qu'il y a de plus avantageux, c'est d'employer une solution de nitrate double d'argent et d'ammoniaque, avec un petit excès d'ammoniaque. J'ai trouvé qu'une solution composée avec 5 gram. (1 gros 22 gr.) de pierre infernale pulvérisée, 60 grammes (2 onces) d'ammoniaque caustique liquide, était très-propre à l'argenter ; seulement il faut faire attention que le cuivre ou le laiton, lors de la première immersion dans cette solution saline, ne reste jamais au-delà d'une seconde. On fait sécher alors, et l'on répète les immersions à plusieurs reprises, comme pour la dorure.

XXV. SUR LES MÉTHODES POUR DORER PAR LA VOIE HUMIDE,
PAR M. L. ELSNER.

On sait que, dans l'année 1834, le *London Journal of Arts* a décrit pour dorer les métaux par la voie humide une nouvelle méthode qui a donné jusqu'ici des résultats satisfaisants. Cette méthode s'est promptement répandue dans les ateliers, où chacun la pratique suivant des moyens différents aujourd'hui, à ce qu'on assure, entre eux. A peine ce nouveau mode de dorure a-t-il été connu à Berlin, que la Société d'Encouragement de cette ville a fait entreprendre à cet égard quelques expériences dont M. le professeur Schubarth a rendu compte dans les Mémoires de cette Société (année 1837, p. 152), et qui l'ont en quelques points perfectionnée.

L'importance du sujet, l'insalubrité et les dangers de l'ancien procédé de dorure, faisaient aisément prévoir qu'on ferait encore quelques tentatives pour dorer les métaux par voie humide, et en effet M. de la Rive, professeur à Genève, s'en est occupé avec quelque succès, et a fait connaître dans la *Bibliothèque Universelle* n° 50, mars 1840, une nouvelle méthode pour cet objet, dans un petit écrit intitulé : *Notice sur un procédé électro-chimique ayant pour objet de dorer l'argent et le laiton* (1).

En répétant ce procédé et en suivant les indications données par l'auteur, je n'ai pas tardé à m'apercevoir qu'en se servant d'une vessie pour contenir la solution d'or, une partie notable de cette solution était réduite; en effet, cette vessie se colorait en rouge pourpre sur toute sa surface, circonstance qui, lorsque l'opération a duré pendant quelque temps, est extrêmement incommode. L'idée me vint aussitôt d'appliquer ici le principe connu de l'appareil galvanique de M. Becquerel ou de M. Daniell, et aussitôt l'inconvénient devint bien moins sensible. Je me suis servi dans ce but, au lieu d'une vessie, d'un cylindre de verre ouvert aux deux bouts, et dont une des extrémités était fermée avec un morceau de vessie mince. C'est dans ce cylindre que j'ai versé la solution étendue d'or, en conduisant, du reste, l'opération ainsi que l'avait indiqué et pratiqué M. de la Rive.

En continuant ainsi, j'ai observé que ce sont les objets polis

(1) Voyez la description de ce procédé, No XXIII de l'Appendice.

qui se dorant le mieux, et cela d'autant plus complètement que le courant électrique est faible; on voit par conséquent que l'eau du vase extérieur n'a besoin seulement que d'être légèrement aiguisée avec quelques gouttes d'acide sulfurique ou nitrique. La dorure du laiton était rougeâtre, celle de l'argent jaune-verdâtre, ainsi que M. de la Rive l'avait lui-même observé. De plus, les doreurs auxquels je l'ai montré l'ont trouvé trop mince, ce qui était surtout remarquable sur l'argent.

J'étais encore tout occupé à répéter ce procédé galvanique de dorure, lorsqu'apparut l'article du doct. R. Boettger, *sur un appareil simple pour dorer ou platinier l'argent, le laiton ou l'acier par voie galvanique* (1). Cet appareil différait peu de celui dont je me servais alors; seulement j'y avais apporté une légère modification qui le rendait plus commode dans la pratique. Ainsi, aux fils de laiton qui servent de support au cylindre intérieur, j'ai substitué une planchette sur laquelle est fixée une petite pince à ressort en laiton qui maintient ce cylindre et permet de le rapprocher plus ou moins, à volonté, de la plaque de zinc. Je puis aussi me servir de cylindres plus ou moins gros, attendu qu'une vis sert à faire varier l'ouverture de la pince.

Par cette dernière méthode la dorure réussit fort bien, à la condition toutefois que les objets à dorer ont été préalablement polis avec beaucoup de soin, et de plus, après qu'on les a retirés de la solution aurique, qu'ils ont été séchés et frottés fortement avec un chiffon de toile de lin très-fine.

En répétant les essais de M. Boettger, j'ai trouvé que pour aiguiser convenablement l'eau du vase extérieur il suffisait d'y verser une seule goutte d'acide sulfurique étendu par 30 grammes (1 once) d'eau: je prends ordinairement 600 grammes (1 livre 4 onces) d'eau et vingt gouttes d'acide sulfurique, et l'opération réussit à souhait; on voit donc qu'on peut étendre beaucoup plus la liqueur acide que ne le conseillait l'auteur, sans avoir à craindre des résultats défavorables.

J'ai aussi dissous une partie de chlorure d'or bien sec dans 160 parties d'eau distillée, et je me suis servi de cette solution pour dorer une cuillère d'argent polie à blanc; mais au lieu d'une dorure jaune et pure, je n'ai obtenu qu'un enduit jaune noirâtre. Je n'ai pas tardé à m'apercevoir que la cause de cette

(1) Nous nous fait connaître cette méthode, ainsi que les appareils dont on fait usage, No XXIV de l'Appendice.

mauvaise opération dépendait en partie de la réaction acide de la solution d'or, et en partie de sa concentration, car quoique j'eusse employé un chlorure neutre, suivant l'opinion des chimistes, la solution n'en avait pas moins une réaction acide que je me suis vu forcé de neutraliser par du carbonate de soude pur que j'ai fait dissoudre dans de l'eau distillée.

Pour essayer le degré utile de concentration de la solution aurique, je me suis servi d'une petite lame d'argent parfaitement polie que j'y ai fait plonger. Lorsque cette lame, après une immersion d'environ une minute, n'a pas passé au noir, et au contraire a présenté par le frottement une belle couleur d'or, alors j'ai considéré la solution aurique comme propre à être employée à la dorure par voie galvanique. Il n'y a qu'une solution d'or neutralisée par du carbonate de soude, et étendue ainsi qu'il a été dit, qui fournisse des résultats satisfaisants, circonstance extrêmement importante à connaître.

M. Boettger a annoncé que pour la dorure on pourrait également se servir du sel double consistant en chlorure d'or et en chlorure de sodium; mais comme le moyen que j'indique de neutraliser la solution aurique par quelques gouttes d'une dissolution de carbonate de soude pur atteint le même but, je lui donne, à cause de sa simplicité, la préférence.

Les cuillères d'argent poli, dorées ainsi qu'il vient d'être dit, ont une belle couleur d'or pur, et non pas cette couleur jaune verdâtre que j'avais obtenue dans mes premiers essais. Ce succès provient tout simplement de ce qu'on a étendu la solution d'or.

Cette dorure supporte très-bien l'effet du brunissoir d'acier, et prend sous son action un fort beau poli; avec l'eau régale elle se comporte de la même manière qu'un objet de même espèce doré au mercure. J'ai remarqué aussi que c'étaient particulièrement les portions de la cuillère d'argent qui étaient tournées du côté du pôle positif qui ont pris la dorure la plus belle et la plus épaisse, et qu'il convient en conséquence de faire changer alternativement le point auquel on fixe le fil de communication.

Si pour cet objet on prend, au lieu d'un fil de platine, un fil de cuivre, la dorure devient rouge. M. Boettger avait déjà eu l'occasion de faire la même remarque.

Je vais communiquer maintenant les résultats que j'ai obtenus jusqu'à présent dans la série de mes essais pour dorer par voie humide d'autres métaux que l'argent. M. de la Rive,

ainsi qu'on l'a pu voir dans sa note, n'a pas réussi à dorer l'acier; au contraire, M. Boettger est parvenu avec son appareil à dorer des objets d'acier. Quant à moi j'ai trouvé que des ressorts en acier que j'avais complètement débarrassés de la couche d'oxide bleu qui les recouvrait, en les traitant par l'acide chlorhydrique étendu de manière à les rendre parfaitement blancs, prenaient une dorure fort belle quand on les immergeait dans une solution d'or neutralisée par le carbonate de soude, qu'on les y laissait une à deux minutes, puis qu'on les en retirait aussitôt, les essuyait et les frottait fortement avec un chiffon fin. La répétition de cette opération donne une dorure fort brillante, et elle présente cet avantage remarquable qu'on parvient ainsi à dorer l'acier par un moyen très-simple, et sans qu'il soit nécessaire d'employer un appareil.

Relativement à la dorure du cuivre, j'ai remarqué qu'un fil de ce métal bien décapé, dont je m'étais servi pendant quelque temps pour y fixer l'argent faisant fonction d'électrode négatif, s'était si fortement doré qu'un frottement très-énergique ne suffisait pas pour enlever la dorure. J'ai réussi également à dorer très-prompement une feuille de cuivre parfaitement décapée en la plongeant pendant un temps plus prolongé dans la solution aurique neutralisée avec soin, comme il a été dit, et en opérant ainsi que je l'ai déjà expliqué. M. Boettger a prétendu qu'un objet en cuivre ou recouvert de cuivre qu'on a employé comme électrode négatif se dorait d'une manière à peine sensible, quelque prolongée que fût l'action du courant galvanique; on voit par l'observation précédente que mes résultats diffèrent des siens sous ce rapport.

Quant à ce qui concerne la dorure du laiton par voie galvanique, M. Boettger a annoncé que cet alliage se dorait aussi bien que l'argent. Les résultats de mes expériences faites en particulier sur des rosettes de laiton poli des fabricants de bronze ont présenté pour cet alliage une dorure méconnaissable tant elle était rouge, de même, au reste, que M. de la Rive l'avait remarqué, puisqu'il n'avait jamais pu produire ainsi le beau jaune d'or qu'il obtenait dans la dorure sur argent.

Si au lieu d'une solution de chlorure d'or on se sert d'une solution de chlorure de platine, ou, ce qui est préférable, d'une solution de chlorure double de platine et de sodium, qu'il est facile de préparer en dissolvant dans l'eau distillée parties égales de chlorure de platine sec et de sel commun, et qu'on

opère dans l'appareil indiqué, absolument de la même manière que pour la dorure par voie galvanique, on peut couvrir d'une couche mince de platine l'argent, le cuivre et le laiton. Cette platinure a une couleur gris d'acier, et est brillante principalement quand on fait usage du sel double ci-dessus. M. Boettger, qui a aussi indiqué ce moyen dans sa notice, s'en est servi pour garantir des influences nuisibles de l'atmosphère les planches de cuivre en relief qu'il obtient par voie hydro-électrique, parce qu'une argenture de ces pièces par voie galvanique ne lui a pas présenté de bons résultats. Les planches de cuivre ainsi plaquées peuvent être dorées aisément par ce procédé galvanique.

J'ai répété aussi ces expériences, et j'ai obtenu les mêmes résultats; toutefois, je dois faire remarquer que pour garantir de l'oxidation les planches de cuivre en relief obtenues par le galvanisme, je n'ai pas trouvé de procédé à la fois plus pratique et plus simple, que de les argenter ou de les dorer à froid. D'abord, toutes les planches en relief que j'ai préparées, je les ai frottées après les avoir décapées avec une dissolution de nitrate et de sel commun : un frottement très-léger suffit pour cela; puis je les ai nettoyées avec de la craie en bouillie. Par ce procédé elles ont été parfaitement argentées et mises à l'abri des influences atmosphériques de la manière la plus simple et la plus facile, et sans avoir besoin d'aucun appareil.

Pour dorer ces planches à froid, j'ai trempé des chiffons de toile dans une solution d'or concentrée, j'ai fait sécher et incinérer ces chiffons, puis j'ai frotté avec la poudre brune que j'ai obtenue en ajoutant un peu de sel commun et d'eau. J'ai obtenu très-aisément par cette voie une dorure qui garantit le cuivre de l'oxidation.

On pourrait être disposé à croire que tant dans l'argenture que dans la dorure à froid il faut frotter l'objet fortement, mais il n'en est rien, et en cela ce procédé diffère complètement de la dorure et de la platinure par voie galvanique, où, au contraire, le frottement énergique et répété est une condition indispensable à remplir.

Si nous cherchons actuellement à déterminer la valeur, sous le point de vue pratique de la méthode que M. de la Rive a trouvée pour dorer par voie galvanique, cette méthode, dans mon opinion, doit prendre rang à côté de l'ancien mode bien connu de dorure à froid, qui, à cause de sa simplicité et

de son exécution facile, doit, dans certains cas, mériter la préférence sur la méthode galvanique, qui a besoin, pour être pratiquée, d'un appareil qui, tout simple qu'il peut être, n'en rend pas moins le procédé plus compliqué.

Sous le rapport de la couleur de la dorure, je serais assez disposé à accorder une supériorité à la belle couleur jaune vif d'or de la méthode galvanique sur le jaune d'or moins brillant de la dorure à froid; mais tous les praticiens savent très-bien qu'on parvient aisément à modifier à volonté la couleur de la dorure à froid. Je dois faire observer aussi que ce qui vient d'être dit s'applique aux objets en argent; sur le laiton j'ai obtenu par la dorure à froid un jaune d'or pur et non pas un jaune rougeâtre, comme par la méthode galvanique, qui, dans ce cas, d'après mes expériences, ne s'applique avec avantage qu'aux objets en argent.

L'emploi d'un appareil électro-chimique pour la dorure dans des applications en grand, me paraît assez limité, tandis que si l'on considère l'usage pratique qu'on peut faire de la méthode anglaise pour dorer par voie humide, on voit, au moins en tant qu'il a été permis jusqu'à présent d'en juger par l'essai des méthodes galvaniques qu'on a fait connaître, que cette méthode est préférable dans la pratique. Par le procédé anglais on peut dorer le cuivre, le laiton, le bronze, le fer-blanc, le pack-fong, l'argent, l'acier et le zinc; et tous les jours on voit des pièces dorées par ce procédé qui peuvent rivaliser avec celles dorées au feu. Ce mode de dorure supporte fort bien le poli, ainsi que les procédés qu'emploient les bijoutiers pour mettre l'or en couleur, ce dont je me suis assuré par des expériences positives.

Je terminerai cette note par la remarque suivante. D'après les essais que je viens de faire connaître, je conseille à ceux qui travaillent la bijouterie d'imitation d'or d'entreprendre des expériences sur le mérite de la dorure par voie galvanique; quant à moi, les résultats que j'ai obtenus, par les méthodes parvenues jusqu'à présent à ma connaissance, me font penser que cette dorure ne sera pas aussi avantageuse dans la pratique que la méthode anglaise de dorer les métaux par la voie humide.

XXVI. NOTICE SUR UN PROCÉDÉ NOUVEAU POUR LA DORURE SANS MERCURE DE L'ARGENT, DU CUIVRE, DU LAITON, DU BRONZE, DU MAILLECHORT, DU PLATINE, DE L'ACIER ET DE L'ÉTAIN, ET POUR L'ARGENTURE DE TOUS CES MÉTAUX ET DU FER, PAR M. H. DE RUOLZ, CHIMISTE.

Depuis longtemps, dans l'intérêt du commerce et de la salubrité publique, les savants et les industriels ont cherché avec ardeur les moyens de substituer pour la dorure un autre procédé à celui du mercure, dont les effets déplorables sur la santé des ouvriers sont généralement connus. Ces effets consistent principalement dans une perturbation du système nerveux, la destruction quelquefois complète de l'intelligence, et la diminution possible de la durée de la vie. Chaque pas fait dans une voie nouvelle est donc à la fois un service rendu aux arts et à l'humanité.

Procédés essayés jusqu'ici. Plusieurs procédés ont été tentés jusqu'à présent; le plus ancien, que nous ne ferons que mentionner, est connu dans le commerce sous le nom de dorure au ponce ou au bouchon, c'est-à-dire par le frottement avec de l'or très-divisé obtenu par précipitation, ou par l'incinération de linges imbibés de chlorure d'or. Ce moyen n'offre aucune solidité, et ne s'applique qu'à l'argent et aux surfaces polies. Leur peu de solidité a fait également proscrire les dorures par les solutions éthérées de chlorure d'or, d'ailleurs trop dispendieuses pour les objets volumineux.

1^o *Procédé anglo-allemand.* Les deux seuls procédés qui méritent de l'intérêt sont :

Un procédé décrit dans le rapport annuel de M. Berzélius pour 1839, comme employé depuis longtemps en Angleterre et en Allemagne. M. Elkington, négociant anglais, a obtenu, pour ce procédé, un brevet d'importation exploité depuis quelques années à Paris par M. E. Lambert. Il consiste à plonger le métal à dorer dans une solution bouillante d'aurate de potasse obtenue par des voies empiriques. D'après les renseignements que nous avons pris dans le commerce, ce procédé donne des résultats avantageux comme apparence, mais offre trop peu de solidité. Il paraît que c'est à l'aide de procédés particuliers de dérochage qu'on parvient à donner à une très-faible couche d'or l'apparence d'une belle dorure, et que l'on ne peut donner à cette couche une épaisseur suffisante. Au reste, ce procédé ne s'applique qu'à la bijouterie de cuivre ;

il ne donne aucun avantage ni sur le mercure, ni comme économie sur les *objets fondus*, et ne peut s'appliquer aux *grosses pièces*. Il est donc sans résultat pour le commerce du bronze doré qui occupe le plus grand nombre des ouvriers doreurs. Il ne s'applique pas non plus à l'orfèvrerie, et par conséquent ne peut remplacer le mercure que dans une spécialité très-restreinte, et qu'un caprice de la mode peut annuler.

2^o *Procédé de M. de la Rive*. En avril 1840, dans un mémoire remarquable, M. A. de la Rive a annoncé être parvenu à dorer le laiton et l'argent en se basant sur deux belles découvertes de M. Becquerel, savoir l'action chimique des faibles courants électriques, d'où résulte l'arrivée de l'or, molécule à molécule, sur tous les points de la surface à dorer, et l'emploi de sacs de baudruche ou de vessie pour séparer les dissolutions traversées successivement par le même courant, le courant pouvant ainsi passer sans que les dissolutions se mêlent. (1)

Lorsque parut le beau travail de M. de la Rive, croyant le problème résolu, j'avais abandonné mes recherches depuis longtemps entreprises, lorsque des informations prises dans le commerce m'apprirent que les industriels qui avaient fait l'essai de ce procédé, y avaient renoncé, principalement à cause de l'impossibilité d'arriver à une couleur franche jaune d'or, et aussi par quelques motifs que nous allons chercher à exposer brièvement.

Il est difficile et coûteux d'obtenir à l'état complètement neutre la dissolution de chlorure d'or dans laquelle plonge l'objet à dorer, et d'ailleurs il est évident qu'à chaque molécule d'or qui se dépose, la partie de chlore qui tenait cet or en dissolution, devenant libre, attaque les points non encore dorés et les noircit. On me répondra que le chlore est porté par le courant, ainsi que l'oxygène, hors de l'enceinte à laquelle la vessie sert d'enveloppe; mais il n'en est ainsi, au moins *complètement*, qu'en théorie, car il est certain que les pièces se recouvrent d'une couche noire qui nécessite, d'après le mémoire même de M. de la Rive, des lavages à l'eau acidulée et des frictions assez fortes avec un linge à la suite des immersions plus ou moins nombreuses, nécessaires pour dorer la pièce. Il en résulte l'impossibilité de dorer les objets très-déliés, ni ceux qui présentent des anfractuosités, où un linge ou une brosse ne peut pénétrer, ni les objets mats que les frottements

(1) Voyez le mémoire de M. de la Rive, No XXIII de l'Appendice.

brillantent, ni le bronze, mais seulement des surfaces qui peuvent se polir. De plus, la couleur (mémoire cité) n'est pas celle que le commerce exige; elle a toujours un œil noirâtre. L'emploi des sacs de vessie exclut d'ailleurs les pièces d'une grande dimension.

Etat réel de la question. Il est une base à établir, c'est que pour atteindre le but cherché, la suppression du mercure dans les ateliers, il faut réaliser les conditions suivantes :

1^o Dorer tous les métaux employés;

2^o Dorer des pièces de toute forme, de toute dimension ;

3^o Dorer le mat comme le poli;

4^o Donner les différentes teintes que le commerce demande.

Les chefs d'établissement ne pouvant avoir des ouvriers différents, un outillage distinct pour chaque classe d'objets à dorer, n'abandonneront le mercure que quand ils pourront le faire *complètement*. De plus, il faut, comme condition *sine quâ non*, pour déterminer un tel changement d'habitudes, arriver *sur tous les genres d'objets* à une économie notable, avec une beauté et une solidité égales.

Considéré ainsi sous son véritable point de vue, le but ne nous semble jusqu'ici atteint par aucun des procédés connus.

Nous espérons que le procédé que nous avons l'honneur d'exposer paraîtra remplir toutes ces conditions.

3^o *Procédé Ruolz.* Après de longues recherches et l'emploi de divers moyens plus ou moins imparfaits, que je ne décrirai pas ici, je suis arrivé à m'imposer à moi-même les conditions suivantes :

Agir sur tous les métaux à froid et en employant le courant produit par une forte pile à courant constant.

En effet, en réalisant ce programme, j'obtenais les avantages suivants :

1^o N'opérant qu'à froid, j'obtenais une économie notable; l'impossibilité de gauchir ou déformer les objets délicats; une plus grande rapidité d'exécution; plus de facilité à trouver une réserve propre à tracer des dessins; faire sur les pièces des mélanges d'or et d'argent, etc., etc.

2^o Par l'emploi d'une forte pile, j'étais dispensé de l'usage des sacs ou cloisons en vessie, qui durent peu, sont délicates à établir, et plus ou moins sujettes à des infiltrations, soit à

travers la membrane elle-même, soit à travers les fissures du mastic qui la fixe : j'évitais l'emploi de ce mastic même, et la construction de vases spéciaux plus ou moins compliquée.

N'étant plus astreint à une forme de vase déterminée, je pouvais accroître facilement leurs dimensions, et par suite le nombre et le volume des pièces à dorer.

Par l'emploi d'une pile à courant constant, je devais obtenir beaucoup plus d'égalité dans la dorure.

Enfin, possédant dans la pile un instrument dont je pouvais, à mon gré, augmenter ou réduire l'énergie, il me devenait facile de dorer ou un seul objet ou un grand nombre à la fois, et de réussir également sur les plus petites comme sur les plus grandes surfaces.

Il y avait de grandes difficultés à vaincre : pour pouvoir plonger les deux pôles de la pile dans le même liquide, il fallait trouver une combinaison d'or dont l'élément électro-négatif fût sans action possible, au moins à froid, sur le métal à dorer. Il me fut démontré que cet élément était le cyanogène, et l'expérience me conduisit aux résultats suivants :

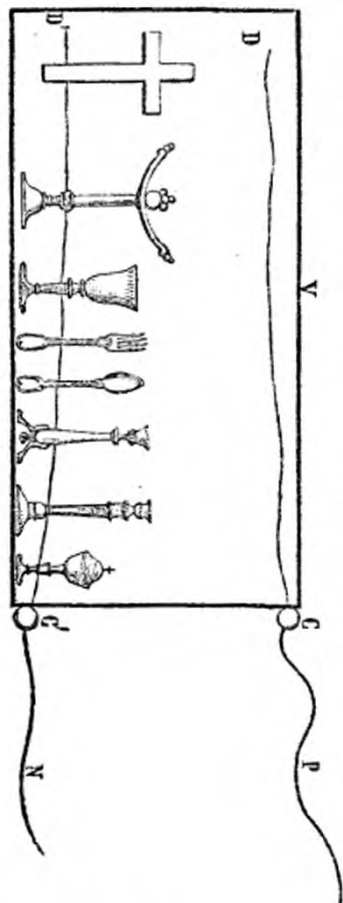
Je dissous 10 parties de cyanure de potassium dans 100 parties d'eau distillée ; je filtre et j'introduis dans la liqueur une partie de cyanure d'or préparé avec soin, bien lavé, séché à l'abri de la lumière et broyé avec soin dans un peu d'eau, où je le laisse bien s'hydrater. Je renferme le tout dans un flacon bouché à l'émeri que je remue fréquemment, et que je maintiens à l'abri de la lumière à une température de $+15$ à $+25^{\circ}$. Au bout de trois jours environ la solution est complète. Je n'ai plus qu'à filtrer pour l'employer.

Les dissolutions peuvent se préparer au fur et à mesure des besoins prévus ; nous en avons conservé trois mois sans aucune altération sensible.

L'habitude seule peut déterminer l'énergie à donner au courant, selon l'étendue de la surface que présente l'objet ou la collection d'objets à dorer. Le mieux est d'avoir à sa disposition une forte pile dont on supprime au besoin le nombre d'éléments convenable. Le vase renfermant la dissolution où plongent les objets à dorer peut être en verre ou en terre. L'objet à dorer est attaché à un fil de cuivre très-fin, allant au pôle négatif ; le pôle positif est représenté par un fil de platine. Il est avantageux que ce dernier ne soit pas placé trop

près des objets à dorer, et s'étende sur toute leur longueur.

Voici la disposition ou plan de l'appareil.



V, vase contenant la dissolution d'or; P, fil de platine venant du pôle positif, enroulé autour de la cheville de verre C, et descendant au fond du vase où il est étendu jusqu'en D, sur une longueur égale à celle de la ligne d'objets à dorer; N, fil de cuivre venant du pôle négatif, enroulé autour de la cheville de verre C', et descendant au fond du vase où il est étendu jusqu'en D'. Sur ce fil repose la série des objets à dorer.

La durée de l'opération, qui ne dépasse guère la limite d'une à dix minutes, est subordonnée à la surface, aux anfractuosités de la pièce à dorer. Les surfaces polies se dorent plus rapidement que celles à l'état mat. Il est facile à l'opérateur de suivre de l'œil les progrès de la dorure, et de retirer les pièces à mesure qu'elles lui paraissent assez chargées. Avant la dorure elles doivent être bien dégraissées par les procédés ordinaires. Après la dorure il suffit de les laver à grande eau, de les bien essuyer et de les sécher dans le son ou la sciure de bois. Elles sup-

portent ensuite parfaitement le polissage ou le brunissage.

L'argent, le platine, le cuivre, le laiton, le bronze, le maillechort, l'acier, préalablement dérochés, sont également bien dorés par ce procédé; pour l'étain, nous trouvons avantageux de le recouvrir d'abord d'une légère pellicule de cuivre, à l'aide d'une solution de cyanure de cuivre dans le cyanure de potassium.

Le cyanure d'argent, dissous dans le cyanure de potassium (mêmes proportions que celles données pour l'or), offre pour l'argenture de tous les métaux que nous venons de citer et du fer, des résultats également avantageux. Cette argenture offre une solidité égale à celle du plaqué sur des objets dont la forme compliquée ne permet pas le placage, et elle a sur le fer l'avantage de n'être pas repoussée par la rouille, ainsi que cela a lieu pour le fer argenté par les procédés connus. Ces deux derniers points sont d'une haute importance pour l'art de la sellerie.

Jusqu'ici nous avons employé une pile de cinquante éléments, les plaques ayant environ 135 millim. (5 pouces) de hauteur sur 108 millim. (4 pouces) de largeur.

Les frottements énergiques auxquels résiste cette dorure et cette argenture ne laissent aucun doute sur leur solidité. Il est à remarquer que nous pouvons augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or et d'argent.

Quant à l'économie, nous pouvons déjà offrir au commerce une forte réduction sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure; or, nul doute que l'on ne puisse diminuer le prix en raison de l'importance des travaux, puisque les frais généraux et de main-d'œuvre deviendront de plus en plus faibles relativement à la dépense totale, un seul homme pouvant, en quelques minutes, dorer ou argenter un grand nombre de pièces à la fois.

Nous pouvons aisément, en combinant l'énergie du courant et la couleur de la surface à dorer, obtenir les diverses teintes que le commerce emploie. Il est facile aussi de les entremêler sur la même pièce, qui peut offrir des parties dorées de diverses teintes, d'autres bronzées ou argentées.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces détails purement pratiques, mais nous demandons la permission d'établir les points qui nous paraissent caractériser ici l'invention.

1° L'emploi de la pile. Le seul savant qui se soit occupé de l'application de l'électricité à la dorure, M. A. de la Rive, s'exprime ainsi dans son mémoire.

« J'essayai, il y a environ quinze ans, de faire passer le courant d'une forte pile à travers une solution d'or, en mettant au pôle positif un fil de platine et au fil négatif l'objet à dorer; *mes essais ne furent pas heureux* : je ne pus, par ce moyen, dorer que du platine, etc. Quant au laiton et à l'argent, *je ne réussis pas à les dorer*; l'action chimique qu'exerçait sur ces métaux la solution d'or, toujours très-acide, les dissolvait eux-mêmes et empêchait l'or d'adhérer à leur surface. »

3° L'emploi, pour la première fois, des solutions de cyanures d'or et d'argent, qui, n'attaquant pas le métal à dorer, détruisent l'obstacle qui avait arrêté le physicien que nous venons de citer et empêché jusqu'ici l'action de la pile.

Dans le cours de toutes nos opérations, il se forme au pôle positif divers produits dont l'étude nous a paru mériter un examen particulier qui fera l'objet d'un travail qui sera publié prochainement.

Nous terminerons en émettant le vœu que ces essais, qui nous ont coûté de longs travaux et des frais considérables, puissent être utiles à la science, d'une part, en portant l'attention des chimistes sur une classe de produits, les cyanures, peu étudiés jusqu'ici à cause de leur peu d'application; de l'autre, en popularisant l'usage de cet admirable instrument, la pile, que nous appliquons pour la première fois à l'industrie, et dont la construction, jusqu'ici arriérée, fera dès lors, nous n'en doutons pas, des progrès rapides. Qui peut prévoir les découvertes que le hasard même pourra faire naître de la pile répandue dans un grand nombre de mains, de la pile devenue un outil?

Résumé. Ce procédé repose sur la décomposition, à l'aide d'une forte pile à courant constant, des cyanures d'or ou d'argent dissous dans une proportion donnée de cyanure de potassium.

Le seul savant qui se soit occupé de l'application de l'électricité à la dorure, M. de la Rive, déclare lui-même dans son mémoire n'avoir pu réussir avec la pile et y avoir renoncé.

Quant aux cyanures d'or et d'argent, ils n'ont encore été employés par personne et rendent praticable et facile l'usage jusqu'ici impossible de la pile.

Enfin, considérant que la suppression du mercure, pour pouvoir s'effectuer dans les ateliers, doit pouvoir être complète, le but ne peut être atteint qu'en remplissant les conditions suivantes :

1° Dorer sur tous les métaux qu'il est d'usage de dorer.

2° Dorer les objets du plus grand volume, comme ceux les plus délicats.

3° Donner à volonté les teintes diverses que le commerce désire.

4° Réussir sur le mat comme sur le poli.

5° Pouvoir faire sur la même pièce des mélanges de mat et de poli, de diverses teintes, et, au besoin, de bronze, d'or et d'argent.

6° Offrir une suffisante rapidité d'exécution.

7° Pouvoir augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or, et faire ou des dorures très-légères et de bas prix, ou des dorures très-fortes et d'un prix plus élevé; en un mot, pouvoir déposer à la surface d'un objet un poids d'or donné.

8° Enfin, offrir dans toutes les circonstances une économie notable sur les prix les plus inférieurs de la dorure au mercure.

Notre procédé est le *seul* qui remplisse *toutes* ces conditions, et il s'applique de plus avec le plus grand succès à l'argenterie.

XXVII. RAPPORT FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES SUR LES NOUVEAUX PROCÉDÉS INTRODUITS DANS L'ART DU DOREUR; PAR MM. ELKINGTON ET DE RUOLZ.

« Un art nouveau, de la plus haute importance, car il tend à rendre générales les jouissances du luxe le mieux raisonné, vient, sinon de naître en France, du moins d'y recevoir des développements inattendus. C'est l'art d'appliquer à volonté les métaux les plus résistants ou les plus beaux, en couches minces comme celles d'un vernis, ou en couches plus épaisses à volonté, sur des objets façonnés avec d'autres métaux moins chers et plus tenaces que ceux-ci.

« Ainsi; des objets en fer, en acier, c'est-à-dire tenaces, durs ou tranchants, mais oxydables à l'air, peuvent, tout en conservant leurs anciennes propriétés, devenir inaltérables au moyen d'un vernis d'or, de platine ou d'argent, vernis si léger et si mince que leur prix s'en ressent à peine.

« Des ustensiles en cuivre, laiton ou étain, qui seraient dangereux ou désagréables, peuvent recevoir la même préparation en couches plus épaisses et devenir inaltérables à l'air, inodores et d'un emploi salubre. Et comme l'agent qui opère de tels effets possède une puissance sans limites, il faut ajouter

que ce n'est pas seulement l'or, le platine et l'argent qu'on peut appliquer sur quelques métaux, mais le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, le cobalt, etc., qui, mis à contribution selon les circonstances, viennent à leur tour changer l'aspect des objets sur lesquels on les force à se déposer ou bien leur communiquer des propriétés utiles et nouvelles.

» C'est assez dire que l'agent qui détermine ces précipitations métalliques n'est autre chose que la pile, mais la pile appliquée à des dissolutions d'une nature convenable et dont jusqu'ici la nécessité n'avait point été comprise pour ces sortes de réactions.

» Nous demanderons à l'Académie la permission de l'arrêter quelques moments sur un art qui aura pour effet presque certain de détruire tous les ateliers si dangereux de dorure au mercure, qui transportera jusque dans la plus humble chaumière l'usage agréable et salubre de l'argenterie, qui permettra d'appliquer le vermeil à une foule d'objets d'usage commun, et qui par cela même provoquant une déperdition considérable des métaux précieux, viendra ranimer l'exploitation des mines d'argent, rehausser le prix avili de ce métal, et faire équilibre à l'excès de production, qui à son égard se manifeste depuis longtemps d'une manière si frappante.

» La Commission formée au Ministère des Finances, par M. Lacave-Laplagne, pour l'examen de nos monnaies, de nos ateliers monétaires et la refonte générale de tous nos métaux en circulation, verra donc avec plaisir une découverte qui tend à corriger un inconvénient dont elle s'était vivement préoccupée, l'accumulation excessive de l'argent en France, qui en moins de quinze années a vu doubler son capital en argent et disparaître les 5/7 au moins de son capital en or. Mais elle verra peut-être aussi avec quelque inquiétude qu'à tant de causes qui menacent la situation de nos monnaies en circulation, les procédés nouveaux, les forces nouvelles dont l'industrie s'empare, viennent ajouter des moyens de fraude jusqu'à présent inconnus. Chacun de ses membres trouvera, nous n'en doutons pas, dans ce peu de paroles où nous ne pouvons pas néanmoins dire toute notre pensée, un motif grave et profond pour appeler de tous ses vœux et pour susciter autant qu'il est en lui de le faire, la mise en pratique des résolutions longuement élaborées qui auraient pu déjà placer nos monnaies dans une situation moins dangereuse pour le pays et mieux en harmonie avec l'état actuel des sciences et des arts.

« Les détails dans lesquels nous allons entrer feront aisément comprendre, en effet, les conditions nouvelles dans lesquelles va se trouver le commerce et le maniement des métaux précieux, en présence d'un art qui permet de dorer, d'argenter, de platinier toute matière métallique, à toute épaisseur, sans altérer en rien ses formes les plus délicates; d'un art qui, avec l'objet, permet de refaire le moule, tout comme avec le moule il donne le moyen de reproduire l'objet; d'un art, enfin, où les produits s'obtiennent sans bruit, sans appareil, sans dépense première, sans main-d'œuvre, et où le moindre emplacement suffit pour une exploitation étendue.

« La Commission connaît toute la gravité de ses paroles; elle les a mûrement pesées. Mais il était de son devoir de réveiller alors qu'il en est temps, et en présence d'un danger inévitable, la sollicitude de l'administration et celle du commerce.

« La dorure sur laiton et argent, celle qui se pratique le plus, se faisait constamment, il y a peu d'années encore, au moyen du mercure. Après avoir décapé soigneusement la pièce, on la barbouillait d'un amalgame d'or, puis on la passait au feu; le mercure s'évaporant, laissait l'or à la surface de la pièce. Mais, dans la pratique d'un pareil procédé, les ouvriers, exposés sans cesse au contact du mercure liquide ou à l'action du mercure en vapeurs, éprouvent au plus haut degré les funestes effets de l'empoisonnement par les émanations mercurielles.

« L'Académie a toujours pris un intérêt particulier au perfectionnement de cette industrie, sous le rapport de la salubrité. En 1818, un prix de 3000 francs, fondé par un ancien doreur sur bronze, M. Ravrio, a été décerné par elle à notre confrère M. d'Arcet, qui, à cette époque, n'avait pas encore été appelé dans son sein par la Section de Chimie. Depuis lors, l'Académie n'a pas perdu de vue l'art du doreur; elle a suivi tous les essais dont il a été l'objet, avec l'espoir d'y trouver la solution d'une question si digne de la sollicitude de tous les amis de la classe ouvrière.

« C'est dans cet esprit que la Commission des arts insalubres est venue proposer cette année à l'Académie, de récompenser l'introduction dans les arts de la dorure galvanique, ainsi que la découverte de la dorure par voie humide, qui, mise en pratique sur le laiton, tant en Angleterre qu'en France, y est devenue l'objet d'un commerce important, sûr garant de son succès et de sa valeur.

» La Commission distingua l'un de l'autre ces deux procédés de dorure, par la raison que le premier, qui repose sur l'emploi de la pile, permet d'obtenir de la dorure à toute épaisseur et de dorer tous les métaux, ce qui l'assimile au procédé de la dorure au mercure, tandis que le second fournit une dorure mince, qui ne remplace réellement pas la dorure au mercure, et qui le plus souvent ne s'applique pas aux mêmes objets. Cependant elle soumit les ateliers où se pratique la dorure par voie humide à un examen scrupuleux; elle en étudia les procédés avec soin; elle les fit répéter et varier sous ses yeux.

» Mais au moment où elle allait faire connaître son opinion à l'Académie, de nouveaux incidents vinrent compliquer la question, en lui donnant des proportions et un intérêt tout-à-fait imprévus.

» En effet, la Commission connaissait diverses publications ou documents émanés de M. de la Rive, professeur de physique et correspondant de l'Académie, où cet habile physicien fait connaître les résultats qu'il a obtenus par la dorure exécutée au moyen de la pile, en agissant sur des dissolutions de chlorure d'or. Ce procédé, dont la commission avait compris tout l'avenir, permet d'augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or, mais il offre des inconvénients réels, dus à quelques difficultés d'exécution et à certains défauts d'adhérence entre l'or et le métal sur lequel on l'applique. Le principe physique, base du nouvel art une fois trouvé, il fallait encore y joindre toutes les ressources chimiques nécessaires pour rendre la dorure solide, brillante, capable de prendre le mat, le bruni et les couleurs; enfin, il fallait surtout rendre l'opération économique.

» La Commission connaissait aussi tout ce qui concerne le procédé de dorure par voie humide, tel que le pratique M. Elkington, soit en France, soit en Angleterre, et elle avait constaté que ce procédé ne pouvait pas remplacer, dans le plus grand nombre des cas, la dorure au mercure. En effet, par la voie humide on ne peut fixer qu'une quantité d'or tellement faible à la surface de la pièce, qu'il est impossible à la meilleure dorure par voie humide d'atteindre l'épaisseur à laquelle la plus mauvaise dorure au mercure est forcée d'arriver.

» Ainsi il restait quelques doutes dans l'esprit de la Commission, sur l'efficacité du procédé de M. de la Rive dans la pratique, quoiqu'il parût de sa nature capable de remplir l'objet que se propose la dorure au mercure, et elle était de-

meurée convaincre que, de son côté, le procédé de M. Elkington ne remplace pas la dorure au mercure, tout en constituant une nouvelle et très-intéressante industrie. La Commission avait cru pouvoir conclure de ses essais, que le procédé de M. de la Rive donne une dorure assez épaisse, mais manquant de solidité, d'adhérence, tandis que celui de M. Elkington, où l'adhérence est parfaite, ne donne pas l'épaisseur qu'exigent les pièces bien fabriquées au mercure.

» Diverses réunions de la Commission, où les représentants de M. Elkington avaient été appelés, avaient fourni l'occasion à ses divers membres d'exprimer très-nettement leur opinion sur ce point, et l'on n'avait fait connaître aucune solution à la difficulté dont nous étions préoccupés.

» Sur ces entrefaites, l'Académie reçut de M. de Ruolz un Mémoire où se trouvent décrits des procédés dans lesquels l'auteur, combinant l'emploi de la pile et celui des dissolutions d'or dans les cyanures alcalins, arrive à obtenir sur tous les métaux une dorure à la fois adhérente, solide et d'une épaisseur susceptible de se modifier à volonté, depuis des pellicules infiniment minces, jusqu'à des lames de plusieurs millimètres. Généralisant son procédé, M. de Ruolz l'applique à l'or, à l'argent, au platine et à nombre d'autres métaux plus difficiles à réduire.

» Ce Mémoire, les produits qui l'accompagnaient, avaient vivement excité l'intérêt de la Commission, lorsque l'agent de M. Elkington, à Paris, s'empressa de soumettre à l'Académie un brevet pris par M. Elkington, et antérieur de quelques jours à celui de M. Ruolz. La Commission reconnut, en effet, avec surprise, que ce brevet existait, qu'il renfermait la description d'un procédé pour l'application de l'or, ayant de l'analogie avec celui de M. de Ruolz, et elle en est encore à comprendre aujourd'hui par quels motifs on lui a caché l'existence de ce brevet, qui répondait victorieusement à toutes ses objections, tant qu'il n'était pas encore question de M. de Ruolz et de ses procédés.

» Quoi qu'il en soit, son devoir était tracé; elle s'est efforcée de le remplir. Les mandataires de M. Elkington ont opéré en sa présence; M. de Ruolz en a fait autant; les uns et les autres ont remis entre ses mains tous les documents qu'ils ont cru propres à l'éclairer; l'analyse de ces documents, le récit de ces expériences, mettront l'Académie en état de porter

un jugement sur la valeur des procédés des deux inventeurs.

» Nous diviserons ce rapport en trois parties : la première est relative au procédé par voie humide, tel que le pratique en grand M. Elkington; la seconde a trait au procédé galvanique du même industriel; la troisième, enfin, a pour objet les procédés de M. de Ruolz.

1^o Dorure par voie humide.

» La dorure par voie humide s'obtient par un procédé très-simple en pratique, mais dont l'explication ne se présentait pas d'une manière très-satisfaisante à l'esprit des chimistes, et qui par cela même, d'ailleurs, devait offrir et offrait en effet des irrégularités inexplicables à l'emploi.

» Ce procédé consiste à dissoudre l'or dans l'eau régale, ce qui le convertit en perchlorure d'or; à mêler celui-ci avec une dissolution d'un grand excès de bicarbonate de potasse, et à faire bouillir le tout pendant assez longtemps. On plonge ensuite, dans la liqueur bouillante, les pièces de laiton, de bronze ou de cuivre bien décapées, et la dorure s'applique immédiatement, une portion du cuivre de la pièce se dissolvant pour remplacer l'or qui se précipite.

» Dans une note adressée à l'Académie, un chimiste anglais, M. Wright, a fait connaître les résultats des recherches entreprises par lui, conjointement avec M. Elkington, et d'où dériverait une explication plus satisfaisante de ce procédé que celles qui ont été proposées jusqu'ici.

» Il résulte de leurs expériences, que le perchlorure d'or ne convient pas bien à la dorure; que le protochlorure réussit beaucoup mieux. Ils expliquent par là comment il est nécessaire de faire bouillir longtemps le perchlorure d'or avec la dissolution de bicarbonate de potasse, car pendant cette ébullition prolongée, le perchlorure passe lentement et difficilement, il est vrai, au minimum. La liqueur prend ainsi une teinte verdâtre. Mais le choix du bicarbonate de potasse influe beaucoup sur le résultat. Ce sel renferme presque toujours des traces de substances organiques capables de réduire le perchlorure d'or à l'état de protochlorure. Quand le bicarbonate de potasse est trop pur, quand ces matières organiques manquent, l'opération ne réussit donc qu'avec difficulté, tandis que la présence de ces mêmes matières la rend très-aisée à conduire. Du reste, l'acide sulfureux, l'acide oxalique, le sel d'oseille et

bien d'autres matières organiques ou minérales, peuvent jouer ce rôle, et rien n'empêche de les ajouter au liquide peu à peu jusqu'à complet retour de l'or à l'état inférieur de chloruration.

» D'après ses propres essais, votre Commission est disposée à croire que l'opinion de MM. Wright et Elkington est fondée. Elle regarde donc le liquide employé à la dorure par la voie humide, comme essentiellement formé d'une combinaison de protochlorure d'or et de chlorure de potassium dissoute dans un liquide très-chargé de carbonate et même de bicarbonate de potasse. Bien entendu qu'on pourrait envisager la liqueur comme renfermant du protoxyde d'or dissous dans la potasse, et supposer tout le chlore à l'état de chlorure de potassium.

» Si l'expérience démontrait à l'avenir que les métaux se précipitent mieux quand on prend leurs dissolutions au même état de saturation que le sel qui doit les remplacer, la remarque de MM. Wright et Elkington aurait de l'importance. Ils pensent, en effet, que ce qui assure le succès de la dorure par voie humide, c'est que le chlorure de cuivre qui prend naissance étant un chlorure à 2 atomes de chlore, on doit employer un chlorure d'or renfermant aussi 2 atomes de chlore, et non point un chlorure qui en contienne 3, comme c'est le cas pour le perchlorure d'or.

» Du reste, pour apprécier le véritable rôle de la dorure par voie humide dans les arts, il nous suffira de rapporter ici les analyses de diverses plaques dorées soit au mercure, soit par la voie humide et essayées par les soins de notre confrère M. d'Arcet au laboratoire de la Monnaie. Des plaques de l'alliage connu dans le commerce sous le nom de *bronze*, ont été remises à divers fabricants qui se sont chargés de les faire dorer. Ils ont cherché à obtenir la dorure la plus forte et la dorure la plus faible en demeurant toutefois dans les limites des habitudes commerciales.

» Voici les résultats obtenus sur des plaques de 1 décimètre carré :

Quantité d'or par décimètre carré dans la dorure au mercure.

	Par M. Pla.	Par M. Denière.	Par M. Beaupray.
	gr.	gr.	gr.
Dorure maximum. . .	0,1420 . .	0,2333 . .	0,2595
Dorure minimum. . .	0,0428 . .	0,0736 . .	0,0695

» La quantité d'or, dans les deux cas, varie donc dans le rapport 100 : 16,5, ou sensiblement de 6 : 1.

» Voici maintenant les résultats obtenus par la voie humide.

Quantité d'or par décimètre carré dans la dorure par voie humide.

Par MM. Bonnet et Villermé. Par M. Elambert.

Dorure maximum.	gr. 0,0353	gr. 0,0422
Dorure minimum.	0,0274	"

» Ainsi, la meilleure dorure par voie humide ayant fixé 0,0422 d'or par décimètre carré, et la plus pauvre au mercure en ayant pris 0,0428, on voit que la dorure par voie humide arrive à peine, dans le cas le plus favorable, au gré d'épaisseur que la plus mauvaise dorure au mercure est obligée d'atteindre.

» Ce sont donc deux industries distinctes : l'une ne peut pas remplacer l'autre.

2^o Procédé galvanique de M. Elkington.

» Comme ce procédé est assez simple et que sa description n'est pas bien longue, nous donnerons ailleurs le texte du brevet ; ici, une analyse suffira.

» M. Elkington prend 31 grammes 25 centigr. d'or converti en oxide, 5 hectogrammes de prussiate de potasse, et 4 litres d'eau. Il fait bouillir le tout pendant une demi-heure ; dès-lors le liquide est prêt à servir. Bouillant, il dore très-vite ; froid, il dore plus lentement. Dans les deux cas, on y plonge les deux pôles d'une pile à courant constant, l'objet à dorer étant suspendu au pôle négatif où le métal de la dissolution vient se rendre.

» Dans le brevet de M. Elkington, le mot prussiate de potasse, qui est employé sans autre définition, pouvait laisser de l'incertitude, car les chimistes connaissent trois prussiates de potasse : le prussiate simple, le prussiate jaune ferrugineux et le prussiate rouge. Le mandataire de M. Elkington, prié de s'expliquer sur ce point, nous a dit que le brevet entendait parler du prussiate simple, du cyanure de potassium. En effet, lorsqu'il a exécuté devant nous ses procédés, c'est le cyanure simple de potassium qu'il a mis en usage.

» Dans les essais que nous avons faits du procédé de M. El-

Elkington, nous avons doré du laiton, du cuivre et de l'argent.

» En opérant sur une cuillère de dessert en argent, avec la liqueur portée à 60° centigrades, on obtient une dorure rapide et régulière. A peine immergée, la cuillère était déjà couverte d'or. Par chaque minute, il s'en déposait environ 5 centigrammes, et nous n'avons pas prolongé l'expérience lorsque, après six pesées successives, nous avons reconnu que la quantité demeurerait la même pour le même temps.

» On peut donc augmenter l'épaisseur de la couche d'or à volonté, et se rendre compte de cette épaisseur par la durée de l'immersion.

» Mais le cyanure de potassium simple est un sel coûteux, difficile à conserver en dissolution, dont l'emploi susciterait divers obstacles en fabrique, et il reste douteux qu'en l'employant, la dorure se fit à meilleur compte que par la méthode actuelle au mercure.

3° *Procédés galvaniques de M. de Ruolz, pour l'application d'un grand nombre de métaux sur d'autres métaux.*

» Ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut, tandis que M. Elkington sollicitait une addition à ses brevets, M. de Ruolz, de son côté, prenait un brevet d'invention pour le même objet. Le brevet de perfectionnement de M. Elkington est du 8 décembre 1840; celui de M. de Ruolz, du 19 décembre. Tout démontre que M. de Ruolz a travaillé de son côté, sans connaître la demande de M. Elkington; d'ailleurs, ses procédés sont aujourd'hui fort différents de ceux de l'industriel anglais.

» Laisant de côté ces questions de brevet que nous n'avons pas à examiner, et nous renfermant dans la discussion scientifique, nous allons exposer à l'Académie les résultats remarquables obtenus par M. de Ruolz.

» *Dorure.* — Pour appliquer l'or, M. de Ruolz emploie la pile, comme le font MM. de la Rive et Elkington; mais il a éprouvé une telle variété de dissolutions d'or, qu'il lui a été facile d'en trouver de moins chères et de plus convenables que celle dont M. Elkington fait usage lui-même.

» Ainsi, il s'est servi 1° du cyanure d'or dissous dans le cyanure simple de potassium; 2° du cyanure d'or dissous dans le cyano-ferrure jaune; 3° du cyanure d'or dissous dans le cyano-ferrure rouge; 4° du chlorure d'or, dissous dans les

mêmes cyanures; 5^o du chlorure double d'or et de potassium dissous dans le cyanure de potassium; 6^o du chlorure double d'or et de sodium dissous dans la soude (1); 7^o du sulfure d'or dissous dans le sulfure de potassium neutre.

» Les chimistes seront même étonnés, à entendre tous ces procédés, que le dernier de tous, celui qui repose sur l'emploi des sulfures, soit le plus convenable, et qu'appliqué à dorer des métaux tels que le bronze et le laiton, dont on connaît la sensibilité en ce qui concerne la sulfuration, il réussisse à merveille et en donnant la dorure la plus belle et la plus pure de ton.

» Du reste, tous ces procédés réussissent bien et les trois derniers en particulier permettent de dorer tous les métaux en usage dans le commerce, et même des métaux qui, jusqu'ici, n'y ont pas été employés.

» Aiasi, l'on peut dorer le platine soit sur toute sa surface, soit sur certaines parties, de manière à obtenir des dessins d'or sur un fond de platine.

» L'argent se dore si aisément, si régulièrement, et avec des couleurs si pures et si belles, qu'il est permis de croire qu'à l'avenir tout le vermeil s'obtiendra de la sorte. On varie à volonté l'épaisseur de la couche d'or, sa couleur même. On peut faire sur la même pièce des mélanges de mat et de poli. Enfin, on dore avec une égale facilité les pièces à grandes dimensions, les pièces plates ou à reliefs, les pièces creuses ou gravées et les filaments les plus déliés. Les échantillons mis sous les yeux de l'Académie nous dispensent de tout détail à cet égard.

» Tout ce qu'on vient de dire de l'argent, il faut le répéter du cuivre, du laiton, du bronze. Rien de plus aisé, de plus régulier que la dorure des objets de diverse nature que le commerce fabrique avec ces trois métaux. Tantôt l'or, appliqué en pellicules excessivement minces, constitue un simple vernis propre à garantir ces objets de l'oxidation: tantôt, appliqué en couches plus épaisses, il est destiné à résister, en outre, au frottement et à l'usage. Par un artifice très-simple, on peut varier l'épaisseur de la couche d'or, la laisser mince partout où l'action de l'air est seule à craindre, l'épaissir, au contraire, là où il importe d'empêcher les dégradations dues au frottement. La bijouterie tirera grand parti de ces moyens, mais

(1) Le sel de potasse analogue ne réussit pas.

la science y trouvera aussi sa part d'avantages. Ainsi rien ne nous empêche, à l'avenir, de dorer à bon marché tous ces instruments de cuivre qui se dégradent si rapidement dans nos laboratoires; de nous procurer des tubes, des capsules, des creusets de cuivre doré qui remplaceront des vases d'or nécessaires quelquefois, et que nul chimiste ne possède aujourd'hui.

» En effet, parmi les pièces déposées sur le Bureau de l'Académie, se trouve une capsule de laiton dorée qui a résisté très-efficacement à l'action de l'acide nitrique bouillant.

» Le packfong prend très-bien la dorure par ce procédé, et il devient facile de convertir en vermeil les couverts en packfong, déjà assez répandus et qui ne sont pas sans danger.

» L'acier, le fer se dorent bien et solidement par cette méthode, qui n'a aucun rapport, à cet égard, avec les procédés si imparfaits de dorure sur fer ou acier; seulement il faut commencer par mettre sur le fer ou l'acier une pellicule cuivreuse. Les couteaux de dessert, les instruments de laboratoire, les instruments de chirurgie, les armes, les montures de lunettes et une foule d'objets en acier ou en fer, recevront ce vernis d'or avec économie et facilité. Nous avons constaté que divers objets de cette nature avaient été reçus avec une vive satisfaction par le commerce. L'emploi des couteaux dorés à l'usage habituel nous a fait voir d'ailleurs que cette application était de nature à résister à un long usage, quand la couche d'or était un peu épaisse.

» L'étain a été, sous ce rapport, l'objet d'expériences très-intéressantes de M. de Ruolz. Il s'est assuré qu'il ne se dore pas très-bien par lui-même; mais vient-on à le couvrir d'une pellicule infiniment mince de cuivre, au moyen de la pile et d'une dissolution cuivreuse, dès-lors il se dore aussi aisément que l'argent. Le vermeil d'étain est même d'une telle beauté, qu'on peut assurer que le commerce saura trouver d'utiles débouchés à ce nouveau produit; quoiqu'il soit de notre devoir d'ajouter qu'à raison du prix élevé de l'or il devient difficile de mettre sur des couverts d'étain une couche d'or suffisante pour les rendre durables, sans élever trop leur prix.

» La Commission a mis un grand intérêt à s'éclairer d'une manière précise, sur les circonstances de l'opération au moyen de laquelle on applique l'or sur les divers métaux. Diverses questions se présentaient: pouvait-on, en effet, augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or de manière à produire

les mêmes effets qu'au moyen du mercure, ou même de manière à aller plus loin? Le dépôt du métal se faisait-il régulièrement ou d'une manière variable? Quelle était la part de la température du liquide, de sa concentration, du nombre des éléments de la pile, de la nature des métaux employés? Votre Commission, sans prétendre à approfondir ces questions comme elles le seront par de plus longues recherches, a voulu, dès à présent, les aborder nettement, pour les traiter au point de vue pratique.

» 1^o La précipitation de l'or est régulière; elle est exactement proportionnelle au temps de l'immersion: circonstance précieuse qui permet de juger de l'épaisseur de la dorure par la durée de l'opération et de la varier à volonté. Pour le prouver, il suffit de rapporter ici quelques-unes de nos expériences.

» On a opéré sur un liquide renfermant 1 gramme de chlorure d'or sec dissous dans 100 grammes d'eau contenant 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

» La pile était chargée avec du sulfate de cuivre et du sel marin à 10^o du pèse-sel. On a employé 6 éléments de 2 décimètres de chaque côté.

» Nous avons opéré d'abord sur des plaques en argent poli de 5 centimètres de côté; la surface à dorer était donc de 50 centimètres carrés.

Température du liquide, 60^o cent.

	Or déposé, gr.
Première immersion de deux minutes.	0,063
Deuxième immersion.	0,063
Troisième immersion.	0,063
Moyenne.	0,063

Température du liquide, 35^o cent.

	Or déposé, gr.
Première immersion de deux minutes.	0,028
Deuxième immersion.	0,028
Troisième immersion.	0,030
Quatrième immersion.	0,029
Cinquième immersion.	0,027
Sixième immersion.	0,029

Septième immersion.	0,030
Huitième immersion.	0,030
Neuvième immersion.	0,029
Dixième immersion.	0,028
Onzième immersion.	0,029
Douzième immersion.	0,027

Moyenne. 0,0296

Température du liquide, 15° cent.

	Or déposé.
	35.
Première immersion de deux minutes.	0,009
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,014
Quatrième immersion.	0,014
Cinquième immersion.	0,013

Moyenne. 0,0136

« Ainsi, comme on voit, rien de plus régulier que ces nombres; les différences tiennent probablement plutôt à l'incertitude des expériences et des pesées, qu'au procédé lui-même. Quant à l'influence de la température, elle est manifeste, et la rapidité du dépôt augmente beaucoup avec la température de la dissolution.

« La nature du métal à dorer exerce probablement peu d'influence, pourvu qu'il soit bon conducteur. L'expérience suivante semble du moins le prouver; elle sera d'ailleurs confirmée par d'autres renseignements.

* On a doré, en effet, une plaque de laiton de 5 centimètres de côté, avec les mêmes éléments, le même liquide et en opérant exactement dans les mêmes circonstances de température que pour la plaque d'argent qui avait servi à notre dernière opération. On va voir que le poids de l'or déposé s'est montré exactement le même.

Plaque de laiton de 5 centimètres de côté. — Température du liquide, 15° cent.

	Or déposé.
	65.
Première immersion.	0,010
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,012

Quatrième immersion.	0,012
Cinquième immersion.	0,013
Sixième immersion.	0,012
Moyenne.	<u>0,012</u>

» Nous avons remarqué dans ces sortes d'essais, que la première immersion était souvent moins efficace que les immersions suivantes. Cette circonstance s'explique par la difficulté qu'on éprouve toujours à nettoyer le métal au point de le rendre capable de se mouiller immédiatement sur toute sa surface. Une fois vaincue, cette cause d'erreur ne se reproduit plus dans les épreuves suivantes. Tout en l'expliquant par une circonstance accidentelle, il nous resterait à ce sujet quelques doutes que nous soumettons aux physiciens. Ils auront à vérifier si cette particularité ne tiendrait pas à une certaine résistance de la part d'un métal à se déposer sur un autre métal, résistance qui disparaîtrait quand il ne s'agit plus que de se déposer sur lui-même.

» En un mot, dans beaucoup de nos épreuves, quand l'or, par exemple, se déposait sur des plaques dorées, le poids du dépôt était toujours le même pour un temps donné, tandis que dans la première immersion où l'or devait se déposer sur l'argent ou le bronze, le poids du dépôt était plus faible.

» *Argenture.* — Tout ce que nous venons de dire des applications de l'or, il faut le répéter de celles de l'argent. M. de Ruolz est également parvenu, au moyen du cyanure d'argent dissous dans le cyanure de potassium, à appliquer l'argent avec la plus grande facilité.

» L'argent peut s'appliquer sur l'or et sur le platine, comme affaire de goût et d'ornement.

» Il s'applique très-bien aussi sur laiton, bronze et cuivre, de manière à remplacer le plaqué.

» On argente aisément aussi l'étain, le fer, l'acier.

» L'application de l'argent sur le cuivre ou le laiton se fait avec une telle facilité, qu'elle est destinée à remplacer toutes les méthodes d'argenture au ponce, d'argenture par voie humide, et même en bien des cas la fabrication du plaqué. En effet, l'argent peut s'appliquer en minces pellicules, comme cela se pratique pour garantir d'oxidation une foule d'objets de quincaillerie, et en couches aussi épaisses qu'on voudra, de manière à résister à l'usure. C'est une des applications qui ont le plus attiré l'attention de votre Commission.

« Pour l'usage des chimistes, nous avons constaté qu'une capsule de laiton argentée peut remplacer une capsule d'argent jusqu'à résister à la fusion de la potasse hydratée; épreuve qu'il ne faudrait pas trop renouveler pourtant, puisque l'argent se dissout dans la potasse.

« D'où résulte évidemment qu'il sera de quelque intérêt de voir jusqu'où pourra s'étendre l'application de ces nouveaux procédés à la conservation des balances, à celle des machines de physique, à la préservation des ustensiles employés dans nos ménages, chez les confiseurs ou les pharmaciens pour toutes les préparations d'aliments ou de médicaments acides.

« L'argent s'applique très-bien sur l'étain. Il fournit ainsi le moyen de faire disparaître, à bon marché, l'odeur désagréable des couverts d'étain, en leur donnant d'ailleurs l'aspect et toutes les propriétés extérieures des couverts d'argent. Ce serait là, sans nul doute, une des circonstances les plus importantes des procédés qui nous occupent, si à la place de l'étain, comme corps de la pièce, on ne pouvait substituer un autre métal plus économique et plus solide.

« Il s'agit du fer ou même de la fonte. Ces métaux, façonnés en couverts et revêtus d'une couche d'argent, permettront de populariser en France, par leur bon marché, des objets déjà usuels en Angleterre. On fabrique, en effet, par d'autres procédés bien plus chers et bien moins parfaits, beaucoup de couverts en fer argenté à Birmingham, et leur usage est habituel dans la plupart des familles en Angleterre. L'expérience en est donc faite, et la Commission a vu avec le plus vif intérêt les procédés de M. de Ruolz fournir une argenture égale et parfaite, sur fer, acier ou fonte, comme le prouvent les objets mis sous les yeux de l'Académie.

« Tout en reconnaissant que l'étain peut s'argenter sans difficulté, il semblerait plus convenable aux vrais intérêts du consommateur de faire des couverts en fer ou fonte argentée, et de réserver l'étain argenté pour des pièces destinées à des manèges moins fréquents, et surtout pour des pièces obtenues par des moulages délicats.

« L'argent se comporte comme l'or quand on le réduit de ses dissolutions dans les cyanures, si l'on en juge du moins par les expériences suivantes, où l'on s'est servi de la même pile que pour l'or, chargée de la même manière, et placée dans les mêmes circonstances de température, mais où l'on a fait usage seulement de 4 éléments au lieu de 6.

» Le liquide employé pour argenter renfermait 1 gramme de cyanure d'argent sec dissous dans 100 grammes d'eau, contenant 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

Température du liquide, 45°. — Plaque de cuivre rouge de 5 centimètres de côté.

	Argent déposé, gr.
Première immersion.	0,007
Deuxième immersion.	0,013
Troisième immersion.	0,012
Quatrième immersion.	0,013
Cinquième immersion.	0,013
Sixième immersion.	0,013
Septième immersion.	0,012
Huitième immersion.	0,011
Neuvième immersion.	0,010
Dixième immersion.	0,010
Moyenne.	0,0114

Température du liquide, 30° cent. — Plaque de cuivre rouge de 5 centimètres de côté.

	Argent déposé, gr.
Première immersion.	0,0055
Deuxième immersion.	0,0065
Troisième immersion.	0,006
Quatrième immersion.	0,007
Moyenne.	0,0083

Température de la dissolution, 30° cent. — Plaque de laiton de 5 centimètres de côté.

	Argent déposé, gr.
Première immersion.	0,008
Deuxième immersion.	0,007
Troisième immersion.	0,007
Quatrième immersion.	0,007
Cinquième immersion.	0,009
Sixième immersion.	0,008
Septième immersion.	0,008
Huitième immersion.	0,008
Moyenne.	0,0077

» Ainsi, de même que pour l'or, l'argent s'applique avec régularité, en poids proportionnels à la durée des immersions et sans que la nature du métal qu'on argente exerce une influence inappréciable. Celle-ci ne saurait guère se manifester, en effet, qu'au moment de la première immersion, et elle devrait disparaître dans les immersions suivantes.

» Comme on pouvait d'ailleurs s'y attendre, la précipitation de l'argent est un peu plus lente que celle de l'or.

» *Platinure.* — Au premier abord, d'après l'analogie qui existe entre le platine et l'or à beaucoup d'égards, on aurait pu croire que le platine s'appliquerait aussi facilement que l'or sur les divers métaux déjà cités. Cependant, ce résultat a offert de graves difficultés pendant longtemps, par la lenteur avec laquelle il obéissait à l'action de la pile. Il fallait avec les dissolutions dans les cyanures, par exemple, donner à l'expérience une durée cent ou deux cents fois plus longue pour le platine que pour l'argent ou l'or, à égales épaisseurs.

» Mais en faisant usage de chlorure double de platine et de potassium dissous dans la potasse caustique, on obtient une liqueur qui permet de platiniser avec la même facilité et la même promptitude que lorsqu'il s'agit de dorer ou d'argenter.

» Nous n'insisterons pas sur les applications très-variées que le platine pourra recevoir dans cette nouvelle direction.

» Les chimistes y trouveront un moyen de se procurer de grandes capsules de laiton platinées qui réuniront au bon marché toute la résistance nécessaire aux dissolutions salines ou acides ;

» Les armuriers mettront à profit sous diverses formes ce moyen de préservation des métaux oxidables ou sulfurables qui entrent dans la fabrication des armes ;

» La bijouterie pourra faire entrer le platine dans ses décorations.

» L'horlogerie y trouvera un excellent agent pour couvrir d'un vernis très-durable les pièces dont elle redoute l'altération.

» Comme le platine ainsi appliqué peut s'obtenir de la dissolution brute de la mine de platine, et que les métaux qui accompagnent le platine ne nuisent en rien à l'effet, on voit que le platine, en cette occasion, coûte à peine autant que l'argent lui-même, car l'expérience prouve qu'à épaisseur moitié

moindre, il préserve aussi bien. Il en résulte évidemment que les usages du platine, trop peu nombreux jusqu'ici pour la production possible de ce métal, vont s'étendre sans limites et lui ouvrir des débouchés certains.

« Les fabricants de produits chimiques auront, sans doute, de fréquentes occasions d'utiliser le platine sous ces nouvelles formes, et il serait bien à souhaiter, par exemple, qu'on pût remplacer les cornues en platine par des cornues en fer platiné dans la concentration de l'acide sulfurique. Beaucoup de fabriques où s'est conservé l'usage des cornues de verre l'abandonneraient sans doute, et exposeraient par là bien moins la vie ou la santé de leurs ouvriers, si les appareils de platine prenaient une forme moins dispendieuse.

« Les pharmaciens trouveront dans ces nouvelles manières d'employer le platine, l'occasion et le moyen de mettre à bon marché leurs instruments à l'abri d'une foule d'altérations fâcheuses ou nuisibles.

« Pour donner une juste idée des difficultés qui pourraient résulter dans ces sortes d'applications de la nature des dissolutions mises en usage, nous rapporterons ici les résultats de quelques expériences.

« On s'est servi de six éléments de la même pile employée pour la dorure; ils étaient chargés de la même manière et l'on opérait dans les mêmes circonstances de température.

« La liqueur renfermait 1 gramme de cyanure de platine dissous dans 100 grammes d'eau, à la faveur de 10 grammes de cyano-ferrure jaune de potassium.

« Enfin, on opérait à 80° ou 85°, température à laquelle l'or déposé s'élevait à 0gr.030 par minute au moins. Avec le platine, le dépôt obtenu en une minute aurait été si faible, qu'on n'aurait pu l'apprécier. Il a fallu prolonger les épreuves, au moins pendant quatre minutes.

Plaque de laiton de 5 centimètres de côté. — Liqueur à 85° cent.

	Platine déposé.
	gr.
Première immersion de quatre minutes.	0,001
Deuxième immersion.	0,001
Troisième immersion.	0,001

« Ainsi, en douze minutes, une plaque qui aurait reçu 0gr.378 d'or n'a pris, dans les mêmes circonstances, que 0gr.003 de platine.

» Ces détails feront apprécier tout l'intérêt de l'observation de M. de Ruolz, qui a reconnu, comme nous l'avons dit plus haut, que si l'on fait usage d'une dissolution de chlorure de platine dans la potasse, le dépôt du platine marche avec la même rapidité que celui de l'or, ou de l'argent du moins.

» En effet, si la précipitation du platine n'avait pas pu être accélérée, la dépense nécessaire pour appliquer ce métal aurait augmenté au point d'en borner beaucoup les usages. Il est à désirer, au contraire, que ceux-ci deviennent nombreux et profitables, d'une part dans l'intérêt des mines de platine qui manquent jusqu'ici de débouchés, de l'autre dans l'intérêt des consommateurs, qui trouveront dans les métaux revêtus de platine, des objets remarquables à la fois par leur inaltérabilité, leur belle apparence, et la sûreté de leur emploi à toutes les choses de la vie.

» L'extensibilité extraordinaire de l'or est bien connue; elle a déjà fixé l'attention de Réaumur et de beaucoup de physiciens depuis que cet illustre naturaliste a fait connaître ses observations. Mais on pouvait admettre que le platine ne jouissait pas de la même faculté, ou que du moins son extensibilité était bien moindre.

» Il n'est donc pas sans quelque intérêt de faire remarquer qu'avec 1 seul milligramme de platine, on couvre uniformément une surface de 50 centimètres carrés; ce qui correspond

à une épaisseur de $\frac{1}{100000}$ de millimètre, analogue, comme

on voit, aux pellicules les plus ténues dont nous puissions nous faire une idée juste par l'observation directe.

» *Cuivrage.* — M. de Ruolz ne s'est pas borné à l'application des métaux précieux. Etendant ses procédés à tous les métaux utilisables, il a essayé de cuivrer, de zinquer, de plomber divers métaux usuels.

» Le cuivrage, appliqué sur tôle ou fonte, donne le moyen de faire à meilleur marché le doublage des navires, si l'expérience vient confirmer les idées qu'on peut se faire sur la résistance de ce produit.

» Il est évident, en tous cas, que la tôle, le fer, la fonte naturelle ou doucie, peuvent recevoir par le cuivrage toutes les propriétés du cuivre en ce qui concerne la couleur, le poli, la résistance à l'air, et que par la nature même de la matière intérieure le bas prix du produit se trouve garanti.

» On cuivre, comme on argente, au moyen du cyanure de cuivre dissous dans les cyanures alcalins; mais la précipitation du cuivre est plus difficile que celle des métaux précieux. Du reste, ce que nous venons de dire du platine montre combien l'influence de la dissolution peut être grande à cet égard.

» Avec huit éléments de la pile déjà décrite, chargée comme dans les cas précédents et marchant dans les mêmes conditions de température, nous avons obtenu des dépôts de cuivre bien plus faibles que s'il eût été question d'or et d'argent.

» Cependant, nous opérons sur une dissolution qui renfermait 1 gr. de cyanure de cuivre sec pour 100 gr. de dissolution.

Température du liquide, 30° cent. — Plaque d'argent de 5 centimètres de côté.

	Cuivre déposé.
	gr.
Première immersion de trois minutes.	0,0015
Deuxième immersion.	0,0025
Troisième immersion.	0,0030
Quatrième immersion.	0,0030
Cinquième immersion.	0,0020
Sixième immersion.	0,0020
Moyenne.	0,0023

» Ainsi le cuivre, en se précipitant de son cyanure, se dépose comme le platine, à raison de 0,001 par minute, pour 50 centimètres carrés. Cette lenteur serait, en pratique, un obstacle dont M. de Ruolz devra se préoccuper.

» En effet, le cuivre ainsi précipité sur le fer peut directement servir à le préserver, à donner une belle apparence aux objets de serrurerie, aux balcons, balustrades, grilles, ustensiles de cheminées, etc.

» Il peut, en outre, nous nous en sommes assurés, permettre de renfermer le fer dans une enveloppe ou fourreau de laiton. Il suffit de faire déposer sur le fer ou la fonte du cuivre et du zinc, puis de chauffer la pièce au rouge dans du charbon en poudre. Le laiton se produit et constitue un vernis métallique moins altérable que le cuivre et d'une couleur qu'on peut varier à volonté.

» Du reste, toutes les fois qu'on voudra faire la dépense de combustible qu'exige cette dernière opération, on pourra pro-

duire sur les métaux des dépôts d'alliages aussi aisément que des dépôts de métaux purs. C'est un point de vue dont M. de Ruolz ne s'est pas occupé, mais que nous recommandons à son zèle et à sa pénétration.

» *Plombage.* — En agissant sur la dissolution d'oxide de plomb dans la potasse, au moyen de la pile, on plombe la tôle, le fer, et en général tous les métaux.

» La fabrication des produits chimiques tirera parti de cette découverte en obtenant ainsi des chaudières en tôle plombées à l'intérieur, et où la solidité de la tôle se trouvera unie à la résistance du plomb aux actions chimiques des dissolutions salines et des acides faibles.

» Du reste, il est bien peu de circonstances où le plomb mérite par lui-même la préférence sur d'autres métaux, si ce n'est par son bas prix et son maniement facile. Les nouveaux procédés qui nous occupent auront donc plutôt pour objet d'éviter l'emploi du plomb que de le provoquer.

» *Étamage.* — Nous n'en dirions pas autant de l'étain. Les procédés nouveaux peuvent en étendre les applications, en donnant un moyen facile et prompt d'étamer le cuivre, le bronze, le laiton, le fer, la fonte elle-même, en opérant à froid et sur toute sorte d'ustensiles.

» Il y a longtemps, du reste, que sans le savoir les ouvriers qui étament les épingles se servent d'un véritable procédé galvanique; car ils mettent ensemble les épingles, la grenaille d'étain et de l'eau chargée de crème de tartre. Les deux métaux constituent une véritable pile où le pôle négatif formé par les épingles attire l'étain à mesure qu'il se dissout et s'étame en l'obligeant à se précipiter.

» L'étamage du fer, celui du zinc seraient impossibles par un tel procédé; il faut nécessairement recourir à l'emploi auxiliaire d'une véritable pile indépendante des métaux employés.

» Au contraire, pour le cuivre et les métaux qui sont négatifs à l'égard de l'étain, on peut faire un couple avec l'étain lui-même et le métal à étamer, et se servir soit de crème de tartre pour dissoudre l'étain, comme on le pratique dans l'étamage des épingles, soit d'une dissolution d'oxide d'étain dans la potasse, comme l'a proposé M. Boettger.

» *Cobaltisage, nickelisage.* — L'Académie pourra remarquer avec quelque intérêt des pièces métalliques recouvertes de nickel ou de cobalt, parmi les échantillons déposés sur son bureau.

» Le cobalt, dont la teinte se rapproche assez de celle du platine, a été employé à recouvrir des instruments de musique de cuivre, et il fournit en pareil cas un vernis métallique agréable à l'œil, durable et d'un prix peu élevé. Cependant, tout porte à croire que le platine, l'or ou l'argent obtiendront la préférence. Mais le cobalt pourra trouver sa place dans de telles applications comme moyen de varier les teintes.

» L'expérience a prouvé, du reste, qu'en changeant ainsi la surface des instruments sonores et qu'en recouvrant le métal qui les forme d'une couche d'un autre métal, on ne modifie en rien leurs propriétés sous le rapport musical. L'oreille la plus exercée ne reconnaît pas de changements à cet égard.

» Le nickel a surtout été essayé sur des objets de serrurerie ou de sellerie. Comme il n'est pas cher, qu'il en faut peu et qu'il résiste assez bien à l'air, il est bon de noter ici que ce métal s'applique très-bien sur le fer, ce qui peut devenir d'une importante application pour les serrures soignées et surtout pour la grosse horlogerie, les compteurs, et même pour beaucoup de pièces de machines qu'on veut préserver de l'action de l'air, sans être obligé de les graisser souvent.

» *Zincage.* — Parmi les procédés de M. de Ruolz, ceux qu'il applique au zincage des métaux et du fer en particulier ont très-vivement intéressé votre Commission.

» Le fer zingué acquiert la faculté de résister aux actions oxidantes de l'air et surtout de l'air humide ou de l'eau. C'est qu'en effet, le zinc, qui est plus oxidable que le fer, préserve ce métal d'oxidation, et ne s'oxide presque pas lui-même; car lorsqu'il est couvert d'une couche de sous-oxide, toute altération ultérieure s'arrête.

» Dans la plupart des applications essayées par M. de Ruolz, le métal décomposé se trouve au contraire négatif par rapport au métal recouvert. Toute la garantie que le vernis métallique promet en pareil cas repose sur sa parfaite intégrité, car s'il s'entame sur un point quelconque, et que l'air humide puisse arriver jusqu'au métal intérieur, la couche superficielle, bien loin de servir de préservateur, deviendra au contraire une cause déterminante d'oxidation.

» Le zinc appliqué sur le fer le préserve donc doublement : tant qu'il est intact, comme vernis; quand il est entamé, par une action galvanique. Cette particularité rend compte du succès qu'a obtenu le fer zingué dans toutes les applications où le fer, la tôle, s'employaient à froid, n'avaient pas besoin

de toute leur ténacité et pouvaient supporter un supplément de dépense.

» En général, le fer zingué ne doit pas être appliqué à contenir de l'eau chaude : l'action galvanique des deux métaux détermine très-rapidement l'oxidation du zinc, et le fer se ronge à son tour avec une singulière activité. Cette remarque devra même diriger les industriels dans l'emploi qu'ils feront des nouveaux procédés, et pourra leur éviter des mécomptes dans des circonstances rares, sans doute, mais par cela même moins susceptibles d'être éclairées par l'expérience seule.

» Le zincage de fer fait en plongeant le fer dans un bain de zinc fondu a quelques inconvénients d'ailleurs. Le fer s'y alliant au zinc, constitue ainsi un alliage superficiel très-cassant; le fer perd donc de sa ténacité; circonstance qui ne s'aperçoit pourtant qu'alors qu'on essaye de zinquer du fil de fer fin ou des tôles très-minces. D'ailleurs la surface ainsi revêtue d'une couche d'un métal peu fusible se déforme toujours.

» Ainsi, par ce procédé, on ne peut pas zinquer du fil de fer fin; il deviendrait fragile et difforme. On ne peut pas zinquer des boulets; ils se déformeraient et ne seraient plus de calibre. Le zincage de fer n'est pas non plus applicable aux objets d'art; toutes les formes seraient détruites.

» L'industrie, l'art militaire, les beaux arts accueilleront donc avec un vif intérêt les procédés de M. de Ruolz qui est parvenu à zinquer économiquement le fer, l'acier, la fonte, au moyen de la pile, avec la dissolution de zinc; en opérant à froid et en respectant conséquemment la ténacité du métal; en l'appliquant en couches minces, et en conservant ainsi les formes générales des pièces et même l'aspect de leurs moindres détails.

» Rien n'empêche donc de zinquer le fil de fer employé à une foule d'usages, et qui, loin de se rouiller, se conservera maintenant pendant de bien longues années sans doute. Ainsi, les cordes des ponts suspendus, les conducteurs des paratonnerres pourront être faits en fil de fer zingué. Nous en dirons autant des toiles métalliques employées pour fabriquer les tamis, les blutoirs; de celles qu'on applique à la construction des lampes de sûreté. Dans ce dernier cas même, l'ouvrier chargé dans les mines du soin de nettoyer les lampes, pourra, sans dépense sensible, être muni de tout ce qui est nécessaire pour

restaurer le zincage, de temps en temps, sans démonter la lampe.

» Toutes les pièces de machines que leurs dimensions trop fortes ou trop menues rendraient impropres au zincage à chaud, seront, au contraire, susceptibles d'être facilement zinquées par voie humide.

» La tôle la plus mince peut recevoir cet apprêt sans devenir cassante, ce qui permet de produire des ardoises artificielles en tôle zinquée parfaitement applicables avec une grande économie à la toiture des bâtiments.

» La Commission a voulu s'assurer qu'on pouvait zinquer la fonte et en particulier les boulets. Elle était certaine que cette application exciterait tout l'intérêt du ministère de la Guerre et de celui de la Marine surtout; car les boulets s'altèrent si rapidement en mer, que leurs dimensions en sont bientôt modifiées d'une manière nuisible à la fois à la justesse du tir et à la durée des pièces. Elle dépose un boulet zinqué sur le bureau.

» Enfin, le zincage du fer et celui de la fonte sont d'une grande importance pour l'architecture et les arts d'imitation. Tout le monde sait avec quelle promptitude les clous, les barres de fer employés dans les constructions s'oxydent et perdent conséquemment leur ténacité, et tout le monde comprend à quel point il est utile de préserver, à bon marché, toutes ces pièces de fer disséminées dans l'épaisseur des murs d'un bâtiment, car elles sont destinées à lui donner une solidité qui deviendra par là durable et susceptible d'être calculée avec précision. De même, les grilles, les balustrades en fonte recevant un zincage au lieu d'une peinture, qui exige de fréquents renouvellements, se trouveront ainsi bien mieux garanties de l'action de l'eau et de l'air.

» Il est surtout à désirer que ces nouveaux moyens soient mis à profit pour préserver les statues en fonte dont on a récemment fait l'essai dans plusieurs de nos monuments, et qui dans quelques cas ont subi l'application d'enduits ou peintures mal calculés sous le rapport de la science et d'un effet bien triste sous le rapport de l'art.

» Les procédés de M. de Ruolz pour le zincage peuvent s'appliquer non-seulement sur des objets petits et libres, mais il serait possible encore d'en faire usage pour des monuments en place et de grande dimension, en prenant quelques précautions faciles à prévoir.

« Votre Commission est loin d'avoir cherché à énumérer ici toutes les applications que ce nouveau moyen de zincage du fer est susceptible de présenter; elle s'est bornée aux plus essentielles, mais elles suffisent pour faire apprécier à l'Académie toute la portée des travaux de M. de Ruolz sur ce point.

« Avant de quitter ce sujet important, nous rappellerons que M. Sorel d'un côté, et M. Perrot de l'autre étaient déjà parvenus à recouvrir le fer d'une couche de zinc par le moyen de la pile, mais en faisant usage toutefois de dissolutions différentes de celles que M. de Ruolz a cru préférables et qui lui ont permis d'agir avec économie, ce qui est ici le point vraiment important.

« MM. Sorel et Perrot avaient même annoncé, à cette occasion, qu'ils s'occupaient du problème général de la fixation des métaux les uns sur les autres; espérons qu'en faisant connaître leurs procédés, ils ajouteront à la perfection d'un art qui paraît déjà si avancé.

« L'Académie verra avec le plus vif intérêt une industrie destinée à se répandre sous toutes les formes dans le monde, mettre à profit un instrument, la pile de Volta, qui n'avait été jusqu'ici appliqué industriellement qu'aux travaux métallurgiques de notre confrère M. Becquerel, et aux procédés galvanoplastiques.

« Par la variété de ses applications, M. de Ruolz donne à la pile une occasion de se multiplier et de se répandre, qui deviendra, on n'en peut douter, une cause de perfectionnement très-certaine, soit pour la construction de cet appareil, soit pour les moyens de le rendre économique.

« En terminant, votre Commission se croit obligée de déclarer que, forcée comme elle l'a été de limiter le temps qu'elle pouvait consacrer à cet examen, puisqu'elle agissait comme Commission pour les prix Monthyon, et qu'elle ne pouvait retarder plus longtemps son Rapport, elle a dû se borner à tracer ici l'histoire sommaire de ses expériences, sans prétendre à faire une exposition systématique de l'état de la science sur le point dont elle s'est occupée.

« Ce qu'elle a eu en vue, c'est l'application économique; toutes ses recherches ont été tournées de ce côté : c'était son devoir.

« Sous ce rapport, les expériences de M. de Ruolz lui ont présenté un caractère de nouveauté très-réel. Leur utilité lui a

parn digne de toute l'attention de l'Académie. Elle se plaît à reconnaître, d'ailleurs, que l'auteur a fait preuve, dans ce long travail, d'une pénétration remarquable et d'une persistance bien digne d'être couronnée par un succès complet.

» Elle vient donc vous demander avec confiance de décider que le Mémoire de M. de Ruolz soit admis à faire partie du *Recueil des Savants étrangers*.

» Mais elle vous demandera de plus, et cela dans des vues d'intérêt public faciles à comprendre, de décider qu'une copie du présent Rapport soit adressée à MM. les Ministres de la Guerre, de la Marine, des Finances, des Travaux publics et de l'Intérieur, qui pourront y trouver des renseignements de nature à intéresser les services dont la haute direction leur est confiée. »

Les conclusions de ce Rapport ont été adoptées.

XXVIII. PRÉCIPITATION GALVANIQUE DE QUELQUES ALLIAGES ET DES MÉTAUX, PAR M. H. RUOLZ.

Bronzage. Le rapport fait à l'Académie sur mes recherches au nom de la commission des prix Monthyon, par son illustre président M. Dumas (voyez le N° XXVII de l'Appendice), contenait à l'occasion de la possibilité de précipiter galvaniquement non-seulement des métaux simples, mais encore des alliages, la phrase suivante : « C'est un point de vue dont M. de Ruolz ne s'est pas occupé, mais que nous recommandons à son zèle et à sa pénétration. »

En me laissant un souvenir de respectueuse reconnaissance, cette phrase m'a paru l'expression d'un ordre à exécuter, l'indication d'un devoir à remplir.

Déjà les ingénieuses applications de l'électrochimie à la métallurgie, faites par M. Becquerel, rendaient le succès probable. En persistant dans mes recherches, j'ai cru devoir m'attacher principalement à l'alliage le plus important peut-être par ses nombreuses applications aux arts, celui dont des siècles d'expérience ont garanti les avantages sous le double rapport de la durée et de l'effet artistique, l'alliage des bouches à feu, le bronze. Il résulte de mes recherches que pour obtenir galvaniquement la précipitation simultanée de deux métaux, il faut remplir les conditions suivantes :

1° Que les deux dissolutions métalliques, qu'il faut mélanger, ne soient pas susceptibles de se décomposer réciproquement, en donnant lieu à un composé insoluble quelconque.

2° Que dans les proportions à adopter, il ne faut pas avoir égard seulement aux quantités relatives des deux métaux qui constituent l'alliage que l'on veut obtenir, mais encore à la loi de précipitation de chaque métal pris individuellement ou à la puissance électrique nécessaire, pour précipiter dans un temps x une quantité donnée de chacun d'eux.

Ainsi, dans le cas qui nous occupe, pour obtenir un alliage composé de : cuivre 90, étain 10, il faut employer une dissolution contenant ces deux métaux dans des proportions toutes différentes.

En effet, les divers échantillons de *fer bronzé*, que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, et qui, d'après les analyses que j'ai pratiquées sur des pièces analogues, contiennent comme l'alliage des bouches à feu 10 à 20 p. 0/10 d'étain, ont été obtenus en faisant agir la pile à courant constant sur une dissolution ainsi composée :

Prenez eau 5,000, parties, faites-y dissoudre assez de cyanure de potassium pour marquer 4 degrés au pèse-sel, la température étant ent. de $+ 25^{\circ} \text{C}$.

Faites dissoudre dans cette liqueur à une température de $+ 50$ à 60° , 30 parties de cyanure de cuivre sec ; puis faites dissoudre à la même température 10 parties de bioxyde d'étain. Une portion de l'étain réduit à l'état métallique apparaîtra sous forme d'une poudre noire, le reste se dissoudra non pas (telle est du moins notre pensée) à l'état de cyanure double, mais à l'état de stannate de potasse, à la faveur de l'excès d'alcali contenu dans la solution de cyanure de potassium.

Nous pensons que cette application pourra offrir de l'intérêt pour tous les objets de serrurerie en fer, auxquels le cuivrage ne convient pas sous le double rapport de la couleur désagréable du cuivre rouge et de l'altérabilité de ce métal, ainsi que pour un grand nombre d'objets d'art en fonte de fer.

Plombage. N'ayant rien changé aux procédés de plombage que nous avons eu l'honneur de soumettre à l'Académie, nous ne le décrirons pas ici. Mais nous lui adressons un tuyau en fer recouvert à l'intérieur comme à l'extérieur de 2 kilog. (4 livres) de plomb. Nous pensons que cette application peut offrir un grand avantage pour la conservation des tuyaux de conduite d'eau, ainsi que pour certaines grosses pièces de machines, notamment des machines à vapeur, des paquebots exposés à l'action délétère de l'eau de mer. Le peu de facilité avec la-

quelle le plomb est attaqué par divers agents chimiques offre à cet égard toute chance de succès.

Nous joignons des échantillons d'ardoises en tôle fortement plombée. Elles sont taillées sur le modèle des ardoises ordinaires, et leur légèreté permet de les mettre au lieu et place de ces dernières sans être obligé de modifier le système de toiture des bâtiments.

Étamage. Nous avons aussi l'honneur d'adresser à l'Académie un morceau de corniche en fonte de fer recouvert d'une couche d'étain. La beauté de cet échantillon nous fait penser que l'on pourrait appliquer ce procédé à une foule d'ornements de ce genre en les préservant des effets délétères de l'air et de l'humidité.

Examen comparatif du zincage et du plombage ou étamage. Nous terminerons par quelques considérations sur le zincage comparé aux deux applications dont nous venons de parler.

Nos recherches à cet égard nous ont conduit aux résultats suivants :

1^o Le zincage galvanique est industriellement inapplicable aux grosses pièces, vu la dépense énorme de force électrique qu'il exige, on en jugera par le tableau suivant :

Plombage.

Le tuyau qui est sous les yeux de l'Académie.

Durée égale des deux opérations :

Avec 6 éléments de notre pile, a pris 2 kilog. (4 livres).

Zincage.

Un tuyau semblable.

Avec 300 éléments de la même pile, a pris 500 grammes (une livre).

2^o Le zinc par son contact avec le fer devient positif, mais l'influence préservatrice qui en résulte, ne s'exerce que dans un très-petit rayon; de telle sorte qu'une pièce étant zinquée, si une partie du fer se trouve mise à nu, cette partie se rouille avec autant de rapidité que si la pièce n'était pas zinquée sur le reste de sa surface, nous avons fait à cet égard des épreuves répétées.

3^o Le zinc est par lui-même un métal facilement attaquable et sous ce rapport très-inférieur à l'étain et surtout au plomb, auxquels il est facile d'ailleurs, par les motifs déjà exposés, de donner une épaisseur beaucoup plus grande.

4^o Les inconvénients du zincage par immersion dans un

bain de zinc sont connus, et le rapport de l'illustre académicien, que nous avons déjà cité, nous dispense de détails à cet égard.

Par suite de tous ces motifs nous sommes convaincus que comme moyen préservatif du fer et de la fonte, le plomb ou l'étain, suivant le cas, doit être préféré au zinc.

Nous ajouterons que le prix du plomb est beaucoup moins élevé que celui du zinc, et que nous pouvons l'appliquer en augmentant très-pen la valeur du métal déposé. En effet, nous employons une dissolution de litharge dans la potasse : cette dernière n'étant pas décomposée, le bain une fois fait peut servir indéfiniment et se trouve entretenu constamment au même état de saturation, soit en employant comme pôle positif une large feuille de plomb, qui se dissout en quantité équivalente au plomb précipité, soit en rechargeant le bain de litharge à mesure qu'il s'épuise. La main-d'œuvre est nulle, et l'on a vu que la dépense de l'électricité est minime.

Nous ajouterons que le plombage nous paraîtrait pouvoir s'appliquer avec avantage à la conservation des boulets, qui, s'altérant en mer, ne sont plus de calibre et que l'on est dans l'usage, au retour des expéditions longues, de recouvrir mécaniquement d'un fourreau de plomb, moyen infiniment plus dispendieux que celui que nous proposons. Resterait même peut-être à examiner, si par suite de la flexibilité du plomb et de l'action qu'exercerait sur lui le refouloir, en faisant remplir hermétiquement l'axe de la pièce, la force d'impulsion ne serait pas augmentée.

XXIX. DE L'APPLICATION AUX ARTS DES PROPRIÉTÉS ÉLECTRO-CHIMIQUES DE L'OR, PAR M. BECQUEREL, DE L'INSTITUT.

La décomposition électro-chimique des dissolutions métalliques aurifères, opérée de manière à séparer l'or des autres métaux, est le but que je me suis proposé dans ce Mémoire ; mais, traitant la question sous le point de vue le plus général, j'ai dû m'occuper d'abord des différents moyens à l'aide desquels on retire ce métal de ses minerais, afin de les comparer entre eux et montrer en même temps la liaison intime existant entre l'électro-chimie, la chimie et ses applications aux arts.

J'ai pris l'or dans les minerais les plus pauvres, je l'ai suivi dans les diverses préparations qu'on leur fait subir pour les enrichir ; puis j'ai exposé succinctement quelques-unes des

méthodes de traitement en usage, pour montrer les perfectionnements qu'on peut y apporter, et enfin j'ai traité la question électro-chimique et les applications aux arts.

Sans parler des divers gisements de l'or, je me bornerai à dire que c'est principalement dans les sables aurifères ou détritus provenant de la décomposition de roches dites aurifères, et qui occupent des espaces considérables, que l'on retire la plus grande partie de l'or qui entre journellement dans la circulation.

L'or étant souvent en quantités très-minimes dans ces sables, comme c'est le cas dans l'Oural, dans l'Altaï et dans d'autres localités, ce qu'il y a de mieux est de leur faire subir des lavages successifs, afin d'arriver à un schlick suffisamment concentré pour qu'il y ait avantage à le traiter soit par l'amalgamation, soit par la fonte; car, en continuant le lavage jusqu'à l'or, comme on le fait encore dans un grand nombre de localités, on n'obtient que des paillettes et de petites pépites appréciables à la vue, tandis que l'on perd les parcelles de ce métal qui se trouvent dans les pyrites, ainsi que celles qui, en raison de leur ténuité, sont emportées par les eaux; d'un autre côté, l'expérience démontre que plus les minerais sont riches, plus la perte est considérable, toutes proportions gardées. Il y a donc nécessité de s'arrêter à un certain degré de concentration, si l'on ne veut pas éprouver de grandes pertes. Pour éclairer l'exploitant à cet égard, il faut évaluer la perte d'or à différentes époques du lavage, soit dans les opérations en grand, soit dans les essais de laboratoire.

Les premières expériences sur une grande échelle ont été faites par M. Boussingault, notre confrère, pendant son séjour dans la Bolivie, et je dois à son obligeance la communication des résultats qu'il a obtenus. Dans l'impossibilité où je suis d'exposer ici les détails de ces expériences, qui se trouvent dans mon mémoire, je rapporterai seulement les principaux résultats, qui sont significatifs.

1^{re} expérience. On a soumis au lavage 10,509 livres anglaises :

Ces 10,509 liv. renfermaient, or pur.	^{gr.} 3,995	argent pur	^{gr.} 10,824
On a retiré.	1,091	id.	00,426

Perte totale du lavage, or. . . 2,904 argent 10,398

On voit par là que, dans un lavage exécuté avec le plus

grand soin, on n'a retiré qu'un peu plus du tiers de l'or contenu dans les pyrites, et environ le $\frac{1}{25}$ de l'argent. Dans une deuxième expérience, on a perdu un peu plus des $\frac{3}{4}$ de l'or et le $\frac{1}{16}$ de l'argent. Dans la troisième expérience, la perte a été moins grande, puisqu'elle n'est montée qu'à un peu moins de la moitié de l'or et aux $\frac{5}{6}$ de l'argent; mais il faut dire aussi que c'est la seule qui ait présenté une différence aussi faible. Ces résultats, et d'autres qui viennent à l'appui, donnent la limite des pertes d'or et d'argent que l'on fait dans le lavage des pyrites aurifères dans la Bolivie, lorsqu'on le pousse jusqu'à l'or. C'est à la suite de ces expériences que M. Boussingault sentit la nécessité de griller ces pyrites pour en séparer l'or, quand elles ne pouvaient pas être décomposées spontanément, comme à Marmato. Ces résultats me frappèrent tellement, que je résolus de faire une série d'expériences pour m'assurer si ces pertes, dans le lavage des minerais et sables aurifères de diverses localités, ne seraient pas en rapport avec celles trouvées par notre confrère. J'employai à cet effet des minerais de l'Oural et de l'Altaï, que le gouvernement russe m'avait envoyés en assez grande quantité pour des recherches électro-chimiques: ces minerais sont soumis, dans les localités, au lavage à la sébille. Leur envoi était accompagné d'un tableau des essais faits en Russie par la voie sèche et par la voie humide, essais qui ne se sont pas trouvés d'accord, à beaucoup près, avec ceux que j'ai faits ici, en suivant l'excellente méthode de M. Berthier, qui consiste à fondre les pyrites aurifères avec dix parties de litharge et deux parties de nitre. J'y ai ajouté quelques centigrammes d'argent, afin de ne point perdre dans la coupelle la très-petite quantité d'or qui devait s'y trouver, la teneur de ces minerais ne s'élevant guère en moyenne au-dessus de 0,00005.

On croit généralement dans l'Oural que le grillage des pyrites aurifères, recommandé par M. Boussingault comme indispensable avant le lavage et l'amalgamation, entraîne ordinairement perte d'or et d'argent. Cette opinion m'ayant paru reposer sur des expériences inexactes, j'ai voulu vérifier l'assertion en en faisant de nouvelles sur une grande échelle; j'ai reconnu constamment que la teneur du minerai cru et celle du minerai grillé ne présentaient jamais d'autre différence que celle résultant du poids.

Ce premier point étant établi, je n'hésitai pas, dans les expériences en grand que je devais faire sur les essais et le

traitement, à griller le minerai; mais avant j'ai voulu connaître comment l'or était réparti et quelle pouvait être la perte faite dans le lavage. J'opérai d'abord sur le minerai de Blagovejensk, fortement concentré par le lavage.

Trois kilog. de ce minerai, broyé et tamisé, mais non très-fin, puis soumis au lavage par lévigation, ont fourni des parties grosses et des parties fines qui ont été essayées séparément avant ou après grillage. On a été conduit à ce résultat que les parties fines ont une teneur à peu près égale à celle des parties grosses, et que la teneur moyenne est beaucoup plus considérable que celle indiquée dans le tableau envoyé. Les expériences ont été recommencées sur 10 kilog. (20 liv.) du même minerai non concentré, et dont la teneur était d'environ 0.00001, les résultats ont été semblables. On devait conclure de là que l'or y étant également réparti, devait s'y trouver dans un état de division extrême, et que pour en retirer le plus possible par le lavage, il fallait becarder et broyer à un degré de finesse convenable pour que les parties les plus fines ne renfermassent plus qu'une teneur insignifiante. En ne suivant pas cette marche, les pertes ne peuvent être que considérables.

Je passe sous silence toutes les expériences que j'ai faites sur d'autres minerais, et dont les détails ne pourraient trouver place ici. Je dirai seulement qu'en comparant mes résultats avec ceux de M. Boussingault, quoique nous n'ayons pas suivi la même marche, on voit qu'ils sont à peu près les mêmes, c'est-à-dire que la perte de l'or dans le lavage est quelquefois les deux tiers, les trois quarts, et même au-delà de la véritable teneur, et que dès lors on doit faire subir aux pyrites aurifères et au minerai la préparation mécanique nécessaire pour diminuer cette perte. La manière d'opérer à Marmato devrait servir de guide à cet égard dans toutes les grandes exploitations.

Après avoir passé en revue les différents modes d'amalgamation des minerais d'or, j'ai fait usage d'un procédé particulier d'amalgamation dont l'industrie pourra peut-être tirer parti, et dont je vais essayer de donner une idée.

Quel est le but de l'amalgamation au moulin? c'est de diviser le mercure en gouttelettes, afin qu'il puisse saisir les parcelles d'or partout où il y en a; mais cette division ne peut jamais être assez grande, quelle que soit la durée de l'opération, pour qu'il se trouve du mercure dans tous les endroits

où il existe de l'or ; de sorte que ce dernier ne peut jamais être retiré en entier. Pour parer à cet inconvénient, j'ai substitué au moulin un mécanisme au moyen duquel on présente aux parcelles d'or une grande étendue de surface de mercure, afin qu'il y ait plus de chance d'enlever l'or et de perdre moins de mercure.

L'appareil se compose, 1^o d'une auge en bois, destinée à recevoir le minerai aurifère ; 2^o d'une masse parallépipédique en zinc, évidée à l'extérieur, de manière à former quatre surfaces paraboliques. Cette masse, dont la surface est amalgamée, est portée par deux tourillons reposant dans deux gorges pratiquées dans deux faces parallèles de l'auge ; ainsi disposée, elle est mise en mouvement, plus ou moins rapidement, au moyen d'une manivelle.

On conçoit, d'après cette disposition, que lorsque le minerai, dans un état de division suffisant, est introduit dans l'auge avec du mercure et une certaine quantité d'eau, de manière à le transformer en pâte liquide, si l'on fait tourner le zinc, les arêtes des surfaces paraboliques prennent au fond de la caisse le minerai qui s'étend sur les surfaces amalgamées et leur abandonne l'or qu'il renferme, ainsi qu'une portion du mercure ; mais, comme le mouvement de rotation continue pendant un certain temps, toutes les parties du minerai touchant successivement le zinc amalgamé, aucune parcelle d'or ne doit échapper à l'action du mercure.

L'amalgame formé reste sur le zinc ou tombe au fond de la caisse, quand le poids en est trop fort ; en outre, les gouttelettes de mercure, à mesure qu'elles se forment, sont enlevées par le zinc et retombent ; ainsi de suite. Quand on juge l'opération terminée, on retire le zinc, on enlève de dessus la surface le plus possible d'amalgame, on lave le minerai, et l'on opère ensuite comme dans l'amalgamation.

Je crois en avoir dit assez pour faire connaître le mode d'action de l'appareil avec lequel j'ai expérimenté.

Dans une expérience qui a duré dix heures, et dans laquelle on a opéré sur 2 kil. 500 (5 livres) du minerai de Blagovensk concentré, dont la teneur était de 0,00012, je n'ai laissé dans les résidus que 0,00001.

En réfléchissant à ce procédé, on ne peut disconvenir qu'il n'offre des avantages sur les moulins, car il vaut mieux présenter aux parcelles d'or, pour s'en emparer, de larges surfaces recouvertes de mercure, que des globules de ce métal.

L'appareil que j'ai décrit aura besoin d'être modifié dans la pratique. On n'aurait pas besoin, par exemple, de faire l'agitateur en zinc plein; il pourrait être en bois recouvert de lames de zinc, ou de cuivre, qui s'amalgame suffisamment pour l'opération.

J'ajouterai, en terminant, qu'il ne se détache qu'une quantité très-faible d'amalgame de zinc du corps de l'appareil.

Après avoir traité avec assez de développement ce qui concerne la préparation mécanique des minerais et leur traitement par le mercure, j'expose les recherches électro-chimiques que j'ai faites sur l'or et ses composés.

Je commencerai par montrer le parti que l'on peut tirer de la chaleur produite par le passage d'un courant électrique très-intense, dans un fil de métal très-mauvais conducteur de l'électricité, tel que le platine, pour faire des essais de minerais d'or ou autres, obtenir des effets de fusion, etc.

Si l'on prend un fil de platine de un demi à un millimètre (174 à 172 ligne) de diamètre, et même au-delà, et qu'on y fasse passer un courant énergique, ce fil devient incandescent dans son milieu. Mais si, au lieu de prendre un fil droit, on se sert d'un fil enroulé, dans sa partie moyenne, en spirale, dont les spires vont en diminuant, de manière à former un cône, ou bien qu'on l'enroule en hélice, la chaleur se concentre alors sur un espace très-restreint, et si elle est poussée jusqu'au rouge-blanc, on a alors dans l'espace circonscrit une température excessivement élevée, capable de fondre les substances les plus réfractaires.

La spirale est destinée à recevoir de petits creusets; l'hélice, des capsules ou de petites coupelles.

En opérant avec une pile à courant constant, on maintient la température au même degré pendant des heures entières.

Si l'on veut opérer avec des piles à très-grandes surfaces, on conçoit que l'on puisse alors obtenir de grands effets de fusion. Les creusets, suivant les effets que l'on veut produire, sont en métal, en porcelaine, en argile réfractaire; ces derniers doivent être, en général, pour des piles ordinaires, à parois minces. On peut faire usage également de creusets en charbon; mais il résulte alors une chaleur excessive de l'action combinée de la combustion du charbon et du passage de l'électricité dans le fil. La cendre provenant de cette combustion se fond avec le flux et forme une enveloppe vitreuse, mince, qui enveloppe les spires du fil. Quand cette enveloppe

n'est pas suffisamment épaisse, le bouton métallique se combine avec le platine.

Veut-on augmenter la température, on place sous la spirale, ou l'hélice, une lampe à alcool, dont la flamme enveloppe entièrement le creuset : la chaleur devient alors si intense, qu'elle fond quelquefois les fils, même d'un assez gros diamètre ; mais l'appareil est tellement disposé, que l'on peut éloigner à volonté la flamme du creuset et régler ainsi la température : avec un peu d'habitude, on est averti par la radiation lumineuse si l'on est près ou non du point de fusion du fil.

Pour coupler, on se sert de coupelles plates en cendres d'os, et l'on insuffle de l'air sur le bain métallique.

J'ai pu opérer la fusion de quelques décigrammes (quelques grains) de minéral d'or, dont la teneur était de 0.00002. Le bouton de retour était visible.

Ce mode d'expérimentation a l'avantage de pouvoir opérer dans divers milieux ; car il suffit de placer la spirale dans une cloche renfermant le gaz que l'on veut faire réagir sur les substances d'essai.

Je répète encore que, bien que mes expériences aient roulé sur de très-petites quantités de minéral d'or, si l'on opérait avec des piles d'une grande dimension, on pourrait agir sur des quantités plus considérables.

Mon but n'a point été de chercher à substituer aux modes d'essais en usage, et qui ne laissent rien à désirer, un autre mode fondé sur les propriétés calorifiques des courants électriques, mais bien de montrer tout le parti que l'on peut tirer de l'agent électrique dans toutes les branches de la chimie.

Mais s'il en est ainsi à l'égard de l'action calorifique de l'électricité, il n'en est pas de même de son action comme force chimique dans les essais par la voie humide, attendu qu'elle peut servir réellement, comme on va le voir ci-après, non-seulement pour les essais, mais encore pour les analyses, même en opérant sur des quantités assez considérables.

Prenons d'abord une dissolution d'or, et voyons comment, au moyen des forces électriques, on peut en décèler la présence, alors même que ce métal s'y trouve en très-petite quantité. On met cette dissolution dans un entonnoir de verre, dont le bec est fermé, sur une étendue de 1 centimètre (5 lignes), avec de l'argile humectée d'eau salée, le bec étant coiffé avec un linge, pour empêcher celle-ci de tomber ; le bec traverse la tubulure d'un bocal rempli d'une dissolution con-

centrée de sel marin dans laquelle se trouve une lame de zinc décapée. On introduit ensuite dans un tube de verre un fil de platine qui dépasse l'extrémité de quelques millimètres que l'on soude; le bout soudé est plongé dans la dissolution de l'or. Le bout libre du fil qui sort par l'autre extrémité du tube est mis en communication avec la lame de zinc; au même instant, l'action électro-chimique commence par suite de l'action de l'eau salée sur le zinc. L'or se précipite peu à peu sur le très-petit bout de fil de platine qui plonge dans la solution d'or. Au bout de peu de temps, tout l'or se trouve déposé sur une très-petite étendue de surface. On coupe le bout, on pèse; on enlève l'or, on pèse de nouveau, et la différence donne le poids de l'or. On peut aussi recueillir et peser des quantités très-minimes d'or renfermées dans une dissolution.

J'ai cherché ensuite la solution de cette question.

Une dissolution quelconque, acide ou alcaline, renfermant de l'or et divers métaux, étant donnée, en retirer l'or dans un grand état de pureté. La solution de cette question exigeait l'emploi de principes nouveaux, que je vais exposer, et dont l'industrie pourra tirer parti dans plusieurs cas.

Supposons qu'un métal oxidable soit en dissolution, dans un liquide quelconque, avec un autre qui l'est très-peu; si l'on veut séparer ce dernier de l'autre, en se servant de l'appareil décomposant formé d'un couple et d'un diaphragme en terre cuite, on agira comme il suit :

On conçoit que si l'on verse dans la partie fermée par le diaphragme la dissolution métallique, et dans le vase où plonge ce diaphragme, une dissolution de même densité, et qui n'en diffère qu'en ce qu'elle ne renferme pas le métal que l'on veut retirer, celui-ci étant en très-petite quantité, il n'y aura point d'endosmose, ou du moins elle sera excessivement faible; c'est en cela que consiste le succès de l'expérience : en effet, opérons sur une dissolution renfermant de l'or, du cuivre, du fer. Commençons par une dissolution d'or et de cuivre dans l'eau régale.

On verse la dissolution, que l'on a rendue aussi neutre que possible, dans le diaphragme, que l'on place dans un vase renfermant une dissolution de cuivre au même degré de concentration, et dans laquelle plonge une lame de cuivre; dans l'autre, une lame de platine : les deux lames sont mises en communication. Le cuivre est immédiatement attaqué avec

formation de protochlorure; le courant électrique qui en résulte a une intensité suffisante pour décomposer le chlorure d'or et non le chlorure de cuivre, car s'il se précipitait du cuivre, il y aurait un contre-courant qui détruirait l'autre, ce qui ne saurait avoir lieu.

J'ai reconnu, d'une part, que l'or retiré par ce moyen était chimiquement pur, et que, dans une expérience où la dissolution renfermait 0^{gr}.032 d'or, on en a retiré 0^{gr}.031. On a donc perdu 0^{gr}.001 d'or dans la manipulation.

Dans une autre expérience la perte n'a été que de 0^{gr}.0005; on doit donc l'attribuer à des erreurs presque inévitables dans des expériences de cette nature.

J'ai appliqué ce mode d'expérimentation à l'essai d'un minerai de cuivre du Chili, dont je connaissais la teneur en cuivre. 10 gr. ont été traités par l'eau régale; puis, après filtration et lavage, on a chassé l'excès d'acide et l'on a dissous dans l'eau distillée. On a préparé une autre dissolution de chlorure de cuivre ayant la même densité, et l'on a opéré comme ci-dessus: la lame de platine a bientôt acquis la teinte de l'or; les pesées ont accusé à peu près 0^{gr}.0005 d'or, qui est sensiblement la teneur trouvée par un essai.

Pour séparer l'or du fer dans une dissolution de ces deux métaux, on suit une marche absolument semblable. Les résultats ont été également satisfaisants, c'est-à-dire qu'on a retiré tout l'or contenu dans la dissolution, sauf la perte faite dans les manipulations.

Il n'a été question encore que de dissolutions ne renfermant que de l'or et un autre métal; mais s'il s'agissait de dissolutions renfermant plusieurs métaux, on pourrait se servir des mêmes principes pour opérer leur séparation. S'il s'agit, par exemple, d'une dissolution de plomb, de cuivre, de fer et d'or, de laquelle on voudrait retirer l'or, on préparerait une dissolution des trois premiers, dans les mêmes proportions, de manière à avoir une dissolution à peu près de même densité, et l'on disposerait l'expérience comme ci-dessus, en opérant avec un couple platine et cuivre. Le courant produit dans cette circonstance a juste la force nécessaire pour décomposer le chlorure d'or seulement, car il ne saurait réagir sur le chlorure de cuivre et encore moins sur les chlorures des métaux plus oxydables que lui.

Pour retirer le cuivre sans toucher aux autres métaux, il faudrait remplacer la dissolution des trois métaux par une

autre renfermant le plomb et le fer. Alors, en opérant avec un couple plomb et platine, ou fer et platine, on aurait le cuivre. Lorsque la dissolution où se trouve le métal attaqué ne réagit que faiblement sur ce métal, on y ajoute un agent capable d'augmenter la réaction; mais alors il faut l'introduire également dans l'autre dissolution.

Après avoir étudié les principes précédemment exposés, et dont on a dû entrevoir immédiatement les applications à la métallurgie, j'ai dû m'occuper de la dorure sur métaux, en vertu d'actions électro-chimiques lentes, au moyen des appareils que je viens de décrire et en cherchant le moyen d'accélérer l'action sans employer une pile voltaïque. Un autre motif m'a engagé à en agir ainsi. Suivant le plan que je me suis proposé, j'ai pris l'or dans les minerais les plus pauvres, je l'ai suivi dans les transformations qu'on leur fait subir pour les traiter, en y faisant intervenir autant que possible l'action électro-chimique. Je dois examiner maintenant son emploi dans les arts, sous l'influence de la même action.

M. de la Rive est le premier qui ait songé et ait réalisé l'idée d'appliquer l'or sur les métaux, en faisant usage de mes appareils électro-chimiques simples; mais, comme cela se voit fréquemment, celui qui découvre un art n'est pas toujours celui qui le porte à la perfection; car c'est dans la pratique que l'on reconnaît les avantages et les inconvénients dont on a besoin pour le perfectionnement; il faut pour cela le concours d'un grand nombre de personnes. En attendant, l'honneur appartient à l'inventeur. Immédiatement après la découverte de M. de la Rive, les physiciens et les industriels en France, en Angleterre, en Allemagne, dans toute l'Europe en un mot, se mirent à l'œuvre pour perfectionner ce nouveau mode de dorure, soit en opérant avec des dissolutions plus convenables que celles indiquées par M. de la Rive, soit en faisant intervenir un certain nombre d'éléments de la pile de Volta. Malheureusement, peu de résultats furent publiés, parce que l'on cherchait plutôt à spéculer qu'à en faire un but de recherches scientifiques. Des brevets d'invention, dont la date établit la priorité en faveur de M. Elkington, ont été pris, mais je n'ai pas à m'en occuper ici; je sais seulement que la publication la plus complète que la science ait enregistrée dans ses annales, est celle de M. de Ruolz, après toutefois celle de M. de la Rive, qui, pendant plus de dix ans, à ma connaissance, a cherché un procédé simple de dorure, sans l'intermédiaire du mercure.

Je dois dire cependant que M. Elkington est le premier qui ait fait connaître que l'on pouvait substituer, dans la dorure par la voie humide, au chlorure d'or, un autre sel d'or, l'aurate de potasse, ce qui était déjà un grand perfectionnement.

A peine la communication de M. de Ruolz eut-elle été faite à l'Académie, que de toutes parts on apprit que différentes personnes étaient parvenues à dorer tous les métaux avec une assez grande perfection. M. Elkington est un de ceux qui, sous ce rapport, revendiquent la priorité. Nous voyons aussi dans une Notice de M. Louyet, insérée dans le tome VIII des *Annales de l'Académie de Bruxelles*, une réclamation de priorité relativement à l'emploi du bisulfure d'or dans le cyanure de potassium et d'éléments voltaïques. Suivant lui, ce procédé a été exposé, il y a huit mois, dans un cours public fait à l'école centrale de Bruxelles, par conséquent avant la publication de M. de Ruolz. Je me borne à indiquer ces faits, comme documents historiques, sans chercher à en discuter la valeur. Je dirai seulement que M. de Ruolz se distingue entre tous les prétendants à la découverte de la meilleure méthode pour la dorure au moyen de la pile, en ce qu'il a fait connaître le premier, à l'Académie, comment on pouvait appliquer avec facilité non-seulement l'or, mais encore un métal sur un métal quelconque. La question a donc été envisagée par lui de la manière la plus générale.

Du choix des dissolutions dépendait le succès de l'application des métaux; sous ce rapport M. de Ruolz a été heureux; car celles dont il s'est servi sont les plus avantageuses qu'on ait encore trouvées jusqu'ici.

Le rapport rempli de détails intéressants de votre commission, par l'organe de M. Dumas, n'a donc rien dit de trop à cet égard.

Le travail de M. de Ruolz y a été envisagé, comme elle le reconnaît elle-même, plutôt sous le point de vue technique que sous le rapport scientifique. C'est actuellement à la science à éclairer l'industrie naissante de la dorure électro-chimique, qui ne connaît le courant électrique que par la propriété qu'il possède de décomposer les corps, et de transporter leurs éléments en certains points ou certaines surfaces appelées *pôles*. Mais le courant électrique est comme un torrent qui renverse indistinctement tout ce qui s'oppose à son passage: il sépare, entraîne les parties dans deux directions différentes, suivant leur nature et les rapports chimiques qui les lient; et si l'on ne

dirige pas son action, il agit pour ainsi dire tumultueusement en déposant d'un côté tous les corps qui jouissent des propriétés acides, de l'autre tous ceux qui se comportent comme alcalis ; car, notez-le bien, il n'y a point de composé chimique, organisé ou inorganisé, qui, obéissant à son action, ne se partage en deux éléments distincts qui eux-mêmes se partagent en deux autres, ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive aux éléments simples.

Pour obvier à ce dépôt tumultueux à chaque pôle, il faut savoir régulariser la marche du courant, le forcer à prendre tel corps plutôt qu'un autre ; il faut que le dépôt se fasse régulièrement sur toute l'étendue de la surface, et que la couche en soit égale partout ; il faut enfin se rendre maître de son action. Voilà, ce me semble, ce que la science doit indiquer à l'industrie ; et n'est-ce pas faute de connaissances précises à cet égard, que rien n'annonce encore qu'on ait pris les précautions nécessaires pour que l'or soit également réparti sur toute la surface, et que la dorure sur bijoux, au moyen de l'électricité, n'ait pas atteint le degré de perfection désirable, c'est-à-dire ce mat vif tant recherché. Ne serait-ce pas par hasard parce que l'on a opéré sur des dissolutions qui renfermaient encore quelques parties de fer, et parce que l'action était trop rapide ? Dans le premier cas, le courant amène sur la pièce à dorer, non-seulement l'or, mais encore le fer et les autres substances métalliques qui se trouvent dans la dissolution, quoique en petite quantité ; dans le second cas, une action trop vive ne permettant pas aux molécules de se grouper régulièrement, empêche la production du mat vif.

Ce sont des questions que j'examinerai ci-après.

Il est facile d'expliquer aussi pourquoi certaines dissolutions d'or ne réussissent pas, tandis que d'autres produisent un excellent effet. Tout métal oxidable qu'on plonge dans une dissolution neutre d'or la décompose plus ou moins rapidement ; l'or se réduit sur la surface du métal : mais si on le rend suffisamment négatif, il n'est plus attaqué par la dissolution et sa surface reste brillante. Augmente-t-on cet état négatif, alors il décompose la dissolution, non plus en raison de son affinité sur celle-ci, mais à cause de son pouvoir électro-chimique. C'est précisément ce qui arrive quand on plonge dans l'eau de mer, comme Davy l'a fait, un couple fer et cuivre ; le fer, en rendant électro-négatif le cuivre, non-seulement le préserve, mais encore détermine une action électro-chimique, en

vertu de laquelle l'eau et les sels qu'elle renferme sont décomposés, la soude et les bases se déposent sur le cuivre qui conserve son brillant. Il résulte de là qu'en opérant avec un courant électrique simple, si l'on étend suffisamment la dissolution d'or pour que la pièce à dorer qu'on plonge dedans soit assez négative pour ne plus réduire chimiquement le sel d'or, alors l'action électro-chimique décomposante commence. De même, en opérant avec un courant provenant d'une pile composée d'un grand nombre d'éléments, si la dissolution a une énergie suffisante pour réagir sur le métal à dorer, même lorsque ce métal est en communication avec le pôle négatif, l'action de celui-ci est alors paralysée, et le sel d'or est décomposé par l'action chimique directe et non par le courant. Voilà pourquoi il n'y a qu'un petit nombre de dissolutions aurifères qui puissent être employées. Un des avantages de l'emploi de la pile dans la dorure, comme le fait M. de Ruolz, est de séparer la dissolution métallique aurifère de l'appareil qui fournit le courant; dans ce cas, on n'a pas à craindre des pertes d'or. Il n'en est pas de même avec les appareils électro-chimiques simples, tels que ceux employés jusqu'ici; mais on peut éviter en grande partie cette perte, et arriver en même temps à un résultat semblable à celui de M. de Ruolz, en opérant toutefois avec des dissolutions suffisamment étendues; il faut alors plus de temps, mais aussi l'on arrive à la perfection. C'est là toute la différence qui existe entre le mode d'action des appareils composés et celui des appareils simples. Il ne faut, pour tout cela, qu'invoquer les principes précédemment énoncés. J'expose d'autant plus volontiers les recherches que j'ai faites à cet égard, que tout en pouvant être utiles, elles viennent à l'appui de l'opinion que j'ai émise il y a plus de quinze ans, qu'un seul couple formé d'un métal et de deux liquides différents, de deux métaux et d'un seul liquide, ou de deux liquides différents convenablement choisis, peuvent produire les mêmes effets qu'une pile composée d'un grand nombre d'éléments; seulement, avec plus ou moins de temps, selon le choix des substances employées, leur quantité et leur rapport. On peut ainsi, avec un seul couple, se passer dans un grand nombre de cas d'une pile, et même obtenir des effets que celle-ci ne peut donner, surtout quand on désire avoir des composés cristallisés. Il y a certes là un avantage, car la pile est d'un usage dispendieux, et même incommode dans la science et dans la pratique; aussi, tous mes efforts ont-ils

tendu à la remplacer par un appareil simple que l'on emploie déjà dans les arts. M. de la Rive a suivi cette marche en faisant usage pour la dorure d'un appareil composé d'une plaque de zinc, de la pièce à dorer, d'un diaphragme en vessie contenant la dissolution neutre d'or où plonge cette pièce, et d'un bocal rempli d'eau acidulée dans laquelle plonge le zinc. Dès l'instant que le zinc communique avec le métal à dorer, la dissolution d'or est décomposée, l'or se précipite sur la surface du métal, qui devient noirâtre et légèrement dorée. Il suffit alors de frotter la pièce à dorer avec un linge fin pour obtenir le brillant. Après plusieurs immersions et opérations semblables, la pièce est dorée avec un beau poli, à peu près de même que par la méthode dite d'application; il est impossible d'obtenir par ce moyen le mat comme le donne la méthode de M. de Ruolz, ce qui restreint nécessairement ses applications; car le doreur tire un parti avantageux du mat qu'il transforme en poli à l'aide du brunissoir. Il est facile d'expliquer pourquoi il ne peut en être ainsi dans le procédé de M. de la Rive : la dissolution n'étant ni assez neutre ni assez étendue, la pièce à dorer réagit chimiquement sur la dissolution d'or; il en résulte un courant électrique dirigé en sens inverse du premier, de façon que l'on n'a que la différence d'action des deux courants. C'est pour ce motif que la pièce est en partie dorée par l'action électro-chimique et en partie recouverte d'or réduit. En général, pour que l'action électro-chimique produite par le courant provenant de la réaction de l'eau acidulée sur le zinc fût à son maximum, il faudrait que la pièce à dorer ne fût pas attaquée par la dissolution aurifère; c'est ce qui a lieu pour le platine, qui se dore par ce moyen avec une grande facilité.

Dans la méthode de M. de la Rive, une partie de la dissolution d'or est décomposée par la vessie qui se recouvre d'or; une autre ne tarde pas à passer au travers et est réduite par le zinc, dont l'action est alors diminuée en raison des couples secondaires zinc et or qui se forment à sa surface. On est alors forcé de recueillir l'or disséminé et sur la vessie et sur le zinc. De plus, l'eau acidulée étant un bon conducteur pour l'électricité, il s'ensuit qu'une portion des deux électricités, dégagée dans sa réaction sur le zinc, se recombine dans le liquide même, ce qui diminue d'autant l'intensité du courant.

On peut néanmoins éviter les inconvénients du diaphragme en vessie, obtenir le mat avec les appareils simples, et une ad-

hérence peut-être encore plus forte de l'or qu'en employant la pile; mais alors il faut opérer dans d'autres conditions.

On a vu précédemment que lorsque deux dissolutions de même nature, ayant même densité et ne différant entre elles qu'en ce que l'une renferme une très-petite quantité d'un composé qui ne se trouve pas dans l'autre, sont séparées par un diaphragme de toile, de terre demi-cuite, de porcelaine déglourdie ou d'argile humide, les phénomènes d'endosmose et d'exosmose ne se manifestent qu'à un faible degré, et même n'ont lieu qu'après un certain laps de temps, lorsque la densité étant différente ainsi que les composés, le diaphragme est formé d'une couche d'argile suffisamment épaisse, humectée de l'une des dissolutions. On peut se servir de ce principe pour l'application de l'or sur divers métaux et avoir le mat en faisant usage des appareils simples. Le mat étant la conséquence d'une très-forte adhérence de l'or aux métaux et de l'état d'aggrégation de ses molécules, ne peut être obtenu qu'avec des dissolutions suffisamment étendues; car si l'on opère avec des dissolutions d'une densité égale à celles de M. de Ruolz, on retombe dans les effets de M. de la Rive, dont on a parlé précédemment.

Les liquides employés sont le double cyanure de potassium et d'or, et la dissolution de cyanure d'or dans l'eau salée.

Une solution formée avec 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec, 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyano-ferrure jaune de potassium et 100 grammes (3 onces 3 gros) d'eau, ne donne qu'une couleur d'or sale, rejetée par l'industrie; pour obtenir le mat, il faut étendre cette solution de plusieurs fois son volume d'eau. L'expérience suivante indique le dispositif le plus simple que l'on puisse employer pour des essais en petit.

On a pris un tube de verre de 1 centimètre (5 lignes) de diamètre et de 1 décim. (3 pouces 9 lignes) de longueur; un des bouts a été fermé avec du kaolin en pâte un peu consistante, humectée d'eau salée et formant une espèce de tampon de 1 centimètre (5 lignes) de longueur, et ce même bout fut coiffé avec du linge pour retenir le kaolin. Il faut bien se garder de mettre aucune substance organique dans l'intérieur du tube sur l'argile, attendu qu'elle serait réduite par le sel d'or. Le tube a été rempli de la dissolution étendue de double cyanure d'or et de potassium. On a plongé ensuite dans un cylindre de laiton, poli et parfaitement décapé, comme on le fait dans les arts, avec un mélange d'acide nitrique con-

centré et de suie, décapage qui se fait en frottant avec un linge humecté du mélange, plongeant immédiatement la pièce dans l'eau, replongeant de nouveau, et ainsi de suite, et essuyant bien quand le décapage est arrivé au degré voulu. Le tube a été placé dans une éprouvette remplie d'une dissolution à même densité de cyano-ferrure jaune de potassium, renfermant du sel marin, mais privée d'or, dans laquelle plongeait une lame de zinc que l'on mit en communication avec le cylindre de laiton, au moyen d'un fil de cuivre. La décomposition électro-chimique ne tarda pas à se manifester, l'or se précipita sur le laiton, et dix minutes après sa surface avait déjà un aspect mat. L'opération fut continuée jusqu'à ce que tout le cyanure d'or, et même une grande partie du cyanure de potassium fût décomposée. On retira alors le cylindre qui était doré mat, comme par la méthode de M. de Ruolz. La dissolution contenue dans le tube était devenue très-alcaline, conséquence de l'action du courant sur les sels alcalins; dans ce cas, le zinc étant attaqué par suite de la réaction du cyanure et du chlorure alcalin, il se forme un cyanure et un chlorure de ce métal; tandis que la seude est transportée sur le laiton, et, devenant libre, réagit sur le sel d'or, le décompose, sépare l'or, qui, étant attiré par ce même laiton, en raison de son état négatif, se dépose sur sa surface et y adhère d'autant plus fortement que l'action a été plus lente. Ce dépôt résulte donc de deux actions combinées, d'une action chimique et d'une action électro-chimique. C'est ce concours qui donne une puissance si grande aux appareils électro-chimiques simples, et qui leur permet de rivaliser avec les piles composées d'un grand nombre d'éléments.

Quand on s'aperçoit, par la lenteur des effets produits, que le zinc est faiblement attaqué par la dissolution mixte de cyanure et de chlorure alcalins, on augmente la proportion de celui-ci, et même on remplace entièrement la dissolution par une autre plus ou moins concentrée de sel marin; mais dans tous les cas, il faut bien se garder d'employer des acides, par les raisons ci-dessus mentionnées. Les effets électro-chimiques dépendant de l'épaisseur du tampon d'argile, et de son état plus ou moins pâteux, on ne peut donner aucune règle à cet égard. Quoique l'endosmose soit très-faible, néanmoins elle finit par avoir lieu, si l'on n'a pas l'attention de changer de temps à autre la cloison en argile; il est bon aussi de la visiter quelquefois dans la crainte que quelques cristallisations, formées

dans la masse, ne lui donnent trop de consistance, et ne s'opposent au passage du courant. Mais lors même qu'il passerait du cyanure d'or dans le bocal où se trouve le zinc, ce cyanure, qui ne s'y trouverait qu'en très-petite quantité, serait décomposé par le chlorure de zinc; il se formerait un chlorure d'or qui serait décomposé par le zinc, et il se déposerait au fond du vase un précipité floconneux de cyanure de zinc. On recueille l'or en nettoyant le zinc avec un linge; mais, je le répète, cette quantité est toujours très-minime quand on prend toutes les précautions indiquées. Avant de soumettre une pièce à la dorure, il faut s'assurer que la dissolution est dans un état convenable. A cet effet, on opère avec un fil parfaitement décapé, et si dans l'espace de quelques minutes il conserve son brillant métallique, alors on peut commencer les opérations avec toutes chances de succès. Comme il arrive quelquefois qu'on mêle à la dissolution de cyanure d'or et de potassium une solution de sel marin, il faut bien se garder d'en ajouter une trop grande quantité, car l'argent, quand le courant n'a pas assez d'énergie, est attaqué et devient noir.

Si l'on opère avec un cylindre de cuivre, dont la surface est parfaitement décapée, on obtient absolument les mêmes effets. Un cylindre d'argent à surface mate se dore également, mais moins promptement que lorsque la surface est polie.

Voici les proportions qui m'ont donné les plus beaux effets :

On a fait une dissolution avec 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or sec, 10 grammes (2 gros 44 grains) de cyanoferrure jaune de potassium, et 100 grammes (3 onces 3 gros) d'eau; on a filtré pour séparer le cyanure de fer, puis on a ajouté encore 100 grammes d'une solution saturée de cyanure jaune. Ce mélange, employé à la dorure, a donné un mat terne; en étendant la solution de son volume d'eau, et même de deux volumes, on a eu un mat clair. En général, le ton varie selon que la solution est plus ou moins étendue: il est d'autant plus beau qu'elle est plus étendue et qu'elle renferme moins de fer. La raison en est toute simple: dans le premier cas, les molécules n'étant pas précipitées tumultueusement, peuvent se grouper régulièrement; dans le second, le cyanure de fer passe successivement à l'état de protocyanure de fer et de fer métallique, quand une grande partie du cyanure d'or a été décomposée; il résulte de la réunion de ces divers précipités une surface dorée sale; mais pour faire paraître le mat, il suffit de laver la pièce avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, et de frotter

légèrement avec un linge pour enlever les dépôts non adhérents.

Dans les expériences précédentes, il n'a point été question du temps, attendu que pour obtenir les mêmes effets dans différents appareils, il faut plus ou moins de temps, suivant la densité de la dissolution, l'épaisseur de la cloison, la manière dont a été pressée l'argile humide, et suivant la quantité de solution qu'elle renferme elle-même, etc.

Je dirai seulement qu'avec les conditions les plus avantageuses, on aperçoit quelquefois le mat en moins de dix minutes; mais, en général, à la température ordinaire, il faut plusieurs heures pour obtenir une dorure très-épaisse. Mais on verra ci-après, qu'à l'aide d'une faible chaleur, on peut, en moins d'un quart d'heure, obtenir une très-bonne dorure. La différence entre le mode d'action d'une pile composée d'un certain nombre d'éléments et celui d'un appareil électro-chimique simple, conforme au modèle précédemment décrit, ne consiste donc que dans le temps, qu'il est possible, néanmoins, dans la plupart des cas, d'abréger à un point tel que cette différence soit peu sensible. Les appareils simples dont on peut varier la forme à l'infini permettent de se passer des piles, toujours dispendieuses, en raison de la consommation du zinc et des dissolutions qui servent à les charger, de la destruction assez rapide des sacs en toile à voile, indispensables pour avoir des effets constants. Les appareils simples sont, pour ainsi dire, de nulle valeur; ils peuvent être placés partout sans inconvénient. Leur manœuvre est des plus faciles; enfin leur volume peut varier depuis celui d'un tuyau de plume jusqu'à celui d'un tonneau, suivant les besoins de l'industrie. Ils fonctionnent en outre parfaitement à la température ordinaire, et donnent alors avec un peu plus de temps une très-belle dorure.

Après avoir envisagé la question sous le point de vue scientifique, je vais le faire sous le rapport industriel. A cet effet, je me suis entouré des documents qui pouvaient m'éclairer le plus, en m'adressant aux artistes les plus habiles de la capitale.

Je commencerai par indiquer les dispositions qui m'ont paru les plus convenables pour dorer les objets d'une certaine étendue. On peut prendre d'abord une cloche en verre ayant à sa partie supérieure une large tubulure que l'on remplit de kaolin ou d'argile ordinaire, privée de calcaire, retenue par une

coiffe de linge, ficelée autour de la paroi extérieure de la tubulure, et, pour que la ficelle tienne, il est nécessaire qu'il y ait une gorge à la tubulure. On passe la cloche dans une ouverture pratiquée dans une planche, jusqu'à ce que son bord inférieur affleure le bord de la planche; on l'assujettit au moyen de coins en bois, après quoi la cloche est renversée; on la remplit de la dissolution d'or et on la plonge par la tubulure dans un seau de faïence ou autre contenant une solution plus ou moins saturée de sel marin, avec la condition que les deux solutions soient à la même hauteur, afin d'éviter qu'une différence de pression ne tende à faire passer un liquide d'un vase dans un autre. On opère ensuite comme il a été dit ci-dessus. Quand l'épaisseur de la couche d'argile est de plusieurs centimètres, et qu'elle a été suffisamment tassée, on n'a pas à craindre d'endosmose, du moins d'une manière sensible, dans l'espace de plusieurs jours.

Quand on veut faire concourir l'action de la chaleur avec celle des forces électro-chimiques, il faut chauffer le seau de faïence au bain-marie.

On peut remplacer les cloches en verre par des cloches en faïence, munies de tasseaux également en faïence, et destinés à supporter la cloche et à la retenir sur la planche.

Ces deux indications suffisent pour diriger les industriels dans la construction des appareils.

Il faut bien se garder d'employer du zinc amalgamé, car, outre qu'en le manœuvrant il peut tomber du mercure dans la dissolution d'or, on a à craindre encore qu'il ne se forme de petites quantités de chlorure de mercure qui finissent par passer à travers l'argile, et de là dans la dissolution d'or, où elles sont réduites en même temps que l'or.

On peut encore prendre pour diaphragmes des vases cylindriques en porcelaine dégourdie, mais il ne faut en faire usage qu'autant que les deux dissolutions ne diffèrent que par la présence de l'or dans l'une d'elles; car sans cela l'endosmose est toujours assez marquée. Les diaphragmes d'argile humide sont dans tous les cas préférables aux vases en porcelaine dégourdie; néanmoins on obtient les mêmes résultats en opérant de la manière suivante.

On prend un sac en toile à voile que l'on remplit à moitié ou aux deux tiers d'argile en pâte demi-liquide, et l'on introduit dedans un cylindre à minces parois en porcelaine dégourdie, de manière qu'il se trouve au milieu du sac et que l'argile

vienne au niveau du diaphragme, dont le diamètre doit être assez grand pour que l'épaisseur de l'argile soit partout de 1 à 2 centimètres (5 à 9 lignes). Au moyen de cette disposition, on a tous les avantages d'un diaphragme cylindrique et d'argile, attendu que l'action est uniforme et qu'on n'a pas à craindre d'endosmose, du moins d'une manière assez sensible pour nuire aux résultats.

J'ai dit précédemment que pour que la dorure fût uniforme, c'est-à-dire que la couche d'or déposée fût sensiblement la même sur toutes les parties de la pièce, il fallait ne pas la placer d'une manière quelconque par rapport au zinc. Supposons que l'on plonge dans une dissolution quelconque deux lames de platine en relation avec les deux pôles d'une pile, et que le courant exerce son action décomposante sur les parties constituantes de la dissolution, les parties acides se déposeront autour de la lame positive, mais en plus grande quantité sur la surface qui se trouve du côté de la lame négative que de l'autre; il en sera de même des éléments alcalins relativement aux deux surfaces de la lame négative. Ce n'est pas tout encore, le dépôt sera plus considérable dans la partie inférieure que dans la partie supérieure. On peut remédier, à la vérité, à cet inconvénient, en retournant d'abord les lames, puis les renversant. Mais cela ne suffira pas encore si cette manœuvre se fait à des intervalles un peu éloignés; car la pile fonctionnant sans interruption, la dissolution sur laquelle on opère est de moins en moins saturée, de sorte que, pendant le même temps, il ne se forme pas un dépôt de même épaisseur sur les lames; on n'atteindrait donc pas l'uniformité désirable.

Ce court exposé doit faire sentir que pour dorer, même avec la pile, il ne faut pas se borner à prendre pour pôle négatif une lame de platine, et pour pôle positif la pièce d'essai, placée d'une manière quelconque par rapport à la lame de platine.

Cela posé, voici les avantages des appareils simples, tels qu'ils ont été décrits.

Lorsqu'on emploie un cylindre de porcelaine dégourdie destiné à recevoir la dissolution d'or et qu'on le plonge dans la solution d'eau salée, si on l'environne d'un autre cylindre en zinc, plongeant dans la solution et mis en communication avec la pièce à dorer, il est bien évident que tous les points de la surface de la pièce seront également soumis à l'action du courant. Pour que le dépôt d'or soit parfaitement uniforme, on n'aura plus qu'à retourner le plus souvent possible la pièce :

on sera assuré d'avoir alors une dorure aussi uniforme que possible.

Dans l'appareil où le cylindre en terre est remplacé par une cloche en verre munie d'une tubulure remplie d'argile, l'action décomposante du courant n'est pas à la vérité aussi uniforme ; mais si l'on opère comme ci-dessus, avec un cylindre de zinc qui entoure symétriquement la tubulure, les courants rayonnent alors symétriquement de tous les points de la surface du zinc sur la pièce à dorer, de sorte qu'en la renversant très-fréquemment on doit obtenir une couche suffisamment uniforme.

Passons à l'usage de ces appareils : j'ai soumis à leur action des pièces d'argent, des bijoux de même métal, et j'ai eu constamment de beaux effets de mat : après la mise en couleur, la teinte était rouge, jaune ou verdâtre, suivant que la couche d'or déposée était plus ou moins épaisse. La dorure commence d'autant plus rapidement que la surface de la pièce est bien polie et décapée avec une solution de potasse, puis lavée avec de l'acide nitrique étendu. Le mat agit plus lentement.

Une température de 20 à 25° au plus abrège singulièrement la durée de l'opération, parce que le zinc est plus fortement attaqué. Il m'est arrivé plusieurs fois d'obtenir une bonne dorure en moins de dix minutes ; mais elle n'est jamais aussi belle, sous le rapport du mat, que celle qui est faite à la température ordinaire ; au surplus, c'est le propre des actions lentes de produire un groupement plus régulier des molécules. Sous ce rapport, la méthode que j'indique ne peut avoir que de grands avantages.

La couche d'or supporte parfaitement le bruni et adhère tellement à l'argent qu'on n'en enlève aucune trace appréciable dans le poli au tour. Des cylindres d'argent recouverts d'une couche épaisse d'or, se tirent parfaitement à la filière et donnent des fils d'argent doré : preuve que l'or est très-adhérent.

Il restait une question assez importante à examiner, c'est celle relative à la dorure des objets et bijoux en filigrane, qui a résisté jusqu'ici à tous les moyens employés pour l'obtenir d'une manière satisfaisante. Je me suis adressé à M. Christoffe, l'un des plus habiles fabricants de bijoux de Paris, et qui excelle dans le genre filigrane. Je tiens de son obligeance, pour laquelle je le prie de recevoir mes remerciements, un certain nombre de pièces telles que corbeille, fleurs, divers bijoux, lesquels ont été soumis à la dorure électro-chimique, en vertu

d'actions lentes. Le résultat a été satisfaisant, comme peut le voir l'Académie en jetant les yeux sur les pièces que je lui présente. La dorure en est un peu rouge, mais cela tient uniquement à l'épaisseur de la couche d'or déposée, qui est assez forte, attendu que l'appareil a fonctionné pendant plus de 12 heures. Des objets semblables mis en même temps en expérience et retirés à divers intervalles de temps, présentent les teintes verdâtre, jaune et rougeâtre. Les bijoux en filigrane dorés par les anciens procédés sont tellement mal venus qu'ils ne supportent pas la comparaison avec les mêmes objets dorés au moyen des actions lentes.

Les vases et objets divers en cuivre, en laiton et en bronze parfaitement décapés avec l'acide nitrique et la suie, comme il a été dit ci-dessus, se dorant quelquefois rapidement. J'ai obtenu de bonnes dorures en dix minutes, qui supportent parfaitement la mise en couleur et le bruni. Des cylindres de cuivre recouverts d'une couche d'or se tirent également bien à la filière. J'ai dû examiner ensuite s'il n'était pas possible de fabriquer des bijoux en cuivre après dorure par le procédé électro-chimique, au moyen de la méthode de *repoussé* de M. Mourey, avantageusement connu pour ce genre de travail. Je me suis adressé à cet effet à lui, et il a bien voulu mettre à ma disposition non-seulement les objets dont je pouvais avoir besoin, mais encore ses ateliers pour les confectionner. J'ai commencé d'abord par faire fabriquer deux bagues semblables, qui ont été dorées au moyen des actions lentes; l'une a été terminée au repoussé et l'autre est restée telle qu'elle était sortie de l'appareil. La première est très-bien venue et rivalise avec tout ce qu'on a fait de mieux dans ce genre. On peut voir dans la bague et autres objets du même genre que je présente à l'Académie, que les ornements sont fouillés dans toute leur profondeur comme si le burin les avait sillonnés, et, cependant, la couche d'or était tellement adhérente au cuivre que le travail ne l'en a pas détachée. Il est démontré par là que la dorure électro-chimique peut être appliquée avec avantage à la fabrication des bijoux par la méthode de repoussé après dorure.

Telles sont les différentes questions auxquelles j'ai été conduit à m'occuper en étudiant les propriétés électro-chimiques de l'or; j'y ai rattaché toutes celles qui avaient des rapports plus ou moins directs avec mon sujet. En effet l'or a été pris dans les minerais les plus pauvres; on l'a suivi dans les diverses opérations effectuées pour concentrer ces derniers en indi-

quant les méthodes les plus simples pour les retirer; après quoi l'on a étudié ses propriétés électro-chimiques, à l'aide desquelles on a indiqué un principe qui permet, quand ce métal est en dissolution, de le retirer de cette dissolution dans un grand état de pureté; puis on a fait usage des mêmes principes pour dorer les métaux au moyen des actions électro-chimiques lentes.

XXX. DE LA GALVANOPLASTIE APPLIQUÉE A LA GRAVURE DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES, PAR M. W. B. GROVE.

M. le docteur Berres, de Vienne, a été le premier, je crois, qui ait publié un procédé pour graver les images daguerriennes. Sa méthode consistait à recouvrir ses plaques avec une solution de gomme arabique, et, dans cet état à les plonger dans de l'acide nitrique à divers degrés de force. Je n'ai pas eu l'occasion de voir des plaques ainsi préparées, mais quelques expériences que j'ai faites avec l'acide nitrique, m'ont donné des contours imparfaits et mal arrêtés; de plus, j'ai rencontré de très-grandes difficultés dans les manipulations, parce que l'acide n'attaquait jamais la plaque uniformément et simultanément. Mon but toutefois, dans cette communication, est non pas de trouver en défaut un procédé que je n'ai pas suffisamment expérimenté, ou vu appliquer par des mains habiles et exercées, et dont l'inventeur mérite toute la reconnaissance des physiciens, mais bien d'en faire connaître un autre qui possède l'avantage d'une extrême simplicité, que chacun, quoique peu exercé dans les manipulations chimiques, peut pratiquer avec succès, et qui produit une gravure parfaite de l'image originale; à tel point qu'une plaque ainsi gravée peut à peine être distinguée d'une image daguerrienne, et conserve au microscope toute la délicatesse des parties les plus fines de l'impression lumineuse.

Un seul mot suffira pour révéler tout le secret du procédé : c'est de faire que l'image daguerrienne soit l'anode (1) d'une combinaison voltaïque dans une solution qui par elle-même

(1) D'après les idées que M. Faraday s'est formées sur le mode d'action de la pile de Volta, la surface du corps décomposé par laquelle entre le courant électrique a reçu le nom d'*anode*, et celle par laquelle il sort celui de *cathode*. L'anode est le pôle négatif du corps décomposé, le cathode son pôle positif. Les corps qui touchent ceux qui se décomposent sont des *électrodes*. Ceux qui se décomposent directement en leurs éléments par le moyen d'un courant électrique ont reçu de lui le nom d'*électrolytes*, et leurs éléments celui de *ions*. L'eau est un électrolyte et ses ions l'oxygène et l'hydrogène. Lion, qu'on a jusqu'à présent considéré comme l'élément élec.-négatif, s'appelle, d'après lui, *anion*, et l'autre, ou celui électro-positif, *cation*. L'oxygène, par exemple, est l'anion de l'eau, de même que l'hydrogène en est le cation.

n'attaquera pas l'argent ou le mercure, mais dont l'anion, lorsqu'elle aura été électrolysée, attaquera ces métaux inégalement. Cette idée s'est présentée à moi aussitôt après la publication du procédé de M. Daguerre; mais n'ayant pu, à la campagne où j'étais alors retiré, me procurer des plaques, j'ai négligé ce sujet d'autant plus volontiers, que d'autres occupations ne m'auraient pas permis de me livrer à cette époque à des expériences longues et minutieuses. Ayant depuis peu entendu parler de la possibilité ou mieux de l'impossibilité qu'il peut y avoir à graver ou transporter les images daguerriennes, j'ai éprouvé de nouveau le désir de faire quelques expériences en donnant suite à mes premières idées, et m'étant procuré un assez grand nombre de plaques, je me suis appliqué à chercher le moyen d'y graver en creux les dessins que la lumière solaire y a représentés.

Il se présente naturellement cinq points distincts, qu'il convient de rappeler à l'esprit de l'expérimentateur dans le sujet en question : 1^o la quantité du courant voltaïque; 2^o son intensité; 3^o la distance entre l'anode et le cathode; 4^o la durée du procédé; 5^o la solution qu'il convient d'employer.

1^o Relativement au premier élément ou quantité du courant, beaucoup d'expériences préliminaires m'avaient convaincu que pour donner le maximum à l'action quantitative la plus uniforme d'une combinaison, les électrodes devaient être de même dimension que les plaques génératrices, ou en d'autres termes, que l'aire de section de l'électrolyte devait être la même dans toute l'étendue du circuit du courant. Il semble étrange que ce point ait pu être aussi négligé qu'il l'a été; un physicien ne monterait jamais une batterie dans laquelle un couple serait plus petit que le reste, et cependant les électrodes qui offrent par eux-mêmes une résistance au courant par l'inoxidabilité de l'anode, sont à plus forte raison un obstacle quand ils sont de petite dimension. J'ai donc pris généralement ces électrodes infiniment plus petits que les plaques génératrices; par conséquent, sans pousser plus loin l'expérience, j'ai appliqué ce principe au procédé que je vais détailler.

2^o Intensité du courant voltaïque. Ici il m'a paru, comme dans la galvanoplastie, où l'action visible se trouve au cathode, qu'un certain degré d'intensité précipite du métal sous forme de cristaux, qu'une augmentation dans cette intensité donne le cuivre sous forme de plaque métallique, et qu'une intensité plus grande encore sous celle d'une masse pulvéru-

lente; que le degré d'intensité qui présenterait sur le dépôt négatif les impressions les plus fines du cathode, produirait également sur l'anode les plus délicates excavations, et conséquemment qu'une intensité qui ne parviendrait pas au point de dégager l'oxygène de la plaque qu'il s'agit de graver devrait nécessairement réussir; ce point néanmoins n'a pas été adopté sans un examen attentif, d'autant plus que M. Gasiot avait réussi à se procurer une très-belle gravure avec une série de 10 couples de la batterie à acide nitrique (1). Les résultats des expériences multipliées dans lesquelles l'intensité a varié d'une série de 16 paires à une paire de la batterie à acide nitrique, ont été fortement en faveur de l'idée ci-dessus, et conséquemment ont prouvé qu'une paire donne le degré le plus efficace d'intensité pour le but qu'on se proposait.

3° La distance entre les plaques. M. de la Rive a démontré que dans aucune solution électrolytique, quand les électrodes sont à distance, l'action ne s'étend un peu au-delà des lignes parallèles qui joindraient les limites des électrodes, et par conséquent que le courant, à ce qu'il semble, diverge et converge; il paraîtrait donc convenable de rapprocher les électrodes aussi près que possible, de manière à produire une uniformité d'action sur toute la plaque. Pourvu qu'on emploie une solution qui ne dégage pas de gaz au cathode, j'étais disposé à croire que les plaques ne pouvaient être avec avantage infiniment plus rapprochées; mais comme cela ne s'est pas vérifié avec la solution que j'ai choisie dans le plus grand nombre d'expériences, j'ai fixé à 5 millimètres (2 lignes) la distance, afin que le gaz dégagé du cathode n'adhérât pas à l'anode et n'intervînt pas dans l'action.

4° Durée de l'opération. C'était une question que l'expérience seule pouvait décider, et cette durée doit varier avec la combinaison voltaïque employée. Avec une simple paire de la batterie à acide nitrique, 25 à 30 secondes ont été, après un grand nombre d'expériences, considérées comme un temps convenable, et comme la plaque peut à une époque quelconque être enlevée de la solution examinée, la première expérience ne doit jamais excéder 35 secondes, époque à laquelle, si elle n'est pas complète, on peut soumettre de nouveau la plaque à l'électrolyse.

(1) Batterie ou pile voltaïque inventée par M. Grove, dans laquelle on fait usage d'acide nitrique, et qui, sous un faible volume, présente des effets surprenants. Voyez sa description, Nos 45-48.

50 La solution employée. Ici un vaste champ s'ouvrait et est encore ouvert aux expériences à faire. Admettant l'explication usuelle des images daguerriennes, qui suppose que les lumières sont dues au mercure et les ombres à l'argent, il s'agirait de se procurer une solution qui attaquerait l'une de celles-ci et ne touchât pas à l'autre. Si on pouvait trouver une solution propre à attaquer l'argent, mais non le mercure, le résultat n'en serait que plus parfait, attendu qu'on aurait une gravure positive, c'est-à-dire une gravure avec les lumières et les ombres telles qu'elles sont dans la nature, tandis que la copie en donnerait une négative. Malheureusement l'argent et le mercure sont très-voisins dans leurs rapports électriques. J'ai fait plusieurs expériences avec de l'argent pur et employé comme l'anode d'une combinaison voltaïque, et j'ai toujours trouvé qu'une solution qui agit sur l'un de ces métaux agit aussi sur l'autre; dans ce cas, tout ce qu'on est en droit d'espérer c'est simplement une différence d'action. Avec les plaques d'expériences, j'ai donc employé la recette suivante :

De l'acide sulfurique étendu, de l'acide chlorhydrique également étendu, une solution de sulfate de cuivre, de potasse et d'acétate de plomb. En employant de l'acétate de plomb, mon but était le suivant : avec cette solution le peroxide de plomb est précipité sur l'anode, et cette substance étant insoluble dans l'acide nitrique, il était présumable que les parties en argent pur de la plaque, qui étaient plus intimement revêtues d'une couche de ce peroxide que les parties mercurialisées, ces dernières, lorsqu'on plongerait dans cette menstree, seraient attaquées plus vivement et fourniraient une gravure négative. J'espérais aussi obtenir quelque effet curieux de la couleur des molécules légères ainsi précipitées, mais j'ai été désappointé; les couleurs se sont succédé l'une à l'autre comme sur les plaques d'acier employées dans la métallochromie et avec un éclat tout-à-fait inférieur. En immergeant dans de l'acide nitrique à différents degrés de dilution, ces plaques ont été inégalement attaquées et le trait est devenu empâté et defectueux. Parmi les autres solutions, l'acide chlorhydrique a été, après plusieurs expériences, considéré décidément comme la meilleure menstree, et de plus, je m'attendais bien à rencontrer cet effet dans la puissante affinité du chlorure d'argent.

Je décrirai maintenant l'appareil et la manipulation que j'ai définitivement adoptés avec M. Cassiot, au laboratoire de

l'institution de Londres. Dans un bâti en bois on a pratiqué deux cavités placées à 5 millimètres (2 lignes) de distance l'une de l'autre et dans lesquelles on a glissé, 1^o la plaque qu'il s'agit de graver; 2^o une plaque de platine de même dimension. Pour assurer une évolution prompte et égale de l'hydrogène, cette dernière a été platinée d'après la méthode de M. Smée, car si l'hydrogène adhère en un point quelconque du cathode, les portions opposées de l'anode éprouvent proportionnellement une moindre action. Le dos et les bords de la plaque daguerrienne ont été vernis avec une solution de gomme laque qu'on a gratté sur un des bords pour permettre d'établir le contact métallique. Le bâti en bois, avec ses deux plaques, a été ensuite placé dans un vase de verre ou de porcelaine rempli d'une solution de deux mesures d'acide chlorhydrique et une d'eau distillée (poids spécifique 1, 1), et deux fils forts en platine provenant d'un simple couple de la batterie à acide nitrique, ont été mis en contact avec les bords de cette plaque, tandis qu'un des expérimentateurs a compté le temps qui, comme il a été dit, ne doit pas excéder 30 secondes.

Lorsque la plaque ainsi traitée a été enlevée de l'acide, on la rince à l'eau distillée, et si ce métal est homogène, elle présente un beau dessin couleur de terre de Sienne de l'image originale produit par des molécules de l'oxichlorure qui s'est formé. On la place alors sur un plat contenant une très-faible solution d'ammoniaque, et la surface en est doucement frottée avec du coton très-mou, jusqu'à ce que le dépôt soit dissous; aussitôt que cela est effectué, on enlève immédiatement la plaque, on la plonge dans l'eau distillée et on la sèche avec soin.

Le procédé est actuellement complet, et on observe une gravure parfaite au trait du dessin original : quand on imprime avec cette plaque, elle donne une image positive, ou qui a ses lumières et ses ombres comme dans la nature, et qui sous ce rapport est plus correcte que l'image daguerrienne; comme les objets n'y sont pas renversés, on peut lire directement l'impression, et dans les portraits ainsi pris, les côtés droit et gauche de la figure sont dans une position convenable.

Il y a, toutefois, cette difficulté relativement à la gravure des images daguerriennes, c'est que si les plaques sont gravées à une profondeur suffisante pour une bonne impression, quelques-unes des lignes les plus fines ou points de l'original

doivent nécessairement empiéter les unes sur les autres, et ainsi la beauté principale de ces admirables images se trouve détruite. D'un autre côté, si le procédé n'est suffisamment continué que pour obtenir seulement une gravure exacte du dessin original, ce qu'on peut faire, du reste, avec la plus rigoureuse perfection, le seul nettoyage de la plaque par l'imprimeur détruit aussitôt toute sa beauté, et les molécules de l'encre d'imprimerie étant plus grossières que ne l'est la profondeur du trait, il s'ensuit une impression très-imparfaite.

C'est à cause de ces inconvénients-là qu'il m'a paru que pour le moment la plus importante partie de ce procédé est le moyen qu'il offre de multiplier indéfiniment les images daguerriennes au moyen de la galvanoplastie. Une image daguerrienne ordinaire, quand on la soumet au procédé galvanoplastique, laisse une bien faible impression, et en la traitant ainsi elle est entièrement détruite; l'impression ne peut être continuée longtemps sur cette plaque, tandis qu'une plaque gravée comme il vient d'être dit à l'anode voltaïque, admet le tirage d'un très-grand nombre de copies. Pour donner une idée de la parfaite exactitude de celles-ci, je dirai que j'en ai préparé une où l'on voit sur la plaque galvanoplastique un écusson de 2 mil. 5399 sur 1 mil. 5239, sur lequel il y a cinq lignes d'inscription qu'on lit au microscope de la manière la plus distincte. Le grand avantage du procédé voltaïque sur le procédé chimique, pour la gravure des images daguerriennes me paraît résider en ceci :

1^o Par le premier, des menstrues infiniment variées peuvent être employées; ainsi les solutions d'acides, d'alcalis, de sels, plus spécialement les sels de la classe halogène, tels que des sulfures, des cyanures, et par le fait tout élément qui peut être dégagé par l'électrolyse peut être employé pour agir sur la plaque.

2^o L'action est généralisée, et les courants voltaïques locaux sont évités.

3^o Le temps de l'opération peut être déterminé exactement, et on peut produire un trait de telle profondeur qu'on désire.

4^o Le procédé peut être arrêté à une époque quelconque, et être repris et renouvelé aussi souvent qu'on le désire.

Le temps que j'ai indiqué a été calculé pour des expériences faites avec un couple de la batterie à l'acide nitrique; néan-

moins il n'est pas absolument nécessaire de faire usage de celle-ci; il est probable que toute autre forme dans la combinaison doit être tout aussi efficace. Il serait plus convenable peut-être d'employer une batterie à diaphragme ou une batterie qui produisît un courant constant, attendu qu'autrement le temps ne peut pas toujours être déterminé aussi exactement. Il est indispensable que l'argent des plaques soumis à ce procédé soit homogène, car autrement des stries imperceptibles sur l'image originale daguerrienne sont instantanément produites par l'action de l'anion naissant.

M. Grove a fait voir quelques spécimens très-beaux de plaques gravées préparées par son procédé, ainsi que des copies galvanoplastiques remarquables, et a cherché, en terminant sa notice, à appeler l'attention sur l'exemple curieux que ces plaques offrent des effets des agents impondérables sur les corps pondérables. C'est un nouvel art, dit-il, dans lequel, au lieu d'une plaque dessinée par un artiste, et gravée au burin par un graveur habile, on a une plaque dessinée par la lumière solaire et gravée par l'électricité.

XXXI. APPLICATION DES PROCÉDÉS GALVANOPLASTIQUES A LA PHOTOGRAPHIE.

M. Bisson, qui est à Paris un des plus habiles artistes pour prendre les images et surtout les portraits photographiques, a présenté dernièrement à l'Académie des Sciences plusieurs images de ce genre qui, après avoir été obtenues par les moyens ordinaires, ont été ensuite recouvertes, à l'aide de procédés galvanoplastiques, d'une mince couche d'or destinée à en assurer la conservation. Cette superposition, qui ne nuit point à la netteté de l'image, a, dit-il, l'avantage de la rendre moins miroitante. Une autre image présentée également par M. Bisson a été obtenue sur une lame de cuivre, non pas plaquée d'argent, comme celles que l'on emploie communément, mais simplement argentée au moyen des procédés galvanoplastiques.

XXXII. REPRODUCTION DES ÉPREUVES PHOTOGÉNÉES, PAR LA GALVANOPLASTIE, PAR M. CHARLES CHEVALIER.

La découverte de M. Jacobi vient se placer naturellement à côté de celle de MM. Niépce et Daguerre. Chaque jour on en fait de nouvelles applications, et le dernier mot est loin d'être dit à ce sujet. Malgré toute la finesse des épreuves obtenues dans les premiers temps de la découverte, on était sans doute bien

éloigné de croire qu'il fût possible de reproduire une planche photogénée. Rien n'était pourtant plus facile, ainsi que nous en acquîmes la conviction par une expérience que nous fîmes en commun avec MM. Richoux et de Kramer, en janvier de cette année, et qui fut citée dans le journal *l'Artiste*, du 7 février 1841.

La fidélité de cette reproduction est telle, qu'on croirait, au premier abord, que l'on vous présente une épreuve photogénée obtenue sur une plaque de cuivre; peut-être même l'effet est-il plus harmonieux; d'ailleurs l'épreuve est redressée. Si l'opération est conduite avec soin, la plaque originale n'est point altérée et peut servir à une nouvelle expérience. Il est impossible d'effacer la contre-épreuve sans user le cuivre; en un mot, c'est le *nec plus ultra* du moulage.

Nous avons pensé que les amateurs liraient avec plaisir la description du procédé fort simple au moyen duquel on obtient les épreuves électrotypiques, d'autant plus que les communications faites aux académies et consignées dans les recueils scientifiques, laissent souvent à désirer sous le rapport des détails. L'appareil que nous employons fut construit par M. Tito Puliti, de Florence, très-habile expérimentateur, d'après les notes assez obscures que M. Jacobi adressa aux sociétés savantes. A son passage à Milan, M. Puliti voulut bien opérer en présence de M. de Kramer et lui communiquer ses observations particulières ainsi que plusieurs *tours de main* qui contribuent beaucoup à la perfection des produits. En Angleterre et en France, les médailles exécutées par M. de Kramer avec l'appareil de M. Puliti, excitèrent généralement l'admiration des connaisseurs. Nous devons à l'obligeance de M. de Kramer, de pouvoir faire connaître au public cet appareil aussi simple que remarquable par ses résultats et que les amateurs peuvent construire sans le secours des ouvriers; il sert également à reproduire des épreuves photogénées et des médailles.

Cet appareil se compose (1) :

1° D'un manchon en verre, fermé à l'une de ses extrémités par une feuille de parchemin ou un morceau de vessie fixé au moyen de quelques tours de ficelle. Si l'une des extrémités du manchon présentait un boursin, il faudrait en profiter pour retenir le lien plus solidement. Le parchemin doit être bien

(1) Nous l'avons représenté fig. 17. Voir aussi la description des figures. Du reste, on pourra employer le procédé indiqué par M. Siméon, Nos 249 et suivants, pour la reproduction des planches de cuivre unies, il réussira encore mieux. Voir aussi l'appareil Spencer. No XVII de cet Appendice.

tendu et ne pas présenter la moindre ouverture. Les dimensions de ce manchon sont en rapport avec celles de l'épreuve que l'on veut copier.

2° D'un vase en verre ou en faïence, assez large pour qu'il reste un certain intervalle entre ses bords et le manchon, lorsqu'on y introduit ce dernier; la hauteur du vase doit égaler environ la moitié de celle du manchon.

3° D'une petite capsule contenant une certaine quantité de mercure.

4° De quelques tubes ou bandes de verre.

5° D'une plaque de zinc de même grandeur que l'épreuve.

Quand on veut monter l'appareil, on amalgame bien exactement, et de manière à la rendre brillante, la plaque de zinc à laquelle on a soudé un conducteur en cuivre rouge, et on la pose à plat sur les bandes de verre disposées à cet effet dans le fond du vase en faïence rempli aux trois quarts d'eau acidulée avec quelques gouttes d'acide sulfurique. Ce liquide doit avoir une très-légère saveur acide, il faut surtout éviter qu'il soit trop fort, car il est nécessaire qu'il attaque le zinc très-lentement. Sur le zinc, on place d'autres bandes de verre qui doivent supporter le manchon et empêcher le contact du parchemin et du métal.

La dissolution de sulfate de cuivre préparée à chaud pour qu'elle soit bien saturée, est ensuite versée dans le manchon.

Il est important que la solution reste toujours saturée et que le sel n'existe pas en plus grande quantité dans le fond du liquide qu'à sa partie supérieure; on maintient l'équilibre en plaçant dans le manchon, un peu au-dessus de la surface du liquide, un cercle en bois sur lequel on loge des cristaux; on peut encore fixer dans le même point, de petits sachets remplis de sulfate. Quelle que soit la disposition que l'on adopte, on doit également maintenir des fragments du sel disséminés sur le fond en parchemin.

Lorsque le conducteur soudé à la plaque de zinc est recourbé et vient plonger dans la capsule à mercure, l'appareil est prêt à fonctionner; mais il reste encore à préparer la plaque photographée. Il faut souder, avec le métal fusible, un conducteur en cuivre rouge recourbé sur la face postérieure de l'épreuve, de manière que les deux extrémités du fil de cuivre soient fixées au milieu des deux petits côtés, puis on soude un autre fil métallique au centre de l'arc et on le recourbe pour qu'il puisse venir plonger dans la capsule. Ce conducteur doit être façonné

de telle sorte que son extrémité atteigne le mercure, tandis que la plaque occupe la partie moyenne du liquide. On la maintient dans cette position au moyen d'un tube en verre qui passe sous l'arcade soudée à la plaque, et dont les extrémités reposent sur le bord du manchon. Avant d'immerger les deux conducteurs dans le mercure, il est important de bien décaper leurs extrémités avec de l'acide chlorhydrique étendu d'eau.

L'extrémité du conducteur doit être plongée dans la capsule avant que la plaque soit plongée dans le sulfate de cuivre, autrement l'épreuve adhérerait en quelques points au cuivre qui vient s'y déposer, et il deviendrait fort difficile de détacher la contre-épreuve. On comprend qu'il ne faut laisser aucun corps étranger sur la plaque photogénée et qu'on doit surtout éviter de toucher sa surface avec les doigts, car la reproduction est si fidèle, que les moindres atomes de poussière, une tache légère produite par la pulpe des doigts, se retrouveraient infailliblement sur la copie. Toute la face postérieure de la plaque et les parties du conducteur qui plongent dans le liquide, seront préalablement recouvertes d'une couche de cire ou de vernis épais, sans quoi le cuivre se déposerait sur ces différents points.

Quand la plaque est plongée dans le liquide, l'argent en dessous, le cuivre de la dissolution ne tarde pas à s'y déposer et à recouvrir toute sa surface. Mais il ne faut pas abandonner l'opération à elle-même; on enlèvera de temps en temps l'épreuve pour l'examiner, et si le cuivre ne se dépose pas également, on pourra la frotter légèrement avec un blaireau, puis la replacer dans la dissolution.

Si l'opération marche trop rapidement, on devra la ralentir en ajoutant un peu d'eau dans le vase extérieur, pour affaiblir le courant; en général, l'épreuve est d'autant plus belle que l'action est plus lente, néanmoins il ne faudrait pas exagérer ce principe.

On observera surtout les préceptes suivants :

1° La quantité de la dissolution de sulfate de cuivre doit être assez considérable, les épreuves n'en seront que plus belles.

2° Chaque fois que l'on fait une nouvelle épreuve, il faut retirer un tiers de sulfate et le remplacer par une quantité égale de solution nouvelle. Si l'on ne prend pas cette précau-

tion, les épreuves seront de plus en plus friables et perdront leur aspect métallique.

3° Il ne doit exister aucune communication entre le sulfate de cuivre et l'eau acidulée du vase extérieur.

4° Cette eau doit être en assez grande quantité pour remplir presque complètement le vase qui la contient. On la renouvellera aussi par portions après chaque expérience.

5° Il faut maintenir la lame du zinc bien propre et lui rendre son brillant à chaque opération nouvelle.

6° On n'emploiera jamais, pour une belle épreuve, une dissolution qui n'ait pas encore servi; il faut, en quelque sorte, épurer le sulfate par une épreuve d'essai.

Aussitôt que la surface de l'épreuve est recouverte de cuivre, on n'a plus autant de précautions à prendre; le reste de l'opération n'est destiné qu'à fortifier la lame de cuivre. On se tromperait si l'on jugeait de la force de cette dernière en l'examinant sur les bords, parce que la déposition de métal s'y fait plus abondamment que dans le centre; mais l'expérience ne tarde pas à fournir des données certaines à ce sujet.

Supposons que l'épreuve soit terminée, il faut alors séparer les deux plaques, et cette partie de l'opération n'est pas toujours la plus facile. Après avoir enlevé à la lime le cuivre accumulé en bourrelet sur les bords, on introduit avec soin entre les deux feuilles métalliques et vers les angles, une lame de couteau que l'on incline doucement pour écarter les plaques. Si l'opération a bien réussi et lorsque le cuivre est assez épais, les métaux se détachent facilement, mais par fois il s'est formé des adhérences en quelques points, ou bien le cuivre est trop mince et ne tarde pas à se déchirer. En pareil cas, non-seulement l'épreuve est manquée, mais presque toujours l'original est perdu; un opérateur habile saura éviter cet accident. (Voyez Nos 125-128.).

Nous recommandons surtout à nos lecteurs de tenir la dissolution saline bien propre, et de la renouveler en partie à chaque nouvelle expérience. L'hiver, on peut activer l'action galvanique en plaçant l'appareil sur une plaque légèrement chaude ou sur une chaufferette.

Nous ajouterons quelques renseignements sur les précautions qu'il est nécessaire de prendre lorsqu'on veut reproduire des médailles.

On parvient à nettoyer parfaitement la pièce originale, en la frottant d'abord avec le côté lisse d'une peau de gant, puis

on ajoute un peu d'huile d'olive que l'on essuie avec la même peau; enfin, après avoir lavé la médaille à l'alcool, on y verse quelques gouttes de ce liquide et on le laisse sécher. Dès ce moment, il faut éviter de toucher la surface nettoyée, car la moindre impression serait reproduite sur la contre-épreuve et nuirait à la beauté de la reproduction.

Le nettoyage parfait est de la plus grande importance; la présence d'une petite quantité d'oxyde ou de quelque corps étranger empêcherait infailliblement le cuivre de se déposer sur les endroits maculés, et l'épreuve présenterait une lacune dans le point correspondant.

Lorsque la médaille est bien propre, on la place dans un cercle ou anneau de cuivre rouge tourné qui est muni d'un conducteur de même métal et dans lequel la pièce que l'on veut reproduire doit entrer à frottement. Après avoir revêtu d'une couche de cire ou de vernis toutes les parties que l'on veut soustraire à l'action galvanique, on procède de la même manière que pour les plaques photogénées.

On peut substituer à l'anneau tourné une plaque métallique de la largeur de la médaille que l'on assujettit sur les bords avec de la cire; mais alors il faut que la seconde face de la médaille et celle de la plaque soient parfaitement propres pour que le courant ne soit pas interrompu. Ce procédé est plus simple, mais moins sûr que le précédent.

Le plus souvent la pièce originale est en relief; il faut donc faire d'abord une contre-épreuve en creux et la soumettre aux mêmes opérations pour produire une épreuve en relief. Le creux une fois obtenu, on peut en tirer un nombre infini d'épreuves, pourvu qu'on ne l'altère pas en le détachant.

Bien que l'empreinte soit parfaite aussitôt que l'original est complètement recouvert de cuivre, il faut prolonger l'opération pour donner une épaisseur suffisante au métal. On ne saurait fixer rigoureusement le temps nécessaire à la production d'une épreuve complète, parce que le module des pièces que l'on veut copier varie considérablement; mais comme l'opération se fait à découvert, il est facile de reconnaître l'épaisseur du cuivre que l'on proportionnera toujours à la surface de l'original.

XXXIII. PROCÉDÉ POUR LA FABRICATION DU PLAQUÉ D'ARGENT AU MOYEN DE LA GALVANOPLASTIE, PAR M. BELFIELD-LEFÈVRE.

M. Belfield-Lefèvre s'est proposé d'appliquer le galvanoplastique à la fabrication du plaqué ou doublé de cuivre et d'argent. Les procédés dont il fait usage diffèrent complètement de ceux de dorure et d'argenture qui ont été récemment proposés. Il ne s'agit plus en effet de précipiter sur un métal quelconque une mince couche de platine, d'or ou d'argent, mais bien de former de toute pièce, à l'aide d'un faible courant électrique, des feuilles d'argent et de cuivre, dans lesquelles les deux métaux peuvent être entre eux dans des proportions quelconques.

Sur une plaque de métal convenablement préparée et en rapport avec le pôle négatif d'un appareil voltaïque, M. Belfield-Lefèvre précipite d'abord une couche d'argent parfaitement pur, uniforme, homogène, et à laquelle ses procédés lui permettent de donner une épaisseur quelconque; puis sur cette couche d'argent, il précipite une couche de cuivre. Lorsque le dépôt de cuivre a atteint une épaisseur suffisante, la plaque de doublé est détachée de la plaque métallique sur laquelle elle a été formée, et peut dès lors et sans autre préparation servir à la photographie et peut-être à d'autres usages.

En procédant ainsi, M. Belfield-Lefèvre a eu plusieurs difficultés à vaincre; il fallait que la couche d'argent, en se précipitant, ne contractât pas d'adhérence avec la plaque sur laquelle elle était déposée, et qu'elle reproduisît parfaitement le poli de la surface; il fallait que le dépôt d'argent pût s'opérer d'une façon parfaitement identique pendant un temps quelconque, afin qu'il fût possible de donner au dépôt une épaisseur quelconque et déterminée à l'avance; il fallait que le cuivre se soudât intimement à la couche d'argent et qu'il fût assez fin, assez pur, assez malléable pour être soumis au travail du marteau; il fallait enfin que le procédé dans son ensemble fût assez simple, assez économique pour que le plaqué galvanoplastique pût lutter avec avantage avec le doublé obtenu par les voies ordinaires de fabrication. M. Belfield-Lefèvre s'occupe, de concert avec M. Deleuil, d'appliquer ce procédé à l'industrie; mais nous devons dire que l'échantillon présenté à l'Académie des sciences, par M. Becquerel, à Paris, a paru réunir toutes les qualités désirables.

XXXIV. APPLICATIONS GALVANOPLASTIQUES.

Le sculpteur bavarois Stigelmayer vient de marcher sur les traces de MM. Soyez et Ingé, habiles fondeurs français, et paraît avoir apporté d'importantes modifications aux procédés galvanoplastiques. En moins de deux à trois heures, dit-on, des statues colossales en plâtre sont enveloppées d'une couche de cuivre qui en recouvre avec la plus rigoureuse exactitude les détails les plus finis et les plus délicats, en donnant à l'ensemble une apparence de solidité et l'aspect des plus belles statues coulées en bronze. M. Stigelmayer a aussi employé son procédé pour de petits objets tels que des fleurs, des plantes et même des insectes, en les reproduisant avec une telle fidélité qu'ils paraissent avoir été exécutés par la main de l'artiste à la fois le plus patient et le plus habile.

FIN DE LA GALVANOPLASTIE.

TRAITÉ COMPLÉMENTAIRE

DE

DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT

TOUS LES PERFECTIONNEMENTS QUI ONT ÉTÉ PUBLIÉS

RELATIVEMENT A CET ART DEPUIS SA DÉCOUVERTE;

LA DESCRIPTION ET L'USAGE DES NOUVEAUX

APPAREILS; ET DES NOTES DÉTAILLÉES

SUR L'EMPLOI DES SUBSTANCES

ACCÉLÉRATRICES, SUR LES

PORTRAITS DAGUERRIENS ET SUR LES PAPIERS PHOTOGÉNIQUES.

Par un AMATEUR.

AVERTISSEMENT.

Dès son apparition, la belle découverte de M. Daguerre a excité l'étonnement et l'admiration des savants de tous les pays, et la perfection même des premiers produits du daguerréotype semblait exclure l'idée de progrès ultérieurs. Cependant, aujourd'hui que cet art nouveau compte à peine quelques années d'existence, il s'y est introduit d'immenses perfectionnements, et l'on est arrivé à des résultats que M. Daguerre lui-même n'aurait pas osé prévoir. C'est ainsi que les épreuves du daguerréotype, qui, dans le procédé primitif, exigeaient plusieurs minutes d'exposition dans la chambre noire, sont obtenues aujourd'hui en une fraction de seconde, grâce à l'emploi des substances accélératrices. Ce succès pour ainsi dire fabuleux, même dans notre siècle si fécond en merveilles, on le doit à la généreuse munificence du gouvernement français, qui, en livrant à la publicité le procédé de M. Daguerre, a permis aux savants et aux hommes pratiques de venir joindre le tribut

de leurs lumières et de leurs travaux à la découverte de l'inventeur.

Si, au contraire, le daguerréotype était resté le partage exclusif d'un monopole protégé par le mystère d'un brevet d'invention, il serait encore dans son enfance, et les perfectionnements qui sont venus centupler le prix de la découverte de M. Daguerre auraient sans doute été perdus pour la science (1). Mais aujourd'hui cet admirable instrument est entre les mains de tout le monde, chacun est appelé à lui faire faire de nouveaux progrès, et qui oserait affirmer que, dans un temps qui n'est peut-être pas éloigné, on n'arrivera pas à la solution du grand problème de la reproduction de la nature avec toutes ses couleurs? Qui pourrait dire que le papier ne sera pas substitué, un jour, aux plaques métalliques? Qui sait si la chimie ne découvrira pas une substance assez sensible pour produire des images dans une demi-obscurité ou par un clair de lune (2)?

La possibilité de faire les portraits au moyen du daguerréotype, regardée dans l'origine, par l'inventeur, comme une idée à peine réalisable, n'est-elle pas devenue aujourd'hui un fait incontestable? et qui n'a vu en ce genre les admirables produits exposés chaque jour aux regards du public par MM. Foucault, Bisson, Gaudin, etc?

Les succès obtenus en si peu de temps par la daguerréotypie

(1) Nous dirons, à l'appui de cette opinion, que tous les perfectionnements apportés au daguerréotype ont été inventés en France, où l'exploitation du procédé est libre.

(2) Voir au livre IV, No 125, les expériences de M. Moser, qui sont de nature à faire espérer des résultats.

sont un sûr garant de ceux qu'elle obtiendra encore; et comment n'en serait-il pas ainsi d'un art devenu si populaire et où chacun est appelé à devenir inventeur? C'est donc à la publicité à stimuler le zèle des novateurs en leur présentant l'ensemble complet des découvertes déjà faites. Nous savons bien que déjà tous les perfectionnements apportés au daguerréotype ont été décrits; mais ces publications disséminées dans des recueils scientifiques peu répandus, ou dans des brochures dont le but principal est de servir de *réclame* aux maisons qui les publient, sont insuffisantes pour l'avancement de la science. Il fallait donc réunir tous ces documents épars en un travail d'ensemble, où le lecteur pût embrasser d'un seul coup-d'œil toutes les modifications successivement apportées au procédé primitif de M. Daguerre. Complètement étranger aux rivalités commerciales qui ont engagé certains publicistes à vanter leurs propres découvertes ou leurs produits, trop souvent aux dépens de leurs confrères, nous examinerons avec impartialité tous les procédés nouveaux adoptés dans la photographie, réservant à chacun la part de mérite qui lui revient dans ces découvertes.

Les modifications apportées au daguerréotype peuvent se diviser en quatre classes : la première comprendra les perfectionnements introduits dans la partie optique ou mécanique de la chambre noire; la seconde aura pour objet les innovations apportées dans les cinq opérations qui constituent le procédé de M. Daguerre ou dans les appareils qui servent à ces opérations; la troisième indiquera la méthode pour faire les portraits; la quatrième traitera des images photographiques obtenues.

nues sur papier, et des autres objets qui intéressent la photographie en général.

Quoique la photographie sur papier n'ait encore donné que des résultats imparfaits, nous croyons devoir appeler sur ce dernier point toute l'attention des expérimentateurs. Celui qui parviendra à résoudre d'une manière complète le problème de la reproduction des images sur papier, aura rendu un immense service à la photographie, en la débarrassant du bagage incommode et dispendieux des plaques métalliques.

Quoique le nom de Photographie donné au nouvel art soit plus scientifique et sonne mieux à l'oreille que celui de Daguerrotypie, nous avons cru devoir conserver cette dernière dénomination à notre traité. Il rappelle le nom de l'inventeur, et le public n'est déjà que trop disposé à oublier les hommes qui se signalent par des découvertes utiles.

TRAITÉ COMPLÉMENTAIRE

DE

DAGUERRÉOTYPIE,

CONTENANT

TOUTES LES DÉCOUVERTES LES PLUS RÉCENTES (1).



LIVRE PREMIER.

**Des modifications apportées à la chambre
noire de M. Daguerre.**



CHAPITRE PREMIER.

MODIFICATIONS A LA PARTIE OPTIQUE DU DAGUERRÉOTYPE.

Importance d'un bon objectif, 1. — Ses qualités, 2. — Proportions entre le foyer de l'objectif et les dimensions de la plaque, 3. — Foyers raccourcis, 4. — Objectif à deux verres, improprement dit allemand, 5. — Choix d'un objectif, 6. — Ouverture du diaphragme, 7. — Epreuves redressées, moyens de les obtenir, 8.

1. L'objectif est sans contredit la partie la plus importante du photographe, aussi l'a-t-on nommée à juste titre l'âme de l'appareil. C'est donc vers le choix d'un bon objectif que doit se diriger toute l'attention de l'amateur, car il aurait beau s'astreindre à toutes les autres conditions du procédé, il ne fera

(1) Le travail de MM. Daguerre et Niepce se trouve à la page 271 du *Manuel de Chimie amusante*, édition de 1842, faisant partie de l'*Encyclopédie-Roret*.

jamais de bonnes épreuves sans un objectif irréprochable. Mais comme ce n'est qu'à la longue, et après de nombreuses expériences que l'on peut s'assurer des qualités d'un objectif, il est important de se le procurer chez un opticien dont la réputation soit telle qu'elle lui impose l'obligation de ne livrer au commerce que des produits parfaits. Combien de personnes ne se sont-elles pas, dès l'abord, dégoûtées de la photographie, parce qu'ayant acheté au hasard un daguerréotype tel quel, leurs épreuves se ressentaient nécessairement des vices de construction de l'objectif !

2. Tout le monde sait que l'objectif du daguerréotype doit être à la fois périscopique et achromatique, et qu'il doit être composé de flint-glaas et de crown-glaas. Nous n'insisterons pas sur ce point qui intéresse exclusivement le constructeur; mais comme chacun aime à connaître les instruments qu'il emploie et à pouvoir en raisonner; comme il importe d'ailleurs de pouvoir choisir soi-même en connaissance de cause un appareil approprié aux effets qu'on attend de lui, nous allons faire connaître les modifications qui ont été faites à l'objectif normal de M. Daguerre.

3. Lorsque ce savant publia son admirable découverte, il fixa lui-même les dimensions de son objectif, et les présenta comme le résultat de ses expériences pendant plus de dix ans. Ces règles furent acceptées d'abord comme des lois dont il n'était pas permis de s'écarter. Plus tard, lorsqu'on voulut faire plus grand ou plus petit, il fallut recourir à la théorie pour fixer les dimensions de l'objectif des nouveaux appareils, et l'on trouva que la règle fixée par M. Daguerre se trouvait d'accord avec cette théorie. M. Buron, un de nos opticiens qui se sont le plus occupés de la construction du daguerréotype, a posé la formule des rapports des dimensions du foyer de l'objectif avec celle de la plaque. Selon lui, *la plus grande dimension de la plaque doit être la moitié du foyer de l'objectif.* Il ajoute que : *le diamètre de l'ouverture qui admet les rayons lumineux doit être environ du 1/7 de ce foyer.*

Ces deux règles doivent toujours être présentes à l'esprit des expérimentateurs, car si l'on exige d'un appareil plus qu'il ne peut produire, on devra s'imputer à soi-même de n'avoir pas réussi. Quels que soient donc la grandeur et le foyer de l'objectif qu'on emploie, on se rappellera que l'image, dans sa plus grande dimension doit être au plus la moitié de ce foyer. Il est évident qu'au moyen de ces deux formules on pourra faire

construire des objectifs proportionnés à telles dimensions de plaques qu'on désirera. (1)

4. Ainsi, les premières modifications qui ont été faites au daguerréotype primitif avaient pour objet d'établir une relation proportionnelle entre le foyer de l'objectif et les nouvelles dimensions de la plaque. Mais les deux formules précédemment énoncées s'appliquent surtout aux appareils destinés à reproduire des points de vue ou des objets éloignés. Plus tard, lorsqu'on voulut appliquer le daguerréotype à faire des portraits, ou à reproduire des groupes d'objet d'art, on reconnut qu'il était nécessaire d'opérer de plus près; et, par une suite nécessaire, le foyer de l'objectif dut être singulièrement raccourci. Cette nouvelle modification devint une exception à la première règle indiquée N° 3.

5. Mais on ne tarda pas à introduire un nouveau perfectionnement qui doubla pour ainsi dire la puissance de l'objectif en concentrant sur la plaque un foyer de lumière d'une très-grande intensité en agrandissant le champ de l'image, et en permettant de varier les foyers à l'aide d'une modification peu coûteuse. Nous voulons parler de l'objectif à deux verres, improprement appelé *système allemand*. Cette innovation est d'origine toute française, et nous la devons à un de nos plus habiles opticiens, M. Charles Chevalier. Il est à regretter que l'engouement si commun en France pour tout ce qui nous vient de l'étranger ait fait contester à M. Ch. Chevalier le mérite, selon nous incontestable, de cette utile invention. Mais ce que nous devons surtout déplorer, c'est qu'une maison recommandable par son nom et par la perfection de ses produits se soit jointe sciemment à une croyance populaire erronée, pour attribuer aux Allemands la priorité du système à double objectif. Il est pénible de voir que le sentiment de la prééminence et de la dignité nationale se soit effacé devant un intérêt de mesquine rivalité commerciale. Que M. Ch. Chevalier se console, ses titres ont été appréciés par tous les hommes compétents : le jour de la justice est venu pour lui, et la supériorité incontestable de son double objectif est déjà un fait admis en photographie. (2)

(1) Voir la dissertation de M. Buron, No 54 à 62.

(2) Notre témoignage ne peut être suspect, car nous déclarons ne pas connaître et n'avoir jamais vu M. Charles Chevalier. Nous venons d'apprendre que la Société d'encouragement lui a décerné une médaille de platine pour l'invention de son objectif à verres combinés.

L'invention de l'objectif à double verre, et la priorité de cette idée, attribuée aux

6. Pour résumer ce qui concerne l'objectif de la chambre noire et pour guider le lecteur dans le choix qu'il en doit faire, nous dirons :

1° Que toutes les fois qu'il s'agira de reproduire des sites et objets éloignés, il devra adopter un objectif d'un foyer proportionné à la grandeur de la plaque suivant la règle précédemment établie N° 3 ;

2° Que pour faire le portrait, le foyer de l'objectif devra être plus court ;

3° Que dans les deux cas, et avec les mêmes conditions de longueur focale, il sera infiniment préférable de se servir de l'objectif à double verre.

Les deux premières espèces d'objectifs pourront être achetées indifféremment chez MM. Baron, Lerebours, et Ch. Chevalier, où on les trouvera établies avec le même degré de perfection. Quant à la troisième espèce, nous croyons qu'on doit se la procurer exclusivement chez son inventeur, ou tout au moins revêtu de son poinçon.

Nous devons ajouter que le nouveau système peut facilement être adapté aux anciens objectifs, sans qu'il en résulte une grande dépense.

7. Le plus ou moins d'ouverture du diaphragme exerce une grande influence sur l'intensité des rayons lamineux admis dans la chambre noire. Cette propriété et le parti qu'on en peut tirer ont été appréciés de bonne heure par plusieurs constructeurs. Nous citerons entre autres avec avantage le diaphragme à opercules variables, imaginé par M. Gaudin, et appliqué par lui à son appareil spécialement destiné à faire les portraits.

On peut poser comme règle invariable que plus l'ouverture du diaphragme sera grande, plus les objets seront éclairés, mais sujets à l'aberration sphérique ; et que plus elle sera petite, plus les images seront nettes et vigoureuses, mais plus aussi l'exposition devra être prolongée. On devra néanmoins éviter d'agrandir ou de rétrécir à l'excès cette ouverture.

8. Tout le monde sait que le daguerréotype donne des images renversées, c'est-à-dire transposées de droite à gauche et *vice versa*. Pour obtenir des épreuves redressées, on a eu re-

allemands, présentent assez d'intérêt pour mériter un examen particulier; nous nous sommes livré à cet examen pendant l'impression de ce traité, et nous en avons consigné le résultat aux mélanges photographiques qui font l'objet du IV^e livre. On l'y trouvera sous le titre: *Examen comparatif de l'objectif de M. Charles Chevalier et du système dit allemand*.

cours à divers moyens. Le premier consistait dans l'emploi d'une glace parallèle, placée devant l'objectif, sous une inclinaison de 45°. Ce procédé, connu depuis longtemps, présentait de graves inconvénients : on sait que les glaces étamées produisent une double réflexion ; de là une grande déperdition de lumière, et la nécessité de laisser la plaque beaucoup plus longtemps exposée aux rayons lumineux. Mais en outre il est très-difficile de construire une glace dont le parallélisme soit exact, et, sans cette condition, on ne peut arriver à produire des images d'une netteté parfaite. Malgré ces inconvénients inévitables avec l'emploi d'une glace, ce système a été et est encore aujourd'hui généralement suivi par presque tous les artistes qui veulent obtenir des images redressées.

Néanmoins, M. Charles Chevalier a proposé, pour remplacer la glace parallèle, une disposition nouvelle que nous n'avons pas expérimentée, mais qui, en théorie, nous paraît exempte de plusieurs des défauts reprochés à l'ancien procédé. Il adapte, à cet effet, au devant de l'objectif, un prisme rectangulaire dont l'hypothénuse est étamée. Nous ne nous prononcerons pas sur cette innovation, jusqu'à ce que l'expérience soit venue attester sa supériorité.

Mais, quel que soit le système qu'on adoptera, il faut bien se souvenir que les épreuves redressées exigent une exposition plus prolongée aux rayons lumineux. Cette différence peut être du tiers ou de la moitié du temps requis pour les épreuves ordinaires.

CHAPITRE II.

DES MODIFICATIONS A LA PARTIE MÉCANIQUE DU DAGUERRÉOTYPE.

Réduction de l'appareil normal de M. Daguerre, par MM. Séguier et de Brébisson, 9. — Daguerrotypes portatifs de Baron, 10. — Système Gaudin, 11. — Système Lerebours, photographe de Ch. Chevalier, 11 bis.

9. L'appareil normal de M. Daguerre était construit pour opérer sur des plaques de 16 centim. (6 pouces) sur 21 cent. (7 pouces 10 lignes). Lorsqu'on voulut réduire les dimensions de ces plaques, il fallut diminuer le daguerréotype dans la même proportion. Ainsi, les premières modifications qui furent faites à la chambre noire ne portèrent que sur la grandeur de cet instrument.

Mais on avait remarqué dès l'origine que le daguerréotype, tel que l'avait imaginé son auteur, était fort embarrassant et

presque impossible à transporter. Il fallait donc travailler à le rendre plus commode, et M. Séguier, dont le nom se trouve toujours associé à toutes les découvertes utiles, fut le premier qui présenta un daguerréotype portatif. M. de Brébisson, amateur éclairé de la photographie, proposa, de son côté, d'ingénieuses modifications, et dès cette époque l'invention de M. Daguerre se trouva affranchie de la plupart des inconvénients attachés à ce que l'on appelait alors *le bagage daguerrien*.

C'est encore à M. Charles Chevalier que revient l'honneur d'avoir construit le premier daguerréotype portatif d'après les idées de M. le baron Séguier et sous sa direction. Cet instrument lui avait été demandé par M. Bory de Saint-Vincent pour la commission scientifique de l'Algérie.

10. Le progrès ne devait pas s'arrêter là : tous les constructeurs de daguerréotypes s'appliquèrent avec une louable émulation à simplifier cet instrument et à le rendre plus portatif; et aujourd'hui presque tous les appareils livrés au commerce réunissent au plus haut degré les conditions de solidité, de légèreté, et d'un ménagement ingénieux de l'espace.

Nous citerons entre autres les appareils construits par M. Buron, et qui sont déjà si recommandables par le soin apporté à la partie optique. Cet habile fabricant a trouvé le moyen d'établir des daguerréotypes qui, avec tous leurs accessoires, n'excèdent pas le poids de 4, 7 et 12 kilog. (8, 14 et 24 livres), suivant leur grandeur (*fig. 35, pl. II*). Enfin, M. Buron a construit tout récemment un daguerréotype à portraits, spécialement destiné aux personnes qui voyagent. Tout l'appareil et ses accessoires sont renfermés dans une petite caisse de 22 sur 16 centim. (8 sur 6 pouces), dont le poids total n'excède pas 1 kilog. 50 grammes (2 livres 4 onces), *fig. 27 à 34, pl. II*.

11. Nous devons aussi mentionner le daguerréotype Gaudin, *fig. 11, pl. I*, dans lequel on a trouvé le moyen de supprimer la planchette et les cadres, en sorte que la plaque peut y être exposée à nu. L'auteur a en outre remplacé le diaphragme ordinaire par un diaphragme à trois ouvertures variables. Enfin, pour obturateur, il se sert d'un écran en drap noir, qui permet de démasquer et de découvrir instantanément l'objectif, circonstance fort importante depuis qu'on emploie certaines substances accélératrices, dont l'effet est si prompt (1).

(1) Pendant l'impression de ce Traité, nous avons eu l'occasion de nous servir d'un daguerréotype Gaudin; nous lui avons trouvé plusieurs inconvénients que nous devons

11 *bis*. Nous pourrions encore citer le daguerréotype à portraits de M. Lerebours, représenté planche I^{re}, fig. 13, et une foule d'autres constructions plus ou moins ingénieuses. Mais nous appelons toute l'attention de nos lecteurs sur le nouveau photographe portatif à verres combinés de M. Charles Chevalier. La description de cet admirable instrument qui l'emporte, sans contredit, sur tous les autres, exige des développements qui feront l'objet d'un article spécial. Nous avons donc renvoyé cette description au Livre IV, N^o 126, où le lecteur la trouvera. Le photographe Chevalier est représenté avec tous ses accessoires, planche I^{re}, fig. 1 à 10.

Tels sont les perfectionnements apportés jusqu'ici à l'appareil lui-même. Nous indiquerons dans l'ordre des matières les autres modifications qui ont été faites à chacun des accessoires du daguerréotype.

signaler : d'abord la mise au point est assez difficile, faite d'une crémaillère pour faire passer les tubes l'un dans l'autre, et aussi parce que le verre dépoli n'étant pas fixé, il retombe continuellement. En second lieu, comme on est obligé d'emporter l'appareil pour y mettre la plaque dans un endroit obscur, il est assez difficile de retrouver la place qu'il occupait sur le pied, lors de la mise au point.

En somme, le daguerréotype Gaudin ne nous paraît utile que pour ceux qui font des portraits une spéculation, parce qu'alors le modèle et l'appareil sont fixés une fois pour toutes, toujours dans le même endroit, ce qui ôte la mise au point à chaque épreuve. Espérons que l'auteur corrigera les légères imperfections que nous venons d'énumérer.

LIVRE II.

Des modifications apportées aux cinq opérations du procédé de M. Daguerre et aux appareils qui servent à ces opérations.

CHAPITRE PREMIER.

DU CHOIX DES PLAQUES ET DE LEUR POLISSAGE.

Choix des plaques, 12. — Importance du poli, 13. — Instruments à polir, 14. — Substances employées, 15. — Manière de polir : les plaques neuves, celles à épreuve non fixée, celles à épreuve fixée, 16. — Observations générales sur le poli, 17. — Poli simplifié, 18.

12. On ne saurait apporter trop de soin à bien choisir les plaques destinées au daguerréotype : l'argent doit en être le plus pur possible (1) et plaqué au moins au 30°. On reconnaîtra les meilleures à leur blancheur et à la vivacité de leur éclat. Celles qui présenteraient des piqûres, des gerçures, des stries trop profondes, ou des traces du planage au marteau, doivent être rejetées. Tous ces défauts seront facilement appréciables à l'œil le moins exercé, si on a soin de diriger son haleine sur la plaque, de manière à en ternir le poli; les moindres inégalités deviendront alors apparentes, et décèleront la qualité de la plaque. Mais le plus grave de tous les défauts, et celui qu'on doit éviter avec le plus de soin, résulterait de ce que le cuivre se trouverait à nu dans quelques endroits de la couche d'argent. Une pareille plaque doit être rebutée, parce qu'elle donnerait infailliblement des épreuves couvertes de taches. En définitive, le meilleur moyen d'avoir des plaques irréprochables, est de les prendre chez un fabricant connu par la bonté de ses produits, et de les payer un prix raisonnable (2). Ce serait une bien triste économie que celle qui consisterait à acheter des plaques de rebut; la perte du temps

(1) Le seul moyen d'obtenir des plaques où l'argent soit chimiquement pur, consisterait à les produire au moyen de la galvanoplastie. Voir le *Manuel de Galvanoplastie*, Appendice No XXXIII.

(2) Nous indiquerons, entre autres, M. Corby, en face la terrasse du Pont-Neuf.

employé à les polir, et les épreuves défectueuses qu'elles donneraient, feraient acheter bien cher une diminution de quelques centimes. Ceci est également applicable aux plaques qui ont servi plusieurs fois, et qui, par suite de nombreux polis, se trouvent en partie dénudées de leur couche d'argent, elles doivent être mises au rebut.

13. Il ne suffirait pas de s'être procuré des plaques d'une qualité irréprochable, si on ne savait en outre leur donner le poli nécessaire pour la réussite des épreuves.

Nous ne répéterons pas ce qui a été dit sur l'importance de ce poli dans l'*Instruction* de M. Daguerre, instruction qui est ou doit être dans les mains de toutes les personnes qui se livrent à la photographie (1). Bornons-nous à faire connaître les instruments et les substances qui sont maintenant généralement en usage pour polir les plaques.

14. Dans l'origine, pour procéder à l'opération du poli, on se contentait de placer la plaque sur plusieurs feuilles de papier. Aujourd'hui on se sert presque exclusivement de la *planchette à polir*. Ce petit instrument, représenté *fig. 14*, et 15, Pl. 1 *Daguerreotype*, consiste dans une planchette de bois de la même dimension que la plaque; à deux de ses angles diagonalement opposés, sont fixés deux petits mentonnets en cuivre *a b*, percés d'un trou dans lequel on engage les angles de la plaque. L'un de ces mentonnets est mobile dans une coulisse, et s'arrête au moyen d'une vis de pression qui permet de fixer la plaque sur la planchette, et de l'en dégager lorsque le poli est terminé. Au moyen d'un petit tasseau fixé sous la tablette de la planchette, on peut facilement l'assujétir dans un étau ou sur une table à l'aide de la presse en bois *fig. 15*.

M. Charles Chevalier a imaginé une planchette encore plus portative que la précédente : elle est munie d'une poignée qu'on tient à la main, tandis que la planchette est appuyée sur le bord d'une table. (*Voyez Pl. I, fig. 5.*)

15. Quant aux substances employées pour polir, la ponce, indiquée par M. Daguerre, est aujourd'hui remplacée par le tri-poli de Venise calciné. On emploie encore le rouge d'Angleterre, et dans quelques cas la potée d'émeri d'un numéro très-fin. Enfin, à l'eau acidulée, on substitue presque toujours l'alcool; le coton cardé de premier choix entièrement débarrassé de tous corps étrangers, et l'huile d'olive très-propre

(1) On trouvera l'*Instruction* de M. Daguerre dans la nouvelle édition du *Manuel de Chimie amusante*, publiée par Boret.

serviront à employer les diverses poudres à polir. Le tripoli, renfermé dans un nouet de mousseline, devra être toujours tenu dans un lieu sec à cause de sa faculté hygrométrique.

Toutes les substances à polir ont une grande tendance à absorber l'humidité de l'air, et cette circonstance est très-nuisible à la perfection du poli. En outre, si on les renferme, suivant l'usage, dans un nouet de mousseline, elles sont sujettes à tamiser facilement à travers cette mousseline, en sorte qu'on ne peut y toucher sans que les doigts en soient imprégnés. Cet inconvénient est surtout désagréable avec le rouge d'Angleterre, qu'on a grande peine à enlever, lorsque les mains ou les habits en sont tachés. Enfin, les tampons de mousseline ramassent toutes les poussières, grains de sable et autres corps étrangers qui peuvent se trouver sur le meuble où on les dépose, et il en résulte souvent dans le poli des rayures qu'on ne sait à quoi attribuer.

On remédiera à ces inconvénients, en renfermant chaque substance à polir dans un petit bocal de verre dont l'orifice sera fermé avec une mousseline en double ou en triple, suivant la grosseur du tissu, il suffira de secouer ce bocal, comme on le fait pour la sandaraque, et la poudre à polir en sortira en se tamisant à travers la mousseline.

16. Voyons maintenant la manière d'employer ces diverses substances, suivant les différents cas qui peuvent se présenter, et n'oublions pas que de la perfection du poli dépend, en grande partie, le succès de l'épreuve.

1^o Supposons d'abord qu'il s'agit de polir une plaque qui n'a jamais servi : après l'avoir assujettie sur la planchette à polir, on y mettra, avec le bout du doigt, quelques gouttes d'huile d'olive, on y saupoudrera un peu d'émeri très-fin, puis, avec un tampon de coton, on frottera en arrondissant, pendant environ une demi-minute, pour enlever toutes les traces du planage ou les autres inégalités de la plaque. On essuiera avec un tampon neuf le cambouis qui se sera formé, puis on répétera la même opération, mais en se servant cette fois de tripoli et en dirigeant les traits en travers de la plaque; on procédera ensuite au décapage avec l'eau acidulée. On donnera enfin un dernier poli avec le rouge d'Angleterre d'abord imbibé d'esprit-de-vin et enfin avec le rouge à sec.

2^o Si l'on a affaire à une plaque portant une épreuve non fixée, on commencera par effacer le plus possible l'image avec

du coton imbibé de la solution d'hyposulfite de M. de Brébisson, dont la préparation est indiquée au N° 77, on frottera ensuite avec du tripoli à l'huile et à sec sans décapier, puis on finira au rouge d'Angleterre comme ci-dessus. Ce poli, néanmoins, serait insuffisant si la plaque était tachée par quelques gouttelettes de mercure, ou si, après un premier poli, elle présentait des traces persistantes d'une épreuve ancienne. On procédera alors à plusieurs décapages et chauffages, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au poli brillant. Les plaques à épreuve non fixée sont celles qu'on doit préférer, parce qu'on est bien plus à même de juger leurs défauts.

3° Enfin, s'il s'agit de polir une plaque avec épreuve *fixée*, surtout si le fixage a eu lieu au chlorure d'or, il sera indispensable de commencer par un premier polissage à l'émeri, et on la traitera du reste en tous points comme une plaque neuve.

Il sera toujours prudent de chauffer les plaques à épreuve fixée ou non fixée, afin de faire disparaître, par la volatilisation, jusqu'aux moindres traces de mercure qui pourraient y adhérer.

17. Dans toutes les opérations que nous venons de décrire, on se souviendra qu'une extrême propreté est nécessaire. On changera donc très-souvent de coton et on évitera de toucher avec les doigts la portion du tampon de coton qui doit frotter sur la plaque. Enfin le premier poli à l'huile pourra être donné en décrivant une ligne circulaire, mais les polis subséquents au tripoli, au rouge avec l'esprit-de-vin, et à sec, auront toujours lieu en long dans une direction parallèle aux côtés de la plaque et perpendiculaire à la direction de l'image qu'on veut obtenir.

18. On a beaucoup simplifié l'opération du polissage, pour les plaques d'une petite dimension, et particulièrement pour celles qui servent à faire les portraits. On se contente, en général, d'un polissage au tripoli mouillé d'eau acidulée, on continue ensuite avec du tripoli à sec, puis avec du rouge d'Angleterre imbibé d'esprit-de-vin, et on termine avec le même rouge à sec. Dans cette manière d'opérer, le chauffage de la plaque est supprimé. Quoiqu'il n'en résulte, en général, aucun inconvénient pour le succès de l'épreuve, il sera prudent de n'adopter ce genre de poli, que lorsqu'on se sera déjà un peu familiarisé avec les diverses opérations de la daguerréotypie. Quant aux plaques d'une grande dimension, comme les plaques entières et les demi-plaques, elles devront toujours être

polies en se conformant aux prescriptions de M. Daguerre, ou à celles indiquées N° 16. Quelques auteurs proscrivent l'usage du rouge d'Angleterre et veulent qu'on polisse exclusivement avec le tripoli, cependant le rouge est employé presque généralement.

CHAPITRE II.

DE L'IODAGE ET DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES.

ARTICLE 1^{er}. — DE L'IODAGE.

Iodage simplifié, 19. — Boîtes à iode de MM. Séguier et de Brébisson, 20. — Soins à donner à la boîte à iode, 21. — Moulure d'iode, 22. — Temps nécessaire, 23. — De l'iodage fait à l'avance, 24.

19. Les plaques une fois polies, il s'agit de les revêtir de la couche sensible qui, impressionnée diversement par les intensités différentes de la lumière, reproduira l'image reçue dans la chambre noire. On y parvient au moyen de l'iodage. Cette opération, autrefois assez difficile et assez compliquée, est devenue extrêmement simple, par les perfectionnements qui ont été faits à la boîte à iode.

Les difficultés qui se présentaient pour apprécier dans l'obscurité les teintes successives de la couche d'iode, n'existent plus depuis qu'on a reconnu la possibilité d'ioder la plaque à la lumière diffuse. Il devient alors très-facile de s'arrêter à la nuance exigée pour la réussite du procédé.

En outre, l'iodage a beaucoup perdu de son importance et n'exige plus de soins aussi minutieux depuis l'adoption des substances accélératrices qui ont pour effet d'atténuer ou de neutraliser les imperfections légères que pourrait présenter la couche d'iode. Nous verrons même, N° 41 à 44, que dans l'emploi d'une des substances accélératrices, l'iodage préalable de la plaque a pu être tout-à-fait supprimé sans inconvénient.

20. Nous avons dit que la boîte à iode de M. Daguerre avait subi de notables perfectionnements. On les doit surtout à MM. Séguier et de Brébisson. Les appareils imaginés par ces deux amateurs éclairés de la photographie sont maintenant connus

et adoptés par tout le monde. Nous en donnerons donc une description très-succincte.

Dans la boîte à ioder de M. Séguier, l'iode en grains est disséminée entre deux cartes de coton recouvertes d'une planchette qui s'imprègne constamment des vapeurs de l'iode et les communique à la plaque métallique lorsqu'on les place en regard. Il est évident que chaque côté de la planchette est alternativement saturé d'iode puisque chacun d'eux se trouve exposé tour à tour aux vapeurs de l'iode pendant que l'autre regarde la plaque. Dans les appareils de M. Lerebours, la planchette de bois de M. Séguier est remplacée par une feuille de carton qui produit le même effet. (Pl. I. fig. 7 et 20.)

Le système de M. de Brébisson diffère peu de celui de M. Séguier; seulement, au lieu d'iode en grains, M. de Brébisson emploie une solution éthérée d'iode qu'il applique avec un pinceau doux sur une feuille de papier ou du carton qu'il colle elle-même sur une feuille de verre (1).

21. On peut adopter avec avantage l'une ou l'autre méthode, mais dans tous les cas on aura soin, pour éviter l'évaporation de l'iode, de tenir la boîte qui le renferme exactement fermée avec un refouloir en verre qui comprimera le coton cardé, ou le carton. Quoiqu'il soit avantageux, surtout en voyage, de pouvoir ménager l'espace, on évitera autant que possible de renfermer la boîte à ioder dans la chambre noire : sans cette précaution, il pourrait arriver que les parois du daguerréotype imprégnées des émanations de l'iode exerçassent une influence fâcheuse sur la plaque lors de son exposition aux rayons lumineux. C'est ainsi que l'on a vu des daguerréotypes donner constamment des résultats nuls, sans qu'on pût d'abord déterminer la cause de cette singularité.

S'il arrivait que la chambre noire se trouvât imprégnée d'émanations iodiques, on y remédierait par une exposition prolongée à l'air et à la lumière.

22. Voici maintenant la manière de procéder à l'iodage :

L'homogénéité parfaite de la couche d'iode étant une condition essentielle pour obtenir une belle épreuve, on devra, pour parvenir à ce but, chauffer légèrement la plaque par le milieu avant de la renfermer dans la boîte à iode, et la changer souvent de position pendant qu'elle y sera exposée, afin de neutraliser la tendance de l'iode à se porter vers les bords de la plaque.

(1) Voir au Livre IV, No 128, la description d'une nouvelle boîte à iode.

Nous avons déjà dit que l'iodage pouvait être fait au grand jour : on pourra alors épier avec soin le moment où la couche d'iode sera parvenue à cette belle teinte jaune d'or qui peut être comparée à l'intérieur bruni d'une boîte de montre en or. C'est là le point où on devra s'arrêter, et désormais la plaque sera tenue soigneusement à l'abri de la lumière jusqu'à ce qu'on l'expose soit à la chambre obscure, soit à l'influence d'une substance accélératrice pour augmenter sa sensibilité.

Quelques auteurs, M. Buron entre autres, dont l'autorité est grave en pareille matière, ont conseillé de pousser l'iodage jusqu'à la couleur rose et même *violâtre*, lorsqu'il s'agit de plaques destinées à faire des portraits, et qui doivent être ensuite préparées à l'eau brômée. Le but de cet iodage plus intense est de diminuer l'excès de sensibilité que donne à la plaque l'application d'une substance aussi accélératrice que le brôme.

Nous avons essayé d'ioder ainsi des plaques, mais toutes les fois que nous avons dépassé la couleur jaune d'or, nous n'avons pas obtenu d'épreuve. Peut-être fallait-il s'en prendre à notre impéritie.

23. Le temps nécessaire pour arriver à la couleur jaune d'or que nous avons recommandée ne peut être exactement indiqué, parce qu'il dépend de plusieurs circonstances variables, comme le plus ou moins de volatilité de l'iode, le plus ou moins de saturation de la planchette à ioder; enfin la différence de la température. Un peu d'expérience fera facilement apprécier la durée convenable de l'exposition de la plaque à la vapeur de l'iode. Elle est généralement de 1 à 5 minutes.

24. Presque tous ceux qui ont écrit sur la photographie ont recommandé de ne point ioder les plaques trop longtemps avant de s'en servir. M. Drapier, professeur de chimie à New-York, assure qu'un iodage fait 12 et même 24 heures avant l'exposition à la chambre noire conserve toute sa sensibilité. Il ajoute même qu'une plaque ainsi iodée à l'avance et conservée dans l'obscurité est plus également impressionnable sur toute sa surface, et plus exempte de points nuageux.

Toutefois, si à la suite de l'iodage on doit appliquer une substance accélératrice, il sera plus convenable de procéder à cette opération immédiatement après l'iodage, parce qu'alors la combinaison de l'iode avec la substance accélératrice sera plus intime et plus parfaite.

ARTICLE II. — DES SUBSTANCES ACCÉLÉRATRICES.

Importance des substances accélératrices, 25. — Leur nature, 26. — Précautions à prendre dans leur emploi, 27.

25. Nous sommes arrivés à la partie la plus importante de ce travail, car l'adoption des substances accélératrices a donné une impulsion toute nouvelle à la photographie, en doublant les ressources de l'appareil de M. Daguerre. Les plaques sont aujourd'hui douées de la sensibilité la plus exquise ; on peut donc opérer par tous les temps, et la durée de l'exposition dans la chambre noire ne se calcule plus que par secondes et par fraction de secondes. Mais le plus beau résultat qu'on ait obtenu à l'aide des substances accélératrices est sans contredit la possibilité de faire les portraits.

26. Jusqu'ici les substances accélératrices qui ont réussi peuvent strictement se réduire à deux : le chlore et le brôme. Néanmoins les diverses manières de combiner ces deux substances avec l'iode ont donné lieu à cinq composés dont la manipulation est différente, et dont nous traiterons dans autant de paragraphes. Ce sont : le chlorure d'iode, le chlore étendu d'air, le brômure d'iode, l'iodure de brôme et l'eau brômée.

27. Nous devons dès-à-présent prévenir le lecteur que la préparation des substances accélératrices est difficile et dangereuse pour les personnes étrangères aux manipulations chimiques. La présence du chlore ou du brôme dans ces composés occasionne des émanations qu'il faut éviter de respirer trop longtemps. Ce sont en outre des corrosifs plus ou moins violents, on devra donc bien prendre garde d'en répandre sur ses mains, sur ses vêtements, et surtout d'en faire rejaillir dans les yeux. Au reste nous indiquerons les précautions à prendre dans l'emploi de chaque substance.

§ 1^{er}. — DU CHLORURE D'IODE.

Sa découverte, 28. — Sa préparation, 29. — Son emploi : méthode Claudet. — méthode Gaudin, 30. — Remarques générales sur l'emploi du chlorure d'iode, 31-33.

28. C'est à M. Claudet, français, domicilié à Londres, et l'un des cessionnaires en Angleterre du brevet de M. Daguerre, qu'on doit la découverte et l'application à la photographie de cette combinaison du chlore et de l'iode. Notre pays peut donc

encore revendiquer la priorité de ce remarquable perfectionnement qui semble avoir ouvert la voie à tous les autres.

29. Quoique la préparation du chlorure d'iode soit difficile et dangereuse, et doive être confiée à un chimiste, nous l'indiquerons néanmoins en faveur des personnes qui ne seraient pas à portée de se le procurer tout préparé.

On met dans une cornue de verre du peroxide de manganèse : on y verse peu à peu de l'acide chlorhydrique, et, au moyen d'un tube de verre recourbé, on fait communiquer la cornue avec un matras contenant l'iode en grains. On applique une légère chaleur sur la pause de la cornue, avec une lampe à esprit-de-vin : le chlore se dégage et liquéfie peu à peu l'iode en s'y combinant. On devra cesser de faire dégager du chlore, aussitôt que le liquide résultant aura atteint la couleur rouge, car si l'on arrivait à la couleur *jaune serin*, le chlorure d'iode obtenu serait impropre à la photographie.

Au lieu d'un matras et d'une cornue, on pourra, si l'on opère sur une petite échelle, remplacer le premier par un flacon bouchant à l'émeri qui contiendra l'iode, et la cornue par une fiole à médecine, qu'on fera communiquer avec le flacon au moyen d'un tube de verre; l'opération sera dirigée comme nous l'avons dit.

Le chlorure d'iode une fois obtenu sera renfermé dans un flacon soigneusement bouché à l'émeri; et, autant que possible, on le tiendra éloigné du contact de la lumière (1).

Cette substance agit sur les tissus animaux à la manière des caustiques les plus violents. On évitera donc avec le plus grand soin d'en laisser tomber sur la peau et d'en respirer trop longtemps les vapeurs. Ces précautions sont d'autant plus essentielles que le chlorure d'iode s'emploie généralement pur et sans être étendu d'eau.

30. Le chlorure d'iode peut être employé en suivant deux méthodes différentes : dans la première, qui est celle de l'inventeur, M. Claudet, la plaque, préalablement iodée à la couleur jaune d'or (N^o 22), est promenée vivement au-dessus de l'orifice du flacon qui renferme le chlorure d'iode, de manière à ce que toutes ses parties soient tour à tour en contact avec les vapeurs chlorurées. Cette opération doit être faite dans un lieu obscur, mais cependant assez éclairé pour qu'on puisse appré-

(1) On pourra, à cet effet, coller sur le flacon une bande de papier noir. Toutes les substances accélératrices étant plus ou moins sensibles à l'influence de la lumière, on devra protéger ainsi les flacons qui les contiennent.

cier le changement qui s'opère dans la couleur de la couche d'iode. Aussitôt que cette couleur aura atteint la nuance rosée qu'il faut bien se garder de dépasser, on la replacera pendant quelques secondes sur la boîte à iode, puis on la renfermera dans le cadre à coulisse, et elle sera prête à servir.

Cette manière d'appliquer le chlorure d'iode nous paraît sujette à plusieurs inconvénients. D'abord il est difficile de ne pas respirer la vapeur du chlorure pendant qu'on promène la plaque au-dessus du flacon. En second lieu cette évaporation se fait presque toujours inégalement, et il en résulte une répartition inexacte du chlorure sur la plaque. Enfin, la nécessité de tenir le flacon ouvert pendant un certain temps occasionne une déperdition de chlore et d'iode qui doit nécessairement affaiblir la faculté impressionnable du chlorure d'iode.

La méthode suivante, usitée par M. Gaudin, nous paraît infiniment préférable : la plaque étant iodée comme à l'ordinaire (N° 22), on verse dans une capsule de verre ou de porcelaine 3 ou 4 gouttes de chlorure d'iode, on recouvre la capsule d'une couche de coton épaisse de deux doigts, de manière à modérer et à régler l'évaporation de la substance accélératrice, qui se trouve alors répartie en couche égale sur la plaque exposée à ses émanations. Au bout de quatre à cinq minutes d'exposition, la plaque doit avoir pris cette teinte rose et veloutée, qui atteste ordinairement le maximum de sensibilité.

Le chlorure d'iode peut encore être employé en solution très-étendue d'eau comme le bromure d'iode et l'eau bromée. (Voir les § III et V.)

31. Lorsque le chlorure d'iode est devenu noir, c'est une preuve qu'il s'est appauvri en chlore, et on y remédiera en lui faisant absorber un peu de ce gaz. Si, pendant l'exposition au chlorure, la plaque se recouvrait de petits points blancs, on reconnaîtrait par là que la substance renferme un excès de chlore, et on y ajouterait quelques grains d'iode.

32. Quelques essais faits en Allemagne pour recouvrir directement la plaque d'une couche de chlorure d'iode, sans iodage préalable, paraissent avoir été couronnés de succès.

33. Le chlorure d'iode est beaucoup moins employé aujourd'hui que l'on a découvert dans le brome un agent photogénique bien plus énergique, et surtout plus régulier. Nous en avons néanmoins parlé avec étendue, parce que, suivant nous, l'expérimentateur devra se familiariser avec l'emploi de toutes les substances accélératrices. Car si, entraîné par la routine ou

par le préjugé, il adoptait une seule de ces substances à l'exclusion des autres, il lui deviendrait ensuite très-difficile de se mettre au courant des progrès ultérieurs qui viendront enrichir la photographie. L'essentiel est de ne point changer de substance avant d'avoir complètement triomphé de celle qu'on a d'abord expérimentée.

§ II. — DU CHLORE ÉTENDU D'AIR.

Découverte, 35. — Préparation, 35. — Emploi, 36.

34. Le professeur Barnard annonce qu'il est parvenu à obtenir des épreuves tout-à-fait instantanées en faisant usage du chlore étendu d'air atmosphérique pour activer la sensibilité de la couche d'iode. Nous n'avons pas encore expérimenté cette méthode. En voici la description :

35. Dans un flacon contenant une très-petite quantité de chlore, on introduit de l'air atmosphérique jusqu'à ce que le gaz puisse être respiré sans éprouver de sensation pénible ou désagréable. Quelques essais suffiront pour régler l'état convenable de dilution du chlore dans l'air. Il faut surtout éviter un excès de chlore.

36. Pour faire usage de ce composé, la plaque est iodée d'abord comme à l'ordinaire (N^o 22); on la promène ensuite rapidement au-dessus de l'orifice du flacon contenant le mélange de chloré et d'air, comme dans le procédé indiqué par M. Claudet pour le chlorure d'iode. (Voir le N^o 30.) Cette opération doit être faite dans l'obscurité. L'auteur assure que son procédé lui a donné des résultats aussi prompts que parfaits.

§ III. — DU BRÔMURE D'IODE.

Sa découverte, 37. — Sa préparation, 38. — Manière de l'employer, 39. — Moyen de le conserver, 40.

37. Dans une communication faite à la séance de l'Académie des Sciences, du 21 juin 1841, par M. Fizeau, on voit qu'en Angleterre, de nombreux essais avaient été tentés dès cette époque, pour l'emploi d'un brômure d'iode, destiné à activer la sensibilité de la couche d'iode ordinaire sur des plaques daguerriennes. Nous ignorons si ces expériences avaient été suivies de succès, et par qui elles étaient dirigées. Mais sans nous préoccuper de la question de savoir à qui appartient l'idée première de l'emploi du brôme comme substance accélératrice, hâtons-nous de dire que dans la séance de l'Académie des Sciences, du 18 octobre 1841, M. Gaudin présenta à ce corps savant la formule d'un brômure d'iode qui lui avait fourni les

plus beaux résultats. Cette substance, dont l'emploi présente des difficultés sérieuses, a joui depuis d'une très-grande faveur, et elle figurerait encore au premier rang des substances accélératrices, sans la publication du beau Mémoire de M. Fizeau, sur l'eau brômée, dont l'usage, jusqu'alors si difficile, avait fait le désespoir d'un grand nombre d'expérimentateurs.

38. Pour préparer le brômure d'iode, dans une dissolution alcoolique saturée d'iode, on verse goutte à goutte du brôme (1) jusqu'à ce que le mélange devienne d'un rouge vif; puis on l'étend d'eau distillée ou de pluie, jusqu'à ce qu'on obtienne un liquide d'un jaune vif, et d'une nuance analogue à celle de la paille d'Italie, ou du vin de Madère. C'est le brômure d'iode prêt à servir, sauf à augmenter la proportion de brôme, ou celle d'iode, suivant les indications fournies par l'expérience.

L'excès de brôme se trahit par un voile accompagné de petits points blancs, qui recouvre la plaque pendant son exposition au brômure d'iode. On y remédie en ajoutant au liquide quelques grains d'iode. Si, au contraire, l'iode vient à dominer, ce que l'on reconnaît à la diminution de sensibilité des plaques, on ajoutera au liquide quelques gouttes d'eau légèrement brômée.

On reconnaît encore l'excès d'iode ou de brôme aux indices suivants, signalés par M. Gaudin : si le flacon contenant le brômure d'iode montre une vapeur rouge à sa partie supérieure, il y a trop de brôme; si c'est une vapeur violette, l'iode domine.

On peut encore remédier à l'excès d'iode du brômure, en abrégant la durée de l'exposition préalable de la plaque dans la boîte à iode (22), de manière à obtenir seulement une teinte jaune pâle.

39. Voici maintenant le moyen d'employer le brômure d'iode. Après avoir iodé la plaque, suivant ce qui a été dit N° 22, on versera environ un demi-verre de brômure d'iode dans un pot de forme conique (fig. 24, pl. I), dont l'ouverture, évasée, pourra recevoir et maintenir la plaque. Les bords du pot seront soigneusement rodés, on y placera la plaque, et le pot sera recouvert d'une tablette de verre dépoli, de marbre ou d'ardoise, bien dressée, pour éviter toute évaporation du brômure à

(1) On ne saurait prendre trop de précautions pour éviter le rejaillissement du brôme en le versant dans la solution alcoolique d'iode. C'est le plus violent corrosif qui existe, et la moindre parcelle tombée sur les yeux suffirait pour aveugler.

l'extérieur du vase. Au bout de trois à dix minute d'exposition, la plaque aura pris une teinte *rose décidée*; on la retirera pour la renfermer dans le cadre à coulisse, et on remettra immédiatement le brômure d'iode dans le flacon qui sera rebouché avec soin.

Nous pensons que l'emploi du brômure d'iode serait à la fois plus facile et plus certain, quoique un peu moins économique, en se servant des nouvelles cuvettes plates en terre vernissée de M. Lerebours (*fig. 22 et 23, pl. I*). Il suffirait de couvrir de brômure d'iode le fond de ces cuvettes, et au lieu de verser la liqueur dans le flacon, on la jetterait à chaque fois. On éviterait par là l'appauvrissement du brômure d'iode, suite nécessaire de ses évaporations successives, et l'on serait toujours sûr d'opérer avec un brômure *au même titre*, ce qui épargnerait une grande perte de temps, et tous les tâtonnements qu'on est obligé de faire pour le ramener au degré voulu, lorsqu'il a perdu de sa force par des transvasements répétés. Le surcroît de dépense occasionné par la perte du brômure employé à chaque épreuve, serait plus que compensé par l'économie de temps.

40. Le brômure d'iode sera conservé dans un flacon soigneusement bouché à l'émeri, et entouré d'un papier noir. Nous avons indiqué plus haut, No 38, les moyens d'apprécier les variations qui surviennent dans sa qualité, et d'y apporter remède. Mais ces variations seront moins fortes en adoptant l'usage des cuvettes plates et en jetant à chaque fois le brômure qui a servi.

§ IV. — DE L'IODURE DE BRÔME.

Sa nature, ses propriétés, 41. — Sa préparation, 42. — Son emploi, 43.

41. L'iodure de brôme, récemment proposé par M. Gaudin, n'est qu'une variante du brômure d'iode; seulement, comme dans ce composé, l'iode prédomine, on lui a donné le nom d'iodure. Ses propriétés sont tout-à-fait analogues à celles du brômure d'iode, mais il en possède une qui lui est particulière, c'est que son emploi dispense de l'iodage préalable de la plaque. Du reste, sa promptitude est aussi grande que celle du brômure d'iode, et il donne des épreuves aussi belles et aussi vigoureuses.

42. La préparation de l'iodure de brôme est très-facile : il suffit de verser dans du brômure d'iode, *avec excès de brôme*,

de la dissolution alcoolique d'iode jusqu'à ce qu'il commence à se former un précipité ayant l'apparence de l'iode, le liquide résultant sera filtré au coton. Pour s'en servir, on l'étend d'eau, comme le brômure d'iode (N^o 38), jusqu'à ce qu'il prenne une couleur jaune safran, et une odeur analogue à celle du cidre.

43. On emploie l'iodure de brôme absolument de la même manière que le brômure d'iode (39), sauf ce que nous venons de dire de la suppression de l'iodage préalable. On prolongera l'exposition de la plaque jusqu'à ce qu'on obtienne la teinte rose qui paraît être la plus sensible.

Nous pensons que l'emploi des cuvettes plates serait également avantageux pour l'iodure de brôme. Voir N^o 39, 2^{me} alinéa.

En résumé, le brômure d'iode et l'iodure de brôme ne sont que des méthodes d'appliquer le brôme bien inférieures à celle qui fera l'objet du paragraphe suivant. Ces composés sont en outre très-variables, et, malheureusement, il est très-difficile, sans une grande habitude, de constater la nature de ces variations, et par conséquent d'y remédier avec discernement. Ils sont donc, dès aujourd'hui, ou seront prochainement abandonnés par les amateurs de photographie.

§ V. — DE L'EAU BRÔMÉE, MÉTHODE FIZEAU.

Sa découverte. — Ses avantages, 44-45. — Préparation de l'eau brômée, 46. — Boîte à brôme, 47. — Manière d'opérer, 48. — Notes explicatives, 49. — Emploi de l'eau brômée, avec les cuvettes plates de M. Lerebours, 50. — Observations générales relatives à l'eau brômée, 51.

44. L'eau brômée est, sans contredit, la substance accélératrice la plus énergique, la plus simple et la plus parfaite qu'on ait encore employée en photographie. C'est à M. Fizeau qu'on doit cette précieuse découverte, qui remonte déjà à plus d'une année. Comment se fait-il donc que l'eau brômée soit encore si peu usitée, quand tout le monde s'accorde à reconnaître la supériorité de cet agent photogénique? La réponse à cette question se trouve dans l'extrême difficulté que présentait jusqu'alors l'emploi de cette substance. L'absence d'une méthode certaine pour la préparer, l'incertitude sur la durée convenable de l'exposition de la plaque dont la couleur est très-peu modifiée par ses émanations, enfin l'inégalité des résultats obtenus, faisaient le désespoir de tous les expérimentateurs. En un mot, on possédait un agent d'une sensibilité

exquise dont il était à peu près impossible d'utiliser les qualités.

Plusieurs méthodes furent proposées sur les indications de M. Fizeau et d'autres personnes, pour rendre praticable l'emploi de l'eau brômée, et cependant, il faut le dire, aucune de ces méthodes ne donnait des résultats constamment satisfaisants (1).

Ces inconvénients n'existent plus, et l'emploi de cette substance si précieuse en photographie est devenu chose praticable et même facile depuis la publication du mémoire de M. Fizeau, que nous transcrivons ici dans son entier. Cet estimable savant aura ainsi rendu un nouveau service à la daguerréotypie, qui lui doit déjà le fixage des épreuves par le chlorure d'or.

Nous ne saurions trop engager les commençants à s'initier, dès le principe, à l'emploi de l'eau brômée qui est, nous le répétons, le plus parfait agent accélérateur en photographie; quant aux personnes qui sont déjà plus avancées, elles auront sans doute quelque répugnance à adopter une substance nouvelle, lorsque déjà elles ont pris la peine de se familiariser avec le chlorure ou le bromure d'iode. Qu'elles ne craignent pas néanmoins d'aborder avec courage l'étude de l'eau brômée, et les plus beaux succès ne tarderont pas à récompenser leurs efforts.

DÉTAILS PRATIQUES SUR L'EMPLOI DU BRÔME,
PAR M. H. FIZEAU.

45. Lorsqu'on expose la plaque iodurée de M. Daguerre à la vapeur du brôme, celle-ci est absorbée, et il se forme une couche dont la sensibilité s'accroît avec la quantité de brôme absorbée jusqu'à une certaine limite, à laquelle l'image ne se forme plus sous l'influence du mercure. Le point favorable pour opérer est près de cette limite; trop près, l'épreuve commence à se voiler; trop loin, la sensibilité diminue; il fallait déterminer ce point avec précision et l'obtenir avec régularité, ce qui a présenté quelque difficulté.

En effet, on ne peut plus avoir recours ici à la couleur de la couche sensible, qui change peu sous l'influence du brôme; le ton jaune-orangé de la plaque se charge bien un peu par la formation du bromure, mais la couleur d'une plaque bromurée

(1) Il faut excepter la méthode proposée par M. Foucault. Pour ne pas retarder l'ordre didactique de cet ouvrage, nous l'avons renvoyée au N° 127, Livre IVe.

à point, et celle d'une plaque qui a dépassé la limite dont j'ai parlé, diffèrent si peu que, par ce moyen, on ne peut apprécier que d'une manière très-incertaine la quantité de brôme absorbée, et par suite la sensibilité de la plaque.

La méthode que j'ai proposée est exempte de cette cause d'incertitude; elle consiste à exposer la plaque à la vapeur d'une dissolution aqueuse de brôme, d'un titre déterminé, pendant un temps déterminé; je vais tâcher de l'expliquer en détail.

1^o De la dissolution de brôme.

46. Pour préparer une dissolution de brôme d'un titre déterminé et d'une force convenable aux opérations qui nous occupent, on prend pour point de départ la dissolution saturée de brôme dans l'eau; on prépare cette eau saturée en mettant dans un flacon de l'eau pure et un grand excès de brôme; on agite fortement pendant quelques minutes, et avant de s'en servir on laisse bien déposer tout le brôme. (*Voir la note (1).*)

Maintenant un volume fixe de cette eau saturée est étendu dans un volume fixe d'eau pure, ce qui donne une dissolution de brôme toujours identique; ce dosage se fait très-simplement de la manière suivante: une pipette, qui aura encore un autre usage, porte un trait limitant une petite capacité; un flacon porte aussi un trait qui limite une capacité égale à trente fois celle de la pipette; on remplit le flacon d'eau pure jusqu'à la marque, on remplit la pipette jusqu'à la marque de la dissolution saturée de brôme; enfin on verse la petite mesure dans le flacon.

La nature de l'eau n'est pas ici sans importance; ces proportions se rapportent à l'eau pure, et l'on sait que l'eau des rivières, des sources, n'est pas pure; mais ces différentes eaux peuvent être employées absolument comme l'eau pure, en y ajoutant quelques gouttes d'acide nitrique, jusqu'à ce qu'elles présentent une très-légère saveur acide; cinq ou six gouttes par litre suffisent pour la plupart des eaux. (*Note 2.*)

On a ainsi un liquide d'un jaune vif qu'il faut tenir exactement bouché: c'est la dissolution normale, que j'appellerai simplement *l'eau brômée* pour la distinguer de l'eau saturée.

2^o De la boîte à brôme.

47. La boîte destinée à exposer la plaque à la vapeur de l'eau brômée peut être d'une construction très-variable; celle que

j'ai employée dès le principe est disposée de la manière suivante :

Elle est en bois et se plie afin d'occuper moins d'espace ; il est bon de la noircir intérieurement avec une couleur inattaquable au brôme ; sa hauteur est d'environ 15 centimètres (5 pouces 8 lignes), les autres dimensions doivent être telles que la plaque se trouve dans tous les sens à 3 centimètres (1 pouce 2 lig.) environ des parois ; elle se compose de trois parties indépendantes l'une de l'autre : le couvercle, qui est la planchette elle-même ; le corps de la boîte ; enfin le fond, sur lequel est placée la capsule à évaporation ; ce fond mobile a son milieu légèrement creusé, ce qui sert à placer la capsule exactement à la même place dans les diverses expériences.

La capsule à évaporation doit être à fond plat, peu profonde, et avoir une dimension à peu près égale à la moitié de la plaque ; elle est recouverte d'un plan de verre de manière à être fermée exactement (1).

La pipette, dont j'ai déjà parlé, va servir ici à mettre dans la capsule une quantité constante d'eau brômée ; elle doit donc avoir une dimension suffisante pour que la quantité de liquide qu'elle contient couvre tout le fond de la capsule. (Voir ci-après au N° 50, la description des cuvettes à brômer, de Lerebours.)

3^o Manière d'opérer.

48. J'ai dit qu'il fallait exposer la plaque à la vapeur d'une dissolution de brôme, d'un titre déterminé, pendant un temps déterminé ; or, pour que l'eau brômée soit au même titre dans des expériences successives, il est évident qu'il faut la renouveler à chaque épreuve ; c'est le seul moyen d'avoir une évaporation constante, et je n'ai cru l'emploi du brôme praticable que du moment où j'ai eu la pensée d'employer ce moyen bien simple.

Quant au temps pendant lequel la plaque doit rester à la vapeur du brôme, on comprend qu'il doive varier suivant la dimension de la boîte, la surface d'évaporation, etc. ; mais pour un même appareil, il est constant ; avec l'eau brômée au titre indiqué, ce temps doit être compris entre 10 et 60 secondes, suivant les appareils ; quelques essais déterminent ce temps une fois pour toutes, pour la boîte dont on se sert.

(1) Voir au Livre IV, No 127, la description de la boîte à brômer inventée par M. Foucault, et dont la construction est bien supérieure à celle de M. Fizeau.

Voir également, au No 50 ci-après, la note sur les cuvettes plates, de M. Lerebours.

Je vais indiquer en peu de mots comment tout cela se fait.

On place sur une table le fond seul de la boîte avec sa capsule ; on remplit la pipette d'eau brômée, que l'on fait couler dans un angle de la capsule, après avoir fait glisser le verre dépoli suffisamment pour introduire la pointe de la pipette ; et l'on remet le verre en place ; alors, si l'appareil n'est pas sur un plan horizontal, on le met de niveau, en se guidant sur la couleur de l'eau brômée à travers le plan de verre ; lorsque la capsule est horizontale et que le liquide en couvre uniformément toute la surface, on complète la boîte en posant la seconde pièce sur le fond.

Tout cela étant disposé, et la plaque étant iodée, d'une main on découvre la capsule ; de l'autre on place avec précaution la planchette sur la boîte ; et aussitôt on compte exactement les secondes ; il est bon de retourner la planchette vers la moitié du temps d'exposition, afin d'égaliser l'action du brôme.

Pour une seconde expérience il faudra jeter la petite dose d'eau brômée et la remplacer par une semblable ; le temps reste alors le même, et les plaques successives présentent absolument la même sensibilité.

A ces détails j'ajouterai des notes sur quelques difficultés que l'on peut rencontrer en employant le brôme.

NOTES.

49. (1) L'eau saturée étant regardée comme constante dans la préparation de l'eau brômée, il faut éviter toutes les causes qui pourraient faire varier la quantité de brôme qu'elle renferme ; il faut donc, 1° éviter que des corps organiques, comme du bois, du liège, etc., ne tombent dans le flacon, ce qui pourrait former une quantité d'acide bromhydrique assez notable pour que, selon la remarque de M. Foucault, la faculté dissolvante du liquide fût altérée : le flacon doit donc être bouché à l'émeri ; 2° éviter de laisser le flacon à la lumière du soleil, qui pourrait produire le même effet ; 3° avoir soin que l'excès de brôme soit toujours considérable : cet excès est nécessaire pour maintenir saturée la dissolution, qui s'affaiblit toujours par évaporation.

— La température et la nature de l'eau, pourvu qu'elle ne soit pas trop impure, n'exercent pas d'influence notable sur la

quantité du brôme dissous; on voit donc qu'il est facile d'avoir une dissolution saturée constante.

(2). La quantité de brôme que la dissolution normale renferme est si petite, que la faible quantité de sels calcaires et autres que renferment les eaux courantes en absorberait une partie considérable, si l'on employait ces eaux directement; quelques essais m'ont montré que la quantité absorbée par l'eau de la Seine ainsi employée s'élève à environ un quart du brôme; d'autres eaux en absorberont certainement davantage, de sorte qu'il est impossible de négliger cet effet. Si l'on avait à sa disposition toujours la même eau, on doserait en tenant compte de cette absorption; mais en voyage, où l'on trouve des eaux différentes dans chaque localité, on serait obligé de recourir à l'eau distillée pour avoir des résultats constants. J'ai donc cherché un moyen d'employer toutes les eaux sans s'inquiéter de leur composition: il suffit pour cela de détruire par quelques gouttes d'acide les carbonates qui paraissent produire cette absorption; dès que l'eau exerce une réaction acide, elle se comporte, pour la préparation de l'eau brômée, comme le ferait l'eau distillée. Je dois faire observer que cela ne serait pas vrai pour des eaux sulfureuses même à un très-faible degré.

A cette occasion, je ferai remarquer que les hyposulfites absorbant le brôme en grande quantité, il faudra faire attention à éloigner l'hyposulfite de soude de l'eau brômée, la plus petite quantité de ce sel tombant dans la capsule ou dans le flacon d'eau brômée pourrait absorber tout le brôme libre.

(3) On peut, lorsque l'on a un flacon plein d'eau brômée, en préparer successivement de grandes quantités sans l'emploi d'une mesure, et seulement en consultant la couleur; pour cela il faut avoir deux flacons bien semblables, en conserver toujours un plein de la dissolution normale, et préparer dans l'autre une dissolution que l'on amène par tâtonnement exactement à la même teinte que la précédente; avec un peu d'habitude, ce moyen, qui paraît grossier, est susceptible d'une grande exactitude. En voyage, dans le cas où l'on perdrait ou briserait la petite mesure, il pourrait être d'un grand secours.

(4) Les saisons ont quelque influence par leur température sur la force d'évaporation de l'eau brômée: dans l'été, le temps d'exposition au brôme doit être moindre qu'en hiver, de quelques secondes. Les changements de température ayant cette influence, il faudra éviter, avant d'opérer, d'exposer au

soleil la capsule et la boîte à brôme, comme on le fait quelquefois dans l'intervalle des expériences pour dissiper le brôme.

(5) Quelques précautions sont nécessaires dans l'emploi de la capsule à évaporation : 1° il faut qu'elle ne soit pas grasse, mais que l'eau brômée s'étende bien sur tout le fond, sans quoi la surface d'évaporation se trouverait changée; lorsque cela arrive, il faut la frotter avec un linge bien propre et quelques gouttes d'alcool. 2° il faut éviter, en versant ou en mettant de niveau, que l'eau brômée ne mouille les parois jusqu'au verre dépoli, au contact duquel elle s'étendrait sur les bords de la capsule, ce qui changerait les conditions d'évaporation.

(6) Pour l'exposition au brôme et pour l'exposition dans la chambre noire, il faut mesurer exactement le temps; à défaut de chronomètre, rien n'est plus commode que des pendules formés d'une petite balle de plomb suspendue à un fil; ils peuvent être à seconde ou à demi-seconde, les premiers de 994 millim. (3 pieds 8 lignes), les seconds de 248 millim. (9 pouces 2 lignes). (Voir, N° 51, une nouvelle manière de compter les secondes.) Lorsque la durée d'exposition dans la chambre noire est courte, il est nécessaire de compter au moins les demi-secondes; avec l'intensité de lumière qui existe dans l'appareil normal de M. Daguerre, il est suffisant de compter les secondes. Si l'on opère au soleil, il faudra de 16 à 22 secondes; à l'ombre, ce temps sera ordinairement compris entre 40 secondes et une minute. (Voir N° 63 à 68.)

Lorsque l'on se sert du brôme, il devient utile d'adapter aux objectifs des diaphragmes variables, afin d'avoir à volonté une action plus rapide ou une netteté plus grande; mais il est indispensable que leurs surfaces d'ouverture soient entre elles dans des rapports simples. On peut ainsi faire varier l'intensité de la lumière dans des rapports connus; et, pour obtenir un même effet, le temps devant être en raison inverse des intensités, on voit que la durée d'exposition qui correspond à chaque diaphragme varie dans un rapport simple et connu, ce qui permet d'opérer avec ces diaphragmes variables aussi sûrement qu'avec un diaphragme fixe.

Ce moyen a été adopté avec empressement par un habile artiste, M. Lemaître, qui a le premier fait usage du brôme pour de grandes épreuves.

(7) Une chose très-importante est d'éviter de soumettre la

plaque à l'opération du mercure dans un lieu où une odeur de brôme se fait sentir : en effet, pendant que la planchette est transportée du châssis dans la boîte au mercure, la plaque impressionnée se trouve un instant en contact avec l'air chargé d'une petite quantité de brôme, et dans ce cas l'effet produit par l'image de la chambre noire peut être entièrement détruit; en sorte que sous l'influence du mercure il ne se forme plus d'image sur la plaque.

Cet effet tend à se produire partiellement sur les bords de la plaque, lorsque celle-ci est fixée sur une simple planchette; car alors le bois, légèrement imprégné de brôme en même temps que la plaque, émet continuellement des vapeurs très-faibles, il est vrai, mais suffisantes pour détruire l'action de la lumière sur les bords de la plaque. On évitera cet effet en couvrant les bords de la planchette jusqu'aux épaisseurs avec un métal quelconque, du zinc ou des feuilles minces d'étain rempliront fort bien ce but.

L'iode a la même action que le brôme; mais étant moins volatil, il est moins à craindre. Je crois que c'était une action de cette espèce, et non une inégale épaisseur de la couche sensible, qui produisait des épreuves à bords noirs que M. Daguerre évitait si bien par ses bandelettes de plaqué.

Je crois aussi que cette même action explique très-bien cette singulière anomalie observée par tant d'opérateurs, qui consiste dans l'impossibilité presque absolue d'opérer avec certaines chambres noires. Presque toujours alors la chambre noire renferme la boîte à l'iode; celle-ci perdant toujours un peu, les parois de la chambre noire s'imprègnent d'une petite quantité d'iode qui s'en dégage incessamment; lorsque la plaque subit l'action de la lumière, elle se trouve ainsi en contact avec de faibles vapeurs d'iode qui neutralisent en tout ou en partie l'action de la lumière.

On évitera donc que le châssis à plaque et la chambre noire puissent s'imprégner de brôme ou d'iode; si cela arrivait, il faudrait exposer le bois, ainsi imprégné, au grand air et au soleil pendant quelque temps.

HIPPOLYTE FIZEAU.

50. Pour compléter ce qui est relatif à l'eau brômée, nous donnons ci-après l'instruction délivrée par M. Lerebours, avec les nouvelles cuvettes plates qu'il vient d'inventer pour faciliter encore l'emploi de cette substance et de toutes les substances accélératrices.

EMPLOI DE L'EAU BRÔMÉE AVEC LES NOUVELLES CUVETTES
PLATES, PAR M. LEREBOURS.

« Nous ne saurions trop recommander aux personnes qui voudront employer l'eau brômée comme moyen accélérateur, de bien se pénétrer d'abord des principes contenus dans le mémoire de M. Fizeau.

« Comme lui, nous nous servons d'une dissolution de brôme d'un titre déterminé. Aussi, avons-nous toujours des résultats identiques. Voici comme nous opérons :

« On enplit de dissolution saturée de brôme la capacité soufflée à l'extrémité d'une petite seringue en verre ; on injecte ce liquide dans un flacon contenant trente fois le même volume d'eau pure, et l'on agite fortement ce mélange.

« Lorsqu'on emploiera les petites cuvettes plates en terre vernissée que nous avons fait faire (*fig. 22*, pl. I), on écartera la glace (*fig. 23*) vers l'un des angles et l'on versera le liquide dosé jusqu'à ce qu'il couvre seulement le fond de la cuvette. On ramènera de suite la glace, de manière à ce que l'évaporation dure le moins possible ; au bout de quelques instants on placera la plaque déjà iodée *jaune-foncé* dans la cuvette, et on la recouvrira vivement de la glace. La durée de l'exposition à la vapeur du brôme doit varier suivant la distance de la plaque au liquide ; mais pour toutes nos cuvettes ce temps est compris entre 10 et 40 secondes. On comprend, au reste, qu'il suffit de cinq à six essais une fois faits, pour le déterminer d'une manière invariable pour chaque cuvette ; car, comme on doit s'y attendre, il faut, puisque l'on obtient facilement cette dissolution au même titre, la renouveler à chaque épreuve. Il faut éviter avec grand soin que le jour ne vienne frapper la plaque dans le passage de la cuvette à la chambre noire. »

51. Nous avons fait aux cuvettes de M. Lerebours, un perfectionnement très-simple, mais d'une grande utilité, puisqu'il a pour effet de diminuer l'évaporation de l'eau brômée pendant qu'on l'introduit dans la cuvette.

Le couvercle en glace, représenté figure 23, est plus long qu'il ne faut pour couvrir la cuvette ; à 2 centim. (11 lignes) environ du bord de ce couvercle, est percé un trou *t* de 4 à 5 millim. (1 à 2 lignes) de diamètre. Lorsqu'on veut introduire l'eau brômée dans la cuvette, on fait glisser la glace sur la cuvette jusqu'à ce que le petit trou *t* se trouve au-dessus de la cavité de la cuvette. L'eau brômée est contenue dans un

flacon à large tubulure, pouvant admettre l'introduction d'une petite seringue en verre divisée. Au moyen de cette seringue, on prend une dose fixe d'eau brômée. Le flacon est rebouché de suite; puis, avec la seringue, on introduit, par le petit trou de la glace, l'eau brômée dans la cuvette, et, sans perdre de temps, cette glace est repoussée de manière à intercepter toute communication de la cuvette avec l'air extérieur.

La quantité d'eau brômée sera toujours suffisante, pourvu qu'elle recouvre la totalité du fond de la cuvette; on inclinera légèrement cette cuvette pour que le liquide se répartisse également sur le fond; mais il faut faire cette opération avant d'exposer la plaque aux vapeurs du brôme.

A partir du moment où l'eau brômée est versée dans la cuvette, jusqu'à celui où on y expose la plaque, on devra toujours laisser écouler trente secondes pour donner aux vapeurs du brôme le temps de se développer.

On comptera ces secondes, et la durée de l'exposition de la plaque, au moyen d'une horloge en bois dite *coucou*, à laquelle on adaptera un balancier assez long pour battre les secondes. Le bruit produit par l'échappement de cette sorte d'horloge sera suffisant pour faire apprécier à l'oreille, dans l'obscurité, le nombre de secondes nécessaire pour arriver au point convenable. On pêche presque toujours par excès de brôme; on abrégera donc progressivement la durée de l'exposition de la plaque aux vapeurs du brôme jusqu'à ce qu'on ait atteint le terme voulu. Ce terme, une fois trouvé, sera constamment le même pour chaque appareil.

Il faut éviter de préparer l'eau brômée trop à l'avance; au bout de cinq à six jours elle a beaucoup perdu de ses facultés accélératrices.

Le brôme, une fois étendu d'eau, ne présente plus le moindre danger; on ne devra donc plus craindre, dans cet état, de le respirer ou d'en répandre sur soi, quoiqu'il soit encore mieux de s'en abstenir.

CHAPITRE III.

DE L'EXPOSITION A LA CHAMBRE OBSCURE.

Cadres à volets, à coulisse, à porte, 52. — Mise au point, son importance, 53. — Règles fixées par M. Baron, 54—62. — Durée de l'exposition, influence de la lumière, 63—64. — Influence optique de l'appareil, 65. — Influence des substances accélératrices, 66. — Moyen de déterminer la durée de l'exposition de la plaque, 67. — Durée probable de l'exposition, 68. — Epreuves instantanées par l'électricité, 69. — Manière de reproduire les vues de monuments, les paysages et les groupes d'objets d'art.

52. On a vu que la plaque, après avoir été soumise à l'influence de l'iode et de la substance accélératrice, doit être désormais tenue à l'abri de la lumière et renfermée dans un cadre pour être ensuite exposée à la chambre obscure. Cette exposition doit avoir lieu peu de temps après l'application de la couche sensible.

M. Daguerre renfermait la plaque dans un châssis ou cadre à double volet, qui s'ouvrait au moyen de deux quarts de cercle en cuivre. Cette construction, sujette à plusieurs inconvénients que tout le monde peut apprécier, a été généralement remplacée par le cadre à coulisse imaginé par M. Séguier. C'est une espèce de boîte analogue à celles qui servent à renfermer les jeux de patience, et dont la description serait superflue, parce qu'elle est connue de tout le monde. (Voyez fig. 29, pl. II.) Depuis, M. Charles Chevalier, déjà si connu par les perfectionnements importants qu'il a introduits dans la photographie, a construit un cadre beaucoup plus ingénieux, et dont la porte unique s'ouvre et se ferme au moyen d'un levier fort simple. Nous pensons que cette dernière espèce de cadre doit être préférée à toutes les autres. Quel que soit, au reste, le système adopté, la plaque sera disposée dans le cadre de manière à pouvoir être chauffée vers son milieu avant l'iodage (N° 22).

53. La mise au point est beaucoup plus importante qu'on ne serait disposé à le croire au premier abord. En effet, s'il s'agit de reproduire la vue d'un monument, un paysage ou un portrait, le plus ou moins d'ouverture du diaphragme, la distance de la plaque à l'objectif, celle du daguerréotype à l'objet à reproduire, devront être calculées d'après le foyer du verre et d'après les lois de l'optique. La connaissance de ces lois est en général peu familière aux amateurs; de là une

foule de tâtonnements pour arriver au point convenable; souvent les objets sont reproduits sur une trop grande ou sur une trop petite échelle, et quelquefois même hors des limites de la puissance de l'objectif. M. Baron a publié une savante dissertation, où les règles de la mise au point sont exposées avec un talent et une lucidité remarquables. Nous ne pouvons résister au désir de la transcrire ici en son entier pour compléter ce que nous avons déjà dit N° 3.

54. « Lorsque l'on veut reproduire, à l'aide du daguerréotype, les images des monuments et des sites naturels, on s'occupe généralement fort peu de la proportion dans laquelle les objets sont réduits et de la distance à laquelle ils se trouvent. Si on est trop près d'un monument, et qu'il y ait impossibilité de s'en éloigner, on se contente de n'en reproduire qu'une partie. Si, au contraire, il s'agit d'un point éloigné, l'horizon, à droite ou à gauche, en haut ou en bas, n'étant pas limité, la plaque se trouve remplie dans le sens horizontal par une partie plus ou moins étendue du paysage, et dans le sens vertical par plus ou moins de ciel. Quelle que soit la réduction opérée, l'on se contente du résultat sans rechercher quelle est la proportion de l'image relativement à la grandeur des objets : et en effet, dans cette circonstance, ce point n'est pas bien important à connaître.

Il n'en est pas de même pour les objets de petite dimension, qui doivent être placés très-près de la chambre obscure, comme par exemple, les personnes dont on veut reproduire les traits, les tableaux, les statues et les groupes d'objets d'art dont on veut obtenir le dessin photogénique. On tient à reproduire ces objets dans des proportions données, ou tout au moins on désire que leur image couvre une certaine étendue de la plaque. Alors, ordinairement on tâtonne pour trouver à quelle distance de la chambre noire ils doivent être placés. Quelquefois on arrive, mais souvent aussi on ne parvient pas à obtenir le résultat désiré, parce qu'on ignore que le foyer de l'objectif et la disposition de la chambre noire ne peuvent remplir le but qu'on se propose, et qu'ainsi l'on demande à l'appareil plus qu'il ne peut donner.

Ces difficultés, dont la solution ne se trouve dans aucune des brochures qui ont été publiées sur le daguerréotype, m'ayant été fort souvent exposées, j'ai pensé qu'il serait utile, pour les personnes qui veulent faire des portraits soit en buste, soit en pied, ou reproduire les objets d'art, de trouver ici les principes sur lesquels ils doivent se guider.

55. « On sait en optique, comme règle générale, que l'image d'un objet produite derrière un verre grossissant quelconque, sera le 172, le 173, le 174 de la grandeur de l'objet lui-même, selon que la distance du verre à l'objet sera le foyer du verre multiplié par le dénominateur de ces fractions augmenté de l'unité.

« Ainsi, d'après ce principe invariable,

« L'image sera égale à l'objet lorsque la distance à l'objectif sera 2 fois le foyer.
Elle sera le 172 de l'objet — 3 fois id.
— le 173 id. — 4 fois id.
— le 174 id. — 5 fois id.

« Si on en fait l'application numérique, supposant le foyer de 38 centim. (1 pied 2 pouces 2 lignes), et voulant obtenir des images réduites à 176, il faudra placer l'objet à sept fois le foyer de l'objectif, c'est-à-dire à 2 mètres 66 centim. (8 pieds 2 pouces 3 lignes) du verre.

56. « Le tableau ci-après a été calculé de manière à faire connaître de suite à quelle distance on doit placer un objet lorsque l'on veut en obtenir une image réduite dans une proportion donnée.

« Quand l'on fait des épreuves, assez généralement on désire que les images remplissent toute l'étendue de la plaque ou tout au moins l'une de ses dimensions. Nous supposons que ce soit la plus longue des deux; alors comme cette dimension est constante, afin qu'un objet dont la grandeur est donnée puisse produire une image qui remplisse toute la plaque, il s'agit de trouver à quelle distance de la chambre noire on doit placer cet objet.

Supposons que l'on fasse usage du grand appareil pourvu d'un objectif de 38 centim. (1 pied 2 pouces 2 lignes) de foyer. Les plaques, dans leur plus grande dimension, peuvent recevoir des images de 20 centim. (7 pouces 5 lignes). Supposons encore que l'on se propose de reproduire une statue de 1 mètre (3 pieds 11 lignes) de hauteur. En consultant le tableau, la colonne n° 3 indique que si les images ont 20 centim. (7 pouces 5 lignes), il faudra, d'après la colonne n° 4, placer la chambre noire à 2 mètres 28 centim. (7 pieds 2 lignes) de la statue, et alors la colonne n° 2 indique que la réduction sera au 175 de l'objet. Si la statue n'avait pas exactement 1 mètre (3 pieds 11 lignes) de hauteur, qu'elle eût plus ou moins, comme 140 ou 80 centimètres (4 pieds 3 pouces 10

lignes ou 2 pieds 5 pouces 8 lignes), l'image étant toujours de 20 centimètres (7 pouces 5 lignes), on diviserait l'un ou l'autre nombre par 20, et l'on aurait pour quotient 7 ou 4; c'est-à-dire que, dans le premier cas, l'image étant réduite au $\frac{1}{7}$, il faudrait placer la chambre noire à 3 mètres 4 centimètres (9 pieds 4 pouces 3 lignes), et dans le second cas, la réduction étant de $\frac{1}{4}$, la distance devrait être de 1 mètre 90 centimètres (5 pieds 10 pouces 4 lignes). Si la division ne s'opérait pas en nombre rond comme ci-dessus, on approximerait la réduction et l'on calculerait la distance comme dans l'exemple suivant : soit un objet de 168 centimètres (5 pieds 2 pouces 2 lignes) de hauteur; divisant par 20, on aura 8, 8; ainsi, dans ce cas, la réduction sera presque $\frac{1}{9}$, et l'on se placera à 3 mètres 80 centimètres (11 pieds 8 pouces 5 lignes) à peu près.

On voit donc qu'à l'aide du tableau, on peut, quel que soit l'appareil dont on fait usage, connaître la réduction de l'objet et la distance à laquelle il doit être éloigné de l'objectif. On sait aussi quels sont les problèmes impossibles à résoudre; car si, avec la grande chambre noire et un objet de 1 mètre (3 pieds 11 lignes) on désirait une réduction au $\frac{1}{4}$, il serait impossible que l'image fût entière, attendu qu'il faudrait pour cela que la plaque eût 25 centimètres (9 pouces 3 lignes), et elle n'en a que 26 (7 pouces 5 lignes), et qu'elle fût à 47 centimètres $\frac{1}{2}$ (1 pied 7 pouces 4 lignes) de l'objectif, ce qui est impossible, puisque le plus grand écartement est de 42 centimètres (1 pied 3 pouces 6 lignes.)

(Voir le Tableau ci-contre.)

57. « Lorsque M. Daguerre a publié sa merveilleuse découverte, il a fixé toutes les dimensions de son appareil, et il a déclaré que depuis plus de dix ans il avait constamment fait des essais de tous genres, tout aussi bien sur les dimensions et dispositions de l'objectif que sur toutes les autres parties. L'on a accepté cela comme une loi; et en effet, bien qu'il y eût été conduit par des essais et des tâtonnements infinis, la marche des rayons lumineux, dans l'instrument primitif, s'est trouvée pour ainsi dire d'accord avec la théorie. Mais lorsqu'on a voulu faire plus petit ou plus grand, M. Daguerre n'ayant pas indiqué les relations qui lient entre elles toutes les parties de son appareil, il a fallu se livrer à de nouveaux essais. C'est

La distance de l'objet à l'objectif étant son foyer multi- plié par les milles- sièmes.	La réduction de son image en son	Et si la grandeur de l'objet est de un mètre, celle de son image sera	OBJECTIF foyer 34 centimètres.		OBJECTIF foyer 27 centimètres.		OBJECTIF foyer 20 centimètres.		OBJECTIF foyer 10 centimètres.	
			distance de l'objet à l'objectif.	distance de la plaque à l'objectif.	distance de l'objet à l'objectif.	distance de la plaque à l'objectif.	distance de l'objet à l'objectif.	distance de la plaque à l'objectif.	distance de l'objet à l'objectif.	distance de la plaque à l'objectif.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 fois	égale à l'objet.	100	76	76	54	54	40	40	30	20
3 dit	la 1/2	50	114	57	81	40,5	60	30	30	15
4	le 1/3	33,3	152	50,6	108	36	80	26,6	40	13,3
5	le 1/4	25	190	47,5	135	33,7	100	25	50	12,5
6	le 1/5	20	228	45,6	162	32,4	120	24	60	12
7	le 1/6	16,6	266	44,3	189	31,5	140	23,3	70	11,6
8	le 1/7	14,3	304	43,4	216	30,8	160	22,8	80	11,4
9	le 1/8	12,5	342	42,7	243	30,3	180	22,5	90	11,2
10	le 1/9	11,1	380	42,2	270	30	200	22,2	100	11,1
11	le 1/10	10	418	41,8	297	29,7	220	22	110	11

Dans ce tableau le centimètre est l'unité de mesure.

pour remplir cette lacune que je crois indispensable de faire connaître aux personnes qui se servent du daguerréotype, et aussi à celles qui les construisent, les relations qui doivent exister entre le diamètre et le foyer de l'objectif, les dimensions de la plaque, la position et l'ouverture du diaphragme. C'est faute de connaître ces relations que beaucoup de personnes, qui cherchent à perfectionner et abrégér la manipulation des épreuves, font chaque jour aux constructeurs de ces instruments des demandes et des plaintes auxquelles ceux-ci ne peuvent quelquefois pas répondre. Depuis que l'on fait des daguerréotypes de plusieurs dimensions, et par conséquent des objectifs de divers foyers, les constructeurs sont un peu dans le vague pour déterminer toutes ces relations. Les amateurs (et je ne veux parler que de ceux qui s'occupent du daguerréotype avec ardeur et qui en font une étude pratique toute spéciale), ces amateurs, dis-je, essaient des objectifs de divers foyers, ouvrent ou rétrécissent, éloignent ou approchent leur diaphragme, ce qui augmente ou diminue l'ouverture efficace de leur objectif. Lorsqu'ils ont fait une très-bonne épreuve, ils en attribuent la cause à la disposition qu'ils ont donnée, puis ils viennent chez le constructeur lui indiquer cela comme une loi de perfectionnement.

58. « D'autres veulent obtenir des images plus grandes que ne peuvent le donner les conditions du foyer de l'objectif; et comme alors ces images sont diffuses sur les bords et ne peuvent être autrement, malgré la bonne qualité de l'objectif et tout le soin de l'opérateur, on attribue la cause à l'imperfection du verre, et l'on fait à l'opticien des reproches qu'il ne mérite pas; car c'est une tendance naturelle que j'ai remarquée chez toutes les personnes qui s'occupent du daguerréotype, d'attribuer d'abord à la mauvaise qualité de l'objectif la non réussite de leurs épreuves. Sa qualité est sans contredit, comme je l'ai dit plus haut, l'âme du daguerréotype. Mais lorsque l'opticien a rempli toutes les conditions que j'ai indiquées ci-dessus, il ne peut faire plus; et c'est alors à celui qui construit l'instrument à savoir le monter dans des conditions qui satisfassent aux principes d'optique indiqués dans les traités de cette science.

59. « La dimension fixée par M. Daguerre pour la grandeur des plaques de son appareil était et est encore, à très-peu près, 16 1/2 centimètres (7 pouces 9 lignes) sur 21 1/2

(9 pouces 7 lignes). Mais comme elles éprouvent une certaine perte d'abord par l'apposition des bandelettes, puis ensuite par leur encadrement, on peut, en compte rond, estimer à 20 centimètres (7 pouces 4 lignes) la plus grande dimension de l'image pure. Si on compare cette dimension avec le foyer de l'objectif qui avait été fixé par M. Daguerre à 38 centimètres (1 pied 2 pouces), on verra que la plus grande dimension de la plaque est, à très-peu près, la moitié du foyer de l'objectif.

Cette donnée étant prise pour base, et faisant la construction géométrique en prenant les rayons extrêmes qui déterminent la grandeur de l'image sur la plaque, c'est-à-dire ceux qui déterminent le champ de l'instrument, on trouve que les rayons extrêmes qui partent des bords de l'objet, et qui viennent se croiser au centre de l'objectif, font, avec son axe, à très-peu près, un angle de 14 degrés. Cet angle est précisément dans les conditions convenables pour former une image pure ou avec peu d'aberration (1). Nous pouvons donc déjà donner pour règle que, dans une chambre noire quelconque, il ne faut pas vouloir obtenir des images pures au-delà de ces limites, et qu'il faut les restreindre de telle sorte, que le diamètre de l'image soit la moitié du foyer de l'objectif. Voilà donc déjà le rapport de la grandeur de l'image avec le foyer de l'objectif.

60. « Pour avoir celui de son diamètre efficace, c'est-à-dire la surface par laquelle pénètrent les rayons lumineux qui concourent à la formation de l'image, on pourra, en compte rond, donner à l'ouverture efficace de l'objectif $1/7$ de son foyer. On trouvera dans ce cas que le rayon oblique, incident à l'extrême bord de l'objectif, ne s'éloignera pas beaucoup des limites d'incidence. On trouvera aussi que la position du diaphragme doit être située dans le plan d'interjection des rayons qui passent par l'axe central de l'objectif, et de ceux obliques extrêmes qui le rencontrent à la circonférence. Par la construction géométrique, il en résultera une règle facile à retenir, qui sera celle-ci :

61. « Si on se propose de donner à l'ouverture efficace de

(1) Ce principe se trouve particulièrement démontré dans le *Traité élémentaire d'astronomie physique* de M. Blot, dont le premier volume vient de paraître. Ce savant, l'un de ceux qui se sont le plus occupés de la marche des rayons lumineux dans les instruments d'optique, y a démontré que dans ces instruments, comme condition de bonne construction pratique, la limite des angles d'incidence et d'émergence ne devait pas excéder 15 degrés.

l'objectif 117 de son foyer, sa distance au diaphragme devra être, à très-peu près, le 117 de son foyer, et son ouverture sera à très-peu près aussi la moitié de sa distance.

62. « D'après ces principes, on peut construire des daguerréotypes de toutes les dimensions. Il ne faut donc pas croire qu'il y avait perfectionnement, lorsque peu après la découverte de M. Daguerre on produisit des épreuves qui avaient environ 35 centimètres (1 pied 1 ponce), tandis que celles de M. Daguerre n'en avaient que 20 (7 pouces 5 lig.); le seul mérite de cette nouveauté consistait à se servir d'un appareil volumineux, plus difficilement maniable et d'autant plus cher que le diamètre de l'objectif était plus grand. Supposons qu'on veuille obtenir des images de 1 mètre (3 pieds 11 lignes) de grandeur : d'après les règles posées ci-dessus, le foyer de l'objectif devrait être de 2 mètres (6 pieds 1 ponce), son diamètre efficace de 285 millimètres (10 pouces 6 lignes); le diaphragme devrait être placé à 285 millimètres (10 pouces 6 lignes) en avant de l'objectif, et son ouverture à 142 millimètres (5 pouces 3 lignes) (1).

« C'est sur ces principes que sont construits mes appareils, qui sont connus dans le commerce sous la dénomination de plaques entières, 172 plaque, 174 de plaque et 178 de plaque, ou appareils à portrait.

Ces principes ne sont pas des limites auxquelles il faille en tout point satisfaire rigoureusement; on peut aller un peu en-deçà, ou un peu au-delà, et avoir encore un bon instrument; elles sont indiquées seulement dans le but de prévenir les personnes qui se servent des daguerréotypes, qu'il ne faut pas qu'elles exigent des images nettes plus grandes que ne le comporte le foyer et le diamètre efficace de l'objectif. J'ai eu bien souvent l'occasion de voir que des personnes habiles à faire de très-bonnes épreuves ne savaient à quoi attribuer leur non réussite, et la seule cause était qu'elles voulaient des images pures beaucoup plus grandes que le foyer de l'objectif ne pouvait les donner. »

63. Il nous reste à parler de la durée de l'exposition de la plaque aux rayons lumineux, et c'est peut-être là le point le plus délicat de tout le procédé, puisque la théorie ne peut

(1) Il faut toujours, selon le foyer de l'objectif, faire son diamètre de 10 à 20 mill. (5 à 10 lig.) plus large que le diamètre efficace, l'expérience a prouvé que les bords de l'objectif étant toujours un peu arrondis par le travail, ils ne doivent pas concourir à la formation des images.

fournir que des données approximatives sur la durée de cette opération, et que pour arriver à la précision nécessaire, on ne peut être guidé que par l'expérience.

64. Un grand nombre de circonstances concourt à la formation plus ou moins rapide de l'image reçue dans la chambre obscure. Nous placerons en première ligne l'état de l'atmosphère, l'influence de la saison, l'intensité et la couleur de la lumière solaire, selon que cet astre est plus ou moins près de l'horizon, enfin la manière dont les objets à reproduire sont éclairés. Il est évident que ces différentes causes doivent modifier la durée de l'exposition de la plaque, suivant qu'elles sont plus ou moins favorables à la production de l'image.

65. D'autres causes sont inhérentes à la construction de la chambre noire : ainsi, la longueur du foyer de l'objectif, l'ouverture étroite du diaphragme et l'éloignement de l'objet seront des motifs pour prolonger l'exposition de la plaque, tandis que si le foyer est court, le diaphragme plus large, et le modèle plus rapproché, un moindre espace de temps suffira pour obtenir l'image. Avec les objectifs à double verre qui produisent sur la plaque une plus grande intensité de lumière, la durée de l'exposition est réduite presque de moitié. (Voyez Nos 130 et 131.) Il faut aussi tenir compte des dimensions de la plaque, dont le plus ou moins d'étendue exige un temps plus ou moins long.

66. Enfin, il faut encore avoir égard au plus ou moins de sensibilité des substances accélératrices qu'on aura employées, et cette différence peut provenir ou de leur nature ou de leur préparation.

On a bien quelques données approximatives sur la promptitude particulière à chacune de ces substances, et sous ce rapport, elles pourraient être classées dans l'ordre progressif suivant :

Chlorure d'iode,
Iodure de brome,
Brômure d'iode,
Eau bromée (agent le plus prompt).

Mais cet ordre pourra être interverti, et la puissance de chaque agent photogénique être modifiée soit par la manière dont il aura été préparé, soit par son degré d'évaporation, soit enfin par son mode d'application plus ou moins précis sur la couche préalable d'iode.

67. On voit que la théorie est impuissante à déterminer à

l'avance la durée positive de l'exposition de la plaque à l'influence de la lumière. Ce n'est donc qu'après avoir expérimenté une substance, qu'on pourra s'assurer de son plus ou moins d'énergie photogénique, et d'après le résultat obtenu sur une épreuve d'essai, il sera facile désormais d'évaluer le temps d'exposition nécessaire pour obtenir une image parfaite. On reconnaîtra que le point convenable a été dépassé, si les clairs au lieu d'être blancs se trouvaient noircis ; c'est ce qu'en photographie on appelle la *solarisation* ; si au contraire l'exposition à la lumière n'avait pas été assez prolongée, l'épreuve serait vague, ses contours indéterminés ; les détails mal venus, et l'image comme entourée d'un voile ; il sera facile d'éviter le même défaut aux épreuves suivantes, en diminuant ou en augmentant la durée de l'exposition.

68. Nous avons dit, N° 66, que le temps convenable avait été calculé approximativement pour chaque substance. Nous en donnons ci-après le tableau, mais en recommandant à chacun de modifier ces données *probables*, d'après sa propre expérience, et en tenant compte des circonstances favorables ou nuisibles à la formation de l'image :

Iodage simple	3 à 10 minutes.
Chlorure d'iode	10 à 50 secondes.
Bromure d'iode	5 à 20 secondes.
Iodure de brome	5 à 20 secondes.
Eau bromée	2 à 20 secondes.

Avec ces trois dernières substances, et lorsque toutes les circonstances photogéniques sont des plus favorables, on peut opérer presque instantanément, c'est-à-dire en une fraction de seconde. On aurait tort de trop se préoccuper de la difficulté d'atteindre le point convenable de la durée de l'exposition aux rayons lumineux. Un peu d'exercice et d'habitude rendront cette opération familière, et bien plus facile qu'on ne le pense.

69. M. Daguerre avait annoncé, dès l'année dernière, qu'au moyen de l'électricité, il était parvenu à opérer, même trop rapidement. Le célèbre inventeur n'a pas encore fait connaître son mode d'application, et cette communication est restée enveloppée d'un voile mystérieux et impénétrable.

70. C'est ici le lieu de faire connaître les dispositions à prendre pour réussir dans la reproduction des vues, des paysages et des objets d'art. Cette partie de la photographie a été trop

négligée, peut-être, dans les dernières publications où l'on s'est surtout préoccupé de la confection des portraits; mais elle n'a point échappé à l'attention de M. Charles Chevalier, et nous ne pouvons mieux faire que de le citer textuellement.

« Pour reproduire un monument, il faut pouvoir se placer à une certaine distance du modèle et au niveau du centre de l'élévation. L'intervalle qui existe entre la chambre obscure et l'édifice, doit évaluer environ deux ou trois fois la hauteur de ce dernier. Si l'on se plaçait trop près et sur le sol, on ne pourrait obtenir que la moitié inférieure du monument, et si l'on inclinait la chambre obscure de manière à comprendre la totalité du modèle dans le champ de la glace dépolie, les parties les plus élevées ne seraient pas nettes, et la masse entière semblerait tomber à la renverse. Règle générale : *l'objectif doit toujours être parallèle au plan du modèle.*

« Quand on veut copier des détails d'architecture, on se place plus près du monument, et l'opération marche avec plus de rapidité.

« Si l'édifice qu'on cherche à reproduire est blanc ou récemment construit, la lumière diffuse sera préférable aux rayons solaires directs. Sous l'influence d'une lumière trop vive, on est presque toujours sûr, en pareille circonstance, de *solariser* les épreuves.

« Mais lorsque la couleur du monument est sombre, et surtout, quand les détails sont d'une grande richesse, il faut, autant que possible, attendre que le soleil l'éclaire horizontalement. On trouve un exemple frappant du précepte que nous venons d'exposer, dans la belle cathédrale de Paris, dont les fines découpures seraient effacées par des flots de lumière, tandis que vers deux ou trois heures, elles se détachent avec une admirable netteté.

« Il faut éviter de réunir sur la même plaque, des édifices neufs ou récrépis et de vieilles constructions, surtout quand ces dernières forment le sujet principal du tableau. Le temps nécessaire à la reproduction des objets lumineux serait dépassé de beaucoup, avant que la lumière eût traduit sur la plaque tous les détails des vieux bâtiments et, d'une part, on n'aurait que des masses bleues et confuses, tandis que de l'autre, on ne distinguerait qu'une silhouette sans détails. Lorsqu'un monument, une réunion d'édifices, présentent plusieurs plans, toutes leurs images ne se peignent pas avec la même netteté sur la glace dépolie, en raison de la multiplicité des foyers. Il

faudra donc choisir un terme moyen pour la mise au point et se régler sur une partie située vers le centre de la perspective.

» Le *paysage* sera copié pendant un jour pur et calme; le moindre vent agite les eaux et le feuillage des arbres; les premières perdent leur transparence sur l'épreuve, tandis que les autres forment des touffes sombres et cotonneuses qui nuisent singulièrement à l'effet général. Rien n'est plus admirable qu'une belle perspective reproduite au moyen du daguerréotype; mais il faut bien se garder de vouloir donner la même netteté aux premiers et aux derniers plans, ce serait dévoiler une ignorance complète des plus simples notions artistiques. Les lointains doivent se fondre, en quelque sorte, avec l'horizon et toute la vigueur sera réservée aux plans antérieurs. C'est donc sur ces derniers qu'on se réglera pour la mise au point.

» Autant que possible, on choisira un objet à tons chauds et vigoureux, pour en former le premier plan. Il agira, suivant l'expression artistique, comme *repoussoir*, donnera de la solidité au tableau et augmentera l'effet des lointains et la lumière des plans moyens.

» *Les groupes d'objets d'art* forment des tableaux très-gracieux et sont faciles à reproduire. Qu'on ne s'imagine cependant pas qu'il suffise de les placer au hasard sur une table; ils doivent être disposés dans le même plan sur des tablettes, ou accrochés contre un mur recouvert d'une tapisserie en laine ou en soie tendue ou élégamment drapée. On cherchera les oppositions en plaçant les objets d'un blanc mat à côté de ceux qui réfléchissent la lumière ou dont la couleur est sombre. Il est facile de varier les teintes en colorant des plâtres de différentes manières. On évitera d'employer un fond blanc qui ne ferait pas ressortir les statuettes et les objets brillants; un rideau bleu foncé ou violet produira un fort bon effet. On ne saurait choisir de meilleurs modèles en ce genre, que les belles épreuves de M. Hubert et du baron Séguier. Ce dernier a bien voulu nous donner un de ses groupes qui, bien qu'exécuté depuis fort longtemps et par les anciens procédés, excite toujours l'admiration des artistes.

» Choisit-on pour modèle un buste ou une statuette isolée, on obtiendra un effet admirable en plaçant l'objet devant un rideau noir bien tendu. Mais il faut que l'étoffe soit d'un noir bien mat, car la moindre réflexion produirait un clair sur l'épreuve et l'effet serait manqué. On doit préférer le velours à toutes les autres étoffes.

« Les groupes se font en plein air, dans un jardin, ou sur une terrasse; cependant, on peut opérer dans un atelier en faisant arriver la lumière sur l'objet, horizontalement et par un large châssis.

C'est avec notre objectif double que l'on obtient les plus belles épreuves en ce genre (1). »

CHAPITRE IV.

DE L'EXPOSITION AU MERCURE ET DES VERRES CONTINUATEURS.

Nouvelles constructions des boîtes à mercure. — Suppression du thermomètre, 71. — Diverses préparations du mercure, 72. — Usage des verres de couleur, 73-75.

71. Les modifications apportées à la construction de la boîte au mercure sont peu importantes. Celles que l'on fait aujourd'hui ont l'avantage d'être très-portatives, parce qu'elles se replient sur elles-mêmes; nous citerons entre autres les formes adoptées par MM. Charles Chevalier, Gaudin et Buron. (*fig. 6 et 12, Pl. I; et fig. 32 et 36, Pl. II.*)

Le thermomètre a été supprimé dans presque toutes les nouvelles constructions; son extrême fragilité et la difficulté de le remplacer lorsqu'il venait à être cassé, ont fait renoncer à son usage; un peu d'habitude suffit en très-peu de temps pour faire reconnaître le degré de chaleur convenable. Règle générale : on cessera de chauffer aussitôt que l'image commence à paraître.

L'amélioration la plus remarquable qu'on ait fait aux boîtes à mercure, consiste dans l'adjonction d'un verre jaune (*a, v, x, fig. 12*) sur un de ses côtés. On présente devant ce verre une bougie, tandis que par un autre verre blanc (*p, q, fig. 12*), protégé par un écran noir ou par une porte, on peut constater les progrès de la formation de l'image.

72. Le mercure à cause de son poids et de son extrême divisibilité est difficile à transporter en voyage. Pour obvier à ces inconvénients, M. de Brébisson le renferme dans un nouet de toile serrée, qu'il place dans la capsule qu'on chauffe ensuite comme à l'ordinaire. On n'a plus à craindre, par ce moyen, de perdre le mercure, et ses émanations arrivent plus divisées sur l'épreuve.

(1) On trouvera au Livre IV. Nos 126 et 131, la description de l'appareil à verres continus de M. Charles Chevalier.

M. Charbonnier a proposé de substituer au mercure le nitrate ammoniacal de cette base. Selon lui, ce composé est plus volatilisable, d'un transport plus facile, et il modifie avantageusement la teinte des épreuves. L'expérience n'a pas confirmé ce résultat.

Une disposition encore plus simple puisqu'elle supprime l'emploi de la lampe à esprit-de-vin, a été récemment imaginée. On se procure une lentille de plomb, ayant un côté plat; sur l'autre côté qui est bombé, s'adapte une petite calote de cuivre qu'on amalgame facilement en la frottant avec du mercure. On fera alors chauffer à part le disque de plomb par un moyen quelconque; aussitôt que la température sera assez élevée pour brûler légèrement les doigts, on remettra sur ce disque la petite calote amalgamée, et le tout sera introduit dans la boîte à mercure.

M. Soleil donne la préférence à une capsule d'argent qu'il amalgame avec un composé d'une partie d'argent précipité par le cuivre de son nitrate, et cinq parties de mercure distillé.

On peut encore employer du plomb de chasse qu'on a d'abord amalgamé en le secouant dans une bouteille qui contient du mercure. Ce plomb est placé directement dans la capsule, ou bien on le renferme dans un nouet de forte toile.

Nous avons adopté pour notre usage personnel, un amalgame fusible à la température de $+60^{\circ}$; en sorte que sans avoir besoin de thermomètre, nous sommes avertis par la fusion du métal, que la chaleur a été portée à un degré assez élevé.

Cet amalgame est composé avec l'alliage fusible de Darcet auquel on ajoute un dixième de mercure. Aussitôt qu'il est parvenu à la chaleur de $+60^{\circ}$, il entre en fusion, s'écoule par un petit tube fixé au fond de la cuvette de la boîte à mercure, et va se rendre dans une capsule placée auprès de la lampe à esprit-de-vin. Au moyen de ce procédé on sera sûr de ne jamais dépasser le degré de chaleur convenable.

Tous ces moyens donnent de bons résultats et pourront être adoptés indistinctement.

73. On a cru, pendant longtemps, que l'exposition aux vapeurs mercurielles était indispensable à la formation des images photographiques. Les savantes recherches de M. Edmond Becquerel sur la propriété continuatrice des verres colorés sont venues détruire cette opinion, mais en même temps

jeter une nouvelle incertitude sur la théorie encore inexploitée du daguerréotype.

Sans aucun doute, les résultats obtenus à l'aide des verres continueurs étaient fort remarquables, surtout avant l'adoption des substances accélératrices, néanmoins cette découverte, comme toutes les nouveautés, a été vantée outre-mesure, et aujourd'hui elle ne peut plus guère être considérée que comme un document intéressant pour l'histoire de la photographie.

74. MM. Buron, Gaudin, Lerebours et de Brébisson se sont livrés à une foule d'expériences sur les effets continueurs des verres rouges et jaunes, et, malgré tout l'intérêt qui se rattache à cette remarquable propriété de la lumière modifiée par la couleur d'un verre, ils s'accordent à dire que les épreuves ainsi obtenues manquent de vigueur et de netteté; elles ont en outre une apparence terne et miroitante. Il faut donc renoncer à l'idée de remplacer les fumigations mercurielles par l'action des verres colorés, et la boîte à mercure demeure jusqu'à présent un accessoire obligé du daguerréotype.

75. Néanmoins, pour ne rien laisser ignorer à nos lecteurs, voici en peu de mots le moyen de continuer les épreuves sous l'influence des verres colorés :

L'épreuve, après une très-courte exposition à la chambre noire, est renfermée dans un étui dont un côté est en verre jaune ou rouge. En cet état, on l'expose pendant 8 ou 10 minutes aux rayons directs du soleil. Au bout de ce temps, l'image sera devenue visible. Le verre jaune doit être employé pour les plaques simplement iodées, mais le verre rouge est indispensable, lorsqu'on a appliqué une substance accélératrice.

76. Nous n'avons point à approfondir ici la théorie de la formation des images daguerriennes, un pareil sujet nous menerait trop loin de notre but, et pourrait nous égarer dans le vaste champ des conjectures. Les personnes qui désireraient connaître plus à fond les effets de la radiation solaire, pourront lire l'exposé des curieuses expériences qui ont été faites par M. Moser; on le trouvera au Livre IV, N° 125.

CHAPITRE V.

DU LAVAGE ET DU FIXAGE DES ÉPREUVES.

ARTICLE I^{er}. — DU LAVAGE A L'HYPÓSULFITE.

Formule de M. de Brébisson, 77. — Lavage sans eau distillée, 78. — Manière de laver, 79. — Moyens de séchage, 80.

77. On sait que le lavage a pour but de débarrasser l'épreuve de la couche soluble d'iode qui se trouve à sa superficie. Ce lavage avait lieu autrefois au moyen d'une solution de sel marin (hydrochlorate de soude) ou d'hyposulfite de soude. Le premier moyen est aujourd'hui à peu près abandonné.

M. de Brébisson a indiqué une nouvelle formule de solution d'hyposulfite de soude qui l'emporte de beaucoup sur l'ancienne. On prend :

Hyposulfite de soude.	24 grammes.
Eau distillée	240 gr.
Alcool	90 gr.

L'hyposulfite de soude est d'abord dissous dans l'eau, on ajoute ensuite l'alcool en agitant le flacon pour faciliter le mélange, qui sera ensuite filtré au papier.

Cette dissolution a en outre l'avantage de servir à nettoyer les plaques iodées et noircies par une longue exposition à la lumière. Elle est très-économique, en ce qu'il n'est pas nécessaire d'y plonger la plaque; il suffit d'en verser dessus jusqu'à ce qu'elle en soit entièrement recouverte. La dissolution peut, en outre, servir un grand nombre de fois.

78. Le lavage des petites plaques à portrait peut être fait à froid, et sans eau distillée. On la remplacera sans inconvénient par de l'eau ordinaire filtrée, ou mieux encore par de l'eau de pluie recueillie proprement et filtrée avec soin.

Quant aux grandes plaques, on se conformera à l'instruction de M. Daguerre, et l'eau distillée devra nécessairement être employée.

79. Voici maintenant la manière de procéder au lavage : la plaque sera d'abord immergée d'un seul coup dans une assiette contenant de l'eau pure. Au bout de quelques instants on la

plongera dans une autre assiette où l'on aura mis la solution d'hyposulfite; enfin, on agitera légèrement cette assiette pour faciliter la dissolution de l'iode. Ensuite la plaque sera de nouveau lavée à grande eau, et l'on pourra procéder au séchage en se conformant à ce qui est prescrit au numéro suivant.

Ceci s'applique toujours aux plaques de petite dimension; les grandes plaques seront lavées au moyen de bassines et d'un égouttoir (Pl. I, *fig.* 10) et toujours à chaud.

80. C'est surtout lorsque le lavage est opéré à froid, qu'on a besoin d'un moyen rapide de sécher la plaque. Voici celui que recommande M. de Brébisson : la plaque est d'abord fixée sur une espèce de fourchette à deux branches, formée de deux fils de laiton étamés et fixés dans un manche de bois, s'écartant en forme de V, et terminés par un crochet très-court pour retenir la plaque dans une position inclinée. On la promène ainsi sous un angle de 30 à 45° au-dessus de la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, en commençant par chauffer l'angle supérieur et en descendant successivement jusqu'au bas. Une portion de l'eau s'évapore tandis que l'autre s'écoule par la partie la plus déclive. La fourchette de Brébisson est représentée *fig.* 8 et 8 bis, Pl. I.

S'il arrivait que par l'effet de la dessiccation la plaque présentât quelques taches, on y remédierait quelquefois en la plongeant de nouveau dans l'eau filtrée, ou mieux distillée. On procéderait ensuite à un nouveau séchage.

M. de Brébisson indique un autre moyen de séchage. La plaque encore humide est fixée solidement sur une planchette à l'aide de crochets; l'un des angles de cette planchette est percé d'un trou dans lequel on passe un cordon long d'un mètre. On tient l'extrémité de ce cordon et on imprime à la planchette un mouvement très-rapide de rotation qui amène en peu de temps la dessiccation complète de l'épreuve.

L'épreuve une fois séchée est tout-à-fait terminée; mais si elle doit être fixée au chlorure d'or, on supprimera le séchage.

ARTICLE II. — DU FIXAGE AU CHLORURE D'OR.

Avantages du fixage au chlorure d'or, 81. — Procédé de M. Fizeau, 82. — Modification de M. Gaudin, 83. — Remarques générales, 84. — Procédé de fixage à froid de M. Gaudin, 85.

81. Il nous reste à parler d'une des plus belles découvertes qui aient été faites en photographie : le fixage des épreuves au chlorure d'or, inventé par M. Fizeau, que nous avons déjà

en occasion de citer. Grâce à cette merveilleuse préparation, les épreuves daguerriennes, débarrassées de ce miroitage fatigant qui les déparait, ont acquis une vigueur, une netteté et une solidité jusqu'alors inconnues. Ces avantages ressortiront d'une manière surprenante, si l'on compare ensemble deux épreuves fixées par l'ancien et par le nouveau procédé; la première, d'un ton gris bleuâtre, paraîtra exécutée sous un ciel brumeux et glacial, tandis que l'autre, par la richesse et la chaleur de ses teintes, semblera appartenir à la chaude atmosphère et au beau ciel des contrées méridionales.

Mais un autre avantage du fixage au chlorure d'or est de rendre les plaques qui ont subi cette préparation bien plus inaltérables par le frottement, au point qu'elles peuvent être conservées dans un portefeuille.

82. Voici d'abord le procédé de M. Fizeau, tel qu'il l'a présenté à l'Institut.

« Depuis la publication des procédés photogéniques, tout le monde, et M. Daguerre le premier, a reconnu que quelques pas restaient encore à faire pour donner à ces merveilleuses images toute la perfection possible : je veux parler de fixer les épreuves et de donner aux lumières du tableau plus d'intensité.

« Le procédé que je sou mets à l'Académie me paraît destiné à résoudre en grande partie ce double problème; il consiste à traiter à chaud les épreuves par un sel d'or préparé de la manière suivante :

« On dissout 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans un demi-litre d'eau pure, 3 grammes (56 grains) d'hyposulfite de soude dans un demi-litre d'eau pure (1). On verse alors la dissolution d'or dans celle de soude, peu à peu et en agitant; la liqueur mixte, d'abord légèrement jaunâtre, ne tarde pas à devenir parfaitement limpide. Elle paraît consister alors en un hyposulfite double de soude et d'or, plus du sel marin qui ne paraît jouer aucun rôle dans l'opération.

« Pour traiter une épreuve par ce sel d'or, il faut que la surface du plaqué soit parfaitement exempte de corps étrangers, et surtout de corps gras; il faut par conséquent qu'elle ait été

(1) 82. Ces proportions ne réussissent qu'avec des produits très-purs. M. Fizeau a indiqué les proportions suivantes, qui s'en sont plus ou moins bien trouvées avec les produits du commerce : 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans 300 grammes (1 livre 10 onces) d'eau, et 4 grammes (1 gros 3 grains) d'hyposulfite de soude dans 200 grammes (6 onces 4 gros) d'eau.

lavée avec quelques précautions que l'on néglige lorsque l'on veut s'arrêter au lavage ordinaire.

« La manière suivante réussit le plus constamment. L'épreuve étant encore toute iodée, mais exempte de poussière et de corps gras sur les deux surfaces et les épaisseurs, on verse quelques gouttes d'alcool sur la surface iodée : quand l'alcool a humecté toute la surface, on plonge la plaque dans la baignoire d'eau, puis de là dans la solution d'hyposulfite. Cette solution doit être renouvelée à chaque épreuve, et contenir environ une partie de sel pour quinze d'eau ; le reste du lavage s'effectue comme d'ordinaire, seulement l'eau de lavage doit être, autant que possible, exempte de poussière.

« L'emploi de l'alcool a eu simplement pour but de faire adhérer parfaitement l'eau à toute la surface de la plaque, et d'empêcher qu'elle ne se retirât sur les bords au moment des diverses immersions, ce qui produirait infailliblement des taches.

« Quand une épreuve a été lavée avec ces précautions, fût-elle fort ancienne, le traitement par le sel d'or est de la plus grande simplicité : il suffit de placer la plaque sur le châssis en fil de fer qui se trouve dans tous les appareils (*fig. 9, pl. 1*), de verser dessus une couche de sel d'or suffisante pour que la plaque en soit entièrement couverte, et de chauffer avec une forte lampe ; on voit alors l'épreuve s'éclaircir et prendre, en une minute ou deux, une grande vigueur. Quand l'effet est produit, il faut verser le liquide, laver la plaque et faire sécher.

« Dans cette opération, de l'argent s'est dissous, et de l'or s'est précipité sur l'argent et sur le mercure, mais avec des résultats bien différents. En effet, l'argent, qui par son miroitage forme les noirs du tableau, est en quelque sorte bruni par la mince couche d'or qui le couvre, d'où résulte un renforcement dans les noirs ; le mercure, au contraire, qui, à l'état de globules infiniment petits, forme les blancs, augmente de solidité et d'éclat par son amalgame avec l'or : de là une fixité plus grande et un remarquable accroissement dans les lumières de l'image. »

83. M. Gaudin, outre un procédé de fixage au chlorure d'or qui lui est propre, et qu'on trouvera au N° 85, a modifié ainsi qu'il suit la méthode de M. Fizeau :

Quand la couche d'iodure d'argent a été complètement enlevée par l'hyposulfite de soude, ce que l'on reconnaît lorsque la plaque paraît blanche au reflet d'un corps blanc, on lave cette

plaque à grande eau des deux côtés en la tenant à la main par un de ses angles. La plaque encore couverte d'eau, sauf le revers et les bords qu'on a soigneusement essuyés, est placée sur le support horizontal en fil métallique, représenté *fig. 16, Pl. I (1)*, on verse alors à sa surface la dissolution de chlorure d'or. On chauffe ensuite modérément avec une lampe, jusqu'à ce que l'épreuve se soit obscurcie sur toute sa surface; à ce moment on suspend ou du moins on modère l'action du feu. Mais dès que l'image commence à s'éclaircir, on chauffe de nouveau, jusqu'à ce que l'épreuve paraisse satisfaisante ou que la naissance des taches ou des bulles de vapeur force l'opérateur à arrêter le feu. On lave alors l'épreuve à grande eau des deux côtés, puis, la saisissant par un des coins inférieurs, on sèche à la lampe un des coins supérieurs qu'on saisit à son tour. On lave de nouveau l'épreuve à grande eau, évitant que cette eau touche aux doigts qui tiennent la plaque. Enfin, on sèche peu à peu l'épreuve à la lampe, en commençant par le haut et en soufflant légèrement pour activer l'évaporation du liquide. Par ce moyen, on réussit à fixer des épreuves en les lavant à l'eau ordinaire filtrée et froide, sans qu'il en résulte aucune tache.

84. Pour que le fixage réussisse, il est important d'observer :

1^o Que la plaque soit placée bien horizontalement et recouverte de chlorure d'or dans toute son étendue; car si le liquide venait à manquer il serait aussitôt remplacé par une tache brune qu'on essaierait néanmoins de faire disparaître en remettant du chlorure et en chauffant de nouveau. Le défaut de propreté du dessous de la plaque produirait les mêmes inconvénients.

2^o Qu'au moment du mélange de l'hyposulfite avec le chlorure d'or, le liquide doit rester parfaitement limpide : s'il se troublait on devrait le rejeter, ou au moins le filtrer et ne l'employer ensuite qu'avec défiance.

3^o Que le chlorure d'or ne doit jamais servir qu'une fois.

85. M. Gaudin a aussi imaginé un procédé de fixage au chlorure d'or à froid, que nous allons faire connaître :

On fait dissoudre 1 gramme (18 grains) de chlorure d'or dans un demi-litre d'eau ordinaire, et 30 grammes (une once) d'hyposulfite de soude, également dans un demi-litre d'eau ordinaire. On verse alors la dissolution de chlorure d'or dans

(1) Les figures 17, 18 et 19 de la Pl. I représentent un autre support à chlorurer, de M. Charles Chevalier. Nous en donnerons la description au IV^e Livre, No 129.

celle d'hyposulfite peu à peu, et en agitant comme pour la préparation de M. Fizeau (N° 82), dont celle-ci n'est qu'une variante.

Pour s'en servir, on en verse dans une assiette ou dans une bassine, suffisamment pour couvrir l'épreuve; on ajoute une seule goutte d'ammoniaque, puis on y plonge la plaque au sortir de la boîte à mercure, après en avoir bien essuyé le revers et les épaisseurs. Il faut alors agiter rapidement de droite à gauche, de manière à dissoudre rapidement la couche d'iodure d'argent. Dès que la plaque paraît blanche, on cesse tout mouvement rapide; mais on continue à balancer légèrement l'assiette, car si on la laissait en repos seulement quelques minutes, il se formerait des nuages sur l'épreuve. Peu à peu la surface de la plaque prend une teinte jaune qui fonce de plus en plus en tirant sur le bistre. On peut donc s'arrêter à la couleur qu'on désire; et quand l'épreuve a été lavée et séchée comme il a été dit N° 83, elle se trouve fixée sans aucune tache et avec un ton chaud extraordinaire. Si l'on augmentait la dose d'ammoniaque ou de chlorure d'or, l'opération serait plus prompte, mais l'épreuve serait toujours plus claire au milieu que sur les bords. Le liquide peut servir plusieurs fois sans être renouvelé, on fera mieux dans ce cas de ne point le verser dans le flacon qui contient la dissolution neuve, mais dans un flacon à part, parce qu'il ne donne pas une aussi belle couleur quand il a déjà servi. En s'arrangeant de manière à communiquer à l'assiette un mouvement continu, l'épreuve une fois immergée, se fixe toute seule. Pendant ce temps-là, tout en faisant autre chose, on épie sa couleur, et au bout de dix minutes ou un quart d'heure, on la sort du bain pour la sécher.

Ainsi qu'on le voit, ce procédé a le double mérite de supprimer l'eau bouillante, et de rendre inutile l'eau distillée, avantages bien précieux surtout en voyage. Il permet, en outre, d'utiliser plusieurs fois le même chlorure d'or.

LIVRE III.

Des portraits.

CHAPITRE PREMIER.

HISTORIQUE DES PORTRAITS PHOTOGRAPHIQUES.

Doutes conçus dans l'origine sur la possibilité de faire des portraits, 86-88. — Portraits avec l'appareil normal, 88. — Foyers raccourcis, 89. — Interposition d'un verre bleu, 90. — Verres continuants, 91. — Substances réfléchissantes, 92. — Adversaires des portraits photographiques, 93-96. — Examen de quelques objections plus sérieuses, 96-99.

86. Avant de nous occuper des détails pratiques qui se rattachent à la confection des portraits daguerriens, il ne sera pas sans intérêt pour l'histoire de la photographie, de jeter un coup-d'œil rétrospectif sur les premiers essais qui ont été faits en ce genre. La comparaison entre les images informes qu'on a obtenues dans les premiers temps, et ces inimitables portraits qu'on exécute aujourd'hui, est tout-à-fait propre à mettre en évidence les progrès immenses qu'a déjà fait la daguerréotypie, malgré son origine toute récente.

87. Lorsque l'admirable découverte de M. Daguerre fut livrée à la publicité, l'inventeur fut le premier à proclamer combien il était douteux qu'on pût jamais arriver à faire des portraits au moyen de la photographie. En effet, la réunion de circonstances exigées à cette époque pour obtenir une image daguerrienne, semblait rendre impossible la solution du problème, car outre l'imperfection des appareils usités alors, en tant que photographes à portrait, il fallait au modèle des efforts plus qu'humains pour rester exposé pendant quinze à vingt minutes à la lumière directe d'un soleil brûlant. Aussi, les savants distingués et les premiers expérimentateurs qui s'occupèrent de photographie, partagèrent-ils les doutes exprimés par M. Daguerre lui-même sur la possibilité de faire les portraits; et, il faut le dire, cette opinion fut encore confirmée par les premières tentatives qui furent faites pour la reproduction d'un visage humain.

Aujourd'hui que le problème a été si heureusement et si complètement résolu, il est curieux de rappeler les différentes phases par lesquelles ont passé les portraits photographiques pour arriver de l'état d'ébauches grossières à ces admirables tableaux, où l'on trouve réunis et la richesse des teintes, et le fini des détails, et la perfection de la ressemblance.

88. Les premiers essais ne furent pas heureux, car, ainsi que nous l'avons déjà dit, ils eurent lieu avec l'appareil normal de M. Daguerre, et l'on ne réfléchit pas qu'en faisant agir à de courtes distances un objectif destiné à reproduire les objets lointains, on se privait d'une grande intensité de lumière. De là l'obligation d'exposer le modèle à la radiation directe du soleil, pendant quinze à vingt minutes, et dans un état d'immobilité complète. Et comme cette immobilité, surtout celle des yeux, était au-dessus des forces humaines, il fallut se résoudre à faire poser les yeux fermés. C'est alors que sous le nom de portraits photographiques on vit une foule de *Bélisaire* orner la devanture de nos opticiens.

89. Le vice de construction des premiers appareils pour la reproduction des portraits une fois reconnu, on ne tarda pas à y apporter remède en adoptant des objectifs d'un foyer très-raccourci. MM. Lerebours et Buron paraissent être les premiers qui aient songé à cette innovation. Grâce à ce perfectionnement, la concentration des rayons lumineux dans la chambre obscure augmenta d'intensité, et la durée de l'exposition au soleil fut réduite à trois ou quatre minutes. On put alors ouvrir les yeux du modèle, mais leur clignotement presque inévitable et la contrainte imposée à toute la physionomie sous l'influence encore trop prolongée de la lumière solaire, fit ressembler ces portraits à de véritables suppliciés; et aux *Bélisaire* succédèrent les *Laocoon* et les *Niobé*.

90. Ainsi, jusqu'alors la durée seule de l'exposition au plein soleil avait été modifiée, et il restait toujours pour le modèle une fatigue insupportable qui changeait toute l'habitude de la physionomie. Sur l'indication de M. Arago et de M. Daguerre, on chercha à atténuer ce fâcheux effet, en interposant un verre bleu entre le soleil et le modèle; cette disposition rendit plus supportable l'effet des rayons lumineux frappant directement sur le visage, et l'on put enfin obtenir quelques portraits passables, mais dénués de cette expression si importante pour caractériser la ressemblance.

91. Un grand pas restait à faire; il fallait pouvoir aborder

de front la principale difficulté, il fallait, en un mot, réduire considérablement la durée de l'immobilité exigée du modèle. M. Buron est le premier qui ait trouvé une solution satisfaisante à ce problème. Il eut l'idée d'appliquer à la fabrication des portraits la propriété continuatrice des verres jaunes et rouges, signalée par M. Ed. Becquerel. Dès ce moment la durée d'exposition de la plaque à la chambre obscure fut réduite de cinq minutes à quelques secondes, et l'on put songer à produire non-seulement des portraits ressemblants, mais encore toutes les variations si mobiles de la physionomie. Les portraits commencés à la chambre noire étaient ensuite terminés sous l'influence des rayons rouges ou jaunes transmis à l'image par l'intermédiaire d'un verre de couleur. Nous avons déjà parlé, Nos 73 à 76, de l'action des verres continuateurs, et nous ne reviendrons pas sur ce qui en a été dit. Néanmoins, en constatant l'insuffisance actuelle de cette méthode, nous aimons à la signaler comme le point de départ d'une ère nouvelle pour la photographie : la possibilité de réduire le temps d'exposition primitivement exigé pour la réussite des images.

92. Enfin, arrivèrent la découverte des substances accélératrices et l'invention des objectifs à verres combinés de M. Charles Chevalier, et la plus belle conséquence de ces perfectionnements fut la solution si désirée du problème des portraits. La physionomie désormais reproduite en quelques secondes et même en une fraction de seconde put désormais être saisie avec cette mobilité d'impressions si diverses qui viennent tour à tour l'affecter. C'est à partir de cette époque que l'on vit apparaître ces inimitables tableaux, chefs-d'œuvre de délicatesse où la perfection de l'ensemble est encore rehaussée par le fini des détails. Qui ne s'est arrêté avec complaisance devant ces belles épreuves sur plaque entière, exposées par M. Foucault ? Qui n'a pas admiré, sur une échelle plus petite, les délicieux portraits de MM. Bisson et Gaudin ? On peut donc désormais considérer l'exécution des portraits comme une conquête acquise à la photographie. Chaque jour amène encore de nouveaux progrès, mais nous doutons qu'on puisse jamais faire mieux et plus vite qu'on ne fait aujourd'hui.

93. Malgré ces admirables résultats qui auraient été à peine croyables si on les avait obtenus de prime abord, et s'ils n'étaient pas le fruit de découvertes successives et d'un travail persévérant, les portraits photographiques qui comptent un si grand nombre de partisans, ont aussi leurs détracteurs.

Quelques-uns, étrangers à la peinture et au dessin, ignorant la théorie des ombres, celle du clair-obscur et les lois de la perspective, ne pourront jamais comprendre qu'on puisse obtenir quelque effet sans le coloris. Ils ne tiennent aucun compte de cette admirable dégradation de teintes, de cette perfection de modelé, de cette pureté de contours qui font tout le charme des œuvres photographiques. En un mot, la reproduction la plus exacte de la nature est sans aucun prix à leurs yeux si elle se présente dépourvue de ses couleurs. Cette classe d'adversaires est malheureusement plus nombreuse qu'on ne le pense, mais nous n'avons pas à faire leur éducation artistique.

94. Quelques autres ne veulent voir dans les images daguerriennes qu'une représentation de la nature, fidèle à la vérité, mais froide, insignifiante et dénuée de ce souffle divin qui fait tout le talent de l'artiste et le mérite des œuvres d'art. Les portraits qu'on exécute chaque jour et où l'harmonie de la pose s'unit à l'expression de la figure, sont là pour leur répondre. Il est vrai qu'on voit encore exposés grand nombre de portraits photographiques désespérants sous le rapport de l'art, mais les chefs-d'œuvre des Rubens et des Raphaël cessent-ils d'être admirés depuis qu'il existe tant de peintres d'enseignes ?

95. Mais le plus terrible ennemi que le daguerréotype ait eu à combattre est sans contredit la vanité humaine. Lorsqu'on se fait peindre par les moyens ordinaires, la main complaisante d'un artiste sait adoucir les traits un peu rudes de la physionomie, assouplir la raideur du maintien et donner à l'ensemble de la grâce et de la dignité. C'est en cela surtout que consiste le talent du peintre de portraits; on lui demande bien la ressemblance, mais on veut avant tout paraître beau, deux exigences souvent incompatibles.

Il n'en est pas ainsi de l'artiste photographique, inhabile à corriger les imperfections de la nature; ses portraits ont malheureusement le défaut d'être souvent trop ressemblants, ce sont en quelque sorte des *miroirs permanents* où l'amour-propre ne trouve pas toujours son compte. C'est pour cela que les femmes qui possèdent à un si haut degré le merveilleux instinct de de tout ce qui est propre à faire ressortir leurs charmes, se sont prononcées ouvertement contre la photographie. Nous leur pardonnerons volontiers cette prévention justifiée jusqu'à un certain point, car s'il est vrai de dire que le daguer-

réotype reproduit avec une admirable fidélité les suaves contours de leur visage et l'élégance de leurs formes, il faut convenir cependant qu'il les prive de cette fraîcheur et de cet éclat de coloris qui font la plus grande partie de leurs attraits. Qu'elles ne craignent pas néanmoins de se mettre au-dessus des préjugés d'une coquetterie mal entendue, qu'elles s'abstiennent surtout, lorsqu'elles poseront, d'un petit air boudeur contre l'instrument qui va les reproduire, et je puis les assurer qu'elles ne seront pas trop mécontentes et du portrait et de l'artiste.

96. Quelques objections plus sérieuses ont été faites contre les portraits daguerriens ; nous allons les examiner en peu de mots.

On a reproché aux épreuves daguerriennes en général un miroitage insupportable qui ne permet de les regarder que sous un certain angle. Ce défaut, qui devient encore plus sensible lorsqu'il s'agit de portraits, a presque entièrement disparu depuis l'adoption du fixage au chlorure d'or de M. Fizeau. Au reste, le miroitage cesse d'être apparent aussitôt qu'on a pris l'habitude de regarder les images photographiques, et les yeux s'y accoutument en peu de temps.

97. On objecte en second lieu la difficulté qu'il y a de représenter les mains de la personne qui pose sur un plan plus rapproché que le corps, et en général de représenter dans un même tableau des objets disposés sur des plans différents. Cette difficulté, qui est réelle, provient de l'aberration de spéricité produite par les objectifs de court foyer qu'on est obligé d'employer pour faire les portraits. Nous indiquerons au chapitre suivant les moyens de diminuer ou d'atténuer cet inconvénient, bien moins sensible avec les objectifs à verres combinés.

98. Une troisième objection se tire de ce que dans les épreuves daguerriennes les objets sont transposés de droite à gauche.

Cet inconvénient n'est pas aussi indifférent qu'il pourrait le paraître au premier abord, même pour les portraits. Quelque régulière, en effet, que soit une figure, il n'est pas sans importance pour une ressemblance parfaite que les deux côtés du visage soient représentés dans leur ordre naturel. Si, au contraire, cet ordre est interverti, il en résulte un défaut de ressemblance facilement appréciable pour les personnes qui sont à portée de voir très-souvent l'original du portrait. En

effet, les yeux s'habituent, sans qu'on puisse s'en rendre compte, à voir les objets d'une certaine manière, et la plus petite irrégularité, dont on ne s'aperçoit même pas quand ils sont représentés dans leur sens ordinaire, deviendra choquante par l'effet de leur transposition. Les peintres en portraits connaissent parfaitement cet effet, et lorsqu'ils veulent vérifier l'exactitude d'une ressemblance, ils ne manquent jamais de présenter leurs tableaux devant une glace (1).

Quoi qu'il en soit, pour les figures régulières, et ce sont, Dieu merci, les plus nombreuses, cette dissemblance ne sera pas assez choquante pour nécessiter une épreuve redressée. Mais pour peu qu'il existe quelque différence dans les deux côtés du visage, si la présence de quelques signes ou cicatrices, le défaut de régularité du nez, le strabisme ou la privation d'un œil, s'opposaient à ce que la personne pût être représentée autrement que dans son sens naturel, il faudrait de toute nécessité recourir au redressement de l'épreuve, au moyen d'un miroir parallèle ou d'un prisme rectangulaire, Nos 7 et 8.

CHAPITRE II.

DES RÈGLES PHOTOGRAPHIQUES QUE L'ON DOIT SUIVRE POUR FAIRE LES PORTRAITS.

Eclairage, 99. — Localité convenable, 100. — Des vêtements, — 101. — Des fonds, 102. — Des accessoires, 103. — Pose du modèle, 104.

99. Outre les recommandations générales que nous avons faites dans le cours de ce traité, il en est qui intéressent particulièrement la réussite des portraits. Nous allons maintenant nous en occuper, en les classant suivant leur importance.

1^o *Eclairage*. — La première condition pour réussir dans une opération où la lumière joue un si grand rôle, est que la personne dont on veut reproduire les traits soit éclairée d'une manière convenable. L'état de l'atmosphère et l'heure plus ou moins avancée du jour exercent une influence remarquable sur la rapidité et sur la perfection des épreuves obtenues.

On évitera donc d'opérer par un temps brumeux ou nébu-

(1) 88. Ce fait devient encore plus palpable par une comparaison empruntée à la mécanique. Si l'on examine deux vis ayant le même diamètre et le même filet, mais taraudés l'un à droite, l'autre à gauche, le pas à gauche paraîtra beaucoup plus raillant que celui à droite, quoique l'inclinaison soit la même, mais en sens inverse. L'œil habitué à voir des hélices à droite, s'aperçoit à peine de leur inclinaison, tandis que le rampant d'une hélice à gauche lui paraît en quelque sorte monstrueux.

leux ; il vaudra mieux choisir un jour calme et serein ; mais un ciel couvert de nuages blancs est sans contredit le plus favorable de tous à la daguerréotypie.

Quant à l'heure du jour, on sait, par les expériences de M. Daguerre, que l'intensité photogénique du soleil diminue d'une manière très-sensible, à mesure que cet astre approche de son coucher. Il ne faut donc pas croire que les heures de l'après-midi soient aussi favorables que les heures correspondantes de la matinée. Cette observation a du reste perdu beaucoup de son importance, depuis la découverte des substances accélératrices ; on est quitte pour prolonger un peu plus l'exposition à la chambre obscure. On pourra même obtenir encore des épreuves, peu d'instant avant le coucher du soleil, pourvu que cette exposition soit largement prolongée cinq à six fois autant que dans les conditions ordinaires, les heures les plus favorables sont : de 8 à 10 heures du matin et de 2 à 4 heures de l'après midi. Le soleil est alors moins élevé sur l'horizon, les ombres moins perpendiculaires, et le modèle mieux éclairé.

On devra éviter d'exposer le modèle à l'action directe du soleil, car, outre la fatigue qui en résulterait, les portraits faits à l'ombre sont toujours mieux modelés, les demi-teintes mieux dégradées et l'ensemble plus harmonieux. Si néanmoins on voulait un portrait avec des oppositions fortes et avec des ombres fortement accusées, on pourrait placer le modèle sous les rayons directs du soleil, mais alors l'exposition pourra être abrégée, ou bien on garantira la figure avec un verre bleu, N° 90. Dans tous les cas, il sera avantageux de disposer une tenture horizontale au-dessus de la tête de la personne qui pose.

Quelques essais ont eu lieu pour obtenir des portraits au moyen d'une lumière artificielle, nous ne pensons pas qu'ils aient été couronnés de succès.

100. 2^o *Choix de la localité.* — Autant que possible, les portraits seront faits à l'air libre, sur une terrasse élevée ou dans un jardin. Dans ce dernier cas, on évitera l'ombrage des massifs d'arbres qui absorbe une grande quantité de lumière.

Si l'on voulait opérer dans un appartement, on disposera le modèle devant une grande fenêtre ouverte, de manière à ce qu'il reçoive une grande affluence de lumière. L'instrument sera placé le plus près possible de la fenêtre. Si les tentures de l'appartement étaient d'une couleur sombre, on y disposera plusieurs draps blancs pour refléter la lumière sur le modèle. C'est surtout lorsqu'on opère à l'intérieur, qu'on doit tenir compte de l'état de l'atmosphère et de l'heure de la journée.

101. 3° *Des vêtements.* — Le choix des vêtements est aujourd'hui bien moins important que dans l'origine des portraits daguerriens. Le blanc éclatant et le noir mat devront être proscrits, toutes les autres couleurs peuvent être reproduites. Néanmoins les nuances foncées sont les plus favorables.

Il suffira d'un peu d'exercice pour éviter la *solarisation* des chemises, des bonnets, des fichus et de toutes les parties blanches des épreuves.

Pour les femmes, les robes de soie noire brillantes et les robes écossaises produiront les plus riches effets. On pourra tirer un grand parti des dentelles, des manchettes et des guipures disposées avec discernement. On évitera que les cols et les fichus ne tranchent d'une manière brusque avec la couleur du visage, une petite cravate nouée entre le fichu et le cou empêchera cet effet désagréable.

102. 4° *Des fonds.* — Derrière la personne qui pose, on disposera un paravent ou une tenture d'étoffe dont la couleur tranchera avec celle des vêtements. Mais il faut éviter que cette tenture ne fasse une opposition trop forte avec le teint du modèle. Les différentes nuances de jaune et de gris et le bleu de ciel forment des fonds très-agréables. Si le modèle avait des cheveux blancs ou une coiffure de même couleur, on évitera les fonds trop clairs qui se confondraient inévitablement avec le bonnet ou les cheveux.

103. 5° *Des accessoires.* — On pourra disposer sur le fond, ou autour du modèle, des plâtres, des attributs ou des objets d'art disposés avec goût et sur le même plan que la personne qui pose.

Si c'est un militaire, un fonctionnaire ou un dignitaire dont on fait le portrait, on aura soin de transporter de droite à gauche, et *vice versa*, les décorations et insignes qui indiquent son grade, sa profession ou sa dignité.

104. 6° *Pose du modèle.* — La personne qui pose devra être placée devant l'appareil à une distance proportionnée au foyer de l'objectif, et à la grandeur de la reproduction qu'on veut obtenir. Un peu de goût et d'habitude apprendront bien vite la distance convenable pour obtenir une image qui ne soit ni trop grande, ni trop petite (Voir le tableau de M. Barou, N° 56).

La mise au point nécessite une attention toute particulière. On avancera donc ou on reculera l'objectif jusqu'à ce que l'image se peigne de la manière la plus nette sur le verre dépoli.

Le modèle sera assis sur un siège pesant et solide, on évi-

tera surtout les fauteuils élastiques. La tête devra être maintenue par une règle de bois fixée au dos du siège.

Ces dispositions prises, on placera convenablement le modèle, la tête devra être tenue un peu haute, mais sans affectation ni raideur; les yeux fixeront constamment un point éloigné, et on recommandera à la personne de se méfier d'un mouvement instinctif qui la porterait à regarder l'instrument et l'opérateur. On la priera d'éviter le plus possible le clignotement des yeux, et de se tenir dans la plus parfaite immobilité.

Les portraits de face et de profil sont peu gracieux, ils seront beaucoup mieux dans cette position que les peintres appellent de *trois quarts*.

Les mains devront être placées le plus près possible du corps, et jamais trop en avant de celui-ci; sans cela elles seraient représentées hors de proportion avec le reste du portrait.

Enfin, on évitera que le nez ne projette une ombre portée désagréable sur le visage; et l'on aura soin que les yeux soient bien éclairés, et que leur éclat ne se trouve pas voilé par la saillie des arcades sourcillaires.

CHAPITRE III.

CONSEILS ARTISTIQUES POUR LA BONNE EXÉCUTION DES PORTRAITS.

Observations générales, 105. — Détails, 106.

105. Ce serait en vain que l'on se serait conformé scrupuleusement à tout ce qui précède, si l'on est dépourvu de ce sentiment artistique et de cette pureté de goût qui sont indispensables pour donner au modèle un maintien gracieux, et une pose facile, naturelle et harmonieuse. En un mot, si l'on ne s'était pas un peu familiarisé avec les règles de la peinture et de la perspective, on ne produira jamais que des épreuves froides, raides et guindées.

Nous avons dit au N^o 70 quelles étaient les dispositions à prendre pour reproduire une vue, un paysage, des groupes d'objets d'art, etc.; il nous reste à présenter quelques observations artistiques qui concernent plus spécialement les portraits.

Il ne suffit pas en général de savoir donner au modèle un maintien gracieux, il faut encore à propos savoir lui faire

prendre l'attitude qui lui est le plus favorable. Ainsi, certaines tournures ne se prêteront jamais à une représentation en pied; certaines physionomies fort gracieuses si elles sont vues de profil, perdront tout leur charme, si on les représente de face. C'est l'observation constante de tous ces détails qui constitue le talent de l'artiste photographique; ce sera peu pour lui d'arriver à reproduire la nature dans toute sa vérité, il faut encore qu'il sache la saisir de la manière la plus avantageuse pour le modèle. Nous avons donc raison de dire que la photographie exige quelques connaissances artistiques.

106. Ce qui précède s'applique à l'ensemble de la pose du modèle; occupons-nous maintenant de quelques détails qui devront toujours être présents à l'esprit, si on veut obtenir quelque succès.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la tête devra être tenue un peu haute, de manière à ce que les yeux soient fortement éclairés. Il faut néanmoins, en se conformant à cette règle, prendre garde de donner au modèle une attitude hautaine et impérieuse, souvent en contradiction avec ses habitudes et son caractère. Par le même motif, les yeux quoique très-ouverts ne devront exprimer ni l'étonnement ni la colère.

Si un des côtés de la figure se trouvait fortement éclairé tandis que l'autre serait complètement dans l'ombre, il en résulterait un effet désagréable. En général, on évitera les oppositions de lumière trop fortes ou trop tranchées.

Les bras devront tomber naturellement et sans raideur, et l'on évitera toutes les attitudes où il serait nécessaire de les placer sur un plan plus rapproché que le reste du corps. Nous en avons déjà dit la raison, N^o 104.

Si la personne est assise, les jambes ne devront pas être portées trop en avant, car il résulterait un sentiment d'affaissement dans toute l'habitude du corps.

Lorsqu'on veut faire un portrait en pied, la personne qui pose devra s'appuyer sur un meuble, dont l'élégance pourra faire un accessoire agréable du tableau.

Souvent on veut reproduire un groupe de divers personnages; on les disposera alors avec art, dans des attitudes différentes, mais toujours sur un même plan; et comme il est encore plus difficile à plusieurs personnes qu'à une seule, de se tenir dans une immobilité parfaite; toutes les dispositions seront prises de manière à avoir une épreuve presque instantanée.

LIVRE IV.

Des papiers photogéniques et de quelques objets relatifs à la photographie (1).

CHAPITRE PREMIER.

DES PAPIERS PHOTOGÉNIQUES.

§ I^{er}. — PRÉPARATION ET USAGE DU PAPIER CALOTYPE, DE M. TALBOT.

107. « La préparation du papier *calotype* se divise en deux parties assez distinctes.

« *Première partie.* — On dissout 65 grammes (100 grains) de nitrate d'argent cristallisé dans 184 grammes (6 onces) d'eau pure. On lave avec cette solution une feuille de papier à écrire sur un de ses côtés, que l'on marque pour le reconnaître ensuite. On le fait sécher doucement; alors on le plonge pendant deux minutes dans une solution faite ainsi :

Eau. 0.568 litres (1 pinte).

Iodure de potasse. . . 32.5 grammes (500 grains).

« Après cela, on lave le papier dans l'eau, puis on le sèche, et quoique peu sensible à la lumière, on a soin de le tenir enfermé dans un portefeuille. Avec cette précaution le papier peut se conserver pendant un temps indéfini. Dans cet état, je l'appelle *papier iodé*, puisqu'il est recouvert d'une couche d'iodure d'argent.

(1) Presque tous les articles qui composent le livre IV ont été empruntés à l'excellent journal indiqué ci-après :

Le Technologiste ou Archives des progrès de l'Industrie française et étrangère, publié par une Société de savants et de praticiens, sous la direction de M. Martignole. Ouvrage utile aux manufacturiers, aux fabricants, aux chefs d'ateliers, aux ingénieurs, aux mécaniciens, aux artistes, etc., etc., et à toutes les personnes qui s'occupent d'arts industriels. Prix : 18 fr. par an pour Paris, et 21 fr. pour la province. — Chaque mois il paraît un cahier de 34 pages in-8, grand format, renfermant des figures en grande quantité gravées sur bois et sur acier, Paris, à la Librairie Encyclopédique de Roux, rue Hautefeuille, 10 bis.

« *Deuxième partie.* — On prend une feuille de papier iodé, et on la lave avec une solution d'argent ainsi préparée :

« A. On dissout 65 grammes (100 grains) de nitrate d'argent dans 62 grammes (2 onces) d'eau pure. On y ajoute la sixième partie de son volume d'acide acétique un peu fort.

« B. Solution saturée d'acide gallique cristallisé dans l'eau froide. La quantité ainsi dissoute est assez faible.

« Les solutions A et B étant ainsi préparées, on les ajoute l'une à l'autre à volumes égaux, mais en petite quantité à la fois, parce que leur mélange se décompose en peu de temps. J'appelle ce mélange *gallo-nitrate d'argent*.

« C'est avec ce gallo-nitrate d'argent qu'il faut laver le papier iodé, et pour cela on se sert de la lumière d'une bougie. On laisse le papier ainsi humecté pendant une demi-minute; alors on le plonge dans l'eau; on le sèche avec du papier brouillard, et en le tenant avec précaution devant le feu.

« C'est la préparation du papier calotype.

On garde ce papier enfermé dans une presse jusqu'au moment où l'on veut s'en servir. Cependant, si on s'en sert tout de suite, on peut s'épargner la peine de le sécher, puisqu'il réussit également bien lorsqu'il est un peu humide.

« *Usage du papier.* — On le met au foyer de la chambre obscure qu'on dirige sur l'objet qu'on veut peindre. Pour donner une idée du temps nécessaire, je supposerai la lentille objective de 25 millim. (1 pouce) de diamètre et de 37,5 millim. (15 pouces) de foyer, et que l'on dirige l'instrument sur la façade éclairée par le soleil; alors une minute me paraît le plus convenable pour la durée de l'action lumineuse. Ensuite, on retire le papier et on l'examine à la lumière d'une bougie. On n'y verra probablement rien; mais l'image y existe dans un état invisible. Pour le rendre visible, voici ce qu'il faut faire. Il faut laver le papier encore une fois avec le gallo-nitrate d'argent, puis le chauffer doucement devant le feu. On verra alors sortir comme par enchantement tous les détails du tableau. Une ou deux minutes suffisent ordinairement pour faire acquiescer au tableau sa plus grande perfection: il faut alors le fixer d'une manière permanente.

« *Fixation du tableau.* — Après avoir lavé le tableau, on l'humecte avec une solution ainsi faite :

Eau. 248 à 310 grammes (8 à 10 onces).
 Brômure de potasse. 65 grammes (100 grains).

» Après une ou deux minutes, on doit le laver encore et le sécher. Les tableaux ainsi fixés offrent le grand avantage de rester transparents. C'est ce qu'il faut pour pouvoir en tirer de belles copies. Pour faire la copie, on peut se servir d'une deuxième feuille de papier calotype qu'on presse fortement contre le tableau, et qu'on expose ainsi à la lumière. Mais il vaut mieux se servir de papier photographique ordinaire. A la vérité, les copies alors exigent plus de temps; mais, en revanche, elles sont d'une apparence plus agréable. Le tableau fournit ordinairement plusieurs bonnes copies: alors il s'affaiblit peu à peu, et les copies ne sont plus bonnes. Mais la propriété la plus extraordinaire qu'ont les tableaux calotypes, c'est qu'on peut les rajeunir et leur rendre leur beauté primitive. Pour cela, on a n'a qu'à les laver encore avec le gallo-nitrate d'argent et les chauffer doucement. Les ombres du tableau noircissent alors beaucoup, sans causer aux parties claires aucun changement. Il faut après cela renouveler la fixation du tableau, et alors on peut tirer une deuxième série de bonnes copies.

» Comme on ne trouve pas chez tous les pharmaciens de l'acide gallique cristallisé, on peut y substituer l'extrait de noix de galles.

» La manière dont il faut se servir du papier calotype pour obtenir des tableaux photographiques positifs par une expédition unique, fera le sujet d'une autre communication. »

A la suite de cette communication, M. Biot annonce qu'il a remis les échantillons de papiers sensibles, envoyés par M. Talbot, entre les mains de M. Regnault, membre de l'Académie, qui s'est longtemps exercé à former des images daguerriennes, lesquelles ont très-heureusement réussi. M. Biot a ajouté les remarques suivantes.

» Les papiers impressionnables devant devenir d'une grande utilité pour les voyageurs, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que leur usage pourra être fort amélioré, si l'on prend les précautions suivantes :

» 1^o De les préparer toujours avec des papiers d'une pâte bien égale.

» 2^o D'adapter à la chambre obscure des objectifs, non pas achromatiques pour la lumière, mais dont les courbures soient calculées de manière à réunir dans un même foyer toutes les radiations invisibles qui agissent le plus efficacement sur la substance impressionnable employée à leur confection.

« 3° De les tenir pendant très-peu d'instant en présence des objets, et de continuer le développement de l'image, hors de leur présence, par l'influence de la radiation solaire, transmise à travers un verre rouge, conformément à la propriété si ingénieusement découverte par M. Edmond Becquerel. »

§ II. — NOUVEAU MOYEN POUR OBTENIR SUR PAPIER DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES.

Par le D. C. ENZMANN, de Dresde.

108. Le procédé dont M. Enzmann s'est servi pour se procurer des images photographiques où la lumière et les ombres sont distribuées comme dans l'original, est fondé sur la propriété que possède l'oxide de manganèse, de se transformer sous l'influence de la lumière et par la présence d'une substance propre à le réduire, et d'un acide, en un sel de protoxide incolore.

Si on recouvre du papier d'oxide de manganèse, et qu'on l'arrose avec un acide auquel, lorsqu'il n'est pas d'origine organique, on ajoute quelque matière désoxidante, comme du sucre, du miel, etc., puis qu'on l'expose à la lumière solaire, il arrive qu'au bout de peu de temps on voit reparaître le fond incolore du papier, ce qui n'a pas lieu dans l'obscurité, ou au moins ce qui ne s'opère qu'après un temps assez long. En un mot, un papier coloré de cette manière blanchit, et cela d'autant plus promptement que l'acide employé est plus fort.

Avec ce papier on réussit bien à obtenir une image très-pure et très-nette d'objets déliés et délicats, d'un crin de cheval, par exemple, en moins d'une demi-minute, par le blanchiment du fond. Si on se sert d'un acide plus faible, on obtient sur ce papier, en moins de trois à cinq minutes, des images bien conformées de corps transparents ou translucides comme des agates, des cristaux, des plumes d'oiseaux, etc., en faisant tomber directement sur eux la lumière solaire.

Jusqu'ici M. Enzmann n'a pas réussi à former des images satisfaisantes dans la chambre obscure, ce qui tient sans doute à quelque circonstance qu'il n'a pas encore pu apprécier.

Au reste, le succès de ces opérations dépend du choix de l'acide et de son degré de force. Plus cet acide est concentré, et plus le blanchiment s'opère promptement ; mais aussi dans ce cas, il y a cela de désavantageux, que la chaleur ou l'élévation

de température blanchit également le papier à l'air libre et même dans l'obscurité, quoique avec plus de lenteur.

Les acides organiques ne présentent ce défaut qu'à un degré beaucoup moindre, particulièrement ceux qui cristallisent avec difficulté. M. Enzmann a trouvé que parmi eux c'était l'acide formique qui réussissait le mieux. Après lui vient l'acide acétique.

Une autre cause qui s'est opposée jusqu'ici au succès de la formation des images dans la chambre obscure, paraît consister dans le papier lui-même, qui, par la manière de le colorer, n'est guère propre à cet objet. En effet, celui dont s'est servi l'auteur était coloré dans toute sa masse et non pas seulement à la surface; par conséquent il était nécessaire d'employer des acides très-concentrés, même de mélanger les acides organiques avec ceux minéraux, lorsqu'on voulait que la lumière qui pénètre dans la chambre obscure, pût blanchir le papier. Or, dans ce cas, ainsi qu'il a été dit, la chaleur agit et vient s'opposer à la formation de l'image.

Pour préparer le papier sensible, on l'enduit avec une solution d'oxidule de manganèse, qu'on obtient au moyen de la chaleur, en versant sur du peroxide de l'acide nitrique avec addition de sucre et en filtrant; après avoir encore ajouté de $1/5^e$ à $1/4$ d'acide nitrique on verse le mélange dans une caisse où l'on fait arriver de l'ammoniaque en vapeur, et on le laisse séjourner dans cette caisse jusqu'à ce qu'il ait acquis une couleur un peu moins intense que celle du café brûlé.

Cette solution d'oxidule de manganèse doit être employée très-acide, autrement le papier blanchirait plus aisément par la chaleur que par la lumière.

Quelques recherches bien dirigées permettront, sans doute, de préparer par ce procédé, un meilleur papier que celui obtenu jusqu'ici; mais quoi qu'il en soit, il est très-facile de fixer les images ainsi obtenues, on n'a pour cela qu'à plonger pendant quelque temps dans l'eau, puis passer dans une solution faible de carbonate de soude ou de potasse, et enfin à laver à l'eau pure.

§ III. — PRÉPARATION PHOTOGRAPHIQUE SUR PAPIER ÉMINEMMENT SENSIBLE, PAR M. R. HUNT.

109. En m'occupant d'expériences sur les dessins photographiques auxquels donne naissance l'action de l'hydriodate sur le chlorure d'argent, et dans le but d'enlever l'iode qui se

forme dans ce procédé sur le papier, j'ai été conduit à observer quelques changements particuliers produits par les influences combinées de la lumière et du ferro-cyanate de potasse. J'ai trouvé, par exemple, que le papier photographique ordinaire qu'on fait noircir à la lumière solaire, et sur lequel on fait ensuite agir légèrement un hydriodate quelconque, qu'on lave, quand il est sec, avec une solution de ferro-cyanate de potasse, devenait excessivement sensible à la lumière, et passait d'un brun léger à un noir intense par une exposition d'un instant à la lumière du soleil.

En cherchant à suivre les conséquences de cette observation, j'ai découvert que l'iodure d'argent parfaitement pur était influencé avec une plus grande rapidité encore, et que par son secours il devenait aisé de préparer un papier photographique d'une sensibilité vraiment exquise. Voici la méthode que je crois devoir recommander pour cet objet.

On prend du papier bien satiné qu'on trempe dans une solution de 2 grammes (37 grains) de nitrate d'argent dans 30 grammes (1 once) d'eau distillée. On fait sécher promptement puis on plonge une seconde fois dans la même solution; alors on le place, après qu'il a été desséché, et pendant environ une minute, dans une solution qui se compose de 2 grammes (37 grains) d'hydriodate de potasse et de 180 grammes (6 onces) d'eau. On l'étend dans cet état sur un carton uni, et on le lave doucement en faisant couler dessus de l'eau pure, et enfin on le fait sécher dans l'obscurité à la température ordinaire.

Les papiers ainsi préparés peuvent être conservés pendant longtemps, et on peut à un instant quelconque les rendre plus sensibles qu'aucun de ceux obtenus par toutes les préparations photographiques, le papier calotype excepté (1), mais qu'il égale parfaitement sous ce rapport, quand on vient à le plonger simplement dans une solution composée de 2 gram. (37 grains) de ferro-cyanate de potasse et de 30 grammes (1 once) d'eau. Ces papiers doivent être lavés à la solution de ferro-cyanate et séchés dans l'obscurité. Dans cet état de dessiccation ils sont absolument insensibles, mais on peut à un instant quelconque leur rendre toute leur sensibilité en les lavant tout simplement avec un peu d'eau froide. Dans cet état, on prend une image, puis on rend ensuite le papier parfaitement insensible en le plongeant dans la solution hydriodique indiquée ci-dessus. Avec ce photographe ainsi fixé, on peut en tirer plusieurs copies.

(1) Voir sa préparation, No 107.

L'action du spectre solaire sur cette préparation est assez curieuse à connaître, mais pour le moment je me contenterai d'annoncer que le maximum d'effet est produit par les rayons les moins réfrangibles, et que tous les rayons, le rouge *extrême* excepté, agissent sur elle avec une énergie considérable. Dans tous les cas qui se sont présentés à moi, l'image du spectre imprimé était distinctement coloré d'une extrémité à l'autre, et j'ai même remarqué que les couleurs de milieux superposés laissaient une teinte correspondante sur le papier; mais malheureusement à mesure que le papier séchait, les couleurs disparaissaient.

Ce résultat fait entrevoir la possibilité de produire éventuellement des images photographiques avec leurs couleurs naturelles. Tous les spectres formés sur ces papiers étaient entourés d'un espace sensible qui s'était trouvé protégé contre l'influence de la lumière diffuse, ce qui formerait une nouvelle preuve d'un fait déjà signalé par sir J. Herschel et par moi-même, savoir : qu'il émane des bords du soleil une classe de rayons qui possède des propriétés négatives particulières.

§ IV. — NOUVELLE MÉTHODE POUR PRODUIRE DES IMAGES PHOTOGÉNIQUES, SUR PAPIER, PAR LE DOCTEUR SCHIEFHAULT.

110. La méthode de M. Talbot pour produire des images photographiques ne donne, comme on sait, que des résultats qu'on a nommés *negatifs*, parce que, dans ces images, les clairs y sont représentés par des teintes noires ou brunes, tandis que ce sont les ombres qui restent claires sur le papier; celle que propose l'auteur est, au contraire, *positive*, c'est-à-dire qu'elle fournit un moyen de représenter les points lumineux par des clairs, et les ombres par les parties colorées du dessin.

La première condition qu'il s'agit de remplir est de se procurer un papier d'une très-grande sensibilité par un procédé comparativement rapide. Pour cela on prend du papier ordinaire, qu'on passe avec adresse sur la surface d'un vase plat contenant une solution concentrée de nitrate d'argent 3 à 4 grammes (56 grains à 1 gros 3 grains) de nitrate fondu pour 10 grammes (2 gros 44 grains) d'eau distillée. On convertit ensuite le nitrate d'argent en chlorure en exposant ce papier à la vapeur d'acide chlorhydrique bouillant. Il en résulte une couche de chlorure d'argent doué d'un éclat soyeux particulier et qui s'est attaché à la surface du papier sans pénétrer dans sa masse. Afin de donner à cette couche de chlorure le plus haut

degré de sensibilité, on fait sécher le papier et on le passe une seconde fois sur la surface de la solution du nitrate d'argent. Après une nouvelle dessiccation, le papier est propre à être mis en œuvre, et la répétition des procédés n'ajoute plus rien à sa sensibilité.

Voici maintenant comment on procède à la fixation des images.

On plonge les images pendant cinq à dix minutes dans l'alcool, et après avoir retiré le papier et absorbé toute l'humidité superflue avec un papier buvard, on le fait chauffer légèrement devant le feu, puis on le passe, ainsi préparé, dans de l'acide chlorhydrique étendu, auquel on ajoute quelques gouttes de nitrate acide de mercure. La préparation de ce nitrate paraît présenter de légères difficultés, et son addition à l'acide exige d'assez grandes précautions; il faut en essayer les effets d'abord sur des bandes de papier sur lesquelles on a produit différentes teintes et ombres par une exposition à la lumière, parce que si on l'ajoutait en trop grande quantité, les ombres légères et les demi-teintes disparaîtraient complètement.

Le papier, après avoir été passé dans la solution indiquée, est lavé avec soin à l'eau pure, puis séché à environ 70° centigr., on jusqu'à ce que les parties blanches du papier prennent une légère teinte jaune. L'apparence de cette teinte indique que le dessin est fixé d'une manière permanente.

Quant à la manière de renverser le dessin, elle est dans ses principaux points la même que celle proposée par M. Talbot.

Par le moyen indiqué ci-dessus, on ne se procure encore directement qu'une image négative. Pour obtenir un dessin photogénique dans l'état direct ou positif, il faut de même se servir du papier dont on vient de donner la préparation et le faire noircir en l'exposant à la lumière solaire; alors on le met macérer pendant une heure et demie dans un liquide qu'on prépare en mélangeant une partie de la solution acide de nitrate de mercure avec 9 à 10 parties d'alcool. Il se forme un précipité brillant jaune citron d'hypernitrate basique de protoxide de mercure, et on conserve la liqueur claire pour l'usage. Le papier macéré est enlevé de la solution alcoolique, puis passé rapidement sur la surface de l'acide chlorhydrique étendu (1 partie d'acide concentré pour 7 à 10 parties d'eau), puis promptement lavé dans l'eau, légèrement et soigneusement séché à une chaleur qui n'excède pas 100° centigr. Dans cet état, le papier est propre à être blanchi par les rayons solaires;

et pour fixer les images obtenues, il ne reste plus qu'à le plonger quelques minutes dans l'alcool, qui dissout le bi-chlorure libre de mercure. La macération ne doit pas être prolongée trop longtemps, attendu que, dans ce cas, le papier commencerait de nouveau à noircir.

Une autre méthode pour produire des images photogéniques positives consiste à faire usage de plaques métalliques et à les couvrir d'une couche d'hydrure de carbone préparé en dissolvant de la poix dans de l'alcool et en recueillant le résidu sur un filtre. Ce résidu, après avoir été bien lavé, est étendu aussi également que possible sur une plaque de cuivre métallique bien planée et qu'on fait chauffer. Cette plaque est ensuite carbonisée ou cémentée dans une boîte close en fonte de fer, et quand elle est froide, passée entre deux cylindres d'acier poli ressemblant aux rouleaux d'une presse en taille-douce ordinaire. Après ce procédé, la plaque est immergée dans la solution indiquée de nitrate d'argent, puis immédiatement exposée dans la chambre obscure. L'argent, par l'action des rayons solaires, est réduit à l'état métallique parfait; les lumières y sont représentées par les différentes intensités de la couleur de l'argent, qui a passé au blanc de lait, et les ombres par le noir de la plaque carbonisée. En quelques secondes l'image est terminée, et la plaque est tellement sensible que la réduction de l'argent commence même à la lumière d'une chandelle. Pour fixer l'image, on n'a plus besoin que de plonger la plaque dans l'alcool mélangé avec une petite quantité d'hyposulfite de soude ou d'ammoniaque pure.

§ V. — NOTE SUR UN PAPIER IMPRESSIONNABLE A LA LUMIÈRE,
DESTINÉ A REPRODUIRE LES DESSINS ET LES GRAVURES.

Par M. Edmond BECQUEREL.

III. Pen après la découverte de MM. Niepce et Daguerre, on a recherché différents papiers impressionnables à la lumière. A ma connaissance, il n'y en a que deux ou trois qui donnent des dessins dans le même sens que la nature, c'est-à-dire qui représentent les ombres par des ombres et les clairs par des clairs. M. Talbot est parvenu à former un de ces papiers, et dans une des dernières séances de l'Académie, M. Bayard a exposé le procédé par lequel il reproduisait depuis quelque temps les dessins de la chambre obscure. La préparation de ces papiers exige l'emploi du nitrate d'argent.

Il y a plusieurs mois M. Ponton fit connaître un papier sensible : sa préparation consiste à plonger une feuille de papier dans une solution de bi-chromate de potasse, à faire sécher le papier et à l'exposer ainsi à la lumière. Alors l'action de l'acide chromique sur le papier est telle que les parties exposées au rayonnement se colorent peu à peu en prenant successivement les couleurs jaune foncé, puis bois foncé : si ensuite l'on plonge le papier dans l'eau, tout le bi-chromate qui n'a pas été exposé à l'action solaire est dissous, et on n'a d'imprimées sur le papier que les parties qui ont été exposées à la lumière. A l'aide de ce papier, M. Ponton a copié des gravures avec avantage. On obtient ainsi une représentation faible des objets, les ombres étant représentées par des clairs, et *vice versa*, comme avec des papiers de chlorure ou de bromure d'argent. En étudiant l'action de l'acide chromique sur les matières organiques sous l'influence de la lumière, action sur laquelle je travaille en ce moment, j'ai été conduit à continuer le procédé de M. Ponton, et je suis parvenu à produire un nouveau papier de manière à représenter, dans le dessin produit par l'action du rayonnement solaire, les ombres par les ombres et les clairs par les clairs, et à donner non-seulement une autre teinte au dessin, mais encore plus de vigueur. Il suffit de plonger un papier, préparé à la manière de M. Ponton et sur lequel il existe une représentation faible d'un dessin, dans une dissolution alcoolique d'iode, de laver ce papier dans l'eau, puis de le faire sécher : alors les parties qui étaient blanches deviennent bleues, et celles qui étaient jaunes restent plus ou moins claires.

Voici le détail et l'explication de ce procédé. Ayant employé différentes sortes de papiers enduits de bi-chromate, je reconnus qu'ils n'étaient pas tous aptes à reproduire rapidement les dessins ; que le mode de collage influait sur la coloration de la lumière, et qu'avec du papier non collé cette coloration ne s'effectuait qu'à la longue ; dès lors je m'aperçus que la principale réaction avait lieu de l'acide chromique contenu dans le bi-chromate par l'amidon qui entraînait dans la colle du papier. Alors, comme l'amidon a la propriété de former avec l'iode une combinaison d'un très-beau bleu, je pensai que sur les parties du papier qui n'avaient pas été exposées à l'action des rayons solaires, l'amidon ne s'étant pas combiné avec l'acide chromique, l'iode devait former l'iodure bleu et représenter ainsi les ombres par les ombres.

Quand on veut, à l'aide de ce procédé, copier une gravure,

voici la marche que j'ai suivie. On s'assure d'abord que le papier est bien collé et que l'amidon est répandu uniformément à la surface : pour cela on le trempe dans une légère dissolution alcoolique d'iode, puis on le lave à grande eau. Par cette seconde immersion il doit prendre une belle teinte bleue que la première immersion ne lui donnait pas. Si cette teinte est uniforme, on juge le papier convenable à l'expérience ; dans le cas contraire, on pourrait le coller soi-même à l'amidon.

On le trempe ensuite, comme l'a indiqué M. Ponton, dans une solution concentrée de bi-chromate de potasse ; puis, pour que le papier soit teint d'une manière uniforme, après quelques instants d'immersion ; on le comprime fortement entre des feuilles de papier brouillard, puis on le fait sécher, soit en le laissant dans le papier brouillard à l'obscurité, soit en l'approchant du feu. Ce papier, pour être bien impressionnable, doit être très-sec. Quand il est ainsi enduit de bi-chromate, on le place sur une planche, puis on le couvre de la gravure que l'on veut copier, en ayant soin que le côté du dessin soit appliqué sur le papier sensible, et avec une plaque en verre munie de pression, l'on presse ces deux papiers l'un contre l'autre, et on les expose ainsi aux rayons solaires. Après un temps qui varie de 30 secondes à 15 minutes, suivant l'épaisseur du papier de la gravure, le dessin est assez marqué. (A la lumière diffuse, ce temps serait plus long.) On enlève la gravure, on lave le papier, puis on le fait sécher ; quand il est sec, on le trempe dans une légère dissolution alcoolique d'iode, et ensuite, lorsqu'il y a séjourné quelque temps, on lave dans l'eau, et on le fait sécher avec soin dans du papier brouillard, mais pas au feu, car un peu avant 100° l'iodure d'amidon se décolore. Si on juge que le dessin n'est pas assez marqué, on répète plusieurs fois cette immersion. On peut, par ce moyen, obtenir l'intensité de ton que l'on veut donner au dessin, intensité que l'on ne pouvait pas changer à volonté en employant une dissolution d'iode plus concentrée.

Quand le papier est humide, les ombres sont d'un très-beau bleu ; mais quand il est sec, la couleur devient violet foncé. J'ai reconnu que, lorsqu'il est encore humide, si on le recouvre d'une couche de gomme arabique, la couleur du dessin se conserve en grande partie, et est plus belle quand il est sec. Quand un papier est ainsi préparé, dans les premiers instants il perd un peu de son ton, mais ensuite il conserve sa teinte violacée.

Au moyen de ce procédé, on copie avec fidélité des gravures et des dessins, et cela à très-bas prix, car la préparation est très-peu dispendieuse et d'une facile exécution. Toutefois la vigueur du dessin produit n'est pas aussi grande que celle de la gravure, et il n'en a pas la richesse. Les dernières teintes sont fidèlement reproduites, et cette copie se rapproche d'un dessin fait à l'estompe.

Les essais tentés pour reproduire les images de la chambre obscure au moyen de ce papier impressionnable n'ont pas encore donné de résultats complètement satisfaisants.

§ VI. — DESSINS SUR PAPIER PHOTOGÉNIQUE, PAR M. BAYARD.

112. Les procédés pour la fixation des images de la chambre noire, autrement dit les procédés photographiques, viennent d'être perfectionnés par M. Bayard, d'une manière qui mérite de fixer l'attention des savants et des artistes. On en jugera par le rapport qui a été fait à ce sujet par M. Raoul Rochette, au nom d'une commission, à l'Académie des beaux-arts, dans sa séance du 2 novembre 1839, et dont nous allons présenter un extrait.

Après avoir présenté l'histoire de la découverte de M. Bayard, le rapporteur continue ainsi :

» D'après les détails où nous venons d'entrer, l'Académie qui a déjà pu apprécier le mérite des dessins de M. Bayard, est aussi à même de juger par quels degrés de perfectionnements a passé, dans un si court espace de temps, un procédé qui ne peut être encore arrivé à sa dernière expression. Mais, dût-il être considéré dès ce moment comme un fait accompli, ce qu'il importe de savoir dans tous ses détails, ce sont les propriétés qui caractérisent la découverte de M. Bayard et les avantages qui doivent la rendre précieuse pour les arts.

» L'Académie sait déjà que les épreuves dues au procédé de M. Bayard sont produites sur du papier, au moyen d'une préparation qui constitue en grande partie le secret du procédé. La qualité du papier que M. Bayard juge la plus propre à assurer le succès de son opération, est celle du papier fin à la mécanique. Il préfère le papier blanc au papier de couleur dont la coloration se perd inégalement par suite de la préparation qu'il lui donne, d'où il résulte des taches qui nuisent au dessin, tandis que le papier blanc acquiert par le fait même de cette préparation, une coloration qui, partant de la teinte rougeâtre et passant par toutes les teintes bistres pour arriver

à la teinte neutre, tirant au bleu, produit un effet général aussi harmonieux qu'agréable.

» Cette préparation, si importante dans le procédé, puisque c'est elle qui confère au papier la sensibilité qui le rend propre à recevoir les dessins produits par la lumière, s'exécute d'ailleurs avec beaucoup de facilité, sans qu'il soit besoin de se mettre à l'ombre ou de s'entourer de précautions incommodes.

» Un autre mérite qu'elle possède, c'est de conserver toute sa valeur pendant un mois, pour peu que les feuilles de papier qui l'ont reçue se gardent avec quelque soin dans un album ou dans un portefeuille; passé ce temps, il suffit de tremper le papier dans un liquide préparé à cet effet, pour que ce papier reprenne toute sa sensibilité, et l'on conçoit, sans qu'il soit nécessaire d'insister sur ce point, de quel avantage il peut être, dans un cours de voyage plus ou moins long, d'avoir sans cesse à sa disposition, sous sa main, dans un album, une quantité plus ou moins considérable de feuilles de papier ainsi préparées et toujours prêtes à l'usage qu'on veut en faire.

» L'épreuve que M. Bayard obtient sur son papier, dans des circonstances de temps ordinaires, met à peu près une demi-heure à se produire; c'est plus de temps que ne dure l'épreuve exécutée par le procédé de M. Daguerre, mais cet inconvénient se trouve bien compensé par l'avantage de pouvoir fixer au point où l'on veut, sur le papier même où elle doit s'imprimer, l'image produite par l'objectif.

» Les circonstances de temps les plus favorables à l'opération sont : par un beau jour d'été, un ciel nuageux et un soleil intermittent qui produit une grande lumière et de l'ombre alternativement, de manière à éclairer successivement les diverses parties du champ qu'embrasse l'objectif. Mais à défaut même de ces conditions, et dans la circonstance la plus désavantageuse, celle d'un ciel nébuleux, l'image se produit encore; seulement il faut plus de temps, et conséquemment l'image perd aussi de sa netteté à raison de ce qu'elle est plus lente à se former.

» A côté de ces propriétés déjà si remarquables, et qui reçoivent encore un nouveau prix de l'emploi d'une feuille de papier au lieu de celui d'une plaque de métal, se placent d'autres avantages non moins sensibles.

» L'image qui se produit dans la chambre obscure sur le papier préparé à cet effet, peut toujours être observée, pour

ainsi dire, à chaque degré de sa formation. On la suit dans le développement progressif de son intensité, on l'arrête au point où l'on veut la saisir; si l'on ne désire qu'un dessin à peine indiqué, qu'une image aussi faible que possible, on la fixe en cet état au moyen d'un lavage; et ce dessin peut ensuite être repris par la main d'un artiste pour être lavé en colorié.

» Si l'on veut au contraire que le dessin obtienne plus de vigueur, on n'a qu'à laisser agir la lumière tout le temps qu'on juge nécessaire. La nature a toujours un témoin de son opération, qui l'abrège, la prolonge ou l'arrête, suivant le besoin qu'elle en a; et c'est là, à notre avis, un des principaux avantages du procédé.

» Ajoutez à cela que les dessins produits par ce procédé jouissent, du moment qu'ils ont été fixés sur le papier par un lavage, de la propriété de se conserver comme les dessins à l'aquarelle; ils peuvent se porter en voyage, se classer dans un album, se passer de main en main, sans s'altérer par le temps, sans s'effacer par le frottement.

» Nous en avons eu la preuve par l'état même dans lequel se trouvent la plupart des dessins de M. Bayard, qui circulent déjà depuis deux ou trois mois, sans avoir éprouvé d'altération sensible; il suffit, pour qu'ils gardent toute leur vigueur, qu'ils ne soient point exposés à l'effet direct d'une lumière trop vive. Ce sont donc de véritables dessins, quant aux moyens de conservation qu'ils possèdent, et quant à l'usage qui s'en peut faire; ils ne se détruisent que par ce qui détruit toute espèce de dessins dus à la main de l'homme, et par ce qui les produit eux-mêmes, par le temps et par la lumière.

» Les images sont en sens direct, ce qui est encore une des principales propriétés du procédé.

» Jusqu'ici, les applications du procédé ont principalement porté sur des masses d'édifices, sur des détails d'intérieur et des ouvrages d'art, statues, bustes, figurines, qui ont été reproduits avec autant de fidélité que de charme. Parmi d'autres applications dont son auteur le croit susceptible, et qu'il a essayées avec plus ou moins de bonheur, nous nous bornerons à mentionner celle qui consiste à reproduire l'objet imperceptible vu et agrandi au microscope solaire.

» Mais une des applications que nous croyons propre à M. Bayard, et qui serait d'une grande utilité pour l'art et pour ceux qui le cultivent, ce serait la reproduction des estampes que notre auteur a déjà pratiquée avec succès.

« On sait que M. Talbot, qui s'est déjà distingué par des essais de ce genre, n'a pu arriver encore à la reproduction d'une estampe que par un contre-celque, où le noir prend la place du blanc, et réciproquement le blanc celle du noir; mais les copies obtenues par M. Bayard, bien qu'encore faibles de ton et imparfaites d'exécution, offrent l'effet positif de la gravure qu'elles reproduisent seulement en sens contraire avec tous les détails de son travail; il y a tout lieu d'espérer que de nouveaux essais dans cette voie, où il a fait à peine quelques expériences, aboutiront à quelque chose de plus satisfaisant encore.

« Tels sont les principaux résultats que nous avons pu recueillir des déclarations de M. Bayard, et qui, rapprochés de dessins que nous avons sous les yeux, et qui en fournissent la preuve palpable et matérielle, nous ont paru dignes au plus haut degré de l'intérêt de l'Académie. En présence de ces dessins, il suffit d'avoir des yeux pour juger de ce qu'ils sont et de ce qu'ils valent. C'est la première fois qu'on a vu, pour ainsi dire, la nature se peindre elle-même sur le papier, dans la chambre obscure, où jusqu'ici on avait toujours eu besoin d'ajouter par le travail de l'homme à l'œuvre de la nature.

« Dans les épreuves de M. Bayard, la forme générale est de la plus grande exactitude, le modelé des figures, d'après l'antique, ne laisse que bien peu de chose à désirer; on y voudrait plus de netteté dans les détails, moins d'indécision et de mollesse dans les contours; mais du reste, on ne saurait souhaiter un effet plus satisfaisant et plus de charme joint à plus de fidélité dans le rendu de l'image.

« Ces dessins ont également un agrément qui tient essentiellement à la présence de la lumière, aux dégradations de teintes qu'elle y produit et qui sont d'un effet véritablement enchanteur. Ils offrent à des yeux d'artistes l'aspect de ces dessins des vieux maîtres, un peu fatigués par le temps; ils en offrent tout-à-fait l'apparence et ils en ont le mérite.

« En ne jugeant donc que sous le rapport de l'art, et abstraction faite de toute autre considération, les dessins produits par M. Bayard, en ne tenant compte que de leur mérite pittoresque, que de l'exactitude imitative et de la magie perspective qui s'y trouvent réunies à un si haut degré, il nous semble que l'Académie ne peut se refuser à donner à ce procédé et à ses résultats acquis son entière approbation; et quand on réfléchit à la simplicité de ce procédé, à la commodité qu'il

paraît comporter dans toutes ses applications, aux avantages comme aux facilités de toute espèce qui résultent pour le transport, pour le voyage et pour d'autres circonstances, de ce qu'une feuille de papier y remplace une plaque de métal, on ne peut s'empêcher de reconnaître que ce procédé doit être, pour les arts, d'une utilité pratique et usuelle véritablement inappréciable.

§ VII. — PROCÉDÉS PHOTOGÉNIQUES DIVERS SUR PAPIER.

113. Nous avons donné au numéro précédent le rapport fait par M. Raoul-Rochette à l'Académie des beaux-arts, sur le procédé photogénique de M. Bayard. Ce procédé est encore secret, mais la description en a été déposée à l'Académie des Sciences dans un paquet cacheté, le 24 février dernier. En attendant la publication du procédé de M. Bayard, voici les indications que l'auteur a données lui-même dans sa lettre sur un moyen qui fournit d'assez bons résultats.

« Du papier à lettre ordinaire ayant été préparé suivant la méthode de M. Talbot, et noirci par l'influence de la lumière on le trempe pendant quelques secondes dans une solution d'iode de potassium; puis, appliquant ce papier sur une ardoise, on le place dans le fond d'une chambre obscure. Lorsque le dessin est formé, on lave ce papier dans une solution d'hypo-sulfite de soude, et ensuite dans une eau pure et chaude, puis on le fait sécher dans l'obscurité. »

D'un autre côté M. Verignon a communiqué, sur le même sujet, les détails suivants :

« Le papier blanc doit d'abord être lavé avec l'eau acidulée par l'acide hydrochlorique, puis, après dessiccation, passé dans une solution d'hydrochlorate d'ammoniaque et de bromure de sodium préparée comme il suit : 14 parties d'eau contre 1 d'un mélange formé de 2 parties de chlorhydrate d'ammoniaque, 2 parties de bromure de sodium, et une partie de chlorure de strontium. Le papier desséché de nouveau est passé dans une solution très-étendue de nitrate d'argent. On forme ainsi par double décomposition un chlorure et un bromure d'argent qu'on fait noircir en exposant le papier à la lumière, environ l'espace d'une demi-heure. Le papier ainsi préparé peut rester sensible pendant une quinzaine de jours, mais au bout de ce temps le noir a pénétré de l'autre côté du papier, qui alors perd sa sensibilité.

« Pour obtenir l'effet photographique, il suffit de tremper

le papier dans une solution très-étendue d'iode de sodium et de le porter de suite et tout humide dans la chambre obscure, en la plaçant de manière à recevoir l'image lumineuse. Au bout de douze minutes, si le temps est favorable, l'effet photogénique est entièrement produit. L'image une fois obtenue, il ne faut plus, pour fixer le dessin, que le passer dans une solution très-étendue d'hyposulfite de soude et de fer, puis le laver à l'eau pure ; l'opération est alors terminée. »

§ VIII. — SUR LES PAPIERS IMPRESSIONNABLES.

114. M. Edmond Becquerel a signalé dans un mémoire la puissance de l'impressionnabilité des papiers imprégnés de certaines solutions salines dans quelques circonstances où cette impressionnabilité n'est excitée que pendant un instant, d'une durée à peine sensible, mais qu'on continue ensuite ultérieurement et après un temps plus ou moins long, par une radiation de nature différente.

Il paraît que, de son côté, M. Talbot s'occupait de la même question, et voici à cet égard ce qu'il a communiqué tout récemment à l'Académie des sciences.

« On met une feuille de papier impressionnable particulier dans la chambre obscure ; après quelques instants on la retire, on l'examine et l'on n'y voit aucune impression, pas même un léger commencement de tableau. Cependant ce tableau y existe déjà dans toute sa perfection, mais dans un état d'invisibilité complète. Par des procédés faciles que je ferai connaître, on fait paraître le tableau comme par magie ; mais voici une autre chose remarquable : on peut garder le tableau à l'état d'invisibilité pendant un mois, peut-être plus longtemps encore, et au bout de ce temps, on le fait paraître avec la même facilité et à peu près avec la même perfection que si on avait opéré au premier instant. Ce fait peut devenir d'une grande utilité pratique, car il permet à l'artiste de prendre des vues photographiques un jour et de les compléter et fixer un autre jour. Il offre une nouvelle méthode d'écriture secrète de grande sûreté. Si une lettre écrite ainsi invisiblement tombe dans les mains de quelque étranger, en l'ouvrant il n'y trouvera qu'une feuille de papier blanc ; mais déjà en l'ouvrant ainsi au grand jour, il l'a détruite, et l'écriture est ainsi devenue indéchiffrable à toujours.

« On peut garder le papier tout-à-fait préparé pendant trois mois et même plus longtemps encore, sans qu'il perde

aucune portion de sa sensibilité, mais il faut que le papier soit exempt de toute matière étrangère capable d'exercer une réaction chimique perceptible. C'est ce qui a lieu dans les meilleurs papiers à écrire, mais dans ceux-là seulement (1).

M. Bayard, auquel nous devons déjà un bon papier photographique (Voyez ci-dessus N° 113), a annoncé à l'Académie des sciences, dans sa séance du 11 février et à la suite de cette communication, qu'il y avait longtemps qu'il était parvenu à rendre visible une impression photographique, qui est invisible lorsqu'elle sort de la chambre obscure. M. Bayard dit même qu'il a trouvé trois procédés qui conduisent à ce résultat, et il en a fait connaître un en se réservant de communiquer plus tard les deux autres.

« Un papier ayant été préparé, dit-il, avec le bromure de potassium, puis avec le nitrate d'argent, on l'expose encore humide et pendant quelques minutes au foyer d'une chambre obscure. Sur ce papier retiré et examiné à la lumière d'une bougie, on ne voit aucune trace de l'image, qui cependant y est imprimée. Pour la rendre apparente, il suffit d'exposer le papier à la vapeur de mercure comme on le fait pour les plaques dans le procédé de M. Daguerre; il se colore aussitôt en noir partout où la lumière a modifié la préparation. Il est inutile d'observer qu'il faut éviter autant que possible de laisser impressionner le papier préparé par aucune autre radiation lumineuse que par celle de la chambre obscure. »

D'après cette description, il paraîtrait qu'il y a cette différence entre le procédé de M. Bayard et l'annonce de M. Talbot, que le premier présente comme condition essentielle que le papier qui a reçu la préparation soit exposé encore humide à la radiation de la chambre obscure, au lieu que le second dit que son papier conserve sa sensibilité même après plusieurs mois. Il est vrai qu'il ne dit point si cette persistance ne serait pas plutôt une restitution qui s'opérerait en mouillant le papier; mais M. Bayard ne dit pas non plus qu'il aurait opéré une semblable restitution de la sensibilité primitive.

(1) M. Talbot signale aussi un moyen employé depuis quelque temps pour augmenter la sensibilité des plaques daguerriennes, et qui consiste à traiter ces plaques par l'iodure de chrome en lieu de les exposer à la vapeur d'iodé. Alors on obtient une couche beaucoup plus sensible que par les moyens connus.

§ IX. — IMAGES PHOTOGRAPHIQUES SUR PAPIER ARGENTÉ.

Par M. AD. RAIFÉ.

115. M. Raifé a présenté à l'Académie des sciences, dans sa séance du 24 mai, ses premiers essais sur papier d'argent au daguerréotype. Sur ce papier, les images sont aussi durables que celles obtenues sur le plaqué. La facilité de porter un grand nombre de cartes sensibles et d'épreuves, la modicité du prix auquel elles reviennent, peuvent en rendre l'usage utile aux voyageurs, non comme représentation artistique, mais considéré seulement comme croquis positivement exact. L'action de la lumière y est aussi prompte que sur le plaqué. Les épreuves y sont fixées par un lavage d'hyposulfite de soude. Elles peuvent aussi se conserver en voyage dans un livre. La première opération consiste à coller le papier d'argent sur carte; lorsqu'il est sec, on le saupoudre de tripoli, qu'on frotte à sec avec du coton. La couche d'iode s'y fixe alors facilement. Le mercure ensuite fait apparaître l'image; le lavage en garantit la durée. Les épreuves ainsi préparées peuvent supporter l'action de la presse sans grande altération.

§ X. — CARTON PHOTOGÉNIQUE, PAR M. A. PETZOLDT, DE DRESDE.

116. Jusqu'ici on a cru que l'argent réduit chimiquement à l'état métallique, pouvait se présenter sous divers états d'aggrégation, suivant la nature du réactif qui avait produit la précipitation ou le mode de réduction, et qu'on l'obtenait tantôt blanc et tantôt noir. C'est une erreur. L'argent métallique réduit est toujours blanc lorsqu'il est pur, et ce qu'on a pris pour de l'argent noir n'est, d'après des expériences qui me sont propres, que de l'oxidule d'argent.

On connaît quelques corps organiques à réactions acides, tels que l'acide gallique, le tannin et beaucoup d'autres, qui, mis en contact avec le nitrate d'argent, réduisent ce métal à l'état d'oxidule seulement, et qui, par conséquent, le précipitent sous forme d'un corps noir, tandis que quand on les fait agir d'une manière convenable sous l'influence de la lumière, ils donnent de l'argent métallique blanc pur.

En conséquence, si on enduit un papier avec un mélange d'une dissolution de ces acides et de nitrate d'argent, dissolutions qui doivent être amenées à un degré convenable de concentration, et qu'on soumette ce papier à l'influence des

rayons solaires, on obtient de l'argent métallique blanc; mais si on laisse dans les ténèbres, le papier reste complètement noir.

En plaçant le papier ainsi préparé dans une chambre obscure, et en faisant tomber dessus l'image d'un objet quelconque qui traverse une lentille d'un court foyer, les parties claires de l'image restent blanches sur le papier, tandis que les ombres et toutes les parties sombres prennent des teintes plus ou moins noires. Dans le premier cas, il se forme de l'argent blanc réduit, et dans le second de l'oxidule noir. Un mélange de ces deux corps reproduit les demi-teintes de l'objet sur le dessin.

Le papier doit être exposé aux rayons solaires encore humide; lorsqu'il est sec, la lumière n'a plus d'action sur lui et l'image se trouve fixe.

Néanmoins, comme l'air est toujours plus ou moins humide et renferme toujours des quantités variables d'hydrogène sulfuré, il est nécessaire de garantir les images obtenues contre l'influence de l'eau hygrométrique de l'atmosphère et de l'hydrogène sulfuré, au moyen d'un vernis. Si on les abandonnait à l'air, ils pâliraient de plus en plus et finiraient par devenir entièrement blancs dans le premier cas et tout noirs dans le second, et dans tous les cas le dessin s'évanouirait.

Le carton de Bristol, matière il est vrai un peu chère, mais qui est parfaitement unie et préparée, me paraît éminemment propre à obtenir de cette manière des images photogéniques. Sa densité, le poli de sa surface, lui permettent très-bien de résister à l'action des lentilles, indépendamment de plusieurs autres propriétés qu'il possède et dont je ne parle pas.

CHAPITRE II.

MÉLANGES RELATIFS A LA PHOTOGRAPHIE (1).

§ I^{er}. — TRANSPORT DES IMAGES DAGUËRRIENNES EN PLANCHES GRAVÉES, PAR M. A. DONNÉ.

117. Nous allons indiquer par quels procédés M. Donné transforme l'image obtenue sur des plaques d'argent en plan-

(1) Nous avons décrit dans le *Manuel de Galvanoplastie* toutes les applications qui ont été faites de cet art à la photographie; nous y renvoyons le lecteur. Voir, entre autres à l'Appendice, le procédé de M. Bisson, celui de M. Charles Chevallier, etc.

ches gravées, de manière à pouvoir multiplier les épreuves de ces images par les procédés ordinaires de l'impression en taille-douce.

« Après m'être assuré, dit M. Donné, 1^o que la couche jaune produite à la surface de l'argent par la vapeur de l'iode était bien réellement formée d'iodure d'argent; 2^o que la lumière, ou plutôt les rayons chimiques qui l'accompagnent, agissaient sur cette couche en modifiant son adhérence avec l'argent, de telle sorte que cette adhérence se trouvait diminuée, suivant l'action plus ou moins vive de la lumière sur les divers points de la couche d'iode; 3^o que la vapeur mercurielle à laquelle on expose la plaque en sortant de la chambre noire venant toucher l'argent dans tous les points qui n'étaient plus garantis par la couche adhérente d'iodure, s'amalgamait avec lui et déterminait ainsi l'apparition de l'image; 4^o qu'une fois cette action produite, la couche d'iodure ayant servi comme d'un voile momentané qui aurait été transpercé seulement dans les parties frappées par la lumière, était dissoute et enlevée par la solution d'hyposulfite de soude et les lavages à l'eau; 5^o qu'en définitive l'image daguerrienne résultait d'un amalgame plus ou moins condensé de mercure et d'argent formant les parties claires et les demi-teintes, et de surfaces nues produisant des ombres à la manière des glaces qui réfléchissent du noir, j'ai pensé qu'il serait possible de trouver quelque agent chimique propre à attaquer les parties nues de l'argent, en ménageant les parties claires formées par l'amalgame de ce métal avec le mercure.

» Le premier soin à prendre pour l'application des procédés de gravure est le choix des plaques. Il est d'abord nécessaire que la feuille d'argent, dont le cuivre est doublé, ne soit pas trop mince. Les plaques doivent être aussi belles et aussi pures que possible, sans fissures, sans bouillons, très-bien polies et d'un grain parfaitement homogène. Ayant obtenu une plaque qui réunit toutes ces qualités, l'image doit être exécutée par les procédés ordinaires du daguerréotype, et être aussi parfaite que possible, la gravure reproduisant minutieusement tous les détails du tableau avec leurs qualités et leurs défauts. Le lavage s'opère avec la solution d'hyposulfite de soude et d'eau, en ayant soin de l'employer peu concentré, afin de n'enlever bien juste que la couche d'iodure d'argent. La plaque étant bien séchée, on recouvre ses bords d'une couche de vernis des graveurs, inattaquable à l'acide nitrique, afin d'é-

viter tout contact du mordant avec le cuivre, et d'encadrer le dessin d'une manière régulière et agréable. On la dispose horizontalement au-dessus d'une cuvette sur les bords de laquelle elle repose par ses quatre angles. On verse à sa surface, de manière à recouvrir d'une couche assez mince toutes les parties non protégées par le vernis, de l'acide nitrique étendu dans les proportions suivantes : trois parties d'acide nitrique pur et quatre parties d'eau ; ces proportions sont de rigueur. Ce mordant est le seul avec lequel j'aie réussi. Au bout de trois à quatre minutes, l'action du mordant commence d'abord dans un point par de petites bulles de gaz qui s'étendent de proche en proche sur toute la plaque en contact avec le liquide. Il est difficile de fixer le temps pendant lequel on doit prolonger l'action de l'acide ; mais, dans tous les cas, cette action est très-prompte et ne doit pas durer au-delà de deux à trois minutes. Dès que la plaque est suffisamment mordue, on écoule le liquide acide dans la cuvette, on lave à grande eau et on essuie légèrement avec un tampon de coton cardé très-fin, et l'opération est terminée. Il ne s'agit plus alors que de confier la plaque à un imprimeur en taille-douce soigneux et habile, pour en tirer des épreuves par les procédés ordinaires, en ménageant le plus possible le métal toujours très-tendre, et dont la gravure n'est jamais, comme on le conçoit, très-profonde.

« Je n'ai pu réussir jusqu'ici qu'à tirer environ une quarantaine d'épreuves avec les plaques photogéniques ainsi gravées. Je pense aussi à reporter les dessins daguerriens sur pierre lithographique, mais je n'ai pas encore réussi. »

§ II. — MANIÈRE DE FIXER LES IMAGES PHOTOGÉNIQUES,
PAR M. J.-J. PRECHTL, DE VIENNE.

118. D'après plusieurs expériences que j'ai faites il y a quelques mois, on peut parvenir à finir les daguerréotypes, en les traitant avec une dissolution d'hydrochlorate d'ammoniaque. Pour cet effet, on mêle une dissolution concentrée de ce fluide avec 3 à 4 volumes d'eau pure, qu'on verse dans un vase plat en quantité suffisante, pour que la plaque métallique puisse y être horizontalement submergée, et que le fluide surnage encore de 5 à 7 millim. (2 à 3 lignes) de profondeur. Lorsque par l'action du fluide les feuilles de l'image sont suffisamment chargées, ce qui arrive en moins d'une minute, on retire la plaque et on la met dans un vase plat avec de l'eau où on la

laisse quelque temps, après on la retire et on la sèche. Par ce procédé, les parties polies du métal sont teintes en gris par le sulfure, et les parties amalgamées ne sont pas ou sont peu attaquées; on peut varier les teintes par la concentration du fluide ou par la durée de l'immersion; cependant, une trop longue action change les lumières en jaune. Les images daguerriennes ainsi traitées supportent le frottement avec le doigt et ne perdent rien des détails de l'image.

§ III. — AUTRE MOYEN POUR LE MÊME OBJET, PAR M. CHOISELAT.

119. Le chlorure et surtout l'iodure argentique, dissous dans l'hyposulfite sodique, peuvent être employés avantageusement pour la fixation des images daguerriennes; et celles-ci plongées dans ces dissolutions, se trouvant sous l'influence électrique exercée par le cuivre sur l'argent dissous, deviennent elles-mêmes fixes et ineffaçables; au lieu d'hyposulfite on peut employer un mélange d'iodure, bromure ou de potassique. L'iodure d'argent, le plus convenable pour cette opération, est celui qu'on obtient en traitant à chaud une plaque de ce métal par de l'alcool ioduré, précipité par l'eau, dissolvant ensuite l'iodure formé et adhérent à la plaque dans l'hyposulfite.

§ IV. — PROCÉDÉ POUR DÉTERMINER A L'AVANCE LA DURÉE DE L'EXPOSITION DES ÉPREUVES DAGUERRIENNES A LA CHAMBRE NOIRE, PAR M. SOLEIL, INGÉNIEUR-OPTICIEN.

120. Les changements de couleur que le chlorure d'argent éprouve par l'action de la lumière peuvent être mis à profit pour fixer le temps nécessaire à la production des images photogéniques, puisque la même portion de la radiation donne naissance aux unes et aux autres. Après un assez grand nombre de tâtonnements, je me suis arrêté à l'appareil dont voici la description. On prend un tube de laiton de 40 millim. (1 pouce 6 lignes) de longueur sur 25 (1 pouce) de diamètre; il est noirci intérieurement, ouvert à l'une de ses extrémités, et fermé à l'autre par une plaque mobile, au-devant de laquelle on glisse une carte: sur cette carte, préalablement enduite de gomme ou de dextrine, on applique avec une spatule une couche d'environ 1 millim. (1/2 ligne) d'épaisseur de chlorure d'argent humide, que l'on conserve pour cet usage dans un flacon enveloppé de papier noir. On tourne le tube ainsi disposé du côté de l'objet dont on veut prendre l'image, et l'on compte le temps que le

chlorure d'argent emploie à passer du blanc au gris ardoise. Ce temps est assez égal à celui durant lequel la plaque iodée doit être maintenue dans la chambre noire.

§ V. — MÉTHODE SIMPLE POUR LE TRANSPORT DES IMAGES
DAGUERRIENNES.

121. Ce procédé consiste tout simplement à presser un morceau de papier noir ou brun couvert d'une couche de quelque liquide glutineux sur la plaque daguerrienne; le mercure déposé qui forme les clairs vient avec le papier après que celui-ci est sec. L'impression qui se trouve renversée est alors l'image correcte de l'objet. Cette méthode, encore imparfaite, et qui produit une image inférieure à l'original, peut être utile pour conserver des vues qu'on ne veut pas garder sur les plaques argentées, et on peut les introduire ainsi dans un portefeuille ou un album, attendu qu'elles ne sont pas sujettes à s'altérer comme l'original par le contact et le frottement.

§ VI. — TRANSPORT DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES.

122. Voici un moyen pour transporter les images photographiques qui a donné, dit-on, de bons résultats dans les mains de M. G. Edwards, son inventeur. On commence par prendre du papier noir ordinaire qu'on étend sur un cadre ou sur une planche. Cela fait, on dissout de la colle de poisson ou de belle gélatine dans l'eau chaude, de manière à obtenir une solution claire; puis on enduit le papier avec cette solution qu'on fait couler dessus pour éviter les bulles d'air ou les coups de pinceau. Il vaut mieux donner deux passages de colle bien claire qu'un seul passage avec de la colle plus épaisse. On fait alors sécher doucement le papier, et on le conserve pour l'usage. Quand on veut faire un transport, on n'a qu'à plonger quelques minutes ce papier dans l'eau froide, et à l'étendre avec beaucoup de soin et d'adresse sur la plaque photographique. On enlève l'eau surabondante en pressant avec légèreté dessus avec du papier brouillard. La plaque est alors placée dans une presse avec plusieurs doubles de ce papier brouillard sur la feuille du papier à transporter et on maintient en presse jusqu'à ce qu'on présume que la gélatine a produit son effet, c'est-à-dire à peu près une demi-heure. En retirant de la presse et en faisant sécher au soleil ou devant le feu, le transport se sépare immédiatement de la plaque, qui, si l'opération a été bien faite, ne présente plus de traces d'image.

Ces transports n'ont pas encore acquis toute la netteté désirable; mais il est présumable qu'on pourra perfectionner le moyen de les obtenir.

Les effets du transport reçu sur du *papier blanc* sont très-curieux : l'image est plus vive que sur papier noir, mais elle est négative; les molécules mercurielles qui forment les clairs dans les images daguerriennes ordinaires présentent, au contraire, sur ce papier, une teinte d'un noir sale.

Ces transports peuvent être colorés à la main d'après nature.

M. Edwards fait remarquer qu'on éprouve souvent de grandes difficultés par suite de l'adhérence du papier encollé sur la plaque; mais on parvient à les vaincre en se servant de plaques non pas polies en dernier résultat à l'eau et à l'acide, mais de plaques dont le dernier poli a été donné à l'huile, et qu'on a frottées ensuite avec du coton sec pour enlever le plus possible cette huile avant de les ioder. Peut-être ces plaques sont-elles moins sensibles que les autres aux impressions lumineuses, et donnent-elles des images moins parfaites.

§ VII. — FIXATION ET REPRODUCTION DES IMAGES DAGUERRIENNES, PAR LE DOCT. J. BERRES.

123. Avant de songer à fixer les images qu'on veut produire au daguerréotype, et à en tirer des copies, je pense qu'on devrait prendre en considération les observations suivantes :

1^o Les planches de cuivre plaquées d'argent, dont on fait usage actuellement pour recevoir les images daguerriennes, peuvent bien servir quand on veut fixer ces images d'une manière permanente, mais non pas être soumises à l'action d'un mordant pour en tirer des épreuves.

2^o Pour que les images puissent être soumises à l'action d'un mordant avec l'intensité nécessaire, elles doivent être produites sur des plaques d'argent chimiquement pur ;

3^o Le mordant dont je me sers pour graver les images obtenues au daguerréotype, est l'acide nitrique employé comme je l'expliquerai plus bas ;

4^o Une influence galvanique est nécessaire pour la fixation permanente des images obtenues au daguerréotype ;

5^o Enfin le procédé chimique de l'eau-forte est suffisant pour transformer une image de cette espèce en une planche gravée en creux et propre à être reproduite par l'impression.

La méthode que j'ai adoptée pour traiter les images daguerriennes, se compose de deux procédés distincts, savoir : 1^o celui pour la fixation permanente de ces images ; 2^o celui qui consiste dans la transformation de l'image héliographique, en une image gravée sur métal.

Mon procédé, pour fixer à toujours les images daguerriennes et les recouvrir d'un enduit métallique translucide, consiste en ceci : Je prends une image daguerrienne formée sur une plaque de cuivre plaquée comme à l'ordinaire ; je l'expose pendant quelques minutes à la vapeur de l'acide nitrique chauffé modérément, puis je la plonge dans l'acide nitrique à 13 ou 14 degrés, dans lequel j'ai dissous en grande quantité du cuivre, de l'argent, ou ces deux métaux à la fois. Bientôt après que la plaque a été plongée dans la liqueur, il se forme un précipité métallique qui couvre l'image et auquel on peut donner l'épaisseur qu'on désire. Je retire alors mon image héliographique ainsi recouverte par le précipité et je la plonge dans l'eau, où je la lave, puis je la fais sécher, et j'en polis la surface avec de la craie ou de la magnésie que j'y porte avec un linge fin et sec, ou avec une peau fine. Traité ainsi, l'enduit métallique est net, clair et translucide, de façon qu'on aperçoit parfaitement au travers tous les détails de l'image qui se trouve ainsi fixée.

Les images daguerriennes qu'on veut reproduire par l'impression, exigent la plus grande attention pendant tout le traitement qu'on leur fait subir. L'image doit être bien nette, autant que possible, exempte d'iode libre, et avoir été reçue comme nous l'avons dit, sur une plaque d'argent chimiquement pur. Dans cet état, on garantit avec du vernis les points de la plaque où l'acide ne doit pas prendre, puis on soumet l'image pendant une à deux minutes à l'action de la vapeur d'acide nitrique de 25 à 30 degrés, légèrement chauffé ; puis ensuite on la recouvre d'une solution de gomme arabique ayant la consistance du miel, et on la place horizontalement, l'image en haut en l'abandonnant pendant quelques minutes ; cela fait, on saisit fortement la plaque avec une double pincette, dont les mâchoires recourbées qui portent sur la plaque sont enduites de vernis d'asphalte ou garnies de bois dur, et on fait lentement fondre l'enduit gommeux dans un acide nitrique de 12 à 13 degrés. Alors on commence avec précaution et lenteur, et dans des points un peu éloignés de la plaque, à augmenter avec de l'acide nitrique de 25 à 30 degrés, la force de la liqueur. Lorsque l'acide qui environne la plaque a acquis une

force de 16 à 17 degrés, et qu'il s'échappe des vapeurs qui affectent sensiblement l'odorat, l'image héliographique est transformée en une planche gravée en creux; c'est là le point délicat de l'opération, celui qui exige la plus scrupuleuse attention. Le point auquel il convient de s'arrêter relativement à la durée de l'action qu'on doit permettre au mordant d'exercer, se détermine à chaque nouvelle addition d'acide, par des épreuves qu'on fait sur une plaque d'argent qu'on a près de soi, et avec quelques gouttes de la liqueur qu'on pose dessus. Quand on observe sur cette plaque, que l'acide nitrique commence à mordre avec une certaine énergie sur l'argent, alors la liqueur a atteint le degré de force désiré pour le but qu'on se propose, et toute addition nouvelle serait nuisible.

Si on avait poussé un peu trop loin la puissance dissolvante de l'acide, alors on verrait se manifester une effervescence, et une mousse blanchâtre qui couvrirait toute l'image. Cette effervescence, due à un excès de force, attaquerait non-seulement avec trop d'intensité les traits de l'image, mais mordrait en outre avec vigueur sur toute la surface de la plaque. Lorsqu'au contraire on a atteint le degré requis de force dans le mordant, des bulles légères qui se dégagent également de tous les points des traits de l'image, donnent l'espoir qu'on conduira l'opération à bonne fin; seulement il faut avoir soin que la liqueur soit d'une force bien égale dans tous ses points, et éviter autant que possible qu'il ne se forme de précipité sur la plaque. Dans ce but, lorsque l'opération approche de la fin, j'enlève de temps à autre la plaque de la liqueur, puis en la plaçant sous diverses inclinaisons, je fais couler le mordant sur les points où l'opération ne me paraît point marcher avec régularité; enfin je cherche, en agitant constamment la liqueur, à favoriser le dégagement des bulles et à enlever ou empêcher le dépôt d'un précipité de nitrate d'argent. C'est ainsi que je suis parvenu à conduire le mordantage au degré de profondeur et de netteté qui rend la plaque parfaitement propre à l'impression.

Je crois qu'une personne qui serait habile dans l'art de manier les mordants, et qui aurait déjà acquis à cet égard une grande dextérité, produirait bientôt des gravures de ce genre, présentant un très-haut degré de perfection et de netteté, et parviendrait sans peine à simplifier le procédé. J'ai cherché à éviter l'exposition à la vapeur acide et l'enduit de gomme, mais les tentatives à cet égard n'ont pas été heureuses, ou bien j'ai perdu complètement les images, ce qui m'a forcé constamment de revenir à ces moyens.

§ VIII. — MÉTHODE POUR OBTENIR DES SILHOUETTES,
PAR M. BERTOT.

124. Je suis parti des principes suivants constatés par des expériences précises, notamment par celles de M. Thénard.

L'hydrogène et le chlore gazeux dans l'obscurité se mélangent sans combinaison; à la lumière diffuse ils se combinent lentement, et à la lumière directe instantanément.

J'en ai conclu que, pour un mélange de chlore et d'hydrogène portés dans la chambre noire, la quantité d'acide chlorhydrique formée était proportionnelle à la quantité de lumière introduite, et qu'une substance noire très-sensible à l'action de l'acide chlorhydrique serait décolorée dans le rapport de la formation de l'acide. Déjà j'ai trouvé une sensibilité satisfaisante dans des papiers noircis avec le sulfure de plomb; mais ces essais n'étant pas encore complets, je me réserve de donner suite à ces idées quand l'occasion s'en présentera.

§ IX. — SUR LA FORMATION DES IMAGES PHOTOGRAPHIQUES,
PAR M. MOSER.

125. M. Regnault communique à l'Académie, dans sa séance du 18 juillet, des résultats très-curieux obtenus par M. Moser, de Königsberg, sur la formation des images daguerriennes, et qui lui ont été adressés par M. de Humboldt.

On sait maintenant que lorsqu'une plaque iodée est laissée pendant un temps convenable dans la chambre obscure, on obtient une image immédiatement visible, sans avoir besoin de passer la plaque au mercure. Mais cette image est une *image inverse* ou *négative*, c'est-à-dire que les clairs y sont représentés en noir, et les ombres, au contraire, se trouvent représentées par des clairs. Dans les expériences de M. Daguerre, on n'attend pas que cette image négative paraisse; quand on retire la plaque de la chambre noire, on n'y aperçoit rien; mais la couche iodée est suffisamment affectée pour que l'image paraisse lorsqu'on expose la plaque aux vapeurs mercurielles. Il faut néanmoins pour cela que la plaque soit restée exposée un temps suffisant à la radiation.

Les expériences curieuses de M. Ed. Becquerel ont montré qu'il suffisait d'un temps extrêmement court pour que la pellicule iodée reçût une impression notable, laquelle n'était pas, à la vérité, rendue immédiatement sensible par la vapeur de mercure; mais que si la plaque était placée ensuite pendant quelque temps au soleil sous un verre rouge, la pellicule

continuait à s'impressionner, et l'image pouvait, après cette nouvelle action, devenir sensible par la vapeur mercurielle. De là, la distinction établie par M. Becquerel, de rayons excitateurs et de rayons continuatours.

» M. Moser a constaté les principaux résultats de M. Becquerel et a observé de nouveaux faits.

» Il a reconnu qu'il était nécessaire que la plaque iodée restât exposée pendant un certain temps sous l'influence des premiers rayons, dans la chambre noire, pour que l'image pût se développer ensuite sous le verre rouge; mais que si l'on prolongeait très-longtemps l'action sous le verre rouge, on voyait apparaître directement une image négative (sans emploi de mercure).

» M. Gaudin avait déjà reconnu que les verres jaunes sont, dans cette circonstance, beaucoup plus actifs que les verres rouges. M. Moser a observé ce fait curieux : une plaque iodée, qui avait séjourné dans la chambre obscure à peu près le temps convenable pour donner l'image positive ordinaire (1) à la vapeur de mercure, fut placée au soleil, sous un verrejaune; elle ne montrait alors aucune image : on vit aussitôt se former très-rapidement une image négative; celle-ci disparut au bout de quelques instants, et, après 10 à 15 minutes, il apparut à sa place une image positive.

» En employant des verres rouges, M. Moser n'a jamais pu obtenir d'image positive, quel que fût le temps de l'exposition; il a reconnu, au contraire, que cette transformation avait lieu très-bien sous les verres verts.

» M. Moser se trouve conduit à distinguer de la manière suivante l'action des divers rayons du spectre : sur la couche iodée intacte, les rayons violets et bleus sont les seuls actifs; ils produisent un commencement d'altération qui n'est pas visible directement, mais qui le devient par l'action de la vapeur mercurielle quand cette altération est arrivée à un certain point. Mais on peut distinguer deux périodes dans cette altération progressive de la couche iodée : à la fin de la première période, la couche iodée est tellement modifiée, que les rayons rouges et orangés agissent maintenant aussi bien que les rayons bleus et violets; mais les rayons jaunes n'agissent pas encore; car, si l'on retire la plaque trop tôt de la chambre obscure, on

(1) On donne le nom d'image *positive* ou *directe* à celle dans laquelle les clairs sont représentés par des clairs et les ombres par des noirs comme dans nos dessins ordinaires.

voit que les rayons jaunes sont tout-à-fait inactifs. A la fin de la seconde période les rayons verts et jaunes agissent à leur tour ; la plaque est alors à peu près au point où l'image devient visible sous l'influence des vapeurs mercurielles.

» Une plaque iodée a été placée dans la chambre obscure et laissée pendant plus d'une heure dirigée sur des objets éclairés par le soleil, de manière à présenter une image négative très-distincte ; cette image a été mise ensuite en plein soleil ; au bout de quelques minutes, l'image négative avait disparu et l'on vit apparaître à sa place une image positive tout aussi nette, dans laquelle les clairs avaient une nuance verdâtre et les ombres une couleur d'un rouge-brun foncé. M. Moser attribue ce dernier effet aux rayons jaunes et verts.

» On voit par ces expériences de M. Moser, qu'il y a deux images qui se forment successivement et directement sur la plaque. M. Moser a cherché s'il ne s'en formait pas encore d'autres ; pour cela il a pris deux plaques dont l'une fut passée à l'iode et la seconde au chlorure d'iode ; il plaça chacune de ces plaques dans une chambre noire particulière dont les lentilles étaient dirigées sur des maisons éloignées ; les chambres noires étaient renfermées dans une pièce complètement obscure, pour éviter l'action de la lumière diffuse. La saison était très-favorable, on était en hiver : l'expérience fut prolongée pendant treize jours ; au bout de ce temps, on trouva des images positives sur les deux plaques. La plaque au chlorure d'iode présentait l'image la plus vive ; elle était d'un très-bel aspect par la vivacité de ses couleurs ; les clairs étaient d'un bleu de ciel bien franc et les ombres d'un rouge de feu très-intense. M. Moser regarde ces images comme étant toujours la première image positive.

» La plaque au chlorure d'iode ayant été plongée dans la dissolution de l'hyposulfite de soude, les couleurs disparurent immédiatement, et l'on vit paraître l'image négative.

» M. Moser a fait ensuite une série d'expériences avec des rayons polarisés, dans le but de rechercher si les rayons qui produisent les images, se différencient sous ce rapport des rayons lumineux ; il n'a pu constater aucune différence.

» En plaçant au-devant de la lentille de la chambre obscure un prisme de chaux carbonatée achromatisé pour une des images, et dirigeant la lentille sur une statue, il obtint deux images parfaitement distinctes et nettes, bien qu'une seule des deux images parût achromatique à l'œil.

M. Moser prit également les épreuves des anneaux colorés et des figures données par la lumière polarisée dans les plaques cristallines, verres trempés, etc., etc. ; dans toutes ces circonstances les images se trouvèrent semblables à celles que l'on voit à la vue directe.

» On sait depuis longtemps que si l'on écrit avec certaines substances sur une plaque de glace bien polie, qu'ensuite on efface les caractères, et qu'on nettoie complètement la surface, les caractères reparaissent toujours quand on y projette de l'humidité par le soufuffle de l'haleine. M. Moser a reconnu que ce phénomène se présentait pour tous les corps polis, et quelle que soit la matière avec laquelle les caractères ont été tracés. Ainsi, on l'obtient d'une manière très-marquée en soufflant l'haleine sur la plaque de glace, et traçant immédiatement quelques caractères avec un pinceau très-propre ; si l'on vient à souffler de nouveau l'haleine dessus après que la première humidité s'est évaporée, on voit reparaître les caractères. Le même phénomène se présente, même après plusieurs jours, à la surface du mercure, pourvu qu'on laisse ce liquide parfaitement tranquille. On l'observe aussi en plaçant sur une plaque polie un écran découpé, et projetant ensuite l'haleine sur l'écran. La vapeur d'eau qui se condense à l'endroit des découpures étant évaporée, on reconnaît toujours, d'après M. Moser, en soufflant de nouveau l'haleine sur la plaque, la place occupée par les caractères à la première insufflation.

« M. Regnault pense que, dans ces dernières expériences, la petite quantité de matière grasse qui se trouve constamment à la surface des corps, ou qui peut être envoyée par l'haleine, peut jouer un grand rôle ; en se déposant différemment à la surface de la plaque, elle peut modifier suffisamment la nature de cette surface, pour que la modification devienne sensible par les réflexions inégales de lumière produites sur les dépôts inégaux de la vapeur.

» M. Moser a reconnu que la vapeur d'iode et la vapeur de mercure se prêtent très-bien à la manifestation des images ; dans le cas où la vapeur d'iode seule ne manifestait pas l'image, on la faisait naître ordinairement en exposant ensuite la plaque aux vapeurs du mercure.

Une plaque d'argent fut iodée comme pour les épreuves daguerriennes. On plaça sur cette plaque des objets divers, des médailles métalliques et non métalliques ; l'objet étant enlevé, on reconnaissait quelquefois immédiatement sa place,

mais c'est surtout en exposant la plaque aux vapeurs de mercure que l'image paraissait d'une manière assez nette pour que l'on pût reconnaître parfaitement bien des figures, des lettres, etc.

Cette expérience réussit tout aussi bien dans une *obscurité complète*, pendant la nuit, que sous l'influence de la lumière.

Une plaque iodée, traitée de la même manière, ne présentait aucune image après l'enlèvement de l'objet, mais l'image parut immédiatement avec la plus grande netteté, quand la plaque fut exposée à la lumière diffuse ou au soleil.

On obtient même une image sensible sur une plaque d'argent très-bien polie et n'ayant jamais servi, sans *la passer préalablement à l'iode* : on l'expose, après le contact de l'objet, à la vapeur de mercure. La même expérience a réussi avec des plaques d'autres métaux.

M. Moser conclut de ces expériences que, lorsqu'une surface a été touchée dans certaines parties par un corps, elle a acquis la propriété de condenser les vapeurs des substances qui ont pour elle une certaine force d'adhésion d'une autre manière dans les parties touchées que dans celles qui n'ont pas été au contact ; de sorte que le contact aurait produit ici une modification analogue à celle de l'action de la lumière.

Parmi les expériences faites par M. Moser, je citerai la suivante : Une plaque d'argent fut iodée pendant la nuit et dans une obscurité complète, on plaça ensuite sur la plaque une médaille taillée en agate, une plaque métallique gravée, un anneau en corne, etc. ; la plaque fut ensuite soumise aux vapeurs mercurielles. On vit apparaître les images parfaitement nettes des figures gravées sur l'agate, des lettres gravées sur la plaque métallique, de l'anneau, etc.

Des plaques traitées de la même manière furent exposées, après le contact, à la lumière diffuse ou à la lumière solaire, et l'on vit apparaître directement des images tout aussi nettes. Enfin les expériences furent faites en exposant la plaque impressionnée sous des verres colorés aux radiations solaires : on n'obtint que des traces d'images sous les verres rouges et jaunes, les images furent, au contraire, très-nettes sous les verres violets.

Une plaque d'argent qui n'avait pas encore servi fut polie avec le plus grand soin, puis placée sous un écran noir, dans lequel on avait découpé des caractères ; l'écran ne touchait pas

la plaque. L'appareil fut placé pendant plusieurs jours à la lumière solaire; la plaque ayant été ensuite exposée aux vapeurs mercurielles, l'image des découpures parut d'une manière parfaitement nette.

La même expérience réussit très-bien avec une plaque de cuivre, en l'exposant ensuite à la vapeur d'iode.

Enfin, on obtint le même résultat sur une plaque de glace en projetant dessus l'haleine, après le contact.

Les expériences précédentes montrent qu'au contact il se forme, à la surface des corps polis, des modifications analogues à celles que ces corps éprouvent sous l'influence de la lumière; mais voici un résultat bien plus extraordinaire de M. Moser, c'est que le même phénomène se produit dans l'obscurité la plus complète, par les corps placés à distance. M. Moser énonce ce fait de la manière suivante : Lorsque deux corps sont suffisamment rapprochés, ils impriment leur image l'un sur l'autre.

Les expériences ont été faites dans une obscurité complète la nuit; les plaques et les corps produisant image étaient placés dans une boîte fermée, située elle-même dans une chambre complètement obscure. Les images paraissaient quelquefois au bout de dix minutes d'action.

M. Moser a cherché si la phosphorescence jouait un rôle dans ce phénomène; il n'a pu observer aucune différence entre l'action d'un corps laissé depuis plusieurs jours dans une obscurité complète et celui qui venait d'être exposé à l'action des rayons solaires. Ce résultat fut très-net pour une plaque d'agate qui fut exposée au soleil, la moitié de sa surface étant garantie des rayons solaires. Il fut impossible de distinguer sur l'image obtenue, au moyen de cette agate, sur une plaque d'argent polie, la partie soumise à l'insolation de la partie qui était restée couverte.

Les vapeurs ne sont pas essentielles pour manifester ces phénomènes. Ainsi, une plaque d'argent iodée étant soumise, dans l'obscurité complète, à l'action d'un corps placé à petite distance, pendant un temps suffisant, on voit paraître l'image; les parties qui ont été le plus influencées sont noircies d'une manière très-sensible.

La seule manière d'expliquer la formation d'images distinctes dans ces circonstances, si on l'attribue à des radiations, consiste évidemment à admettre que ces radiations diminuent

extrêmement rapidement d'intensité avec l'obliquité. C'est, en effet, ce qu'admet M. Moser.

M. de Humboldt annonce dans sa lettre que les expériences de M. Moser sur la formation des images dans l'obscurité, au contact et à petite distance, ont été répétées avec plein succès à Berlin, par M. Aschersohn, en sa présence et en celle de l'astronome M. Encke.

Une vignette gravée en creux dans une plaque d'alliage métallique a été placée sur une plaque d'argent parfaitement polie et non iodée, et laissée pendant vingt minutes : l'image était peu marquée, mais elle est devenue plus nette en iodant la plaque et en la passant ensuite au mercure. Dans une autre expérience, on a placé sur la plaque d'argent polie un camée en cornaline portant une inscription, les lettres étaient parfaitement lisibles sur l'image.

M. Aschersohn a obtenu des traces d'images très-distinctes en plaçant la plaque d'alliage gravée à une distance d'environ 1 millimètre (un tiers de ligne) de la plaque d'argent.

§ X. — DESCRIPTION DU NOUVEAU PHOTOGRAPHE, A VERRES COMBINÉS, INVENTÉ PAR M. CHARLES CHEVALIER. (1)

126. L'appareil entier est renfermé dans une boîte de 50 centim. (1 pied 6 pouces 6 lignes) de longueur, 28 centim. (10 pouces 4 lignes) de largeur, et 21 centim. (7 pouces 10 lignes) de hauteur, munie de deux poignées à ses extrémités.

On a logé dans le couvercle :

1^o Deux bassines qui entrent l'une dans l'autre (*fig. 10*, Pl. I *Daguerreotype*).

2^o La boîte à plaques construite en cuivre et vernie à l'extérieur : on peut y loger dix plaques, quoiqu'elle soit de moitié moins épaisse que les boîtes ordinaires; elle se place dans les bassines;

3^o La boîte à ioder. Quel que soit le système que l'on adopte, cette boîte doit toujours être garnie complètement en verre ou en porcelaine à l'intérieur, pour que les vapeurs d'iode ne s'attachent pas à ses parois. (*fig. 7.*)

4^o La planchette à polir les plaques (*fig. 5*), dont le manche à charnière permet de la renfermer dans un très-petit espace; cette planchette qui a les mêmes dimensions que la plaque, est garnie à ses deux extrémités de deux tenons dentelés dont l'un

(1) Le photographe de M. Chevalier étant l'appareil le plus parfait qu'on ait construit, nous en donnons ici la description avec une planche pour l'intelligence du texte.

est mobile. Lorsqu'on veut en faire usage, on desserre le tenon de l'extrémité supérieure et quand la plaque est assujettie dans le tenon inférieur, on serre le premier et la plaque se trouve solidement maintenue. Tenant alors de la main gauche la poignée de la planchette et appuyant son extrémité sur le bord d'une table ou sur le genou, on polit la plaque avec la plus grande facilité.

Dans le fond de la boîte on a placé :

1° La chambre obscure à développement (*fig. 1 et 1 bis*). Fermée, elle a 42 centim. (1 pied 3 pouces) de long, 23 centim. (8 pouces 6 lignes) de large et 9 centim. (3 pouces 4 lignes) de haut, et lorsqu'elle est ouverte elle reçoit des plaques de la dimension ordinaire. Des quatre côtés de l'instrument, deux sont plus élevés et brisés dans le milieu suivant leur longueur. Garnis de charnières, ils se replient à l'intérieur de la boîte quand on la ferme, et lorsqu'on veut la maintenir ouverte, il suffit de rabattre la face antérieure que l'on fixe au moyen de deux petits tourillons. L'appareil est alors aussi solide que s'il était composé d'une seule pièce.

La mise au point s'obtient au moyen d'un engrenage qui fait marcher un châssis intérieur dans lequel viennent s'adapter la glace dépolie et le cadre à plaques. Lorsqu'on a obtenu toute la netteté désirable, il suffit de tourner une clef d'arrêt pour maintenir l'appareil dans une position invariable. Tous les châssis et cadres se placent à coulisse, et pour éviter l'introduction du jour, on a ménagé à la partie supérieure de l'appareil, une trappe à ressort qui se referme spontanément aussitôt qu'on enlève la planchette obturatrice. Deux écrous noyés dans deux des parois de la chambre obscure permettent de la fixer solidement sur la tablette du pied, soit dans la position verticale, soit dans la position horizontale.

2° La boîte à mercure (*fig. 6*), construite d'après le même principe que la chambre obscure. Elle n'a pas plus de 35 millim. (1 pouce 3 lignes) d'épaisseur; cependant lorsqu'elle est développée, elle prend les dimensions nécessaires pour recevoir la plaque. On la maintient ouverte au moyen du fond qui se fixe à coulisse et porte la capsule à mercure. Le thermomètre à tige droite est fixé dans une rainure pratiquée sur la face antérieure de la boîte. Les thermomètres coudés de l'ancien appareil étaient très-fragiles et fort difficiles à remplacer, tandis que tout le monde peut construire un thermomètre droit.

3° L'objectif (*fig. 2, 3, 4.*) Lorsque la chambre obscure est

raillée, elle présente à sa partie postérieure une cavité où se place la boîte qui contient l'objectif et ses accessoires. La première pièce de l'objectif est conique et porte à sa base une lentille achromatique de 8 centim. (3 pouces) de diamètre. Au sommet du cône, se trouve une seconde lentille de 65 millim. (2 pouces 5 lignes) de diamètre seulement, au-devant de laquelle est placé le diaphragme. C'est la première combinaison de notre objectif. (*fig. 2.*)

Pour redresser les images, on adapte au-devant de la lentille antérieure, un prisme rectangle dont l'hypothénuse est étamée. (*fig. 3.*) Il est très-important que la face antérieure de ce réflecteur soit toujours bien verticale.

Quand on veut faire un portrait, il faut dévisser le verre antérieur du cône et visser à sa place le tube droit qui porte la lentille de rechange; le diaphragme est alors complètement supprimé. (*fig. 4.*) Deux pas de vis sont tracés sur le cône, l'un sert à visser l'objectif à l'extérieur de la chambre obscure, l'autre à le fixer à l'intérieur. Cette disposition était nécessaire, car avec les foyers très-courts, on ne peut approcher suffisamment la glace dépolie de l'objectif, et alors, en le vissant à l'intérieur, on gagne 5 à 6 centim. (1 pouce 10 lignes à 2 pouces 3 lignes).

Si l'on voulait redresser les portraits, il suffirait de fixer le prisme au-devant de la lentille antérieure.

Dans le cas où l'on ne craindrait pas d'avoir un peu d'aberration de sphéricité sur les bords de la plaque, on retournerait l'objectif de manière à placer le grand verre en avant. Cette inversion augmente l'intensité de la lumière et l'on peut ainsi obtenir des portraits avec la plus grande rapidité. Nous ajoutons par fois au photographe, le diaphragme variable excentrique de nos microscopes, construit sur de plus grandes dimensions. Les amateurs, jaloux de posséder un appareil parfait, pourront employer avec avantage le diaphragme mécanique que nous avons présenté à la Société d'Encouragement avec notre nouveau photographe. Pour dilater ou rétrécir l'ouverture, il suffit de tourner un bouton placé sur la face antérieure de l'instrument.

La boîte contient encore: la glace dépolie, la lampe à l'alcool, la fourchette de Brébisson (*fig. 8.*), et tous les produits chimiques parfaitement isolés des différentes pièces de l'appareil.

Lorsqu'on veut faire une excursion et n'emporter que la

chambre obscure, des plaques polies et la boîte à iode : tous ces objets se renferment dans un sac en cuir qu'on laisse sur la chambre obscure pendant l'opération et qui ferme tout accès à la lumière. Un rideau noir fixé à la partie postérieure de l'appareil, est destiné à produire une obscurité complète pendant qu'on met au point.

Le trépied n'est pas plus embarrassant à transporter qu'un bâton de voyage. Il se compose : 1° d'une planchette, 2° de trois pieds à double tige.

1° La planchette a 40 centim. (1 pied 2 pouces 10 lignes) de longueur et 26 centim. (9 pouces 8 lignes) de large, sa forme est ovale; à ses deux extrémités, se trouvent deux trous qui reçoivent les écrous destinés à fixer la chambre obscure. Cette planchette se meut circulairement sur un axe fixé au centre d'un triangle en cuivre évidé; sur les trois côtés de ce triangle, sont logés trois cylindres en bois, garnis, à leurs deux extrémités, de dés en cuivre percés sur leur circonférence d'une ouverture qui reçoit l'extrémité des pieds. Ces cylindres pivotent librement sur des vis de pression destinées à fixer les pieds dans les ouvertures pratiquées sur les parois des garnitures en forme de dé.

2° Les trois pieds sont formés chacun de deux tiges en bois, minces et articulées à charnière par leurs extrémités inférieures qui sont en outre garnies de pointes en acier. Les six extrémités supérieures armées d'un embout en cuivre, se fixent deux à deux dans les trois cylindres de la tablette et sont maintenues en place par les vis de pression. Chaque pied peut donc être écarté à volonté puisque le cylindre pivote librement sur les vis de pression, et pourvu que les pointes d'acier soient solidement fixées dans le sol, on peut écarter les pieds autant qu'on voudra, sans qu'il soit besoin de les assujettir autrement. Quand on veut dresser ce support, il suffit de faire mouvoir un seul pied pour obtenir toutes les inclinaisons désirables. Le mouvement à pivot de la tablette permet de braquer l'instrument dans toutes les directions et de le fixer invariablement au moyen de l'écrou à oreilles placé en dessous.

Lorsqu'on a terminé les opérations photographiques, on enlève les vis qui maintiennent la chambre noire; et, après avoir desserré les vis de pression qui servent de pivots aux cylindres, on réunit les pieds en un seul faisceau qui est maintenu par une petite courroie. Quant à la planchette, elle se renferme dans le sac en cuir et pourrait au besoin se placer dans la poche.

Tel est le pied qui, au premier abord, peut paraître compliqué, mais qui est réellement d'une simplicité remarquable. Aucun autre instrument de ce genre n'est plus solide ni plus léger.

Nous pensons qu'il sera bientôt généralement employé pour le plus grand nombre des instruments d'optique et surtout pour toutes les opérations que l'on exécute en pleine campagne. Le capitaine Bazill-Hall en fait constamment usage pour dessiner à la chambre claire.

Notre petit appareil pour quart ou demi-plaque n'exige pas une description spéciale. Sa construction diffère peu de celle du daguerréotype de M. Séguier. Nous y avons seulement appliqué le mouvement à crémaillère et notre objectif modifié, de manière à reproduire le portrait ou le paysage, sans pièces de rechange et avec la même netteté.

§ XI. — MÉTHODE DE M. FOUCAULT POUR L'APPLICATION DU BRÔME.

127. Nous avons donné dans le cours de ce traité, N° 45 à 51, la méthode de M. Fizeau pour l'emploi de l'eau brômée. Cette méthode est parfaite et ne laisse rien à désirer. Néanmoins, un grand nombre de personnes ont adopté le procédé publié antérieurement par M. Foucault, et qui ne le cède en rien à celui de M. Fizeau.

Pour ne rien laisser ignorer à nos lecteurs de ce qui concerne la photographie, nous allons leur faire connaître la méthode de M. Foucault; mais comme nous sommes déjà entré dans de grands détails sur l'emploi de l'eau brômée, nous emprunterons à la dernière brochure de M. Buron, la description claire et précise qu'il a donnée de cette méthode.

EMPLOI DE L'EAU BRÔMÉE.

De toutes les méthodes qui ont été indiquées pour l'emploi du brôme, celle de M. Foucault est à la fois la plus simple dans la pratique et la plus certaine dans les résultats. A une autre époque, j'avais proposé un procédé qui était le fruit de mes recherches personnelles; mais je n'hésite pas aujourd'hui à reconnaître que celui de M. Foucault lui est préférable. Je décrirai ce dernier avec soin.

Le brôme est une substance qui paraît sous la forme d'un liquide rouge noirâtre. Il est excessivement caustique et attaque violemment les corps organisés. On doit donc éviter avec soin d'en répandre sur les mains ou d'en faire jaillir sur le visage.

Exposé à l'air libre ou dans un vase fermé, le brôme s'éva-

pore promptement sous forme d'effluves rongeatres. Dissous en petite quantité dans un certain volume d'eau, il continue également de s'évaporer, mais moins promptement qu'à l'état naturel.

C'est en solution dans l'eau que le brôme est employé dans les expériences du daguerrétype.

Les vapeurs de brôme reçues sur une plaque iodée déterminent une étonnante accélération dans la production des images. Mais il faut, pour que l'effet soit complet, que l'absorption du brôme par l'iode soit toujours d'une quantité donnée et constante. S'il n'y en a pas assez, la couche d'iode ne jouit que d'une sensibilité imparfaite; s'il y en a trop, la plaque se couvre en tout ou en partie d'un voile plus ou moins épais, qui masque l'épreuve.

Toute la difficulté se résout donc à déterminer la quantité de brôme qui est strictement nécessaire à l'effet photogénique, et à trouver le moyen de répéter l'opération dans les mêmes conditions autant de fois qu'on le désire.

On prépare une solution de brôme qui peut toujours être renouvelée dans les mêmes proportions, en mêlant dans un kilogramme (2 livres) d'eau un demi-gramme (9 grains) de brôme pur. Généralement on supplée à la pesée du brôme qui n'est pas sans difficulté, et qui d'ailleurs exigerait une balance de précision, par l'emploi d'une petite pompe aspirante (1) en verre, dont la pointe effilée contient jusqu'à un repère une quantité de brôme égale en poids à un demi-gramme (9 grains). Ce point ayant été exactement déterminé à l'avance, il suffit, toutes les fois que l'on veut préparer l'eau brômée, de plonger la pointe de cet instrument dans du brôme pur et d'en soulever le piston jusqu'à ce que le liquide affleure le repère. On porte ensuite la partie de brôme ainsi mesurée dans un flacon contenant un kilogramme (2 livres) d'eau, et on l'y mêle exactement. Si l'on ne voulait préparer que la moitié, que le quart de la quantité sus-indiquée, la partie effilée de la seringue, qui contient un demi-gramme (9 grains) de brôme, pourrait être subdivisée en deux ou en quatre parties, et l'on opérerait le mélange seulement dans 500 ou 250 grammes (une livre ou une demi-livre) d'eau.

Pour que la solution de brôme ainsi obtenue soit mise dans

(1) Plusieurs auteurs ont conseillé l'emploi d'une pipette en verre, pour aspirer le brôme. Cette méthode doit être rejetée avec une substance aussi dangereuse que le brôme.

des conditions telles que le volume et l'intensité des vapeurs qu'elle émettra soient constamment identiques dans toutes les expériences, on fait usage de la boîte, *fig. 25*, pl. I^{re}.

C'est un caisson en bois à l'extérieur, mais qui renferme intérieurement une cuvette de verre. Un plateau de glace bien dressé D glisse sur les bords de la cuvette et la ferme hermétiquement.

La boîte dont il s'agit est montée sur trois vis calantes *c c c*. Elle a sur le côté une ouverture par laquelle on introduit le brôme avec l'entonnoir à bec recourbé *E T*. Au-dessous se trouve un robinet destiné à procurer l'écoulement du liquide au dehors lorsque l'opération est terminée.

Avant d'être mise en expérience, la boîte à brôme a dû être placée dans une position parfaitement horizontale. On satisfait à cette condition indispensable pour la réussite du procédé, en faisant usage d'un niveau à bulle d'air, qu'on met d'abord dans un sens, puis dans l'autre, sur la glace qui couvre la cuvette, et en faisant jouer les vis à caler.

La plaque, après avoir été iodée ainsi qu'il a été dit ci-dessus, N^o 22, a été mise dans le cadre à coulisses, *fig. 29*, Pl. II, où elle est demeurée à l'abri du contact de la lumière. On la porte ainsi enfermée à l'ouverture de la boîte à brôme, laquelle est d'une dimension égale à celle du cadre.

On introduit alors dans la cuvette, par l'entonnoir *E*, une certaine quantité d'eau brômée qui a été préalablement mesurée dans le flacon *fig. 26*, ou dans une seringue de verre, et on laisse l'évaporation se produire pendant trente secondes (1). Ce temps écoulé, on enlève par le côté la lame de glace qui sert d'opercule à la cuvette de verre, et immédiatement après on tire la planchette du cadre.

La plaque iodée se trouve ainsi en contact avec la vapeur du brôme et on l'y laisse pendant quinze autres secondes, à l'expiration desquelles on repousse la planchette. La plaque est prête alors à être portée dans la chambre noire. On enlève le cadre qui la contient, et on remet sur la cuvette la lame de verre qui lui sert de couvercle.

Au moment seulement de recommencer une nouvelle expé-

(1) On n'oubliera pas pendant ce temps d'incliner la boîte à brôme en différents sens, pour que la liqueur se répartisse également sur le fond. Il ne faut mettre d'eau brômée que ce qui est strictement nécessaire pour couvrir le fond de la capsule. Nous avons remarqué que la quantité de liquide introduite exerce une influence beaucoup plus grande que la durée de l'évaporation. Pour que cette dernière soit régulière, elle doit avoir lieu lentement, ce qu'on obtient seulement avec une proportion très-minime d'eau brômée.

rience, ou devra vider par le robinet, et en inclinant un peu la boîte, l'eau brômée qui a servi à la précédente opération; mais il faut avoir soin de tenir la cuvette fermée, afin de ne pas altérer, par l'introduction de l'air, l'atmosphère imprégnée de brôme qui s'est formée dans la cuvette et qui est très favorable au résultat.

Si l'on cherche à se rendre compte de ce qui a lieu dans la manipulation ci-dessus décrite, on voit qu'elle satisfait complètement aux deux conditions du programme, qui sont :

1^o Développer dans la boîte une certaine quantité de vapeur de brôme dont l'intensité et le volume seront constants, si la solution de brôme est toujours au même degré et si l'évaporation a lieu pendant un temps égal.

2^o Laisser la plaque en contact avec la vapeur de brôme pendant un même nombre de secondes.

La quantité d'eau brômée à introduire dans la cuvette et les espaces de temps ci-dessus indiqués ont été déterminés pour la boîte qui sert aux quarts de plaque. Mais on conçoit que ces proportions doivent changer si l'on fait usage de boîtes plus grandes ou plus petites.

La solution d'eau brômée étant supposée d'égale force, voici les termes qui correspondent à chacune des boîtes à brôme qui font partie des appareils à portraits.

DÉSIGNATION des DAGUERRÉOTYPES.	QUANTITÉ d'eau brômée à introduire dans la cuvette.	DURÉE de l'évaporation du brôme.	DURÉE de la mise en contact de la pla- que iodée avec la vapeur de brôme.
	centilitres.	secondes	secondes.
Appareil pour sixièmes de plaque	1	30	10
Appareils pour quarts de plaque	2	id.	15
Appareil pour demi- plaques	3	id.	20

Il pourrait arriver que, soit par l'effet d'une préparation inexacte de l'eau brômée, soit par l'emploi d'une boîte dont la dimension ne serait pas absolument semblable à celle de mes appareils, on n'obtient pas immédiatement un effet satisfaisant. Il faudrait dans ce cas régler soi-même la boîte dont on fait usage, et l'on y parviendrait aisément de la manière suivante :

Selon la dimension de la plaque on suivrait exactement, pour le volume de brôme à introduire et pour le temps d'évaporation, les deux premiers termes du tableau qui précède. Mais, si, par exemple, opérant sur 174 de plaque et ayant ouvert la coulisse pendant 15 secondes, l'image ne s'était pas produite, ce serait une preuve que la quantité de brôme absorbée n'a pas été suffisante; alors on commencerait l'expérience en doublant la durée de cette exposition. Si dans ce second cas l'épreuve était voilée, il y aurait eu trop de brôme, il faudrait donc chercher entre les limites de 15 et 30 secondes la durée d'exposition nécessaire. Mais lorsque ce terme a été trouvé, il ne reste plus aucune difficulté, et l'on peut être sûr de reproduire constamment le même effet, si les solutions de brôme sont toujours au même titre, et si les diverses opérations sont faites dans les mêmes conditions.

§ XII. — PERFECTIONNEMENT A LA BOÎTE A IODE.

128. Tous ceux qui se sont livrés à l'étude du daguerréotype savent par expérience combien il est difficile d'arriver à un iodage parfait, c'est-à-dire à répartir sur toute la surface de la plaque une couche d'iode de la même intensité. On s'est préoccupé de cette difficulté dès l'origine de la photographie, et nous avons déjà fait connaître, N° 20, les perfectionnements apportés à la construction de la boîte à iode par MM. Séguier et de Brébisson.

Le principal écueil que l'on rencontre en iodant, consiste surtout dans la tendance de l'iode à se porter sur les bords de la plaque plutôt que vers son milieu; il en résulte que ce dernier est à peine arrivé à la couleur jaune, lorsque déjà les bords sont passés à la teinte rose. En outre, l'atmosphère de la boîte est souvent chargée de particules infiniment petites d'iode ou de poussière imprégnée d'iode qui s'attachent à la plaque, et occasionnent ces points noirs qui déshonorent les plus belles épreuves.

Il est vrai qu'on remédie en partie au premier inconvénient en chauffant la plaque par son milieu, comme nous l'avons re-

commandé, N^o 22. On a aussi essayé d'empêcher l'effet des grains de poussière iodée en interposant entre la plaque et l'iode un morceau de gaze ou de mousseline, qui tamisait en quelque sorte les vapeurs iodiques, avant qu'elles n'arrivassent à la plaque. Mais ce moyen excellent en théorie n'a pu se soutenir dans la pratique, et l'on a remarqué qu'en très-peu de temps la gaze ou la mousseline s'imprégnait d'iode, et avait alors tous les inconvénients des cartes de coton, des planchettes ou des cartons saturés d'iode.

Voici la construction nouvelle que nous proposons dans le but de remédier à ces inconvénients.

La boîte à iode ainsi que son couvercle seront entièrement revêtus de lames de verre. Sur le fond de cette boîte on disposera, comme à l'ordinaire, une carte de coton renfermant quelques parcelles d'iode en grains. Au-dessus de cette carte et sur des tasseaux de verre, on placera la planchette de verre, représentée *fig. 21*, Pl. I. Cette planchette sera percée au moyen de l'acide fluorique, ou de toute autre manière, d'un trou ovale *T*, d'un diamètre proportionné à la grandeur de la plaque; enfin on collera sur cette ouverture avec de la résine, un morceau d'une étoffe entièrement tissée en verre, *v*.

Il est clair qu'au moyen de cette disposition, les vapeurs de l'iode arriveront à la plaque dans un état d'extrême division, et exemptes de ces particules d'iode qui occasionnent les taches noires dont nous avons parlé. On pourra modifier la forme de l'ouverture *T*, de manière à neutraliser la tendance de l'iode à se porter sur les bords de la plaque plutôt que vers son milieu.

§ XIII. — NOUVEAU SUPPORT A CHLORURER, DE M. CH. CHEVALIER.

129. En faisant connaître (N^{os} 81 à 83) les différents procédés, inventés par MM. Fizeau et Gaudin, pour le fixage des épreuves photographiques, au moyen d'une solution de chlorure d'or, nous avons eu occasion de parler du support extrêmement simple, *fig. 16*, Pl. I, dont on se sert habituellement pour cette opération. L'invention de ce support paraît être due à M. Gaudin. Depuis, M. Ch. Chevalier a construit, pour le même usage, un support beaucoup plus compliqué, mais infiniment plus commode.

Ce support est représenté *fig. 17, 18 et 19*, Pl. I. *G, fig. 18*, est un gril en fil métallique sur lequel on place la plaque à chlorurer; mais pour éviter que le contact immédiat avec les

barreaux du gril n'échauffe plus fortement la plaque en certains endroits, cette dernière repose sur quatre petits goujons *i, i*, *fig. 17*, qui la tiennent isolée du gril.

Les *fig. 17* et *19* représentent une espèce de *T*, construit en bois et sur lequel on place le gril, comme on le voit en *G*, *fig. 17*. Le montant et les branches transversales de ce *T* sont composés de deux pièces articulées, à charnières, *C* et *C'*, *fig. 17*. Les ressorts *r*, *fig. 19*, et *r'* *fig. 17*, tendent continuellement par leur élasticité à écarter la double branche de chaque articulation; mais au moyen des écrous de rappel *E'*, et *E''* *fig. 19*, ces deux branches peuvent être rapprochées à volonté. Il résulte de cette disposition un double mouvement d'avant en arrière et de gauche à droite, destiné à établir l'horizontalité parfaite du gril, et par suite celle de la plaque *A*, *fig. 19*, sur laquelle le chlorure peut alors être versé à une épaisseur partout égale.

La petite presse *P*, *fig. 19*, sert à fixer l'appareil sur une table *T*, ou sur le bord d'un meuble.

Le support de *M. Ch. Chevalier* nous a paru remplir complètement le but que s'est proposé l'auteur.

Nous devons dire néanmoins que cet instrument parfait, trop parfait peut-être pour l'usage auquel il est destiné, sera difficilement adopté par le plus grand nombre des expérimentateurs, parce que sa construction exige une précision qui ne permet de l'établir qu'à un prix assez élevé.

Nous faisons donc des vœux pour qu'on imagine un autre appareil du même genre, mais plus simple et surtout moins cher.

En attendant, nous nous hasarderons à proposer un perfectionnement fort simple à l'appareil à chlorurer, de *M. Gaudin*, représenté *fig. 16*: le cercle métallique qui forme la partie supérieure de cet instrument pourrait être percé de trois trous, disposés en triangle équilatéral; ces trois trous, taraudés d'un pas fin, recevraient trois vis calantes, au moyen desquelles il serait facile d'établir l'horizontalité de la plaque. Cette modification que nous avons adoptée pour notre usage nous a toujours donné d'excellents résultats.

§ XIV. — DURÉE DE L'EXPOSITION A LA CHAMBRE NOIRE, PAR *M. BURON*.

130. Il est difficile de déterminer à l'avance le temps pendant lequel la plaque doit demeurer exposée dans la chambre noire. Ce terme excessivement variable dépend de plusieurs

circonstances, dont les principales sont : l'état de l'atmosphère et le lieu dans lequel on opère.

Cependant, en indiquant ici les durées d'exposition qui chez moi, dans une localité qui n'est pas des meilleures, donnent avec les objectifs de mes divers appareils des épreuves supérieures, j'aurai fourni aux amateurs un élément qui pourra leur servir de point de départ dans leurs expériences personnelles. Tel est l'objet du tableau suivant :

ÉTAT DE L'ATMOSPHÈRE.	TEMPS D'EXPOSITION AVEC L'APPAREIL.		
	pour sixièmes de plaque. Ouverture 30 millièmes	pour quarts de plaque. Ouverture 14 millièmes	pour demi plaque. Ouverture 52 millièmes
Ciel sans nuage (le modèle étant abrité sous des toiles).	Secondes. 2 à 5	Secondes. 10 à 15	Même temps que pour l'appareil quart de plaque. La perte de lumière occasionnée par la plus grande distance, facile est compensée et au delà par la plus grande ouverture de l'objectif.
Ciel avec nuages blancs (le modèle étant sans abri).	2 à 5	10 à 15	
Avec abri.	5 à 10	15 à 30	
Ciel couvert de nuages foncés (le modèle n'étant pas abrité par des toiles).	10 à 15	30 à 45	

§ XV. — EXAMEN COMPARATIF DE L'OJECTIF A VERRES COMBINÉS ET DU SYSTÈME DIT ALLEMAND.

131. L'invention du daguerréotype à double objectif est sans contredit une des plus importantes qui soient venues enrichir la photographie, puisque, grâce à cette ingénieuse combinaison, la puissance de l'instrument se trouve en quelque sorte doublée et que le même appareil peut être tour à tour appliqué à des usages différents.

On conçoit facilement que la priorité de cette utile découverte a dû être contestée; et il s'est engagé à ce sujet entre plusieurs

opticiens de Paris, non pas une guerre franche et ouverte, mais une polémique sourde, insidieuse, polémique de réticences et d'insinuations, et dans laquelle la justice, la vérité et les égards qu'on se doit entre confrères, surtout entre confrères exerçant une profession éclairée, n'ont pas toujours été ménagés. Mais ce qu'il y a de plus déplorable dans ces fâcheux débats, c'est que l'amour-propre national, c'est que le mérite d'une invention toute française aient été sacrifiés aux intérêts d'une mesquine rivalité commerciale.

Quant à nous, libre de toute influence, étranger à toutes les parties intéressées dans ce débat, nous avons examiné avec toute l'impartialité d'un juge désintéressé les diverses questions auxquelles il a donné lieu. Nous nous sommes livré à de consciencieuses recherches pour arriver à rétablir l'exactitude des faits. Notre but avant tout a été de restituer à la France l'honneur d'une invention qui lui appartient. Nous nous sommes souvenu aussi qu'une découverte, fruit du travail et des veilles d'un homme, est sa propriété la plus chère, et que la justice oblige de rendre à chacun le mérite qui lui est dû.

Mais avant de faire connaître à nos lecteurs le résultat de notre examen, il importe d'abord de faire ressortir les avantages importants que la photographie doit retirer de la nouvelle découverte.

Nous avons déjà vu que presque toutes les améliorations successivement introduites dans la photographie, avaient eu pour objet la solution de l'important problème des portraits. Il fallait, pour y réussir : rendre la plaque éminemment sensible, concentrer dans la chambre obscure la plus grande intensité possible de rayons lumineux, deux conditions essentielles pour abréger la durée de l'exposition du modèle.

L'invention des substances accélératrices, celle de l'eau bromée surtout, a complètement triomphé de la première de ces difficultés, et sous ce rapport la photographie n'a plus aujourd'hui rien à demander à la chimie.

Quant à la seconde difficulté, qui est du ressort de l'optique, elle ne devait être ni aussi promptement ni aussi facilement résolue.

Pendant quelque temps l'objectif normal de M. Daguerre fut regardé comme un type sacramentel dont il n'était pas permis de s'écarter. La partie optique de l'appareil resta donc d'abord stationnaire. Mais on ne tarda pas à adopter des objectifs à foyer plus court, destinés à agir à de petites distan-

ces; il en résulta nécessairement une plus grande intensité de lumière répartie sur la plaque, et dès-lors il fut possible d'abréger considérablement le temps exigé avec l'ancien objectif pour la réussite des images. Ce premier perfectionnement fut accueilli avec un véritable succès. Cependant, les objectifs à foyer court présentaient un inconvénient grave : la nature même de ce foyer occasionait une aberration de sphéricité qui dominait sur presque toute la plaque, en sorte que le milieu seul de l'épreuve présentait une image pure, tandis que les bords étaient nécessairement diffus. On crut trouver un remède à cette imperfection, en condamnant à l'inaction une partie de la lentille au moyen de diaphragmes plus ou moins rétrécis. On détruisait ainsi en partie les effets de l'aberration sphérique, mais on retombait alors dans le vice de la construction primitive, puisque la netteté de l'image ne s'obtenait qu'en perdant une quantité de lumière proportionnée au rétrécissement du diaphragme.

On était donc engagé dans un cercle vicieux, et il fallait, pour en sortir, trouver une combinaison optique où le calcul de la courbure du verre, ou l'association possible de plusieurs objectifs, permit de conserver à la lumière toute son intensité. Il fallait, en un mot, trouver moyen de supprimer les diaphragmes, tout en évitant les inconvénients de l'aberration sphérique. Enfin il était à désirer que cette combinaison pût se prêter à toutes les exigences de la photographie, et pour y parvenir, il fallait rendre le même appareil propre à opérer à toutes les distances.

L'invention des objectifs à verres combinés satisfait pleinement à toutes les conditions de ce programme. Au moyen de cette ingénieuse combinaison, le diaphragme est supprimé dans la plupart des cas; le faisceau lumineux arrive sur la plaque sans obstacle, et sans avoir rien perdu de son énergie; l'aberration de sphéricité, inévitable avec l'emploi des lentilles, devient à peine sensible, puisque le foyer n'a plus besoin d'être raccourci à l'excès; enfin la courbure des verres et leur combinaison relative sont calculées de manière à permettre de modifier à volonté la longueur de ce foyer, en sorte que le même appareil peut servir alternativement à reproduire les objets les plus éloignés et ceux qui sont situés à une moindre distance.

Cet exposé suffit pour démontrer tous les avantages des objectifs à verres combinés. On peut donc dire que cette inven-

tion est le point de départ d'une ère nouvelle pour la photographie, puisque désormais on a la faculté d'opérer par tous les temps, à toutes les distances, et que les épreuves sont obtenues dans un temps moitié moindre que par les anciens procédés.

Nous allons examiner maintenant qui peut revendiquer l'honneur de cette utile découverte, et nous rechercherons les causes qui lui ont fait appliquer pendant quelque temps la dénomination usurpée de *système allemand*.

1^o Et d'abord quel est le véritable inventeur des objectifs à verres combinés ?

Que M. Charles Chevalier soit le *premier* et le *seul* inventeur de ce nouveau système optique et de son application à la photographie, c'est ce que savent aussi bien que nous ceux qui ont affecté de soutenir le contraire. Nous ne chercherons donc pas à les convaincre, car il n'y a de pires sourds que ceux qui ne veulent pas entendre. Mais l'opinion publique a pu être égarée un instant par les manœuvres tour-à-tour employées pour ravir à l'inventeur l'honneur de sa découverte, soit qu'on l'ait appelée *système allemand* ; soit qu'on ait affecté de la confondre avec le système dialytique ; soit enfin qu'on l'ait présentée comme un fait dès longtemps connu et appliqué par tous les opticiens.

Il importe d'autant plus de rétablir à cet égard la vérité des faits, que l'étranger, profitant des divisions survenues entre quelques opticiens français, ne manquerait pas de se parer d'une découverte qui est nôtre.

Les preuves en faveur de la France sont nombreuses ; elles résultent toutes de documents authentiques et incontestables. Il suffira de les énoncer pour convaincre tout homme désintéressé et de bonne foi.

En effet, si nous nous reportons en 1834, nous voyons qu'à la date du 6 septembre de cette année, un brevet d'invention a été délivré à M. Ch. Chevalier pour la découverte d'un télescope réfracteur à *double verres achromatiques combinés*.

Ce télescope fut présenté par son auteur à l'exposition des produits de l'industrie, en 1839, et le jury des récompenses, dans un rapport où il conclut au rappel de la médaille d'or précédemment obtenue par M. Ch. Chevalier, s'exprime dans les termes les plus flatteurs, sur le nouveau télescope dioptrique de cet opticien (1).

(1) Voici le texte de ce rapport :

« Un autre essai de M. Charles Chevalier a plus d'importance. Il s'agit d'une lunette, désignée sous le nom de télescope dioptrique, dont tant, outre l'objectif

Voilà donc l'objectif à doubles verres achromatiques combinés découvert et appliqué, bien avant qu'il ne fût question du merveilleux procédé de M. Daguerre.

Dès les premiers temps de la photographie, M. Ch. Chevalier songea à appliquer à la chambre noire le double objectif de son télescope, et, à partir de cette époque, tous ses travaux, toutes ses expériences, furent dirigés dans ce but. M. le baron Séguier, confident des essais de M. Chevalier, pourrait appuyer ce fait de toute l'autorité de son témoignage, ainsi qu'il l'a déjà fait auprès de l'Académie des sciences dans le courant de l'année 1841.

Cependant ce ne fut qu'après deux années d'études que M. Ch. Chevalier, jaloux d'offrir au public un appareil complet et construit sur des principes mécaniques et optiques entièrement nouveaux, présenta à la Société d'encouragement son nouveau photographe à verres combinés. Cette présentation eut lieu le 10 décembre 1840, et le bulletin de la Société d'encouragement, du mois de décembre de cette année, constate cette date. Or, ce n'est que quatre mois après, en mars 1841, que l'on commença à occuper le public d'un prétendu objectif allemand, sur l'invention et le mérite duquel nous nous expliquerons plus tard. Qu'il nous suffise, pour le moment, de constater que la priorité de l'invention de l'objectif à verres combinés appartient à M. Ch. Chevalier de la manière la plus évidente; que cet objectif a été inventé par lui pour un télescope dioptrique, et que c'est encore lui qui en fait le premier l'application au daguerréotype.

C'est ainsi qu'en a jugé la Société d'encouragement qui, en 1840, avait ouvert un concours pour le perfectionnement

« ordinaire, un second objectif placé entre le premier et l'oculaire, comme le fiant dans
 « les lunettes dioptriques. On pourrait croire au premier coup-d'œil que la lunette de
 « M. Charles Chevalier est une lunette dioptrique, et pourtant il n'en est rien. Dans les
 « lunettes que nous venons de citer, l'objectif extérieur et le verre intermédiaire sont
 « l'un et l'autre *simples*, destinés à détruire à la fois la coloration et la confusion des
 « images : on économise de la matière et du travail : dans le système de M. Chevalier
 « on n'économise rien du tout; l'objectif et le verre intermédiaire sont l'un et l'autre
 « doubles et achromatiques séparément; mais on se donne de nouveaux moyens d'ar-
 « river à une perfection plus grande; on se donne une indétermination de courbures
 « et de distances dont il est possible de profiter pour obtenir des images plus nettes
 « et plus pures. On perd, il est vrai, quelque chose en clarté; mais, toute compensa-
 « tion faite, il y aura probablement encore avantage dans certains cas. Des images
 « nettes, quoique affaiblies, se distinguent encore lorsque des objets plus éclairés,
 « mais confus, échappent à l'œil. La lunette ne nous a été présentée que comme l'essai
 « d'un principe, toutefois avec un grossissement de deux cents fois environ; l'effet en
 « a été satisfaisant. Le jury rappelle à M. Charles Chevalier la médaille d'or qu'il a
 « obtenue en 1833. »

Rapporteurs : MM. Mathieu, Severt, Pouillet,
 Séguier, Savary.

de la photographie. Ce concours est resté ouvert pendant deux ans, et c'est seulement au bout de ce temps d'expériences et de réflexions que cette société savante vient d'accorder à M. Ch. Chevalier *la première récompense*, une médaille de platine, pour l'invention de son objectif à verres combinés.

Maintenant cette invention a-t-elle donné lieu, soit en France, soit à l'étranger, à d'autres combinaisons plus ingénieuses ou plus parfaites que celle de l'inventeur primitif? C'est une question que nous examinerons, après avoir combattu les insinuations successivement lancées dans le public pour contester à M. Ch. Chevalier le mérite de sa découverte.

Nous avons déjà dit que c'est seulement au mois de mars 1841 que l'objectif, dit allemand, apparut pour la première fois à Paris. On n'ignorait pas à cette époque, et les opticiens français connaissaient mieux que personne, et le rapport du jury de l'exposition de 1839, et la présentation à la Société d'encouragement de l'objectif à verres combinés. Cependant quelques confrères de M. Ch. Chevalier, dans un but qu'on devinera facilement, tout en gardant le plus profond silence sur l'objectif français, se mirent à exalter outre mesure l'appareil allemand. L'inventeur français crut alors devoir réclamer, et il publia à plusieurs reprises qu'il n'y avait point d'objectif allemand, ou que s'il en existait un, ce ne pouvait être qu'une copie, une imitation ou une contrefaçon de son système à verres combinés, dont il avait lui-même entretenu M. Ettinghausen, professeur allemand, dans de longues et nombreuses conférences, sur la photographie, que ce dernier avait eues avec lui pendant son séjour à Paris, en mars 1839. Cette assertion étant demeurée, depuis deux ans, sans réponse de la part du professeur allemand et de l'opticien de Vienne, on peut regarder comme constants les faits énoncés par M. Ch. Chevalier.

On commença alors à s'apercevoir qu'il y avait peut-être mauvaise grâce à se montrer plus jaloux de l'honneur étranger que l'étranger lui-même, et qu'au reproche d'avoir sacrifié le mérite d'un confrère, pourrait s'ajouter l'odieux d'avoir fait bon marché de l'honneur du pays. Il fallait donc changer de tactique, le silence plein de bonne foi du professeur allemand ne permettait plus de contester à M. Ch. Chevalier la priorité de son invention; on imagina alors de contester l'invention elle-même. C'est ainsi qu'on la présenta d'abord

comme une combinaison qui ne différait en rien du système dialytique ; mais on oubliait que le jury de l'exposition de 1839 avait déjà fait justice de cette assertion (Voir la note de la page 431). Qui croyait-on donc abuser ? Tout le monde ne sait-il pas que dans le système dialytique, les verres sont *simples*, tandis que dans l'objectif de M. Ch. Chevalier ils sont doubles et achromatiques. Cette nouvelle prétention n'était donc pas plus soutenable que le fameux système soi-disant allemand.

Ce fut alors qu'on se décida à avouer une partie de la vérité. On annonça enfin qu'on construisait des objectifs à doubles verres ; mais on se garda bien de dire qu'on imitait la combinaison optique de M. Ch. Chevalier ; on prétendit au contraire que le *secret* des objectifs à verres combinés *était connu de tout le monde ; que chacun en faisait usage sans s'en vanter, et qu'il ne pouvait revenir une grande part de gloire à ceux qui s'attribuaient le mérite de cette découverte.*

Si ce secret était celui de tout le monde, il faut convenir qu'on n'a pas d'exemple d'un secret aussi bien gardé, puisque, sans l'indiscrétion de M. Ch. Chevalier, le public l'ignorait encore. Si ce secret était celui de tout le monde, pourquoi donc l'avoir attribué exclusivement aux Allemands ? Pourquoi avoir exalté et vendu si longtemps de prétendus objectifs allemands dont on ne parle plus aujourd'hui ?

Si l'on en faisait usage sans s'en vanter, comment ose-t-on avouer qu'on a privé sciemment le public, jusqu'en 1842, d'une découverte qu'on réservait sans doute pour son usage particulier, puisqu'on s'est bien gardé d'en parler dans toutes les publications antérieures à cette époque ?

S'il ne pouvait revenir une grande part de gloire à ceux qui se sont *attribué* cette découverte, on est forcé de dire que la Société d'encouragement, qui ne pouvait pas ignorer le *secret de tout le monde*, a commis ou une grande ineptie, ou un acte de révoltante partialité, en accordant la récompense la plus honorable, la médaille de platine, à l'inventeur des objectifs à verres combinés, et cela après deux ans d'examen et de réflexion.

Mais, si nous sommes bien informé, dans la même séance où M. Ch. Chevalier recevait cette marque de haute distinction, un de ceux qui prétendent connaître depuis si longtemps le secret des verres combinés, aurait reçu une médaille de bronze pour des daguerréotypes à verres *simples*, ne serait-ce point par hasard, à l'issue de cette séance, que la révélation

subite de l'objectif à verres combinés se serait présentée à son esprit? Pourquoi alors, après avoir rendu justice à la méthode pour l'application de l'eau brômée de M. Foucault, méthode qu'on a empruntée entre autres choses à la brochure de M. Ch. Chevalier, ne pas reconnaître avec bonne foi le mérite d'un système d'objectifs qu'on trouve bon, puisqu'on le reproduit.

On a fait encore intervenir dans cette discussion, tout en affectant de garder une neutralité perfide entre l'inventeur français et les opticiens allemands, les formules de Litrow et les travaux de M. Ploës, opticien de Vienne. Sans examiner si ces formules et si ces travaux ont un rapport bien direct avec la question qui nous occupe, ce qui nous entraînerait trop loin, nous demanderons à ceux qui connaissaient si bien ces formules, comment il ne leur est pas venu plus tôt à l'idée d'en faire l'application, et comment, ayant entre les mains tous les éléments nécessaires pour produire un bon objectif, ils se sont fait les apologistes et les prôneurs du système allemand?

2^o Après avoir rétabli les droits incontestables de M. Ch. Chevalier comme inventeur de l'objectif à verres combinés, il nous reste à parler des imitations nombreuses qui en ont été faites en France et à l'étranger.

Nous avons déjà fait pressentir que le plus grand nombre des objectifs vendus à Paris sous le nom de système allemand étaient d'origine et de fabrique françaises. On voulait bien imiter la construction de M. Ch. Chevalier, mais il fallait donner le change au public sur cette imitation, et les quelques rares objectifs venus de Vienne servirent de passe-port à tous ceux que l'on construisait journellement à Paris. On pourrait donc dire, sous ce rapport, que les opticiens français sont les véritables inventeurs du système prétendu allemand.

Si l'on nous demande maintenant quel est le mérite de ces imitations françaises, nous tâcherons d'éviter le reproche que nous avons fait à quelques-uns de nos compatriotes, et nous jugerons leur œuvre avec justice et impartialité. Quelques-unes de ces imitations sont assez fidèles sous le rapport du calcul des courbures, et irréprochables pour le fini de l'exécution. Cependant on y reconnaît la gêne imposée nécessairement par les exigences d'une imitation qu'on a cherché à ne pas rendre trop servile; et le choix convenable des courbures s'en est trop souvent ressenti. D'autres constructeurs ont aspiré au mérite facile de produire beaucoup et à bon marché; or, on sait que le

bon marché en fait d'instruments d'optique ne peut s'obtenir qu'aux dépens de la qualité. Dès-lors, il est inutile de dire que, dans ces dernières constructions, le choix des matières premières, le calcul des courbures et la perfection du travail ont été complètement négligés.

Il nous reste à prononcer sur les qualités du véritable objectif allemand, et nous le ferons avec tous les égards qu'on doit à des étrangers. On a présenté ces objectifs comme le résultat de savants calculs, qui auraient été faits par M. Ettinghausen et par le docteur Petzvol. D'après ce que nous avons dit précédemment des conférences qui ont eu lieu entre M. Ch. Chevalier et le professeur allemand, chacun peut apprécier le mérite de ces calculs.

Nous devons néanmoins convenir, pour être juste, que M. Woigtlander, opticien de Vienne, a envoyé en France un objectif destiné aux quarts de plaque et qui donne d'excellents résultats lorsqu'on l'emploie à des sixièmes de plaque. Mais s'il est appliqué à des quarts de plaque, l'aberration de sphéricité est très-prononcée, et le milieu de l'épreuve est solarisé avant que les bords aient atteint l'intensité nécessaire. Aussi les allemands avaient-ils adopté des plaques de forme circulaire. Quoiqu'il en soit, cet objectif a valu à son auteur la médaille d'argent, dans le concours de la Société d'encouragement.

Quant aux objectifs d'une plus grande dimension, les allemands n'ont jamais rien produit qui puisse soutenir la comparaison avec le système de M. Ch. Chevalier. Trois ou quatre personnes à Paris, M. Bisson entre autres, possèdent des objectifs allemands pour demi-plaque. Avec ces appareils, l'aberration de sphéricité domine sur les deux tiers de la plaque, quand il s'agit de paysage, et l'on n'obtient rien de parfait en fait de portraits. Les allemands n'ont point encore construit d'objectifs pour plaque entière.

Ce que nous avons dit doit suffire pour faire apprécier le système allemand. Ses principaux défauts sont : l'aberration sphérique, et l'impossibilité de varier les foyers, en conservant la netteté de l'image. C'est donc moins une imitation du système de l'inventeur français qu'une combinaison à part, bien inférieure, sous tous les rapports, à celle de M. Ch. Chevalier.

En outre, les objectifs venus de Vienne ont l'inconvénient de coûter deux ou trois fois plus cher que ceux de M. Ch. Chevalier ; ainsi, ces objectifs pour demi-plaques ont été vendus au prix énorme de 425 fr., tandis que les mêmes objectifs français

sont livrés pour 150 fr. L'objectif de M. Woigtlander pour quart de plaque est coté 125 fr., tandis que le même objectif coûte 80 fr. chez M. Ch. Chevalier.

En résumé, nous avons démontré jusqu'à l'évidence :

1^o Que le *prétendu* objectif allemand est de fabrique parisienne; qu'il n'est qu'une imitation plus ou moins parfaite, trop souvent une parodie de l'objectif de M. Ch. Chevalier; que le nom de système allemand, de système dialytique qu'on a affecté de lui donner, n'était qu'un déguisement, qu'on ne prend même plus aujourd'hui, pour dissimuler l'emprunt fait au véritable inventeur.

2^o Que le *véritable* objectif allemand ne peut soutenir la comparaison avec le système français, puisque dans toutes les constructions allemandes (une seule exceptée) l'aberration sphérique domine sur presque toute l'étendue de la plaque.

3^o Que ces deux espèces d'objectifs sont inférieures, et pour le fini de l'exécution, et pour le calcul des courbures, et pour le choix de la matière, à l'objectif de M. Ch. Chevalier; que ce dernier est le véritable inventeur, et le meilleur fabricant de cette espèce d'objectif; que cette invention est bonne, puisqu'elle a été copiée, imitée et présentée au public sous tous les noms et sous toutes les formes; que les hommes les plus compétents l'ont jugée ainsi, et que la Société d'encouragement a confirmé ce jugement en décernant à l'inventeur la palme du concours ouvert par elle.

Telle est toute la vérité sur l'objectif à verres combinés. Nous savons bien que cette vérité contrariera certains amours propres et blessera certains intérêts rivaux; mais il s'agissait d'une question qui intéresse à la fois l'honneur national, la justice et le bon droit, nous avons dû l'examiner avec franchise, et nous avons puisé dans notre conscience seule l'expression de notre conviction. Nous savons bien qu'on ne manquera pas de nous appeler le *compère* de M. Ch. Chevalier, que nous n'avons jamais vu; mais nous nous en consolons facilement, puisque nous aurons alors pour complices, et les hommes éminents qui composaient le jury de l'exposition de 1839, et les membres de la Société d'encouragement, qui ont cru devoir récompenser l'inventeur des objectifs à verres combinés.

DESCRIPTION DES FIGURES

DE LA GALVANOPLASTIE.

- Fig. 1. Elle représente la forme la plus simple d'appareil à une seule cellule. Il consiste en un vase extérieur qui contient une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et quelques cristaux non dissous, de ce sel, suspendus à la partie supérieure de la dissolution; on y introduit la médaille qu'on veut cuivrer. Le vase intérieur représenté ici est construit en argile poreuse, et contient l'acide étendu, ainsi que la tige de zinc qu'on voit réunie à la médaille par un fil métallique. On peut substituer à ce vase intérieur un tube de verre très-effilé à son extrémité, ou tout autre appareil construit en substance poreuse, et approprié aux circonstances. (108), (110), (114).
- Fig. 2. Autre variété d'appareil simple. Il consiste en une caisse carrée contenant du sulfate de cuivre et le vase de verre intérieur dont l'orifice est fermé par une membrane de vessie. C'est dans ce dernier qu'on introduit l'acide et le zinc. Cette variété d'appareil doit être choisie par ceux qui préfèrent l'appareil à une seule cellule, car toutes les parties de l'appareil sont convenablement disposées pour remplir leurs fonctions respectives.
- Fig. 3. La batterie qui est représentée ici (A) consiste en un fragment d'argent platiné placé dans le centre, et auquel est unie une vis qui permet au fil métallique (s) de communiquer avec le pôle positif de l'appareil à décomposition. Ce pôle est formé d'une feuille de cuivre qui doit être dissoute pendant l'opération. Le zinc est en deux fragments qui sont unis l'un à l'autre à l'aide d'une vis qui leur permet de communiquer au moyen d'un second fil métallique (z) avec le pôle négatif (n), c'est-à-dire avec la plaque qu'on veut fabriquer. L'auge à précipités (B) est un vase plat ayant la forme d'un parallépipède, il contient à sa partie supérieure deux fragments de métal qui permettent de fixer les fils métalliques et les pôles. L'appareil à une seule batterie est applicable à l'argent et aux autres métaux qui ont une plus grande affinité pour l'oxygène. (117), (120).

- Fig. 4. Appareil semblable à celui qui vient d'être décrit, avec cette différence que l'auge à précipités est horizontale. Cette variété d'appareil doit être préférée quand on veut que le dépôt se forme avec une grande rapidité. La plaque métallique ou l'objet à copier est disposé au fond de l'auge et doit être mis en communication avec le zinc de la batterie à l'aide du fil métallique, tandis que le fragment de cuivre est placé à 1 ou 2 centimètres (5 ou 9 lignes) au-dessus de l'objet à copier, et communique avec le zinc de la batterie.
- Fig. 5. Cette figure représente l'appareil de Mason, à l'aide duquel un équivalent de zinc réduit deux équivalents de cuivre. (A) n'est autre chose qu'une cellule simple, semblable en tout à la fig. 1, avec cette modification, cependant, que le zinc, au lieu d'être uni à la médaille dans la dissolution de sulfate de cuivre, communique, au moyen d'un fil métallique, avec la médaille placée dans une dissolution de sulfate de cuivre contenue dans l'auge à précipités (B). La médaille placée dans le premier vase (A) communique avec un fragment de feuille de cuivre placé dans l'auge à précipités (B). Ce fragment devient pôle positif à l'égard de la seconde cellule, ce qui complète la série. Le courant électrique se dirige ainsi du zinc (en A) à la médaille (en B), où le métal de la dissolution se réduit; un poids égal de la plaque de cuivre est alors dissous, et le courant électrique rétrograde vers la médaille contenue dans le premier vase (A); là, il réduit le cuivre du sulfate de cette base, et le circuit est complété. (121.)
- Fig. 6. Cette figure indique la manière de disposer un certain nombre de médailles. La batterie (A) est semblable à celles déjà décrites (fig. 3 et 4). L'auge à précipités (B) est identique à celle indiquée dans la fig. 1. On voit que les médailles sont unies à la vis du zinc de la batterie, tandis que le fragment de cuivre à dissoudre est uni à l'argent platiné. Cette forme d'appareil est très-propre à préparer en une seule fois plusieurs médailles de toutes grandeurs. A la partie supérieure de l'auge à précipités se trouve une tige transversale qui est unie au zinc de la batterie; sur cette tige ou barre, on fixe les fils métalliques qui soutiennent cha-

que médaille. On peut ainsi les enlever séparément pour les examiner.

Fig. 7. Appareil à batterie composée. La batterie (A) est une auge ordinaire en porcelaine, à plusieurs cellules ou compartiments. Elle contient une batterie composée en argent platiné; le nombre de cellules peut s'élever de 3 à 12, suivant les cas. Un fil métallique uni à l'argent de la batterie est mis en communication avec un fil délié de platine; l'opérateur règle la quantité du fluide électrique d'après la profondeur à laquelle le fil est plongé dans la dissolution. (z) est un fil métallique qui communique avec le zinc de la batterie, et qu'on unit à la plaque négative (115, 116). L'auge à précipités (B) est un vase qu'on a pour but de dorer; cet appareil est indispensable pour les métaux qui exigent un pôle positif en platine; on doit donc l'employer pour la réduction de l'or, du platine, du palladium, du nickel, etc.

Fig. 8. Pile de Daniell.

Fig. 9. Pile à courant presque constant, généralement employée à Paris.

Fig. 10. Pile de Grove.

Fig. 11. Pile à courant constant avec un seul liquide conducteur.

Fig. 12 et 13. Pile employée au Muséum à Paris.

Ces cinq dernières piles sont décrites dans l'article VI de l'Appendice.

Fig. 14. Pile galvanique à courant constant, employée par Lentz et Jacobi.

Fig. 15 et 16. Pile de M. Sorel.

Ces deux piles sont également décrites dans l'Appendice, Article VII.

Fig. 17. Appareil propre à reproduire par la galvanoplastie les planches du daguerréotype : (R) récipient. (Z) plaque de zinc à laquelle est soudé le conducteur (C'). (M) manchon en verre. (P) épreuve photogénée ou médaille. (F) conducteur en fer à cheval, soudé au dos de la plaque. (C) second conducteur soudé au fer à cheval, et qui vient plonger avec le conducteur (C') dans le vase *m* rempli de mercure. (TT) tube ou lame de verre qui passe sous le fer à cheval et maintient la plaque au milieu du liquide.

EXPLICATION DES FIGURES

DE LA DAGUERRÉOTYPIE.

PLANCHE I.

Fig. 1^{re}. La chambre obscure fixée sur son pied au moyen de deux boutons à vis dont l'un est représenté en *b*.

C, C, C, C', C', C', charnières des brisures latérales de la boîte. En C', C', C', les charnières sont placées à l'intérieur.

B, bouton du pignon qui fait mouvoir le tirage et que l'on fixe au moyen de la clef d'arrêt *c*, fig. 1 bis.

A, cavité dans laquelle glisse le tiroir de la chambre obscure. Lorsque l'instrument est fermé comme on le voit dans la fig. 1 bis, il reste encore une partie de cette cavité dans laquelle on loge un casier qui contient toutes les pièces de l'objectif.

O, tube de l'objectif.

P, prisme redresseur muni de son obturateur représenté ouvert en F.

P, P, P, pied à six branches. Les branches sont articulées à la partie inférieure au moyen des charnières *c*, *c*, *c*, et fixées au triangle par des vis de pression.

Fig. 1 bis. A, chambre obscure repliée, vue de profil et de champ. Dans la seconde figure, B représente le bouton et C la clef d'arrêt. A la partie postérieure de la boîte, on voit le casier contenant les pièces de l'objectif; O, cône ou monture de la lentille postérieure; T, grand tube antérieur pour le portrait; T', petit tube antérieur; P, prisme.

Fig. 2, 3 et 4. (Dans les trois figures, les mêmes lettres désignent les mêmes objets.)

L, lentille postérieure montée sur le tube conique C' qui présente à sa partie postérieure deux pas de vis V, *v*, destinés à visser l'objectif en dehors ou à l'intérieur de l'appareil; T, petit tube garni de la pe-

tite lentille *b*, et du diaphragme D. Ce tube est vissé sur le cône et reçoit l'obturateur O.

Dans la fig. 3, on a ajouté le prisme P fixé sur un tirage qui permet de le tourner dans tous les sens.

Fig. 4. Disposition des verres pour le portrait. Le tube est plus long et le verre antérieur plus convexe; on n'emploie pas le diaphragme.

Fig. 5. Planchette à polir.

p, poignée.

A, tablette.

c, *c*, et *c'*, crochet et mâchoires destinés à maintenir la plaque. Le crochet supérieur *c'* est mu par la vis.

Fig. 6. Boîte à mercure développée.

c, *c*, charnières de la brisure.

O, ouverture vitrée à travers laquelle on suit les progrès de l'épreuve.

T, thermomètre droit.

L, lampe à esprit-de-vin.

Fig. 7. Boîte à l'iode. L'iode est disséminé sur le fond F; la plaque ou plutôt le châssis est soutenu par les tasseaux *t*, *t*.

C, lame de verre sur les deux faces de laquelle on colle deux feuilles de papier ou de carton bristol. Cette tablette remplace avantageusement la planchette de M. Séguier. Pour ioder une plaque, il faut renverser la lame de verre de telle sorte que le papier saturé d'iode soit tourné du côté de la plaque.

Fig. 8 et 8 bis. La fig. 8 bis représente la plaque P fixée sur la fourchette de Brébisson dont les branches sont indiquées en B, B. M est le manche de l'instrument.

Fig. 8. Indique l'inclinaison qu'il faut donner à la plaque au-dessous de laquelle on promène la lampe L.

Fig. 9. *c*, *c*, *c*, pieds du support sur lequel on pose la plaque P, soit pour la chauffer fortement, soit pour appliquer le chlorure d'or.

Fig. 10. B, bassine; E, égouttoir supporté par son pied P (ancien procédé).

Fig. 11. Daguerreotype Gaudin. AB, tête de l'objectif; *bcd*, diaphragmes variables qu'on amène à volonté devant l'objectif au moyen du bouton *a*. CDH, tube fixé à la tête de l'objectif. G I, autre tube glissant à

frottement régulier dans le premier. *J*, plaque carrée qui s'ouvre et se ferme comme un abattant de secrétaire; c'est sur elle que l'on place la plaque. En refermant cet abattant, elle vient s'appliquer contre la plaque carrée du tube intérieur et en regard de l'objectif. (Voyez N° 11 de l'ouvrage.)

- Fig. 12. Boîte au mercure, à développement, de M. Lerebours; les planchettes *c d d* sont à coulisses et servent de pieds à la boîte lorsqu'elles sont tirées; le ressort *b* empêche ces pieds de se refermer. *m n*, thermomètre; *r s*, rideau noir qui sert à masquer la glace *p q* par laquelle on observe les progrès de l'épreuve; *e*, position de la plaque dans la boîte; *u x a x*, glace en verre jaune contre laquelle on applique la lumière pour éclairer l'intérieur de la boîte.
- Fig. 13. Daguerriotype Lerebours. *a b*, pièce en cuivre formée de deux tubes et portant l'objectif; *x x y y*, rideau noir qui sert à ouvrir et à fermer l'ouverture *g*; *d h*, coulisse qui reçoit la glace dépolie et le châssis contenant la plaque; *c*, vis qui sert à fixer le châssis; *o s*, planchette à charnière qui sert à recouvrir le châssis.
- Fig. 14 et 15. Planchette à polir. *a b*, mentonnets en cuivre, percés d'une petite rainure, dans laquelle on engage les angles de la plaque. La petite presse en bois, *fig. 15*, sert à assujettir la planchette sur une table.
- Fig. 16. Support à chlorurer, de M. Gaudin, décrit dans l'ouvrage, Nos 83 et 129.
- Fig. 17, 18 et 19. Support à chlorurer, de M. Ch. Chevalier. On en trouvera la description, N° 129.
- Fig. 20. Boîte à iode, système Séguier. *a b*, feuille de carton dont les faces s'imprègnent tour à tour des vapeurs de l'iode contenu au fond de cette boîte.
- Fig. 21. Perfectionnement à la boîte à iode. Voir N° 128.
- Fig. 22 et 23. Cuvette plate de Lerebours et son couvercle. *b b*, rebords pour soutenir la planchette qui porte la plaque; *t*, *fig. 23*, indique une ouverture percée dans la glace qui recouvre la cuvette: elle sert à introduire l'eau bromée; la glace est ensuite poussée de manière à fermer hermétiquement la cuvette. (Voyez N° 51.)
- Fig. 24. Pot au brôme d'iode, de M. Gaudin. *a b* indique la position de la plaque dans le pot.

Fig. 25. Cuvette pour l'eau brômée, de M. Foucault. D, couvercle en glace; c c, vis calantes, servant à mettre la boîte de niveau; T, tube en verre pour introduire l'eau brômée dans la boîte; E, entonnoir qui s'adapte sur le tube T.

Fig. 26. a flacon pour mesurer la dose d'eau brômée; b, tube, c, entonnoir, vus à part. (Voir N° 127.)

PLANCHE II.

Fig. 27 à 34. Daguerrréotype à portraits, de M. Buron.

Fig. 27. Chambre noire. o indique le couvercle qui sert à masquer l'objectif.

Fig. 28, 29 et 30. Verre dépoli, cadre à coulisse et planchette pour recevoir la plaque.

Fig. 31. Boîte à iode. T, T, tasseaux pour recevoir la planchette, fig. 30, où l'on a fixé la plaque; R, poignée du refouloir qui sert à comprimer le coton imprégné d'iode. On fait aujourd'hui cette boîte beaucoup plus plate.

Fig. 32. Boîte au mercure sous laquelle on voit en A la lampe à esprit-de-vin.

Fig. 33. Boîte à plaques.

Fig. 34. Boîte où l'on renferme toutes les pièces du daguerrréotype à portraits, représentées dans les figures 27 à 33.

Fig. 35. Grand appareil portatif de M. Buron, renfermant tous les accessoires. A est la boîte au mercure repliée sur elle-même; l'objectif B se place dans cette boîte sur un tasseau particulier; C, carton qui renferme le coton à polir; D, la boîte aux produits chimiques; F, la boîte à iode; E, les bassines et l'égouttoir emboîtés l'un dans l'autre; G, le gril en fer, pour chauffer les plaques et pour chlorurer; H I, les deux cadres et leur support servant à la chambre obscure. La boîte à plaques renfermée également dans l'appareil ne peut être vue dans l'appareil.

Fig. 36. Boîte au mercure de l'appareil précédent. A, cheville de fer qui sert de pivot lorsqu'on veut replier la boîte; B, ouverture circulaire recouverte d'un verre pour examiner les progrès de l'opération.

TABLE DES MATIÈRES

DE LA GALVANOPLASTIE.

	Pages.
Avertissement.	1 ^{re}
Histoire de l'électro-métallurgie.	7
LIVRE PREMIER.	
Du galvanisme.	17
CHAP. I ^{er} . Des batteries galvaniques.	id.
<i>Sommaire</i> : Différentes espèces d'électricité, 1-9. — Batteries galvaniques; circonstances avantageuses et désavantageuses, 9-14. — Cause prochaine du galvanisme, 14-18. — Quantité et intensité, 18-24. — Différentes formes de batteries : couronne des Tasses, Wollaston, etc., 24-33. — Adhésion de l'hydrogène sur la plaque négative; amalgame de la plaque positive, 34-38. — Batterie de Daniell, 38-45. — Batterie de Grove, 45-48. — Batterie de Smée, 48-56. — Comparaison entre les trois systèmes, 56-58. — Conclusion, 58.	
CHAP. II. Des propriétés des batteries galvaniques.	36
<i>Sommaire</i> : Phénomènes des batteries en action, 59. — Galvanomètre d'Harris, 60. — De l'étincelle, 61. — Bouteille de Leyde chargée par l'électricité voltaïque, 62. — Effets physiologiques, 63. — Magnétisme, 64-68. — Galvanomètres, 68-70. — Aimant passager en forme de fer à cheval, 70-74. — Cellule de décomposition, voltamètres, pôles, 74-85. — Lois de la décomposition voltaïque, 85-87. — Table des équivalents chimiques, 87. — Liquide nécessaire pour la décomposition, 88. — Faculté conductrice du liquide employé à la décomposition, 89-90. — Intensité nécessaire pour la décomposition, 91. — Electrolysis; décomposition électro-chimique, 92-99. — Théorie de Daniell, 99-100. — Etat du liquide pendant la décomposition, 101. — Influence de la température du liquide, 102. — Formule de Ohm, 103.	
LIVRE SECOND.	
De l'électro-métallurgie.	53
CHAP. I ^{er} . Des appareils employés pour la réduction des métaux.	
<i>Sommaire</i> : L'électro-métallurgie exige la connaissance du galvanisme, 104. — Idée de l'électro-métallurgie suggérée par la pile de Daniell, 105. — Appareils à tubes poreux ou à une simple cellule, 106-113. — Appareil à tube capillaire, 113. — Appareil à cloison de plâtre, 114. — Appareil de batteries composées, 115-117. — Appareil à simple batterie, 117-119. — Auge à précipiter, 119. — Simple cellule jointe à une batterie, 120. — Disposition de Mason, 121. — Maniement des appareils, 122-124. — Lignes qui se produisent sur le métal réduit.	
Galvanoplastie.	38

moyen de les éviter, 125. — Adhérence et non adhérence du métal réduit, avec son modèle, 125-128. — Adhérence apparente, 128. — Accroissement latéral du métal réduit, 129.

CHAP. II. Des substances capables de recevoir le dépôt métallique.

65

Sommaire : Substances sur lesquelles le dépôt métallique peut avoir lieu, 130-132. — Métaux 132-136. — Substances non-conductrices : cire à cacheter, cire blanche, 136-139. — Substances non conductrices absorbantes, papier, plâtre, 139-141. — Moyens de les rendre non absorbantes, 141-143. — Moyen de copier les substances non conductrices, en les métallisant par la plombagine, 143-145. — Comparaison des différentes méthodes, 145.

CHAP. III. Des lois qui président à la réduction des métaux.

78

Sommaire : Métaux qui peuvent être réduits par le courant galvanique, 146. — Etats différents sous lesquels ils sont réduits, 147. — Lois pour la réduction des métaux en poudre noire, 148. — Lois pour la réduction à l'état cristallin, 149. — Lois pour la réduction à l'état métallique pur, 150. — Causes des différences dans la réduction, 151-152. — Moyens de les produire, 153-159. — Moyen d'obtenir une poudre noire, 159. — Des cristaux, 160. — Un métal régulier, 161-165. — Mêmes résultats obtenus à l'aide d'une seule cellule, 165-166. — Temps nécessaire pour obtenir le dépôt métallique, 167.

CHAP. IV. De la réduction des métaux, de leurs combinaisons diverses.

85

Sommaire : Réduction de l'or, 168. — Du platine, 169. — Du palladium, 170. — Remarque générale, 171. — Réduction de l'argent; de son nitrate, 172; — De son sulfate, 173; — De son acétate, 174; — De son hyposulfite, 175; — De son ammonio-nitrate, 176. — Réduction du nickel, 177. — Réduction du cuivre; de son sulfate, 178-179; — De son nitrate, 179 bis; — De son muriate, 180; — De son acétate, 181. — De son ammoniac, 182. — Pôle positif en cuivre, 183. — Pôle négatif, 184. — Cuivre réducteur, 185. — Bronzage, 186. — Réduction du zinc, 187. — Réduction du fer, 188. — Réduction du plomb, 189. — Réduction de l'étain, 190. — Conclusion, 191.

LIVRE TROISIÈME.

De la dorure, de l'argenture, du platinage, etc.

99

Sommaire : Instructions générales, 192. — Dorure galvanique, 193. — Appareil à une seule cellule, 194. — Appareil à batterie, 195. — De la dorure du cuivre, 196. — De la dorure à l'eau, 197. — De la dorure par amalgame, 198. — Du platinage et de la platinure, 199. — Du palladiage, 200. — De l'argenture, 201-202. — Du nickelage des métaux, 203. — Du cuivrage des métaux, 204. — Du cuivrage des corps non métalliques, 205. — Du cuivrage des médailles, 206. — Des fruits des végétaux, 207. — Des corbeilles, 208. — De la poterie, 209. — Manière de recouvrir les métaux d'une couche de fer de zinc, etc., 210. — Conclusion, 211.

LIVRE QUATRIÈME.

Des diverses applications de la réduction des métaux par le galvanisme.

110

CHAP. I^{er}. De la reproduction des monnaies et des médailles.

Sommaire : Importance de l'électro-métallurgie pour la numismatique, 212. — Moyen d'obtenir les moules, 213; — Directement par le courant voltaïque, 214; — Par l'intermédiaire du plomb, des alliages fusibles, etc., 215; — A l'aide des substances non conductrices, 216. — Reproductions métalliques en or, 217; — En argent, 218; — En platine, 219; — En cuivre, 220. — Précautions pour éviter les bulles d'air, 221. — Appareils à employer, 222. — Appareil à une seule cellule, 223. — Épaisseur du métal, 224. — Séparation de l'empreinte d'avec le moule, 225. — Importance de l'électro-métallurgie pour l'amateur de médailles, 226. — Autres avantages, 227. — Manière de faire des médailles parfaites, 228.

CHAP. II. Des moyens de copier les cachets, les sceaux, les empreintes en plâtre, etc.

118

Sommaire : Importance des cachets, 229. — Procédé pour copier un cachet, 230. — Moules en cuivre pris sur des médaillons en plâtre, 231. — Qualités du cuivre réduit, 232.

CHAP. III. De la reproduction des objets en airain et en laiton.

121

Sommaire : Procédé à suivre pour obtenir cette reproduction, 233.

CHAP. IV. De la manière d'obtenir des creux copiés sur des surfaces en relief.

122

Sommaire : Des copies de métal en creux prises sur des surfaces en relief, 234. — Particularités concernant les creux pris sur du papier, 235.

CHAP. V. De la fabrication des moules obtenus sur des fruits, des végétaux, des légumes, etc.

122

Sommaire : Moyen d'obtenir des moules de végétaux, 236. — Méthode de Chantrey, 237.

CHAP. VI. De l'application de l'électro-métallurgie à l'art du fondeur.

123

Sommaire : Procédé que suit le fondeur pour obtenir un sujet en métal, 238. — Moyens employés par l'électro-métallurgiste dans le même but, 239. — Texture du cuivre, 240. — Remarques générales, 241. — Application de l'électro-métallurgie à l'orfèvrerie, 242; — A l'art du dentiste, à la chirurgie, à l'orthopédie, à la minéralogie, 243.

LIVRE CINQUIÈME.

De l'électrotypie.

127

CHAP. I^{er}. De la reproduction des caractères.

Sommaire : Manière d'imprimer les livres, 244. — De la stéréotypie, 245. — Des caractères électrotypiques, 246.

CHAP. II. De la reproduction des planches en cuivre unies.

128

Sommaire : Manière de préparer les planches de cuivre unies, 247. — Planches électrotypiques, 248. — Procédé pour les obtenir, 249. — Manière de diriger la batterie, 250. — Auge à précipités, 251. — Température, 252. — Pôle positif, 253. — Règles pour donner au cuivre telle ou telle texture, 254. — Appareil à une seule cellule, 255. — Temps qu'exige ce procédé, 256. — Enlèvement de la plaque, 257. — Manière de préparer la plaque pour l'usage des graveurs, 258. — Economie dans la fabrication, 259. — Prix de revient d'une plaque, 260.

CHAP. III. De la reproduction des planches de cuivre gravées.

134

Sommaire : Planches de cuivre gravées, 261. — Dessins faits sur les planches, 262. — Des différentes espèces de gravures, 263. — Usage des planches gravées, 264. — Leur utilité pour l'art du peintre en faïence, 265. — Leur utilité pour les imprimeurs sur étoffes, 266.

CHAP. IV. De la reproduction des planches en acier.

138

Sommaire : Procédé pour obtenir une planche en cuivre à l'aide d'une planche en acier, 267. — Procédé de Perkins, 268. — Parallèle des deux méthodes, 269.

CHAP. V. De la reproduction des planches gravées sur bois.

140

Sommaire : Dessins exécutés sur les planches en bois, 270. — Procédé, 271. — Conclusion, 272.

CHAP. VI. De la reproduction du daguerréotype.

141

Sommaire : Importance de l'électrotypie pour la daguerréotypie, 273. — Procédé pour reproduire le daguerréotype, 274.

LIVRE SIXIÈME.

De la gravure galvanique.

143

Sommaire : Action sur le pôle positif, 275. — Gravure à l'eau forte, 276. — Défauts du mordant, 277. — Gravure par le galvanisme, 278. — Conditions propres à activer l'opération, 279. — Avantages que présente la reproduction des gravures à l'eau forte par le galvanisme, 280. — Gradation des teintes, 281. — Remarques générales, 282. — Conclusion de l'ouvrage.

APPENDICE.

153

PREMIÈRE PARTIE.

	Découverte de la galvanoplastie, — procédés et appareils usités, — manipulations des appareils, — théories galvaniques.	154
I.	Procédé galvanoplastique de Jacobi.	<i>id.</i>
II.	De la galvanoplastie et de quelques-unes de ses applications, par Jacobi et Spencer.	160
III.	Sur le procédé galvanoplastique, par Solly.	170
IV.	Observations sur la galvanoplastie, par Gerlach.	176
V.	Nouvelles piles électriques, par Jacobi.	182
VI.	Piles à courant constant, par Becquerel.	183
VII.	De diverses piles galvaniques inventées par Lenz, Jacobi et M. Sorel.	188
VIII.	Intensité des batteries galvaniques, par Joule.	189
IX.	Moyens de métalliser les substances non conductrices employées pour les moules et modèles dans la galvanoplastie, par Spencer.	190
X.	Moyen d'obtenir des moules ou modèles pour la galvanoplastie, par Boettger.	192
XI.	Observations pratiques sur la galvanoplastie, par Schubert.	195

DEUXIÈME PARTIE.

	Produits électro-métallurgiques; — application de la galvanoplastie aux différents arts et notamment à la gravure, à la dorure et à la photographie.	197
XII.	Platinure des vases creux par voie galvanique.	<i>id.</i>
XIII.	Réduction de quelques métaux par le galvanisme.	<i>id.</i>
XIV.	Gravure des cylindres à imprimer les étoffes, par M. Lockett.	198
XV.	Cliché galvanique.	199
XVI.	Copie des objets d'histoire naturelle et en particulier des fossiles par voie galvanique, par Jordan.	<i>id.</i>
XVII.	Fabrication des cadres, objets d'ornement et de décoration, par Spencer.	200

450	TABLE DES MATIÈRES DE LA GALVANOPLASTIE.	
XVIII.	Gravure à l'eau forte sur acier par voie galvanique, par Spencer.	212
XIX.	De la Galvano-gravure, par M. Osann.	216
XX.	Note sur la galvano-gravure, par Schubert.	217
XXI.	Nouvelle application de la galvanoplastie pour reproduire dans le genre de la gravure au lavis les peintures et les dessins, par le professeur de Kobell.	218
XXII.	Expériences sur la gravure galvanique et sur la galvanoplastie en général, par le Duc de Leuchtenberg.	222
XXIII.	Procédé électro-chimique pour dorer l'argent et le laiton, par de la Rive.	227
XXIV.	De la dorure et du platinage sur le laiton, l'argent, le maillechort, etc., par Boettger.	231
XXV.	Sur les méthodes pour dorer par voie humide, par Elsner.	240
XXVI.	Notice sur un procédé nouveau pour la dorure sans mercure de l'argent, du cuivre, du laiton, du bronze, du maillechort, du platine, de l'acier et de l'étain, et pour l'argenture de tous ces métaux et du fer, par de Ruolz.	246
XXVII.	Rapport fait à l'académie des sciences sur les procédés d'Elkington et de Ruolz.	253
XXVIII.	Précipitation galvanique de quelques alliages et des métaux, par M. H. de Ruolz.	278
XXIX.	De l'application aux arts des propriétés électro-chimiques de l'or, par M. Becquerel, de l'Institut.	281
XXX.	De la galvanoplastie appliquée à la gravure des images photographiques, par M. W. B. Grove.	303
XXXI.	Application des procédés galvanoplastiques à la photographie, par M. Bisson.	309
XXXII.	Reproduction des épreuves photogénées par la galvanoplastie, par M. Ch. Chevalier.	<i>id.</i>
XXXIII.	Procédés pour la fabrication du plaqué d'argent au moyen de la galvanoplastie, par M. Belfield-Lefèvre.	315
XXXIV.	Applications galvanoplastiques.	316
	Explication des figures de la galvanoplastie.	438

TABLE DES MATIÈRES

DE LA DAGUERRÉOTYPIE.

	Pages.
Avertissement.	319
LIVRE PREMIER.	
Des modifications apportées à la chambre noire de M. Daguerre.	323
CHAP. I ^{er} . Des modifications à la partie optique du Daguerreotype.	<i>id.</i>
CHAP. II. Des modifications à la partie mécanique du Daguerreotype.	327
LIVRE DEUXIÈME.	
Des modifications apportées aux cinq opérations du procédé de M. Daguerre, et aux appareils qui servent à ces opérations.	330
CHAP. I ^{er} . Du choix des plaques et de leur polissage.	<i>id.</i>
CHAP. II. De l'iodage et des substances accélératrices.	334
Art. 1 ^{er} . De l'iodage.	<i>id.</i>
Art. 2. Des substances accélératrices.	337
§ 1 ^{er} . Du chlorure d'iode.	<i>id.</i>
§ 2. Du chlore étendu d'air.	340
§ 3. Du brômure d'iode.	<i>id.</i>
§ 4. De l'iodure de brôme.	342
§ 5. De l'eau brômée, méthode Fizeau.	343
CHAP. III. De l'exposition à la chambre obscure.	353
CHAP. IV. De l'exposition au mercure et des verres continuateurs.	365
CHAP. V. Du lavage et du fixage des épreuves.	368
Art. 1 ^{er} . Du lavage à l'hyposulfite.	<i>id.</i>
Art. 2. Du fixage au chlorure d'or.	369
LIVRE TROISIÈME.	
Des portraits.	374
CHAP. I ^{er} . Historique des portraits photographiques.	<i>id.</i>

CHAP. II. Des règles photographiques que l'on doit suivre pour faire les portraits.	379
CHAP. III. Conseils artistiques pour la bonne exécution des portraits.	382

LIVRE QUATRIÈME.

Des papiers photogéniques et de quelques objets relatifs à la photographie.	384
CHAP. I ^{er} . Des papiers photogéniques:	<i>id.</i>
§ 1 ^{er} . Préparation et usage du papier calotype, de M. Talbot.	<i>id.</i>
§ 2. Nouveau moyen pour obtenir sur papier des images photographiques, par le D. C. Euzmann.	387
§ 3. Préparation photographique sur papier éminemment sensible, par M. R. Hunt.	388
§ 4. Nouvelle méthode pour produire des images photogéniques, sur papier, par le D ^r . Schæffhaeult.	390
§ 5. Note sur un papier impressionnable destiné à reproduire les dessins et les gravures, par M. E. Becquerel.	392
§ 6. Dessins sur papier photogénique, par M. Bayard.	395
§ 7. Procédés photogéniques divers sur papier.	399
§ 8. Sur les papiers impressionnables.	400
§ 9. Images photographiques sur papier argenté, par M. Ad. Raifé.	402
§ 10. Carton photogénique, par M. A. Petzholdt.	<i>id.</i>
CHAP. II. Mélanges relatifs à la photographie.	403
§ 1 ^{er} . Transport des images daguerriennes en planches gravées, par M. A. Donné.	<i>id.</i>
§ 2. Manière de fixer les images photogéniques, par M. J.-J. Prechl.	405
§ 3. Autre moyen pour le même objet, par M. Choiselat.	406
§ 4. Procédé pour déterminer à l'avance la durée de l'exposition des épreuves daguerriennes à la chambre noire, par M. Soleil, ingénieur-opticien.	<i>id.</i>

§ 5.	Méthode simple pour le transport des images Daguerriennes.	407
§ 6.	Transport des images photographiques.	<i>id.</i>
§ 7.	Fixation et reproduction des images Daguerriennes, par le Dr. J. Berres.	408
§ 8.	Méthode pour obtenir des silhouettes, par M. Bertot.	411
§ 9.	Sur la formation des images photographiques, par M. Moser.	<i>id.</i>
§ 10.	Description du nouveau photographe, à verres combinés, inventé par M. Ch. Chevalier.	417
§ 11.	Méthode de M. Foucault pour l'application du brôme.	421
§ 12.	Perfectionnement à la boîte à iode.	425
§ 13.	Nouveau support à chlorurer, de M. Ch. Chevalier.	426
§ 14.	Durée de l'exposition à la chambre obscure, par M. Buron.	427
§ 15.	Examen comparatif de l'objectif à verres combinés et du système dit allemand.	428
	Explication des figures de la daguerréotypie.	441

FIN DE LA TABLE DE LA DAGUERRÉOTYPIC.

PHOTOGRAPHE PORTATIF ET A VERRES COMBINÉS CH. CHEVALIER.

Fig. 1.

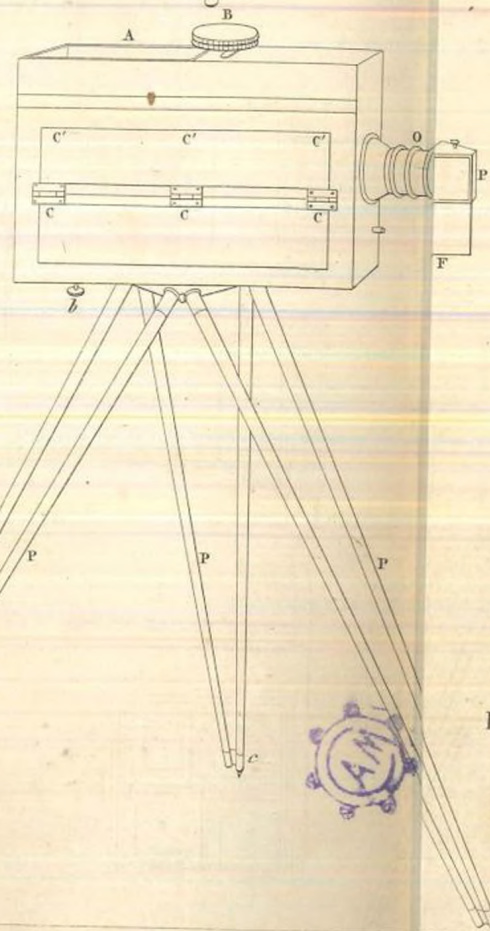


Fig. 2.

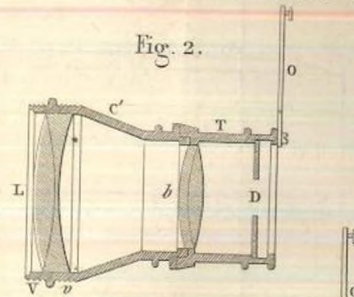


Fig. 4.

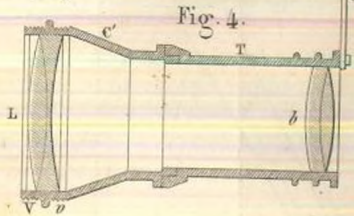


Fig. 1.

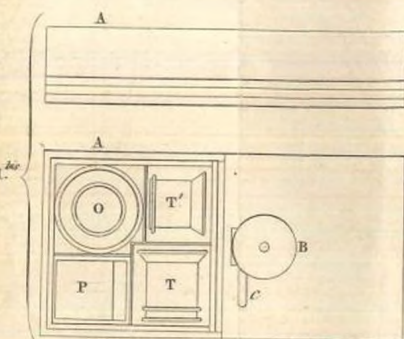


Fig. 3.

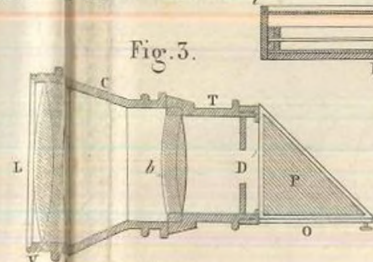


Fig. 5.

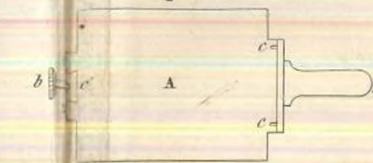


Fig. 6.

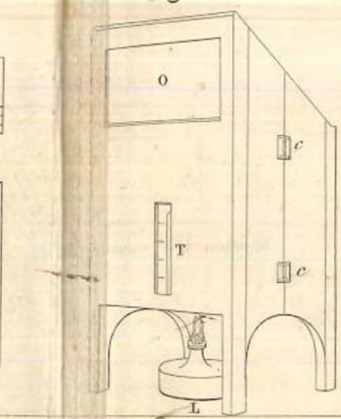


Fig. 7.



Fig. 8.

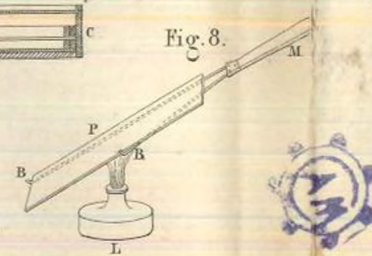


Fig. 8.

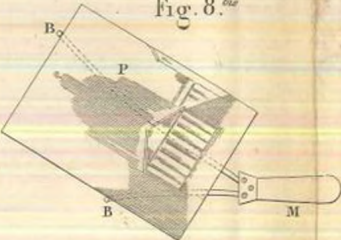


Fig. 9.

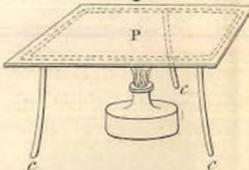


Fig. 10.

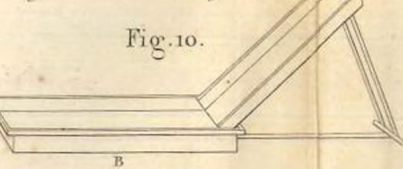


Fig. 11. Daguerreotype Gaudin.

DAGUERREOTYPES GAUDIN ET LEREBOURS, APPAREILS A BROMER ET A CHLORURER

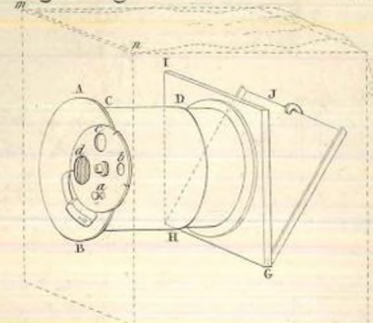


Fig. 12. Boîte au Mercure.

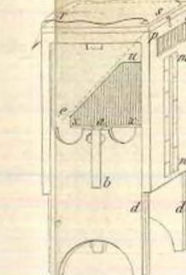


Fig. 13. Daguerreotype à Portraits de Lerebours.

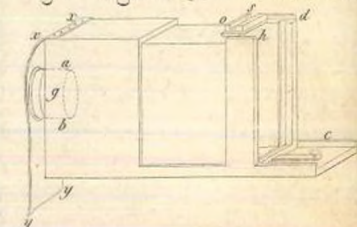


Fig. 14. Planchette à polir.



Fig. 20. Boîte à Iode.

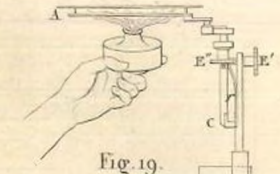
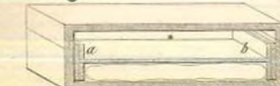


Fig. 19.

APPAREILS A BROMER.

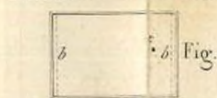


Fig. 22.

Cuvette de Lerebours et son couvercle.



Fig. 23.

Cuvette de Foucault.

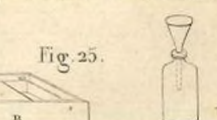
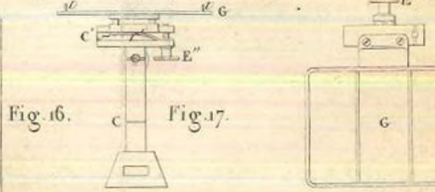


Fig. 25.



Fig. 26.

Supports à chlorurer de Gaudin et Ch. Chevalier.



Pôt à bromer de Gaudin.

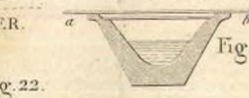


Fig. 24.

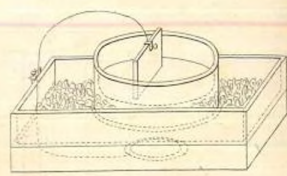


Fig. 21.

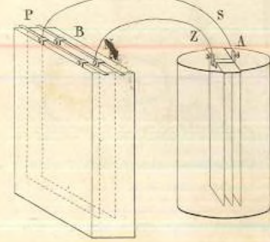
Fig. 1.



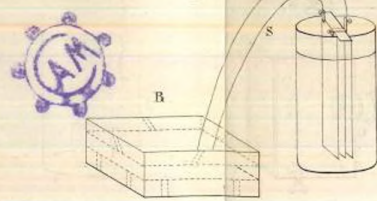
2.



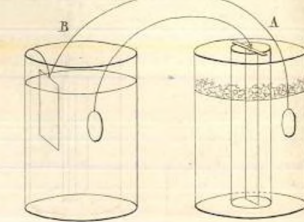
3.



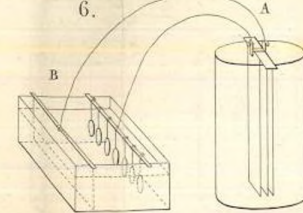
4.



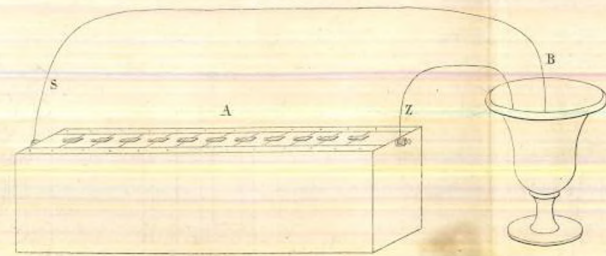
5.



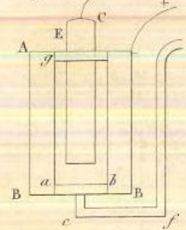
6.



7.



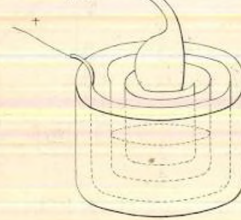
8.



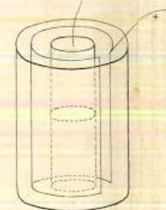
9.



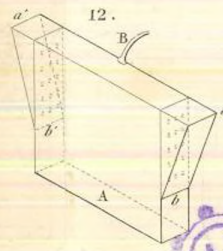
10.



11.



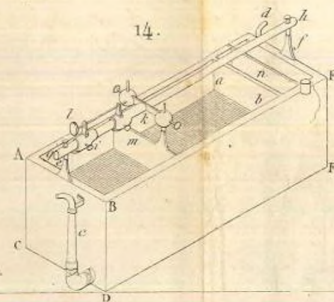
12.



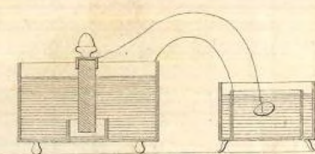
13.



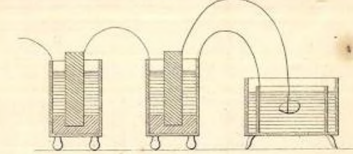
14.



15.



16.



17.

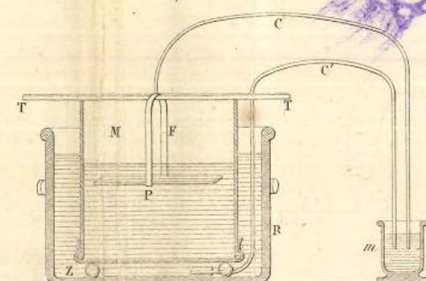


Fig. 27.

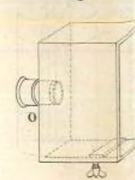


Fig. 28.



Fig. 29.

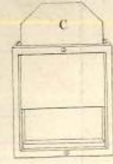


Fig. 30.

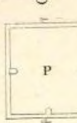


Fig. 31.



Fig. 34.

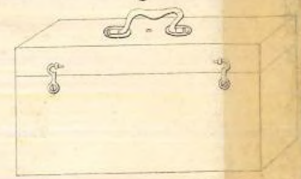


Fig. 35.



Fig. 33.

Coupe de l'appareil complet renfermé dans la chambre noire.

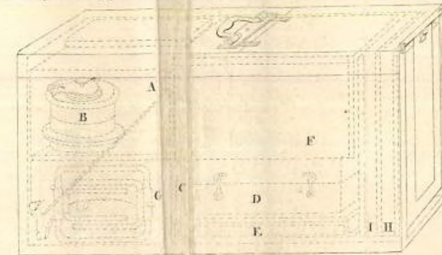


Fig. 36.

Boîte à Mercure.

