

447 FF



Pour le Doreur,
l'Argenteur, le Nickeleur

I. D.

Class. déc. 669, 218.

+ 669, 228 (023).

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

DANS LA MÊME COLLECTION :

- Pour l'Ajusteur-Mécanicien, VIII-200 p., 171 fig., 2^e éd., 1928, 17 fr. 25.
Pour l'Artisan du Bois, XIV-304 p., 158 fig., 1927, 23 fr.
Pour le Blanchisseur, VIII-163 p., 25 fig., 1927, 16 fr. 50.
Pour le Boulanger et le Pâtissier, VIII-232 p., 69 fig., 1928, 18 fr.
Pour le Chauffeur d'auto, VIII-174 p., 108 fig., 1926, 15 fr.
Pour le Chimiste, VIII-194 p., 140 fig., 1925, 16 fr. 50.
Pour le Cimentier, VIII-148 p., 112 fig., 1926, 15 fr.
Pour le Confiseur, VIII-144 p., 27 fig., 1928, 13 fr. 50.
Pour le Contremaitre Industriel, VII-170 p., 127 fig., 1926, 16 fr. 50.
Pour le Dessinateur, VIII-192 p., 170 fig., 1925, 16 fr. 50.
Pour le Distillateur, le Débitant, le Barman, VIII-160 p., 24 fig., 1927, 16 fr. 50.
Pour l'Electricien, VIII-284 p., 119 fig., 1925, 20 fr.
Pour éviter l'électrocution, XII-84 p., 4 fig. 1927, 6 fr.
Pour les Praticiens de la Fonderie, VIII-224 pages, 143 figures, 1928, 18 fr.
Pour l'Inventeur, VIII-212 p., 72 fig., 1926, 18 fr. 50.
Pour le Jardinier Amateur, VIII-251 p., 110 fig., 1927, 19 fr. 50.
Pour le Maçon et le Plâtrier, VIII-182 p., 170 fig., 1928, 16 fr. 50.
Pour finir un meuble, XX-292 p., 26 fig., 1928, 18 fr. 50.
Pour le Parfumeur, VIII-192 p., 12 fig., 1926, 15 fr.
Pour le Peintre-Vitrier, VIII-164 p., 19 fig., 1922, 14 fr. 50.
Pour le Photographe et le Cinéman, VIII-229 p., 139 fig., 1927, 19 fr. 50.
Pour le Relieur, VIII-162 p., 92 fig., et 1 pl. en coul., 1926, 16 fr. 50.
Pour le Soudeur-Brasseur, VIII-164 p., 143 fig., 1926, 17 fr.
Pour le Tapissier amateur, VIII-232 p., 206 fig., 1928, 18 fr. 50.
Pour le Tourneur et le Conducteur de machines-outils, VIII-282 p., 287 fig., 1928, 19 fr. 50.

En préparation :

- Pour l'Architecte.
Pour le Charron.
Pour le Mécanicien rural.
Pour le Menuisier ébéniste.
Pour l'Outilleur mécanicien.
Pour le Quincaillier

Pour le Doreur, l'Argenteur, le Nickeleur

Recettes, formules, procédés,
« trucs » et tours de main pour aciérage, aluminiage,
argenture, cobaltage, chromage, cuivrage,
dorure, étamage, galvanoplastie, nickelage, patinage,
platinage, plombage, zincage

PAR

J. DE THELLESME

Ingénieur civil

PARIS



IRIS - LILLIAD - Université Lille 1
92, RUE BONAPARTE (VI)

1928

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés
pour tous pays.

Copyright 1928 by Dunod.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE	VII
CHAPITRE PREMIER. — Généralités. Le courant électrique : production, caractéristiques, utilisation. Installations électrolytiques. Bibliographie	1
CHAPITRE II. — Préparation des pièces à métalliser. Décapage mécanique, chimique, électrique. Dé-métallisation. Préparation des pièces non conductrices	26
CHAPITRE III. — Dorure. Procédés électrolytiques. Ors de couleur. Dorure au trempé et au frotté. Dorure à l'amalgame. Apprêt des dorures	45
CHAPITRE IV. — Argenture. Procédés électrolytiques. Apprêts de l'argenture. Argenture au frotté et au trempé.	63
CHAPITRE V. — Nickelage. Installation. Composition des bains. Marche de l'électrolyse. Dépôts spéciaux. Dépôts sur métaux divers. Nickelage au trempé et au frotté	74
CHAPITRE VI. — Cuivrage, laitonage, galvanoplastie. Cuivrage et laitonage électrolytiques. Bronzage. Cuivrage au trempé. Galvanoplastie	103
CHAPITRE VII. — Etamage, zincage. Etamage par électrolyse, par fusion au trempé et au frotté. Zincage par bains et poudres	123

CHAPITRE VIII. — Métallisations diverses. Aluminage. Antimoniage. Dépôts de cadmium, de cobalt, de chrome. Ferrage et aciérage. Palladiage. Platinage. Plombage ..	144
CHAPITRE IX. — Métallisation par vapeurs, poudres, gouttelettes. Appareils et procédés Schoop. Applications diverses	166
CHAPITRE X. — Apprêts terminaux. Polissage. Brunissage. Patinage. Vernissage	176
INDEX ALPHABÉTIQUE.....	191

PRÉFACE

Voici, sous forme d'un petit volume facile à consulter, d'assez nombreux renseignements indispensables à tous les praticiens de la métallisation effectuée par les multiples procédés chimiques, physiques, électrolytiques... Nous y reproduisons un certain nombre de tableaux groupant les formules de bains pour dépôts électrolytiques, qui figuraient déjà dans notre ouvrage *Pour l'Electricien* : mais ceci ne constitue naturellement qu'une bien petite partie du présent ouvrage.

Nous avons naturellement fait aux procédés de métallisation par électrolyse une place proportionnée à leur importance : mais nous n'avons pas négligé les procédés par fusion, si généralement employés en zincage et en étamage ; nous avons pris soin de traiter les méthodes de métallisation au frotté et au trempé, si commodes et si économiques ; enfin, nous nous sommes occupés, comme il convenait, des systèmes si intéressants où les dépôts métalliques sont produits par des poudres, des granules, des gouttelettes du métal à déposer.

C'est avec le plus grand intérêt que nous recevions de nos lecteurs toute communication de formules, toute description de tours de main, qui pourrait être utilisée pour la préparation d'une nouvelle édition de notre petit ouvrage. Nous remercions par avance ceux de nos lecteurs qui voudraient bien de la sorte collaborer à l'œuvre d'amélioration de la technique pour le plus grand bien de tous les intéressés.

Pour le Doreur, l'Argenteur, le Nickeleur

CHAPITRE PREMIER

GÉNÉRALITÉS

Il ne saurait être question d'initier en quelques pages un néophyte aux secrets de cette science magnifique aux vastes horizons qu'est l'électricité ; au reste, il existe une initiation de ce genre bien connue, et telle qu'on ne peut songer à faire aussi bien : *L'électricité à la portée de tout le monde*, par le savant inventeur Georges Claude. Voici seulement quelques simples comparaisons, la plupart empruntées d'ailleurs aux ingénieux exemples donnés par Claude dans son ouvrage, qui permettront au lecteur non électricien de comprendre le principe des actions électriques réalisées dans la métallisation, ainsi que le sens des mots volts, ampères, dont on ne peut se passer quand on applique une méthode électrolytique. Ces notions acquises, nous en ferons de suite l'application en décrivant une installation de métallisation électrolytique, puis en nous occupant des diverses modifications subies en pratique.

INITIATION ÉLECTRIQUE

Courant électrique. Volts. — Considérons deux flacons tubulés dans le bas, que réunit un tube en caoutchouc : si l'on place l'un au-dessus de l'eau, il y aura dans le tube formation d'un courant. De même, si nous plaçons dans l'eau acidulée

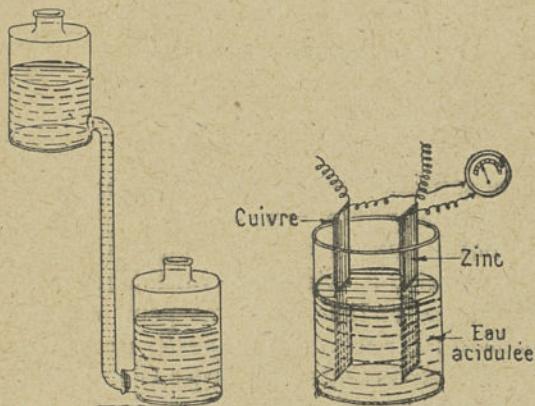


Fig. 1. — Le courant électrique comparé à un courant de liquide.

lée d'un vase une plaque de zinc et une plaque de cuivre réunies par un fil métallique, il y aura formation d'un courant électrique (fig. 1), comme on peut s'en assurer en approchant une boussole, dont l'aiguille sera déviée.

Le courant d'eau s'établit parce qu'il y a une pression exercée par le liquide du vase supérieur. Pour mesurer les pressions de ce genre, on se sert d'une unité, l'*atmosphère*, correspondant à la pres-

sion qu'exerce l'air à la surface de la Terre et que l'on peut mesurer avec un « manomètre » ; pour mesurer l'intensité du courant électrique, on se sert naturellement d'une autre unité, le *voll*, ainsi baptisé en l'honneur du savant inventeur de la première pile, Volta, et correspondant au « potentiel » d'une pile donnée. Il est facile de mesurer le voltage d'un courant avec un petit appareil dont l'aiguille se meut sur cadran gradué, le *vollmètre* qu'on place en « dérivation », c'est-à-dire de manière qu'une petite partie du courant seulement le traverse (fig. 2, gauche).

Electrolyse. Ampères. — Au lieu de constater la présence du courant électrique par son action *mécanique* sur l'aiguille aimantée, nous pouvons le déceler par une action *chimique* : faisons-lui traverser une dissolution aqueuse de sulfate cuprique (fig. 2). Nous constaterons qu'au bout d'un certain temps, l'une des *électrodes* qui plongent dans cette solution est rongée, tandis que l'autre est grossie. La première est dite *anode*, la seconde *cathode*, et c'est le passage du courant dans le bain ou *électrolyte* qui décompose le sulfate de cuivre en cuivre, se déposant sur la cathode, et en acide sulfurique, lequel attaque l'anode pour reformer du sulfate cuprique. Voilà le principe de tous les procédés pour la métallisation électrolytique !

La quantité d'électricité capable de déposer ainsi 0,327 milligrammes de cuivre est prise comme unité sous IRIS - LILLIAD - Université Lille 1 Et l'intensité d'un courant électrique est mesurée avec le nom-

bre de coulombs par seconde, un coulomb par seconde constituant une nouvelle unité qui fut baptisée, toujours du nom d'un savant : *ampère*. On mesure l'intensité d'un courant avec un *ampèremètre*, placé sur le conducteur, en sorte que tout le courant soit obligé de traverser l'appareil (fig. 2, droite).

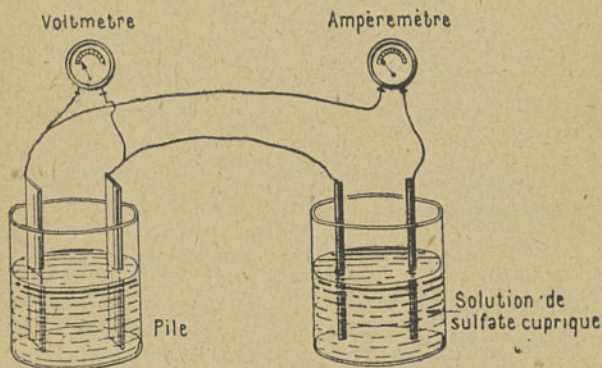


Fig. 2. — Installation électrolytique simple avec appareils de mesure du courant.

Quant aux *watts* qui servent à mesurer la puissance électrique, ce sont les produits des ampères multipliés par les volts.

Générateurs, conducteurs. — La pile primitive qui nous a servi pour les besoins de notre expérimentation ne donne qu'un courant très faible et qui s'affaiblit très vite. Aussi pratiquement se sert-on de piles à deux liquides séparés par un vase poreux et con-


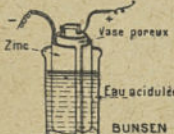
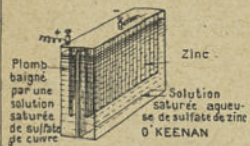
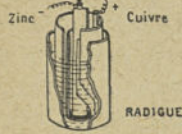
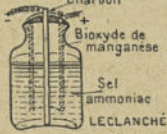

tenant des « dépolarisants », grâce auxquels on obtient un courant beaucoup plus constant (voir p. 6).

On peut aussi utiliser le courant des *accumulateurs* ou « accus » qui sont des sortes de réservoir de courant : quand on charge l'accu, le courant est utilisé pour accomplir une réaction chimique réversible ; quand vient ensuite la période de décharge, une réaction inverse s'établit, qui produit du courant.

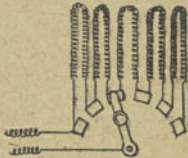
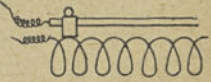
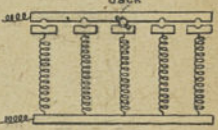
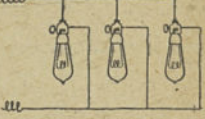
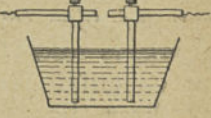
L'électricité produite par les piles est très chère, et pour de grosses consommations, les « batteries » de piles deviennent trop encombrantes : c'est pourquoi on préfère au courant qu'elles donnent celui que génère la *dynamo*, grâce à des jeux compliqués d'électro-aimants s'éloignant et se rapprochant les uns des autres.

Nous avons jusqu'à présent fait voyager notre courant dans un fil de cuivre ; c'est que ce métal est un *conducteur* excellent. Au contraire, d'autres substances ne se laissent pas pénétrer par le courant : ce sont les *isolants*, comme le verre, la porcelaine avec lesquels on fait, pour cette raison, des « isolateurs » pour lignes télégraphiques. Certains métaux conduisent d'ailleurs mal l'électricité ; par exemple les alliages de nickel et de chrome qui servent à confectionner des *rhéostats*, sorte de « robinets » pour courant électrique, permettant de doser l'intensité en obligeant l'électricité à pénétrer à travers un parcours offrant plus ou moins de résistance (voir p. 7). L'emploi de ces rhéostats est indispensable dans une installation industrielle de dépôts

PRINCIPAUX TYPES DE PILES

ASPECT	Voltage	Prix du kilowatt-heure (francs or)	Caractères
 <p>DANIELL</p>	1,2	0,53	Très constante, entretien nul.
 <p>BUNSEN</p>	1,9	0,25	Dégage des vapeurs corrosives.
 <p>O' KEENAN</p>	0,5	0,22	Constance parfaite ; économique.
 <p>RADIGUET</p>	2,0	0,65	Grande constance.
 <p>LECLANCHÉ</p>	1,4	0,45	Entretien réduit, grande constance.
 <p>FÉRY</p>	1,3	0,40	Entretien nul.

PRINCIPAUX TYPES DE RHÉOSTATS

NOMS	CARACTÉRISTIQUES	FORMES
Rhéostat à plots	C'est en tournant un levier que l'on fait passer le courant dans un plus ou moins grand nombre de résistances en boucles.	
Rhéostat à curseur	C'est en eoulissant un contact à poignée qui glisse sur une règle que l'on fait passer le courant sur un plus ou moins grand nombre de spires de la résistance.	
Rhéostat à fiches	C'est en enfonçant un « jack » dans un des trous d'entre les plots que l'on fait agir tel ou tel des éléments de résistance à mettre en jeu.	
Rhéostat à lampes	Les résistances sont constituées par des filaments de lampes à incandescences munies chacune d'interrupteurs.	
Rhéostat liquide	La résistance est un bain d'acide sulfurique (électrodes plomb) ou de soude caustique (électrodes fer) dont on varie l'effet en modifiant la distance entre électrodes.	

INSTALLATIONS-TYPES DE MÉTALLISATION ÉLECTROLYTIQUE

Pile métallisante. — Nous savons que, dans la pile Daniell, l'électrode cuivre se recouvre peu à peu d'un dépôt de métal. Il est facile de modifier l'arrangement de la pile pour employer comme électrode cuivre une pièce à métalliser; bien net-

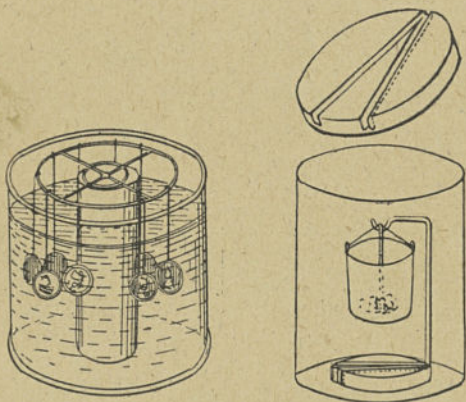


Fig. 3 et 4. — Installations simplifiées pour le cuivrage électrolytique et la galvanoplastie.

toyée au préalable, naturellement, pour que le dépôt puisse adhérer à la pièce. Il suffira de mettre l'eau acidulée (et le zinc) à l'intérieur du vase poreux, le restant du récipient contenant la solution de sulfate cuprique où plongent les pièces à métalliser (fig. 3) suspendues à un support posé sur le haut du zinc.

On peut même simplifier ce très simple appareil, et c'est ainsi que, dans l'intéressant ouvrage *L'électricité et ses merveilles*, nous trouvons une pile métallisante composée d'un vase en grès dans le fond duquel un disque en bois paraffiné porte, sur des rainures en V, un gros fil de cuivre replié en forme de potence (fig. 4). Un crochet terminal supporte un petit seau de bois (modèle jouet pour enfants) jouant le rôle de vase poreux et contenant l'eau acidulée ainsi que le zinc ; les pièces à métalliser posant sur le disque de base, d'où le gros fil en cuivre fait légère saillie.

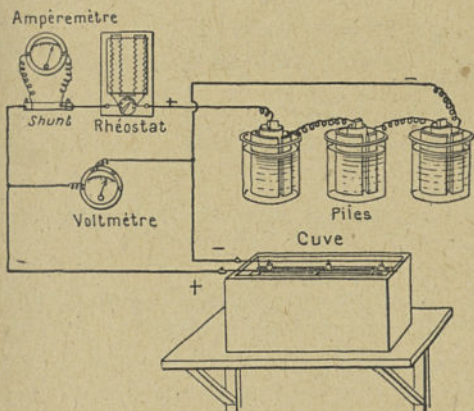


Fig. 5. — Ensemble d'une petite installation pour métallisation électrolytique.

Cuves à métalliser recevant le courant de l'extérieur. — Naturellement ce genre d'appareillage est IRIS BULLIAD Université Lille employé. Pour les

installations industrielles, il est pratique de s'adresser à un spécialiste qui fournira les plans convenables. Pour les très petites installations, on peut se contenter d'une pile ; mais pour entreprendre un travail avec toute chance de le mener à bien, il est nécessaire d'interposer, entre la cuve à dépôts et la batterie formée d'un plus ou moins grand

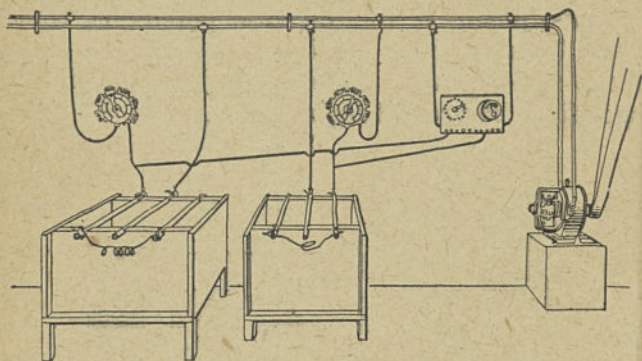


Fig. 6. — Installation avec métallisation électrolytique dans un petit atelier de professionnel.

nombre de piles, un rhéostat, qui permettra de graduer le courant, un voltmètre et un ampèremètre qui permettront de le mesurer (fig. 5).

La même disposition de principe se retrouve dans les moyennes installations assez importantes pour que l'on puisse faire usage d'une dynamo (fig. 6). Même lorsqu'on dispose d'un courant d'un secteur, il est souvent pratique d'employer une dynamo réceptrice pour faire mouvoir la génératrice à bas voltage de l'installation d'électrolyse (fig. 7).

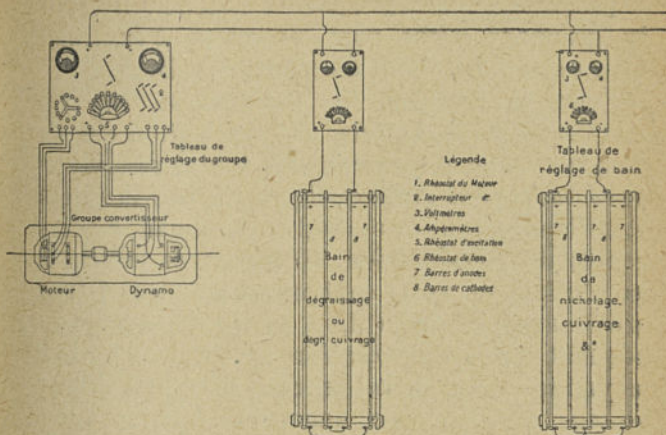


Fig. 7. — Installation industrielle : plan schématique.

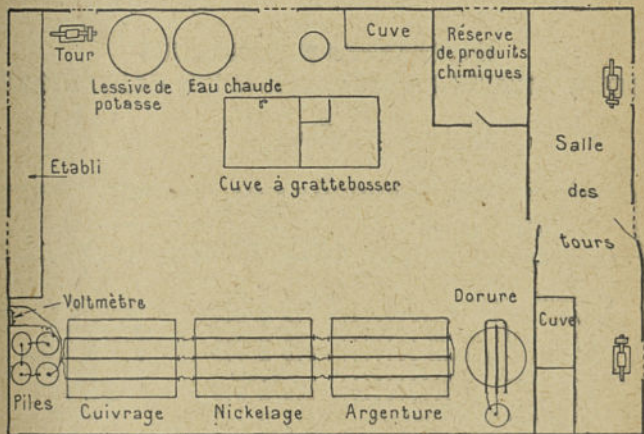


Fig. 8. — Plan type d'un petit atelier de dépôts électrolytiques.

Quant à l'aménagement de l'atelier, il est fait en groupant d'une part les cuves d'électrolyse, d'autre part les cuves de décapage (fig. 8).

Pour la conduite de l'électrolyse, elle varie selon nature des métaux et composition des électrolytes : c'est seulement sous toutes réserves que nous donnons ci-après quelques chiffres, la question étant traitée lors de nos études concernant les divers genres de métallisation. Notons à ce propos que les chiffres de volts sont nécessairement très approximatifs. Une élévation de la température provoquant une augmentation de la conductibilité, le voltage peut, dans ce cas, être plus bas. Le voltage, au contraire, augmente, lorsque l'anode est très éloignée de la cathode, lorsque les bains s'acidifient ou lorsqu'ils sont plus dilués.

CONSTANTES ÉLECTRIQUES POUR DÉPÔTS DE MÉTALLISATION GALVANIQUE

(Millan)

MÉTAL DÉPOSÉ	AMPÈRES par décimètre carré de surface cathodique	VOLTS
Antimoine	0,4 à 0,5	1 à 1,2
Argent	0,2 à 0,5	0,75 à 1
Cuivre, bain acide	1 à 1,5	0,5 à 1,5
— — alcalin	0,3 à 0,5	3,0 à 5,0
Fer	0,5	1
Laiton	0,5 à 0,8	3 à 4
Nickel, début du dépôt..	1,4 à 1,5	5
— après le dépôt	0,2 à 0,3	1,5 à 2
Or	0,1	0,5 à 4
Zinc	0,3 à 0,6	2,5 à 3,0

RÉCIPIENTS FIXES POUR ÉLECTROLYTE

Cuves. — Pour le travail de très petites pièces, en petit nombre, on peut se contenter de vases en grès ou en verre : par exemple les cuves en verre pour accumulateurs conviennent très bien. Mais, dès que l'installation devient importante, il faut se pourvoir d'une cuve en bois, de dimensions appropriées au genre de travail en vue.

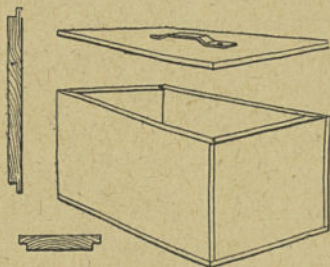


Fig. 9. — Petite cuve pour galvanoplastie formée de planches assemblées par feuilures.

Pour une cuve de petite taille, on peut se contenter de quelques planches encadrées aux angles et réunies par des vis (fig. 9), le tout étant très soigneusement apprêté (voir p. 14) pour rendre imperméable le bois qui sans cela se déformerait.

Lorsque la cuve a plus de 30 ou 40 centimètres de long, il faut prévoir une construction plus solide : on prend du bois épais de 26 à 30 millimètres et l'on encastre le fond et les petits côtés dans des rainures que portent les grands côtés réunis par de longs boulons.

Les cuves à décaper seront de préférence en grès, mais on peut également employer le bois si les bains sont froids, en le paraffinant avec soin. Les fûts pétroliers sciés par leur plan de symétrie donnent des cuves très solides : on protégera leurs cercles extérieurs en fer par un goudronnage.

On a préconisé (Brevet français 564327) pour le nickelage régulier des jantes de cycles l'emploi d'un support de cathode en forme d'arbre horizontal tournant au-dessus de la cuve : les cercles sont placés sur cet arbre et ils tournent sur eux-mêmes, leur partie supérieure émergeant.

Potthoff (U. S. P. 1905) a décrit un appareil dans lequel les petites pièces cheminent dans l'électrolyte entraînées par les palettes d'une chaîne sans fin.

Le célèbre Edison (U. S. P., 1905) imagina également un appareil pour le nickelage à la continue de tôles en fer, se déroulant sous forme de long ruban, dans les cuves à électrolyte.

Apprêts pour bacs en bois. — Apprêt à chaud. — On peut employer en galvanoplastie des cuves en bois blanc, qui serviront très longtemps, à seule condition d'avoir été apprêtées avec une des mixtures suivantes :

Poix de Bourgogne	150	»
Gutta-percha	25	100
Paraffine	»	100
Ponce finement broyée	75	»

On passe plusieurs couches sur le bois bien sec ; on paracheve au fer chaud, qui fait pénétrer la masse dans les fissures.

Apprêt à froid. — Le procédé consiste à faire successivement subir au bois bien propre l'action de trois liquides.

Une première solution est obtenue en dissolvant une partie en poids de chlorhydrate d'aniline et une partie de chlorhydrate d'ammoniaque dans 6 parties d'eau.

Une seconde solution est formée de 2 parties de sulfate de cuivre et une partie de chlorate de potasse que l'on dissout dans 12 parties d'eau (tous les dosages indiqués sont en poids).

Le bois, fraîchement raboté et éventuellement dégraissé, est d'abord bien enduit et imprégné de la première solution, puis séché à l'air; on fait ensuite de même avec la deuxième solution. Ces opérations sont renouvelées quatre fois successivement, on obtient ainsi un bois ayant une teinte verdâtre présentant à sa surface de petits cristaux abandonnés par les solutions.

On répand ensuite sur la surface du bois teint du savon en poudre, on mouille et on lave à grande eau. Le bois est devenu alors d'un noir brillant et presque incombustible. Lorsqu'il est bien sec, on le frotte énergiquement avec un tampon imbibé d'huile de lin non cuite. On peut aussi le badigeonner avec une solution de paraffine dans l'essence de pétrole ou de térébenthine.

Il semble que la résistance qu'acquiert le bois ainsi traité à l'attaque des acides et des alcalis doive être attribuée surtout à son imperméabilité aux liquides, le savon de cuivre qui s'est formé bouchant les pores du bois.

Anode à déchets. — L'achat d'anodes en métal coulé est toujours relativement coûteux : c'est pourquoi M. Coggeshall recommande dans *Popular Mechanics*, spécialement quand on fait

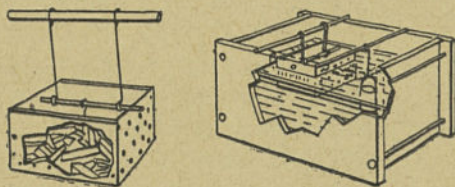


Fig. 10 et 11. — Caissette anode et sa disposition dans le bain.

de la galvanoplastie, l'emploi d'une caissette perforée en tôle de cuivre, dans laquelle on peut mettre des débris divers de métal (fig. 10 et 11). Cette caissette anode peut elle-même être confectionnée en modifiant quelque chute de gros tube.

RÉSERVOIRS MOBILES A ÉLECTROLYTE

Cuves à tonneaux. — Un grand perfectionnement dans les procédés de métallisation électrolytique des petites pièces est l'emploi du « tonneau », dans lequel sont placées les pièces ainsi remuées incessamment pendant le traitement.

On construit des appareils à tonneau muni d'une ouverture centrale d'un côté et de dispositifs ramasseurs, le tout arrangé pour que, si l'on inverse le sens de rotation, les pièces sortent automatiquement du cylindre (E. P. Ness, 1918).

Avec les cuves à tonneau en bois, percé de trous, dans lequel sont contenus les objets devant recevoir le dépôt, le courant est forcé de passer à travers les trous du tonneau. Il en résulte une résistance qui force à augmenter le voltage.

Enfin, les tonneaux en bois ne permettent de traiter qu'un seul genre de bain, c'est-à-dire que, si on les a employés une seule fois avec un bain acide, il est impossible ensuite d'y employer des bains alcalins, et inversement.

C'est pour remédier à ces inconvénients que fut construit par Ozil (Brevet français 460395), une cuve tonneau rotative disposée obliquement, (fig. 12 et 13) et dans laquelle les électrodes se trouvent à l'intérieur même

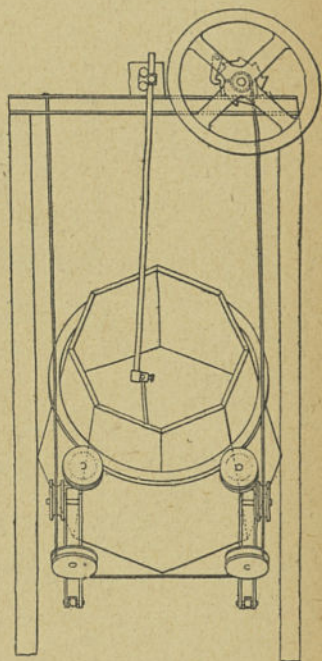


Fig. 12. — Appareil Ozil
vu de devant.

du tonneau, de sorte que le courant n'est pas forcé de traverser les parois de ce tonneau.

Cette disposition peut être réalisée, soit à l'aide d'anodes et de cathodes fixes, plongeant à l'intérieur du tonneau, soit à l'aide d'anodes fixes

disposées à l'intérieur et de plots, formant cathode, portés par le tonneau lui-même et reliés successivement à un collecteur de courant, par suite de la rotation du tonneau. Grâce à cette dis-

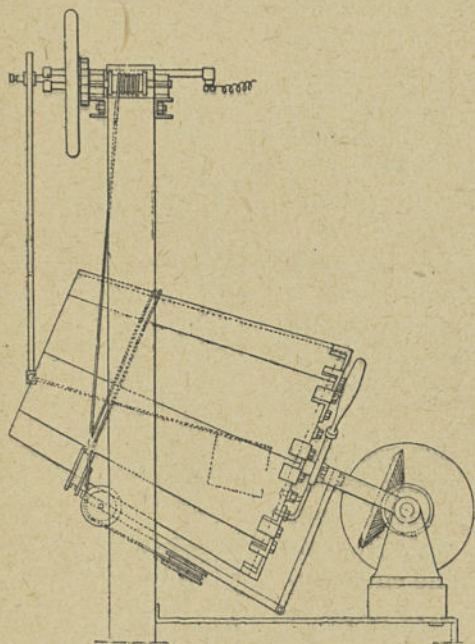


Fig. 13. — Appareil Ozil vu de côté.

position, le courant ne rencontre aucune résistance nuisible et le dépôt galvanique peut être effectué avec plus faible voltage.

La cuve Ozil est montée de manière à pouvoir être inclinée plus ou moins à volonté et à pouvoir basculer sur elle-même de façon à être vidée

instantanément. Pour cela, la transmission de mouvement qui imprime au tonneau sa rotation est disposée de manière spéciale permettant l'actionnement du tonneau, malgré ses variations d'inclinaisons; d'autre part, les électrodes fixes sont montées de manière à permettre le réglage de leur position suivant celle du tonneau, et elles

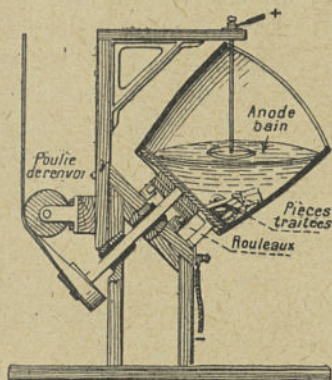


Fig. 14. — Cuve tournante faite avec une moitié de tonneau.

sont facilement amovibles pour que l'on puisse basculer ledit tonneau.

Il est assez facile de confectionner un appareil rustique de ce genre avec une moitié de tonneau, montée à l'extrémité d'un arbre fixé obliquement sur un bâti de bois (fig. 14). Une poulie fait tourner lentement la cuve contenant le bain et les pièces, le courant arrivant par l'arbre et ses coussinets. L'anode, fixe, est fixée au bout d'une tige verticale, de manière à être au contact de la surface du bain.

Suppression des cuves. — M. Goldschmidt (*Bulletin de la Société belge d'Electricité*, 1907) a préconisé la suppression des cuves d'électrolyse, dans le cas du travail des pièces très volumineuses, l'électrolyte étant réduit à la quantité de liquide absorbée par un pinceau. Ce pinceau, muni d'un manche isolant, est relié par câble souple au pôle positif de la source de courant avec un fil du métal à déposer entourant la base du faisceau de poils mouillés. Le pôle négatif étant relié à la pièce à métalliser, bien décapée au préalable, il suffit de badigeonner pour obtenir instantanément un dépôt régulier bien adhérent.

Voici les formules de bain ayant donné d'excellents résultats sur une prise de courant à 110 volts, dans le circuit d'une résistance de six lampes réunies en série pour représenter environ 750 ohms, le courant passant dans ces conditions à travers l'électrolyte étant de 0,1 ampère.

DORURE ...	{	Chlorure d'or.....	6 grammes
		Ammoniaque à 96 p. 100..	2 —
		Cyanure de potassium ...	13 —
		Formiate de potasse....	2 —
ARGENTURE	{	Nitrate d'argent.....	20 grammes
		Cyanure de potassium....	30 —
		Ammoniaque.....	0,4 —
		Formiate de potasse.....	2 —
NICKELAGE.	{	Sulfate de nickel.....	60 grammes
		— de soude.....	20 —
		Citrate de soude.....	20 —
CUIVRAGE..	{	Sulfate cuprique.....	180 grammes
		Acide sulfurique fort....	60 —
		Alcool (ajouter en dernier)	10 —

Dans tous les cas, n'ajouter le formiate qu'en dernier. La proportion d'eau distillée doit suffire pour amener le volume à un litre.

**POUR DÉTERMINER LA NATURE DES DÉPÔTS
DE MÉTAUX BLANCS (Hospitalier)**

Emploi de la chaleur. — On flambe l'objet à examiner dans la flamme oxydante d'un bec Bunsen, et l'on observe la série des colorations auxquelles sa surface donne lieu sous l'action progressive de la chaleur. Cette série est constante et nettement caractéristique pour chacune des trois espèces de surfaces considérées.

Pour l'application du procédé, on saisit l'objet avec des pinces métalliques et on le passe dans la flamme en ménageant son échauffement. On a généralement à examiner des pièces de petites dimensions ; s'il en était autrement, on en prélèverait une partie seulement pour faire l'essai. Le mieux est d'opérer avec une surface plane de quelques millimètres de largeur.

Dans ces conditions, on observe successivement les phénomènes suivants :

Surface nickelée. — Coloration gris jaunâtre ; reflets franchement violets ; coloration bleue avec reflets noirs très vifs (caractéristique) ; enfin teinte grise uniforme avec reflets verts.

Surface élamée. — Coloration gris jaune terne ; reflets légèrement violacés passant rapidement ; teinte grise, surface pointillée ; surface rugueuse avec taches nettement jaunes.

Surface argentée. — Rien d'appréciable à l'œil nu ; petits points violets, blancs ; passe brusquement au gris uniforme avec points blancs ; surface rugueuse gris jaunâtre.

Un seul essai comparatif permettra d'ailleurs de saisir une fois pour toutes et de la façon la plus nette les caractères distinctifs ci-dessus indiqués.

Pour l'application du procédé à des objets de surfaces étroites, tels que des épingle par exemple, il convient, pour bien observer les phénomènes de coloration, de les réunir de façon à former une surface sensiblement plane et continue.

Procédés par voie humide. — a) Mettre l'objet pendant quelques minutes dans une solution concentrée et bouillante de chlorure de sodium. La façon dont sa surface se comportera permettra de tirer une conclusion certaine sur sa nature. C'est ainsi qu'on note les particularités suivantes :

Surface nickelée. — Coloration violacée rougeâtre au bout de dix minutes.

Surface étamée. — Coloration gris terne à peine sensible.

Surface argentée. — Rien.

b) On obtient instantanément des résultats semblables en plongeant les objets dans l'eau oxygénée, et en y ajoutant du bioxyde de manganèse en poudre.

c) Un autre procédé, donnant des résultats très nets, consiste à plonger les objets dans du sulfhydrate d'ammoniaque étendu, en chauffant légèrement. Dans ces conditions, les surfaces argentées noircissent ; les surfaces étamées se découvrent, par suite de la dissolution de l'étain ; les surfaces nickelées ne changent pas.

BIBLIOGRAPHIE

Procédés électrolytiques. — Il existe sur les procédés de métallisation électrolytique toute une bibliothèque d'ouvrages divers que nous croyons utile de répertorier un peu. En effet, justement à cause du nombre des volumes consacrés à la question, en choisir un peut être embarrassant. D'autre part, il convenait de citer les sources des formules diverses que nous donnons, la consultation de l'original pouvant être utile pour l'application desdites formules.

E. BOUANT. La galvanoplastie (1894). — Compilation faite soigneusement, mais vieillie maintenant.

BRANDELY. Manuel de galvanoplastie (1900). — Très complet, d'ailleurs riche sur tout en descriptions d'appareils et de méthodes d'autrefois.

BROCHET. Manuel de galvanoplastie (1908). — De beaucoup le plus rationnellement conçu des traités similaires et le plus riche en formules nouvelles, souvent originales.

H. FONTAINE. Electrolyse (1885). — Outre que l'ouvrage est vieilli, au point de vue formules, on n'y trouve guère que les recettes de Roseleur augmentées de quelques formules étrangères.

GEYMET. Traité de galvanoplastie (1888). — Outre les renseignements reproduits dans tous les traités, cet ouvrage contient des détails de praticiens sur maintes questions spéciales : moulages, dépôts sur matières organiques, applications photographiques.

KEIGNART. — **Dorure, argenture, nickelage, galvanoplastie (1902).** — Ecrit par un praticien qui donne d'excellents conseils pratiques, en donnant d'ailleurs beaucoup de place aux formules désuètes.

LEVASSEUR. Les métallurgies électrolytiques (1921). — Concerne un grand nombre de points relatifs à la galvanoplastie.

24 POUR LE DOREUR, L'ARGENTEUR, LE NIQUELEUR

LOUBAT et WEILL. *Manuel pratique de nickelage* (1898). — Consacré exclusivement au nickelage surtout appliqué aux besoins de l'industrie du cycle.

MAIGNE et VILLON. *Manuel de dorure, argenture et nickelage* (1903). — Les procédés non électrolytiques tiennent une grande place dans cet ouvrage.

MINET. *Galvanoplastie et galvanostégie* (1901). — Compilation bien faite, mais avec des formules souvent difficiles à appliquer pratiquement, faute de détails.

PFANHAUSER. *Manuel de galvanoplastie* (traduction Jouve) (1908). — Très peu de formules de bains. Nombreux détails sur les à-côtés et reproduction de brevets divers.

ROSELEUR. *Manipulations hydroplastiques* (1892). — Très vieil ouvrage où puisèrent tous les auteurs qui s'occupèrent de la question. Quoique désuet maintenant, il demeure le plus complet de tous les traités similaires.

SOULIER. *Traité de galvanoplastie* (1914). — Compilation bien faite par un électricien praticien : manque peut-être un peu de formules modernes.

THELLESME. *Pour l'électricien* (1924). Nombreux tours de main pour le montage et tableaux de formules pour préparer les bains.

D. TOMMASI. *Dorure, argenture, cuivrage, nickelage, galvanoplastie* (1890). — Contient d'assez nombreuses formules originales, toutefois vieilles maintenant.

Faute de publications du même genre existant en langue française, nous devons recommander, comme périodique, la lecture du Bulletin mensuel de l'association new-yorkaise *American Electroplaters' Society*.

Procédés non électrolytiques. — Pour les dépôts métalliques de métaux précieux, effectués par les anciens procédés au mercure, au ponce, voir le volume de Maigne et Villon que nous venons de mentionner. Pour les dépôts métalliques de toutes sortes effectués par les méthodes au

trempe, au frotté et similaires, consulter la copieuse collection de recettes publiées par Michel, sous le titre *Coloration des métaux* (in-12, Paris, 1923). Voir aussi l'étude de Rosenberg, publiée en 1910 dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'industrie*.

C'est d'ailleurs dans des monographies consacrées à la métallisation avec tel ou tel métal que l'on peut se documenter complètement... quand on trouve à se documenter ainsi. Nous citerons ainsi parmi les ouvrages à consulter :

Étamage : GEORGEOT. *Fabrication du fer-blanc* (1907). — Exposé sommaire de l'état actuel de cette industrie : une large part est faite à l'étamage.

Zincage : BABLIK (traduction Schubert). *La galvanisation du fer* (1927). — Renseignements complets sur le décapage en grande industrie, sur les procédés Schoop, la shérardisation, ainsi que sur les procédés électrolytiques.

SANG. *Le zincage du fer et de l'acier* (publié en 1911 et 1912, dans la *Revue de Métallurgie*).

CHAPITRE II

PRÉPARATION DES PIÈCES A MÉTALLISER

La réussite de la métallisation est subordonnée à la bonne préparation des pièces à métalliser : ces dernières en effet, si propres puissent-elles paraître, sont toujours superficiellement souillées d'oxyde, de matières grasses. Une simple exposition à l'air oxyde assez vite beaucoup de métaux, le simple contact des doigts, même propres, suffit pour déposer une pellicule grasseuse qui suffira parfois pour prévenir un dépôt adhérent. La préparation des pièces à métalliser comporte donc nécessairement un *décapage*, c'est-à-dire un nettoyage parfait suivi d'une attaque superficielle pour mettre partout à nu la surface cathodique. Lorsque les pièces à métalliser ne sont pas conductrices du courant électrique, loin de les nettoyer, il faut au contraire les enduire de substances qui rendront conductrices les surfaces à recouvrir de métal.

Enfin pour les pièces venant de fonderie par exemple, ou dont le fini laisse à désirer, on procède souvent au *polissage* préalable, par les procédés usités au polissage terminal (voir chapitre X), mais en se servant en général d'agents plus énergiques.

DÉCAPAGE MÉCANIQUE

Grattebossage. — On nomme ainsi le brossage effectué par action de fils métalliques ou de fils en verre. Il est facile de confectionner un grattebosse en ligaturant un écheveau de fil fin en laiton, ensuite sectionné d'un côté à un centimètre du manchon de ficelle à spires serrées, de l'autre à 5 centimètres, le côté où le fil dépasse peu étant décapé au chlorure de zinc, puis soudé à l'étain. Toutefois, il est bien préférable d'opérer au tour à grattebossier, avec des brosses circulaires mues mécaniquement.

On doit toujours grattebossier au mouillé, tant pour éviter la production de poussières nocives, que pour faciliter l'action nettoyante : on emploie souvent de l'eau vinaigrée, une solution aqueuse faible de crème de tartre, une décoction de substances contenant des saponines (bois de Panama, saponaire, marrons d'Inde...).

Abrasifs. — Le grattebossage décapant est fait le plus souvent avec une bouillie aqueuse de poudres dont les particules très dures exercent une action arrachante à la surface des pièces brossées. Les abrasifs les plus employés au décapage sont la pierre ponce, l'émeri, le carborundum, le tripoli, dont les particules sont plus dures que celles des abrasifs comme le colcothar, la potée d'étain, la chaux de Vienne (sorte de craie préparée) qui servent surtout pour le polissage. (Voir chap. X).

DÉCAPAGE CHIMIQUE

Matières premières. — Pour débarrasser les surfaces métalliques des matières grasses qui les souillent, on peut, soit leur faire subir une calcination, ce qui a l'inconvénient de provoquer une légère oxydation, soit les baigner dans un bain chaud de *soude caustique*, indispensable quand les pièces sont en métal fusible ou comportent des soudures à l'étain.

Après ce dégraissage vient le « dérochage » pour enlever l'oxyde, généralement effectué dans un bain d'*acide sulfurique* dilué. C'est cet acide qui sert aussi pour le décapage des métaux ferreux, mais, pour le cuivre et ses alliages, on se sert d'*acide nitrique*. Pour obtenir une forte attaque, on ajoute des quantités variables d'*acide chlorhydrique* à l'un des acides précédents, de même éventuellement que divers sels.

On emploie parfois aussi des acides organiques au décapage. Ainsi, Matignon (*La Nature*, 1922) rapporte que les artisans chinois traitent dans une macération aqueuse d'abricots séchés les pièces de cuivre rouge, sur lesquelles on vient de souder à l'argent les bandes métalliques qui limiteront les compartiments du « cloisonné ». Evidemment, ce sont les produits acides résultant de la fermentation qui jouent le rôle de décapant.

On a désigné sous le nom de « lohmanisation », d'après le nom de l'inventeur Lohmann, un procédé spécial de décapage préalable à l'étamage, au zincage ou au plombage par fusion. Les pièces,

après un premier décapage à l'acide, sont traitées dans un bain contenant de l'acide chlorhydrique, du sel ammoniac et surtout du *bichlorure de mercure*, jouant le rôle actif et provoquant la pénétration du métal fondu à l'intérieur des pièces métallisées, ce que permet de constater l'examen micrographique des coupes.

Tous les bains de décapage doivent être placés dans des vases de verre ou de grès ; on évitera soigneusement le contact des mains et on lavera de suite les éclaboussures sur la peau ou sur les vêtements à l'eau ammoniacale.

Fer, fonte, acier rouillés. — Employer une solution assez faible d'acide chlorhydrique qu'on laisse agir pendant un laps de temps suffisamment prolongé, par exemple une solution composée de 1 litre d'acide chlorhydrique et de 4 litres d'eau. Quand on utilise une solution convenablement dosée, il ne se forme que quelques bulles de gaz : signe que le métal est faiblement attaqué et que la rouille se dissout lentement. Une solution chaude agit plus lentement qu'une froide.

Une fois toute la rouille dissoute, rincer les objets traités et les plonger dans une solution de soude (1 litre d'eau et 25 grammes de soude) jusqu'au moment où on appliquera l'enveloppe galvanique. De cette manière, on empêche le développement ultérieur de la rouille et on neutralise l'acide chlorhydrique restant dans les pores du fer. Au moment d'effectuer la galvanisation, on retire les objets de la solution de soude sans les rincer, et on les nettoie avec de la pierre ponce et de l'eau,

afin d'éliminer toute trace de charbon, de rouille pouvant encore exister à la surface. Il arrive souvent que de petites traces de rouille persistent encore après décapage ; le frottement à la pierre ponce les fait disparaître.

En ne rinçant pas la pièce retirée de la solution sodique, on la protège contre la rouille. Ne jamais laisser sécher la surface métallique, car alors cette dernière se rouille de nouveau immédiatement. Si pourtant une mince pellicule de rouille vient à se former malgré les précautions prises, on la fait disparaître en plongeant de nouveau le métal dans la solution acide. Une fois la rouille enlevée et la surface nettoyée au moyen de pierre ponce ou d'un autre abrasif, on peut immédiatement effectuer la galvanisation.

On a construit des cuves pour le décapage continu, les pièces étant contenues dans les paniers perforés d'une roue surmontant la cuve, roue dont la rotation provoquait le plonger, puis l'enlever des paniers (Brevet français 427378), mais ce genre d'appareil ne semble pas avoir été généralisé en pratique.

Décapage de la fonte. — On plonge la fonte dans un bain d'eau commune contenant 1 p. 100 d'acide sulfurique. Après deux ou trois heures d'immersion, on rince, puis on frotte avec une brosse ou un tampon de linge et du grès en poudre ou du sable. Enfin, on repasse dans le bain et on rince de nouveau.

Décapage du fer et de l'acier. — Une lame de zinc est plongée dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique ; l'objet à décaper est mis en contact par un fil métallique avec le zinc, et plongé en second lieu dans l'acide étendu ; au bout de quelques minutes, on retire la pièce, on la met de nouveau en contact avec le zinc et on plonge le tout dans une solution saturée de sulfate de cuivre, aiguisée d'un vingtième d'acide sulfurique. On lave ensuite à grande eau et la pièce est soumise immédiatement à l'action galvanique.

Pièces devenues cassantes au décapage. — Dans certaines conditions, le fer peut absorber un volume assez considérable de gaz, ce qui le rend très cassant. Il arrive que, dans les usines de galvanoplastie, les objets sortant des bains acides de décapage, par suite de circonstances non encore nettement connues, soient ainsi « imbibés » d'hydrogène. S'il s'agit de pièces assez grosses, le fait peut passer inaperçu ; mais, dans certains cas, pour les montures métalliques de parapluie par exemple, la fragilité des pièces ne laisse pas que d'être très gênante. Quand pareil fait se produit, on peut rendre aux pièces fragiles toute leur élasticité en les portant simplement pendant dix minutes environ à la température de 200° C. Le traitement peut se faire facilement, la plupart des ateliers d'usinage de petites pièces possédant une étuve pour le séchage des modèles, l'émaillage, etc.. Ne pas laisser trop longtemps les pièces à l'étuve, car il pourrait y avoir oxydation, d'où nécessité de décaper les pièces à nouveau.

Décapage du cuivre. — Les pièces délicates sont *dégraissées* par passage dans une lessive bouillante de soude caustique à 10 p. 100. Les grosses pièces sont généralement chauffées au rouge sombre sur un feu de braise ou dans un moufle, puis on les déroche dans un bain contenant 5 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° B. par hectolitre d'eau, jusqu'à ce que la surface soit partout rougeâtre. Tous ces bains doivent être incessamment remués, les petites pièces sont placées en passaires de grès, qui permettent de remuer le tout.

On procède ensuite au *passé à l'eau-forle*, en commençant par un vieux bain où les pièces sont laissées jusqu'à disparition de la teinte rougeâtre, puis en finissant par un bain frais composé de :

Acide nitrique à 36° B	100 litres
Sel commun	1 —
Suie calcinée	1 —

L'acide attaquant le cuivre très fortement, le contact ne doit pas dépasser quelques secondes; on doit opérer sous une hotte à bon tirage en raison des vapeurs corrosives qui se dégagent. On rince aussitôt à l'eau, puis, selon qu'on veut obtenir une métallisation mate ou brillante, on procède au traitement par les « acides à brillanter » ou par les « acides à mater ».

Un excellent bain aux *acides à brillanter* peut, selon Maigne, être préparé avec :

Acide nitrique	1.000 grammes
Acide sulfurique	1.000 —
Sel de cuisine	10 —

Ce bain s'emploie aussi à froid, et on n'y laisse les objets qu'une ou deux secondes, en agitant, après quoi on les rince aussitôt à grande eau. Quand on ne s'en sert pas, il faut le tenir dans des bouteilles bien bouchées, parce que l'acide sulfurique absorbe l'humidité. Quand il contient de l'eau, il attaque le cuivre, surtout le laiton, avec énergie, mais on remédie à cet inconvénient en y ajoutant de l'acide sulfurique monohydraté, c'est-à-dire fumant, et de l'acide nitrique à 40°, ou bien on s'en sert pour faire de l'acide à mater, en y versant le quart de son volume de ce dernier acide.

D'après Roseleur, on peut ramener au brillant des pièces matées par un mauvais décapage, en les faisant séjourner quelques minutes dans un bain composé de :

Vieille eau-forte presque épuisée	1 litre
Acide chlorhydrique	6 —
Eau	2 —

Les pièces sortent complètement noires de ce bain et doivent être décapées de nouveau, mais après un rinçage prolongé à l'eau propre. Ce bain convient aussi parfaitement pour débarrasser la fonte de cuivre dite « galeuse » du sable de moulage que la chaleur y a fait adhérer ; il faut seulement, pour les fortes pièces, prolonger la durée de l'immersion pendant une vingtaine de minutes.

Voici, d'après Villon, une formule pour bain aux acides à mater :

Acide nitrique	2.000	grammes
Acide sulfurique	1.000	—
Sulfate de zinc	50	—
Sel marin	10	—

Ce bain doit se préparer au grand air ou sous le manteau d'une cheminée qui tire bien, à cause des vapeurs nuisibles auxquelles il donne lieu. On verse d'abord l'acide nitrique dans une capsule de porcelaine, puis on y ajoute lentement l'acide sulfurique en agitant avec une baguette de verre. Quand le mélange est refroidi, on y fait dissoudre les sels. Il faut éviter qu'il contienne de l'eau, parce qu'il aurait une trop grande énergie. Ce bain doit être froid lorsqu'on y plonge les objets. Si on les y laisse trop longtemps, c'est-à-dire plus de quinze minutes, ils en sortent avec un aspect terreux, et l'on ne peut alors les argenter ou les dorer qu'après les avoir éclaircis en les passant vivement dans un acide à brillanter ; nous disons vivement, parce que si l'action de l'acide à brillanter était trop prolongée, le mat disparaîtrait entièrement et tout serait à recommencer.

Nous donnons dans le tableau suivant deux types de compositions différentes indiquées par divers auteurs :

Acide nitrique	100	400
— sulfurique	50	1
— chlorhydrique	25	
Sulfate de zinc		10
Eau	25	100

Toutes les opérations de préparation doivent se succéder assez rapidement et, sitôt qu'elles sont terminées, les pièces doivent être plongées dans l'électrolyte.

En particulier, les bains décapants à base d'acide nitrique, seront placés sous hottes très bien ventilées.

DÉCAPAGE ÉLECTRIQUE

Principe de la méthode. — Le procédé, écrit M. Chaplet, consiste à prendre les objets à décaper comme cathode et à employer comme électrolyte une solution assez concentrée de carbonate de potasse ou de soude (ou mieux de potasse ou de soude caustiques) à laquelle on ajoute de temps à autre un peu de cyanure de potassium ; celui-ci réduit une partie de l'oxygène dégagé aux anodes et empêche que cet oxygène, en se répandant dans le bain, n'exerce une action oxydante. On opère à une température voisine du point d'ébullition, avec un courant de 4 à 8 volts. L'alcali qui se forme à la cathode a pour effet de saponifier les graisses qui s'y trouvent ; l'hydrogène qui s'y dégage exerce en même temps une action mécanique pour détacher ces graisses et pour les entraîner, plus ou moins saponifiées, à la surface.

La rapidité du dégraissage croît naturellement avec celle du dégagement gazeux et avec l'intensité du courant ; l'opération ne dure que quelques minutes et permet d'obtenir des objets parfaitement polis et brillants. Si on dispose d'air comprimé, il convient de le faire barboter au centre de la cuve de façon à créer à la surface du bain un cercle libéré de matières grasses et à l'intérieur duquel on puisse retirer les objets sans crainte de les voir se recouvrir de graisse à nouveau.

Type d'installation. — L'appareil (fig. 15) comprend essentiellement un bac en tôle au-des-

sur lequel se trouve une rampe en tube de cuivre, de 25 à 40 millimètres de diamètre, supportée par des pièces de bois ; les trous où passe la rampe sont munis de bouts de tube de caoutchouc, pour améliorer l'isolation.

Le bac contient une solution de soude caustique (30 à 60 grammes par litre d'eau bouillie ou

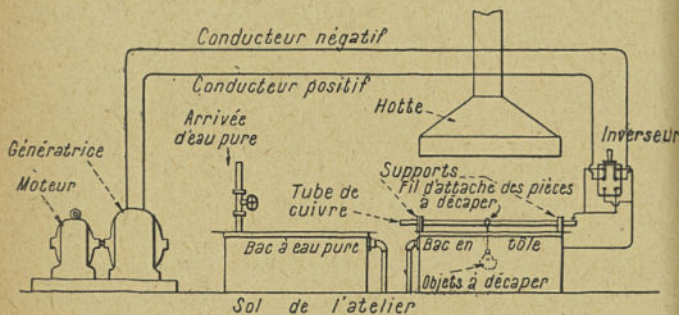


Fig. 15. — Ensemble d'une installation pour décapage électrolytique.

distillée). Les objets à décaper sont suspendus, par un fil conducteur, à la rampe, qui est reliée à l'un des pôles d'un circuit à courant continu ; l'autre pôle est relié à la masse du bac. Un inverseur est intercalé sur le trajet du courant. L'intensité doit être de 2.000 ampères sous 6 à 8 volts. Ce courant sera produit par un groupe convertisseur installé à cet effet.

Le décapage s'obtient en faisant passer le courant dans un sens tel que le fil positif soit connecté avec la rampe. Le liquide s'échauffe, et les vapeurs sont évacuées par une hotte.

L'opération terminée, il suffit de couper le courant et de retirer les pièces, qui seront lavées dans un bac contenant de l'eau de condensation, puis séchées.

Si l'on constate des dépôts d'impuretés contre les parois de la cuve contenant la lessive alcaline, on peut les chasser des parois par voie électrostatique, en inversant le sens de passage du courant. Au bout de quelques secondes, toutes les boues sont détachées et peuvent être éliminées par le robinet de purge.

Les petits objets que l'on ne peut suspendre individuellement seront placés dans un panier métallique, qui sera suspendu à la rampe.

Procédés spéciaux. — Pour éviter l'action dissolvante des bains de dégraissage électrolytique à base de cyanures, Lévy (Brevet français 461285) recommande l'emploi des électrolytes à base de ferrocyanures, conformes par exemple à la formule :

Eau	100 kgr.
Soude caustique	10 kgr.
Ferrocyanure de potassium	1 kgr.
Chaux	1 kgr.

Il faut brasser de temps en temps pour mettre la chaux en suspension.

Lévy (Brevet français 385058) a proposé un procédé fort intéressant pour la suppression du dégraissage des pièces par emploi d'électrolytes alcalins contenant un peu de cyanure : il se produit un dégraissage électrolytique dans le bain même de métallisation.

DÉ-MÉTALLISATION

Dédrogues. — Ce nom bizarre sert dans les ateliers de métallisation électrolytique à désigner les bains servant pour la dissolution des dépôts sur pièces usagées ou sur objets dont le traitement vient d'être manqué. Voici, d'après Geymet, la composition des dédrogues usuelles :

	pour or	pour argent	pour nickel
Acide sulfurique	1.000	1.000	1.000
— chlorhydrique ...	200	»	200
— nitrique	150	100	100

Les acides employés doivent être très concentrés et les bains conservés en tonnes bien bouchées pour éviter l'absorption d'humidité. Les dosages se font en volume. On doit laisser le moins de temps possible les pièces au contact du bain qui a tendance à attaquer le métal sous-jacent.

Dédorage du vermeil. — Mettre les surfaces à nettoyer au contact d'extrait d'eau de Javel en frottant si possible. (Pour une chaîne de montre, par exemple, on met réactif et objet dans un flacon ; on ferme et on agite ; le dédorage est très rapide.) On sait, en effet, que les chlorures décolorants contiennent de l'acide hypochloreux, composé très instable qui dégage très facilement le chlore à l'état naissant. Ce chlore naissant agit sur l'or, transformé en chlorure, de la même façon que celui mis en liberté par l'action de l'acide azotique sur l'acide chlorhydrique (eau régale). Mais

l'eau de Javel a, sur ce dernier réactif, l'avantage d'être beaucoup plus répandue, d'emploi plus commode, de manipulation moins dangereuse, et d'attaque beaucoup moins violente surtout en ce qui concerne l'argent qu'il faut dissoudre le moins possible.

Décuivrage du fer. — Pour retirer des surfaces de fer les minces couches de cuivre déposé par simple immersion, en vue, par exemple, d'un nickelage, le mieux est de plonger l'objet dans un bain d'acide nitrique étendu de son volume d'eau, et de retirer aussitôt pour laver à grande eau. On peut encore, s'il s'agit de petites pièces fines, plonger l'objet dans l'eau iodée : il se forme à la longue de l'iodure cuivreux insoluble qu'on peut enlever par brossage énergique. Description publiée en 1913 dans *Le Chimiste*.

Pour dénickeler. — Plonger les pièces nickelées, préalablement chauffées à 100° C., dans un bain composé de :

A	{ Acide sulfurique ordinaire à 66° B.	1 litre
	{ Acide azotique ordinaire à 36° B..	125 grammes
B	{ Nitrate de soude ou de potasse ...	125 —
	{ Eau ordinaire	125 —

Verser peu à peu en remuant B dans A.

On plonge l'objet dans ce bain pendant une demi-minute, à deux ou trois reprises, puis on lave à grande eau. S'il reste encore quelques endroits recouverts de nickel, les enlever au grattoir plutôt que par le bain qui corroderait les parties dénickelées.

PRÉPARATION DES PIÈCES DE SUBSTANCES NON CONDUCTRICES

Objets en bois. — On prépare trois mixtures, la première par mélange des deux solutions suivantes :

a) Sulfure de carbone	10 grammes
Caoutchouc non vulcanisé . .	1 —
Cire	4 —
Essence de térébenthine	
Asphalte	5 grammes
Sulfure de carbone	4 —
Phosphore	60 —
5 —	5 —
b) Eau	
Nitrate d'argent	500 grammes
2 —	2 —
c) Eau	
Chlorure d'or	500 grammes
10 —	10 —

On fixe d'abord les fils conducteurs à l'objet sur lequel on veut opérer, on trempe celui-ci dans la solution *a*, on le ressort et on l'essuie. Puis la solution *b* est versée sur l'objet, lequel est toujours maintenu par les fils, puis suspendu à l'air jusqu'à ce que la surface devienne brune et brillante ; on la rince alors à l'eau fraîche et on procède avec la solution *c* comme on l'a fait avec *b*. Quand cette dernière opération est faite, le bois est suffisamment préparé pour la métallisation.

Une autre méthode est recommandée par M. Burgess. Le bois est trempé, en premier lieu, dans une solution saturée de sulfate de cuivre, ensuite séché dans une cuve, puis plongé dans une solution

d'acide sulfhydrique : le sulfate de cuivre est transformé en sulfure, insoluble dans l'eau.

Un fil de cuivre d'un petit diamètre sert à entourer les objets afin de former une espèce de filet, le tout est suspendu comme cathode dans une solution de chlorure sodique. En faisant passer un courant assez fort, le sulfate de cuivre est transformé en cuivre métallique, lequel adhère au bois, mais sans aspect métallique.

L'objet ainsi préparé est prêt à être immergé dans le bain électrolytique et recevoir le dépôt, qui est parfaitement adhérent.

Si l'objet a tendance à gonfler dans l'eau, le dépôt se craquellera ; on conseille alors l'immersion du bois dans un bain de paraffine chaude, qui le rend imperméable et d'un autre bain de courte durée dans de la gazoline qui dissout la paraffine superficiellement, afin de rendre l'objet susceptible d'absorber le sel métallique.

Honoré (Brevet français 419814), propose l'emploi d'une couche de bitume ou de vernis à base de bétuline, résine provenant du bouleau. Voici des formules de préparation :

Bétuline	2	—
Bitume de Judée	—	2
Gomme dammar	2	—
Glu marine	—	1
Huile de lin cuite	5	—
Paraffine	—	3
Essence de térébenthine	3	3

On applique d'abord une couche de vernis au bitume, puis après séchage une couche du vernis à la bétuline.

Céramiques. — La poterie à traiter est préalablement soumise, à l'intérieur du four, et cela vers la fin de la cuisson, à l'influence d'une atmosphère de fumée, et on la laisse refroidir, autant que possible, sans qu'elle entre en contact avec l'air extérieur : par suite, le carbone déposé sur la pâte ne se consume point. Les objets ainsi préparés présentent une surface bonne conductrice de l'électricité ; suspendus à la cathode d'un bain électrolytique métallique, ils prennent facilement une couche de métal qui se trouve en dissolution dans le bain. Il importe, avant de plonger la pièce traitée dans l'électrolyte, d'enlever avec soin les impuretés et les poussières avec une brosse métallique. Quant aux parties de la pièce qui ne doivent recevoir aucun dépôt galvanoplastique, on doit naturellement leur appliquer, avant l'immersion dans le bain, une couche d'un vernis protecteur.

Les surfaces céramiques à métalliser peuvent encore, d'après Asch (Brevet français 520792), être recouvertes d'une mixture composée de :

Carbonate d'argent . . .	de	15 à 45	grammes
Borate de plomb		3 à 7	—
Or brillant céramique ..		200 à 600	gouttes

On laisse sécher, on chauffe au moufle, la température variant de 600 à 1.200° C., et on ponce après refroidissement.

Selon Heller (Brevet français 520018), les surfaces céramiques à métalliser électrolytiquement sont enduites d'une mixture du genre des peintures à l'huile.

Voici une formule type pour la préparation d'une mixture de ce genre :

Huile de lin	50	grammes
Essence de térébenthine	50	—
Noir d'ivoire	250	—
Résine	180	—
Graphite	420	—

Le tout, fortement broyé, est appliqué au pin-céau.

Cuivrage du plâtre. — Chauffer le plâtre dans une étuve bien ventilée à 50°, puis l'introduire dans un bain de paraffine à 50°-60° ; l'enlever lorsqu'il ne se dégage plus de gaz, et laisser refroidir. On recouvre alors la surface avec une faible couche de collodion photographique; libre de sel d'argent et étendu de neuf fois son volume d'alcool et d'éther. On laisse sécher. On recouvre de graphite, on relie avec des conducteurs, on met de nouveau une couche de graphite et on place le tout dans une solution à 10 p. 100 de sulfate d'aluminium ou d'alun. On l'y laisse quelques minutes seulement. On relie alors le moule de plâtre avec une source électrique de 3 volts. 1 ampère par décimètre carré, et on introduit dans un bain de sulfate de cuivre additionné de 5 à 8 p. 100 d'acide sulfurique. On complète le circuit avec une anode de cuivre. Il se dépose très vite une mince couche de cuivre qui s'épaissit rapidement.

Une autre méthode est recommandée par M. Chaplet. On attache l'objet à un long fil de laiton, puis on le plonge dans la stéarine fondue et maintenue à une température de 80 à 100° C. Des bulles d'air

montent immédiatement et crèvent à la surface, en entraînant air et humidité de la substance traitée. Quand cette montée de bulles a cessé, on retire l'objet et on le saupoudre complètement de graphite, tandis qu'il est encore tiède. On laisse refroidir, on souffle pour enlever le graphite qui adhère mal, puis on brosse toute la surface de l'objet avec une brosse chargée de graphite, et jusqu'à ce que cette surface et les moindres dépressions soient d'un noir uniforme.

CHAPITRE III

DORURE

De tous les procédés de métallisation, la dorure est peut être le plus intéressant puisque l'opération permet de donner l'apparence du métal essentiellement brillant et précieux à toutes sortes de matériaux n'ayant ni le prix, ni l'éclat, ni l'inaltérabilité de l'or. Aussi bien la dorure est-elle pratiquée dans une infinité de spécialités artisanes, depuis la bijouterie et l'ameublement jusqu'à la reliure et la miroiterie. Nous ne saurions évidemment dans ces conditions traiter à fond la technique de la métallisation par l'or, et nous nous bornerons aux applications du métal précieux sur d'autres métaux. Pour la dorure du cuir, on consultera si besoin est quelque traité de reliure, par exemple le petit volume de Roux, *Pour le relieur*, publié dans la présente Collection (in-12, Paris, 1925). Quant à la dorure du verre, la technique en est exposée assez longuement dans l'ouvrage de Rousset, *Travail du verre* (in-8, Paris, 1927). Pour la dorure du bois, voir *Dorure sur bois*, de Fleury (in-12, Paris, 1908) et pour la dorure du plâtre, un *Manuel de l'encadreur*, par exemple celui de Saulo et Stahl (in-12, Paris, 1906).

DORURE ÉLECTROLYTIQUE

Principe des procédés. — C'est dans les premières années du XIX^e siècle que fut imaginée la dorure électrolytique. Voici, en effet, ce que publiait, en 1807, le savant italien Brugnatelli, rendant compte de recherches commencées vers 1800 et menées à bien en 1805 :

« Prenez une partie saturée d'or dissous par l'eau régale, ajoutez 6 parties d'ammoniaque liquide ; la dissolution s'y décompose, et il se forme un précipité qui se dissout aussitôt en partie pour former l'ammoniure d'or. On recueille ce mélange dans un vase de verre. Les objets destinés à être dorés sont fixés solidement à un fil d'acier ou d'argent que l'on fait ensuite communiquer au pôle négatif d'une pile voltaïque. L'objet en argent qui doit être doré plonge entièrement dans le liquide contenant l'ammoniure d'or ; le courant galvanique est fermé par une grosse bande de carton mouillé, qui, de l'ammoniure, passe au pôle positif de la pile. En quelques heures, l'argent se trouve entièrement doré par l'action galvanique. La dorure peut être mise en couleur par les moyens ordinaires, et on lui fait prendre le plus vif éclat avec le gratte bosse des doreurs. »

Toutefois les applications industrielles de la méthode ne commencèrent que vers 1840, après les travaux d'Elkington qui sut mettre au point le procédé applicable aux pièces de bijouterie. Actuellement la dorure électrolytique est très employée sous les deux formes de dépôt effectué

à chaud ou à froid. On dore à chaud en général les petits objets, qui ont ainsi des teintes plus riches ; on dore à froid les objets d'assez grandes dimensions, ainsi couverts d'une couche d'épaisseur plus uniforme.

On dore directement sur cuivre, maillechort et argent ; on cuivre généralement avant de dorer sur le fer, le zinc, les alliages d'étain. On obtient en dorure un grand nombre de teintes : or jaune, or rouge, souvent obtenues par action supplémentaire d'un dernier bain de composition spéciale.

Appareillage. — Pour une petite installation, voici le détail de l'installation à prévoir, d'après renseignements donnés par les établissements Grauer et Weil, le courant étant, dans l'un et l'autre cas, fourni par un accumulateur de capacité 72 A. H., donnant un courant de 7,2 ampères sous tension de 2 volts, qu'on peut employer sans rhéostat.

Pour la *dorure à chaud* :

	francs-or
1 cuve en tôle noire soudée autogène, émaillée intérieurement, et mesurant 300 × 250 × 250 millimètres	35 »
15 litres bain de dorure électrolytique à chaud en sels préparés à raison de 2 grammes de sels d'or par litre, à 30 francs le litre	90 — »
2 tringles tubes laiton de 0 m. 50 × 15 millimètres, pesant ensemble environ 500 grammes, à 30 fr. le kilogramme	3 »
2 pinces à tringles de 15 millimètres, à 3 fr. la pièce . . .	1 »
4 supports isolants porcelaine, à 1 fr. 50 la pièce	1 »
1 anode d'or vierge de 10 grammes environ	40 »
Soit un total de	170 »

Pour la dorure à froid :

francs-or

1 cuve en grès rectangulaire, mesurant intérieurement 300 × 250 × 250 millimètres, contenance 19 litres	8 »
15 litres bain de dorure électrolytique à froid, en sels préparés, à raison d'environ 2 grammes de sel d'or par litre	90 »
2 tringles tubes laiton de 0 m. 50 × 15 millimètres, pesant ensemble environ 500 grammes	3 »
2 pinces à tringles de 15 millimètres	1 »
1 anode or vierge d'environ 10 grammes	38 »
Soit un total de	140 »

Pour dorer un petit bijou, on peut se contenter d'une pile Bunsen, l'électrolyte étant contenu dans une capsule de porcelaine placée sur un réchaud.

Conduite de l'électrolyse. — Les bains sont généralement à base de chlorure d'or (voir p. 49). Lorsqu'on emploie l'ammoniaque, on en ajoute à la solution aqueuse du chlorure d'or pour obtenir un précipité, qui est séparé par filtration, puis dissous dans la solution cyanurée.

L'anode, suspendue dans le bain où elle doit entièrement baigner, par un fil de platine, sera épaisse au moins de 2 millimètres : on l'enlèvera du bain lorsqu'on ne se sert pas de ce dernier. La surface de l'anode doit être un peu plus grande que la surface de la cathode.

Si le courant est trop fort, il se dépose sur la cathode de l'or pulvérulent, brun rougeâtre. La densité normale varie de 0,1 à 0,2 ampère par décimètre carré de surface cathodique.

Lorsque l'on n'a dans l'électrolyte qu'une anode, il est bon de changer de temps en temps la position de la cathode pour éviter que sa surface en regard de l'anode soit plus fortement dorée que l'autre côté. Lorsqu'on effectue ce changement, il peut arriver que la face déjà dorée se dédore : le fait indique une insuffisance de courant.

BAIN POUR DORURE (Brochet)

	A CHAUD	A FROID		
Chlorure d'or	2	5	5	
Cyanure de potasse .	2,5	6	6	
Sulfite de soude	5			
Phosphate de soude .	50			
Ammoniaque			15	
Sulfocyanure d'or et de potassium ..				10
Eau distillée	970	1.000	990	1.000
Densité à 18	1,028	1,003	1,004	1,003
Résistivité ρ_{18}	46,0	102	84	1,450
Conductivité κ_{18}	0,0216	0,0098	0,0019	0,0069

On emploie exclusivement la première formule pour la dorure à chaud (50 à 80° C.).

BAINS POUR DORURE (Roseleur)

	A FROID		A CHAUD	
Eau	1.500	3.000	1.000	2.000
Cyanure de potassium ...	15	20	10	1
Ammoniaque	25			
Chlorure d'or	10	20	2	4
Phosphate de soude			20	100
Bisulfite de soude			10	25

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

BAINS A DORER (Tommasi)

	A FROID		A CHAUD		pour fer, fonte, acier		pour bronze
Eau	950	600	5.000	1.000	1.000	200	1.000
Chlorure d'or	1	4	9	2	2	4	1
Cyanure de potassium	15	5	15	1	1	1	1
Ammoniaque		5					
Carbonate de potasse			8				
Phosphate de soude				50	120	100	60
Bisulfite de soude				15	120	25	10

Ors de couleur. — Pour aviver l'éclat de la dorure ordinaire, on emploie une pâte ainsi composée :

Alun	30 grammes
Azotate de potasse	30 —
Ocre rouge	30 —
Sulfate de zinc	8 —
Sel marin	1 —
Sulfate de fer	1 —

On l'applique sur la dorure au moyen d'une brosse, puis on chauffe l'objet sur une plaque de fer jusqu'à ce qu'il devienne presque noir, on le lave ensuite à l'eau froide. Finalement on passe au brunissage.

En ajoutant au bain d'or des solutions de sels de cuivre ou d'argent faites en diverses proportions, on obtient des colorations qui varient progressivement de la nuance rouge du cuivre jusqu'à la teinte blanche de l'argent. On procède généralement

La couleur de la dorure galvanique peut être modifiée de manière à lui donner des nuances diverses. Ainsi, pour la rendre *rougeâtre*, on introduit dans le bain une quantité suffisante d'acétate de cuivre, ou l'on se sert d'un vieux bain dans lequel on aura doré beaucoup d'objets de cuivre ; on emploiera un courant plutôt fort. Pour obtenir une teinte *verdâtre* ou *blanchâtre*, on ajoute au bain en petite quantité, soit une solution étendue de nitrate d'argent, soit une de cyanure double d'argent et de potassium.

Pour avoir des dépôts de teinte *or vert*, on met dans un bon bain d'or une anode d'argent pur ; on fait passer le courant et on attend que le métal déposé au pôle négatif ait la couleur voulue. On remplace alors la lame d'argent par une lame d'or vert, et le bain est prêt à servir.

Pour avoir la nuance dite *or rouge*, on peut procéder d'une façon analogue, en prenant d'abord une anode de cuivre pur que l'on remplace ensuite par une plaque d'or rouge. On peut aussi mélanger convenablement un bain d'or ordinaire, mais ce procédé donne en général de moins bons résultats.

Pour *rectifier l'aspect* des dorures de teintes défectueuses, on couvre d'une bouillie de borax broyé au mortier dans un peu d'eau, puis on fait sécher et on chauffe jusqu'à fusion du sel : on dissout ensuite le borax dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique. On peut ensuite procéder à nouveau, s'il y a lieu, au nuancement de la couche d'or.

DORURE AU TREMPÉ ET AU FROTTÉ

Pâtes à dorer. — a) Mélanger, après avoir réduit en poudre très fine :

Chlorure d'or sec	20	grammes
Cyanure de potassium	60	—
Blanc crayeux	100	—
Crème de tartre	5	—

Ajoutez 100 grammes d'eau et malaxez. Imbibez une flanelle de cette pâte et frottez les objets.

Ces objets-seront absolument dépouillés de tous corps gras ou de toute impureté. Pour cela, on les laisse tremper quelques instants dans l'alcool ; on les brosse ; on les rince à plusieurs eaux claires ; on les fait égoutter et on les trempe à nouveau dans de l'alcool fort ; une fois retirés, on les laisse sécher et l'on procède ensuite à la dorure.

b) Faites dissoudre 10 grammes de chlorure d'or dans 25 grammes d'eau distillée. D'autre part, faites dissoudre 70 grammes de cyanure de potassium dans 100 grammes d'eau distillée, réunissez les deux solutions et agitez au moins pendant un quart d'heure ; au bout de ce temps, filtrez et conservez en flacon bien bouché.

Pour l'emploi, faire une pâte avec du blanc crayeux et 5 p. 100 de crème de tartre en poudre fine. Pour dorer les objets, préalablement bien décapés, servez-vous d'un petit tampon pour étendre la pâte. Frottez et repassez plusieurs fois, puis rincez à l'eau claire et séchez à la sciure.

Liquides à dorer. — a) On mélange trois volumes d'acide chlorhydrique et un d'acide nitrique, on y fait dissoudre de l'or (si possible en feuilles pour que l'attaque soit plus rapide) et on évapore à sec au bain-marie. Le résidu obtenu est dissous dans le moins d'eau possible, on ajoute ensuite à la solution trois fois son volume d'éther : on agite et conserve en flacons bouchés à l'émeri, à l'abri de la lumière.

Les objets d'acier poli, plongés dans le liquide, se doront de suite. On peut obtenir des sortes de damasquinures en enduisant de cire certaines parties protégées ou en vernissant le tout et mettant ensuite à nu les endroits à dorer. Nous reproduisons cette description d'après le volume de Michel : *Coloration des métaux*. Notons que la dorure obtenue de la sorte est très légère et ne résiste guère au frottement.

b) Bourdais conseille l'emploi d'une mixture composée de :

Mercure	40	grammes
Zinc	20	—
Or	10	—
Acide chlorhydrique	80	—
Crème de tartre	10	—

Mélanger le mercure, le zinc et l'or, puis mettre à digérer l'amalgame dans l'acide. Pour dorer l'objet, le nettoyer et le tremper dans la solution ci-dessus presque bouillante, jusqu'à obtention de la couleur désirée. Très corrosif le bain doit être chauffé dans un vaisseau de verre ou de porcelaine.

c) La formule suivante est donnée par Roseleur :

Eau distillée	1.000	grammes
Pyrophosphate de soude	80	—
Acide cyanhydrique	10	—
Chlorure d'or cristallisé	2	—

Faites dissoudre d'abord le pyrophosphate de soude, ensuite l'acide cyanhydrique, puis le chlorure d'or ; chauffez le tout jusqu'à ébullition et trempez dans ce bain chaud les pièces à dorer, lesquelles devront être bien décapées. Les pièces à dorer doivent être tenues par un fil de cuivre. Naturellement, éviter de les toucher avec les mains après le décapage.

d) C'est à Roseleur également que nous empruntons la description du très vieux procédé pour la dorure « au pouce ». On la pratique en dissolvant de l'or fin en feuille mince dans un mélange chauffé doucement de :

Acide nitrique	10	kgr.
Sel ammoniac	4	kgr.
Salpêtre	1	kgr.

On laisse refroidir quand tout l'or est dissout.

Dans ce liquide, on place les uns sur les autres une quantité convenable de carrés de toile pur fil, et, à l'aide d'une baguette de verre, on tapote la masse de manière que toutes les parties de la toile s'imprègnent bien de chlorure d'or. On prend alors, à l'aide de pinces de bois, chaque carré de toile, et, après l'avoir égoutté au-dessus du vase, on l'étend au séchage dans un endroit obscur. Lorsque la dessicca-

tion est à peu près complète, on l'achève en présentant à l'action de la chaleur d'un réchaud chaque morceau de linge tenu à plat sur deux petites baguettes de verre ou de bois. Le feu ne tarde pas à s'y communiquer et s'active de la présence de l'azotate de potasse ou salpêtre. On pose sur un marbre et on laisse brûler complètement, puis on broie à la molette, on recueille la cendre avec soin et on la dispose dans un plié de parchemin qu'on entoure d'un linge mouillé ; on laisse ainsi le tout pendant une semaine, en ayant soin de changer chaque jour les surfaces de la poudre, de manière que le tout s'humecte régulièrement à travers le parchemin. A ce moment, la poudre est bonne à employer ; il suffit pour cela de verser sur un marbre une goutte d'eau et d'y délayer un peu de la cendre, puis de prendre un peu de cette bouillie et de l'étendre par friction sur l'argent que l'on veut doré et qui a été préalablement bien nettoyé. Les unis se font avec le *pouce*, les filets à l'aide d'un liège taillé en couteau, et les angles ou coins au moyen d'un morceau de bois tendre, tel que tilleul ou peuplier. Il ne reste plus qu'à brunir. Cette dorure est mince, mais assez résistante après l'action du brunissoir, qui, écrasant l'or, le force en quelque sorte à s'incruster dans les pores de l'argent. Lorsqu'on veut une dorure rouge et non pas jaune, on ajoute une petite proportion de cuivre rouge bien pur à l'or qu'on doit dissoudre par l'eau régale. Les praticiens préféraient, pour cet usage, les sous à l'effigie de Louis XV, prétendant que le commerce n'offre pas de cuivre de même composition que celui de cette monnaie.

DORURE A L'AMALGAME

Préparation de l'amalgame. — On doit employer de l'or fin, à 995-999/1.000.

L'or tenant beaucoup d'argent donnerait un ton vert ; et la présence du cuivre, en grande proportion, rend l'or très difficilement soluble dans le mercure, et procure un amalgame grenu, s'étendant mal sur le bronze, et donnant une teinte rougeâtre désagréable.

L'or est réduit en feuilles au moyen du battage, afin qu'il soit plus facilement soluble dans le mercure : celui-ci doit être *pur* ; pour cela, il faut qu'il ne fasse pas la queue et ne laisse aucun résidu sur la peau de chamois dans laquelle on le passe. Si, après l'y avoir fait passer à plusieurs reprises, il renferme encore des substances étrangères, il serait nécessaire de le distiller.

Pour préparer l'amalgame, on chauffe sous la hotte un creuset contenant une partie d'or, et quelques instants après on y verse 8 parties environ de mercure, on agite avec une tige de fer ; et après avoir laissé chauffer quelques instants, on le verse dans l'eau, on le lave avec soin, et on le comprime avec les deux pouces contre les parois de la terrine : l'amalgame est alors pâteux ; on le conserve dans un vase à l'abri de la poussière ; il renferme environ 9 à 11 d'or et 91 à 89 de mercure. Le mercure que l'on trouve au fond de la terrine contient de l'or ; on s'en sert pour faire un nouvel amalgame.

Préparation des pièces. — Les pièces de cuivre à dorer sont chauffées au rouge sombre ; après refroidissement, elles sont dérochées dans une « eau seconde » acidulée par l'acide sulfurique, puis on procède au décapage par baignade rapide dans l'acide nitrique à 36° B. On frotte avec une brosse, puis on repasse dans l'acide nitrique additionné de suie, après quoi on lave.

On frotte alors avec une gratte bosse en fils de laiton imprégnée d'une solution aqueuse concentrée de nitrate de mercure et l'on procède aussitôt à l'application d'amalgame.

Dorure. — C'est avec la grattebosse servant à l'application du nitrate que l'on applique l'amalgame, en l'étendant bien, et alternant si besoin est l'une et l'autre application. On doit travailler les mains gantées de caoutchouc.

La pièce bien amalgamée est lavée, puis on la fait sécher, et on la chauffe ensuite assez fortement pour volatiliser le mercure.

Si le lavage de la pièce qui vient d'être grattebossée n'était opéré avec assez de soins, ou que l'on employât longtemps la même eau, comme le font beaucoup d'ouvriers, il resterait à la surface une certaine quantité de nitrate de cuivre provenant de l'action, sur ce métal, de la dissolution mercurielle ; et en chauffant il déposerait sur l'or de l'oxyde qui le tacherait, ou du cuivre qui en changerait le titre.

Pour chasser le mercure de l'amalgame appliqué sur la pièce, le doreur la porte, au moyen de pièces convenables, au-dessus d'un feu de charbon,

et la plaçant dans la main gauche garnie d'un gant épais, il la frappe avec une brosse à longs poils pour répartir bien également l'amalgame, et il recommence la même opération jusqu'à ce que le mercure soit entièrement volatilisé, ce qu'il reconnaît au bruit que produit une goutte d'eau qu'il jette dessus et au temps nécessaire pour la volatiliser.

Si on chauffait brusquement la pièce, il se ferait une perte, parce que l'amalgame se liquéfierait, et que la brosse en enlèverait une partie.

On repasse ensuite les parties défectueuses en y portant de nouveau de l'amalgame, et quelquefois on en enduit en entier la pièce, et, dans tous les cas, on la lave, on la grattebosse avec soin avec de l'eau contenant du vinaigre, on la lave et on la sèche dans des mottes.

Si la pièce doit être brunie dans certains points et mate dans d'autres, on couvre les premiers avec un mélange de blanc crayeux, de sucre et de gomme délayée dans l'eau, ce qu'on nomme *épargne* ; on la chauffe de nouveau à une chaleur indiquée par la couleur que prend l'épargne ; on la laisse refroidir, et on la passe au mat.

Si la pièce doit être brunie en entier, on la chauffe sans épargne et on la plonge, un peu chaude, dans l'acide sulfurique faible ; puis après l'avoir lavée, on la brunit. Pour cela, on frotte la pièce avec des brunissoirs de sanguine que l'on trempe dans l'eau vinaigrée ; on la lave à l'eau froide, et après l'avoir essuyée au moyen d'un linge fin, on la sèche sur un feu très doux.

Traitement des résidus. — Les *eaux de dérochage* sont acides et renferment du cuivre, du fer et du zinc ; lorsqu'elles sont anciennes, le zinc qui s'y accumule précipite le cuivre.

Si l'on a employé l'acide sulfurique, on peut en précipiter tout le cuivre par le moyen de zinc ou de ferraille, on le lave et on le fond, ou bien on le vend comme mitraille.

Si l'eau seconde a été préparée avec de l'acide nitrique, on précipite le cuivre de la même manière, et si l'on voulait avoir des sulfates de zinc et de fer, on traiterait les liqueurs par l'acide sulfurique.

On peut exploiter en même temps la liqueur provenant du traitement des vieilles grattebosses.

Les *eaux blanches* provenant de l'égoutture et du lavage de la table sur laquelle on applique l'amalgame, sont acides ; elles contiennent en dissolution du mercure et du cuivre, et en suspension des brins de brosse, des fragments de tannée, des fils de grattebosses, de l'amalgame d'or, des sels mercuriels insolubles. On les décante, on lave et on sèche la matière que l'on trouve au fond : on la traite par du mercure, qui dissout l'amalgame et le sépare ; on passe cet amalgame dans un tamis pour en séparer les corps étrangers, et ensuite à la peau de chamois ; on met ensuite dans la liqueur des lames de cuivre, qui précipitent tout le mercure, que l'on distille ; le résidu, fondu avec un peu de nitre et de borax, donne l'or.

Les *cendres de la forge à passer* sont tamisées puis lavées pour en retirer l'amalgame, et on les traite comme les cendres d'orfèvres, de même que les *balayures d'atelier* calcinées au préalable.

On désigne sous le nom de *brossures du plateau* un mélange d'amalgame, de cendres, de poussière, de débris de charbon, de crins de la brosse, etc.. Après les avoir délayés dans l'eau, on y verse de l'acide nitrique, en petite quantité à la fois ; on sépare les charbons et tout ce qui nage à la surface, et on décante pour avoir l'amalgame : la liqueur peut être réunie aux eaux blanches.

L'amalgame que l'on n'utilise pas directement, s'il était distillé, donnerait de l'or à bas titre ; on le traite par l'acide nitrique à 36°. Quand la liqueur précipite par du sel marin, on la décante et on lave l'amalgame.

La liqueur et le dépôt du tonneau à mettre au mal contient aussi généralement un peu d'or. L'eau, légèrement acide, marque 5 à 6° à l'aréomètre ; elle ne renferme pas ordinairement d'or, mais les boues en contiennent : on peut les traiter par différents procédés.

Si la liqueur renferme de l'or, on l'en précipite par une dissolution de sulfate de fer ; on décante et on lave avec soin.

On traite le résidu lavé par l'acide chlorhydrique qui facilite la dissolution du plâtre et du sous-sulfate d'alumine : l'or reste en suspension avec du sable, de la terre, un peu de plâtre et quelques ordures ; on le laisse déposer ; on décante la liqueur, et on traite le résidu par de l'acide sulfurique faible et beaucoup d'eau, puis on le fond avec de la litharge, un centième de résine, du salpêtre et du borax.

APPRÊT DES DORURES

Pour amortir l'éclat de la dorure à l'amalgame. — Il suffit de recouvrir l'objet à ternir d'une mixture faite avec :

Aluminate de potasse	45	grammes
Sel marin	3	—
Eau	5	—

Chauffer ensuite jusqu'à ce que l'enduit devienne bien translucide, après quoi on plonge dans l'eau froide, on rince à l'eau chaude et on sèche dans la sciure.

Cire des doreurs. — D'après Chaplet, on peut préparer ce produit avec :

Cire vierge	122	grammes
Vert-de-gris.....	23	—
Battitures de cuivre	31	—
Craie rouge.....	16	—
Alun	8	—

Faire fondre la cire, y projeter les autres matières pulvérisées finement, en agitant d'une façon continue ; laisser ensuite refroidir.

Cette cire sert pour les objets en bronze doré et se passe sur l'or après la dorure ; on fait d'abord chauffer la pièce dorée et l'on en frotte la surface avec la cire ; puis on la fait chauffer fortement et la passe rapidement dans un récipient plein d'eau bouillante additionnée de sel de tartre. La cire se dissout ; la dorure garde une belle couleur foncée.

Apprêts spéciaux des dorures à l'amalgame. — Pour obtenir l'aspect dit *or moulu*, après avoir grattebossé la pièce un peu moins que de coutume, on la fait « revenir » à une chaleur plus forte que pour le mat ; et après l'avoir laissée refroidir un peu, on étend dessus avec un pinceau, en réservant les brunis, la couleur formée d'alun, de sel marin et de sanguine, délayés dans du vinaigre ; on chauffe sur les charbons jusqu'à ce que la couleur commence à brunir, on plonge dans l'eau et on frotte avec un pinceau imbibé de vinaigre si la pièce est unie, et d'acide nitrique faible si elle est gravée, on lave et on sèche à feu doux.

Pour avoir la teinte *or rouge*, on trempe la pièce sortant de la forge à passer, et chaude, dans un mélange de cire jaune, d'ocre-rouge, de vert-de-gris et d'alun, puis on la porte sur un feu vif, en activant la combustion avec un peu de mélange que l'on y jette. Quand la cire de la pièce est brûlée et que la flamme s'éteint, on plonge la pièce dans l'eau froide, et on la grattebosse avec du vinaigre : si la teinte n'est pas belle, on la couvre de vert-de-gris délayé dans du vinaigre ; on fait sécher à un feu doux, on la plonge dans l'eau et on la grattebosse avec du vinaigre, ou avec de l'acide nitrique faible si la couleur est trop noire.

CHAPITRE IV

ARGENTURE

Le joli brillant de l'argent et le prix pas très coûteux de l'argenture fait préférer ce mode de métallisation dans de nombreuses applications, surtout pour la bijouterie bon marché et les couverts de table. Il y a là d'ailleurs outre la question d'habitude une question curieuse de goût pour le clinquant : le public désire de la pseudo-argenterie, bien inférieure à tous points de vue aux articles en nickel massif par exemple, parce que « ça fait riche ». Heureux état d'esprit pour l'argenture dont l'industrie n'est que plus prospère...

On argente surtout les alliages de cuivre et de nickel ainsi que le verre pour en faire des miroirs : mais nous ne nous occupons point de cette dernière spécialité qui est traitée dans des ouvrages spéciaux, par exemple *Pour le Chimiste*, publié dans la présente Collection (in-12, Paris, 1924) et *Travail du verre* de Rousset (in-8, Paris, 1927).

L'argenture par application superficielle de feuilles minces étant maintenant abandonnée, on argente seulement en pratique industrielle au trempé pour les articles très bon marché, par électrolyse pour avoir une argenture solide.

ARGENTURE ÉLECTROLYTIQUE

Préparation des bains. — Il existe de nombreuses formules (voir p. 65) entre lesquelles nous conseillons de choisir les bains au cyanure d'argent (formules Brochet ou Roseleur), que l'on peut préparer avec de l'argent métallique en suivant les indications suivantes reproduites d'après l'ouvrage de Roseleur.

1° On attaque au bain de sable, sous une hotte en raison de la production des vapeurs corrosives. 250 grammes d'argent vierge en grenailles par son poids double d'acide nitrique pur à 40°.

Lorsque les vapeurs jaunes ont disparu, il ne reste dans la capsule qu'un liquide plus ou moins verdâtre, bleuâtre ou incolore, suivant les quantités de cuivre que renferme l'argent du commerce, qui n'est presque jamais chimiquement pur.

A cet instant, on active le feu pour évaporer l'excès d'acide qui s'en va sous forme de vapeurs blanches. La matière se dessèche et se boursoufle, puis fond comme de la cire.

On retire du feu et, en tenant la capsule avec un linge, on étend le liquide sur toutes les parois, où il ne tarde pas à se figer.

On a ainsi obtenu l'azotate d'argent fondu ou pierre infernale, plus ou moins blanc ou gris, suivant le degré de pureté de l'argent. Lorsque le tout est parfaitement refroidi, il suffit de retourner la capsule sur une feuille de papier et de donner sur les bords un léger coup sec, pour que tout l'azotate d'argent se réunisse au centre.

BAINS POUR ARGENTURE GALVANIQUE

AUTEURS :	Keignart		Soulter		Delval	Brochet			Zinin	Böttger	Desor-deau	Maigne	Bossieur
	argenture du cylindre	argenture du maillechort	argenture simple	bain de longue durée		pour métal anglais	argenture épaisse	bain-type					
Eau	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	980	970	910	1.000	7.000	1.200	1.000	1.000
Argent pur (1).....	25	30	15	25	45	20	30	35	15	150	10	30	35
Nitrate d'argent (2)...												10	
Cyanure d'argent													
Chlorure d'argent													
Sulfite-cyanure d'argent et de potassium													
Cyanure de potassium	50	150	25	50	150	30	45	80		300		25	50
Acide caustique		20			20		30	150				30	
Chlorure de potassium								20					
Chlorure sodique									30				
Nitrate de mercure										15			
Acide nitrique à 40°											10		
Fluosilicate d'ammonium											40		
												10	

(1) Dissous dans l'acide nitrique à chaud ; la solution évaporée à siccité est reprise par l'eau, après quoi on précipite par le cyanure de potassium et on lave le précipité à l'eau avant de le redissoudre dans un excès de cyanure.

(2) Le sel étant altéré par la lumière, on le prépare souvent par attaque du métal, puis, après dissolution dans l'acide nitrique, par évaporation à siccité suivie de fusion à température modérée.

2° On fait dissoudre l'azotate d'argent dans dix à quinze fois son poids d'eau distillée (eau ordinaire à la rigueur), et dans cette dissolution, on verse de l'acide cyanhydrique (acide prussique), qui y produit immédiatement un abondant précipité blanc de *cyanure d'argent*. On reconnaît qu'on a employé assez d'acide cyanhydrique, lorsqu'en versant à nouveau quelques gouttes de cet acide dans le liquide clair qui surnage le précipité de cyanure d'argent, il ne se forme plus ni trouble ni précipité.

On verse alors le tout sur un carré à filtrer en calicot ; le cyanure d'argent reste sur le filtre, pendant que l'eau et les acides qu'on pourrait avoir employé en excès passent au travers et sont jetés. On lave ensuite à deux ou trois eaux le précipité resté sur le filtre.

3° On verse le cyanure d'argent ainsi préparé dans le vase qui doit contenir le bain et on le délaie dans 10 litres d'eau. On ajoute enfin le cyanure de potassium.

On a proposé l'emploi de bains contenant, outre le sel d'argent, un sel de zinc pour obtenir un dépôt composite. En effet, en déposant simultanément avec de l'argent 25 à 30 p. 100 de zinc, on obtient un dépôt ayant le brillant argentin, mais ne se ternissant pas. On peut arriver, par le procédé suivant, à déposer jusqu'à 90 p. 100 de zinc, ce qui donne un dépôt dont le prix n'est pas plus élevé que celui du nickel et a l'avantage de se maintenir brillant. On fait dissoudre la quantité déterminée de cyanure de zinc dans une solution de cyanure de potassium, de manière à former un sel

double avec un léger excès de cyanure de potassium. Cette solution, à laquelle on ajoute une petite quantité de sel double de cyanure de potassium et d'argent, constitue l'électrolyte, qui peut être introduit dans n'importe quel appareil électrolytique. L'anode est formée par un alliage de zinc et d'argent ayant à peu près les mêmes quantités de chaque métal.

Bévenot (Brevet français 466193) argente l'aluminium sans cuivrage préalable en employant un bain de nickel mélangé au vingtième de son volume d'un bain d'argent, la composition des bains étant de :

Chlorure de nickel	40	—
Cyanure d'argent	—	30
— de potassium	80	60
Eau distillée	1.000	1.000

Après quelques minutes, on procède à l'argente dans le bain normal d'argent.

Concentration de l'électrolyte. — Les bains au cyanure généralement employés sont le plus souvent à la teneur d'environ 30 grammes de cyanure par litre, mais on emploie parfois des bains moins concentrés. Par exemple pour l'argente à forte épaisseur, on dilue de manière à ne plus avoir que 20 grammes ; pour l'argente légère on dilue davantage en sorte de réduire la teneur à 10 et même 5 grammes. D'autre part des bains plus concentrés sont indiqués pour argenter les alliages d'étain (30 grammes de cyanure d'argent par litre) et surtout pour les moulages galvanoplastiques en argent (40 à 80 grammes).

Quant à la proportion de cyanure alcalin, elle diffère encore bien davantage. Tandis que les premières formules, données par Ruoltz, comportaient une dose de cyanure dépassant 1.000 p. 100 d'argent, dans la formule Roseleur, on n'a plus que environ 125 de cyanure p. 100 d'argent et la proportion peut n'être que de 2 p. 100 lorsqu'on emploie des bains au sulfitocyanure double, composé dont le choix ne répond d'ailleurs à aucun avantage bien marqué.

Anodes. — Ce sont des tôles d'argent fin, épaisses de 2 à 5 millimètres, complètement immergées dans le bain où elles sont suspendues par des crochets de fer. Leur aspect pendant la marche donne d'utiles renseignements sur l'allure de l'électrolyse : en principe quand elles noircissent, il y a manque de cyanure alcalin ; quand elles deviennent brillantes, il y a trop de cyanure.

Préparation des pièces. — On n'argente guère qu'à froid, encore que les bains chauds aient été préconisés pour le travail des petits objets.

On peut argenter le fer, l'étain, le cuivre, le nickel et leurs alliages : en fait on argente surtout les laitons et les maillechorts. La préparation consiste soit en un recuit, soit en un dégraissage en soude bouillante, suivi d'un dérochage dans l'eau acidulée par 10 p. 100 d'acide sulfurique. On passe ensuite souvent dans un bain fait selon la formule :

Acide nitrique	10 litres
Acide sulfurique	10 —
Sel commun	400 grammes

et on baigne enfin dans le bain d'amalgamation, composé de :

Eau	10 litres
Nitrate de mercure	100 grammes
Acide sulfurique	20 —

On peut alors placer dans l'électrolyte.

Electrolyse. — Les couverts d'argent sont suspendus par des fils aux tringles supérieures de cuves rectangulaires en bois de manière à former des rangées, séparées les unes des autres par des grandes plaques qui servent d'électrodes : on obtient de la sorte des dépôts d'épaisseur régulière.

On peut en petit argenter des couverts dans une cuve de 4 litres, par exemple, en employant une batterie de quatre ou six éléments Daniell connectés de manière à donner une force électromotrice de 4 à 6 volts. On compte 0,25 à 0,50 ampère par décimètre carré de surface cathodique.

Avec des bains neufs, le dépôt est parfois granulé, ou bien teinté de reflets jaunâtres, brunâtres. On obvie à cela en « vieillissant » artificiellement le bain par ébullition ou par addition d'une faible proportion d'ammoniaque (1 à 2 p. 100).

On dépose généralement sur les couverts de 70 à 100 grammes d'argent par douzaine, ce qui correspond à un traitement de douze à quinze heures. On peut déposer jusqu'à dix fois davantage, mais le brunissage devient alors difficile et les bains doivent être agités de façon continue.

Apprêts terminaux. — Les pièces sortant des bains d'argenture électrolytiques ont une teinte mate assez jolie, mais à laquelle on n'est pas habitué, et qui est très fragile, le moindre contact d'un corps dur y laissant une trace visible (1). Aussi procède-t-on toujours au brunissage.

Les teintes « vieil argent » parfois à la mode peuvent être obtenues par bien des procédés : dans son ouvrage *Coloration des métaux* (in-12, Paris, 1920), qu'il sera facile de consulter au besoin, Michel indique plus d'une centaine de procédés pour ce genre de patinage.

Nous n'en décrivons qu'un, d'après Roseleur : Dans de l'eau ordinaire à la température de 70 à 80°, on ajoute 4 à 5 millièmes de son poids de sulfhydrate d'ammoniaque ou mieux de penta-sulfure de potassium (foie de soufre), et l'on plonge dans cette dissolution les objets en argent ou argentés. A peine mis en contact avec ce bain, ces objets se recouvrent d'une pellicule de sulfure d'argent dont les différentes épaisseurs réfléchissent les plus brillantes couleurs de l'arc-en-ciel, mais qu'un séjour de quelques secondes fait passer au noir-bleu foncé qui persiste définitivement. On rince à l'eau fraîche et l'on grattebosse pour brunir si besoin est.

(1) Notons toutefois que, d'après Villon, on pourrait rendre brillante la couche déposée, en ajoutant au bain un peu de sulfure de carbone. La meilleure manière d'employer cette substance consiste à en mettre 10 grammes dans un récipient bouché à l'émeri, avec 10 litres de bain. On laisse reposer pendant vingt-quatre heures, au bout desquelles il se forme un précipité noirâtre. On décante alors la liqueur et on la conserve. Pour s'en servir, il suffit d'en verser 1 centimètre cube par litre de bain, avant chaque opération d'argenture : le dépôt d'argent devient au

On doit employer le bain immédiatement après sa préparation, sans quoi, par suite d'un abondant dépôt de soufre, résultat d'une longue ébullition, la sulfuration qui se produit n'a plus d'adhérence; le doigt l'enlève facilement et laisse à sa place une teinte rougeâtre qui ferait croire à l'existence du cuivre rouge, quoique l'objet soit parfois en laiton ou en maillechort. D'ailleurs, l'oxyde qu'on obtient dans les liqueurs récemment préparées est toujours plus brillant et d'un beau noir, tandis que celui que produisent les liqueurs anciennes est généralement terne et grisâtre.

Si l'argenture que l'on veut oxyder est très mince et le liquide trop fort, le sulfure alcalin dissout l'argent et met à nu la surface sous-jacente.

ARGENTURE AU FROTTÉ ET AU TREMPÉ

Poudres à argenter. — Broyer finement et mélanger les constituants de l'un des mélanges suivants :

Chlorure d'argent	—	—	10 gr.
Nitrate d'argent	8 gr.	10 gr.	—
Cyanure de potassium	13 gr.	20 gr.	—
Craie pulvérisée	30 gr.	50 gr.	—
Chlorure de sodium	—	—	60 gr.
Sel de tartre	—	—	60 gr.

Les objets à argenter sont lavés à l'eau de soude ou de savon et essuyés. Les frotter alors avec un linge mouillé sur lequel on met un peu de la poudre. Frotter ensuite avec un linge sec.

Pâtes à argenter. — a) On fait dissoudre 10 grammes de nitrate d'argent dans 50 grammes d'eau ; on ajoute 25 grammes de cyanure de potassium dissous dans 50 grammes d'eau distillée ; on agite, on filtre et on mélange intimement à 100 grammes de craie et 10 grammes de crème de tartre pulvérisé. On ajoute finalement 1 gramme de mercure. Le mélange s'applique en frottant le métal à argenter avec un chiffon imbibé de mixture.

b) Bourdais donne les formules suivantes :

Chlorure d'argent	—	10 gr.
Nitrate d'argent	20 gr.	—
Crème de tartre	35 gr.	1 gr.
Sel marin	60 gr.	10 gr.
Carbonate de chaux	65 gr.	5 gr.
Carbonate de potasse	—	10 gr.

Broyez le tout dans un mortier, en n'ajoutant le carbonate de chaux ou blanc de Paris que lorsque les autres substances seront réduites en poudre fine ; ensuite, ajoutez un peu d'eau pour former une pâte bien homogène que vous conserverez en flacons bleus à l'abri de la lumière ; pour vous en servir, mettre un peu de cette pâte sur un petit tampon et en frotter l'objet à argenter.

Liquides à argenter. — a) Les pièces à argenter, parfaitement nettoyées, sont plongées dans le bain suivant, porté à une température voisine de l'ébullition :

Azotate d'argent	50 grammes	
Phosphate de soude	125	—
Potasse caustique	75	—
Cyanure de potassium pur	100	—

On fait dissoudre l'azotate d'argent dans 1 litre d'eau, et les autres sels dans 9 litres d'eau bouillante. On ajoute peu à peu le liquide argentique dans cette dernière solution.

b) Faire dissoudre 10 grammes de nitrate d'argent dans 500 grammes d'eau distillée, puis séparément 35 grammes de cyanure de potassium, à 98 p. 100, dans une même quantité d'eau. On mélange les deux solutions, et on chauffe à 90° pour l'emploi.

CHAPITRE V

NICKELAGE

C'est au physicien belge Smée, puis à Becquerel, que l'on doit les premiers essais de nickelage des métaux. Mais les essais de Smée et de Becquerel n'avaient donné que des résultats insuffisants, quand le Dr Isaac Adams, de Boston, fit connaître, le premier, des procédés pratiques et véritablement industriels pour nickeler les métaux. Les descriptions de ces procédés furent publiés en 1869.

Les procédés Adams passèrent l'Atlantique, et, dès le mois de décembre 1869, la première usine européenne de nickelage était fondée à Paris, par Adams et Gaiffe, rue Saint-André-des-Arts. Modeste d'abord, cette usine fut vite agrandie et en 1870, ses produits étaient présentés par Dumas à l'Académie des Sciences.

L'industrie du cycle en se développant donna une grande extension aux procédés de nickelage électrolytiques, les seuls donnant d'ailleurs des dépôts solides. Les prix du nickel permirent de pratiquer le nickelage à des prix de plus en plus modérés, si bien que ce mode de métallisation est maintenant de beaucoup le plus important de tous ceux faits par l'électrolyse.

PROCÉDÉS GÉNÉRAUX DE NICKELAGE ÉLECTROLYTIQUE

Installation. — C'est surtout pour le nickelage que l'on opère industriellement. Aussi, croyons-nous bon de décrire en détail une installation pour petit atelier d'articles cyclistes, en nous aidant d'un devis fait par les constructeurs réputés Waldberg et Cie. Les prix approximatifs sont évalués en francs-or.

L'installation de *préparation des pièces* comprend :

a) *Une cuve* tôle de 3 millimètres d'épaisseur, soudée à l'autogène, arêtes arrondies, munie d'un cadre chêne supportant l'équipement.

Dimensions intérieures : 120 × 90 × 50 centimètres.
Capacité : 540/500 litres.

b) *Un équipement* à un rang de cathodes.

3 tubes longitudinaux 18/20.
2 tubes transversaux 18/20.
2 supports laiton fondu avec prise de courant.
2 supports laiton fondu sans prise de courant.
3 griffes prise de courant.
3 griffes isolées.
4 cosses.

Prix de la cuve équipée..... 200 fr.

c) *Electrolyte.*

500 litres produit pour décapage-euivrage à 350 francs les
100 litres ... IRIS - LILLIAD - Université Lille 1 350 fr.

76 POUR LE DOREUR, L'ARGENTEUR, LE NIQUELEUR

d) Anodes.

6 anodes de cuivre électrolytique de 150/50/6 millimètres, environ 25 kilogrammes, au cours...

e) Un tableau d'électrolyse, type 45/D 60 amp.

Rhéostat de réglage. Manœuvre par manette. 6 plots dont 1 mort.

1 ampèremètre 0,60 amp. 1 voltmètre.

Arrivée de courant par mâchoires.

Départ de courant par cosses.

Montage sur socle ardoise.

Prix 480 fr.

Pour la production du courant, prévoir :

a) Une dynamo tétrapolaire à auto-excitation enroulement shunt, paliers à bagues, balais charbon, montée sur glissière construite pour les données suivantes :

Intensité en ampères	75
Tension en volts aux bornes	10
Puissance absorbée en CV.	1,7
Puissance utile en KW	0,75
Tours par minute, environ	2.200
Poulie } Diamètre	70 ^{mm} / _{dia}
	} Largeur

Prix 350 fr.

b) Un tableau de machine, type 33/75 ampères, comprenant :

Rhéostat d'excitation. Manœuvre par manette. 10 plots dont 1 mort.

1 voltmètre 0-10 volts. 80 millimètres.

Départ de courant par mâchoires spéciales porte-ligne.

Montage sur socle ardoise.

Prix 60 fr.

La ligne de distribution comprend :

Ligne électrique à basse tension en batte de cuivre rouge, nue, montée sur isolateurs porcelaine spéciaux munis de tiges de scellement.

Liaison des battes entre elles par éclisses de jonction à surface dressée.

Liaison aux tableaux par éclisses d'empannement boulonnées.

Câbles de liaison munis de leurs cosses : a) des cuves aux tableaux ; b) de la dynamo à son tableau.

Enfin pour l'électrolyse et le finissage, le matériel se compose de :

a) *Une cuve* pitchpin, avec rebord supérieur chêne supportant l'équipement.

Dimensions intérieures : Long. 1 m. 20.

Larg. 0 m. 70.

Prof. 0 m. 90.

Epais. 50 millimètres.

Capacité : 750 /700 litres.

b) *Un équipement B* à deux rangs de cathodes.

5 tubes longitudinaux 18/20.

2 tubes transversaux 18/20.

2 supports laiton fondu avec prise de courant.

2 supports laiton fondu sans prise de courant.

5 griffes prise de courant.

5 griffes isolées.

4 cosses n° 2.

Prix de la cuve équipée 280 fr.

c) *Electrolyte.*

150 kilogrammes « persels » de nickel pur 300 fr.

78 POUR LE DOREUR, L'ARGENTEUR, LE NIQUEUR

d) *Anodes.*

15 anodes de nickel laminé de 150/500/6 millimètres, environ 61 kilogrammes, au cours.

e) *Un tableau d'électrolyse, type 45/50 ampères, comprenant :*

Rhéostat de réglage. Spires à l'arrière. Manœuvre par manette. 10 plots dont 1 mort.

1 ampèremètre 0-50 ampères. 1 voltmètre.

Arrivée de courant par mâchoires. Départ de courant par cosses.

Montage sur socle ardoise.

Prix..... 80 fr.

f) *Petit matériel.*

2 filtres feutre de 15 litres.

1 aréomètre Baumé.

100 crochets cathodes.

12 crochets pour anodes cuivre.

30 crochets pour anodes nickel.

2 litres vernis 135.

Prix total 80 fr.

g) *Touret à polir, modèle moyen, répondant aux caractéristiques suivantes :*

Arbre acier dur, longueur : 1 m. 165.

Paliers à longue portée bronze. Graissage à bagues.

Poulie fixe. Poulie folle.

Monté sur fort pied fonte.

Prix 150 fr.

h) *Produits et matériel divers.*

Composition à polir, à raviver, émeris divers, potée d'émeri, disques feutre, brosses acier tampico, arbres à pointes pour poupées, etc..... 100 fr.

Cela met le total de l'installation à 2.000 francs or environ.

Electrolytes. — Les formules sont très nombreuses (voir pp. 80 à 82), comportant très souvent l'emploi de sulfate double de nickel et d'ammonium. Notons que ce sel peut être remplacé par des proportions équivalentes de sulfates simples :

	711 grammes	sulfate de nickel.
+	334	— sulfate d'ammonium.
=	1.000	— sulfate double.

Une condition *essentielle* à la bonne marche des bains de nickelage, dit Villon, c'est leur *neutralité*. On doit toujours opérer en bains neutres ou très légèrement acidulés par un acide organique, comme l'acide citrique. Le papier de tournesol doit prendre une coloration violet-rouge, au contact du liquide des bains. Le nicketeur doit essayer à chaque instant la neutralité de son bain ; car, après un certain temps d'emploi, suivant la nature des anodes usitées, il devient alcalin ou acide.

Lorsque les bains deviennent alcalins, ils se troublent et forment un dépôt jaunâtre qui peut tacher les pièces ; de plus, le nickel devient noir. Au contraire, lorsque les bains sont acides, ils conservent leur limpidité, le dépôt de nickel est brillant, mais il manque de solidité et peut s'écailler au brunissage. Un bon nicketeur doit essayer ses bains deux fois par jour et les ramener en état, selon le cas, par des additions d'ammoniaque ou d'acide citrique.

La concentration doit être telle que l'aréomètre Baumé marque de 6 à 8° ; plus dilués, les bains donnent des dépôts trop lents, plus concentrés, ils produisent des cristallisations salines.

BAINS POUR NICKELAGE (Brochet)

COMPOSITION :	bain le plus souvent employé	bain courant mieux	pour bains ne devant pas être neutralisés	nickelage à forte densité de courant	donne des dépôts très blancs
Eau	97	90	95	192	95
Sulfate double	8	5	1.000	192	5
Sulfate de nickel		15	50	10	5
Citrate de soude			35		
Tartrate d'ammoniaque			0,1	5	
Acide tannique					1
Chlorure d'ammonium					1
Chlorure de sodium					
Acide borique					
<i>Constantes (à 18° C.)</i>					
Degré Baumé	8°	13°	7°5	5°5	8°5
Densité	1,057	1,101	1,056	1,038	1,062
Résistivité	23,9	23,9	43,6	18,0	16,3
Conductibilité	0,0419	0,0419	0,0219	0,0555	0,0613
Nickel, grammes par litre	15	39	12,6	10,5	21
					8°5
					1,0624
					23,4
					0,0427
					18

BAINS POUR NICKELAGE (Bourdais)

Sulfate de nickel gr.	40	1.000	300	400	1.000	1.000
Chlorure de nickel gr.		400	500			
Tartrate neutre d'ammonium gr.		750				725
Pyrophosphate de soude . gr.		700				
Chlorure d'ammonium .. gr.	25	60		200		
Carbonate d'ammonium . gr.		25				
Acide gallique gr.		5				
Acide citrique gr.	10			20		
Acide borique gr.	10		100	200		5
Acide tartrique gr.					1.000	
Bisulfite de soude gr.			6	10	20	20
Eau lit.	1	20	30	10	10	20

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

BAINS DIVERS POUR NICKELAGE

AUTEURS	Eau	Sulfate double	Sulfate de nickel	Sulfate d'ammonium	Chlorure sodique	Chlorure d'ammonium	Acide borique	DIVERS
Blum	900		280			2	30	Fluorure sodique 8
Bouant	580	57	40					Tartrate d'ammonium 90
Bouant	800						5	Acide tannique 25
Chaplet	1.000	50						
Delval	1.000	60		10				
Gaiffe	1.000	100						
Guillet	900	50	150					
Loubat	1.000	75		25	4			
Minet	1.000	65	35					
Pfanhauser	1.000		50			50		
Pfanhauser	1.000		50					Bisulfite sodique 50
Roseleur	1.000	60	30			30		Citrate d'ammonium. 20
Roseleur	1.000	40						Carbon. d'ammonium. 30
Soulier	1.000	72						
Villon	1.000	100		23	5			Acétate d'ammonium. 50
Weil	1.000	70						Sulfate magnésien 30
Weiss	1.000		40			20	10	
Weston	600		30					

Pour le nickelage employé à la reproduction des clichés d'imprimerie, Blum (*Transaction of the American Electrochemical Society*, 1921) recommande l'emploi des bains suivants :

Sulfate de nickel	255 gr.	par litre	281
Carbonate de nickel	12	—	—
Acide fluorhydrique à 50 p. 100 .	8	—	—
Acide borique	31	—	31
Fluorure de sodium	—	—	8,4

Dans le premier cas, on ajoute petit à petit l'acide fluorhydrique à la bouillie épaisse du carbonate délayé dans l'eau. On ajoute ensuite la solution tiède d'acide borique, puis on verse dans la solution sulfatée.

Le courant par décimètre carré varie de 1,5 à 2 ampères pour les reproductions de clichés, et de 3 à 4 ampères pour le nickelage. On obtient une surface très dure et très homogène.

Préparation des pièces. — La meilleure méthode de préparation des *pièces de cuivre* ou alliages de cuivre consiste, d'après Villon, en :

1^o Polissage sur des disques en cuir de buffle, tournant avec une vitesse de 2.500 tours à la minute. On commence avec du sable fin, on continue avec du tripoli et l'on termine avec de la chaux en poudre ;

2^o Brossage des pièces dans le pétrole et séchage dans la sciure de bois ;

3^o Immersion de quatre minutes dans le bain de potasse bouillant suivant :

Eau	100 litres
Potasse de nickelée	10 kgr.

- 4^o Lavage à l'eau chaude et à l'eau froide ;
 5^o Décapage pendant une minute dans le bain acide suivant :

Eau	100 litres
Acide sulfurique	3 kgr.
Acide nitrique	500 grammes

- 6^o Lavage à l'eau froide et rinçage dans plusieurs eaux ;
 7^o Brossage des pièces sur toutes leurs faces dans de la chaux vive liquide ;
 8^o Rinçage et lavage dans plusieurs eaux ;
 9^o Passage au bain de blanchiment, composé de :

Eau	100 litres
Cyanure de potassium	5 kgr.

Le plus souvent on soumet directement *le fer* ou *l'acier* au nickelage, mais parfois un dépôt préalable de cuivre est effectué, ceci dans le but d'obtenir des dépôts plus réguliers. Ce cuivrage est souvent fait sous fort ampérage dans un bain alcalin au cyanure de cuivre, lequel joue un rôle très efficace de dégraissage.

Pour les pièces en fer, Bourdais recommande le traitement suivant :

1^o Dégraissage dans un bain bouillant de potasse au dixième pendant vingt minutes ; lavage à l'eau bouillante et à l'eau froide ;

2^o Décapage au bain d'acide sulfurique à 2,5 p. 100 pendant une demi-heure ; rinçage à plusieurs eaux ;

3^o Brossage à la brosse circulaire en fer, animée d'un mouvement de 1.200 tours par minute et à la bouillie de ponce fine : rinçage dans deux eaux ;

4^o Blanchiment dans un bain chlorhydrique, composé de :

Eau	100 litres
Acide chlorhydrique	10 —

Cuivrage dans un bain composé comme suit :

Eau	100 litres
Acide sulfurique	1 kgr.
Sulfate de cuivre	1 —

Les objets n'y doivent rester que quelques instants et sont ensuite lavés dans plusieurs eaux.

Méthode standard américaine. — Cette méthode, fixée après longues études systématiques faites au « Bureau of Standards » de Washington, consiste à réaliser rapidement des dépôts épais (au moins 0,250 millimètre), sous grande intensité de courant dans des conditions minutieusement contrôlées. Telle qu'employée pour les pièces en acier, la méthode comporte la succession des opérations suivantes :

1^o *Dégraissage* dans un bain de soude caustique bouillante à 30 grammes par litre : on suspend les pièces à la cathode et on laisse pendant cinq minutes, la densité de courant atteignant 2 à 3 ampères par décimètre carré. On rince ensuite à l'eau.

2° *Avivage* par suspension à l'anode dans un bain d'acide sulfurique à 55° B., la densité de courant variant de 5,5 à 6,5 ampères par décimètre carré. On rince ensuite à l'eau chaude.

3° *Nickelage* sous courant de 3,5 à 5 ampères par décimètre carré dans un bain à 50° préparé selon l'une des formules :

Sulfate de nickel	230 gr.	232 gr.
Chlorure de nickel	22 gr.	29 gr.
Acide borique	22 gr.	29 gr.
Eau, Q. S. pour avoir ...	1.000 cc.	2.000 cc.

La concentration en ions hydrogène doit être constante, et d'autant plus faible qu'est grande l'intensité du courant. Ainsi, avec :

10,75 ampères par cm^2 . (température 55° C.), le pH est de 4,8.

1 ampère par cm^2 . (température 38° C.), le pH est de 5,8.

On doit procéder à de nombreuses déterminations du pH par une des méthodes maintenant familières dans tous les laboratoires de chimie industrielle (1). Nous ne pouvons ici donner plus complètes informations sur le rôle de la concentration en ion-hydrogène, ce qui peut être d'autant plus utile à beaucoup de lecteurs qu'il s'agit là de notions relativement nouvelles qu'on ne trouve pas dans les ouvrages de tout un peu. Mais on trouvera dans *La Science Moderne*, publiée en 1928 par M. Olmer, une excellente initiation.

(1) Cf. pour le détail de celles employées en nickelage le mémoire de M. J. Galibourg sur *Le Nickelage*, publié en 1927 dans la *Revue de Chimie Industrielle*.

INSUCCÈS DANS LE NICKELAGE (Loubat-Weil)

Nature	Causes	Remèdes
Pas traces de dépôt, teinte sombre des pièces sorties du bain. Le dépôt, normal à certaines places, manque à d'autres places.	<i>Faiblesse ou absence</i> complète de courant. <i>Anodes mal placées, air dans les pièces creuses, contacts fortuits</i> entre les pièces.	Vérifier les contacts, diminuer la surface des pièces à nickeler. Placer les anodes en face et de tous côtés des objets; changer la position des objets.
Dépôt parsemé de petits trous.	<i>Poussières</i> à la surface des pièces, <i>excès d'alcalinité</i> du bain.	Ajouter un peu d'acide au bain, passer un pinceau bien propre sur les surfaces immergées.
Le dépôt, normal sur les parties en relief, manque dans les creux profonds.	<i>Manque de conductibilité</i> du bain.	Ajouter au bain des sels excitateurs, mettre une petite anode en face des creux où manque le dépôt.
Dépôt régulier, mais de teinte sombre, parsemé de taches et marbrure.	<i>Bain trop alcalin.</i> <i>Bain trop concentré.</i> <i>Pas assez de nickel.</i> <i>Décapage mal fait.</i> <i>Bain pas assez conducteur.</i>	Acidifier le bain s'il ne rougit pas bien le papier tournesol. S'il y a des dépôts salins dans la cuve, ajouter de l'eau. Ajouter du sel de nickel. Décaper à nouveau. Ajouter des sels excitateurs.
D'abord blanc, le dépôt devient gris mat, surtout dans les creux.	<i>Courant trop fort.</i>	Diminuer le courant par manœuvre du rhéostat, augmenter les surfaces en cours de nickelage.
Dépôt s'enlevant par écailles.	<i>Courant trop fort.</i> <i>Bain trop acide.</i> <i>Décapage mal fait.</i>	Comme précédemment indiqué. Neutraliser partiellement. Comme précédemment indiqué.

MÉTHODES SPÉCIALES DE NICKELAGE

Dépôts très épais de nickel. — Le dépôt de nickel en couche épaisse est un problème des plus difficile ; ce métal, en effet, a une grande tendance à s'écailler et à se soulever. La cause semble devoir en être attribuée à l'hydrogène qui se dégage à la cathode, en même temps que se dépose le nickel : en présence de beaucoup d'hydrogène, le nickel ne se dépose pas ou forme une couche pulvérulente. Aussi s'est-on efforcé de remédier à cela et a-t-on réussi à mettre au point plusieurs méthodes donnant de bons résultats.

a) M. Hollard indique un moyen d'obtenir le nickelage en couche épaisse.

Son idée directrice fut de chercher à engager l'hydrogène dans une combinaison complexe, cédant difficilement cet hydrogène au courant. Il a eu recours, à cet effet, au fluoborate de nickel comme électrolyte ; il dissout de l'acide borique dans une dissolution d'acide fluorhydrique, et, dans cet acide fluoborique, il dissout du carbonate de nickel à saturation. En réalité, la préparation du bain exige des manipulations spéciales qu'il importe de connaître pour obtenir des résultats satisfaisants. Il est nécessaire de préparer soi-même le carbonate de nickel, afin de l'utiliser frais et encore humide, en opérant ainsi : faire une solution chaude de 350 grammes de carbonate de soude dans 1 litre d'eau ; la verser dans une solution tiède de 1.600 grammes de sulfate de nickel cristallisé dans 5 l. 5 d'eau. Remettre la solution en précipité par triturations

et brassages successifs dans de l'eau distillée, alternant avec des filtrations, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne présentent plus la réaction du sulfate de soude avec le chlorure de baryum. On obtient ainsi la quantité de carbonate de nickel nécessaire pour préparer 2 litres de bains de nickelage. Pour préparer l'acide fluoborique, verser dans 250 grammes d'eau bouillante 130 grammes d'acide borique; remuer, laisser refroidir, et transvaser dans un récipient en gutta-percha. On verse alors peu à peu en remuant 285 grammes de la solution d'acide fluorhydrique. Lorsque tout est dissous, on introduit le carbonate de nickel qui se dissout à son tour en partie. On triture bien de façon à obtenir un lait de carbonate. On transvase alors dans un vase en verre et on agite pendant une vingtaine d'heures. On filtre, on lave l'excès de carbonate par trituration avec de l'eau distillée et filtrations successives; on étend la solution à 2 litres (sa densité doit être de 1,08 à 1,09, sa réaction légèrement alcaline ou neutre). Il faut encore soumettre le bain à une électrolyse (entre anode de nickel fondu pur et cathode d'égale surface) qui doit durer trois à quatre jours et plus, si les produits en anode ne sont pas parfaitement purs. Le bain est alors propre à déposer le nickel en couche aussi épaisse qu'on le désire. La densité de courant est d'un ampère pour des électrodes de 165 millimètres \times 1.800 millimètres; ce bain dépose directement sur fonte et aluminium.

Nous reproduisons la description de ce procédé, d'après les *Recettes, formules et procédés pour les Ingénieurs*, IRIS-LILLIADs. Université Lille 1

b) Dorsey (1) a décrit un procédé de nickelage très adhérent, à forte épaisseur sur fer ou acier, sans dépôt intermédiaire, basé sur l'emploi du décapage électrolytique système Madsen. Les pièces à nickeler servent d'anode dans le bain d'acide sulfurique à 66° B. (température ordinaire) d'un bac en tôle d'acier servant de cathode. Le courant (12 volts et 50 ampères par pied carré de surface d'anode) est maintenu pendant l'entrée dans le bain, puis pendant dix secondes et on le laisse ensuite baisser progressivement pour qu'il soit nul au bout de trois minutes. Les pièces sont alors de suite rincées à l'eau, puis nickelées dans :

Sulfate de nickel	300	grammes
Chlorure de nickel	25	—
Acide borique	40	—
Eau	1.000	—

On fait dissoudre les sels de nickel dans l'eau chaude, on filtre, on ajoute l'acide, on chauffe jusqu'à dissolution, on filtre, on laisse refroidir puis on ajoute par 20 litres de bain :

Suspension d'hydroxyde de nickel (2) ...	250	cc.
Eau oxygénée à 3 p. 100.	40	—

Chauffer doucement en remuant jusqu'à l'ébullition qui est maintenue pendant cinq minutes,

(1) *Industrial and Engineering Chemistry*, 1927.

(2) Préparé en dissolvant 300 grammes sulfate de nickel dans un litre d'eau, puis mélangeant à froid, avec une solution de 400 grammes soude caustique dans un litre d'eau. Le précipité est lavé à l'eau et conservé à l'état de crème épaisse obtenue en délayant avec l'eau.

puis on fait barboter un courant de chlore pendant cinq minutes et on filtre. On emploie le bain chauffé à 55° C., la concentration en ion hydrogène étant maintenue à 4 et la densité du courant (à 4 volts) atteignant 40 ampères par pied carré.

Nickelages bruns. — Au lieu de patiner le nickel après dépôt comme on fait pour l'argent en argenture, il est préférable de régler la métallisation pour avoir un dépôt gris. Roseleur donne la formule suivante pour bain de « nickel noir », expression employée improprement mais couramment pour les dépôts à reflets sombres de nuances brunâtres :

	tons bruns pâles	tons bruns foncés
Pyrophosphate de soude cristallisé .	100 gr.	150 gr.
Sulfate de nickel pur	20 gr.	20 gr.
Sulfate d'ammoniaque	20 gr.	—
Alun	—	15 gr.
Cyanure de potassium	—	5 à 8 gr.
Eau	1 lit.	1 lit.

On commence par faire chauffer les deux tiers de l'eau dans une capsule ; quand elle est presque bouillante, on retire du feu et l'on ajoute le pyrophosphate qui se dissout complètement par l'agitation. On fait dissoudre, d'autre part, le sulfate de nickel dans le reste de l'eau également chaude et l'on verse cette solution dans la première. Il se forme un précipité vert pomme qui se redissout rapidement. Il ne reste plus, pour que le bain soit prêt, qu'à ajouter le sulfate d'ammoniaque qui est vite dissous.

Ce bain s'emploie à froid, comme le bain ordinaire, mais avec un courant un peu plus intense : malgré cela, on a un dépôt moins rapide.

On peut l'utiliser avantageusement pour le nickelage direct du fer ou de l'acier. En effet, certains praticiens reviennent maintenant au cuivrage préalable pour ces métaux, sur lesquels, pensent-ils, les bains de nickel ordinaires ont, par leur acide libre, une action fâcheuse, en provoquant à leur surface la formation de rouille, qui, à son tour finit toujours par traverser ou soulever le dépôt. Or, le bain pour nickelage noir étant alcalin, non seulement ne présenterait pas cet inconvénient, mais encore, grâce à la présence du pyrophosphate qui est dégraissant et conservateur presque à l'égal du cyanure, aurait plutôt tendance à préserver le métal sous-jacent et à favoriser l'adhérence du dépôt. Ce dernier, il est vrai, sera un peu sombre, mais il suffira, pour lui donner la blancheur convenable, de porter la pièce parfaitement rincée au préalable, dans le bain de nickel ordinaire pendant quelques instants.

Nickelage au tonneau (1). — Les objets à nickeler au tonneau sont préparés de la même manière que pour le nickelage ordinaire, puis on les place en quantité mélangée dans l'appareil sans les attacher. Le tonneau une fois immergé reçoit d'une courroie spéciale un lent mouvement continu de rotation, ce qui donne aux objets, pendant que le

(1) D'après *IRIS LILLIAD - Université Lille 1* 1898.

nickel se dépose, un brillant dispensant de l'avi-vage terminal.

Mais il est bon de ne placer dans l'appareil qu'une quantité d'objets dont le poids n'excédera pas 12 à 100 kilogrammes, selon la grandeur du tonneau.

Les installations existantes à bac fixe peuvent

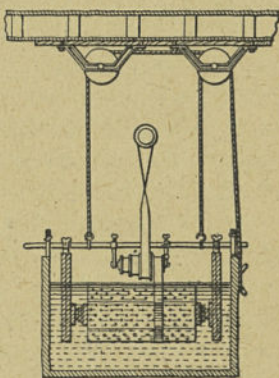
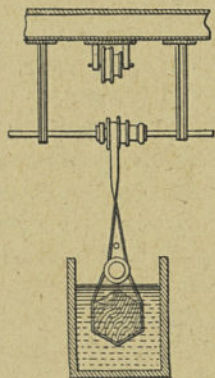


Fig. 16. — Elévation latérale du tonneau à nickeler.

Fig. 17. — Elévation longitudinale de l'appareil.

éventuellement servir pour l'application du nouveau système.

Pour nickeler au tonneau, il est nécessaire que le bain soit alcalin.

La densité de la solution de nickel doit être de 8 à 10° Baumé. La température ne doit pas être inférieure à 15 ou 16°.

La dynamo doit avoir un rendement d'ampères en rapport avec la capacité de l'appareil sous 6 ou 8 volts.

Pour faciliter le montage de l'appareil, il faut observer les dispositions reproduites dans les figures ci-contre (fig. 16 et 17).

Ces croquis ne démontrent pas comment le bain doit être relié à la source électrique, les connexions étant établies comme de coutume (fig. 5 à 7) ; ils sont simplement destinés à donner un aperçu : 1^o du bâti placé au-dessus de la cuve contenant le bain ; 2^o des accessoires servant à descendre et à remonter à volonté l'appareil et à lui communiquer un mouvement de rotation.

Les deux supports (fig. 16 et 17) ne doivent pas être placés directement au-dessus de la cuve, mais de chaque côté ; l'arbre recevant la poulie-cône, livrée avec l'appareil, doit avoir à peu près 31 millimètres de diamètre et tourner à une vitesse de 100 tours à la minute.

Pour permettre le relevage de l'appareil, on fixe par chaises pendantes deux poulies au plafond ; sur ces poulies passent deux cordages qui viennent s'accrocher à la tringle servant à suspendre le tonneau (fig. 17).

Avant de nickeler les pièces, s'assurer qu'elles sont propres et débarrassées de toute trace de graisse ; pour cela, on les passe au bain de potasse bouillante ; on les rince ensuite dans de l'eau propre, puis on les plonge dans un bain composé d'une partie d'acide nitrique et de 10 parties d'eau. Ce procédé dispense du nettoyage à la main. On les rince de nouveau dans de l'eau propre ; ils sont ainsi prêts à être mis dans l'appareil.

Bien faire attention à ne pas mélanger les objets en cuivre avec ceux en fer et en acier.

Pour les articles de forme rondé ou cylindrique, tels que rayons de bicyclettes, rondelles, rivets, vis, épingles, boutons, etc., la vitesse à donner à l'appareil est d'une cinquantaine de tours à la minute ; on obtient cette vitesse à l'aide du cône dont nous avons parlé plus haut. Les objets ainsi nickelés sortiront de l'appareil avec un blanc brillant.

Les articles à surface plate doivent tourner beaucoup plus lentement ; pour ceux-ci, il convient de donner à l'appareil une vitesse d'environ cinq tours seulement à la minute, vitesse obtenue à l'aide d'une poulie-cône. Les objets sont de cette façon bien nickelés, mais ils nécessitent un avivage.

Le procédé au tonneau évite la longue et ennuyeuse méthode d'attacher et de détacher les pièces ; il augmente donc la production tout en diminuant la main-d'œuvre. Aussi s'est-il partout généralisé pour le traitement par quantité des petites pièces.

Pour charger l'appareil, il ne faut remplir celui-ci qu'à moitié si l'on désire obtenir une surface brillante ; ou presque jusqu'au bord si le nickelage seul est désiré. Lorsque l'appareil est à tambour divisé en plusieurs compartiments, chaque case doit être au moins à moitié remplie pour qu'un courant unique soit établi. Ne laisser aucun compartiment vide.

Les articles retirés sont rincés dans une eau froide et très propre ; on les sèche aussi rapidement que possible dans de la sciure de bois bien sèche, à l'aide de plusieurs grands

deurs. Ce procédé remplace le séchage à la main ; il est plus rapide et plus économique ; en outre, il donne un plus beau fini.

L'appareil et tous ses accessoires doivent être nettoyés à fond journellement. Le tonneau doit toujours être conservé à l'état humide pour éviter le retrait du bois ; ainsi, quand il ne fonctionne pas, il est nécessaire de le recouvrir d'un chiffon imbibé d'eau ou, si possible, de le laisser tremper dans un baquet d'eau froide.

Les contacts doivent être changés au moins une fois par mois ; un jeu supplémentaire accompagne chaque appareil. Les contacts se démontent en les dévissant ; mais nous ne saurions trop recommander aux personnes chargées de ce travail d'avoir le plus grand soin de replacer les nouveaux aux lieux et places des anciens. Il est facile d'éviter toute erreur en ne les changeant que un par un.

Pour éviter que le nickel ne se dépose sur l'appareil lui-même et bouche ainsi les trous par où passe le liquide, se servir des rondelles spéciales livrées avec l'appareil.

Comme on voit, les avantages qu'offre le nickelage au tonneau sont considérables, notamment pour le nickelage en masse sans ravivage des petits objets, tels que les aiguilles, épingles, rayons de bicyclettes, boulons, bouclerie, plumes métalliques, vis, écrous, rivets, agrafes, boutons, chaînes, etc., en un mot tous les objets d'un volume infime. Tous les constructeurs fournissent maintenant des modèles bien étudiés de « tonneaux » pour métallisation électrolytique dont nous avons d'autre part décrit un modèle type (voir pp. 16 à 19).

Nickelage de l'aluminium et de ses alliages (1). — Le nickelage de l'aluminium et de ses alliages a été considéré jusqu'ici comme une opération pratiquement impossible. Cependant, une méthode indiquée par Tassilly, basée sur l'attaque préalable du métal par l'acide chlorhydrique, a donné quelques résultats industriels.

Mais l'étude systématique du procédé a montré des irrégularités dans son application aux alliages légers d'aluminium, par suite d'une action inégale de l'agent de décapage.

L'examen micrographique de produits nickelés ayant nettement établi que l'adhérence du dépôt était due simplement à un accrochage du métal dans les cavités produites au décapage, on a pensé utiliser un moyen mécanique simple pour produire le décapage : le jet de sable.

Les facteurs intervenant dans l'opération sont :

a) La vitesse des grains de sable projetés à la surface du métal, laquelle est fonction de la pression de l'air utilisée dans l'appareil et de la forme de la buse employée ;

b) La grosseur des grains de sable ;

c) Le temps écoulé entre sablage et nickelage ;

d) L'épaisseur de la couche de nickel.

Le bain de nickelage, utilisé dans tous ces essais, est le bain couramment employé dans l'industrie (voir p. 80).

Pour connaître la valeur du dépôt, on a mesuré l'adhérence par un essai d'emboutissage à la bille (tôle d'aluminium de 6 millimètres, bille de 10 mil-

(1) Note de Guillet et Gasnier (*C. R. de l'Académie des Sciences*, 26 avril 1920.)

limètres de diamètre, profondeur d'emboutissage de 6 millimètres), par des essais de pliage (tôle posée sur deux supports distants de 55 millimètres et pliée avec un poinçon terminé par une surface demi-cylindrique de 25 millimètres de diamètre) et par des essais de brunissage (au brunissoir d'acier, en employant comme lubrifiant de l'eau de savon); d'autre part, on a mesuré l'efficacité de la protection en plongeant les objets nickelés dans une lessive de soude bouillante à 15 p. 100 de NaOH, pendant trente minutes.

Voici les résultats des expériences :

1^o En utilisant le sable ordinairement employé pour l'opération du sablage (sable de Fontainebleau donnant 30 p. 100 de refus au tamis à maille de 3/10 de millimètre et 10 p. 100 de refus au tamis à mailles de 2/10) et en nickelant 1/100 de millimètre de profondeur, on a obtenu :

Essai d'emboutissage	Pression par centim. carré
Nickel complètement exfolié ...	300 grammes
Nickel légèrement criqué	600 —
Nickel intact	1.500 —

Mais le grain du dépôt est assez grossier. On fait disparaître ce défaut en prenant un sable plus fin (sable passant à travers le tamis à mailles de 2/10 de millimètre);

2^o Des tôles sablées sous pression de 1.500 grammes par centimètre carré au sable fin, tel qu'il vient d'être défini, ont été conservées, enveloppées dans une feuille de papier-filtre pendant deux jours, huit jours, quinze jours, un mois avant nickelage.

On n'a observé aucune différence entre les résultats obtenus ;

3^o Des tôles sablées dans les mêmes conditions ont été nickelées à des épaisseurs croissantes jusqu'à 4/100 de millimètre.

Dans les essais mécaniques indiqués, le dépôt est excellent jusqu'à 1/100 de millimètre ; il présente quelques craquelures pour 2/100 de millimètre ; l'adhérence est insuffisante pour 4/100 de millimètre.

Seule la couche de nickel de 4/100 de millimètre se révèle d'une protection efficace à la soude ;

4^o Comme du point de vue chimique, une résistance élevée pourrait ouvrir des débouchés nouveaux à l'aluminium et à ses alliages, on a cherché une autre méthode de recouvrement.

Le cuivre donne par électrolyse un dépôt beaucoup plus compact et moins dur que le nickel. On a opéré en plaçant entre deux couches de nickel, la première de très faible épaisseur, une couche de cuivre, le cuivrage direct de l'aluminium n'ayant donné aucun résultat favorable. On est arrivé ainsi à fixer un mode opératoire comportant les traitements suivants :

Sablage sous 1.500 grammes par centimètre carré, avec sable passant à travers le tamis à mailles de 2/10 de millimètre ;

Nickelage pour 6/100 de millimètre (durée de l'opération : une demi-heure, sous 0,8 ampère par décimètre carré) ;

Cuivrage pour 2/100 de millimètre (durée de l'opération : deux heures, sous 1 ampère par décimètre carré).

Polissage de la couche de cuivre (1) ;

Nickelage pour 5/100 de millimètre (durée de l'opération : une heure avec 0,5 ampère par décimètre carré) ;

Polissage de la surface.

Dans ces conditions, on satisfait d'une part aux essais mécaniques : emboutissage sans crique, pliage jusqu'à un angle de 130° et brunissage sans altération, et d'autre part aux essais chimiques : résistance à la lessive de soude à 15 p. 100 de NaOH, à température de 100°.

Le nickelage d'aluminium doit être envisagé lorsqu'il comporte un cuivrage, non seulement comme une méthode très sûre de protection contre l'attaque par les agents atmosphériques, mais aussi comme une méthode permettant de souder aisément l'aluminium par les moyens ordinaires, tels que la soudure à l'étain.

L'aluminium et ses alliages pourraient, d'après Renard (Brevet français 563194), être nickelés sans difficulté après polissage, dégraissage en lessive bouillante de potasse suivi d'immersion pendant une minute dans le bain :

Eau bouillie	10 litres
Alun ammoniacal	1 kgr.
Chlorure d'étain	200 grammes

On procède ensuite au nickelage avec un courant faible (un dixième d'ampère par décimètre carré) pendant au moins une demi-heure.

(1) Composition du bain de cuivrage :

Sulfate de cuivre	150 grammes
Acide sulfurique	20 —
Eau pour faire	1 litre.

NICKELAGE AU TREMPÉ ET AU FROTTÉ

Bains de nickelage. — a) Mettez d'abord les objets à nickeler dans une lessive faible de potasse caustique pendant deux à trois minutes. Retirez-les au bout de ce temps et rincez à l'eau claire, puis mettez-les dans un bain composé de 50 grammes d'acide sulfurique par litre d'eau distillée. Remuez bien les objets dans ce bain pendant dix minutes, ensuite ajoutez à ce bain :

Chlorure de sodium	7 grammes
Bichlorure de mercure	11 —
Sulfate de nickel	1 —
Eau.....	1.000 —

Agitez à nouveau pendant cinq à six minutes, puis passez à l'eau claire.

D'un autre côté, préparez un autre bain composé de :

Eau distillée	1 litre
Crème de tartre	1 gramme
Étain métallique	150 —

Faites bouillir pendant environ trois heures.

Laissez les pièces bouillir pendant deux heures dans ce deuxième bain, puis rincez et séchez à la sciure.

Le premier bain doit être préparé dans un vase en fer, le second dans un vase de cuivre étamé. Nous reproduisons cette recette d'après de Savigny.

b) On se sert d'un bain bouillant fait avec :

Eau	4 litres
Sel ammoniac	250 grammes
Sulfate de nickel et d'ammoniaque	250 —

Les pièces de laiton à nickeler sont plongées dans le bain avec une passoire en aluminium, qui est attaquée légèrement avec production de gaz. Le dépôt de nickel est nuancé en brun. Procédé décrit en 1909, dans la revue *Brass World*.

Poudre à nickeler. — Voici la formule publiée par M. Rosenberg en 1910, dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie* :

Nickel pulvérisé	150 grammes
Sulfate d'ammonium	200 —
Magnésie	20 —

On saupoudre d'un chiffon légèrement mouillé qui sert à frotter le métal que l'on veut nickeler.

CHAPITRE VI

CUIVRAGE, LAITONAGE, GALVANOPLASTIE

Cuivrage et laitonage sont surtout appliqués sur fer, soit qu'on veuille leur donner l'apparence momentanée d'un métal plus cher et moins altérable (fil pour ressorts de sommier, tendeurs de vêtements), soit qu'on veuille prévenir la formation de la rouille (statues en fonte). Mais les dépôts électrolytiques de cuivre servent surtout en galvanoplastie, méthode de moulage consistant à déposer sur une matrice une couche *non adhérente* de métal qui doit être suffisamment épaisse pour qu'on la puisse séparer de la matrice sans produire de déformation. On peut naturellement réaliser la galvanoplastie avec divers métaux (l'argent par exemple donne des moulages très jolis), mais pratiquement, on emploie presque toujours le cuivrage; et l'on opère surtout dans le clichage, pour la reproduction des blocs gravés servant à illustrer les impressions typographiques.

Encore qu'appliquée par les méthodes généralement en usage pour la métallisation électrolytique, la galvanoplastie est, comme on voit, une spécialité nettement différente : c'est non pas un procédé pour recouvrir les pièces métalliques d'un mince dépôt d'autre métal, mais un procédé de reproduction d'un original en relief.

LAITONAGE ET CUIVRAGE ÉLECTROLYTIQUE

Bains de cuivrage. — Les simples dissolutions très acides de sulfate cuprique employées en galvanoplastie ne conviennent guère pour la métallisation; un grand nombre de métaux seraient attaqués. Aussi le cuivrage est-il fait avec des bains spéciaux à base de sulfate, d'acétate ou de sulfite de cuivre dont voici, d'après Roseleur, quelques formules types :

Acétate de cuivre gr.	200	475	500	350	450
Cyanure de potassium . gr.	250	500	700	500	700
Bisulfite de soude gr.	200	500	200	300	100
Carbonate de soude cristallisé gr.	200	1.000	500		
Ammoniaque gr.		350	300	200	150
Eau lit.	10	25	25	25	20
Pour tous métaux, à froid ou à chaud.					
A froid, pour fer et acier.					
A chaud.					
A froid ou à chaud pour fonte, étain, zinc.					
Pour petits objets en zinc.					

Nous reproduisons, d'autre part (voir p. 105) quelques formules plus modernes.

Quand le bain ne sert pas, il faut enlever les anodes. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Quand on cuivre de très petits objets tels que boutons, agrafes, on les met dans une passoire en grès au fond de laquelle aboutit le conducteur terminé par une plaquette, et, pendant l'opération, on remue assez fréquemment la masse en se servant du manche de la passoire.

BAINS DE CUIVRAGE (Brochet)

	vieille formule	formule ancienne	formule écono- mique	formule moderne	bain acide	
Eau	970	980	980	980	920	
Sulfite cuivreux				20		
Acétate de cuivre ...	20				150	
Sulfate de cuivre		25				
Oxyde cuivreux			14			
Carbonate de soude ..	7	7				
Sulfate de soude	20	20				
Bisulfite de soude ...			12			
Cyanure de potassium					50	
	25	23	50	20		
Soude caustique						
Procédés de préparation.	Délayer l'acétate dans la solu- tion de sulfite et carbonate, ver- ser la solution cyanurée.		Mélanger la solution de sulfate à celle du sulfite et carbonate. Ajou- ter la solution cyanurée.		Mélanger le tout puis dé- canter.	simple dissolution.

Cuivrage du fer, de la fonte, de l'acier. — Le fer décomposant les sels de cuivre des électrolytes ordinaires, avec dépôt de métal pulvérulent, les pièces en fonte seront badigeonnées avec un vernis que Brandely conseille de préparer selon une des formules suivantes :

Huile de lin cuite	5	5	5
Benzol	25	22	25
Copal mi-dur	10	13	—
Colophane	5	5	5
Minium	50	50	50
Silicate de soude	2	3	—

Après séchage à l'étuve, les pièces sont barbouillées avec une bouillie aqueuse de plombagine appliquée au pinceau. On fait sécher, on brosse et on immerge dans le bain électrolytique.

On n'obtient ainsi de la sorte qu'un cuivrage non adhérent, une « chemise » de cuivre pouvant s'arracher. Pour avoir un cuivrage plus solide, on peut se servir de bains au trempé (voir p. 112), puis de bains électrolytiques.

Pour le cuivrage de l'acier en bain de sulfite — bien préférable au bain de cyanure s'il s'agit de dépôts épais, — Satka (*Review of the American Electroplaters' Society*, 1918) préconise un traitement préalable dans un bain composé de :

Acide arsénieux	240 grammes
Acide chlorhydrique (à 60 grammes par litre)	5 litres

On rince ensuite à l'eau et on cuivre, le courant variant de 1 à 1,5 décimètre carré.

Le cuivrage à forte épaisseur des métaux ferreux pourrait, selon Renard (B. F. 563195), être obtenu avec un bain composé de :

Eau distillée	10 litres
Acide fluorhydrique	0,2 —
Alun ammoniacal	150 grammes
Chlorure d'étain fondu	100 —
Sulfate de nickel	150 —
Sulfate de cuivre	150 —
Sulfate de zinc	100 —

On se sert d'anodes en cuivre ou en laiton.

Cuivrage de l'aluminium. — D'après Govaerts et Wentenaekers ((B. B., 1921), on prépare l'électrolyte avec une solution légèrement acidulée par l'acide sulfurique de sulfate cuprique, que l'on précipite par une solution d'hyposulfite sodique. Le précipité jaune orangé est lavé rapidement à l'eau froide, puis séché à froid dans l'obscurité et enfin dissout à saturation dans une solution aqueuse à 20 p. 100 d'hyposulfite de soude.

On étend ce liquide d'un volume égal de solution d'hyposulfite à 20 p. 100, on filtre et on procède à l'électrolyse avec une anode soluble de cuivre. On peut aussi laitoniser en ajoutant du sulfate de zinc au bain.

On a préconisé pour le cuivrage de l'aluminium un bain composé de :

Cyanure de potassium	250 grammes
Acétate de cuivre neutre	250 —
Bisulfite de soude	200 —
Carbonate de soude cristallisé	250 —

Quantités à dissoudre dans 10 litres d'eau.

Laitonage. — On fait parfois fonctionner, avec une anode en zinc, un bain de cuivrage obtenu par la dissolution du carbonate de cuivre au moyen du cyanure de potassium. Dans ce cas, le dépôt cuivrique, à cause de la quantité de zinc qu'emprunte à l'anode le cyanogène mis en liberté par le courant électrique, pâlit de plus en plus jusqu'à donner la couleur propre au laiton. Cette observation a conduit à chercher la composition de bains mixtes formés d'un sel de zinc et d'un sel de cuivre additionnés d'autant de cyanure de potassium qu'il en faut pour dissoudre les sels précipités par du carbonate de soude en liqueur chaude, ou par l'ammoniaque. L'emploi du cyanure de potassium a pour effet non seulement de dissoudre ces carbonates, mais d'enlever aux bains toute trace acide, résultant d'un lavage insuffisant, qui nuirait à l'adhérence du dépôt.

Voici une formule pour bain de laitonage employable à froid :

Carbonate sodique cristallisé	20	grammes
Bisulfite de soude	20	—
Acétate neutre de cuivre	15	—
Chlorure de zinc pur	10	—
Cyanure de potassium pur	40	—
Ammoniaque	10	—
Eau	885	—

Faire dissoudre carbonate et bisulfite dans 3 litres d'eau environ. Délayer dans l'ammoniaque, additionnée d'un litre d'eau, l'acétate et le chlorure. Mélanger les liquides, puis ajouter en remuant le cyanure en solution dans le reste de l'eau.

Nous réunissons en tableau quelques autres formules

BAINS POUR LAITONAGE

	(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)
	Heeren	Hess	Brochet	Salzède	Brunel	Roseleur	Russell
Eau	300	2.000	1.960	6.000	5.000	1.000	2.500
Sulfate cuivreux			25				
Sulfate cuprique	1			25	37	15	
Acétate cuprique				48	75	10	375
Chlorure cuprique							
Chlorure de zinc	8		25				
Sulfate de zinc							
Sulfite de zinc							
Acétate de zinc							38
Bisulfite de soude						25	
Carbonate de soude cristallisé ..		84				20	
Bicarbonate de soude				600	930		375
Carbonate de potassium							37
Acétate de potasse		13		12		45	
Cyanure de potassium	16					10	
Ammoniaque		54					
Chlorure d'ammonium			84	300	460		
Nitrate d'ammonium							

PRÉPARATION. — 1. Mélanger les solutions aqueuses des sels. — 2. Faire dissoudre du laiton dans le bain par électrolyse. — 3. Mélanger, ajouter l'eau peu à peu, décanter. — 4. Ajouter la solution cyanurée à celle des autres sels, nitrate excepté, que l'on ajoute en dernier. — 5. Délayer l'acétate dans l'eau ammoniacale, ajouter la solution du chlorure, puis celle du carbonate et du bisulfite, puis la solution cyanurée. — 6. Ajouter à la solution des acétates assez de solution cyanurée pour dissoudre le précipité formé.

Lecoq (Brevet français 361892), laitone avec un bain contenant par hectolitre d'eau :

Bisulfite de soude	4.000	grammes
Carbonate de soude	3.000	—
Cyanure de potassium	6.500	—
Potasse d'Amérique	1.250	—
Acétate de cuivre	2.250	—
Sulfate de zinc	1.100	—
Chlorure d'étain hydraté	100	—
Acétate de plomb	100	—
Chlorure de zinc	250	—
Ammoniaque	2	litres.

Rumpler (D. R. P., 1909) obtient un laitonnage sur aluminium en employant comme électrolyte :

Cyanure double cupro-sodé.....	40 à 50	gr.
Cyanure double de zinc et de soude .	15 à 30	gr.
Sulfite de soude	40 à 80	gr.
Potasse	10 à 25	gr.
Chlorure de potassium	2 à 10	gr.
Eau	1.000	

On électrolyse avec anodes en laiton, avec un courant de 2 à 3 ampères par décimètre carré. Un traitement de deux minutes rendrait l'aluminium susceptible de recevoir ensuite un dépôt de n'importe quel métal.

Le laitonnage est en principe assez délicat. On l'assure avec un courant assez fort : 0,5 ampère environ par décimètre carré de cathode. Les anodes, en laiton, ne se solubilisent pas suffisamment pour conserver au bain sa composition : force est d'ajouter de temps en temps du sel de cuivre ou du sel de zinc, en se guidant d'après la couleur du dépôt. Ce dépôt, brillant en régime normal, devient parfois mat : il faut alors ajouter au bain des traces d'acide arsénieux (de 1 à 2 p. 10.000).

Bronzage. — Bien qu'on puisse déposer électrolytiquement un mélange d'étain et de cuivre, l'opération n'est pas pratiquement usitée. Voici pourtant quelques formules de bains préconisées par divers auteurs pour le bronzage :

Eau.....	500	200	5.000
Cyanure de potassium ...	50	20	40
Cyanure de cuivre	3	—	—
Tartrate de cuivre	—	5	—
Chlorure de cuivre.....	—	—	15
Bioxyde d'étain.....	1	—	—
Tartrate double étain, potasse.....	—	5	—
Carbonate de potasse ...	—	—	500
Chlorure d'étain	—	—	12

D'après Mathers et Sowder (*Transactions of the American Electrochemical Society*, 1920), ces bains ne donnent pas de bons résultats. Pour que le dépôt ne devienne pas trop vite riche en cuivre, il faut employer à 40° C., sous densité de 0,4 ampère par décimètre carré, un bain composé de :

Oxalate d'ammoniaque .	par litre	60	grammes
Oxalate de cuivre	—	20	—
Citrate d'ammoniaque ..	—	16	—
Sulfate de potasse	—	12	—
Acide citrique	—	4	—

On électrolyse avec des anodes de cuivre et on prélève 100 centimètres cubes pour faire agir des bandes d'étain pour précipiter du cuivre et faire dissoudre de l'étain : puis on remet dans le bain. Au bout de quelques heures, on fait un nouveau prélèvement, traité de même façon et on poursuit de la sorte.

CUIVRAGE AU TREMPÉ

Cuivrage de la fonte. — Les pièces décapées sont simplement plongées dans une mixture faite selon une des formules :

Chlorure de cuivre	10 gr.	6 gr.
Acide nitrique	10 cmc.	5 gr.
— chlorhydrique	80 cmc.	40 gr.

Répéter plusieurs fois l'immersion en essuyant avec un chiffon de laine.

Cuivrage du fer. — Préparer les objets en les frottant fortement avec du pétrole et en les essuyant dans de la sciure chaude, puis les plonger, pendant une minute seulement, dans une solution saturée de sulfate de cuivre à laquelle on ajoute la moitié de son volume d'eau acidulée.

Retirer ensuite les objets et les laver rapidement en les plongeant dans l'eau bouillante puis sécher avec soin dans la sciure chaude.

Cuivrage de l'acier. — Le métal décapé est vigoureusement frotté avec une brosse en chien-dent mouillée dans une solution aqueuse saturée de sulfate cuprique. Il est bon d'opérer à la sortie du bain de décapage, sans rincer, l'acide facilitant le dépôt du cuivre. Ce dépôt, très mince, ne résiste guère au frottement, mais il constitue un bon support pour un nickelage fait à l'électrolyse.

Pour cuivrer l'aluminium. — Faire un bain avec :

Sulfate de cuivre.....	30 grammes
Crème de tartre	30 —
Soude.....	52 —
Eau	1.000 —

Nettoyer les objets à cuivrer et les plonger très propres dans le bain ainsi composé, jusqu'à ce qu'ils aient atteint la nuance désirée.

Cuivrage du zinc. — Le bain suivant, dont nous reproduisons la formule d'après Roseleur, est employé à froid :

Cyanure double de cuivre et de potassium	100 grammes
Ammoniaque	120 —
Eau	1.000 —

Faire dissoudre le cyanure dans l'eau puis ajouter l'alcali. On obtient un dépôt d'une belle teinte rouge.

Pseudo-laitonage du fer et de l'acier. — On jaunit les épingles, les clous et les autres pièces en fer par baquetage dans la solution :

Sulfate de cuivre	5 grammes
Protochlorure d'étain cristallisé.	4 —
Eau	1.000 —

On obtient des nuances plus rougeâtres en forçant la dose du sel cuprique et des nuances plus blanchâtres en augmentant la proportion de sel d'étain.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

GALVANOPLASTIE

Principe du traitement. — La galvanoplastie consiste à reproduire un modèle sous forme de copie en cuivre massif plus ou moins épais. Soit à reproduire un bas-relief par exemple. Après avoir huilé la surface, entourée s'il y a lieu d'un petit rebord provisoire, on coule dessus du plâtre fin gâché liquide pour obtenir, après la prise de cette bouillie, un moule qui est séché, puis stéariné pour le rendre imperméable, et plombaginé de manière à rendre la surface conductrice du courant électrique (la surface représentant le modelé, mais non l'envers). Il suffit d'employer la pièce comme électrode dans un bain convenable pour obtenir un dépôt qui reproduira fidèlement les détails de la pièce d'abord moulée.

Au lieu de plâtre, on se sert souvent d'autre masse à mouler : mélanges plus ou moins complexes (voir p. 115), gutta-percha ou gélatine. La gutta, dans les ateliers importants, est moulée à la presse.

On dispose l'objet à mouler dans un châssis de dimension convenable ; après l'avoir plombaginé ou huilé pour éviter l'adhérence, on place au-dessus une quantité de gutta suffisante qu'on a préalablement ramollie par l'action de la chaleur, on presse lentement et on laisse refroidir à moitié, on plonge alors l'objet dans de l'eau froide et on démoule.

**MÉLANGES POUR EMPREINTES DE CLICHÉS
 TYPOGRAPHIQUES (Brandely)**

Cire d'abeilles	40	40	170	40
Stéarine		20	200	50
Résine	30	20		
Suif	30			
Vaseline		20		
Spermaceti			425	6
Bitume			70	
Graphite			70	
Céruse				6

**MASSES POUR MOULAGES DESTINÉS
 A LA GALVANOPLASTIE**

Constituants	Fontaine	Kress	Kempe		Hackewfte (1)	Urquart	Furlong	Planhauser		Soulier
								formule d'été	formule d'hiver	
Cire d'abeilles	20	12	140	16	2	900	17	50	40	3
Stéarine	25	5								
Suif		3								
Spermaceti	3			3						
Cérésine										
Paraffine			20					10	10	
Ozokérite								90	30	
Térébenthine de Ve- nise			11	10	2	135	2	7	6	
Colophane		4			1					1
Asphalte										
Carbonate de plomb .	3									
Graphite			35		5	28	1	36	15	

(1) Convient spécialement pour formes difficiles à graphiter.

Le moulage à la main se fait en général de deux façons différentes, ou bien l'on se sert de gutta ou bien l'on emploie la gélatine.

Pour le *moulage à la gutta*, on place l'objet et la gutta dans un four chauffé à 125° environ, et on laisse la fusion s'opérer, on retire du four et on pétrit avec la main qu'on a soin de mouiller pour éviter l'adhérence de la gutta-percha, on s'arrête lorsqu'on suppose que la gutta a bien pénétré dans tous les fonds, on laisse refroidir et on démoule.

Le *moulage à la gélatine* est extrêmement facile à réussir, puisqu'il s'agit simplement de verser sur l'objet, entouré d'un rebord en papier ou en carton la gélatine encore liquide et de démouler lorsqu'elle s'est solidifiée. La gélatine a le grave inconvénient de se ramollir et de se déformer dans le bain de galvanoplastie ; on évite en partie cet inconvénient en additionnant la gélatine de 2 p. 100 de son poids d'acide tannique, et de 4 p. 100 de sucre. On doit aussi avoir soin de revêtir d'un vernis la face extérieure du moule. Nous reproduisons les renseignements précédents d'après l'ouvrage de Tommasi.

Pour le *moulage de clichés similis* à reproduire par galvanoplastie, on se sert généralement d'une mince feuille de plomb qui est fortement appliquée à la presse hydraulique sur la surface gravée. Après pressage, on applique sur la feuille mince restée contre le cliché une seconde plaque plus épaisse, avec interposition d'un tissu qui assurera l'adhérence, on presse à nouveau et on peut alors retirer l'empreinte sans la déformer.

Bains galvanoplastiques. — On les prépare d'ordinaire en faisant dissoudre à saturation du sulfate cuprique dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique (5 à 6 kilogrammes d'acide par hectolitre d'eau).

On a recommandé les bains de sucrate de chaux pour obtenir des dépôts métalliques par la galvanoplastie. On fait dissoudre 50 grammes de sucre dans un litre d'eau ; on y ajoute 50 grammes de chaux éteinte et on laisse dissoudre, à froid, pendant vingt-quatre heures, en agitant de temps en temps. Le liquide est filtré et mis dans la cuve électrolytique.

Pour obtenir des dépôts de cuivre, on place des anodes et des cathodes en cuivre à l'extrémité des fils et on fait passer le courant. Il se forme du sucrate double de cuivre et de chaux. On place alors l'objet qui se recouvrira de cuivre. A la place du cuivre, on peut mettre des électrodes de bronze, de laiton, d'alliages quelconques, pour obtenir des dépôts similaires sur des objets à recouvrir.

Voici un autre bain du même genre dont nous avons trouvé la formule chez un praticien de mérite :

Eau.....	10 litres
Sucre	300 grammes
Chaux éteinte	300 —

La solution étant obtenue, on ajoute une solution de 200 grammes de chlorure de cuivre dans 200 grammes d'eau et 50 grammes d'ammoniaque purifiée.

Galvanoplastie rapide. — Si, observe M. Chalet, on soumet à l'électrolyse une solution de cuivre en employant une grande intensité, on obtient bientôt un dépôt noirâtre et grenu. Cela vient de ce que la cathode s'appauvrit vite en cuivre et que le sulfate de cuivre qui se forme au pôle positif n'a pas le temps de se mélanger au liquide qui devient peu riche en cuivre au pôle négatif et qui est d'une densité plus faible. On peut remédier à cet inconvénient en agitant le bain, en insufflant de l'air, ou en prenant des électrodes animées d'un mouvement de rotation. Un procédé plus simple consiste à disposer les électrodes horizontalement, le pôle positif à la partie supérieure. La solution de sulfate qui se forme étant plus dense tombe au fond du bain et chasse le liquide pauvre du pôle négatif spécifiquement plus léger. Pour éviter la chute de fragments métalliques, on place entre les deux électrodes un cadre formé d'un tissu de soie. Pour obtenir un dépôt net, lisse et solide, on emploiera 250 grammes de sulfate de cuivre cristallisé et 25 grammes d'acide sulfurique concentré par litre d'électrolyte.

On écartera les électrodes de 8 centimètres environ en prenant un courant de 6 à 10 ampères par décimètre carré sous une tension de 0,8 volt par ampère.

Cuivrage des moulages en plâtre. — Bien qu'il s'agisse de métallisation, nous reproduisons ici, d'après *La Technique moderne*, le procédé suivant parce que le genre de travail se fait avec un bain pour galvanoplastie.

L'objet en plâtre à cuivrer est d'abord chauffé à 50° dans un four bien aéré, puis il est placé dans un bain de paraffine à 50°-60°. Quand il ne se dégage plus de bulles gazeuses, on l'en retire et on le laisse refroidir. On badigeonne alors sa surface avec une couche mince de collodion photographique ne contenant pas de sels d'argent et dilué dans neuf volumes d'un mélange d'alcool et d'éther. Lorsque cet enduit est sec, on le recouvre de graphite, on assujettit les connexions, on passe une seconde fois au graphite et on termine par une immersion dans une solution à 10 p. 100 de sulfate d'alumine ou d'alun. Ceci fait, on relie l'objet en plâtre au pôle négatif d'une source électrique et on électrolyse, avec 3 volts et 1 ampère par décimètre carré, dans un bain de sulfate de cuivre contenant 5 à 8 p. 100 d'acide sulfurique, l'anode étant constituée par une plaque de cuivre. Il se dépose rapidement sur l'objet en plâtre une mince couche métallique.

Clichage. — On peut prendre les empreintes des blocs gravés avec de la gutta, mais on emploie plus souvent la cire. Nous reproduisons quelques indications données à ce propos par Roseleur.

Beaucoup de galvanoplastes emploient la cire seule; d'autres, pour atténuer le retrait qu'elle subit toujours, la mélangent avec de la résine ou de la térébenthine de Venise. Voici une formule où la résine est employée :

Cire jaune d'abeilles	75 parties
Résine	25 —

Toutefois, il résulte de nombreuses expériences faites à ce sujet que, quel que soit le corps mélangé, on n'arrive jamais à annuler complètement ce retrait, et que, si l'on voulait, par exemple pour les tirages en plusieurs couleurs, obtenir des clichés absolument identiques à la forme, il faudrait abandonner la cire pour reprendre la gutta qui, à la condition d'être mise au bain *aussitôt après moulage*, ne subit aucune modification.

On commence par chauffer la cire, pure ou mélangée, au bain-marie, dans une marmite en tôle ou en cuivre, sur un feu modéré, de façon à ne pas élever la température beaucoup au delà de la fusion parfaite, et à éviter ainsi toute altération. Lorsque la masse est bien fondue, on en verse avec une cuiller dans une boîte en plomb n'ayant pas plus de un centimètre de profondeur, et de surface convenable pour recouvrir à l'aise la forme à mouler. Lorsque la boîte, placée bien horizontalement, est pleine, on laisse refroidir en veillant à ce que, pendant le refroidissement, la surface de la cire reste bien plane et nette.

Comme les formes dont on a à prendre l'empreinte sont de dimensions variables, il est nécessaire d'avoir toujours disponibles un certain nombre de *boîtes à mouler* de dimensions correspondantes.

Lorsque le refroidissement est suffisant, on procède au plombage, puis à la prise d'empreinte. Comme pour la gutta, c'est l'habitude qui doit être le meilleur guide pour apprécier la température convenable pour cette dernière opération. Mais ici cette appréciation est encore plus d'importance, car

si la cire n'est pas suffisamment refroidie, elle peut attacher à la forme ; si elle l'est trop, on risque de n'obtenir qu'une empreinte insuffisante.

Le plombaginage se fait comme à l'ordinaire, mais avec une brosse beaucoup plus douce, pour ne pas rayer la cire encore très tendre. A l'étranger, on plombagine beaucoup à la machine.

Une fois le moule bien plombaginé, on le renverse sur la forme, qui de son côté a été également plombagée très soigneusement à l'avance, et on porte sous la presse, bien au milieu du plateau pour avoir une pression égale partout. On emploie pour cela, soit une presse hydraulique, soit une presse à bras quelconque, mais plus puissante que pour la gutta. Cependant la pression ne doit pas non plus être exagérée, pour ne pas écraser la cire et transpercer l'empreinte. C'est également l'habitude qui apprendra à la régler.

La pression terminée, on sépare l'empreinte en l'enlevant bien horizontalement. Si, après examen, le moule a besoin de retouches, ce qui est le cas général, c'est le moment d'y procéder. On enlève les bavures ou les saillies inutiles et, avec une spatule ou un outil quelconque qu'on chauffe à la flamme d'un bec de gaz, on rajoute de la cire partout où il en est besoin. C'est encore là une affaire de métier que l'habitude rend facile.

Une fois ces retouches faites, on procède à un nouveau plombaginage, celui qui doit donner au moule la conductibilité dont il aura besoin dans le bain. Ce plombaginage doit être également fait avec soin, pour faire pénétrer et adhérer la plombagine dans les moindres creux. Mais, comme la

cire est déjà plus froide, on peut agir plus vigou-
reusement, avec une brosse moins douce. Lors-
que l'opération est terminée, on enlève l'excès de
plombagine, d'abord avec la brosse, puis, si cela
ne suffit pas, avec un soufflet puissant qui chasse
des creux celle qui pourrait s'y être accumulée.

Il ne reste plus, avant la mise au bain, qu'à pas-
ser à l'alcool pour enlever les traces de gras et
permettre au liquide du bain de mouiller l'em-
preinte sur toute sa surface.

CHAPITRE VII

ÉTAMAGÉ ET ZINCAGE

Bien que la substitution des couverts argentés aux couverts étamés, et celle des ustensiles en aluminium et en nickel aux récipients de cuivre aient nuï dans une certaine mesure à l'étamage, le traitement continue d'être appliqué sur une très grande échelle dans les industries du fer-blanc et des appareils culinaires en fonte du genre hache-viande ou seaux à glacer.

Pour le zincage, il est également pratiqué en grand sur le fer que l'on veut rendre capable de résister à l'action des intempéries : tous les articles en fer dit improprement « galvanisé » sont ainsi recouverts d'une mince couche de zinc. On fait donc surtout le zincage sur fils et tôles de fer ou d'acier.

D'une manière générale, la voie électrolytique n'est guère employée pour l'étamage et le zincage. On préfère opérer par baignade en métal fondu s'il s'agit d'obtenir des dépôts assez épais, et par trempé en solution aqueuse de composition appropriée lorsqu'on veut avoir des dépôts économiques extrêmement minces, et naturellement peu résistants à l'usage.

ÉTAMAGE ÉLECTROLYTIQUE

Composition des bains. — Ces bains permettent d'avoir des dépôts bien plus réguliers que ceux obtenus par fusion, et ils permettent l'étamage de pièces à soudures. Ils sont à base de protochlorure d'étain, dit aussi « sel d'étain », « bichlorure d'étain » et « chlorure stanneux ». On le prépare en faisant cristalliser le résidu de l'attaque de métal par un excès d'acide ; il forme des cristaux de composition $\text{SnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ qu'on doit conserver, surtout s'ils sont dissous, à l'abri de l'air qui oxyde rapidement le sel.

	Roséleur	Maistraxe	Fearn	Brochet		Hesse	Hern	Villon
Eau	1.000	1.000	500	96	196	200	100	200
Protochlorure d'étain ..	1	1	10	2	5	5	3	5
Carbonate de soude ...							3	
Cyanure de potassium ..		3						
Chlorure d'ammonium .						10		
Pyrophosphate sodique.	10			6		10		
Acide tartrique							2	
Tartrate de potassium .			6					
Potasse caustique			17					
Soude caustique		50			8			
Oxalate d'ammoniaque .								25

Schlotter (D. R. P., 1917) a préconisé l'addition aux bains de colloïdes pour empêcher les dépôts d'étain d'être cristallins et cassants. On

obtient un bon étamage du fer en employant un bain composé de :

Chlorure stanneux	150	grammes
Gélatine	2	—
Phénol	5	—
Acide chlorhydrique	5	—
Eau	1.000	—

Les dépôts d'étain donnés par les bains alcalins à base de chlorure sont souvent spongieux et mal adhérents. Mathers et Belle obtiennent des meilleurs résultats avec un électrolyte composé de :

Chlorure d'étain cristallisé	60	gr. par litre
Soude caustique	60	gr. —
Résine ou baume de copahu	1	gr. —

On opère à 75° C. avec 0,5 ampère par décimètre carré de surface cathodique. Toutefois, ces bains ne donnent de bons dépôts que pendant les premières heures de l'emploi.

On traite directement les pièces en laiton ou cuivre ; pour les pièces de fer ou de zinc, elles sont d'abord étamées au trempé.

Conduite de l'électrolyte. — On opère soit à la température ordinaire, avec un courant de 0,2-0,3 ampère par décimètre carré (Brochet).

Les anodes d'étain n'étant pas suffisamment solubles, on doit recharger de temps à autre avec du sel d'étain, surtout lorsqu'on emploie les bains phosphatés.

Si le dépôt est noirâtre et pulvérulent, le courant est trop fort.

ÉTAMAGE PAR FUSION

Étamage du fer. — Pour les ustensiles culinaires, voici comment, selon les *Recettes de l'Atelier* on doit opérer :

Faire fondre l'étain dans une poêle en fer chauffée sur un fourneau de charbon de bois à soufflet, ou sur un feu de forge. Enlever la crasse qui se forme à la surface du métal. Ajouter 10 à 15 p. 100 de plomb qui rend l'étamage plus brillant.

D'autre part, faire chauffer fortement les pièces à étamer sur un fourneau à charbon de bois, puis les décaper dans un bain d'eau acidulée par le tiers de son volume d'acide chlorhydrique. Rincer à l'eau propre, essuyer et faire sécher. Traiter ensuite par une dissolution de quelques rognures de zinc et quelques morceaux de sel ammoniac dans l'acide chlorhydrique.

Ajouter au bain d'étain deux ou trois cuillerées du liquide précédent : il se forme une crasse noire qu'on enlève. Ajouter un peu de sel ammoniac, puis plonger dans le métal fondu les pièces à étamer en les frottant avec un chiffon d'étoupe. Enlever quand tout est bien étamé et laver à l'eau.

L'étamage des tôles fines de fer pour fabrication du fer-blanc, dont la préparation des conserves alimentaires exige des quantités énormes, est une technique très spéciale : on en trouvera, si besoin, l'étude dans le volume *Fabrication du fer-blanc* de Georgeot (in-8, Paris, 1907).

Dans certains ateliers anglais, pour l'étamage des pièces et objets décapés à

l'acide sulfurique dilué sont plongés dans un bain d'étain fondu, recouvert d'une couche de chlorure de zinc ; ils passent ensuite dans un second bain d'étain recouvert avec un mélange gras composé d'environ :

Huile végétale	25 kilogrammes
Suif	25 —
Huile minérale lourde	55 —

Et finalement dans un bain composé d'étain fondu.

Rétamage des ustensiles de cuivre. — Les pièces à étamer sont chauffées, puis plongées dans un bain d'acide à décaper, puis enfin passées dans de « l'esprit de sel décomposé ». Les étameurs désignent sous ce nom un mélange d'environ 250 centimètres cubes acide chlorhydrique, 50 grammes rognures de zinc et 25 grammes sel ammoniac écrasé, dans lequel on a plongé un fer rouge ou un charbon ardent pour provoquer la dissolution.

Le cuivre ainsi nettoyé est chauffé jusqu'à ce qu'un morceau d'étain posé à la surface commence à fondre. On frotte alors vivement avec un morceau d'étope imbibé de crasse noire (obtenue en écumant la surface d'un bain d'étain fondu) ; on frotte ensuite avec un morceau d'étain, après quoi on repasse l'étope. On rince finalement à l'eau pure.

Sous peine de gâter les bains d'étain, et de les rendre désormais impropres à tout autre usage que l'étamage du cuivre, il convient de ne jamais immerger les ustensiles dans le métal fondu.

Étamage des feuilles de plomb. — Si l'on ne désire qu'un *étamage léger*, on chauffe la feuille de plomb, puis on la saupoudre de colophane en poudre, et l'on passe à sa surface de l'étain fondu au moyen de tampons d'étoupe.

Pour obtenir un *étamage épais*, conseille M. Chapplet, on coule d'abord le plomb, pour obtenir la feuille, sur une table à dessus de fer et bordée à son pourtour d'une lame métallique qui arrêtera le métal fondu. Une fois le plomb coulé, on le recouvre de graisse pour empêcher l'oxydation et, lorsqu'il est refroidi, on verse par-dessus de l'étain en fusion, dont le température fera refondre superficiellement la surface du plomb : cela donne naturellement une union intime des deux métaux en présence. Après refroidissement suffisant, on retourne la feuille de plomb et l'on procède de même sur sa seconde face. Une feuille composite faite de cette manière peut être laminée sans que la moindre dissociation se produise : l'étain diminue d'épaisseur en même temps que le plomb.

Étamage de la fonte. — La fonte grise surtout prend très difficilement l'étain, surtout si elle contient beaucoup de silicium. On devra donc, de préférence, usiner les pièces en fonte, destinées à l'étamage, en fontes peu carbonées, très pauvres en silicium. Elles seront décapées d'abord au sable, puis à l'acide fluorhydrique faible, puis dans un bain bouillant de soude caustique.

Ensuite vient un traitement spécial par l'hydrogène naissant comprimé. On introduit les pièces dans un tambour rempli aux trois quarts d'eau

contenant 7 kilogrammes acide chlorhydrique pour 1 kilogramme sel ammoniac granulé et on laisse pendant trois ou quatre heures à la pression de 3 kilogrammes par centimètre carré. On conserve ensuite les pièces dans l'eau jusqu'à l'étamage.

L'étamage se fait par baignade dans le métal fondu, le séjour variant de cinq à trente minutes : on a juste auparavant traité les pièces dans un bain bouillant de soude caustique, puis un bain d'acide chlorhydrique faible puis dans un bain de chlorure de zinc. Le premier étamage est suivi d'un second, très rapide, dans un bain d'étain fondu couvert de suif. On trempe finalement dans un bain d'huile, puis dans un bain d'eau bouillante et on sèche dans la sciure. Nous reproduisons ces renseignements d'après *La Machine Moderne*.

Apprêt moiré du fer-blanc. — On prépare d'une part une eau régale faible, composée, par exemple, de 4 parties d'acide nitrique, 1 de muriate de soude ou d'ammoniaque, et 2 d'eau distillée ; de l'autre, on place une feuille de fer-blanc au-dessus d'une terrine de grès pleine d'eau ; puis, à l'aide d'une petite éponge fine légèrement humectée de la liqueur acide, on imprègne très également toute la surface du fer-blanc, qu'on a préalablement un peu chauffée ; et aussitôt que les reflets du moiré se manifestent d'une manière bien nette, on plonge la feuille dans de l'eau pure, on la lave, soit à l'aide d'une barbe de plume, soit avec un peu de coton, mais toujours de manière à éviter un frottement capable d'enlever la très petite portion d'étamage qui se trouve sur la surface.

On peut employer d'autres bains décapants, par exemple un des mélanges :

Acide nitrique	Acide chlorhydrique	Acide sulfurique	Eau distillée
2	2	—	2
2	3	—	4
1	2	—	3
2	2	2	2
—	2	1	8

Lorsque le moiré est convenablement développé et qu'on l'a bien lavé de manière à ne laisser aucune portion d'acide, ce qui ne manquerait pas d'oxyder la tôle et de tout ternir très promptement, on fait sécher la pièce avec précaution, et sans avoir recours à une forte chaleur, car dans ce cas aussi le moiré perd de son éclat. Pour prévenir tout effet ultérieur de l'air, on vernit immédiatement, soit d'une manière définitive, soit provisoirement, en le recouvrant d'une simple solution de gomme, qu'on peut ensuite enlever au moyen de l'eau.

Les différentes couleurs que l'on donne aux moirés sont dues aux vernis colorés et transparents dont on les recouvre ; on a seulement soin de les poncer, afin de les rendre d'une épaisseur moindre, plus égale, et qui, laisse mieux apercevoir les différents reflets des cristaux stanniques.

La trop grande malléabilité des lames minces d'étain de ces sortes de cristallisation, ne leur permet pas de résister au fort martelage auquel on est obligé d'avoir recours pour façonner des objets en creux ; aussi n'en peut-on faire avec du moiré, mais seulement des surfaces planes ou légèrement courbes, qui ne nécessitent que le maillet.

Chacun sait combien les cristallisations en général sont susceptibles d'être modifiées par l'influence de quelques agents, et principalement par la chaleur ambiante. Il en est absolument de même pour la cristallisation du moiré, et l'on peut pour ainsi dire la faire varier à son gré, en la détruisant en tout ou en partie, suivant l'effet qu'on veut obtenir, et la laissant se reproduire sous l'influence d'un refroidissement plus ou moins prompt. Qu'on expose, par exemple, une feuille de fer-blanc à une température suffisante pour liquéfier l'étain : si on la laisse refroidir lentement, la cristallisation se reproduira à peu près semblable à ce qu'elle était dans le principe ; mais si la feuille encore très chaude est plongée subitement dans l'eau froide, on n'obtient qu'une espèce de sablé.

Épuration des graisses d'étamage. — Au bout d'un certain temps, les graisses couvrant les bords de métal fondu, sous les actions combinées de la chaleur et du chlorure de zinc, se polymérisent et donnent des produits rendant les tôles très difficiles à nettoyer. On peut épurer les graisses altérées en remplaçant totalement par des graisses neuves tout ce qui sert dans un bain et conservant dans un vase à paroi garnie de calorifuges pour laisser refroidir lentement. Dans ces conditions, les matières décomposées se séparent et l'on obtient, en réchauffant un peu le moule, puis démoulant, un gâteau dont une partie poisseuse et très colorée, doit être détachée et rejetée.

Il suffit de renouveler ainsi la graisse chaque huitaine pour supprimer tout ennui.

ÉTAMAGE AU TREMPÉ ET AU FROTTÉ

Liquides à étamer. — On emploie l'un des bains suivants :

Protochlorure d'étain ...	gr.	4	25	10	5
Bitartrate de potasse (crème de tartre)	gr.	35	100		20
Alun ordinaire	gr.		100		
Pyrophosphate de potassium	gr.			20	
Eau	lit.	3	10	1	2

Pour procéder à l'étamage, on porte le bain à l'ébullition, puis on y suspend les objets dégraissés et décapés après les avoir entourés d'un fil de zinc tourné en spirale, on façonne un panier. On évite la formation des taches en remuant de façon que les fils supports ne touchent pas toujours les objets aux mêmes endroits.

Poudre pour étamer le zinc. — Préparer une dissolution contenant :

Protochlorure d'étain	20	grammes
Bitartrate de potasse	20	—
Eau à 75° C.	40	—

On complète avec une quantité de sable très fin suffisante pour donner une masse pâteuse. On applique à l'éponge ou à la brosse. La couche est d'abord d'un gris terne ; mais elle prend un beau poli si l'on frotte la surface avec un mélange d'argile et de sable.

ZINCAGE ÉLECTROLYTIQUE

Méthode générale. — On peut aisément déposer électrolytiquement une couche de zinc à la surface de pièces métalliques décapées en employant un bain cyanuré fait selon l'une des formules suivantes, ainsi que selon celles réunies d'autre part (voir p. 134).

	Keignard	Tommasi		Watt	Villon	Roseleur
Eau	100	100	1.000	1.000	50	200
Cyanure de zinc				36		
Chlorure de zinc	5					5
Oxyde de zinc		1			1	
Cyanure de potassium	5		70	70		12
Cyanure de zinc			36			
Alun		10				
Carbonate de potassium			25			
Ammoniaque			25	25		
Soude caustique					5	
Carbonate sodique cristallisé						6

Le zincage n'est d'ailleurs guère fait électrolytiquement sinon dans quelques usines allemandes et américaines, parce qu'il est plus économique d'opérer par immersion dans un bain de zinc fondu : le fer proprement dit « galvanisé » est traité de cette façon.

En tout cas, on ne soumet guère au zincage que le fer.

COMPOSITION DES BAINS DE

Sels de zinc	Sels conducteurs	Acides
15% SO_4Zn + 7% H_2O	5% $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	1% BOH^3
15% $\text{SO}_4\text{Zn} + 7\text{H}_2\text{O}$	5,5% $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	
32% SO_4Zn		
20% $\text{SO}_4\text{Zn} + 7\text{H}_2\text{O}$		0,3% SO_4H^2
5% SO_4Zn + 3% ZnCl_2 + 6% $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$		0,01 $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$
10% SO_4Zn + 7% ZnCl_2		3% acide citrique.
14% $\text{SO}_4\text{Zn} + 7\text{H}_2\text{O}$	4,3% $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	0,1% SO_4H^2
12% SO_4Zn	3% NH_4Cl + 2% SO_4Na^2	2% SO_4H^2
20% SO_4Zn + 1% ZnCl_2	4% SO_4Na^2	0,5% BO_3H^3
18% ZnCl_2	8% NH_4Cl + 2,5% NaCl	2,5% acide tartrique
20% SO_4Zn + 7% H_2O 1% ZnCl_2	4% SO_4Na^2	0,5% BO_3H^3
25% $\text{SO}_4\text{Zn} + 7\text{H}_2\text{O}$		1% CaCO_3
10% SO_4Zn + 6% ZnCl_2	0,3% AlCl_3	
12% ZnSiFl_6	6% NH_4Fl 9% $\text{Al}^3(\text{SiFl}_6)^3$	
25% $\text{SO}_4\text{Zn} + 7\text{H}_2\text{O}$	23% SO_4Mg	
10% ZnCl_2	2% NaCl	
32% SO_4Zn + 18% ZnFl_2	NH_4Fl	
1% ZnCl_2	6% KOH 2% NH_4Cl	

ZINCAGE ÉLECTROLYTIQUE (Bablik)

Colloïdes	Densité de courant (Ampères par décimètres carrés)	Voltage	Température (degrés centi- grades)	Auteurs
	1	2,5	15	Paweck.
			20	Snowdon.
	2 à 7			Richter.
	6	10		Gabran.
				Ouivy.
				Meaker.
	1,5 à 2	1,6 à 24	20	Richter.
			30	Lemètre.
3 % de dextrose	1	1,8	18	Langbein.
	1			Balleger.
Extrait de racine de réglisse.				Classen.
4 % maltose.				Neurath.
5 % saccharose.				Kaselowsky.
9 % glucose.				Kern.
1 % dextrine.				Meyer.
3 % glucose.	2	0,5	40	Kern.
	12	2,5	95	Matuschek.
				Langbein.

Voici quelques bains donnant toute satisfaction :

	Grammes par litre		
Sulfate de zinc hydraté	240	240	360
Sel ammoniac	15		30
Sulfate d'alumine hydraté	30		
Sulfate de magnésium hydraté		30	
Acétate de soude			15
Acide borique		30	
Glucose			120
Jus de réglisse	1		

La densité du courant doit varier de 1 à 5 ampères par décimètre carré.

Les dépôts de zinc seraient, d'après Langbein (Brevet français 358622), facilités par addition de petites quantités d'urée ou de pyridine.

Le *zincage à forte épaisseur* peut être obtenu, d'après Thomas et Bégaut (Brevet français 486909), avec des bains composés de :

Chlorure de zinc	de 400 à 450 grammes.
Acétate de soude	— 12 à 16 —
Sulfate d'alumine	— 14 à 19 —
Citrate de fer ammoniacal	— 9 à 13 —
Eau	— 565 à 402 —

Dans le même but Waltispurger (Brevet français 523974), emploie un bain composé de :

Chlorure de zinc	300 à 350 grammes
Oxalate de fer	15 à 25 —
Alun de soude	25 à 35 —
Acétate de soude	8 à 10 —
Eau	652 à 580 —

On travaille à forte densité de courant : 4 à 8 ampères par décimètre carré.

Zincage de l'aluminium. — On sait que ce métal est très difficile à métalliser parce qu'exposée à l'air, sa surface se recouvre aussitôt d'une mince pellicule d'oxyde. On préconise la destruction de cette pellicule par un passage rapide dans une solution d'acide chlorhydrique, d'acide fluorhydrique ou de bases alcalines, un rinçage immédiat et le transport immédiat dans le bain de dépôt.

Les fluorures de sodium, potassium ou d'ammonium sont des dissolvants de ladite pellicule ; mais, comme les fluorures de métaux sont fréquemment insolubles, les solutions fluorées ne peuvent pas constituer un bain de galvanisation propre au dépôt de tous métaux. Toutefois, dans les solutions des sels de zinc et notamment celle du sulfate, le précipité que produit tout d'abord une addition de fluorure de sodium ou d'acide fluorhydrique se redissout à la longue, et dans une telle dissolution, on peut, d'après Burgess et Hamburger, obtenir un dépôt adhérent.

Les objets d'aluminium sont décapés par une immersion suffisamment prolongée dans un bain d'acide fluorhydrique étendu, pour que leur surface devienne rugueuse, bonne condition pour l'obtention d'un dépôt adhérent. Les pièces sont ensuite rincées à l'eau courante, puis plongées quelques secondes dans un mélange de 100 parties d'acide sulfurique et 75 parties d'acide nitrique, tous deux concentrés. Rincés de nouveau à l'eau, les objets sont alors blancs, excepté dans le cas d'aluminium impur ou d'alliage d'aluminium ; mais on réussit généralement à faire disparaître à la brosse les IRIS BELLIARD - Université Lille 1

Les objets sont mis alors dans le bain de dépôt contenant du sulfate de zinc dans les proportions usuellement employées. La solution à 15° Baumé est additionnée de 1 p. 100 d'acide fluorhydrique.

On n'est pas obligé de passer en hâte les objets du bain de décapage aux cuves de dépôt puisque dans celles-ci le métal continue à se décaper.

Quand les objets ont été soumis à l'action d'un courant à la densité de 1 à 2 ampères par décimètre carré pendant dix à quinze minutes, on peut les retirer et les sécher. On les recouvre alors d'un dépôt de cuivre ou d'argent dans un bain au cyanure. Si on doit ultérieurement recouvrir les objets d'or, il est bon de les polir avant dorure.

ZINCAGE PAR FUSION (1)

Zincage du fer par le procédé Sorel. — On décape soigneusement le fer dans un acide faible (9 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° B., par exemple, par hectolitre d'eau). Le temps de l'immersion dure de douze à vingt-quatre heures, selon le degré d'oxydation : les moindres parcelles d'oxyde doivent être dissoutes.

On lave et on passe rapidement les pièces dans l'acide chlorhydrique à 15° B. ; on fait ensuite sécher rapidement dans une étuve.

(1) Le zincage du fer par les procédés de fusion, de dépôts électrolytiques, de shérardisation, est décrit avec de nombreux détails pour l'application pratique dans le volume de Bablik, *La Galvanisation*. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

On plonge ensuite les pièces dans un bain de zinc en fusion, recouvert de sel ammoniac à l'endroit de l'immersion, les pièces étant saupoudrées de ce même produit. Une grande partie de sel est volatilisée ; il y a formation à la surface du métal liquide d'une écume noire, fluide, aidant puissamment au décapage et qui est formée de chlorure de zinc, mêlé d'un peu de chlorure de fer, et d'un composé insoluble de zinc et d'ammoniaque. Le temps de l'immersion varie selon l'épaisseur des pièces : des tôles minces seront passées rapidement, on laissera les objets massifs pendant quelques minutes ; en général, on prolonge l'immersion tant qu'il se dégage de la vapeur. La couche de zinc déposée est généralement d'une épaisseur variant entre 7 et 11 millièmes de millimètres.

Pour enlever la couche d'oxyde de zinc formée au sortir du bain sous l'action de la chaleur, on peut plonger la pièce encore très chaude dans l'eau froide. Mais, comme le fer est souvent ainsi rendu cassant, il est préférable, pour débarrasser la surface du métal de son oxyde, de frotter les pièces refroidies dans un mélange de sable et de sciure de bois.

Propriétés du fer zingué par fusion. — Le fer ainsi traité, exposé à l'air, perd bientôt son brillant ; mais le métal terni est parfaitement protégé contre la rouille. Le passage sur un feu ardent enlève la couche de zinc, mais l'alliage zinc-fer sous-jacent résiste très longtemps.

On peut d'ailleurs renforcer la quantité de cet alliage, c'est ainsi que la Midland Mfg. Company (D. R. P., 1922) recommande de faire passer le fil de fer dans le bain de zinc chauffé à 455-510° C. et on l'expose ensuite, pendant une durée ne dépassant pas le triple de celle de l'immersion, à une température de 100-200° C. supérieure à celle du bain de galvanisation. Le zinc s'allie alors et adhère fortement au fer.

Traitement industriel des tôles et articles en fer à galvaniser. — Les bains de zinc sont contenus dans des cuves en tôle d'acier chauffées généralement au gaz de gazogène. On emploie parfois des bains de plomb fondu surmontés d'une couche de zinc là où se fait la sortie des pièces.

On ajoute souvent au zinc de l'aluminium qui, en raison de son affinité pour l'oxygène, désoxyde les bains, l'oxyde formé montant à la surface. On peut ainsi réduire de beaucoup la consommation de zinc, comme le montrent les chiffres suivants résultant d'essais faits par Bablik :

Température des bains (degrés centigrades)	Durée de l'immersion (secondes)	Proportion p. 100 d'aluminium				
		0,08	0,27	0,63	1,3	2,4
420	30	792	500	425	437	631
420	60	899	491	391	587	552
450	30	1.388	552	339	426	534
450	60	1.588	723	366	391	588
500	30	860	453	310	446	—
500	60	1.095	638	322	505	—

Les bains contenaient en outre des petites proportions de plomb (0,6 à 1,8) et de fer (0,03 à 0,8). On voit que la meilleure proportion d'aluminium à employer est 0,5 p. 100.

La surface du bain de métal fondu est garnie d'une couche de « couvert » ou « flux » qui permet de traiter les pièces un peu humides : on employait jadis la colophane, mais on se sert surtout maintenant du sel ammoniac projeté de temps à autre en fine poussière à la surface du métal, ou d'un mélange de chlorure de zinc et de chlorure d'ammonium. Les pièces restent dans le bain de deux à cinq minutes, un nettoyage à la sciure étant éventuellement pratiqué à la sortie, s'il y a des crasses entraînées.

On peut faire des « réserves » en appliquant une couche de mastic à base d'argile délayée dans du silicate de soude : les filetages sont souvent ainsi protégés.

Les tôles et les fils sont presque partout maintenant manipulés avec des machines assurant le transport automatique d'un bac à l'autre, décapages, ringages et métallisation étant ainsi effectués successivement sans autre dépense de main-d'œuvre que celle de surveillance, de réglage et de réparation. Ce genre d'appareillage à très forte production n'est pas que nous sachions construit en France, mais il est facile de se documenter à ce propos en s'adressant aux rares constructeurs spécialistes (1).

(1) Par exemple la Stellawerk A. G. de Berg Gladbach (Westphalie), la Société Ignis de Teplice (Tchécoslovaquie), les Etablissements Malmédic, de Düsseldorf.

ZINGAGE PAR ACTION DES POUDRES

Poudre à métalliser à froid. — Un dépôt de zinc sur objets de fer ou de cuivre peut être obtenu par frottement avec une poudre composée de :

Zinc en poudre	30	grammes
Sulfate d'ammonium	10	—
Magnésium en poudre	2	—
Blanc crayeux	20	—
Talc	5	—

Le mélange est analogue au produit commercial dit « galvanite ».

Procédé à chaud. — Le zingage par « shérardisation » est l'objet d'importantes applications. Les pièces décapées sont placées dans une caisse hermétiquement fermée et remplie de gris de zinc : après une chauffe de durée convenable à 300° environ, l'opération est terminée.

Il est à remarquer que ce procédé est économique en ce sens que, si le gris de zinc ne coûte pas souvent meilleur marché que le zinc en lingots, on évite en tout cas les pertes qui se produisent dans la galvanisation à haute température. Les pièces machinées peuvent être galvanisées immédiatement, car le procédé s'applique directement aux objets enduits de graisse.

Pratiquement, il convient d'éviter la formation d'oxyde de zinc : on y parvient en faisant le vide dans la caisse, ou bien encore en mélangeant

à la poudre 3 p. 100 de charbon finement pulvérisé. Le procédé serait d'ailleurs général et aurait déjà été utilisé à recouvrir le fer d'une couche d'aluminium, d'antimoine ou même de cuivre.

On peut aussi remplacer le gris de zinc par du zinc en poudre (Michel), ou bien une poudre préparée avec du zinc contenant 8 p. 100 de fer (Burgess).

CHAPITRE VIII

MÉTALLISATIONS DIVERSES

Aucun des métaux dont nous étudions le mode de dépôt dans les pages qui suivent n'est très employé usuellement, du moins pour ce genre d'application. Toutefois, les méthodes praticables à cet effet ne sont pas sans intérêt, car tel genre de dépôt tout à fait inusité jusqu'à présent peut avoir les plus belles possibilités d'avenir. Témoin le chromage qui, bien qu'actuellement encore fort peu connu chez nous, vient d'acquérir au cours de ces dernières années une importance considérable dans les ateliers américains comme substitut du nickelage bien supérieur à certains points de vue : si le chrome ne joue pas en effet de rôle anti-rouille — il n'agit en prévenant l'accès d'air humide, — il est en effet d'une telle dureté que la résistance à l'usure des pièces chromées devient excellente.

D'autre part, quand il importe, dans certaines applications spéciales (appareillage d'industries chimiques, par exemple) d'obtenir certaines résistances à la corrosion, on peut avoir intérêt à métalliser avec des métaux généralement inemployés.

DÉPÔTS D'ALUMINIUM

Au trempé. — Faire dissoudre 100 grammes d'acide tartrique dans 10 litres d'eau, ajouter après dissolution complète 100 grammes de chlorure d'aluminium pur sans acide. Après décapage parfait des objets, on les brosse au bicarbonate de soude. On entoure ensuite d'une petite lame de zinc de 5 à 6 millimètres de large, en ayant soin de ne pas trop la serrer. On plonge le tout dans le bain pendant environ cinq minutes. On frotte ensuite à nouveau au bicarbonate de soude et on rince finalement à l'eau. Nous reproduisons la description précédente d'après le volume *Coloration des métaux* par Michel.

Par électrolyse. — On prépare un bain contenant 50 grammes d'alun (sulfate double d'alumine et de potasse) pour 300 grammes d'eau, on ajoute 10 grammes de chlorure d'aluminium; on chauffe à 100° C. et on laisse refroidir. On ajoute ensuite à la solution 40 grammes de cyanure de potassium. L'objet à galvaniser, après avoir été convenablement nettoyé comme pour les procédés de la dorure ou de l'argenture électrique, est suspendu dans ce bain à l'électrode positive, et l'on plonge une plaque d'aluminium comme électrode négative. Le courant doit être assez faible. Après le polissage, le métal déposé prendra un très beau brillant, ne le cédant en rien à celui de l'argent et ayant l'avantage de ne pas noircir aux vapeurs sulfurées.

Pour avoir des dépôts d'aluminium, Weill et

Gentner (Brevet français 523564) recommandent l'emploi d'un électrolyte à base de cyanures composé de :

Eau bouillie	1.000	grammes
Chlorure d'aluminium	20	—
Cyanure de potassium	10	—
Cyanure de zinc	15	—
Sel ammoniac	20	—

Le bain, qui a un aspect laiteux, est employé avec des anodes solubles en aluminium, le courant variant de 1 à 5 volts. L'intensité sera de 5 à 80 ampères selon rapidité souhaitée de l'opération. On peut obtenir des couches assez épaisses sans que le dépôt offre tendance à s'écailler. À noter que les pièces ainsi protégées, si le métal sous-jacent est assez souple, peuvent être pliées sans se rompre, accident qui se produirait si l'on employait l'aluminium massif.

D'autre part, un dépôt électrolytique de l'aluminium à partir du chlorure d'aluminium a été obtenu avantageusement par Tucker et Thomsen. Mais ils l'ont réalisé dans des conditions toutes particulières, puisqu'ils n'ont pu obtenir ce dépôt qu'en faisant tourner la cathode à grande vitesse dans un bain pâteux de chlorure d'aluminium, à 30°-40°. La vitesse angulaire la meilleure est de 15.000 tours par minute ; elle était obtenue avec une turbine à air comprimé. La cathode est formée d'une tige de cuivre de 5 millimètres de diamètre, et l'anode d'une lame d'aluminium de 35 centimètres carrés. L'opération dure, dans ces conditions, cinq à six minutes environ, avec un courant d'intensité 2 à 4 ampères et de tension 15 volts. IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Par vaporisation. — Les pièces à recouvrir sont placées dans un moufle pouvant être chauffé à 1.000°-1.500° C. et recouvertes de glaise ou d'une autre terre argileuse mélangée de chlorure de sodium, de spath et de borax. Dans le moufle même ou dans un autre récipient communiquant avec ce dernier, on produit des vapeurs de chlorure d'aluminium en chauffant ce composé ou un mélange en dégageant ; il convient que ces vapeurs soient diluées dans un gaz inerte, tel par exemple que le mélange obtenu en faisant passer de l'air sur du coke en ignition. Dans ces conditions, non seulement la surface du fer se recouvre d'aluminium, mais il y a imprégnation dans une partie de l'épaisseur.

Par chauffage. — En chauffant le fer, le nickel, le cuivre, etc., avec de l'aluminium pulvérisé, on peut les recouvrir d'une couche protectrice de ce métal. Le fer et l'acier ainsi traités résistent à l'oxydation à toutes les températures inférieures à 1.000° C. Les objets en nickel ou en alliage de fer, nickel et chrome, par exemple, supportent toutes les températures dont on dispose dans les fours.

Pour déposer l'aluminium, on se sert d'un mélange de ce métal avec une matière inerte telle que l'alumine (prévenant la concrétion) et du chlorure d'ammonium qui s'évapore à la température du four et en chasse l'air.

Notons que Meker (Brevet français 560689) a proposé de couvrir d'aluminium le fer et d'autres métaux dans un électrolyte composé de cryo-

lithe additionnée de chlorures alcalins. On peut rattacher à la métallisation par l'aluminium un procédé de production superficielle d'alumine protectrice. Des recherches effectuées au « Department of Scientific and Industrial Research » ont permis de produire sur l'aluminium, et cela sur une échelle semi-industrielle, un dépôt protecteur d'alumine, vitreux, adhérent, très résistant à la corrosion, et qui est encore amélioré lorsqu'on le traite par la lanoline.

Un rapport de Dr G.-D. Bengouh et J.-M. Stuart, qui ont été chargés d'étudier ce problème par le Comité officiel anglais des recherches sur la corrosion, est publié par le Department sus-indiqué et vendu au public à l'Office londonien des publications officielles.

On désigne sous le nom de *calorisation* ce procédé de dépôt d'aluminium qui, découvert par le technicien américain Gilson (U. S. P. 1091057), est employé couramment dans certains pays. Généralement, on opère dans des fours tournants chauffés vers 800° et contenant un mélange de :

Aluminium en grains	49
Alumine	49
Chlorure d'ammonium	2

On traite ainsi le fer et le cuivre, superficiellement recouverts d'un alliage à base d'aluminium qui leur donne une apparence rugueuse et la propriété de bien résister à chaud à l'action oxydante de l'air. Cela limite les applications aux pièces, telles que cassettes à cémenter, brûleurs, mouffles, fils pour résistance électrique.

ANTIMONIAGE

Antimoniage électrolytique. — Les dépôts d'antimoine sont d'un gris ardoise ayant un peu l'apparence du platine. On ne les emploie guère d'ailleurs, en raison du manque d'éclat caractéristique. Les bains au sulfure d'antimoine sont employés bouillants. On se sert d'une électrode en antimoine. Voici les formules données par les principaux auteurs :

	Keignart	Gore	Minet	Brochet	Villa	Hillich
Eau	1.000	350	800	970	1.000	1.000
Sulfure double d'antimoine et de sodium				50		
Oxyde d'antimoine						55
Sulfure d'antimoine pulvé- risé	50					
Sulfate d'antimoine			50			
Oxalate d'antimoine					100	
Carbonate sodique	100			10		
Carbonate de potassium .			100			
Tartre émétique		30				
Phosphate d'ammoniaque .						13
Acide tartrique		30				
— chlorhydrique		45			20	
— fluorhydrique						50

Antimoniage au trempé. — On baigne les pièces de cuivre (et ses alliages) dans le liquide bouillant :

Acide chlorhydrique	2 grammes
Oxychlorure d'antimoine	20 —
Eau	10 litres

Rincer à l'eau chaude en sortant du bain et faire sécher de suite.

DÉPÔTS DE CADMIUM

Propriétés. — Les dépôts de cadmium sur acier protègent bien mieux le métal de l'action des intempéries et de celle de l'eau marine. Un peu moins dur que le zinc, le cadmium peut prendre un beau poli de nuance argent ; s'il y a sulfuration à l'air, le cadmium noircit peu, le sulfure n'étant guère coloré.

Jusqu'à présent toutefois ce genre de métallisation n'a pas été pratiquement employé en grand.

Electrolytes. — Un bain donnant de bons résultats est fait avec :

Cyanure double de potassium et de cadmium	340	grammes
Soude caustique	15 à 25	—
Dextrine	7	—
Eau	4.500	—

On travaille à froid avec un courant de 2 volts, dont la densité est de 1,5 ampère par décimètre carré. On peut, en chauffant les pièces à 200° pendant quelques heures en milieu non oxydant, provoquer un alliage de cadmium au fer, qui, de la sorte, est réfractaire à la formation de rouille. Formule reproduite d'après un travail publié en 1926 dans le *Bulletin of the Electroplater's and Depositor's Society*.

Un autre bain sera préparé de la façon suivante : 32 grammes de chlorure de cadmium du commerce sont dissous dans 500 grammes d'eau et précipité par une disso-

lution de carbonate de soude. Le précipité est séparé, lavé, dissous à chaud dans une solution de 50 grammes de cyanure de potassium et étendu à 1 litre.

On emploie une anode soluble de cadmium ; on chauffe le bain vers 40° C. ; on fait agir un courant électrique de 4 à 5 volts.

Sur fer et acier, les dépôts de cadmium, d'après Gruss et Ghebaudo (Brevet français 488513), peuvent être obtenus avec un électrolyte préparé avec les solutions suivantes :

Verser cette solution :

Chlorure de cadmium	40 grammes
Eau bouillante	400 —

dans celle-ci :

Carbonate de soude	40 grammes
Eau chaude	400 —

Puis ajouter par litre de bain :

Cyanure de potassium	45 grammes
Eau	150 —

et enfin :

Sel marin	5 grammes
Eau	50 —

On se sert du bain tiède (40° C.) avec une densité de courant atteignant environ 6 ampères par décimètre carré.

COBALTAGÉ

Dépôts de cobalt. — Le cobalt présente de grandes analogies avec le nickel et on peut l'employer en place de ce dernier pour avoir à peu près le même résultat en employant les mêmes procédés. On aurait même plus de dureté qu'avec le nickel.

La plupart des bains dont nous donnons ci-après la composition ne sont pourtant pas employés parce que les prix du cobalt sont actuellement prohibitifs :

	Tommasi	Villon	Roseleur	Jons
Eau	1.000	1.000	1.000	1.000
Sulfate de cobalt			30	
Chlorure de cobalt	20	20		70
Sulfate double de cobalt et d'ammonium			60	
Sulfocyanure de potassium ...		10		
Cyanure de potassium	10			
Hyposulfite sodique	100			
Phosphate d'ammoniaque ...				
Tartrate d'ammoniaque			20	
Sulfate d'ammoniaque				33

Les bains précédents sont destinés à l'électrolyse sous chauffage ; celui dont voici la composition d'après Maigne doit être employé à 90° C.

On mélange les deux dissolutions suivantes :

I. Eau	10 litres
Cyanure de potassium	1 kgr.
II. Eau	20 litres
Chlorure de cobalt	2 kgr.

On recueille le précipité sur un filtre et on le dissout dans la solution :

Eau	70 litres
Hypophosphite de sodium	10 kgr.

Dépôts de stellites. — Les stellites sont de très curieux alliages cobaltés à la fois extrêmement durs (1) et d'un inaltérable exceptionnel. Voici d'après le volume de Chaplet, *Tous les alliages*, la composition des stellites types :

Très malléable : 80 p. 100 de cobalt ; 20 p. 100 de chrome ;
 Malléable : 55 p. 100 de cobalt ; 40 p. 100 de chrome ; 3 p. 100 tungstène ;
 Peu malléable : 55 p. 100 de cobalt ; 40 p. 100 de chrome ; 3 p. 100 de tungstène ;
 Stellite II : 55 p. 100 de cobalt ; 35 p. 100 de chlore ; 10 p. 100 de tungstène.

On a dans plusieurs usines américaines protégé par une couche de stellite des appareils qu'on ne pouvait songer à construire entièrement en stellite (dont le prix est très élevé), en se servant d'un chalumeau oxyacétylénique, sur des surfaces de fer ou de cuivre nettoyées au jet de sable. Le métal sous-jacent doit être fortement chauffé au préalable pour éviter la formation de craquelures par suite des inégalités de dilatation. (On doit atteindre le rouge sombre et maintenir cette température pendant l'opération.)

On fond le bâtonnet d'alliage avec une flamme où l'acétylène est en excès, de manière à éviter l'oxydation.

L'application d'une couche de stellite est indiquée sur les pièces métalliques ayant à subir des frottements ou des chocs pendant qu'elles sont à haute température.

(1) La dureté du même ordre que celle de l'acier trempé a l'avantage de résister à toutes températures.

CHROMAGE

Propriétés du chrome. — Encore que Bunsen ait, en 1854, obtenu des dépôts électrolytiques de chrome, ce genre de métallisation ne s'est pratiquement répandu que depuis quelques années. On s'en sert exclusivement dans plusieurs usines américaines à cause des remarquables propriétés du chrome, en particulier la dureté, le chrome étant à peu près aussi dur que l'émeri, ce qui le place au-dessus de tous les métaux. On peut donc chromer toutes les pièces qui doivent résister à l'usure.

Le chrome résiste également très bien à l'action corrodante d'un grand nombre de réactifs chimiques. Les pièces chromées conservent leur brillant même quand on les expose pendant très longtemps à l'action de la pluie, de la neige, de l'eau marine. Les acides usuels ne l'attaquent pas, excepté les acides chlorhydrique, sulfurique et oxalique. Les composés du soufre sont sans action.

Électrolytes. — Les bains proposés jadis donnaient très souvent des dépôts avec piqûres et ne pouvaient avoir qu'une faible épaisseur. Salzer (D. R. P., 1907) obtient des dépôts épais de chrome avec un électrolyte à base de chromate d'oxyde de chrome $\text{Cr}^2\text{O}^3(\text{CrO}^3)^3$ préparé avec :

Acide chromique	4 kgr.
Oxyde de chrome	30 kgr.

On doit avoir du courant à 3-6 volts avec de 2-5 ampères par décimètre carré.

Pour que les dépôts électrolytiques de chrome ne s'écaillent pas, il faut, selon Krupp (Brevet français 558108), remplir simultanément les conditions suivantes :

- a) Présence d'acide (CrH^2O^4) ou d'anhydride (CrO^3) chromiques ;
- b) Présence d'un sel trivalent de chrome, par exemple $(\text{SO}^4)^3 \text{Cr}^2$;
- c) Présence d'un chromichromate.

On emploiera par exemple un bain composé de :

Anhydride chromique	25 kgr.
Sulfate chromique	2 à 5 kgr.
Acide sulfurique	2 à 5 kgr.
Oxyde chromique	2 à 5 kgr.
Eau	100 litres

A la température ordinaire, avec des anodes en peroxyde de plomb, il faut un courant de 10 ampères par décimètre carré de surface cathodique.

Le chromage des clichés est fait au *Bureau of Engraving* fédéral de Washington avec un bain, composé de :

Acide chromique CrO^3	250 grammes
Sulfate chromique $(\text{SO}^4) \text{Cr}^2$	3 —
Carbonate chromique $(\text{CO}^3)^2 \text{Cr}^2$	7 —
Eau	1 litre

On emploie le bain à la température ordinaire avec une densité de courant variant de 8 à 10 ampères par décimètre carré.

Pour l'obtention de dépôts de chrome sur des surfaces en fer, acier ou nickel, par voie électrolytique, on a préconisé un procédé consistant à faire jouer à ces surfaces, à l'issue de l'après.

1^o Anode en un bain convenable, qui est rendue cathode ensuite dans un bain de chrome au cours duquel se dépose une couche de ce métal ;

2^o Cathode dans un bain de nettoyage, puis, temporairement, anode dans un bain électrolytique — avec renversements éventuels, afin d'en faire momentanément une cathode — ensuite, dans un bain de placage au chrome (Brevet français 620838).

Conduite de l'électrolyse. — La température du bain, d'après Killefer (*Industrial and Engineering Chemistry*, 1927) influe beaucoup sur la qualité du dépôt. On doit opérer au moins à 40° C. La densité de courant varie, selon les opérateurs, de 1,4 à 20 ampères par décimètre carré.

Les dépôts doivent être faits sur surfaces polies, à cause des difficultés de polissage ultérieur, le chrome résistant à la plupart des abrasifs (1).

On peut améliorer finalement l'adhérence des enduits de chrome par la méthode Harden-Tillquist (E. P., 1925). Le métal recouvert par électrolyse d'un enduit de chrome est chauffé dans une atmosphère non oxydante à une température ne dépassant pas 1.200° C., on refroidit le métal à 500° C., à l'abri de l'air et on le lamine, comprime ou soumet à tout autre traitement mécanique, afin d'allier l'enduit au métal sous-jacent.

(1) Cf. pour l'étude approfondie du chromage la monographie complète formant le Bulletin n° 8 du *Department of Engineering Research of the University of Michigan* (in-8°, Madison, 1927).

Applications. — On chrome directement sur acier les soupapes d'auto, mais il est préférable de nickeler au préalable le fer et l'acier avant de les chromer. On chrome les miroirs de réflecteurs pour phares d'auto, les robinetteries pour salles de bain, les coussinets qu'on peut dès lors ne plus graisser, les pièces de machines refusées à la vérification parce qu'elles sont un peu trop petites, les rouleaux à laminer le verre fondu, les clichés de billets de banque et autres dont il importe de conserver à l'usage toute la finesse, de nombreux appareils pour l'industrie chimique.

Une des applications les plus généralisées dans les ateliers américains est le dépôt d'une couche épaisse de 0,005 millimètre sur les calibres de précision dont on rend de la sorte les surfaces de mesure bien plus résistantes à l'usure par frottement.

FERRAGE. ACIÉRAGE

Acierage des clichés. — Bien qu'on puisse déposer chimiquement du fer, on ne se sert pour le ferrage que de procédés électrolytiques, d'ailleurs assez peu répandus. On ne dépose guère de fer, en effet, que pour « aciérer » les planches de cuivre gravées en vue de l'impression. Alors qu'on ne peut guère tirer que quelques centaines de belles épreuves avec une planche non aciérée, l'aciérage permet d'obtenir plusieurs milliers de copies.

On électrolyse à froid, avec des tôles de fer très doux comme anodes. Ce dépôt devant être effectué très lentement, avec des bains à base de chlorure ou de sulfate (voir p. 138).

BAINS POUR « ACIÉRAGE » DES CLICHÉS CUIVRE

	Bouant	Villon	Tommasi	Roseleur	Capille
Eau	80	100	100	200	200
Fer (1)	20				
Fluosilicate ferreux		20			
Sulfate ferro-ammoniacal ..			10		24
Sulfate ferreux				5	24
Acide chlorhydrique	80				
Sulfate de soude			10		
Fluosilicate de magnésie ..		5			
Sel ammoniac	20			10	
Fluosilicate d'ammoniaque ..		20			
Glycérine	5				
Sulfate de magnésium.....					1

(1) Après dissolution du fer dans l'acide, ajouter la solution saline, puis la glycérine.

Si la planche fut aciérée précédemment et n'est rouge que par endroits par suite de l'usure du tirage, on enlève le fer dans un bain d'acide nitrique à 3^o B. puis, on acièrè avec un bain composé, par litre, de :

Clous (pointes de Paris)	30 grammes
Acide chlorhydrique	90 —
Chlorure d'ammonium	150 —
Eau	Q. S.

Ajouter le sel au métal dissous dans l'acide, mettre dans des cuves plates étroites et hautes pour diminuer l'action oxydante de l'air. La densité du courant doit être très faible (0,05 à 0,1 ampère par décimètre carré). L'opération dure de une à trois heures.

Les bains de ferrage usuels s'altèrent à l'air : pour rendre l'électrolyte inaltérable, Thomas et Bégaut (Brevet français 486908) recommandent l'emploi d'une solution aqueuse de citrate de fer ammoniacal de densité variant entre des limites assez étendues (4 à 20° B.), la densité de courant à la température ordinaire variant de 0,3 à 0,5 ampère par décimètre carré de surface cathodique.

Dépôts noirâtres. — On pratique cet « acié-
rage » pour donner aux pièces une sorte de patine du genre dit « oxydé ». Pour préparer le bain, faire disparaître dans 50 litres d'acide chlorhydrique du commerce, le plus possible de paille de fer; on reconnaît que le liquide est à saturation quand un dépôt se forme au fond et qu'on ne peut plus le faire dissoudre.

On ajoute alors 1 kilogramme d'acide arsénieux et on agite vivement. Le bain n'est constitué qu'autant que ce dernier sel, qui se dissout lentement, l'est complètement; on obtient ensuite une teinte d'autant plus noire qu'on aura pu ajouter plus d'acide arsénieux.

Les pièces sont disposées au pôle négatif de la pile et on se sert comme anode de vieilles limes et de plaques de charbon de cornue. Les objets en cuivre, jaune ou rouge, se noircissent directement mais ceux en fer seraient attaqués par le bain; il est dès lors nécessaire de les nickeler préalablement. On obtient alors un dépôt brillant que, dans ce cas, on désigne sous le nom de nickel noir. Le dépôt de fer, pour se conserver, doit être recouvert d'un

Ferrage du laiton. — On fait dissoudre environ 600 grammes sulfate ferreux dans 5 litres d'eau ; on ajoute 2 kgr. 400 carbonate de soude dissous également dans 5 litres d'eau ; on laisse reposer, on décante et on dissout le précipité de carbonate de fer dans une quantité d'acide sulfurique juste suffisante pour clarifier la liqueur ; on étend ensuite à 20 litres avec de l'eau distillée.

La dissolution qui sert comme électrolyte doit être très légèrement acide ; il faut employer une anode en fer pur.

Aciérage du zinc au trempé. — Le procédé consiste à plonger les objets de zinc à aciérer dans une solution très étendue de chlorure double de fer et d'ammoniaque, additionnée de glycérine. Le chlorure double de fer et d'ammoniaque s'obtient en dissolvant 300 grammes de sel ammoniac et 200 grammes de sulfate de fer dans 600 grammes d'eau bouillante. On évapore à siccité ; on ajoute 100 grammes de glycérine ; on chauffe de nouveau et on ajoute assez d'eau pour former environ 2 litres.

Le bain se compose de 10 litres d'eau et de 1 litre de chlorure double. On y plonge les objets à froid et on augmente peu à peu la température jusqu'à l'ébullition. Au fur et à mesure que le zinc se recouvre de fer, on ajoute peu à peu du chlorure préparé.

Comme dans presque tous les procédés au trempé, la couche est mince et relativement assez peu adhérente.

PALLADIAGE

Palladiage électrolytique. — Le palladium est un des métaux de la même nature que le platine et le prix très élevé des métaux de ce groupe rend presque impossible leur usage en métallisation électrolytique. On employa le palladium pour protéger les rouages d'horlogerie : le dépôt blanc obtenu par palladiage se ternit d'ailleurs assez vite à l'air.

Voici, d'après divers auteurs, les formules de préparation des bains de palladiage, les chiffres indiquant des grammes, pour une quantité d'eau égale à 1 litre.

AUTEURS :	Fontaine	Wahl	Pillet	Roseleur	Villon		Bulle		Maigne	
Chlorure de palladium	5	0,5	5	5	5				5	5
Hydrate de palladium					15		5	6		
Phosphate de soude ..	150		250	100		100				
Phosphate d'ammoniac		74	50	20			100		50	75
Sel ammoniac	20					20				
Cyanure de potassium										50
Borax	10					10				50
Acide benzoïque ...			2							2
Acide tartrique					50					
Tartrate d'ammoniac							100			
Citrate d'ammoniac									50	
Sulfite d'ammoniac									100	
Ammoniac					5					

(1) Préparé par addition d'ammoniac à la solution aqueuse du chlorure, puis filtration et lavages à l'eau.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Palladiage au trempé. — Les solutions aqueuses de chlorure de palladium, légèrement acidulées par l'acide chlorhydrique, donnent sur cuivre des dépôts de palladium : toutefois les dépôts ainsi réalisés sont noirâtres et on ne peut guère les polir à la sanguine, de sorte qu'il s'agit plutôt d'une sorte de patine du type « oxydé ».

PLATINAGE

Platinage au trempé. — Il suffit de plonger des objets de cuivre bien décapés dans une simple solution de bichlorure de platine pour que le métal précieux se dépose à la surface du cuivre. Toutefois, le dépôt très mince et assez adhérent produit de la sorte est noirâtre, et l'on ne peut lui donner l'éclat métallique. Aussi ce genre de platinage n'est-il guère en fait employé que pour produire des patines du genre dit oxydé. Aussi ne nous occupons-nous pas du traitement, au sujet duquel on pourra si, besoin est, consulter le volume de Michel, *Coloration des métaux* (in-12, Paris, 1927), où l'on trouvera de nombreuses formules de bains.

Nous donnons seulement, à titre d'exemple, la formule Roseleur :

Bichlorure de platine.....	10	grammes
Soude caustique	120	—
Eau distillée	1.000	—

On platine par immersion dans le bain porté à l'ébullition.

Platinage électrolytique. — Les bains de platinage peuvent être composés selon d'assez nombreuses formules. Tous sont assez altérables : le contact du fer, du zinc, du plomb ou de l'étain provoque leur décomposition. Pour obtenir des dépôts épais, on emploiera de préférence la formule Roseleur, avec un courant de 1,5 ampères par décimètre carré de surface cathodique, le bain étant chauffé.

FORMULES SIMPLES POUR BAINS DE PLATINAGE

(Les chiffres indiquent des grammes pour un litre d'eau)

AUTEURS :	Tommasi	Smith	Wahl	Graffigny	Michel
Bichlorure de platine	10	7	6	10	10
Sulfocyanure de potassium .	10				
Potasse caustique			50		
Borax		20			
Carbonate de soude cristallisé				400	
Sel marin					300

FORMULES COMPLEXES

POUR BAINS DE PLATINAGE ÉLECTROLYTIQUE

AUTEURS :	Brochet	Tomson	Mathey	Maigne	Villon	Roseleur
Bichlorure de platine . .	8	10	7	20	14	5
Carbonate de soude . . .				160		
Phosphate de soude . . .	250	150			275	250
Borate de soude						5
Chlorure de soude . . .			2	20		10
Phosph. d'ammonium .	50				56	50
Chlorure d'ammonium .		150		160	5	
Iodure de potassium . .			20		14	
Eau	820	1.000	2.000	1.500	2.500	1.000

PLOMBAGE

Par fusion. — Le fer doit être bien décapé. On mélange de la limaille de plomb avec la moitié de son poids de chlorure de zinc ou de chlorure d'ammonium, et en forme une pâte avec de l'eau ou de l'alcool ; étendre celle-ci sur le métal et le chauffer jusqu'à ce que le plomb fonde ; le fer sera couvert d'une couche de plomb très adhérente.

Par électrolyse. — De minces dépôts de plomb sur fonte peuvent, d'après Blum, être obtenus avec le bain :

Carbonate basique de plomb ...	129 gr.	par litre
Acide fluorhydrique à 5 p. 100 .	240 gr.	—
Acide borique	106 gr.	—
Colle	0,2	—

Pour les dépôts épais, on emploie une concentration double et on supprime la colle.

Dans le premier cas, prendre un courant de 3 ampères par décimètre carré ; dans le second, un courant de 1 ampère suffit, le bain étant en tout cas, à la température ordinaire.

Watts (*Transactions of the American Electrochemical Society*, 1919) appela l'attention sur la présence de très nombreux petits trous dans les couches de plomb déposées électrolytiquement en bains fluosilicatés. Cela est causé par un dégagement de très petites bulles d'air, et cela peut être facilement prévenu en chauffant le bain avant de l'employer lorsqu'il est resté longtemps inutilisé.

On a plombé, pendant la guerre, des intérieurs d'obus destinés au remplissage de mixtures lacrymogènes. On plombe surtout maintenant des récipients en fonte ou en tôle d'acier destinés à l'emploi, dans les usines, de produits chimiques.

Les dépôts de plomb donnés par les bains alcalins à l'acétate sont cristallins, mais on peut obvier à cet inconvénient en ajoutant au bain des petites doses de matières organiques diverses. Mathers (*American Electroplater's Society Bulletin*, 1920) obtient de bons résultats avec un bain composé selon la formule :

Soude caustique	200 grammes
Acétate de plomb cristallisé	73 —
Sandaraque	5 —
Eau	1.000 —

On peut substituer à la sandaraque l'huile d'amandes douces, l'acide oléique, le benjoin, le baume du Canada, la gomme-laque, la résine. On opère à 85° C. avec 1,7 ampère par décimètre carré.

CHAPITRE IX

MÉTALLISATION PAR LES VAPEURS, POUDRES, GOUTTELETTES

La métallisation par les *vapeurs* n'est pas employée pratiquement, mais elle fit l'objet de recherches intéressantes : un procédé fut imaginé par le célèbre Edison qui le désigna sous le nom de « électro-vacuose ». La méthode consiste à exposer l'objet à métalliser, dans une atmosphère raréfiée, à l'action des vapeurs d'un métal volatilisé par la chaleur de l'arc électrique. Une lame de verre ou un vase de verre se recouvre, dans ces conditions, d'une pellicule métallique brillante et très résistante, comme si elle avait été obtenue par la réduction de composés métalliques.

La métallisation par les *poudres* n'est guère employée que pour l'aluminiage et pour le zincage, par « shérardisation » : nous nous en occupons dans les chapitres consacrés à ces spécialités.

Enfin, la métallisation par les *gouttelettes* projetées avec force, tandis que, venant d'être fondues, elles sont encore très chaudes, est, depuis l'invention de Schoop, assez employée avec bon nombre

Les appareils Schoop. — Nous en reproduisons la description d'après une étude de M. Marchand, publiée dans le périodique *La Science et la Vie*, en 1923.

C'est en remarquant un jour les traces laissées sur le mur de son jardin par les balles de plomb tirées avec une carabine, que M. Schoop eut l'idée de recouvrir une surface par pulvérisation de métal. D'abord, il projeta, au moyen d'un appareil analogue à un petit canon, une certaine quantité de gros grains de plomb. Puis il imagina d'utiliser une sorte de vaporisateur pour projeter le plomb fondu. Mais ce métal est très lourd, et, malgré la forte aspiration produite, M. Schoop ne put réussir à le faire monter dans le tube. Il employa alors le procédé inverse et retourna le vase. Le plomb descendit par son propre poids jusqu'au vaporisateur. Le brouillard métallique formé se fixait très bien sur une paroi de métal d'abord bien décapée.

Un appareil utilisant les poussières métalliques fut ensuite créé. Celles-ci, refoulées par de l'air comprimé, passaient, avant d'être projetées, devant un chalumeau à gaz qui fondait le métal. Quoique transportable, ce dispositif présente l'inconvénient grave d'utiliser le métal sous forme de poussières. Celles-ci sont, en effet, obtenues par laminage de feuilles très minces, superposées et battues après addition de graisse. La matière grasse brûle et le dépôt de charbon formé sur les fines particules les empêche d'adhérer. Si les poussières sont préparées à chaud, elles sont généralement recouvertes d'oxydes.

En 1914, l'appareil imaginé par M. Schoop présentait déjà la forme générale qu'il a conservée. C'était une sorte de pistolet dans lequel le fil métallique, entraîné au moyen d'une turbine mise en mouvement par la simple détente de l'air, pas-

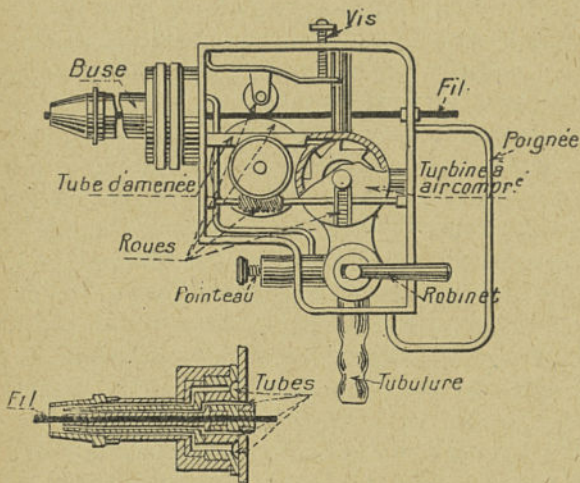


Fig. 18. — Coupe du pistolet Schoop.

sait à travers l'axe central de la buse d'un chalumeau. La chaleur engendrée par ce dernier fondait le métal que le courant d'air entraînait avec force. Voici (fig. 18) une coupe de ce pistolet qui en fait bien comprendre le fonctionnement. Une petite turbine à air comprimé, alimentée par la tubulure qu'un robinet permet de régler, actionne par l'intermédiaire de roues hélicoïdales un système de deux roues de transport, dont la rotation entraîne

le fil ou le bâton au travers d'une buse. La pression nécessaire à l'avancement du fil est réglée au moyen de la vis supérieure. La tubulure inférieure amène l'air comprimé sortant de la turbine dans les tubes, qui le dirigent à l'extrémité de la tuyère, où la pression projette le métal fondu par le chalumeau alimenté en oxygène et en hydrogène. Un pointeau sert à régler le débit du chalumeau.

Comme pour toutes les inventions, ce sont les solutions les moins simples qui se présentèrent les premières à l'esprit, puis des recherches et des essais ultérieurs permirent de simplifier les organes des appareils construits. Les modifications subies par le pistolet Schoop n'ont fait que le simplifier.

Le chalumeau était tout d'abord alimenté par un mélange d'oxygène et d'hydrogène. Mais le coût élevé de ces deux gaz fit qu'on ne les conserva que dans les industries où la combustion oxhydrique était déjà normalement utilisée. Par exemple, dans les usines où l'on produit de l'hydrogène et dans lesquelles on a installé des postes de soudure autogène. L'inventeur étudia alors un pistolet pouvant utiliser la chaleur produite par l'arc électrique pour la fusion des métaux. Il construisit l'instrument représenté schématiquement ci-contre (fig. 19) dans lequel on utilise l'arc éclatant entre deux fils du métal à déposer. Ces fils sont entraînés au fur et à mesure de leur fusion par des roulettes et le métal fondu est projeté par l'air comprimé arrivant par l'ajutage central. Ce procédé a permis, grâce à la très haute température de l'arc, de fondre des métaux très réfractaires,

comme le tungstène et le molybdène, mais n'est pas devenu industriel.

Enfin, l'emploi du chalumeau oxyacétylénique fut essayé avec succès après une légère modification de la buse des pistolets qui entraînait à

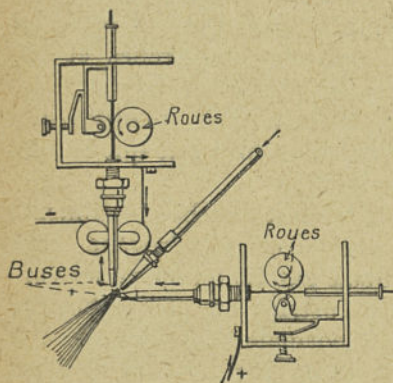


Fig. 19. — Schéma de l'appareil électrique de métallisation Schoop.

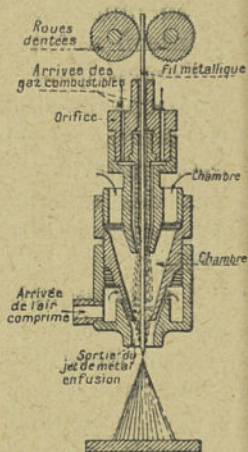


Fig. 20. — Coupe schématique de l'appareil à acétylène.

une trop grande dépense d'acétylène. Il résulta de l'emploi de l'acétylène une économie sensible et un approvisionnement plus facile. En outre, la flamme du chalumeau étant plus réductrice que dans le cas du chalumeau oxhydrique, les pertes de métal furent diminuées et on put travailler dans certains cas sans masque protecteur. On peut aussi

un mélange de gaz d'éclairage à une certaine pression et d'oxygène.

Grâce à un chalumeau spécial représenté ci-contre (fig. 20), on peut même se servir de gaz d'éclairage et d'acétylène, en remplaçant l'oxygène par de l'air comprimé. On conçoit facilement quelle économie ce chalumeau permet de réaliser dans les ateliers de métallisation, toujours situés dans des villes où se trouve une usine à gaz. Dans cet appareil, le fil métallique est entraîné par les deux roues dentées et passe au milieu de la buse. Les gaz combustibles (gaz d'éclairage, acétylène), arrivent par un orifice annulaire dans le sens des flèches. Le mélange combustible passe entre les buses et sort en produisant, à cause de sa pression, un vide dans l'espace annulaire : l'air nécessaire à la combustion est aspiré. L'air comprimé nécessaire à la projection du métal fondu arrive par l'ouverture et le métal, réduit en fines particules, sort par l'extrémité inférieure. Grâce à ce chalumeau, le rendement thermique du pistolet est élevé de 40 à 50 pour cent.

Préparation des pièces. — Nous avons dit que la projection métallique devait être effectuée sur un métal complètement nettoyé.

La métallisation par trempage ou électrolyse est précédée d'un décapage aux acides, mais cette opération exige de grandes installations, un lavage et un séchage absolus, difficiles à réaliser parfaitement. Dans le cas de la métallisation par projection, on utilise le jet de sable envoyé avec force par de l'air

tifs. L'ouvrier doit travailler dans une salle séparée par une cloison de verre des objets à décaper. Pour les objets de petites dimensions, on utilise un tambour percé de trous. Les objets roulent sur eux-mêmes pendant le mouvement du tambour et deux jets d'air, entraînant le sable, arrivent sur eux. Le tambour est, naturellement, enfermé dans une salle close. On emploie du sable à grains réguliers et à arêtes vives de préférence à celui des rivières à grains roulés. Le contrôle de ce décapage est facile. En effet, partout où il n'est pas parfait, le métal peut être détaché d'un coup d'ongle. En outre, fait dans de bonnes conditions, il n'abîme pas les arêtes vives des objets que l'on désire métalliser.

Action des gouttelettes. — Il peut être intéressant de savoir quelle est la composition et la nature du métal projeté. Les fines particules, refroidies par la détente, forment un brouillard qui adhère très fortement à la surface à métalliser. Le métal projeté se trouve à une température assez basse pour qu'il soit possible de le projeter sur les objets les plus délicats sans crainte de les détériorer. On peut même le recevoir sur la main sans être brûlé. Les métaux, oxydés par la chaleur, forment des dépôts poreux, particularité souvent avantageuse. On a fait l'expérience suivante : une plaque de fer métallisée au zinc est plongée dans l'eau de mer. Celle-ci traverse la couche de zinc à cause de cette porosité et, par suite de l'action du couple fer-zinc sur l'eau de mer, il se produit un dégagement assez important.

Il se forme alors un oxychlorure de zinc qui bouche complètement les pores du dépôt et celui-ci oppose une barrière infranchissable à l'eau de mer. Cette expérience explique pourquoi la métallisation au zinc est si efficace contre l'oxydation du fer, car, avec l'humidité de l'air et l'acide carbonique qu'il contient, il se forme un hydrocarbonate qui se loge dans les pores du dépôt.

Postes de métallisation. — Un poste de métallisation comprendra essentiellement : un compresseur pour comprimer l'air à une pression de 3 kgr. 5 par centimètre carré, une sableuse à surpression pour le décapage, des récipients d'hydrogène ou d'acétylène, suivant la nature du chalumeau employé, enfin, un pistolet Schoop, un matériel de polissage et de brunissage.

On voit immédiatement que, grâce à l'emploi de groupes compresseurs mobiles, les appareils de métallisation peuvent être transportés au lieu même d'utilisation et permettre des applications qui n'auraient pu être envisagées par d'autres méthodes.

L'installation des ateliers varie, d'ailleurs, suivant les conditions locales.

Applications. — Les applications de la métallisation sont excessivement nombreuses et nous ne pouvons ici en donner qu'un rapide aperçu.

Dans la chaudronnerie et la tôlerie, il est souvent nécessaire, en effet, de protéger les pièces contre l'oxydation et l'on emploie alors des tôles galvanisées au zinc ou étainées. Quand les appa-

reils sont destinés à l'industrie chimique, on a recours à des revêtements de plomb ; pour les cuves de brasseries, on utilise souvent des tôles d'aluminium. Mais, après montage des appareils, notamment après les rivures nécessaires, la couche protectrice a disparu en certains points et il n'est plus possible de la remplacer par les méthodes ordinaires. Avec la métallisation par projection on peut refaire sur place les plaques de métal qui se sont détachées. A noter que les tôles zinguées par pulvérisation résistent mieux au pliage que celles zinguées électrolytiquement.

L'industrie de la construction des charpentes métalliques utilise également ce procédé. Jusqu'à présent, les constructeurs, avant d'expédier les charpentes, se contentaient de les enduire d'une couche de minium. Certes, cette protection est efficace, mais il est souvent difficile de refaire la peinture, à cause de la destination du matériel. Les pylônes de transport de force, par exemple, ou les charpentes d'une grande gare de chemin de fer demandent, pour être repeints, un matériel important, et le prix de revient d'une couche de peinture est très élevé.

Dans l'industrie automobile, on peut effectuer des réparations aux carters et aux pièces en aluminium. Les parties métalliques des carrosseries sont recouvertes de zinc ; enfin les accessoires peuvent être nickelés.

Une application très intéressante et toute nouvelle des procédés Schoop consiste dans la métallisation des éléments de chaudières de locomotives pour les protéger contre les corrosions. Ces élé-

ments ont, en effet, à souffrir des dégradations, d'ordre mécanique, provenant du travail de la tôle ou des refroidissements brusques du foyer à l'arrêt de la machine et des dégradations, d'ordre chimique, provenant des eaux employées. On peut protéger les chaudières par un dépôt de zinc et les foyers par une mince couche d'aluminium. Ce métal, très oxydable à l'état pulvérulent, l'est très peu à l'état compact, et il n'est alors attaqué que très superficiellement. Le rivetage des diverses parties du foyer oblige à employer une méthode applicable après montage : c'est pourquoi le procédé Schoop a été adopté.

CHAPITRE X

APPRÊTS TERMINAUX

Beaucoup de procédés de métallisation donnent une couche mate qui doit subir un brillantage pour que le métal déposé paraisse dans tout son éclat. Aussi la plupart des pièces métallisées subissent-elles un *brunissage*, un *polissage* avant de quitter l'atelier. Quand il s'agit de métaux ternissant à l'air, ou de revêtements extrêmement minces qu'il importe de protéger, on procède même au *vernissage*, mais cela sort un peu de la spécialité des doreurs, argenteurs et nickeleurs.

Les apprêts terminaux consistent parfois en un simple *séchage* : les pièces sont traitées par la sciure de bois, placée dans un récipient plat et chauffée ; de temps en temps on remue la sciure avec la main ; le chauffage a quelquefois lieu au moyen de serpentins à vapeur. Mais, à moins d'un mélange très fréquent, la vapeur dégagée ne peut se dégager que difficilement des amas de sciure, ce qui se traduit par un séchage imparfait et par des marques d'eau sur les objets. D'autre part, l'encombrement est considérable et les résultats sont assez peu satisfaisants.

On a remplacé, dans beaucoup de cas, ce système par celui du tonneau à vapeur ; il consiste en deux tonneaux concentriques, de la vapeur circulant entre les deux parois ; la vapeur condensée est évacuée automatiquement, et l'appareil peut osciller. Le séchage se fait en quelques minutes. Les articles qui en sortent sont parfaitement secs et polis ; quant à la sciure, elle est prête à servir pour une autre opération ; le rendement est six fois meilleur qu'avec l'ancien procédé.

BRUNISSAGE

Principe du procédé. — Tandis que dans le polissage, on fait agir des abrasifs qui arrachent les aspérités microscopiques de la surface à briller, dans le brunissage, on écrase simplement ces mêmes aspérités en appuyant avec une matière très dure. Il ne s'agit donc nullement de donner une nuance brune au métal.

Les brunissoirs sont des sortes de lissoirs composés de manches portant à l'extrémité une partie très dure et très polie en acier, en agate ou en sanguine, sorte d'oxyde de fer naturel concrété en masses denses. Il existe de très nombreuses formes de brunissoirs et chaque praticien doit en posséder un complet assortiment, de manière à pouvoir traiter les surfaces de tous genres. Les surfaces actives des brunissoirs sont polies de temps en temps par frottement sur une peau enduite de colcothar ou de terre pourrie.

Brunissage du doré et de l'argenté. — On ne brunit généralement que les dépôts de métaux précieux.

Le brunissage, écrit Maigne, se fait généralement en deux temps. On *ébauche* avec des brunissoirs, appelés *trancheurs*, qui ont une arête presque vive, et l'on *finit* avec d'autres brunissoirs, nommés *lisseurs*, qui, au contraire, sont bien arrondis. On promène fortement ces outils sur les parties qu'on veut rendre brillantes, en ayant soin de croiser les coups pour ne pas avoir d'ondulations. De plus, afin qu'ils glissent mieux, on les trempe souvent, soit dans de l'eau de savon, soit dans une décoction de racine de guimauve ou de graine de lin. Toutefois, quand on opère sur une dorure mate, obtenue au moyen d'un dépôt préalable de cuivre, il convient de supprimer tous ces liquides et de mouiller simplement avec la salive ; sans cette précaution, on n'aurait qu'un bruni rougeâtre de mauvais aspect.

Quand un objet est bruni, on l'essuie avec un linge fin très usé. Le papier de soie et la sciure de bois, qu'on emploie quelquefois pour le même but, doivent être rejetés parce qu'ils ont l'inconvénient de rayer la dorure.

On effectue maintenant le brunissage des petites pièces dans des tonneaux tournants Abbott remplis à moitié de petites billes d'acier qui, en roulant à la surface des objets à polir, produisent le même effet que le brunissoir, avec une dépense de main-d'œuvre extrêmement réduite.

POLISSAGE

Sassage. — Le sassage consiste à remuer vivement les pièces à polir placées dans une sorte de poche allongée de manière qu'ils frottent les uns

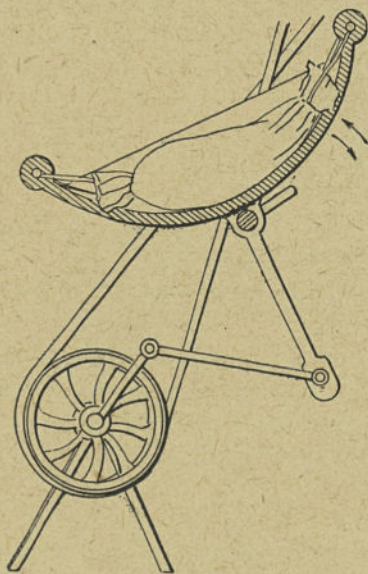


Fig. 21. — Sasseur mécanique.

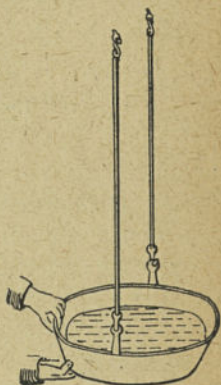


Fig. 22. — Baquet à sasser.

sur les autres ; le plus souvent intervient une matière pulvérulente qui englobe les pièces, adoucit les heurts, exerce elle-même une action polissante.

On peut sasser à la main, mais il est très simple d'imprimer un mouvement continu à l'atelier où l'on

dispose de force motrice un sasseur mécanique (fig. 21). Dans les petits ateliers, on pratique également le baquetage (fig. 22).

On sasse dans l'eau vinaigrée les petites pièces dorées, dans la sciure ou le son humide, les petites pièces nickelées. On peut aussi sasser au sable pour le décapage.

Le polissage au tonneau, dans un récipient cylindrique ou prismatique (fig. 23) tournant lentement

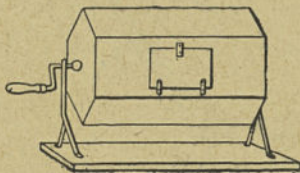


Fig. 23. — Tonneau à polir.

autour d'un axe peut être considérée comme une forme perfectionnée du sassage. En employant des récipients contenant un grand nombre de sphères d'acier on obtient, nous le savons, un véritable brunnissage.

Meulage. — L'emploi de meules tournant à grande vitesse et composées de disques en feutre, ou en cuir (buffle, morse) que l'on garnit de poudre abrasive, permet d'obtenir rapidement un très beau poli, souvent terminé sur une meule souple, formée de simples disques en drap ou en cotonnade : la meule n'acquiert qu'à grande vitesse sa forme cylindrique et l'on peut enfoncer à sa surface les pièces à polir.

On peut rattacher aux meules de cuir les courroies à polir, parfois montées sur le même bâti que la meule (fig. 24) et qui servent pour les pièces à surface connexe : les courroies sont en cuir ou en tissu recouvert de poudre d'émeri.

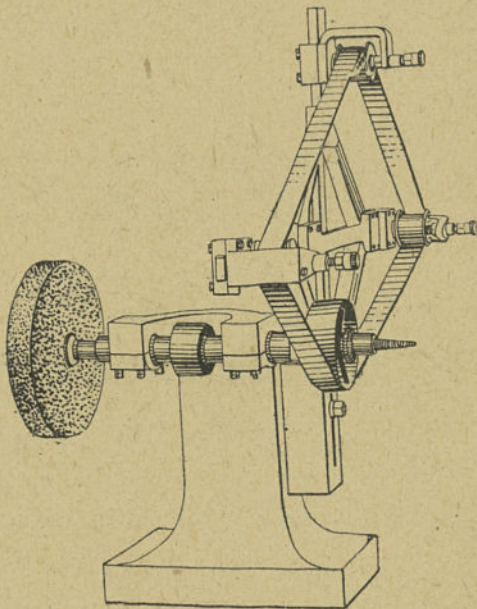


Fig. 24. — Meule et courroie à polir montées sur un même bâti.

Ce sont également des sortes de meules que les brosses circulaires en soies de sanglier, en tampico, en coton, en laine ou en soie servant au finissage des pièces soignées.

Nous empruntons à M. Loubat la méthode convenant à l'usage des courroies de buffle.

On prend une bande de buffle d'une largeur légèrement supérieure à l'épaisseur de la meule à garnir ; à l'aide d'un pinceau, on étend de la colle forte sur la circonférence de la meule et l'extrémité de la bande ; on applique cette extrémité sur la meule et on l'y fixe à l'aide d'un ou de deux clous ; on recouvre ensuite de colle le reste de la bande et on l'applique contre la meule, en tirant

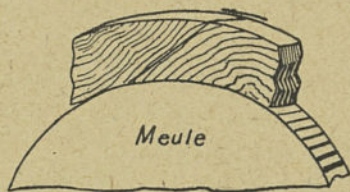


Fig. 25. — Garnissage d'une meule avec une bande de cuir : jonction des extrémités de la bande.

de façon qu'elle adhère bien partout ; on fixe à l'aide de clous la deuxième extrémité de la bande contre la première, sans laisser de vide, et on laisse en repos dans un endroit sec.

Lorsque la colle est bien sèche, au bout d'un ou de deux jours, on retire les clous et on tourne le disque en bois ainsi recouvert de buffle jusqu'à ce qu'il tourne absolument rond ; il faut avoir soin de le faire tourner dans le sens indiqué par la flèche (fig. 25), car si on le faisait tourner en sens inverse l'outil pourrait accrocher la bande de buffle et la soulever ; il faudrait alors la coller à nouveau.

Il faut aussi que ces disques soient bien équilibrés ; et si, une fois tournés, le centre de gravité ne correspond pas exactement avec le centre du disque, il faut y remédier en clouant un contre-poids sur la partie trop légère. Faute d'observer cette précaution, on pourrait avoir des accidents très dangereux lorsque les meules tournent à très grande vitesse.

Quant aux meules en disques de cuir, dites « buffles-chiffons », il est assez facile de les confectionner avec plusieurs rondelles de buffle, autant que possible du même diamètre ; on les colle ensemble à la colle forte en superposant les disques jusqu'à ce que le disque soit de l'épaisseur voulue et uniforme. Cette épaisseur varie suivant les cas entre 2 et 5 centimètres.

On perce bien au centre et, comme il est très rare que toutes les rondelles aient exactement le même diamètre ou que l'ouvrier les ait bien collées exactement l'une sur l'autre, il est nécessaire de faire tourner ce disque bien rond ; on le monte alors sur l'arbre et on le serre fortement entre la rondelle et l'embase à l'aide de l'écrou ; on fait tourner l'arbre, et par suite le disque, entre deux poupées, et à l'aide d'un outil bien tranchant et à angle de coupe très aigu, on enlève tout ce qui dépasse de chaque rondelle.

Quand le disque ou tampon tourne bien rond, on lui donne, à l'aide du même outil, la forme qu'il doit avoir, en taillant le bord à plat, en biseau, en doucine, etc..

LES ABRASIFS ET LEUR EMPLOI

Matières abrasives. — On peut distinguer les abrasifs durs et les abrasifs tendres. Les *abrasifs tendres* les plus employés sont les blancs crayeux sous leurs noms divers (blanc de Meudon, blanc d'Espagne, blanc de Troyes, chaux de Vienne, etc.), les argiles parfois plus ou moins crayeuses et souvent chargées d'oxyde de fer (terre de pipe, kaolin, terre bolaire, terre pourrie), les oxydes de fer (sanguine, colcothar, rouge anglais), l'oxyde d'étain (potée d'étain). Les *abrasifs durs* sont l'émeri, les silices sous leurs états divers de tripoli, kieselguhr, pierre-ponce, sable, etc., le carborunum et ses succédanés divers.

On prépare, en mélangeant ces divers produits, parfois avec d'autres matières corrosives inertes ou adoucissantes, des *poudres à polir*, dont voici quelques formules empruntées aux volumes de Michel, *Travail des métaux* et *Coloration des métaux* :

Tripoli ou kieselguhr	80	28		10
Potée d'étain	30			
Terre de pipe	30	10		
Colcothar		2	10	10
Blanc crayeux			10	
Carbonate de magnésie			10	80
Acide tartrique	3			
Hyposulfite de soude		3		

On doit, pour l'emploi, délayer ces poudres dans l'eau (parfois dans l'huile).

D'autres produits sont vendus après malaxage avec un liquide sous le nom de *pâtes à polir*. Voici quelques types de composition :

Kieselguhr	8	15	75	
Blanc crayeux		25		
Colcothar		25		75
Huile minérale à graisser ...	6	35		15
Paraffine	2			
Suif			25	10

Enfin les *savons à polir*, dont voici, d'après Jameson, quelques formules, sont des pâtes à base d'abrasifs malaxés dans l'eau de savon :

Savon grumeleuxkgr.		28	28					10
Savon genre Marseille kgr.	8				56	14		
Suif				20				
Acide oléique lit.	1							
Terre de pipe							112	
Silice lévignée	50				240			
Blanc crayeux			96		208			130
Ponce broyée		10-15	82	25				
Eau		28	70	20	10	10		20
Carbonate sodique cristallisé ..								10
Soude caustique				7				
Sel marin							4	
Acide oxalique				3				
— tartrique						7		
Alun								3

On incorpore les divers produits bien pulvérisés à l'eau de savon tiède et on malaxe jusqu'à prise en masse par refroidissement.

Traitement des divers métaux. — Les pièces en *fer* non métallisées sont ébarbées à la meule d'émeri, les creux sont grattebossés, puis on polit à la meule en buffle émerisée ; on fait plusieurs meulages en croisant les rayures et employant de l'émeri de plus en plus fin. Ensuite — et le polissage après métallisation ne doit commencer que là — on polit au feutre émerisé, puis aux brosses avec de la potée d'étain délayée dans l'huile. On termine sur les meules en drap avec du rouge anglais délayé dans l'oléine.

Le *cuivre* et le *laiton* sont traités aux meules de buffle émerisées : s'il y a des creux, on brosse en faisant agir la potée d'émeri. On termine aux meules de drap ou de cotonnade.

Le *zinc* est traité à la meule de drap en employant une pâte d'oléine et chaux de Vienne.

VERNISSAGE

Utilité du vernissage. — Bien souvent la métallisation est effectuée dans le but de couvrir un métal altérable à l'air, aux intempéries, d'une couche de métal résistant à ces agents : il ne saurait alors, naturellement être question de vernissage. Mais, dans le cas d'un dépôt de cuivre ou de laiton par exemple, la plaisante apparence donnée par le polissage ne peut être conservée que si l'on procède de suite au vernissage.

Il convient également de vernir les pièces métallisées avec un dépôt de métal sans doute résistant au point de vue chimique, mais que son infime épaisseur rend très peu solide : c'est le cas lors de la dorure au mercure, par exemple.

Ce vernissage est généralement effectué avec des vernis à l'alcool quand on veut avoir un travail soigné, et pour les articles bimbéloterie avec des vernis genre « zapon » à la cellulose. Il est peu pratique de faire ces vernis soi-même, mais nous donnons néanmoins quelques formules pour renseigner sur la composition des produits et permettre, en cas de nécessité, d'en préparer.

Vernis pour métaux. — A. — On fait un sac en tulle ou en crêpe à larges mailles, que l'on remplit de 90 grammes de gomme-laque rouge, et l'on suspend le tout dans un vase en forme de cylindre contenant un litre d'alcool concentré. Pour éviter l'évaporation, on recouvre le vase d'un morceau de verre. Au bout de vingt-quatre heures, la laque est dissoute. Si la solution n'est pas limpide, on la filtre au papier. Pour activer cette opération, il sera bon de placer le vase dans un mélange frigorifique, afin que la solution primitive soit plus chaude que la liqueur filtrée, qu'il faut agiter fortement, avec 330 centimètres cubes de benzine ou de pétrole. On peut la colorer avec quelques morceaux d'aniline. En ajoutant à ce vernis quelques gouttes d'ammoniaque avant la filtration, on le rend inattaquable au métal lui-même.

B. — Le copal réduit en poudre que l'on arrose avec de l'ammoniaque se gonfle et se convertit en une masse gélatineuse soluble dans l'alcool. Pour opérer cette solution et obtenir un très bon vernis, on verse par petites parties de l'ammoniaque

liquide sur la gomme copal pulvérisée, jusqu'à ce qu'elle soit bien gonflée.

On chauffe cette masse à 35°, et on l'introduit par petites parties dans l'alcool; on agite après chaque introduction. Après que la masse est bien délayée, on fait une autre introduction, et ainsi de suite. On obtient une solution qui, après avoir déposé une quantité insignifiante de matière insoluble, est absolument incolore et claire : c'est le *verniss copal*.

C. — Un vernis pour laiton poli, lui donnant l'aspect de l'or, peut être préparé avec :

Colophane	25 grammes
Sang-dragon	5 —
Gomme-gutte	6 —
Gutta-percha	10 —
Laque en écailles	3 —
Benzol	200 —

Selon que le métal doit avoir une teinte jaune ou bronze, on augmente ou l'on diminue la quantité de sang-dragon (1).

Pratique du vernissage. — On applique généralement le vernis à la brosse sur les surfaces bien propres et sèches. Pour avoir de bons résultats, il est prudent de faire sécher à l'abri des poussières dans un endroit légèrement chauffé. Pour les petits objets, M. Weiss recommande l'emploi d'une

(1) On trouvera, si besoin est, de très nombreuses formules pour la préparation de vernis à métaux dans un formulaire spécial, par exemple le petit volume *Laques et vernis*, par Margival (in-12, Paris, 1928).

étuve chauffée en utilisant la chaleur dégagée par une lampe à incandescence. On prendra une lampe de vingt-cinq ou de trente-deux bougies et, autant que possible, on choisit une lampe à filament de charbon, un peu usagée, de manière qu'elle puisse dégager plus de chaleur qu'une lampe neuve et qu'une lampe à filament métallique.

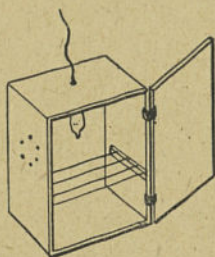


Fig. 26. — Etuve pour vernissage.

Pour soutenir les pièces que l'on doit sécher, on tend, en travers de la caisse, des fils sur lesquels on place ces pièces (fig. 26).

Quelques petits trous pratiqués dans la partie supérieure de l'étuve servent au dégagement des vapeurs au fur et à mesure du séchage. Naturellement, pendant l'opération, on ferme le couvercle de manière à empêcher le plus possible tout dépôt de poussière sur le vernis frais.

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

Abrasifs	27, 184
Accumulateurs.....	5
Acides à brillanter.....	32
Acides à mater	33
Acier : Décapage. 29,	31
— nickelage	84
— cuivrage. 106,	112
Aciérage.....	157
Aluminiage	145
Aluminium : argenture	67
— cuivrage. 107,	112
— nickelage	97
— zincage	137
Amalgame à dorer	56
Ampères.....	3
Anode.....	3
Anodes pour argenture.	68
Anode à déchets	16
Antimoniage	149
Appareillage de docure.	47
Apprêts pour bacs en	
bois.....	14
Apprêts des dorures ..	61
— du fer-blanc.....	129
— des pièces argen-	
tées	77
— terminés.....	111

Argenture	63
— électrolytique ..	64
— au frotté.. 71,	72
— au trempé.....	72

B

Bains pour argenture..	65
— de chromage ...	154
— de cuivrage	104
— de dorure.. 49,	50
— pour étamage ..	124
— galvanoplasti-	
ques	117
— de laitonnage....	109
— pour nickelage..	
80 à 83	
— de platinage	163
— de zincage.....	135
Bibliographie	23
Bois : apprêt.....	40
Bronzage	111
Brunissage.....	177

C

Cadmium (dépôts de —)	150
Cathode	3
— terminés : apprêt...	42

Chromage	154	Electrolyse de l'argent.	69
Cire des doreurs	61	— en dorure	48
Clichage	119	Electrolytes (voir <i>Bains</i>).	
Clichés : aciérage	157	Étamage électrolytique	124
Clichés : empreintes ..	115, 116	— par fusion	126
Cobaltage	152	— au frotté	132
Conducteurs	5	— au trempé	132
Constantes électrolyti-		Etuve pour vernissage .	189
ques	12		
Coulomb	3	F	
Courant électrique	2	Fer : cuivrage... 108,	112
Cuivrage	103	— décapage... 29,	31
— du plâtre	43	— décuivrage	39
— au trempé	112	— galvanisation... 140	
Cuivre : décapage	32	— nickelage	84
— nickelage	83	— polissage	186
— polissage	186	— blanc : apprêt ...	129
— rétamage	127	Ferrage	157
Cuves à galvanoplastie.	13	Fonte : cuivrage. 106,	112
— suppression	20	— décapage... 29,	30
— à tonneaux. 16,	92	— étamage.....	128
D		G	
Décapage chimique ...	28	Galvanisation	140
— électrique	35	Galvanite	142
— mécanique	27	Galvanoplastie.. 103,	114
Décuivrage	39	Graisses d'étamage :	
Dédorage	38	épuration	131
Dédrogues	38	Grattebossage	27
Démétallisation	38		
Dénickelage	39	I	
Dépolarisants	4	Initiation électrique... 2	
Dépôts électrolytiques :		Installation électrolyti-	
nature	21	que	8
Dépôts épais de nickel.	88	Installation pour nicke-	
Dorure	45	lage	75
— apprêt	61	Insuccès en nickelage ..	87
— à l'amalgame... 56		Isolants	5
— au frotté	52		
— au trempé	53	L	
E		Laiton : ferrage	160
Electrolyse ..			

Laiton : polissage.....	186
Laitonage	108
Liquides à argenter ...	72
— à dorer.....	53
— à étamer.....	132
— à nickeler.....	101
Lohmanisation	28

M

Masses pour moulages.....	115
Métallisation Schoop..	167
Meulage	180
Meules : garnissage....	182
Moulages pour galva- noplastie	116
Moulages en plâtre....	118

N

Nature des dépôts.....	21
Nickelage.....	74
— brun	91
— épais	88
— au frotté.....	102
— insuccès	87
— méthode stan- dard.....	85
— au tonneau.....	92
— au trempé.....	101

O

Or moulu	62
Or : récupération.....	59
Or rouge	62
Or de couleur	50

P

Palladiage.....	161
Passé à l'eau forte	32
Pâtes à dorer	52
— à polir.....	185

Pièces à argenter : pré- paration	68
— cassantes	31
— non conductrices.....	40
— à nickeler : pré- paration.....	83
— préparation.....	26
Piles.....	4, 6
Pile métallisante	8
Pinceau électrolyti- ques	20
Pistolet Schoop	168
Platinage	162
Plâtre : cuivrage.....	43
Plomb : étamage.....	128
Plombage.....	164
Plombage.....	121
Polissage.....	179
Poudres à argenter....	71
— à étamer	132
— à nickeler.....	102
— à polir	184
— pour zincage....	142
Préparation des pièces.....	26
Principe des procédés de dorure.....	46

R

Récipients pour élec- trolytes	13
Récupération de l'or..	59
Résidus de dorure.....	59
Rhéostats.....	5, 7
Rouille : enlevage.....	29

S

Sassage.....	179
Savons à polir.....	185
Shérardisation	138
Stellites (dépôts de e-),	153

T

Tonneaux..... 16, 92

V

Vermeil : dédorage.... 38

Vernis à métaux..... 187

Vernissage..... 187

Volts..... 2

Z

Zinc : aciérage..... 160

— cuivrage..... 113

— étamage..... 132

— polissage..... 186

Zincage électrolytique . 133

— à forte épaisseur 136

— par fusion..... 138

— pour poudres... 142