

Procédés de Coloration Du Cuivre Et des alliages de Cuivre.

PROMÉTAL n°71 – oct. 1959



Les temps que nous vivons sont placés sous le signe de la couleur. Dans les appartements et les ateliers, une atmosphère gaiement colorée a remplacé les tonalités sombres et monotones d'antan. L'homme moderne découvre chaque jour de nouveaux moyens de rendre son entourage attrayant en lui donnant meilleur aspect par la couleur et la lumière.

De nombreuses matières naturelles ou artificielles ont une teinte qui fait partie de leurs caractéristiques fondamentales; d'autres requièrent un traitement particulier avant d'être parées de leur coloration usuelle.

Dans la suite de cet article, nous nous occuperons d'abord de la couleur des métaux, en particulier de celle du cuivre et de ses alliages, avant d'apprendre à connaître quelques méthodes éprouvées permettant d'accroître artificiellement la gamme des tonalités.

Parmi les métaux non alliés, il n'y en a que fort peu qui ont une couleur prononcée caractéristique; ce sont le cuivre rouge et l'or jaune. Lorsque ces deux métaux sont alliés à d'autres métaux incolores, les alliages engendrés sont la plupart du temps colorés également. Mais la couleur des alliages n'est, contre toute attente, presque jamais celle qui correspondrait au mélange des couleurs des composants en proportion de leur poids. Par exemple, si l'on fond du cuivre avec une proportion toujours plus élevée de zinc, on n'obtient nullement une série d'échantillons dont la tonalité rouge décroît, comme si l'on coupait un vin rouge avec de plus en plus d'eau. Au contraire, l'échelle des colorations suit une loi inattendue que nous

donnons dans le tableau suivant:

Colorations des Alliages cuivre-zinc (laiton et tombac) en fonction de leur composition

Cuivre %	Zinc %	Coloration de l'alliage
100	0	Rouge cuivre
90	10	Rouge or
85	15	Jaune or
80	20	Jaune or clair
70	30	Jaune avec reflets verts
60	40	Rougeâtre
55	45	Brun rougeâtre
40	60	Argenté
20	80	Gris de zinc

Les bronzes à l'étain ont des colorations dont la série est irrégulière de manière analogue à celle ci-dessus. Pour une teneur en étain de 30% déjà, l'aspect de l'alliage est argenté.

La coloration du cuivre est en outre très influencée par l'adjonction d'une teneur en aluminium. Un bronze d'aluminium dont la teneur en aluminium est de 8% possède une teinte jaune difficilement discernable de celle d'un laiton à 63% de cuivre. Tout au contraire, l'adjonction d'environ 3% d'aluminium dans un laiton à 57% de cuivre n'occasionne aucune pâleur mais confère au laiton une teinte qui se rapproche du cuivre rouge.

La vraie couleur d'un métal, telle qu'on la voit sur une surface propre du métal mis à nu, peut être influencée favorablement ou défavorablement par des phénomènes physiques ou chimiques. La propension des surfaces à chan-

ger de couleur et d'apparence est en relation directe avec le caractère plus ou moins noble de la matière qui les compose. Plus cette dernière est noble, plus le métal est à l'abri des influences extérieures. Le cuivre et ses alliages se tiennent, comme on sait, à mi-chemin entre les métaux nobles et les métaux communs.

Parmi les influences physiques qui peuvent influencer la couleur des métaux, la chaleur est la plus importante. Par exemple, si nous chauffons progressivement une éprouvette de cuivre dans l'air ambiant, une série de rouges, violets et bleus rappelant les couleurs du spectre, apparaissent au fur et à mesure de réchauffement, et qui sont provoquées par de très minces pellicules d'oxydation superficielle. L'épaisseur de l'oxydation croît avec la température et la couleur de la pièce passe finalement au brun ou au noir. La couche d'oxydation est un composé de cuivre et d'oxygène de l'air. Les alliages de cuivre se comportent de manière analogue. Leur tendance à s'oxyder jusqu'à former la couche d'oxyde dépend de leur composition. Par exemple, les bronzes d'aluminium et les laitons à teneur d'aluminium montrent moins de propension à l'oxydation consécutive à l'échauffement.

Parmi les influences chimiques qui font varier la couleur et l'aspect, celles venant de l'atmosphère ont une importance toute particulière. Comme chacun sait, l'aspect des métaux exposés longtemps à l'air libre est sujet à transformation dans la plupart des cas. En général, les décolorations et les attaques chimiques sont indésirables. L'exception à la règle est la patine verte du cuivre et du bronze qui concourt à l'esthétique des sculptures d'art et des toitures.

Tandis que, d'une part, les métaux sont affectés par les influences chimiques et physiques qui nuisent le plus souvent à leur éclat et à leur apparence, d'autre part, toute une série de procédés chimiques permettent de donner à leur surface, des teintes qui enrichissent notablement l'éventail des couleurs naturelles déjà largement ouvert en ce qui concerne le cuivre et ses alliages.

Nous croyons répondre aux désirs d'un certain nombre de nos lecteurs en leur exposant succinctement ci-dessous, les moyens à disposition pour obtenir des colorations artificielles du cuivre et de ses alliages. Nous nous bornons à citer un petit nombre de procédés éprouvés. Dans la coloration chimique, le résultat d'un procédé ne dépend pas uniquement des quelques variables qui le concerne, par exemple, la composition du bain, la durée du traitement, la température, etc., mais notablement aussi des composants de l'alliage. En changeant de tour de main et de matière première, l'exécutant peut obtenir de nombreuses tonalités différentes. Toutefois, la multiplicité des facteurs qui influencent ces tonalités comporte une difficulté en soi. Celui qui désire éviter les tâtonnements choisira des fournisseurs spécialisés dans les produits pour trai-

tements de surface. Ceux-ci livrent des agents colorants parfaitement au point, quelquefois protégés par des brevets, dont le mode d'emploi exact est connu, et se tiennent au surplus à la disposition de leur clientèle pour la conseiller.

Dans la coloration chimique, le caractère métallique et par-la même, la qualité originale de la surface traitée restent inchangés. Les agents colorants ne réagissent qu'avec la couche extérieure du métal pour y former des composés colorés. C'est pourquoi la coloration chimique se distingue notablement, dans son genre et dans son effet esthétique, d'une peinture et d'un émaillage. Dans le cas de ces derniers procédés, la couche colorée étrangère déposée sur le métal le recouvre le plus souvent de manière parfaitement opaque. La coloration des métaux par des procédés chimiques est étroitement liée à quelques travaux préparatoires ou annexes. Ainsi, les objets à traiter ont besoin d'être parfaitement nettoyés avant d'être teints. C'est une des conditions les plus importantes pour assurer la réussite du travail. Après la mise en couleur, les objets doivent être lavés complètement et, une fois séchés, ils sont encore souvent enduits d'une protection de cire ou de laque.

1. Préparation des objets à colorer

Ainsi qu'il en a déjà été question, seuls les métaux parfaitement propres peuvent être colorés sans défauts. Les couches d'oxyde, les taches de graisse, les empreintes de doigts et les salissures superficielles agissent très défavorablement sur le processus de coloration. Le nettoyage proprement dit doit être choisi en fonction de la nature de l'objet.

Les pièces coulées doivent être d'abord débarrassées de leur croûte de moulage. Cette opération se fera par polissage à l'émeri de granulation différente. Dans beaucoup de cas, l'emploi de brosses métalliques rotatives est également indiqué. Enfin, le sablage est souvent très commode.

Le dégraissage peut être réalisé de plusieurs manières. Au lieu d'utiliser la benzine ou le benzol trop inflammables, il est recommandable d'employer le trichloréthylène dont le nom est souvent abrégé en «tri». Le trichloréthylène est ininflammable mais, en revanche, ses vapeurs sont toxiques et ne doivent pas être inhalées. Il existe des appareils mis dans le commerce, qui permettent de dégraisser au «tri» sans aucun danger.

Le dégraissage se fait ordinairement en plusieurs stades. Un premier récipient sert à éliminer la plus grande partie des graisses et des restes de pâtes à polir. Dans un deuxième récipient, l'objet est lavé de la solution très polluée du premier bain tandis qu'un troisième dégraissage est fait avec le solvant le plus pur possible.

Pour le dégraissage, on peut également utiliser des solutions caustiques chaudes, par exemple, de composition suivante, et dans lesquelles on plonge les objets:

10 l _____ eau
500 g _____ hydroxyde de soude
(soude caustique)

La causticité de cette solution doit engager l'opérateur à protéger utilement ses yeux et ses mains des éclaboussures.

Pour dégraisser de grands objets, on peut également les passer à la brosse enduite d'une bouillie faite de blanc de Vienne et d'eau, puis les rincer à grande eau.

Une solution aqueuse à 5% de P₃ dont le composant principal est le phosphate trisodique est également un moyen de dégraissage très recommandable, parce que beaucoup plus inoffensif que la soude caustique déjà mentionnée.

L'action dégraissante d'une solution alcaline est considérablement renforcée lorsque le bain est traversé par un courant électrique continu. La pièce à dégraisser est suspendue dans le bain et sert de cathode, tandis que l'anode est formée par le bac en fer ou, mieux, par une mince tôle de nickel. Les entreprises de la branche galvano technique fournissent de très bonnes installations de dégraissage électrolytique.

Les couches d'oxyde qui se forment lors du recuit, du brasage tendre ou fort, du soudage ou de toutes autres opérations thermiques, peuvent être éliminées par un décapage à l'acide des pièces en cuivre ou en alliages de cuivre, pour autant qu'on ne lui préfère pas l'enlèvement mécanique par meulage, brossage ou polissage. Le décapage à l'acide est conduit généralement en deux stades. Un premier décapage dégrossit la surface en soulevant la couche d'oxyde qui se détache ensuite par brossage. Ce premier bain est à l'acide sulfurique; il se compose de

1 l _____ d'acide sulfurique concentré sur
9 l _____ d'eau

Dans la préparation du bain, prendre garde de verser l'acide sulfurique lentement dans l'eau en agitant le mélange (*et non l'eau dans l'acide*, car la réaction très exothermique ferait bouillir le liquide qui serait projeté à la figure du manipulateur). Ce bain de décapage peut s'utiliser à la température ambiante. Chauffé, toutefois pas au-dessus de 40°C, il travaille un peu plus rapidement. Le récipient contenant le bain seront recouverts de plomb ou bien en grès.

Notablement plus agissant bien que ne dégaugeant pas de vapeur nocive, le bain de décapage ci-dessous a la composition suivante. Il comprend de l'acide sulfurique concentré avec adjonction de sulfate ferrique:

1 kg _____ d'acide sulfurique concentré
1 kg _____ de sulfate ferrique
10 l _____ d'eau

La préparation du bain consiste à dissoudre d'abord le sulfate ferrique dans un peu d'eau légèrement réchauffée. On ajoute ensuite le solde de l'eau et, enfin, en agitant, on y verse lentement l'acide sulfurique. Les laitons et les autres alliages à teneur de cuivre équivalente seront avantageusement décapés à une température comprise entre 50 et 60°C; les métaux plus riches en cuivre, comme les bronzes et les tombacs seront traités entre 60 et 80°C.

Les pièces sortant du premier bain de décapage, surtout s'il s'agit d'un bain sans adjonction de sulfate ferrique, sont en général de couleur inégale et matte. Afin d'obtenir un aspect brillant également réparti, on les trempe, après rinçage à grande eau, dans un décapage «brillant». Les bains de décapage «brillant» sont des mélanges d'acides forts. Ils attaquent le cuivre et ses alliages vigoureusement et rapidement. Les bains contenant de l'acide azotique dégagent du gaz nitreux qui est une vapeur rouge-brune très toxique. En conséquence, ce genre de décapage doit se faire à l'air libre ou sous une hotte efficace car l'inhalation des vapeurs dégagées doit être absolument évitée.

Un bain de décapage «brillant» très utilisé est composé comme suit:

1 l _____ d'acide azotique concentré
1 l _____ d'acide sulfurique concentré
20 cm³ d'acide chlorhydrique ou 20 g de
sel de cuisine
10 g _____ de suie cristallisée

L'acide sulfurique est versé lentement dans l'acide azotique en remuant et l'opérateur portera, par sécurité, des lunettes protectrices.

Un bain de décapage qui donne un brillant particulièrement vif et est, par conséquent, aussi utilisé pour le polissage chimique, se compose comme suit:

100 _____ parties d'eau
12,5 _____ parties d'acide chromique
37,5 _____ parties de bichromate de soude
12,5 _____ parties d'acide acétique
10 _____ parties d'acide sulfurique

A part les bains «brillants» et de polissage mentionnés, il existe divers bains mats qui, comme leur nom l'indique, donnent aux pièces traitées, un aspect plutôt mat. Les bains très appréciés à l'acide chromique appartiennent à ce groupe. Ils sont d'un emploi plus facile et beaucoup moins dangereux que les bains «brillants» contenant de l'acide azotique. Les bains de décapage à l'acide chromique se composent le plus souvent de 1 kg d'acide sulfurique sur 10 l d'eau et de 5 à 10% d'acide chromique. Au lieu d'acide chromique, on peut également prendre la même quantité de bichromate de soude ou de potasse. La garde des bains à l'acide chromique se fera dans des récipients en grès ou en verre, ou encore dans des bacs revêtus de plomb. Les bains en question ne

doivent pas entrer en contact avec des substances organiques tels que bois, huile, graisse, savon, etc., car ils perdent alors rapidement leur efficacité.

Les bains à l'acide chromique ne dégagent aucune vapeur nocive, mais il convient pourtant, de se protéger les yeux et les mains de manière efficace.

Le cuivre et ses alliages peuvent également être attaqués et décapés mat par une solution d'acide chlorhydrique et de chlorure ferrique. Elle s'obtient en mélangeant les composants suivants:

1 l _____ d'acide chlorhydrique concentré
1 l _____ de solution à 40°Baumé¹
de chlorure ferrique

Après le décapage, les pièces seront rincées à grande eau soigneusement et débarrassées de tous restes d'acidité.

2. La coloration

Il existe un grand nombre de méthodes pour colorer les métaux. La plupart exigent toutefois passablement d'expérience pour parvenir à de bons résultats. Lorsque l'expérience fait défaut, on est bien avisé en procédant d'abord sur des petits échantillons d'essai. Mais il faut observer les mêmes conditions de travail que l'on pratiquera ensuite sur les grandes pièces.

a) Bains de brunissage

Les solutions suivantes permettent d'obtenir le brunissage du cuivre et de ses alliages.

Recette 1

40 g _____ de sulfate de cuivre cristallisé
20 g _____ de chlorure de potasse
1 l _____ d'eau

Recette 2

125 g _____ de sulfate de cuivre
60 g _____ de chlorate de potasse
1 l _____ d'eau

Pendant le traitement, la température de ces bains doit être portée à 60—70°C environ. Selon la teinte désirée, les pièces doivent être trempées plusieurs fois et, entre-temps, leur surface sera légèrement mise à vif par un brossage à la brosse en fils de laiton. La coloration peut être renforcée en plongeant les pièces, immédiatement au sortir du bain et sans les rincer, dans une solution de sulfure d'ammonium jaune. Cette solution contient environ 5 cm³ de sulfure d'ammonium par litre d'eau. A sa place, on peut également utiliser une solution aqueuse à 1% de sulfure de potasse.

Les colorations obtenues au moyen des méthodes ci-dessus ont une bonne résistance à l'usure par frottement, mais ont tendance à devenir plus sombres avec le temps. Leur sensibilité à la lumière est réduite lorsque le rinçage a été intensif.

Des teintes analogues sont obtenues au moyen du bain suivant:

Recette 3

5 g _____ de permanganate de potasse

¹ 570 g de chlorure ferrique dans 1 l d'eau

50 g _____ de sulfate de cuivre
1 l _____ d'eau

Le bain est utilisé à chaud, de préférence peu au-dessous de la température d'ébullition. Le frottage à la brosse métallique ou à risette, ainsi que plusieurs trempages, concourent à l'uniformité de la coloration.

Les teintes brun foncé et noire peuvent être obtenues au moyen des compositions suivantes. L'intensité de la teinte dépend surtout de la durée du processus:

Recette 4

8 g _____ de sulfure de potasse
25 cm³ _____ d'hydroxyde d'ammonium
(alcali volatil)

1 l _____ d'eau

Le bain est utilisable entre les températures 20 et 80°C. Les colorations qu'il permet d'obtenir sont dues à la formation d'une mince couche de cuivre sulfuré qui change peu à l'air. Le bain est actif pendant un temps limité; il doit donc être renouvelé de temps en temps.

Pour la coloration du laiton, il est recommandable de tremper les pièces alternativement dans le bain ci-dessus et dans une solution diluée de sulfate de cuivre et légèrement acidulée à l'acide sulfurique.

Les deux procédés qui suivent sont liés également à la formation de cuivre sulfuré.

Recette 5

On prépare une bouillie de soufre doré d'antimoine (pentasulfure d'antimoine) avec de l'eau et une petite quantité d'hydroxyde d'ammonium (alcali volatil). On étale cette bouillie au pinceau sur la surface à colorer. Après, le séchage, la couche rouge pulvérulente est nettoyée à la brosse douce. Ce procédé donne de belles tonalités ayant de bonne qualité de résistance.

Recette 6

On obtient des tonalités analogues en utilisant une bouillie liquide de sodiumsulfoantimoniate, de soufre doré d'antimoine (pentasulfure d'antimoine) et d'eau. Pour la préparer, on se sert d'une solution de 2,5 g de sulfoantimoniate de soude (sel de Schlippe) dans 100 cm³ d'eau, dans laquelle on ajoute le soufre doré d'antimoine jusqu'à ce que la consistance s'épaississe un peu et l'on ajoute encore une tombée d'ammoniac. A l'aide de laine d'acier imprégnée de bouillie, on frotte la pièce complètement. Après un certain temps, on enlève les restes de bouillie au chiffon sec et à la brosse de laiton. Les colorations dépendent, jusqu'à un certain point, de la quantité d'ammoniac. En répétant le procédé, on peut obtenir des tonalités d'un brun plus foncé.

b) Bains pour colorer en gris et en noir

Afin d'obtenir les colorations allant du gris au noir sur le cuivre et les laitons, les bronzes et les maillechorts, on utilise souvent un combiné d'arsenic qu'on trouve dans le commerce. Pour le préparer soi-même, il faut mélanger:

Recette 7

80 g _____ de trioxyde d'arsenic (arsenic)

90 g _____ de chlorure ferrique
 1 l _____ d'acide chlorhydrique concentré.
 L'arsenic en poudre difficilement soluble, sera dissous de préférence dans l'acide chlorhydrique attédi. Ce mélange est très toxique et doit être utilisé avec toute la prudence nécessaire. Le liquide froid ou tiède est appliqué au pinceau. L'opération se fera à l'extérieur ou sous une hotte efficace, par mesure de sécurité. A cause de l'agressivité de cette solution d'arsenic, les pièces teintées doivent être en suite soigneusement rincées. Afin de neutraliser les dernières traces d'acide, un lavage avec une solution diluée de soude est recommandée, ensuite de quoi un lavage à l'eau claire parfait l'opération.

Une méthode très connue pour la coloration en noir des pièces de laiton consiste à utiliser une solution concentrée ammoniacale de carbonate de cuivre. Celle-ci contient:

Recette 8

160 g _____ de carbonate de cuivre
 330 cm³ _____ d'hydroxyde d'ammonium
 (alcali volatil)

1 l _____ d'eau
 Pour la préparer, on dissout d'abord complètement le carbonate de cuivre dans la solution d'hydroxyde d'ammonium puis on ajoute la quantité d'eau indiquée. La solution peut être utilisée froide aussi bien que chaude. Vers 80 °C, la coloration est plus rapide mais le bain s'épuise relativement vite parce que l'ammoniac se volatilise plus fortement. Ce procédé convient surtout au laiton à teneur en cuivre variant entre 55 et 65%. Les métaux plus pauvres ou plus riches en cuivre deviennent gris ou gris clair. Sur le cuivre, on n'obtient qu'une faible coloration brune.

Afin de parvenir à de bons résultats, il est important de remuer les pièces dans le bain pendant la coloration. La teinte provient de la formation d'un oxyde noir de cuivre à la surface du laiton. La couche d'oxyde possède une bonne résistance à l'usure et un bon ancrage.

Afin d'éviter les pertes d'ammoniac, il faut conserver ces bains dans des récipients bien clos stockés au frais. Les solutions dont l'efficacité a baissé peuvent être régénérées par l'adjonction d'hydroxyde d'ammonium et de carbonate de cuivre.

c) Bains pour colorer en bleu

Les pièces de cuivre et d'alliages de cuivre, ainsi que celles de fer, peuvent être colorées en bleu au moyen de la solution suivante:

Recette 9

125 g _____ de thiosulfate de soude
 (fixateur à la soude)
 40 g _____ d'acétate de plomb
 1 l _____ d'eau

On chauffe la solution dans un récipient émaillé, jusqu'au début de l'ébullition. Les pièces à colorer, qui doivent être soigneusement décapées, sont plongées dans le bain et maintenues en mouvement. Pour le laiton, les tonalités de couleur suivantes apparaissent selon la tempé-

rature du bain et la durée de l'immersion:

- jaune or
- rouge clair-violet
- bleu foncé
- gris acier

Lorsqu'on manque de pratique, il est recommandable de ne chauffer la solution que jusqu'à 60—70°C. Il est alors plus facile d'atteindre la couleur exactement désirée. Le précipité qui se forme peu à peu n'influence pas beaucoup l'efficacité du bain. En laissant reposer le bain, la sédimentation s'opère et permet un transvasage du liquide clarifié. Les colorations proviennent de la formation de couches extraordinairement minces de sulfure de plomb. Elles sont passablement délicates. On les recouvre d'une laque transparente afin de les protéger de l'action de l'air humide.

d) Colorations antiques

A cet effet, on utilise des bains dont la composition est proche de celle des combinés d'arsenic déjà décrits. Dans la coloration ayant l'aspect vieilli, il s'agit de déposer de l'arsenic naissant sur les pièces traitées. Il existe des solutions alcalines et acides qui mènent au but:

Recette 10

Bain alcalin antique (extrêmement toxique, ventilation !)

75 g _____ de trioxyde d'arsenic (arsenic)
 60 g _____ de cyanure de soude
 75 g _____ de soude caustique
 1 l _____ d'eau

Les objets seront frottés après leur coloration au sable de pierre ponce mouillé d'eau. On peut éclaircir la teinte avec une solution de bicarbonate de soude.

Recette 11 *Bain acide antique*

150 g _____ de trioxyde d'arsenic
 (arsenic)
 75 g _____ de sulfate de cuivre cristallisé
 1 l _____ d'acide chlorhydrique

La température la plus recommandable est 50°C. Les mêmes mesures de prudence indiquées pour les autres solutions d'arsenic s'imposent ici encore.

Recette 12

Coloration antique mouchetée rouge et brune du laiton.

Les pièces de laiton seront d'abord enduites d'une solution diluée d'ammoniac contenant un peu d'hydroxyde de fer en suspension. On obtient cette suspension en ajoutant à la solution d'ammoniac, une petite quantité de chlorure ferrique dissous dans de l'eau. Il se forme rapidement des taches gris-vert, surtout si l'on chauffe légèrement les pièces à traiter. On renforce cette première coloration en répétant le processus.

Les pièces traitées préalablement comme ci-dessus sont alors lavées et séchées puis on les tamponne au pinceau enduit d'une bouillie épaisse d'hydroxyde de fer, obtenue par les deux manières ci-dessous selon la coloration désirée.

a) On sursature une solution de chlorure ferrique avec de l'ammoniac. Plus il y a d'ammoniac, plus le laiton tournera au rouge cuivre aux endroits tamponnés.

b) Une solution de chlorure ferrique est combinée avec de la soude caustique en excès.

L'hydroxyde de fer en présence d'ammoniac donne des taches rougeâtres sur un fond rouge cuivre. L'hydroxyde de fer en suspension dans la soude caustique crée des taches d'un bleu foncé ou brunâtres.

Après le tamponnage, les pièces doivent être chauffées jusqu'à devenir parfaitement sèches, ensuite de quoi elles seront lavées et séchées à nouveau.

Comme l'ancrage des combinaisons du fer est assez faible, les couches déposées doivent être fixées au moyen d'un enduit de laque. Le laquage se fait aisément au pistolet. Le procédé décrit permet des variations de tons utilisant des solutions de concentration différente, surtout en ce qui concerne la teneur en ammoniac et en soude caustique.

e) Coloration en vert (patine)

Diverses tonalités de vert peuvent être obtenues sur le laiton en plongeant les pièces, à la température ambiante, dans les bains suivants:

Recette 13

22 g _____ de nitrate de cuivre
 45 g _____ de chlorure d'ammonium
 38 g _____ de chlorure de calcium
 1 l _____ d'eau

Un autre bain qui convient moins bien au laiton se compose de:

Recette 14

60 g _____ de sulfate de cuivre cristallisé.
 30 g _____ de chlorure d'ammonium
 30 g _____ de chlorure de soude
 7,5 g _____ de chlorure de zinc
 15 g _____ d'acide acétique
 1 l _____ d'eau

L'addition de 6 g de glycérine par litre tend à égaliser la coloration. Lorsque la coloration est trop tachetée on peut replonger les objets dans le bain en les séchant toutefois soigneusement entre chaque immersion.

Deux autres bains pour colorer en vert contiennent aussi de l'acide acétique ou des sels de cet acide et ont les compositions suivantes:

Recette 15 1

25 cm³ _____ d'acide chlorhydrique
 30 g _____ de trioxyde d'arsenic (Arsenic)
 120 g _____ d'acétate de cuivre
 30 g _____ de carbonate de cuivre
 120 g _____ de chlorure d'ammonium
 1 l _____ d'eau

Le trioxyde d'arsenic pulvérisé est dissous dans l'acide chlorhydrique réchauffé, après quoi on ajoute le carbonate de cuivre. L'acétate de cuivre et le chlorure d'ammonium sont dissous dans l'eau et pour finir, on mélange les deux solutions préparées séparément. Ce li-

quide colorant peut être étendu à la brosse. Lorsqu'on préfère travailler au bain, la quantité d'eau doit être doublée.

Recette 16

60 g _____ de nitrate de cuivre
 30 g _____ de chlorure d'ammonium
 30 g _____ d'acide acétique
 7,5 g _____ d'acide chromique
 1 l _____ d'eau

La solution est étendue sur l'objet à la brosse et on laisse sécher. Lorsque la coloration est inégale, on répète le processus.

3. Le traitement d'apprêt des pièces colorées

L'action protectrice des couches superficielles engendrées par la coloration chimique n'est pas très grande, en général, à cause de leur faible épaisseur. Pour protéger les pièces colorées de l'influence de l'atmosphère, des empreintes manuelles, etc., il faut prévoir un traitement d'apprêt. Parmi les procédés de conservation, les trois ci-après ont le plus d'importance: la couche de cire, d'huile ou de laque.

Les cires sont utilisées surtout sous forme liquide parce qu'elles sont ainsi plus faciles à répartir sur la surface du métal. Parmi les cires recommandables, citons deux exemples:

1 partie de cire végétale
 2 parties de térébenthine

ou bien

1 partie de cire végétale
 15 parties de benzine.

Les solutions peuvent être étendues au pinceau ou au chiffon.

Pour le laquage, les zapons et les autres laques claires de nitrocellulose sont les plus courants. Suivant le genre, la forme et la grandeur de la pièce, le laquage se fera en frottant, en giclant ou en immergeant. De même que pour la coloration, la surface doit être absolument propre et dégraissée pour le laquage; en outre, les pièces à laquer doivent être parfaitement sèches avant l'opération. Les couches de laques déposées sur des objets soumis à une insolation intensive sont le plus souvent endommagées par l'action de la lumière. Dans ce cas, il est préférable d'user de la cire ou de l'huile. En ce qui concerne la protection des bronzes d'architecture, nous nous référons à notre article paru dans «ProMétal», n° 5 (1948) sous le titre: «Traitement des surfaces, entretien et rafraîchissement des installations en bronze l'architecture».