



## Document DTMX passion

# Tuto Anodisation de l'aluminium

Par YAM76

Petit tuto sur l'anodisation, cela faisait des décennies que j'avais un livre sur l'anodisation, un ouvrage de 1964, bref, l'envie d'essayer après avoir fait un sabot pour Mix. Le résultat est tellement concluant, qu'il m'a semblé bon le partager.

**01** On commence par polir la pièce, papier de verre fin, puis paille de fer fine.

**02** On dégraisse, moi, j'ai utilisé de l'acétone, on peut aussi badigeonner de soude caustique puis rincer.

**03** On prépare un bac en plastique dans lequel on place une ou plusieurs électrode, le livre parle de plomb, d'autres sources d'inox.

**04** On prépare une solution en mélangeant de l'acide sulfurique 66 ° baumé et de l'eau déminéralisée (ou pluie), proportion 10 % d'acide, 90 % d'eau. Les courbes ci après montrent que mettre plus ne donne rien.

### ATTENTION:

On verse le produit le plus concentré dans le moins et pas le contraire, sinon, il peut se produire une réaction violente (projection). On verse donc doucement l'acide dans le bac dans lequel on aura versé en premier l'eau.

**05** On immerge la pièce dans le bac, au préalable, j'ai fixé un bout de tige fileté qui sortait du bain, ceci pour brancher une pince croco. Retour d'expérience, en une heure, la tige fileté de 5 mm était bouffée, il faut donc mettre de la visserie inox.

**06** On branche la pièce sur le (+) d'une alimentation continue, le (-) aux électrodes en plomb, puis on met sous tension.

**07** On laisse traiter plusieurs heures, pour le sabot, j'ai mis un courant de 5 A sous 25 V durant 5 heures. On peut utiliser un chargeur de batterie, le principe est le même que le nettoyage électrolytique, sauf que les pôles sont inversés.

-> Bien mettre dehors le bain, des gaz dont de l'hydrogène se dégagent, c'est assez irritant pour les voies respiratoires.

**08** La pièce est sortie du bain, rincée à grande eau, en dernier je l'ai immergé dans un bain de soude pour inhiber l'acide. Un coup de flambard léger pour sécher puis suivi d'un passage au chiffon de mirror finit le traitement en supprimant les tâches blanches de soude.

ATTENTION: Le port de lunettes de protection est indispensable, ainsi que des gants et une combinaison, bien mettre le bain à l'extérieur, on met l'acide dans l'eau et pas l'inverse. Attention, la pièce à traiter ne doit être qu'en aluminium, pas de vis ou paliers...

# PRATIQUE DE L'OXYDATION ANODIQUE ET DES TRAITEMENTS ANNEXES SUR L'ALUMINIUM ET SES ALLIAGES

## La Pratique

Un bac en plastique, ici deux pièces de plomb immergées



Le branchement: la pièce à traiter au (+), les électrodes au (-). On voit sur la pince du milieu la tige filetée qui se bouffe, privilégier de l'innox:



Des bulles d'hydrogène se dégagent aux électrodes (Attention risque d'explosion, ne pas fumer à proximité)



La pièce en sortie de bain et neutralisation, pièce à coté d'un bout de tôle alu brute:







# La théorie

01 Le bain

Les milliards d'ions qui cheminent de la cathode en plomb vers l'anode en aluminium transportant l'oxygène bombardent cette anode tout d'abord jusqu'au percement de la couche d'alumine naturelle. Cette couche d'alumine naturelle qui recouvre, comme nous l'avons dit déjà plus haut, chaque surface d'aluminium même décapé, n'est pas poreuse, mais elle est excessivement mince, atteignant une fraction de micron seulement. Ce bombardement rapide et répété avec l'intensité qui est réglée par la vitesse d'accélération des ions à l'aide du courant électrique, provoque des fissures par lesquelles les ions pénètrent de plus en plus vers l'aluminium. L'acidité en présence, attaque l'aluminium, le dissout, d'où la formation d'alumine en couche poreuse sur

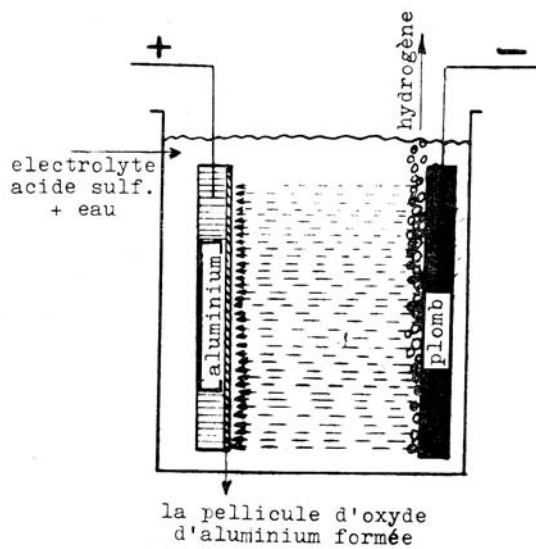


FIG. 1. — Formation de la couche d'oxyde dans un bain à l'acide sulfurique.

la surface du métal. Ce mécanisme se poursuit tant que les ions peuvent pénétrer à travers la porosité vers le métal. Il arrive un moment où la résistance qui forme la structure de la couche poreuse est telle que les ions pénètrent très lentement, si lentement, que la dissolution par l'acide de la couche formée précédemment est aussi rapide que la formation de l'alumine à la base. Il est inutile pratiquement de poursuivre l'opération au-delà de ce moment.

Enfin, au bout d'un temps plus prolongé, l'examen permettra de constater la structure 4 a et 4 b qui représente la forme définitive des cellules d'oxyde d'aluminium (alumine) qui composent la couche poreuse d'oxydation anodique. Les dimensions de ces cellules, ainsi que leurs caractéristiques, comme diamètre des pores, épaisseur de paroi et profondeur, ont été mesurées et peuvent varier suivant les conditions opératoires. Pour connaître l'ordre de grandeur de dimensions des cellules, il suffit de dire que suivant les conditions de travail (tension, concentration en acide, température) dans un centimètre carré

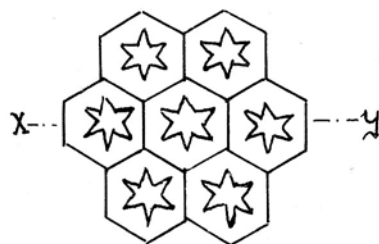


FIG. 3 a.

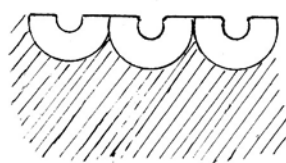


FIG. 3 b (coupe XY).

de surface oxydé anodiquement, on peut avoir 100 milliards et plus de cellules. Elles sont toutes hexagonales et de dimensions généralement semblables pour des conditions opératoires identiques.

Nous venons de signaler que suivant les conditions de travail, les dimensions des cellules peuvent être changées. Effectivement, plus la tension électrique est élevée, plus les dimensions des pores et de ce fait des cellules, augmentent.



Au point de vue pratique, il est très important de connaître les facteurs qui régissent les dimensions des cellules, et dans le chapitre concernant les bains d'oxydation, nous indiquerons les conditions qui permettent la modification de la structure des cellules et ce qui en résulte pour la structure de la couche d'oxyde; ainsi que certains phénomènes destructifs pouvant détériorer partiellement ou même entièrement cette couche.



FIG. 4 a.

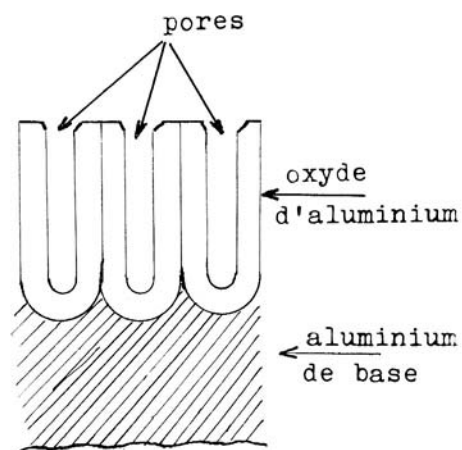


FIG. 4 b (coupe XY).

travailler dans des conditions différentes, mais ces installations sont excessivement rares. Généralement, l'on est obligé de se servir d'une ou de plusieurs cuves de bains de compositions identiques et travaillant dans des conditions similaires.

C'est au technicien de l'atelier de « jongler » avec les conditions de travail pour obtenir d'un même bain les résultats convenables. Avec un peu de connaissance, d'expérience et de conscience professionnelle, on y arrive honorablement.

#### L'INFLUENCE DE LA CONCENTRATION EN ACIDE ET DE LA TEMPÉRATURE

Tout ce qui était dit précédemment permet de tirer un certain nombre de conclusions concernant la composition du bain et les conditions de travail. Le graphique de la figure 5 indique que la conductibilité spécifique de solution d'acide sulfurique est à son maximum à 350 g au litre, mais la dissolution pour cette concentration est assez élevée et augmente sensiblement avec la température. Il y a donc intérêt de s'imposer une concentration plus faible que 350 g pour diminuer la dissolution de la couche formée et de ce fait, travailler dans des conditions de température plus favorables. La consommation d'acide sulfurique sera également plus faible sans que la qualité de l'oxydation en souffre. En effet, la concentration plus élevée dissolvant davantage d'alumine pour une température donnée, le bain se trouvera pollué par le sulfate d'alumine plus rapidement que le bain de concentration plus faible.

Par contre, la concentration trop faible diminue considérablement la vitesse de formation de la couche d'oxyde. D'autre part, la porosité, très faible dans les cellules de faible dimension, oppose une résistance plus grande au passage du courant, d'où la consommation plus élevée de force motrice et l'augmentation de la température. L'on voit que le juste milieu se situe entre 150 et 250 g d'acide sulfurique au litre.

Pour cette concentration, la conductibilité est déjà suffisamment élevée, la dissolution relativement faible mais tout à fait suffisante, pour les couches d'oxyde de valeur moyenne et la latitude de température

assez confortable. Dans certains ateliers, l'on a pris l'habitude de composer les bains au départ à 200 g au litre en pesant l'acide. Dans d'autres, l'on se contente de mesurer 100 litres d'acide sulfurique à 66° Baumé et compléter à 1 000 litres avec de l'eau pour avoir le bain qui contiendra 184 g d'acide au litre. Il n'est pas tout nécessaire de mettre une quantité très exacte d'acide pour avoir un bain qui donne des résultats convenables, ce sont plutôt d'autres facteurs qui doivent être respectés avec l'exactitude et surtout la

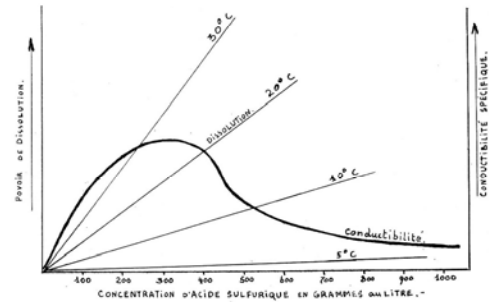


FIG. 5. — Pouvoir de dissolution suivant la concentration d'acide sulfurique.

température. Un bain à 184 g/l donnera pratiquement les mêmes caractéristiques de la couche d'oxyde que celui à 200 g par litre ou même 220 g/l. Il faut ajouter que la composition du bain, conjointement avec la tension électrique et ce qui en découle, la densité de courant, appliquée au cours de l'électrolyse, sont des facteurs prédominants pour la structure de la couche poreuse. Plus la densité de courant (ampérage) sera élevée pour une concentration en acide déterminée, plus la densité cellulaire (à ne pas confondre avec la densité de courant électrique) sera faible, c'est-à-dire que le nombre de cellules, par unité de surface, sera moindre à cause de leurs dimen-

C'est surtout l'application successive des deux courants — continu et alternatif — superposés l'un après l'autre, qui donne dans certaines installations spécialisées des résultats très intéressants.

La faible vitesse de formation de la couche d'alumine dans le cas du courant alternatif se conçoit facilement. En effet, sur les 50 alternances de courant généralement utilisé en Europe, il n'y a que 25 qui produisent l'alumine. Les 25 restantes, ont tendance plutôt à dissoudre ce qui a été formé. Comme cette dissolution malgré tout est plus lente que la formation, il en résulte la formation beaucoup moins rapide de la couche d'oxyde que dans le cas de courant continu, lequel attaque sans interruption par impulsions successives de ses ions, la surface du métal.

La figure 9 représente l'importance de la formation d'oxyde d'aluminium en fonction de la durée d'anodisation pour les deux natures de courant.

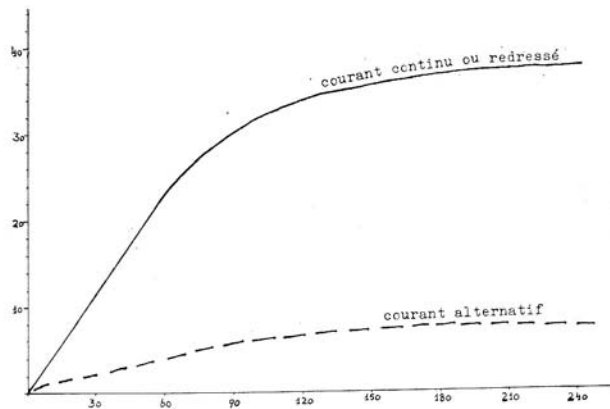


FIG. 9. — Influence de la nature du courant sur l'épaisseur de la couche d'oxyde. Métal : aluminium 99,5 (A-5). Concentration : 200 g/l  $\text{SO}_4\text{H}_2$ . Température : 20 °C. Densité de courant : 1,5 A/dm<sup>2</sup>. *Verticalement* : Épaisseur de la couche d'oxyde en microns. *Horizontalement* : Durée de l'oxydation en minutes.

Le faible rendement n'est pas la seule cause pour laquelle le courant alterné est très peu utilisé. La pratique a prouvé qu'il est très difficile dans les conditions normales d'obtenir avec le courant alternatif des couches d'oxyde d'une certaine importance. Quant à la possibilité d'utiliser les deux pôles de courant alternatif pour

## CONDITIONS ÉLECTRIQUES D'OXYDATION

Quelles sont les conditions électriques optima pour l'oxydation anodique?

Malgré que les nombreux brevets anciens et récents indiquent des conditions électriques très variées dans une gamme très étendue allant pour la tension de 3-4 volts jusqu'à 500 volts et pour la densité de courant de 0,3 à 10 ampères au décimètre carré; ici également, il y a lieu d'appliquer un juste milieu.

De très nombreux essais industriels confirmés par la pratique quotidienne, ont démontré que l'oxydation normale sur l'aluminium de titre 99,5 % (A-5) est obtenue dans les conditions les plus économiques et avec une qualité convenable en appliquant la densité de courant de 1,3 à 1,5 A au décimètre carré de surface à anodiser. Il faut donc disposer d'une source de courant pouvant fournir cette densité. Comme cette densité peut varier, avons-nous dit, avec la concentration en acide, avec la température et avec la composition du métal à traiter, il est indispensable que cette source de courant puisse être réglée de façon à pouvoir corriger, le cas échéant, l'influence des différents facteurs. Généralement, une source de courant (redresseur

ou dynamo) de 15-16 volts est capable de fournir l'intensité correspondant à la surface oxydée, à raison de 1,5 A/dm<sup>2</sup>. (Rappelons qu'il s'agit toujours du bain à l'acide sulfurique.) Le réglage de tension et ce qui s'ensuit — réglage de densité de courant — est sinon absolument indispensable, très souhaitable. En effet, si l'on traite toujours la même composition du métal avec la température constante et concentration donnée, il n'est pas nécessaire de régler les conditions électriques. Mais dans la pratique, il est rare d'oxyder dans les conditions idéales mentionnées ci-dessus. Il est donc nécessaire d'avoir, soit un réglage manuel, soit même et cela existe, un réglage automatique de tension pour maintenir la densité de courant constante pendant toute la durée d'oxydation.

Il est bon de savoir que la résistance qui oppose les cellules d'oxyde formé sur différents alliages n'est pas la même pour toutes les compositions. Citons comme exemple que dans les conditions opératoires énumérées précédemment avec le réglage de la source de courant à 15 volts, l'aluminium 99,5 % (A-5) indiquera 1,5 A/dm<sup>2</sup> de surface oxydée pendant que dans les conditions absolument identiques, un alliage d'aluminium-magnésium (A-G4) indiquera 1,7 A/dm<sup>2</sup> et un duralumin (AU 4G) seulement 0,8 A/dm<sup>2</sup>. Mais il n'est pas nécessaire et même pas souhaitable de chercher à ajuster la densité de 1,5 A/dm<sup>2</sup> pour tous les alliages. Il suffit de ne pas traiter en même temps dans le bain les pièces en métaux différents. Par contre, se fixer une densité de courant pour chaque alliage et la maintenir pendant le traitement. Si les deux ou trois alliages différents sont traités en même temps et dans le même bain, la couche d'oxyde sera différente sur chaque alliage. Si par surcroît il faut colorer ces pièces et assortir dans la même couleur, les pires méfaits sont à attendre. Il arrive très souvent que la composition du métal n'est pas connue avant l'oxydation. Il suffit de se rappeler ce qui vient d'être indiqué pour les trois groupes des alliages le plus fréquemment oxydés et dès l'immersion de la première pièce, il est possible, quand on connaît bien son bain, de se rendre compte en observant les conditions électriques, s'il s'agit de l'aluminium pur, d'un alliage au cuivre ou d'un alliage au magnésium.

Le réglage des conditions électriques sera également de grande utilité chaque fois que la température accusera des valeurs inférieures à celles utilisées habituellement. Il est connu des utilisateurs et nous l'avons déjà indiqué qu'à la température basse, les cellules sont plus petites, de ce fait, leurs porosités sont également plus faibles, et la résistance opposée au courant électrique est plus grande. Pour com-

penser cette résistance et maintenir la densité de courant dans les limites que nous nous sommes imposées, il y a lieu d'augmenter la tension. Mais dès que la température est devenue normale, il faut pouvoir diminuer cette tension toujours dans le but de maintenir la constance de densité. Le réglage de courant est donc un instrument précieux, permettant d'apporter des remèdes en cas de difficultés de toutes sortes au cours de l'oxydation.

Quant à la qualité de la couche d'oxyde formée suivant les indications mentionnées plus haut, elle restera comme les conditions de sa formation dans la bonne moyenne. Les cellules seront suffisamment grandes pour permettre à leur porosité de se remplir de colorant quand il s'agit d'oxydation à usage décoratif. Elles seront malgré tout assez compactes pour être assez résistantes pour protéger l'aluminium sous-jacent contre les intempéries, et même à l'abrasion leur résistance sera encore acceptable.

Il se pose la question, pourquoi n'applique-t-on pas la densité de courant nettement plus élevée, de 5 ou 6 A/dm<sup>2</sup>. La chose est possible, la couche d'oxyde se formera même relativement vite, surtout pendant les premières 30 ou 40 minutes d'oxydation, car pendant ce laps de temps, la vitesse d'oxydation est proportionnelle à la densité de courant, mais la structure des cellules sera très grossière, à moins de travailler à la température très basse. La couche formée présentera peu de résistance à l'abrasion. Le colmatage des pores sera difficile ou incomplet. Néanmoins, il est possible d'utiliser les densités de courant plus élevées, même pour les bains à l'acide sulfurique, mais dans les conditions spéciales pour former des couches destinées à des applications bien déterminées. Il est bon de savoir que les cellules d'oxyde d'aluminium formées à 30 volts, auront à quelque chose près le double de dimensions de celles formées à 15 volts et c'est aussi bien pour l'aluminium 99,5 % que pour l'alliage d'aluminium-magnésium.

Certains ateliers d'oxydation se contentent d'appliquer la densité de courant de 1 A/dm<sup>2</sup>, ce qui permet d'utiliser la tension de 9 à 12 volts. Il ne semble pas que cette façon de procéder présente des avantages notables au point de vue de qualité de la couche d'oxyde. Par contre, le bilan économique est légèrement déficitaire par rapport aux conditions électriques mentionnées plus haut. Toutefois, dans les ateliers qui ne disposent pas de source de courant permettant d'obtenir 1,5 A/dm<sup>2</sup>, là où le refroidissement du bain est médiocre et l'agitation faible ou inexistante, la densité de courant de 1 A/dm<sup>2</sup> donnera également, mais sous réserve de



08 Les types d'aluminium

BAUXITE

↓  
ALUMINE

↓  
ALUMINIUM DE TITRES DIVERS

A99 (99,99 %) - A9 (99,90 %) - A85 (99,85 %) - A8 (99,80 %)  
A7 (99,70 %) - A5 (99,50 %) - A4 (99,00 %)

ALLIAGES DE FONDERIE			
au CUIVRE	au SILICIUM	au MAGNÉSIUM	au ZINC
A-U2N A-U4NT A-U5GT A-U8S A-UIOG	A-S2U A-S4G A-S9KG A-SIOG A-SI2UN A-SI3 A-S2OU	A-G3T A-G4Z A-G6 2-G11	A-Z5G
ALLIAGES POUR TRANSFORMATIONS MÉCANIQUES			
A-U2GN A-U4G1 A-U4SG A-U4Pb A-U2N A-U4N A-U2GN	A-SG 2-SI2UN  Manganèse A-M	A-GO5 A-G1 A-G2 A-G3 A-G4 A-G5 A-G7 A-G8	A-Z4G A-Z6G A-Z5GU A-Z8GU
Schéma de fabrication de l'aluminium de titres divers et de ses alliages.			

## CHAPITRE IV

**PRÉPARATION DE SURFACE  
AVANT OXYDATION ANODIQUE**

Il ne suffit pas d'avoir les bains d'anodisation en parfait état et un métal de qualité convenable pour réussir sur les surfaces traitées une couche d'oxyde sans reproche.

En effet, toutes les surfaces d'aluminium et de ses alliages sont toujours recouvertes d'une couche naturelle d'alumine. La structure de cette couche n'est pas tout à fait identique à la structure provoquée par l'oxydation anodique. La liaison de la couche d'alumine naturelle avec la couche créée par l'électrolyse est généralement médiocre et bien souvent inexistante. De ce fait, il y a lieu toujours avant l'immersion dans le bain d'oxydation d'éliminer cette couche naturelle.

D'autre part, toutes les surfaces avant traitement anodique sont souillées par des lubrifiants qui ont servi à la transformation du métal et à l'élaboration des pièces. Certains de ces lubrifiants adhèrent d'une façon exceptionnelle aux surfaces et forment un véritable écran de protection contre les intempéries, mais en même temps, empêchent l'adhérence et la formation même de la couche anodique.

Par ailleurs, la manutention des pièces à oxyder par le personnel laisse sur les surfaces des empreintes digitales qui empêchent également une bonne oxydation. Il est donc indispensable d'enlever tout ce qui peut se trouver sur les surfaces destinées à être traitées au bain, car la préparation de surface avant l'oxydation est intimement liée à la finition des pièces oxydées.

Une difficulté réside dans le fait que ni la couche d'alumine naturelle, ni les traces de lubrifiant, ni même bien souvent l'huile de

protection qu'on applique volontairement sur les surfaces d'aluminium ne sont visibles à l'œil. Cela nécessite de traiter toutes les pièces avant l'oxydation anodique dans les bains appropriés pour rendre leurs surfaces aptes à former d'une façon régulière et uniforme la couche d'oxyde. Si le lubrifiant ou l'huile de protection n'est enlevé que par endroit, la couche d'oxyde sera irrégulière et dans le cas de coloration de cette couche les plaques soit tout à fait blanches, soit de teintes différentes, rendront la surface anodisée inacceptable. Il arrive dans ce cas-là que certaines pièces à cause de leur forme ou de leur dimension, ne peuvent être refaites et seront inutilisables. Enfin, certaines pièces venant soit de transformation mécanique, soit de fonderie exigent une amélioration de l'aspect et même quelquefois de forme avant l'oxydation. Le traitement de surface avant l'oxydation est donc une opération très importante et ne doit jamais être négligé.

Il est possible d'admettre sans aucune exagération que 60 % de rebut dans l'atelier d'anodisation sont dus à l'insuffisance de soins donnés au métal avant l'oxydation.

Quels sont les traitements à appliquer avant l'oxydation anodique sur les pièces destinées à ce travail ?

La réponse à cette question ne peut pas être générale pour toutes les surfaces à anodiser et demande des explications et des commentaires. Il est certain que les pièces de fonderie pour un usage industriel ne présentant aucune exigence de l'aspect extérieur, n'ont aucun intérêt à être préparées de la même façon que les pièces de décoration destinées à être exposées dans des endroits visibles.

Il existe plusieurs modes de préparation de surface. Certains peuvent être communs pour différentes espèces de surface à anodiser, d'autres ne sont destinés que pour des travaux bien déterminés.

Signalons, dès à présent, qu'il n'y a pas encore tellement longtemps une seule façon de préparation de surface avant oxydation anodique était connue. C'est la préparation mécanique par le polissage au touret, gratte-bossage, sablage, satinage, etc., suivie du dégraissage et du décapage. Depuis la dernière guerre, le polissage électrolytique (invention française de A.-P. JACQUET), avec ses différentes formules a fait l'apparition dans certains ateliers d'oxydation, aussi bien en Europe qu'aux Etats-Unis. Puis, peu de temps après, le brillantage chimique vient de concurrencer le polissage électrolytique.

A l'heure actuelle, il existe donc trois façons essentielles de préparer la surface :

1. Mécanique suivie toujours du dégraissage et du décapage ;
2. Electrolytique, laquelle demande généralement une surface auparavant polie mécaniquement et dégraissée ;
3. Chimique pour laquelle, ni le dégraissage, ni le décapage ne sont exigés. Toutefois, les surfaces ayant un aspect fortement rugueux ou rayé doivent de préférence être grossièrement polies mécaniquement.

Signalons enfin que dans certains cas, relativement rares d'ailleurs, la surface à anodiser peut être seulement dégraissée et légèrement décapée avant d'être mise au bain. Naturellement, l'aspect de la couche peut laisser à désirer, car toutes les imperfections existant avant l'oxydation seront visibles d'une façon amplifiée après le traitement. Il ne faut nullement compter que la couche d'oxyde rendra moins visible les défauts de la surface. Bien au contraire, certaines rayures ou porosités apparaîtront agrandies et élargies.