

Règle de conception des outillages

Cyril Fayolle

- ▶ Principe et limite des dépôts électrolytiques
- ▶ Redresseurs
- ▶ Amenées de courant
- ▶ Cuve et anodes (ou cathodes)
- ▶ Posages - Montages des pièces
 - ▶ Choix des matériaux
 - ▶ Les accroches
 - ▶ La répartition sur le montage

- ▶ Optimisation – Castor Elec 3D

Principe et limite des traitements électrolytiques

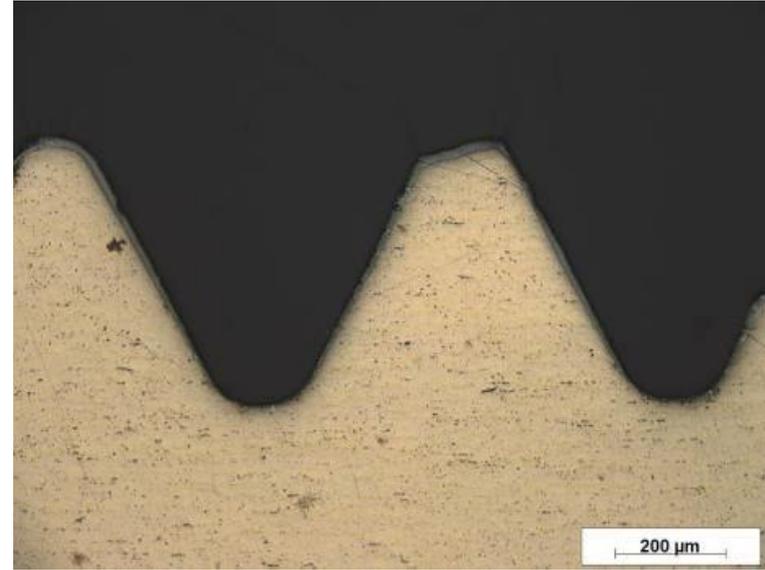
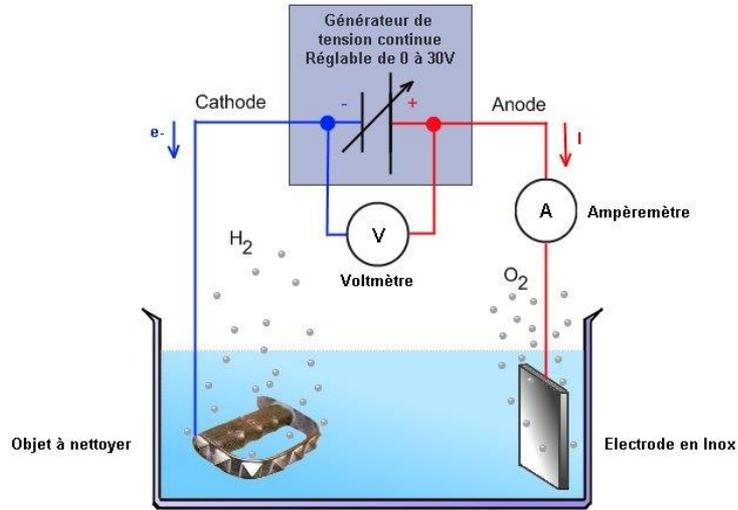


Figure D.3 - Illustration of typical distribution of coating thickness on bolt resulting from electroplating process

- ▶ Rendement faradique < 1
- ▶ Fragilisation Hydrogène
- ▶ Hétérogénéité des épaisseurs

Quels sont les paramètres influençant l'électrolyse?

FACTEURS	INTERACTIONS / OBSERVATIONS
Nature et état de surface des substrats	Agissent dès le début de l'électrolyse sur la surtension (hydrogène), ce facteur est à considérer comme transitoire car au cours de l'électrolyse la surface est en évolution constante (accroissement de l'épaisseur).
Rendement Faradique de l'électrolyte	Influence directement la répartition du courant, l'épaisseur et les propriétés du revêtement.
Densité de Courant Cathodique	Modifie le revêtement et sa structure quand la d.d.c. cathodique varie.
Composition de l'électrolyte	Agit sur le rendement, la surtension, la répartition, celle-ci est influencée par la teneur en métal, le pH du bain, les produits d'addition.
Température	Le rendement augmente si la température croît (dans certaines limites) – actions sur la conductibilité, la surtension et la diffusion.
Agitation	Diminue l'épaisseur de la couche de diffusion. Influence indirectement la répartition.
Auxiliaire d'électrolyse	Améliorent la répartition du courant (voir paragraphe 3.4)

Moyens de production des dépôts électrolytiques



Source Servé TS



Source Anoxyd

Cahier des charges – définition des montages

ETUDE PRELIMINAIRE	RECOMMANDATIONS
<i>Fonctions essentielles d'un montage support.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Positionner les pièces,</i> • <i>Faciliter la manutention des pièces,</i> • <i>Assurer le passage des courants électriques,</i> • <i>Augmenter le rendement cathodique du bain</i>
<i>Choix du positionnement des pièces sur le montage support</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Poids du support,</i> • <i>Phénomènes d'écrans,</i> • <i>Entraînement de solution,</i> • <i>Emprisonnement des bulles,</i> • <i>Dimension de la zone utile,</i> • <i>Type de traitement à réaliser.</i>
<i>Rôle des attaches</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Assurer le passage du courant électrique,</i> • <i>Eviter les dégagements gazeux,</i> • <i>Ne pas s'échauffer,</i> • <i>Rapidité de fixation et de démontage,</i> • <i>Ne doit pas déformer les pièces,</i> • <i>Etre de même nature que les pièces à traiter.</i>

Redresseurs



- ▶ Il est important de dimensionner le redresseur avec le besoin en courant
- ▶ Un entretien régulier des redresseurs est impératif pour une bonne maîtrise du procédé
- ▶ Aujourd'hui, sont disponible sur le marché des redresseurs permettant plusieurs gammes de traitement
- ▶ Orientation vers des applications de courants complexes tels
 - ▶ Courant pulsé ou des inversions de courant

Amenées de courant

- ▶ Amenées de courant Principales / liaisons électriques
 - ▶ Le dimensionnement se fera en lien avec la puissance du redresseur pour assurer un passage de courant efficace
 - ▶ Il faudra s'assurer d'un contact franc – donc une maintenance régulière des raccordement – nettoyage et souplesse des câbles
 - ▶ Aucun échauffement ne doit se produire dans les conducteurs sinon la résistance augmente



Dimensionnement des anodes ou cathodes - cuves

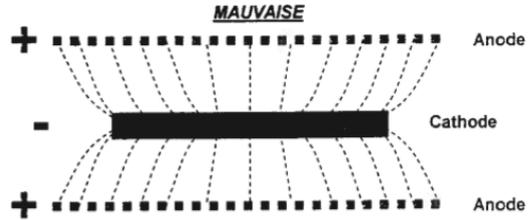
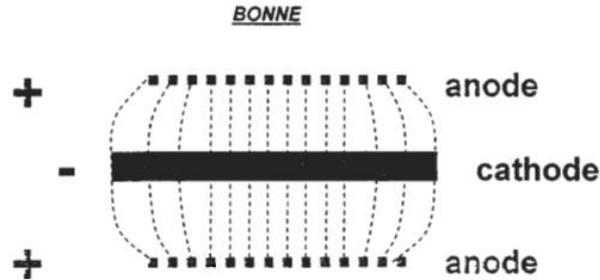


Figure N°1 : Mauvaise position de la cathode par rapport aux anodes.

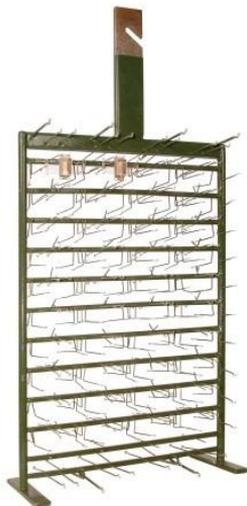
Source M. Ruimi



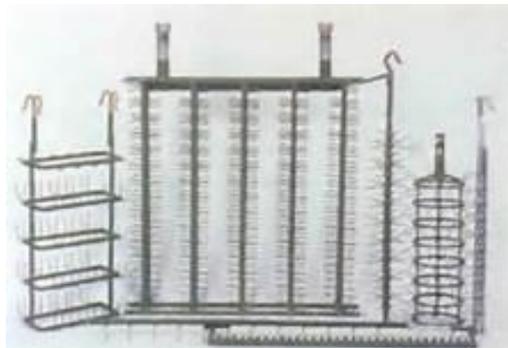
- ▶ Il est nécessaire d'avoir un dimensionnement des cuves permettant une répartition des lignes de courant la plus homogène possible
- ▶ Possibilité d'anodes inertes ou solubles

Repères/ Montages	DETAILS
1	<i>Crochet de suspension en cuivre, surface de contact de 2 A/mm²</i>
2	<i>Distance barre cathodique – niveau supérieur du bain ≈ minimum 100 mm.</i>
3	<i>Distance niveau du bain – point supérieur de la 1^{ère} pièce ≈ 50 à 100 mm suivant surface pièce.</i>
4	<i>Distance anode – point le plus proche d'une pièce ≈ 150 mm minimum.</i>
5	<i>Distance bord inférieur de l'anode – bord inférieur du montage ≈ 50 à 150 mm suivant surface pièce.</i>
6	<i>Distance bord inférieur d'une pièce par rapport au bord supérieur d'une autre pièce – fonction de la hauteur de pièce traitée.</i>
7	<i>Distance extrémité inférieure du montage et le fond de la cuve ≈ 100 mm maxi.</i>
8	<i>Positionnement de la pièce dans le bain par rapport à l'anode assurant un dégagement favorable de l'hydrogène.</i>
9	<i>Distance entre le montage et le point le plus proche d'une pièce ≈ 50 à 100 mm suivant dimensions et formes pièces à traiter.</i>
10 - 11	<i>Sections de la portion du montage en cuivre (2A/mm²) en dehors et à l'intérieur du bain.</i>
12	<i>Épingles de contact (fil de corde à piano) diamètre 2 à 3 mm.</i>
13	<i>Isolation du montage.</i>
14	<i>Contact épingle – montage : support soudé et extrémité mobile interchangeable.</i>
15	<i>Distance entre le point bas de la dernière pièce et le fond de la cuve ≥ à 100 mm.</i>
16	<i>Distance entre le point bas de l'anode par rapport au fond de la cuve ≈ 100 mm minimum.</i>

Posages des pièces pour l'électrolyse



Source Revetem



Source Tegma

Points à prendre en compte pour le choix du support de posage

- ▶ Eviter les rétentions, les écrans entre pièce, les échauffements,
- ▶ Ne traiter que les zones utiles des pièces conformément au cahier des charges établies,
- ▶ Fixer et enlever rapidement les pièces de leur support,
- ▶ Éviter les déformations de pièces,
- ▶ Connaître avec exactitude la nature des substrats.

Choix des matériaux pour le montage

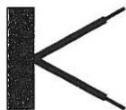
- ▶ Les matériaux composants le support du montage doivent répondre aux caractéristiques suivantes :
 - ▶ Ne pas se déformer, ni se rompre dans le temps,
 - ▶ Être le plus conducteur possible (pour éviter les échauffements)
 - ▶ De compositions les plus proches des pièces à traitées

<i>SUBSTRATS PIECE</i>	<i>SUBSTRATS MONTAGE</i>
<i>Aciers - fontes</i>	<i>Aciers – aciers inoxydables</i>
<i>Alliages d'aluminium</i>	<i>Alliages d'aluminium Alliages de titane</i>
<i>Alliages cuivreux</i>	<i>Cuivre – Acier cuivré - laiton</i>
<i>Alliages de titane</i>	<i>Alliages de titane</i>

Les accroches



Les épingles



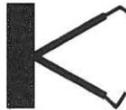
Ce sont des attaches élastiques, formées de plusieurs fils ou languettes. Elles permettent d'assurer un contact électrique franc en serrant la pièce grâce à l'effet « ressort ». Elle est bien adaptée aux bains ne supportant pas les coupures de courant. La mise en place rapide des pièces nécessite une certaine habitude.

Les crochets



Ce sont des attaches rigides. Le contact électrique qu'ils permettent est souvent sujet à coupure de courant. Ils devront être évités pour des bains comme le chromage ou l'anodisation. La mise en place des pièces est très aisée. Les montages n'utilisant qu'un seul crochet par pièce sont dits « oscillants ».

Les mixtes



Ce système d'attache résulte de la combinaison des deux types précédents. Il a les mêmes caractéristiques que le système à épingle, mais comme les épingles sont plus difficiles à relier aux amenées de courant que des attaches rigides, ces systèmes présentent l'avantage d'être plus simples à fabriquer. En outre, ils sont plus rigides que les montages à épingles simples.

Combien d'accroches par posage ?

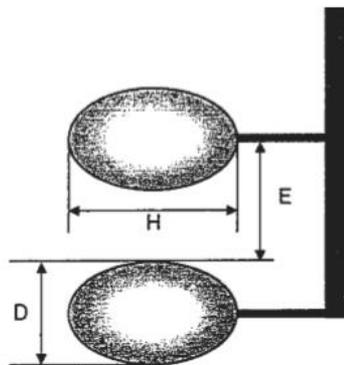
La position d'une pièce sur un montage doit être telle qu'on doit :

- ▶ Eviter les rétentions de liquides, de gaz, etc...
- ▶ Calculer les possibilités de contact électriques (autant que possible les contacts doivent être cachés)
- ▶ Permettre leur mise en place par rapport aux anodes : éviter les phénomènes de pointent, disposer les faces visibles face aux anodes...
- ▶ Calculer le nombre de pièces que l'on peut mettre dans la cuve ayant les plus faibles dimensions,
- ▶ Identifier les intensités totales admissibles pour tous les bains électrolytiques utilisées,
- ▶ Identifier l'intensité la plus forte,

- ▶ Calculer l'intensité admissible pour toutes les parties de l'outillage

Calcul des espacements

En fonction de la nature de la classe des bains électrolytiques utilisés (classe 1, 2 et 3), le calcul des espacements (figure N°39) se fera à partir des données suivantes :



NOTA :

Idéal \Leftrightarrow pièces placées en quin-quonce afin d'améliorer favorablement la distribution des lignes de courant sur les pièces.

E : Espacement entre pièce

D : Dimension // E (hauteur des pièces)

H : Dimension \perp E (longueur des pièces)

1. Pour le nombre de pièces en horizontal

$$Q \text{ pièces} = 1 + \frac{(E \text{ espacement horizontal} + L \text{ longueur de la pièce})}{(L \text{ utile} - L \text{ pièce})}$$

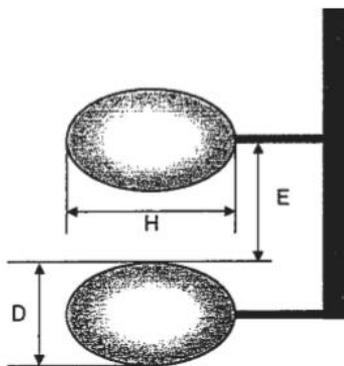
2. Pour le nombre de pièces en vertical

$$Q \text{ pièces} = 1 + \frac{(E \text{ espacement vertical} + H \text{ hauteur de pièce})}{(H \text{ utile} - H \text{ pièce})}$$

Figure N° 39 : Exemple / calculs des espacements de montages pièces

Calcul des espacements

En fonction de la nature de la classe des bains électrolytiques utilisés (classe 1, 2 et 3), le calcul des espacements (figure N°39) se fera à partir des données suivantes :



NOTA :

Idéal \Rightarrow pièces placées en quin-quonce afin d'améliorer favorablement la distribution des lignes de courant sur les pièces.

E : Espacement entre pièce

D : Dimension // E (hauteur des pièces)

H : Dimension \perp E (longueur des pièces)

Bain de classe 1 :

Si $D < 50$: $E = 3D/8 + H/4 + 6$

Si $D > 50$: $E = 25 + H/4$

Bain de Classe 2 :

Multiplier les résultats précédents par 1.5.

Bain de Classe 3 :

Multiplier les résultats précédents par 2.

CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Argentage Cadmilage Laitonnage Étamage alcalin Cuivrage alcalin Zincage	Nickelage Cuivrage acide Étamage acide	Chromage

Figure N° 39 : Exemple / calculs des espacements de montages pièces

Calcul des intensités applicables

- D'une pièce,
- De l'attache,
- De l'amenée de courant secondaire,
- De l'amenée de courant principal,
- Des crochets de suspension.

Désignation pièce / montage	Intensité	Calcul
1 pièce	Intensité maximale par pièce	S pièce x ddc maxi admissible en fonction du bain
1 attache	Intensité dans les N attaches supportant une pièce	Rep : 1 1 pièce / N attache
1 amenée secondaire	Intensité dans une amenée comprenant N attaches	Rep : 2 1 attache x N attaches
1 amenée principale Rep : 4	Intensité dans N amenée principale supportant les amenées secondaires	<u>Σ 1 amenée secondaire</u> N amenée principales Rep : 4
1 crochet	Intensité dans les N crochets du support	Rep : 1 1 pièce x N pièces N crochets

Repères/ Montages	DETAILS
1	<i>Crochet de suspension en cuivre, surface de contact de $2 A/mm^2$</i>
2	<i>Distance barre cathodique – niveau supérieur du bain \approx minimum 100 mm.</i>
3	<i>Distance niveau du bain – point supérieur de la 1^{ère} pièce \approx 50 à 100 mm suivant surface pièce.</i>
4	<i>Distance anode – point le plus proche d'une pièce \approx 150 mm minimum.</i>
5	<i>Distance bord inférieur de l'anode – bord inférieur du montage \approx 50 à 150 mm suivant surface pièce.</i>
6	<i>Distance bord inférieur d'une pièce par rapport au bord supérieur d'une autre pièce – fonction de la hauteur de pièce traitée.</i>
7	<i>Distance extrémité inférieure du montage et le fond de la cuve \approx 100 mm maxi.</i>
8	<i>Positionnement de la pièce dans le bain par rapport à l'anode assurant un dégagement favorable de l'hydrogène.</i>
9	<i>Distance entre le montage et le point le plus proche d'une pièce \approx 50 à 100 mm suivant dimensions et formes pièces à traiter.</i>
10 - 11	<i>Sections de la portion du montage en cuivre ($2A/mm^2$) en dehors et à l'intérieur du bain.</i>
12	<i>Épingles de contact (fil de corde à piano) diamètre 2 à 3 mm.</i>
13	<i>Isolation du montage.</i>
14	<i>Contact épingle – montage : support soudé et extrémité mobile interchangeable.</i>
15	<i>Distance entre le point bas de la dernière pièce et le fond de la cuve \geq à 100 mm.</i>
16	<i>Distance entre le point bas de l'anode par rapport au fond de la cuve \approx 100 mm minimum.</i>

Exemple de tableau

CA**Global****Secteur****Activité**





Osez le futur