

- Méthodes conventionnelles et non conventionnelles d'enlèvement de matière

Le rapide développement au cours de ces dernières années des industries de pointe : spatiale, nucléaire, etc ... et la recherche d'une plus grande productivité ont conduit à l'utilisation des matériaux à hautes caractéristiques mécaniques tels que : les aciers spéciaux, les carbures métalliques etc ... Les méthodes conventionnelles de coupe des métaux n'ont pas répondu plus longtemps à ces exigences, et n'ont pas pu se développer pour les satisfaire totalement.

Il faut noter que les matériaux à haute résistance sont devenus aussi durs que les matériaux constituant les outils, et ils ne peuvent être usinés que très lentement, ou même pas du tout.

Un autre facteur d'évolution qui s'est manifesté ces dernières années est la nécessité de miniaturiser un grand nombre de pièces : Domaine aérospatial ; électronique.

En plus de toutes ces raisons, la précision requise, et la difficulté de mettre en oeuvre les techniques conventionnelles, ont conduit à l'avènement de nouvelles méthodes, dites : "non conventionnelles" d'usinage.

Parmi ces usinages dits : "non conventionnels", nous distinguons l'usinage électrochimique, qui repose sur le principe de la dissolution anodique, provoquée dans une cellule électrolytique, l'enlèvement de la matière se faisant par déplacement d'ions.

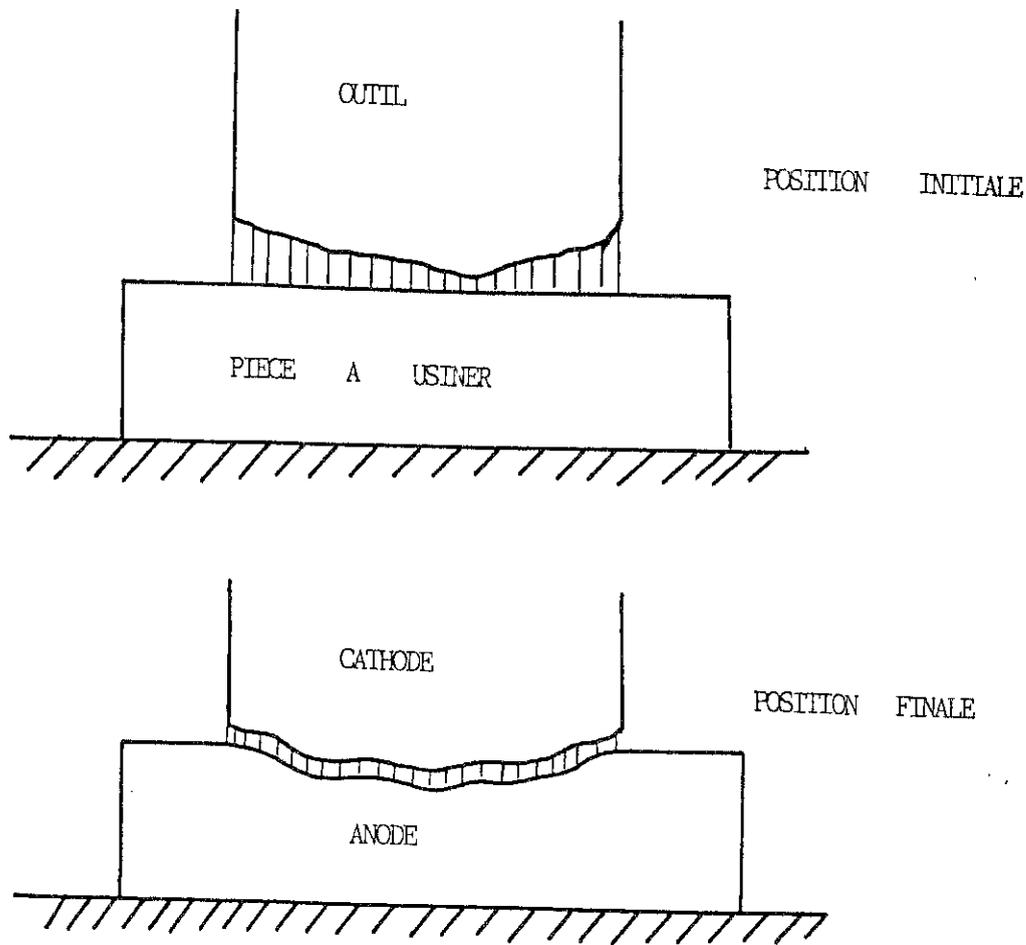
A partir de ce principe de base, diverses techniques d'usinage et de travail des métaux par voie électrochimique ont été développées. Elles se distinguent les unes des autres : par la forme de la cathode-outil, et par le déplacement relatif de cette dernière, par rapport à la pièce en cours de travail.

Toutes permettent l'usinage des métaux et alliages quelles que soient leurs caractéristiques mécaniques, moyennant dans certains cas, un choix approprié de l'électrolyte.

- L'usinage électrochimique

L'usinage électrochimique est un phénomène de dissolution anodique (la structure métallurgique superficielle est inaltérée) à vitesse élevée d'un matériau conducteur, grâce à des conditions particulières d'électrolyse.

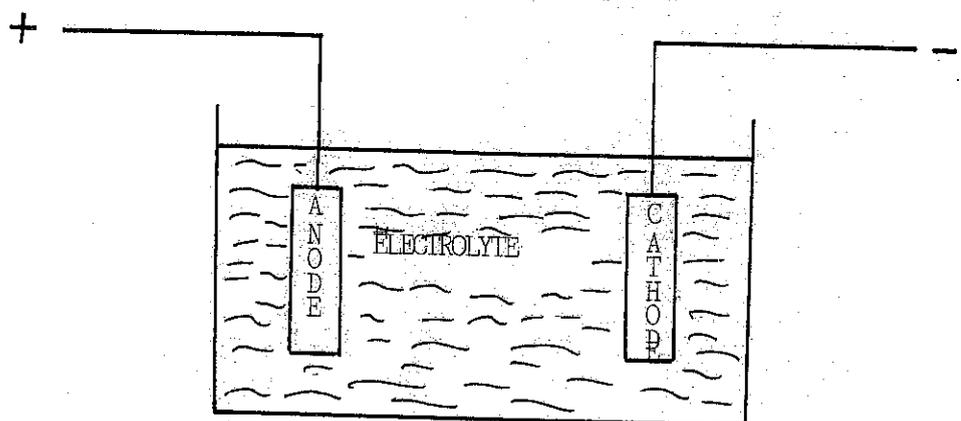
Essentiellement, l'usinage électrochimique implique le passage du courant dans un intervalle étroit compris entre la pièce et un outil de forme convenable ; si les conditions sont bien choisies, la dissolution de l'anode (pièce en cours d'usinage) se produit



## - Loi de l'électrolyse

L'usinage électrochimique attaque le métal atome par atome, en annulant les charges électriques qui unissent les atomes entre eux.

Une cellule d'électrolyse consiste essentiellement en deux électrodes sans contact, immergées dans un électrolyte et auxquelles est appliquée une différence de potentiel (Figure 9).



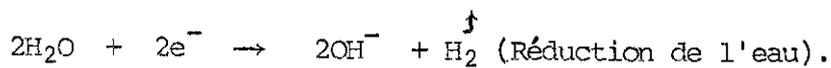
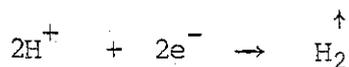
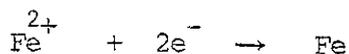
9 : Cellule d'électrolyse

Si les conditions sont choisies convenablement, le passage du courant dans une telle cellule, provoque sur l'anode l'enlèvement d'une quantité de métal donnée par la loi de Faraday relative à l'électrolyse.

### 3.2 - Réactions aux électrodes

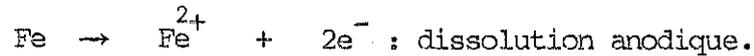
Lors de l'usinage d'un acier avec une solution de nitrate de sodium, ( $\text{NaNO}_3$ ), on observe les réactions suivantes :

#### a) A la Cathode



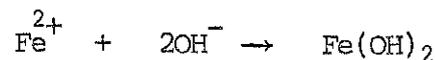
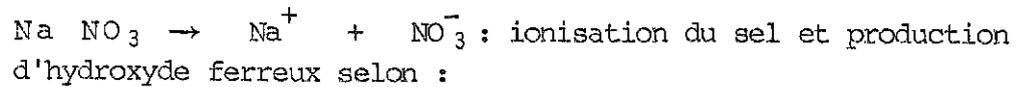
Les deux premières réactions ne peuvent se produire, du fait de l'écoulement turbulent de l'électrolyte.

b) A l'Anode



Il peut se produire d'autres réactions, telles que l'oxydation d'un ion de l'électrolyte ou de l'eau.

c) Au sein de l'Electrolyte

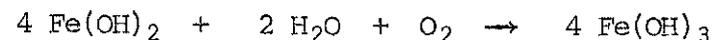


d) Réaction globale



On constate un usinage de la pièce et un dégagement d'hydrogène gazeux sur l'outil. Il y a formation de bulles non conductrices et apparait donc ainsi le risque de créer des étincelles provoquant la détérioration des électrodes.

Indépendamment du procédé électrochimique, il y a formation de boue selon :



boue que l'on doit évacuer pour ne pas que le liquide devienne visqueux et difficile à employer.

- Loi de Faraday

Dans l'électrolyte qui assure la continuité du système un courant ionique provoque l'enlèvement de matière. La masse de métal enlevée à l'anode est donnée par la loi de Faraday qui constitue la loi quantitative de l'électrolyse : "la masse (m) de métal enlevée à l'anode par l'électrolyse est proportionnelle à la quantité du courant traversant la cellule et à la masse atomique "A" du métal et inversement proportionnelle à la valence "n" de celui-ci.

Cette loi s'exprime par la relation :

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot I \cdot t .$$

F = Faraday. Il vaut 96 500 Coulombs.

## - Usinage électrochimique : avantages et inconvénients

Bien qu'il fasse partie des usinages dits "non conventionnels", l'usinage électrochimique peut être considéré comme un procédé d'usinage des fabrications mécaniques au même titre que les procédés conventionnels.

Il n'est pas aussi bien utilisé industriellement que l'usinage par électro-érosion, mais ses avantages sont nombreux. A savoir :

- \* Obtention de formes complexes, jusqu'ici réputées irréalisables par des méthodes classiques.
- \* Usinage des matériaux quelles que soient leur dureté, leur tenacité et leurs caractéristiques mécaniques.
- \* Usure nulle de l'électrode, vue l'absence de contact entre elle et la pièce à usiner.
- \* Suppression des opérations classiques d'ébauche et de finition.
- \* Débit de matière important d'où son utilisation possible en grande série, rapidité de travail.
- \* Le métal étant dissout par électrolyse, la structure du matériau n'est pas altérée. L'état de surface peut être excellent.

Toutefois l'usinage électrochimique possède quelques inconvénients qui sont :

- \* Coût de l'installation élevé (machine, générateur de courant, pompe, bassin de récupération et de décantation, centrifugeuse, etc ...).
- \* L'installation occupe une surface de plancher importante.
- \* Il est impossible de réaliser des angles vifs (ce qui peut devenir un avantage lorsque l'on veut usiner sans bavures).
- \* Les études de mise au point de l'outil sont longues.
- \* Les précisions obtenues sont moyennes : précision dimensionnelle et de reproduction de forme, rarement inférieure à 0,05 mm.

C'est ce dernier point qui fait que l'usinage électrochimique n'est pas encore considéré comme un moyen de production industriel. Il n'est utilisé actuellement que comme procédé d'ébauche, ou lorsque la précision demandée n'est pas excellente.