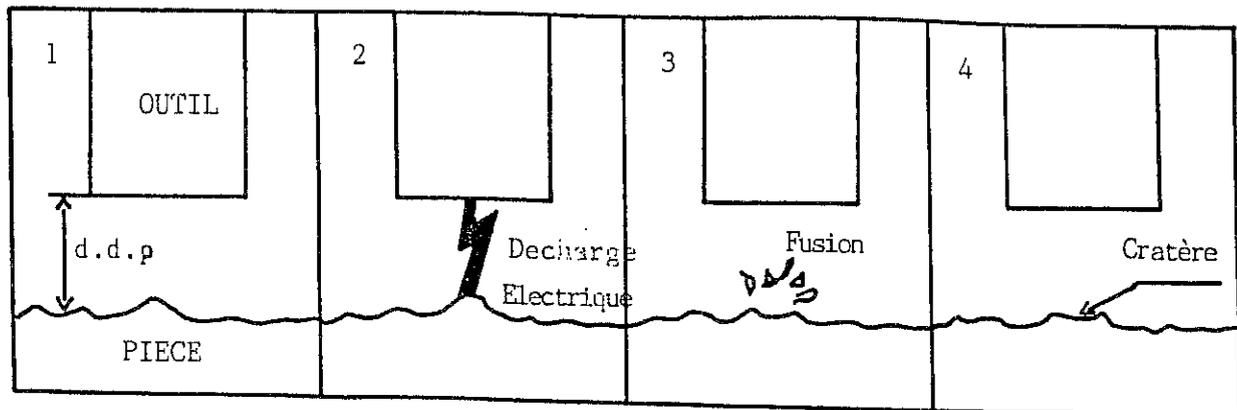


2.2 - Usinage par électro-érosion

2.2.1 - Principe de base

L'usinage par électro-érosion, qui fait partie des procédés "non conventionnels" d'usinage, utilise la fusion du métal de l'anode (pièce) par impulsions de courant électrique, se succédant à une fréquence relativement élevée. Chaque impulsion désagrège un certain volume de métal, en laissant sur la surface usinée, un petit cratère dont le volume correspond à l'énergie dépensée (Figure 1).



L'électrode-outil et la pièce sont conductrices de l'électricité. Elles sont toutes les deux immergées dans un diélectrique liquide (généralement du kerosène). Il n'y a pas de contact entre les électrodes qui sont distantes de l'intervalle de décharge, (quelques centièmes de millimètres). Si on applique une différence de potentiel, on remarque que pour les faibles valeurs de celle-ci on n'observe aucun phénomène. Lorsqu'elle est supérieure à une certaine valeur " U_0 ", appelée "tension de claquage" du diélectrique, on observe l'amorçage d'un arc électrique à l'endroit du plus fort champ électrique, il se forme un canal ionisé conducteur de l'électricité. A la formation de ce canal ionisé succède un passage massif de courant électrique qui provoque l'enlèvement de matière. La forme de l'électrode-outil est ainsi progressivement reproduite "négativement" dans la pièce, au fur et à mesure de sa pénétration.

2.2.2 - Nature physique du phénomène

Si le principe de base est simple, les phénomènes entrant en jeu dans l'enlèvement de matière au moyen de décharges électriques sont d'une telle complexité qu'ils rendent impossible la formulation d'une théorie complètement satisfaisante. De nombreuses connaissances dans le domaine sont de nature expérimentale.

Comme nous le savons déjà, l'électro-érosion s'opère dans un liquide diélectrique. Si l'on applique entre les électrodes une tension qui est plus grande que la tension de claquage fixée par la distance des électrodes et le pouvoir isolant du diélectrique, une décharge va s'amorcer.

L'enlèvement de matière comprend trois phases principales (Figure 2) :

- L'ionisation du diélectrique : Cette phase d'ionisation (phase initiale) correspond à la rupture du diélectrique et ne dure qu'un temps très bref par rapport à la décharge : 10^{-7} à 10^{-8} seconde. Elle se produit entre les points les plus rapprochés des électrodes, là où le champ électrique atteint une intensité maximale. Un canal conducteur est formé de plasma (gaz ionisé à très haute température $8\ 000^{\circ}$ à $1\ 200^{\circ}$ K). Etant donné que l'espace interélectrode est très faible, et les surfaces des électrodes présentant des pics dépassant sensiblement de leurs plans moyens, les variations d'espace sont importantes (de 20 à 40 %) : ces différences facilitent une forte

concentration du champ électrique entre les deux points les plus rapprochés, donnant naissance à la formation du canal de décharge et excluant pratiquement la possibilité de formation simultanée de deux ou plusieurs décharges.

- La décharge électrique : Cette phase (active) est caractérisée par l'augmentation du courant qui passe par un maximum et puis décroît. Les électrons sont attirés par l'anode, les particules chargées positivement (provenant des deux électrodes ou du diélectrique) par la cathode. La décharge est fortement concentrée dans un canal de très petite section. Il en résulte des densités de courant très élevées, de l'ordre de 10^6 A/cm². Celles-ci entraînent des effets physico thermiques importants, en particulier : l'échauffement local des électrodes, la fusion et la vaporisation des matériaux qui les constituent. La durée de la décharge varie de 1 à $6 \cdot 10^{-5}$ seconde.

- L'éjection de la matière : Elle commence déjà lors de la seconde phase et continue après la fin de la décharge. On peut envisager deux suites d'évènements :

- a) Une partie du volume de métal liquide alors surchauffé se met à bouillir. Du métal est éjecté sous forme de vapeur et gouttelettes. Ceci est dû au fait que la pression interne dans la cavité décroît rapidement.
- b) La cavité croît jusqu'à ce que sa pression interne soit minimale, puis sous l'effet de la pression hydrostatique du diélectrique son volume diminue. Une partie du métal encore à l'état liquide peut être éjectée sous l'impact du liquide diélectrique qui a acquis une grande énergie cinétique durant l'implosion de la cavité.

Dès que la décharge électrique a pris fin, le canal de conductibilité électrique disparaît, et le même cycle recommence ailleurs, là où les aspérités des deux électrodes sont les plus rapprochées.

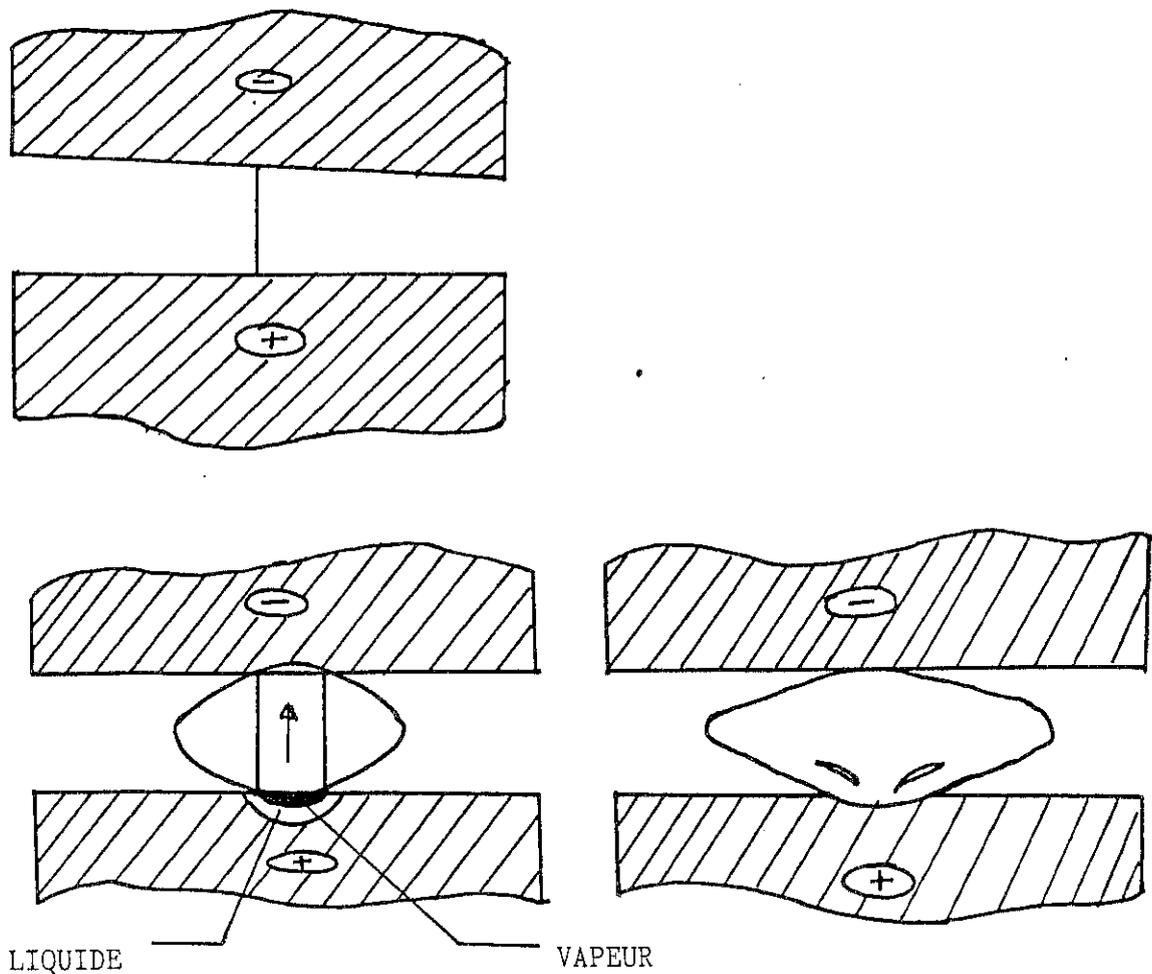


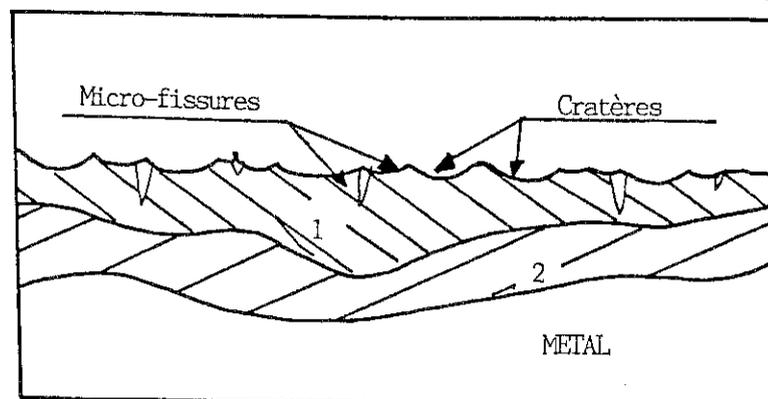
Figure 2

Cependant c'est par la vitesse relative outil/pièce, par la fréquence et l'intensité des décharges électriques que l'on peut faire varier l'état de surface.

Ainsi, pour une même fréquence, plus l'intensité du courant est grande plus l'usinage est rapide est plus R_a est grand.

L'inconvénient majeur de cette méthode, réside dans le fait que la surface de la pièce est altérée.

L'analyse structurale et métallographique de la couche usinée par électro-érosion, révèle des particularités propres à cette méthode d'usinage (Figure 3).



a) Zone blanche ou fondue

Au cours de l'U.E.E., on a une chute extrêmement brusque de la température à la fin de chaque décharge. Le processus de recristallisation n'a pas le temps de se faire. On a donc une structure appelée zone fondue, qui comporte des micro-fissures qui sont des amorces de rupture. Ces défauts diminuent la résistance en fatigue des pièces.

b) Zone altérée

Le refroidissement étant plus lent, la recristallisation peut s'opérer, ce qui donne lieu à la formation d'une structure à grains très fins.

L'U.E.E. se caractérise par un débit faible, une précision de l'ordre de 0,01 mm, et un état de surface moyen ($R_a = 5 \mu\text{m}$). Il est possible d'obtenir de meilleurs états de surface, mais les débits deviennent très faibles.

De plus, à cause des micro-fissures, ces pièces ne peuvent travailler en fatigue. C'est par U.E.C. par exemple que la couche superficielle inutilisable peut être ôtée.

2- Aspects technologiques :

La diélectrique :

Son rôle est double, il permet principalement l'usinage proprement dit et de véhiculer les résidus d'usinage afin de maintenir constantes les conditions dans l'espace inter électrodes. Il doit donc être assez fluide, posséder une faible tension superficielle et posséder une vitesse d'ionisation assez grande afin de restaurer rapidement son pouvoir diélectrique.

Son point éclair doit être assez élevé pour éviter tout risque d'accident. Il ne doit pas émettre de vapeur toxique et être chimiquement neutre pour ne pas attaquer les électrodes..

Sont utilisées ;

** l'eau : on utilise l'eau déionisée pour les usinages de pression, des micro usinage en raison de sa très grande fluidité

** les hydrocarbures : de loin cette famille est la plus utilisée. La gamme des huiles minérales a permis d'en sélectionner quelques une qui donnent de bons résultats ; tant au point de vue de la rugosité qu'au regard des autres paramètres. Selon le type d'usinage et les paramètres, on utilise, telle ou telle huile.

Les matériaux d'électrodes :

Ils doivent être conducteurs d'électricité. Pour limiter l'usure relative de l'outil, le matériau utilisé doit avoir une température de fusion élevée et une bonne conductibilité thermique.

Deux familles de matériaux sont utilisées ;

a/ les matériaux métalliques : Cuivre ; Cuivre au Chrome ; Cupo-Tungsten ; Tungsten à l'Argent ; Laiton ; Acier ; etc...

b/ les graphite : matériaux frittés à haute température, ils résistent bien à l'usure. Leur aptitude à être mis en forme par usinage ultrasonore est très apprécié actuellement.

3- Avantages et inconvénients :

L'usinage par électroérosion présente des avantages communs à l'usinage électrochimique : possibilité d'usiner des formes complexes dans des matériaux à caractéristiques mécaniques élevée sans engendrer de bavures. De plus la précision obtenue en Usinage par Electroérosion est bien meilleure, (0,01mm en finition). L'UEE présente également des inconvénients ; il ne permet pas l'usinage que des matériaux conducteurs de l'électricité, le débit de matière est plus faible que celui obtenu l'UEC (Usinage per Electrochimie).

La surface obtenue sur la pièce est altérée. Enfin, et c'est certainement l'inconvénient majeur du procédé, l'outil s'use et cela pose des problèmes d'obtention des cotes et oblige à remplacer fréquemment l'électrode outil dans le cas d'un usinage en série.