

Les pieds d'arc

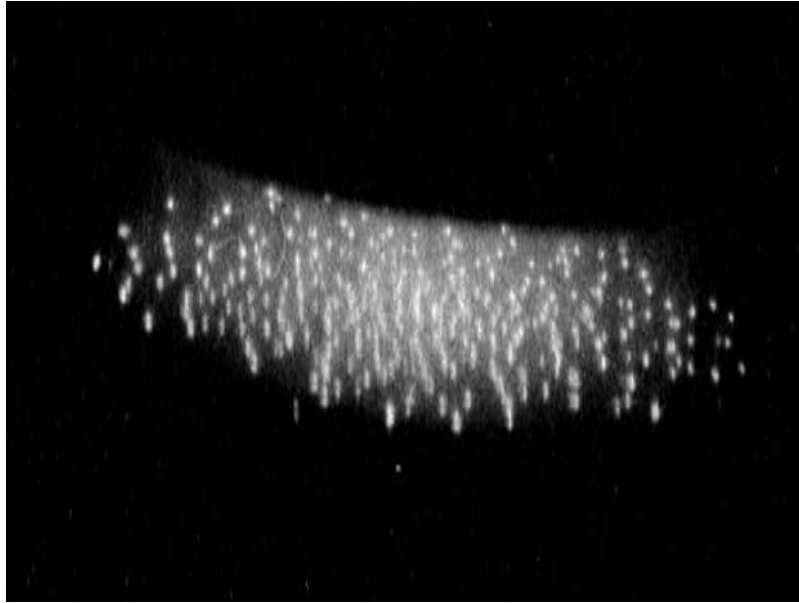
Les pieds d'arc électrique assurent la transition entre les électrodes reliées à la source d'énergie électrique et la colonne de plasma. Ce qui les caractérise, c'est avant tout l'existence d'un champ électrique variable, atteignant le plus souvent des valeurs élevées en comparaison de celui existant dans la colonne. En conséquence les densités de courant présentent des valeurs croissantes dans les zones allant de la colonne de plasma aux électrodes provoquant une zone de contraction plus marquée à la cathode.

La cathode est le lieu d'émission des électrons, c'est une zone très complexe formée de structures et de sous-structures qui évoluent avec une échelle de temps de l'ordre d'une à plusieurs dizaines de nanosecondes. Pour les arcs dans les appareils de coupe dans le vide, les structures sont très nettement séparées et se déplacent sous l'action d'un champ magnétique pratiquement toujours à l'opposé de la force de Laplace. Les dimensions pour ces structures sont de l'ordre d'une à plusieurs dizaines de micromètres, chacune transportent environ 100 A et provoquent selon le matériau constituant l'électrode, une érosion de celle-ci allant de 50 à 200 $\mu\text{g}\cdot\text{C}^{-1}$. Les valeurs prises par la densité de courant s'expriment en $10^9 \text{ A}\cdot\text{m}^{-2}$ et pour le champ électrique en $10^9 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$.

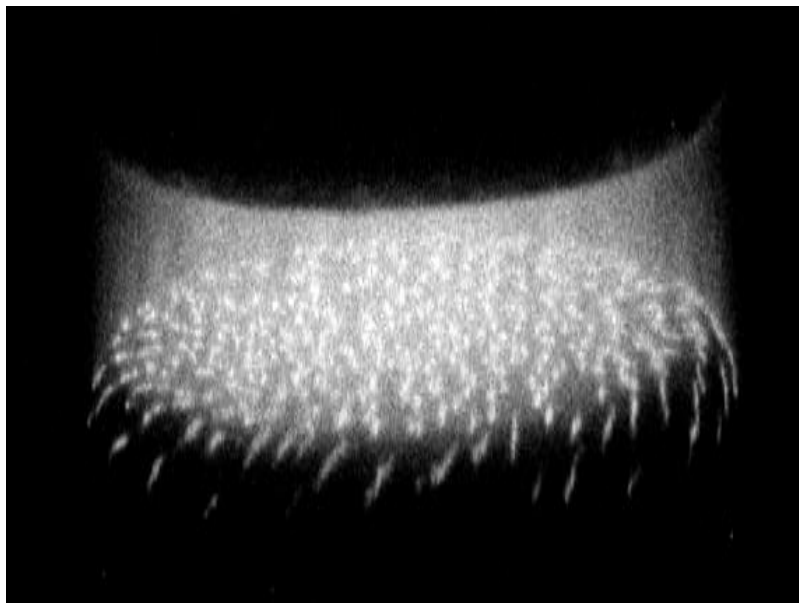
Pour les arcs établis à des valeurs situées autour de la pression atmosphérique, la tache anodique est toujours présente et homogène. Dans le cas des arcs dans le vide, le régime anodique présente quatre modes différents selon les valeurs de la distance inter-électrodes et du courant d'arc. Pour les bas courants, deux modes diffus existent : le premier sans aucune érosion, le second pour des courants plus élevés avec une légère érosion, dans ces deux cas la tache anodique n'est pas apparente. Ensuite pour des courants plus élevés apparaît le mode dit "footpoint" caractérisé par l'apparition d'un ou plusieurs points lumineux sur l'électrode et une érosion basse et modérée, ce mode existe seulement pour un domaine étroit des paramètres anodiques. Enfin le quatrième mode, qu'il vaut mieux éviter d'atteindre dans les appareils de coupe dans le vide, est le régime du spot anodique établi, pour augmenter le courant pour lequel il apparaît, il est nécessaire de créer un champ magnétique au niveau de l'arc de coupe.

Quelques illustrations de pieds d'arc :

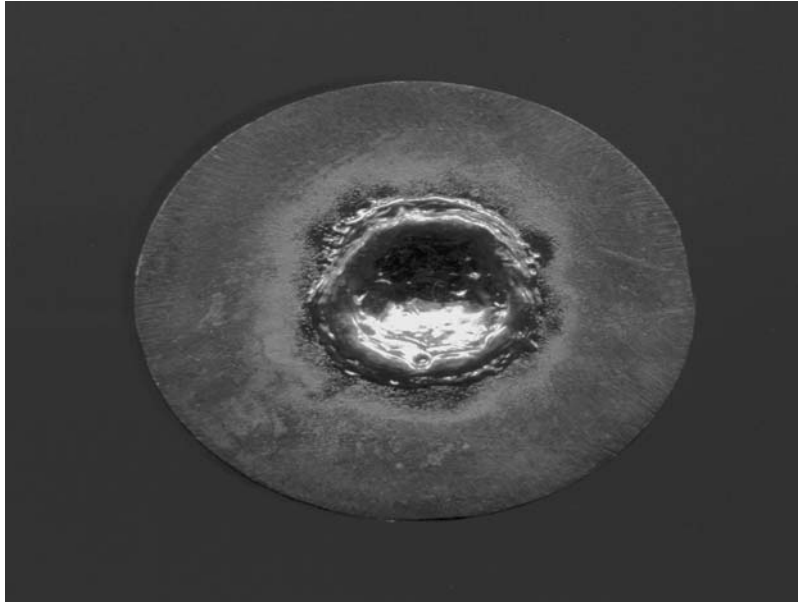
- Photographies d'une cathode pour un arc dans le vide stabilisée par un champ magnétique (multiple-cathode-spot arc).
 - $I=12 \text{ kA}$, $B=0.07 \text{ T}$, diamètre de l'électrode $\Phi=50 \text{ mm}$, longueur de l'arc $L=6 \text{ mm}$.



- $I=11.5$ kA, $B=0.13$ T, diamètre de l'électrode $\Phi=30$ mm, longueur de l'arc $L=4$ mm.



- Photographie de la surface d'une anode après l'arc d'un arc dans le vide avec formation de spot anodique.
 - $I=2.5$ kA, diamètre de l'électrode $\Phi=20$ mm, longueur de l'arc $L=8$ mm.



Ces photos ont été faites à [IOFFE Physico-Technical Institute](#) par A.A. Logatchev et S.M. Shkolnik.

Les développements pour le futur sont :

• Court terme :

Réduction de l'érosion des électrodes pour les arcs dans le vide par un choix approprié du matériel et de la conception de l'électrode.

• Moyen terme :

Modélisation du système physique : arc-électrodes.

• Long terme :

Interrupteurs dans le vide pour des tensions supérieures à 100 kV.

➔ Les ouvrages de ce domaine :

- [Handbook of Vacuum Arc Science and Technology](#), Boxman, R.L.; Sanders, D.; Martin, P.J. © 1995; Noyes/William Andrew Publishing.
- [L'Arc électrique](#), S. Vacquié, Édition Eyrolles, Paris 2000.
- [Cathode Phenomena in a Vacuum Discharge: the Breakdown, the Spark and the Arc](#), Gennady A. Mesyats of Russian Academy of Sciences (Nauka publishers), Moscou 2000.
- [Cathode spots of electric arcs](#), B. Jüttner, J. Phys. D: Appl. Phys. 2001.
- Experimental study of the dynamics of cathode spots development, V.I. Rakhovskii, IEEE Trans. Plas. Sci., vol: PS-4, No. 2, June 1976.
- State of the theory of cathode spot phenomena in vacuum arcs, I. I. Beilis, XVIIth ISDEIV, Berkeley, 1996.
- Vacuum arc anode phenomena, H. Graig Miller, IEEE Trans. Plas. Sci., Vol: PS-5, No. 3, 1997.

➔ Les journaux :

- [Journal of Physics D: Applied Physics.](#)
- [IEEE Transactions on Plasma Sciences.](#)
- [IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation.](#)

➔ Les conférences :

- [ISDEIV](#), International Symposia on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum.
- [ICPIG](#) International Conferences on Phenomena in Ionized Gases.

➔ Les laboratoires :

- [Centre de Physique des Plasmas et de leurs Applications de Toulouse](#) (CPAT, UMR 5002) - Toulouse.
- [Laboratoire Arc Electrique et Plasmas Thermiques](#) (LAEPT, UMR 6069) - Clermont-Ferrand.
- [Ecole Supérieure d'Electricité](#) - Gif sur Yvette.
- [Max-Planck Institute for Plasma Physics](#), Humboldt University of Berlin - Allemagne.
- [IOFFE Physico-Technical Institute](#) - Russie (St-Petersbourg).

➔ Les entreprises :

- [MERLIN GERIN](#), France.
- [SIEMENS](#), Allemagne.
- [ABB](#), Suisse.