

## Les sources de plasma

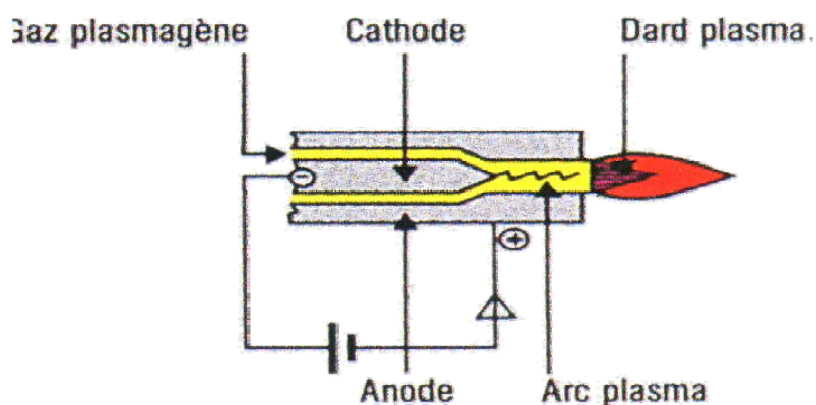
Le développement industriel de la technologie des plasmas dépend, en grande partie, de la disponibilité d'outillages fiables de haute performance pour la génération des plasmas. Un des volets importants vise le développement de nouvelles conceptions de torches (ou chalumeaux) à plasma et l'établissement de facteurs d'échelle permettant de prédire les performances à haute puissance.

Les sources à plasma sont les torches à plasma à courant continu (d.c.) et à haute fréquence (H.F.), à couplage inductif et les fours à arc transféré.

### Chauffage par arc - Torche à plasma

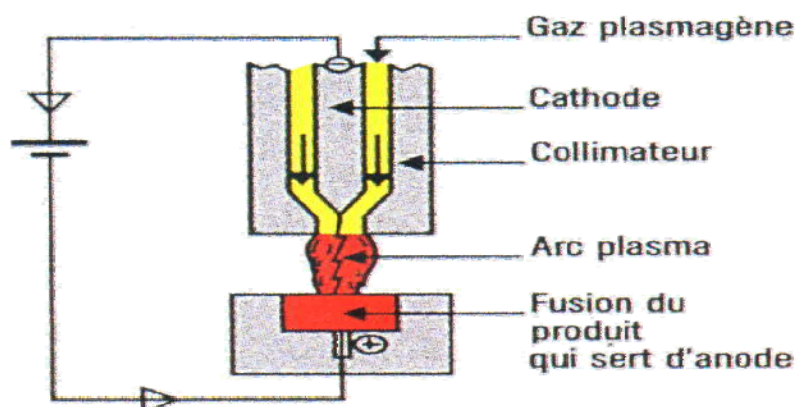
Pour générer le plasma, on met en contact le gaz avec un arc électrique. Cet arc est amorcé entre deux électrodes, l'une appelée cathode et l'autre anode : c'est le principe de l'arc soufflé.

Arc soufflé



Si l'arc s'accroche entre la cathode et une charge conductrice (à réchauffer ou à fondre), l'arc est dit transféré.

Arc transféré

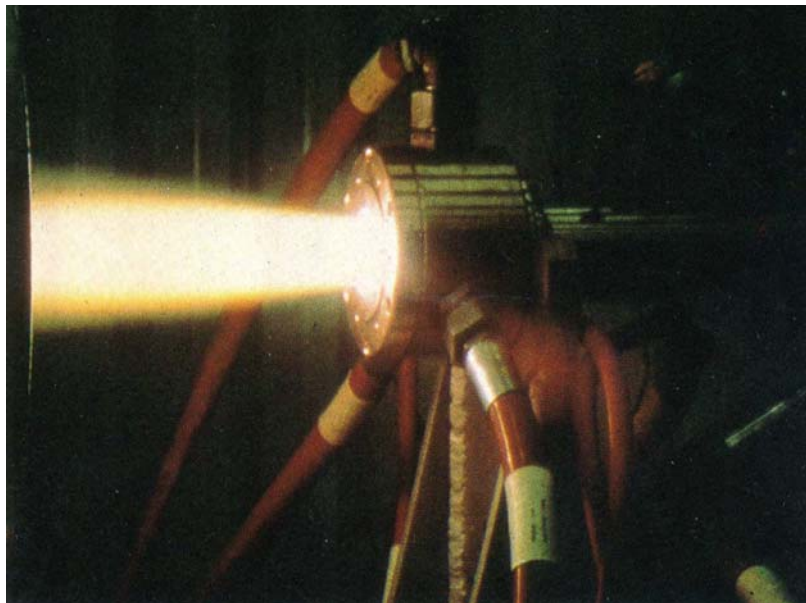


Avec l'arc soufflé, le transfert de chaleur s'effectue essentiellement par le gaz, alors qu'avec l'arc transféré, le transfert de chaleur se fait également par l'arc.

### ➔ Caractéristiques et avantages principaux

- Gaz couramment utilisés dans les plasmas thermiques : air, méthane, azote, gaz rares...
- Énergie spécifique élevée (2 à 5 kWh/Nm<sup>3</sup> d'air), d'où un dimensionnement réduit du générateur facilitant l'intégration dans les procédés existants.
- Haute température (de 3000°C à 15000°C), d'où une fusion rapide des produits réfractaires et une bonne adaptation aux procédés très endothermiques.
- Amélioration de la cinétique chimique et des vitesses d'échauffement (de 10<sup>6</sup> à 10<sup>9</sup> °C/s) permettant de nouvelles réactions chimiques.
- Faible inertie thermique d'où une grande souplesse de fonctionnement.
- Alimentation électrique : tension de quelques centaines de volts à 3000 volts; alimentation généralement constituée d'un transformateur d'adaptation et d'un redresseur à thyristors délivrant un courant continu.

Dard plasma à la sortie de la torche (arc soufflé)



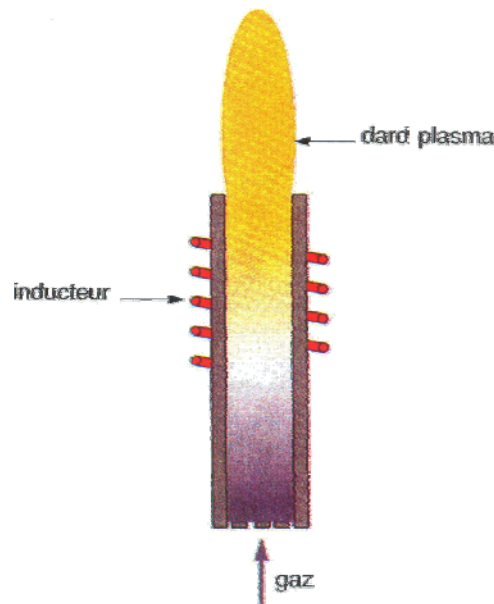
### ➔ Quelques exemples d'applications

- Applications de forte puissance (supérieur à 100 kW) :
  - production d'acétylène,
  - réchauffage de vent de haut fourneau, de cubilot et de gaz de procédés,
  - réchauffage d'acier liquide,
  - fusion de fines,

- traitement de poussières,
  - destruction de déchets.
- Applications de faible puissance (10 à 300 kW) :
    - découpage,
    - soudage,
    - revêtement de surface

### Le plasma inductif

Le plasma composé d'espèces ionisées et d'électrons est conducteur de l'électricité, il peut être le siège de courants développés par induction suivant les règles habituelles de chauffage par induction.



#### ➔ **Caractéristiques et avantages principaux**

Du fait de sa faible conductivité électrique comparée à celle des métaux, le plasma inductif requiert des fréquences élevées pour pouvoir fonctionner (ex : 20 kW à 20 Mhz). La fréquence de travail diminue quand la puissance installée augmente. Ainsi une torche de 100 kW peut fonctionner à 3 Mhz.

Si on compare la torche à plasma inductif à son plus proche voisin, la torche à plasma d'arc, on peut relever les avantages et caractéristiques suivants :

- L'absence d'électrode en fait un plasma propre permettant l'élaboration de produits de haute pureté.

- La grande taille de la torche et la faible vitesse des gaz augmentent le temps de séjour dans la zone chaude, permettant une chimie plus complète.
- L'utilisation d'injection double flux et de cage métallique refroidi permet un fonctionnement à puissance importante sans altération de la torche.

Les usages d'une torche à plasma inductif apparaissent alors comme complémentaires à ceux d'une torche à plasma d'arc.

#### ➔ **Quelques exemples d'applications**

La principale application industrielle à ce jour est l'élaboration et le traitement de la silice ultrapure destinée à la fabrication de fibres optiques (120 kW, 3 Mhz). Des prototypes industriels commencent à apparaître dans les secteurs suivants :

- purification des poudres de titane,
- élaboration de lingots de silicium photo-voltaïque,
- élaboration de poudres d'alliages métalliques.