

Cours de technologie de base



Programme d'études

Chapitre 1: Matériaux

- " Métaux et alliages et leurs désignations
- " Matières plastiques (polymères);
- " Matériaux composites;
- " Autres matériaux

Chapitre 2: Procédés d'obtention des pièces sans enlèvement de matière

- " Moulage, forgeage, estampage, laminage, tréfilage, extrusion.... Etc
- " Découpage, pliage et emboutissage, etc...
- " Frittage et métallurgie des poudres;
- " Profilés et Tuyaux (en acier, en aluminium);

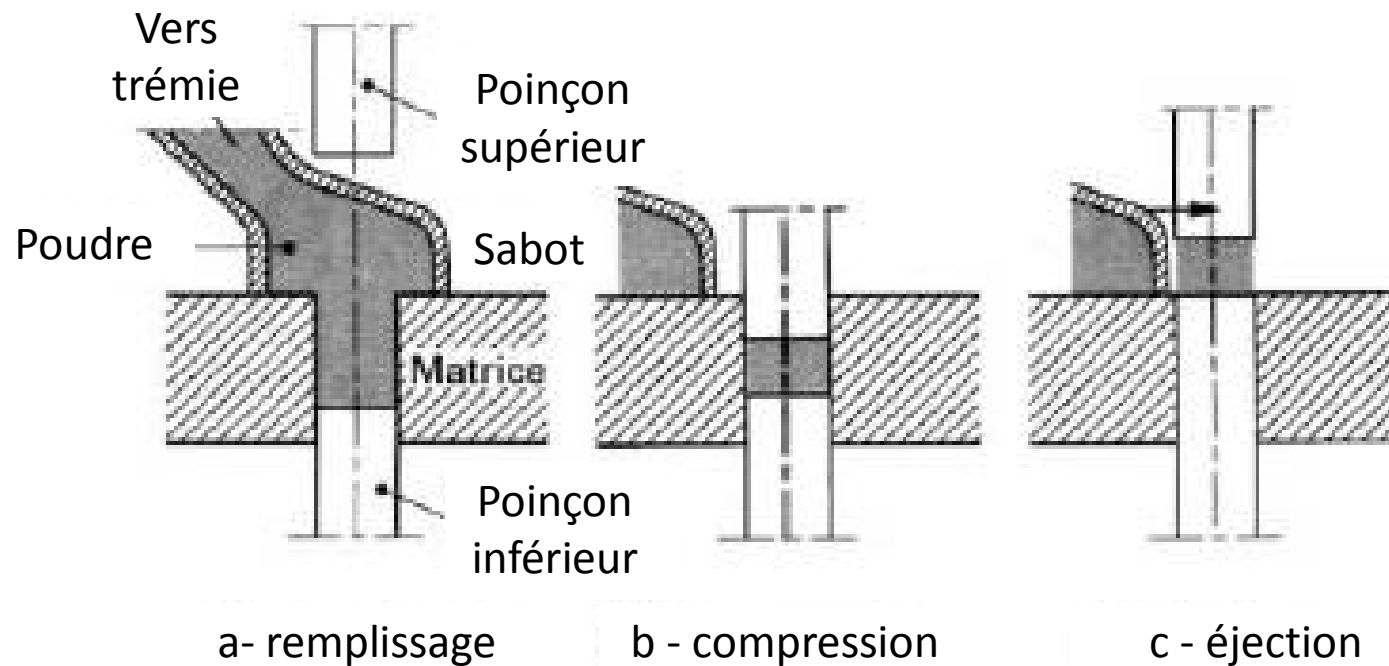
Frittage

Le frittage est un procédé de fabrication de pièces à partir de ***poudres métalliques*** intervenant sous plusieurs étapes.

En général, il consiste en une compression préalable des poudres, puis au chauffage de celles-ci.

Compression uniaxiale

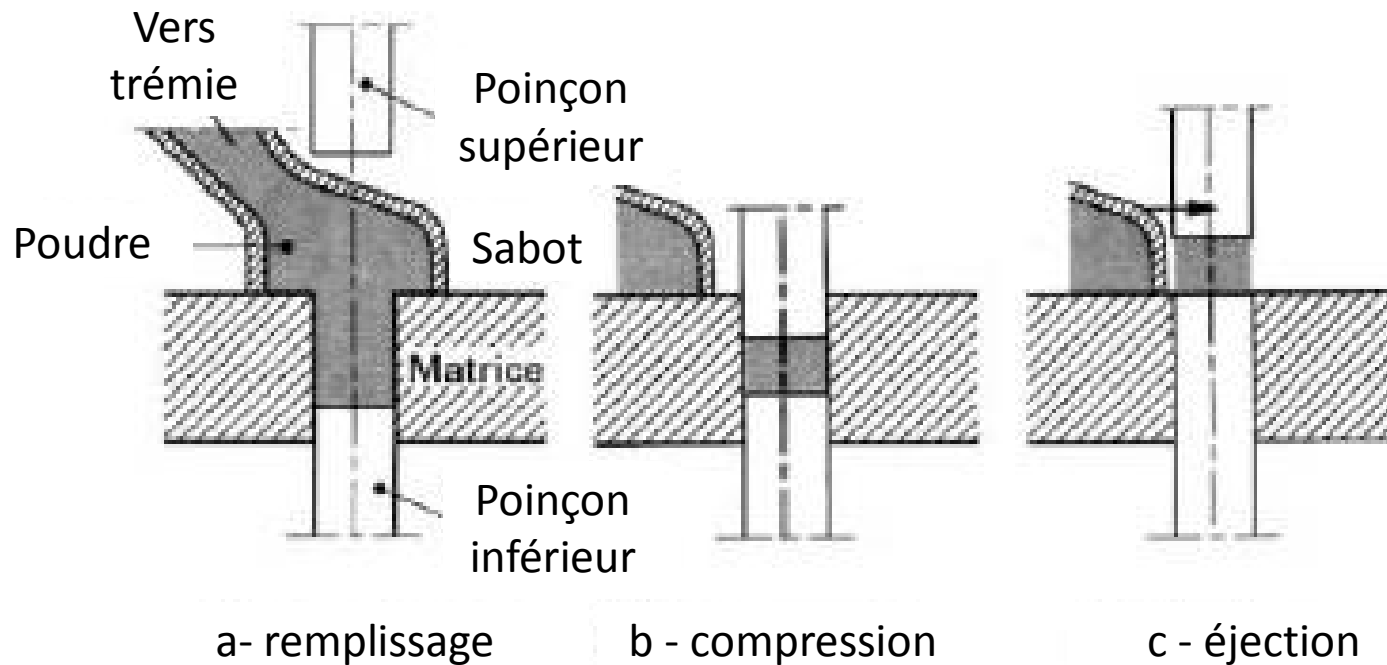
Le principe de la compression uniaxiale dans ce type de processus est schématisé à la figure suivante. Le dispositif comprend une matrice, placée dans une table de presse, et deux poinçons cylindriques.



Frittage

Le processus comprend:

- 1- Remplissage de la poudre; la position du poinçon inférieur détermine le volume de poudre injecté;
- 2- Compression de la poudre à travers le mouvement du poinçon supérieur. La pression peut aller de 400 à 700 MPa;
- 3- L'éjection de la pièce à travers la montée du poinçon inférieur.

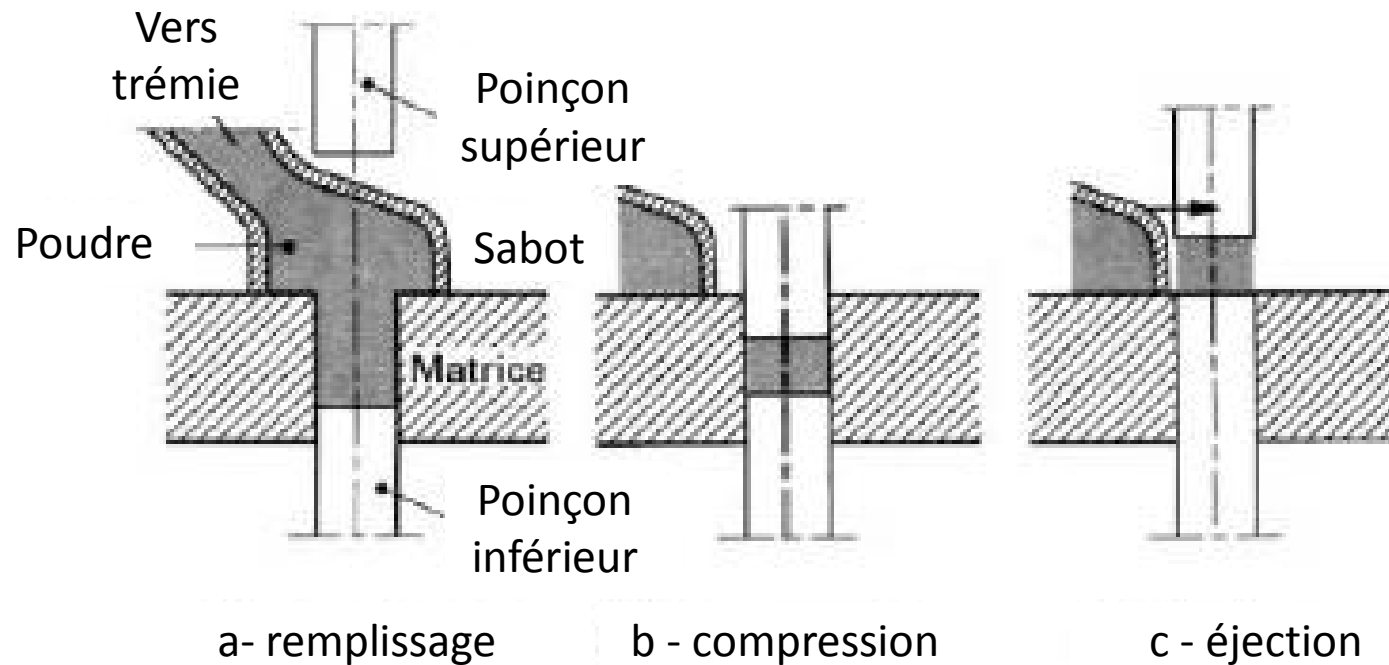


Frittage

Notes:

“ La poudre est approvisionnée automatiquement, à partir d’une trémie, par l’intermédiaire d’un sabot qui est un récipient coulissant sur la table de la presse;

“ La matrice est le plus souvent en carbure (matériau très dur), il est utilisé pour ses bonnes propriétés de résistance à l’usure due à l’abrasion par les poudres.



Chauffage

Après démoulage, on obtient des préformes plus ou moins fragiles (appelés *comprimé*) qui sont ensuite chauffées sous vide ou dans une atmosphère contrôlée, **à une température inférieure à la température de fusion** de l'élément principal. C'est la phase de frittage proprement dite.

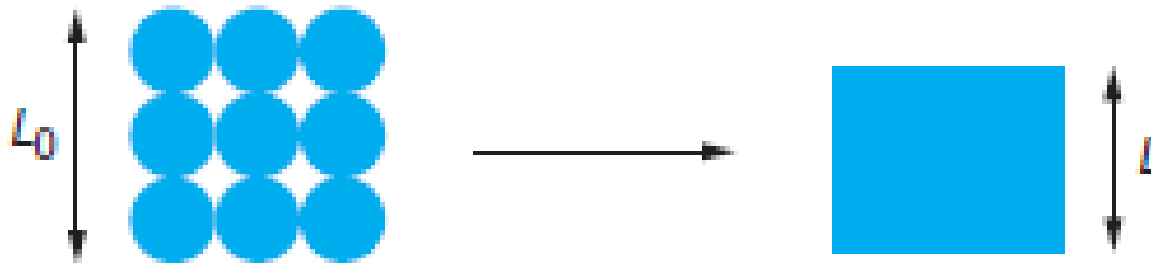
Sous l'effet de la chaleur, les matériaux diffusent les uns dans les autres et les grains de poudre se lient de façon relativement solide, suffisamment en tous cas pour que l'on puisse obtenir des composants mécaniques utilisables.

Note:

Les fours de frittage peuvent atteindre 1250°C à 1600 °C **en fonction des matériaux à fritter.**

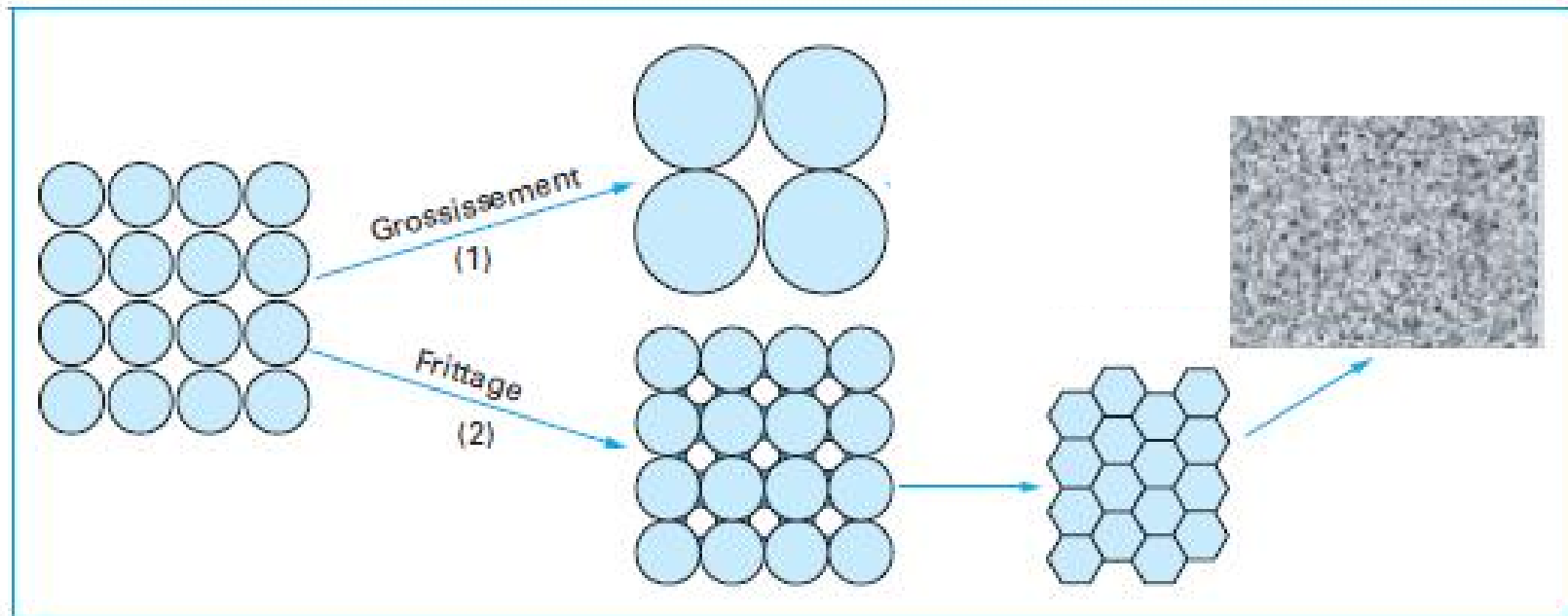
Frittage

Au cours du chauffage, la surface du comprimé de poudre diminue. On passe d'une surface de longueur L_0 à une surface de longueur L .



Frittage

La diminution de surface d'une poudre peut correspondre à une soudure entre les grains (à nombre de grains constant) ou à un grossissement des grains à distance. Dans ce dernier cas, le nombre total de grains diminue et la taille moyenne des grains augmente.



Frittage

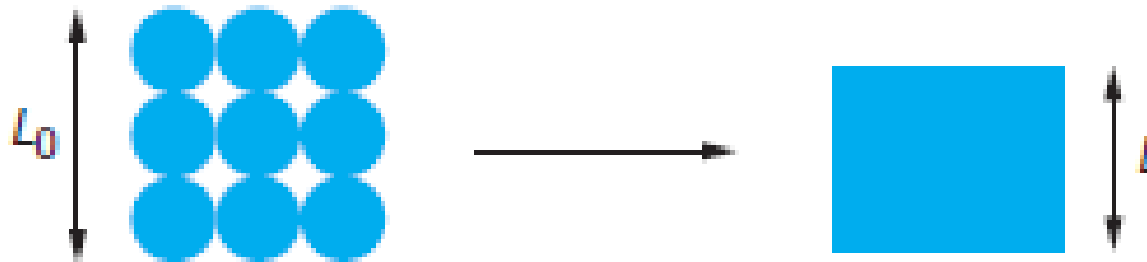
La longueur d'un échantillon comprimé peut être mesurée et la valeur:

$$\frac{L - L_0}{L_0}$$

représente **la variation relative de longueur**, tel que :

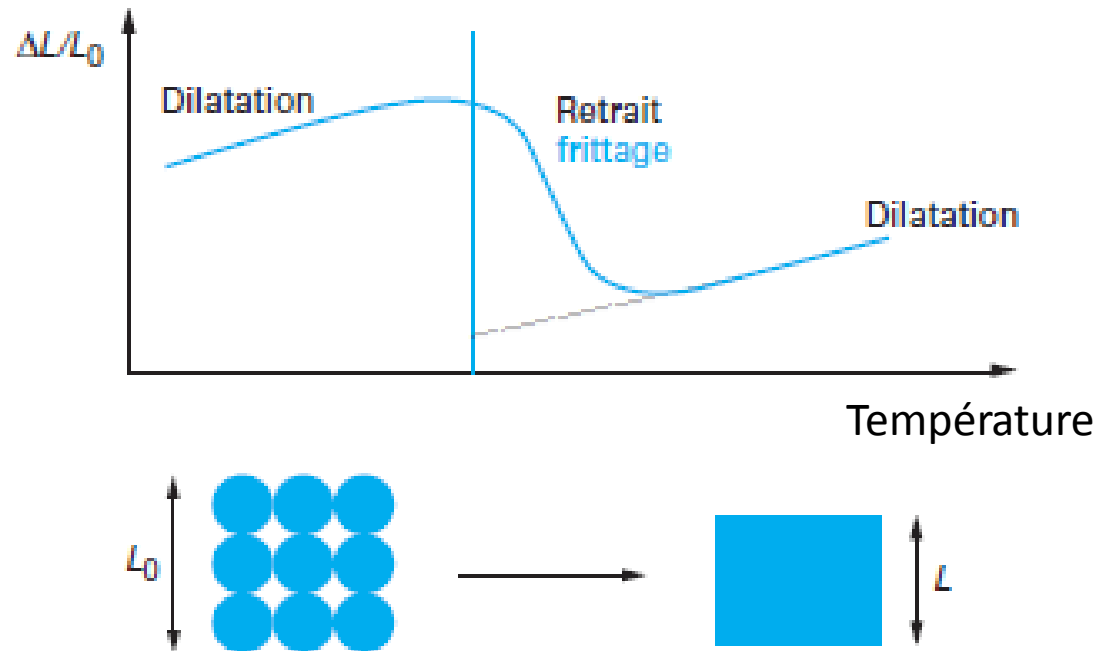
L_0 : longueur initiale;

L : longueur à une température T au cours du traitement thermique.



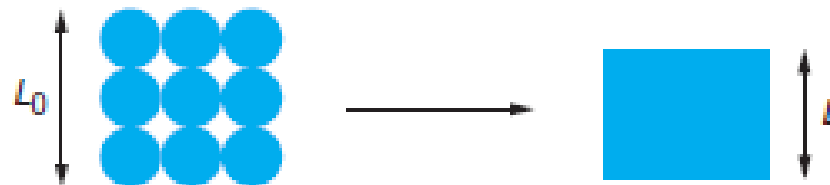
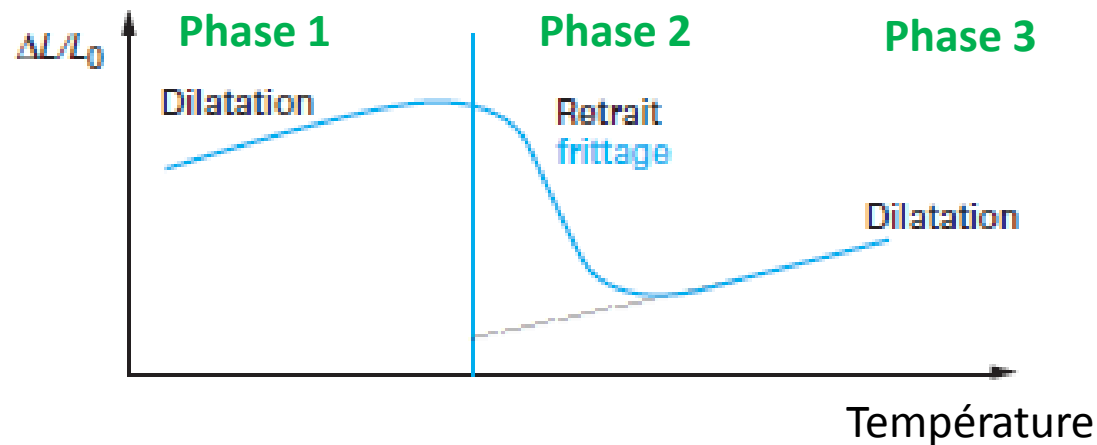
Frittage

Au cours de l'opération de frittage, la variation relative de longueur d'un comprimé peut être tracée en fonction de la température afin d'observer un phénomène de densification se produisant au cours du processus.



Frittage

- “ La phase 1 montre une augmentation de la taille de l'échantillon, celle-ci correspond à la dilatation du comprimé sous l'effet de la chaleur.
- “ La phase 2 est caractéristique d'une densification du matériau. Elle est la conséquence de deux processus : la soudure des grains et l'élimination de la porosité délimitée par ces grains.
- “ La phase 3 correspond également à une dilatation sous température du comprimé une fois densifié.



Propriétés mécaniques des matériaux frittés

Les matériaux frittés peuvent avoir des propriétés mécaniques élevées, ce qui permet de les utiliser dans des applications diverses

		Désignation normalisée ISO ou MPIF*	Propriétés minima-les garanties		Propriétés typiques			
			R _{p0,2} mini garantie (en MPa)	R _m , min garantie (en MPa)	Dureté apparente HV5	R _{p0,2} typique (en MPa)	R _m typique (en MPa)	Module de Young (en GPa)
Fe	→	F-00-120	120		75	150	210	140
Fe-P	→	F-00P05-210	210	220	120	240	400	140
Fe-Cu-C	{	F-05C2-270	270		115	300	325	115
		F-05C2-300	300		150	330	390	140
Fe-Ni-Cu-Mo-C	{	FD-05N2C-400	400		180	420	590	150
		FD-05N2C-440	440		210	460	680	170
		FD-05N4C-420	420		200	440	750	150
		FD-05N4C-450	450		230HV10	460	875	170
Aciers pré-alliés au-to-trempants : Fe-Ni-Cu-Mo-C ou Fe-Cr-Mo-C	{	FLC-4608-95HT*		660	36HRC	/	720	140
		FL-5305-120HT*		830	20HRC	/	830	130
Fe-Cu-C et Fe-Ni-Cu-Mo-C	{	F-05C2-620H		620	430HV10	/	690	140
		FD-05N2C-950H		950	400HV10	/	1020	150
		FD-05N4C-930H		930	390HV10	/	1000	150
		FL-05M1-940H		940	350	/	1020	140

Frittage

Propriétés mécaniques des matériaux frittés

Les matériaux frittés peuvent avoir des propriétés mécaniques élevées, ce qui permet de les utiliser dans des applications diverses

		Désignation normalisée ISO ou MPIF*	Propriétés minimales garanties		Propriétés typiques			
			R _{p0,2} mini garantie (en MPa)	R _m , min garantie (en MPa)	Dureté apparente HV5	R _{p0,2} typique (en MPa)	R _m typique (en MPa)	Module de Young (en GPa)
Fe	→	F-00-120	120		75	150	210	140
Fe-P	→	F-00P05-210	210	220	120	240	400	140
Fe-Cu-C	{	F-05C2-270	270		115	300	325	115
		F-05C2-300	300		150	330	390	140
Fe-Ni-Cu-Mo-C	{	FD-05N2C-400	400		180	420	590	150
		FD-05N2C-440	440		210	460	680	170
		FD-05N4C-420	420		200	440	750	150
		FD-05N4C-450	450		230HV10	460	875	170
Aciers pré-alliés auto-trempants : Fe-Ni-Cu-Mo-C ou Fe-Cr-Mo-C	{	FLC-4608-95HT*		660	36HRC	/	720	140
		FL-5305-120HT*		830	20HRC	/	830	130
		F-05C2-620H		620	430HV10	/	690	140
Fe-Cu-C et Fe-Ni-Cu-Mo-C	{	FD-05N2C-950H		950	400HV10	/	1020	150
		FD-05N4C-930H		930	390HV10	/	1000	150
		FL-05M1-940H		940	350	/	1020	140

Valeurs importantes

Avantages des matériaux frittés

- ” Tolérance dimensionnelle appréciable;
- ” Qualité de surface importante;
- ” Coûts de production compétitifs.

Inconvénients des matériaux frittés

- ” Nécessite un matériel adapté permettant des mises en pression importantes et un contrôle de la densité;
- ” Applicable à des pièces de grande série car nécessite la fabrication de matrices.

Applications

Les applications des matériaux frittés peuvent être variées:

- ” Composants de freinage;
- ” Composants électriques;
- ” Prothèses médicales;
- ” Pièces de filtration;
- ” Pièces mécaniques aux caractéristiques appréciables.



Découpage

Quatre procédés de découpage peuvent être cités:

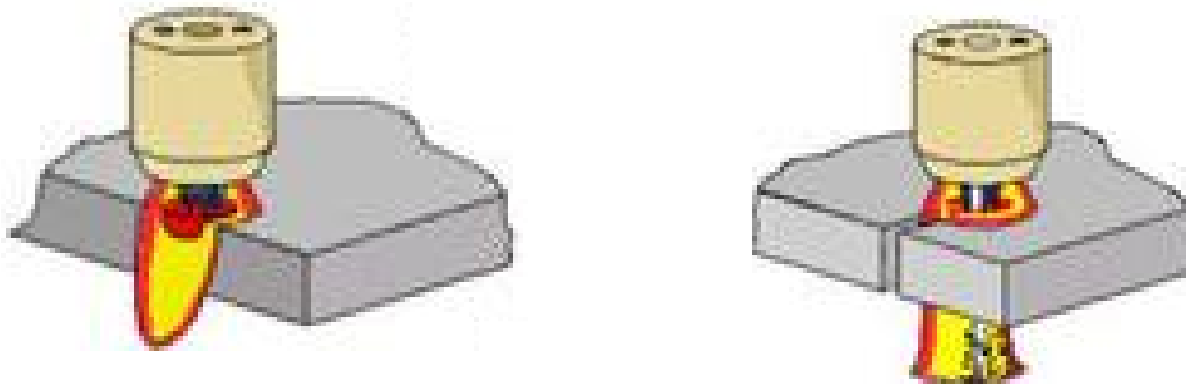
- " Découpe à l'oxycoupage;
- " Découpe plasma;
- " Découpe au laser;
- " Découpe au jet d'eau.

Découpe à l'oxycoupage

Il s'agit du procédé bien connu de la découpe à la flamme.

Au contact de l'air ambiant, le fer s'oxyde lentement. **A température élevée**, et en présence d'oxygène pur, l'oxydation est pratiquement instantanée.

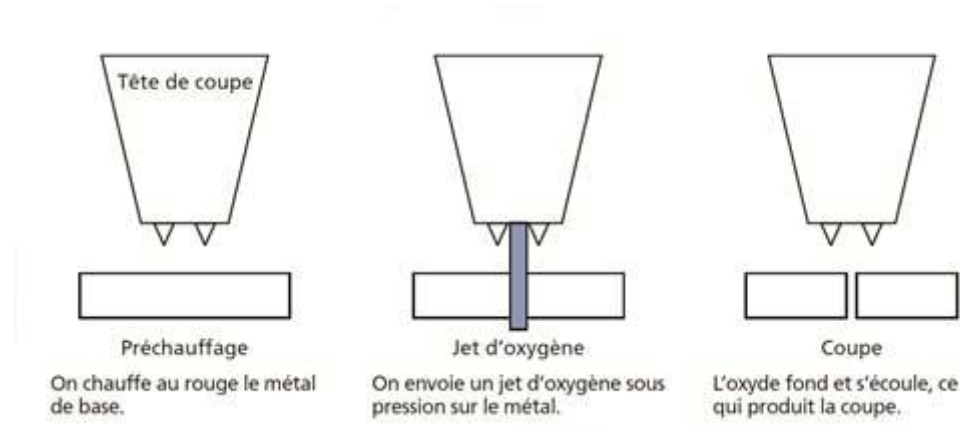
L'oxycoupage est un phénomène de combustion et non de fusion. Il est généré localement à l'endroit où se déroule la coupe. La température de la pièce coupée peut y atteindre 1300 °C.



Découpe à l'oxycoupage

L'opération se fait en 2 étapes:

- 1- Chauffage à environ 1300 °C par une flamme;
- 2- Projection d'un jet d'oxygène pur de faible diamètre qui brûle le métal sur son passage. Réalisant ainsi une saignée par oxydation. La pression de l'oxygène facilite l'expulsion de l'oxyde.

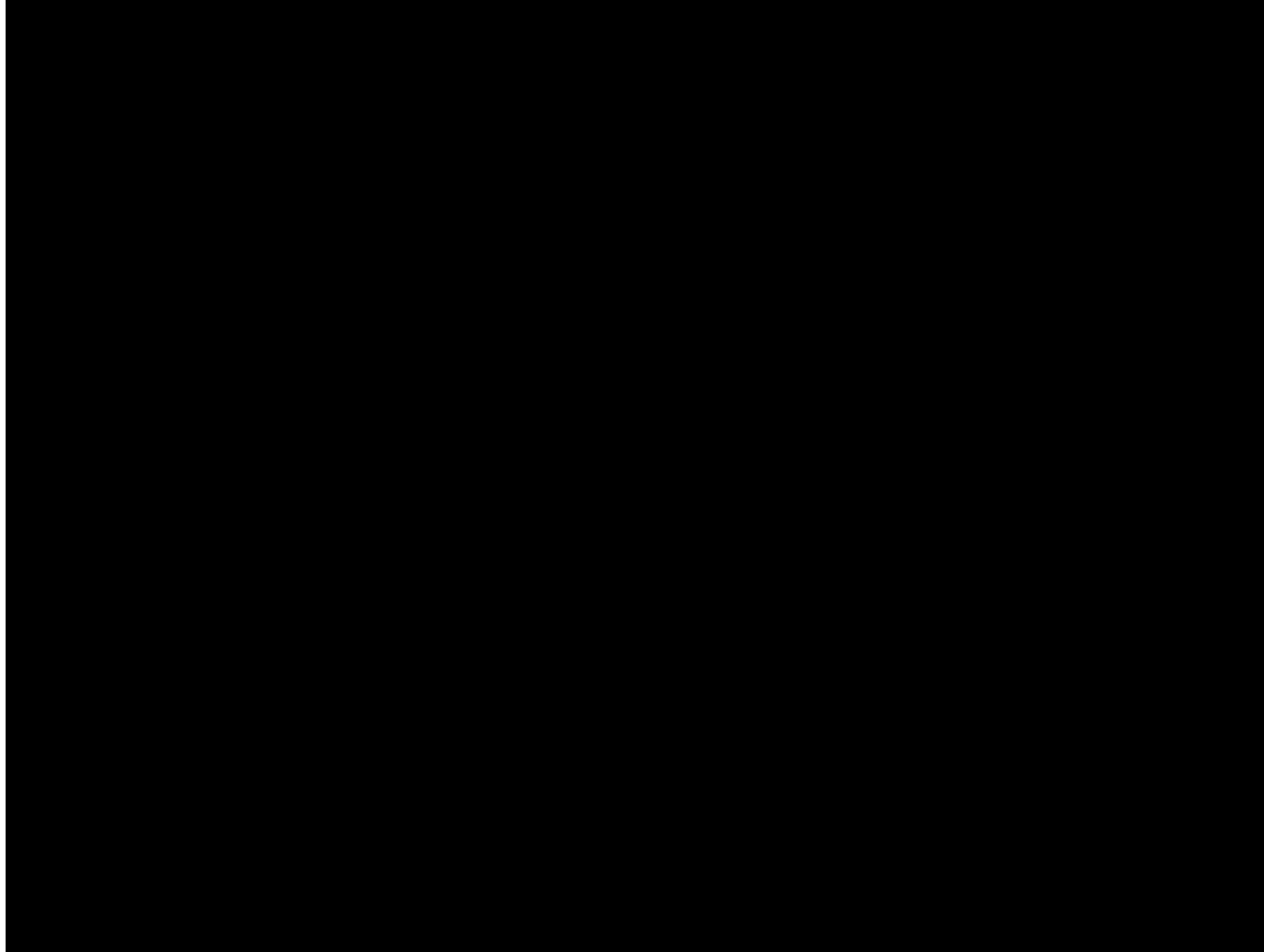


Notes:

- ” L'oxycoupage peut être utilisé essentiellement sur du fer ou des aciers faiblement alliés.
- ” Les épaisseurs de coupe peuvent être élevées (jusqu'à 1 mètre).

Découpe à l'oxycoupage

Oxycoupage
Illustration animée



Découpe plasma

Plasma ?

Découpe plasma

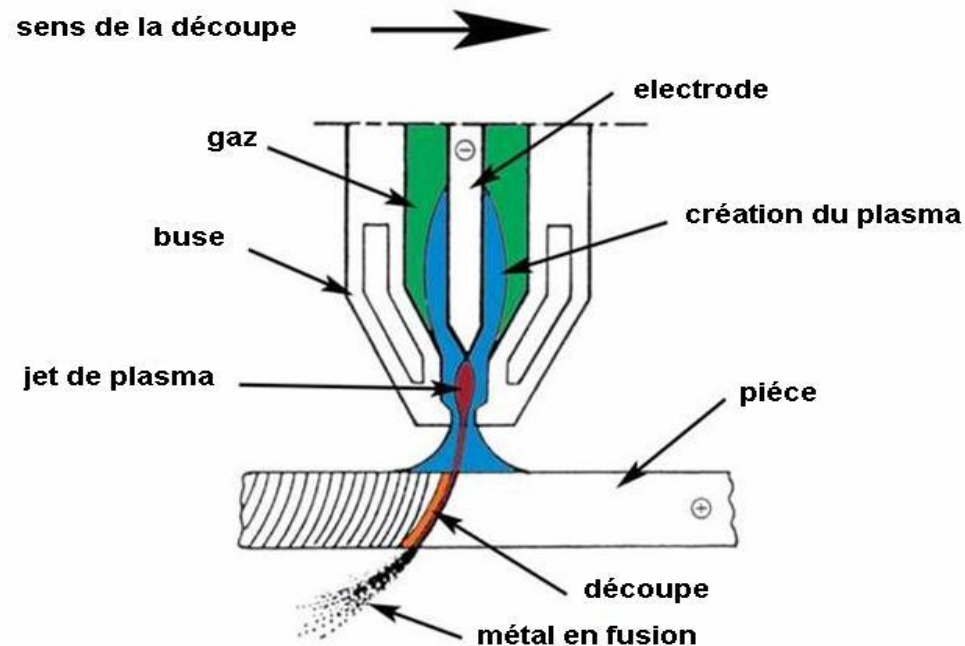
Plasma ?

Le plasma est un gaz ionisé, car il contient des particules chargées (électrons ou ions positifs). Il peut être obtenu en soumettant le gaz à des températures élevées, à un fort champ électrique ou à un champ électromagnétique intense.

Découpe plasma

Principe:

- a) **Création d'un arc électrique:** Après mise sous tension, un arc électrique est créé entre une électrode et la pièce à couper. L'arc est très localisé.
- b) **Ouverture du gaz ou du mélange plasmagène :** Le gaz est expulsé vers l'extérieur au travers d'un orifice de faible diamètre. L'arc et le gaz sont dirigés sur une zone très précise et peuvent générer une température allant jusqu'à 18000 °C. Le gaz devenu ionisé (**PLASMA**), permet de chasser le métal en fusion.
- c) **Découpe:** Après l'amorçage et le début de la coupe, il suffira de garder une hauteur constante et de se déplacer pour effectuer la découpe voulue.



Découpe plasma

Avantages

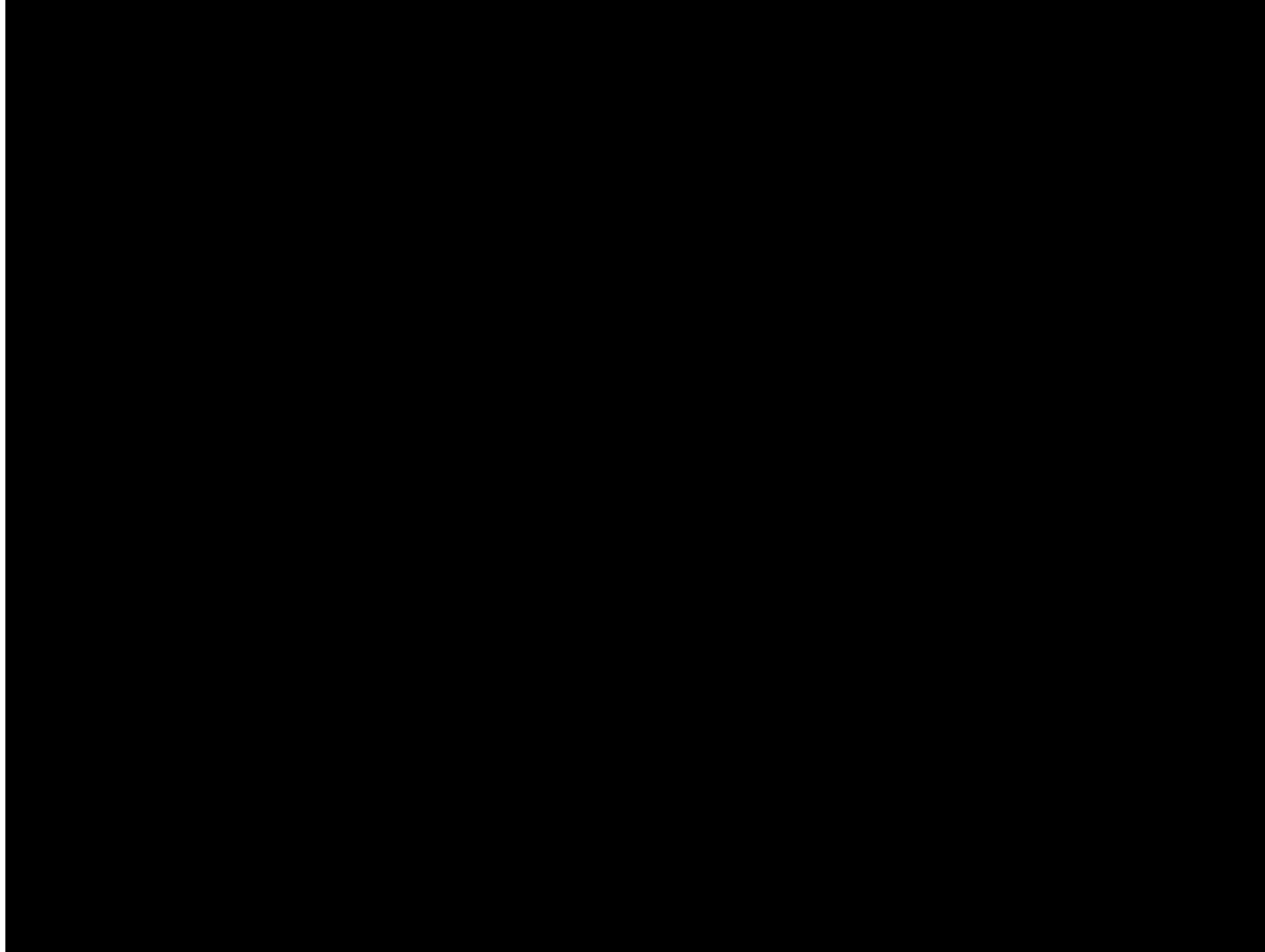
- ” Permet de découper des épaisseurs fines et des matériaux inoxydables (contrairement à l'oxycoupage);
- ” Précision importante: environ 0.2mm.

Inconvénients

- ” Dégagement de gaz toxiques généré par les hautes températures de travail;
- ” Nécessité de travailler à l'air libre ou dans des locaux spécialement ventilés;
- ” Port d'équipements spécifiques nécessaire: cagoule ou masque, gants, chaussures de sécurité.

Découpe plasma

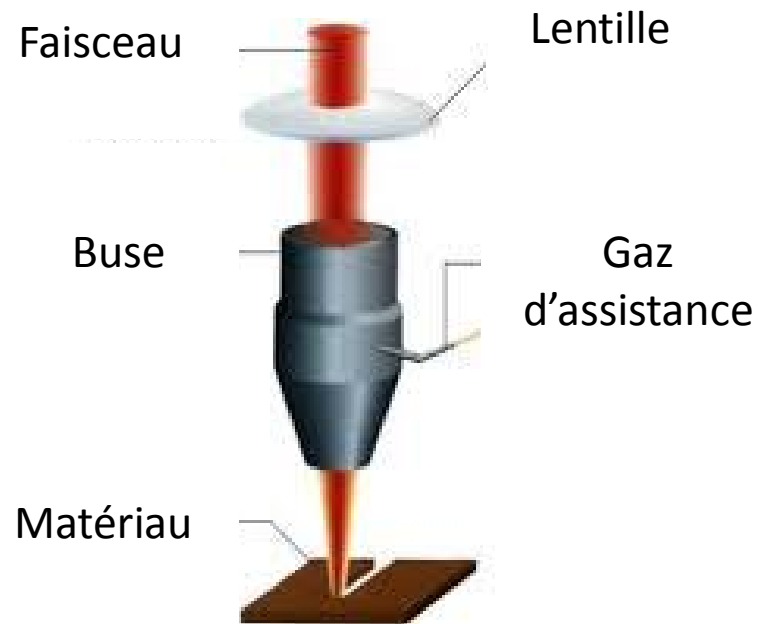
Découpe plasma
Illustration animée



Découpe laser

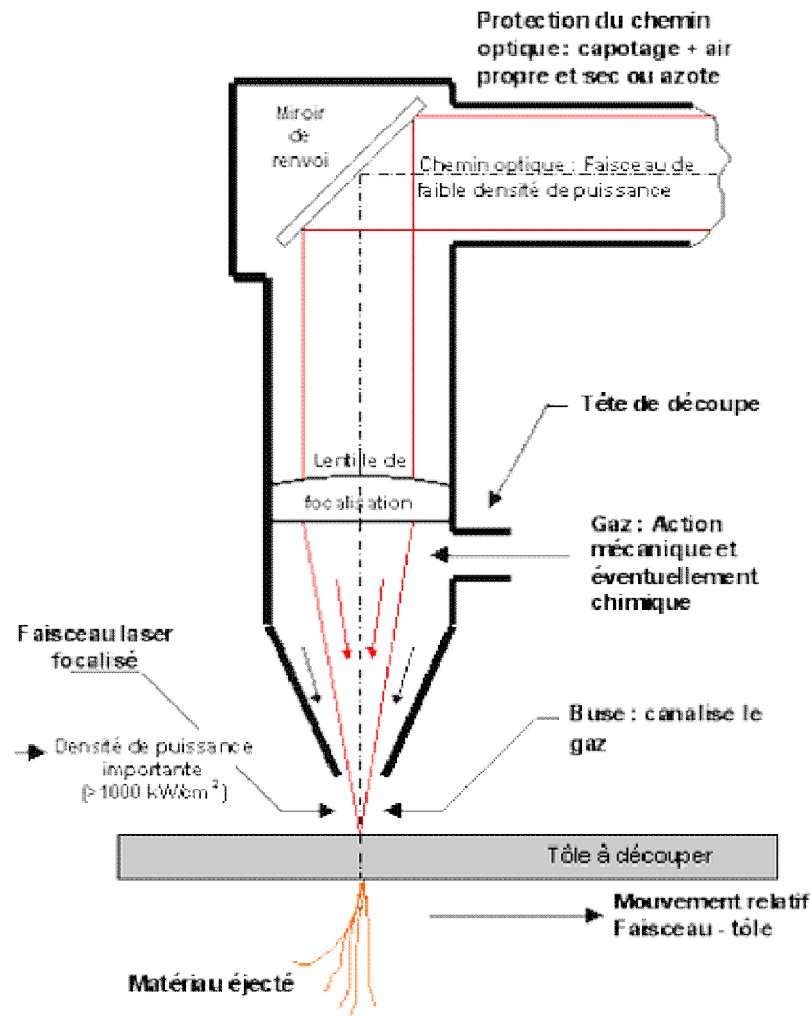
LASER: **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation (Amplification de la lumière par émission stimulée de radiation).

La découpe laser est un procédé de fabrication qui consiste à découper la matière grâce à une grande quantité d'énergie générée par un laser et concentrée sur une très faible surface.



Découpe laser

Le principe est de focaliser une grande quantité d'énergie sur une très faible surface. Cette opération est réalisée par une lentille. Il suffit alors de propulser un gaz d'assistance pour chasser la matière, c'est le gaz de coupe.

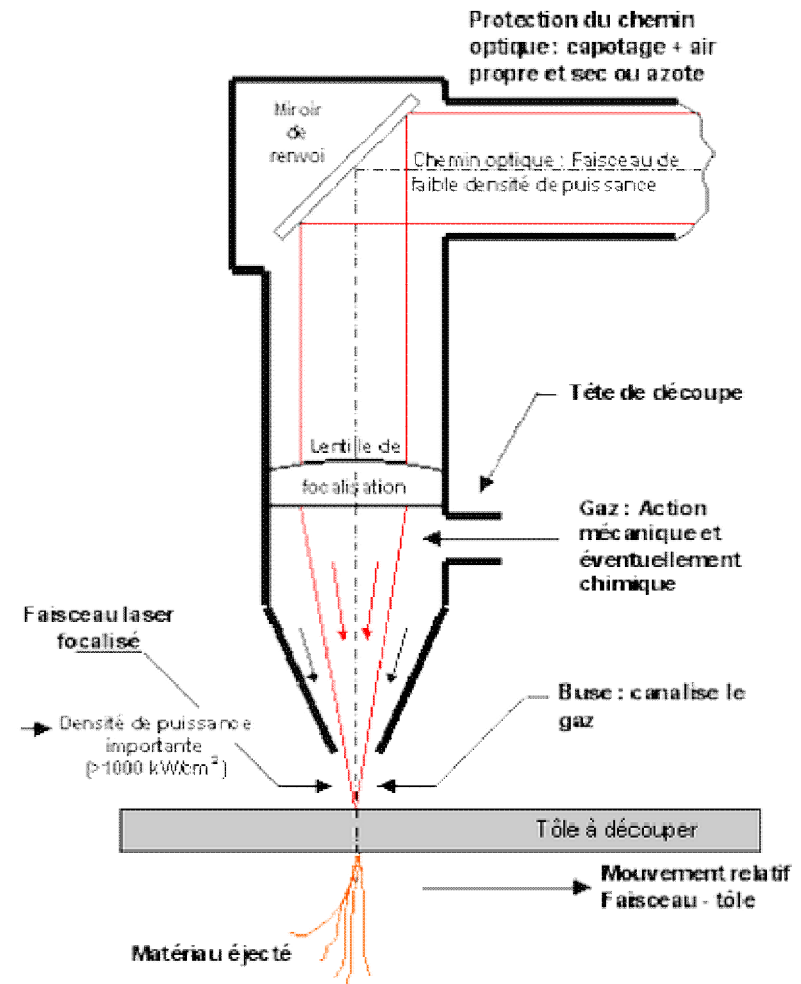


Découpe laser

La focalisation d'un rayon laser permet d'élever la température d'une zone réduite de matière, jusqu'à vaporisation.

La Zone Affectée Thermiquement (ou ZAT) par le rayon laser est relativement faible, ce qui explique le peu de déformation subi par les pièces découpées. A titre indicatif, la ZAT est de l'ordre de 0.5 mm sur une matière métallique.

Il est très courant d'utiliser un gaz additionnel (*Argon, Azote, O₂*) dans la zone de découpage pour en améliorer l'efficacité : soit pour repousser les débris de découpe afin de maintenir une zone de travail propre, soit pour neutraliser la ZAT et éviter la formation de flamme.



Découpe au jet d'eau

La découpe au jet d'eau consiste à projeter de l'eau sous très haute pression sur le matériau à découper.

La matière à découper peut être de différents types: mousse, cuir, papier, matériaux métalliques, matériaux composites.

La pression de l'eau peut atteindre 6000 bars.



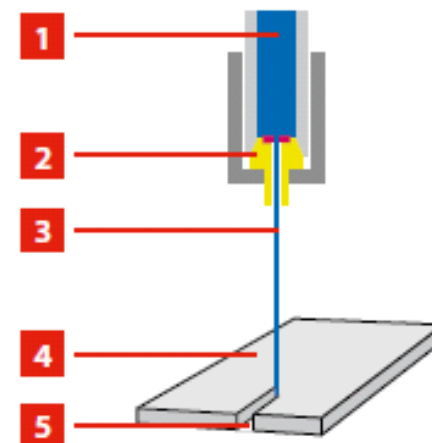
Découpe au jet d'eau

1- Découpe au jet d'eau pur

Le découpage à l'eau consiste en un mince jet d'eau, propulsé à très haute pression, qui permet une coupe nette et précise dans tous les matériaux souples ou poreux ainsi que dans les plastiques minces. Il est particulièrement utilisé pour la découpe du papier et du carton.

Contrairement aux méthodes utilisant la chaleur, comme le laser, le jet d'eau n'affecte en rien les propriétés du matériel et n'engendre aucune fumée ou gaz nocif.

La buse de coupe peut avoir un diamètre allant de 0,08 mm à 0,30 mm.



Découpe au jet d'eau pure

- 1 Eau sous pression
- 2 Buse à eau
- 3 Jet d'eau pure
- 4 Pièce à découper
- 5 Jeu interlames

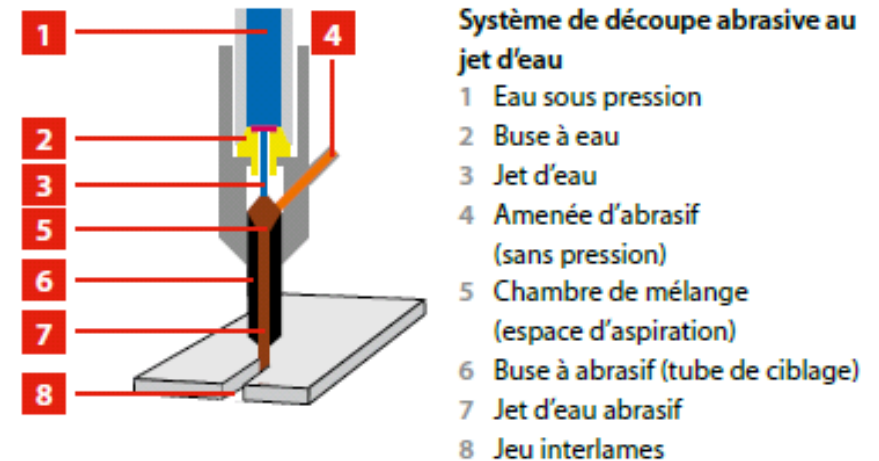
Découpe au jet d'eau

2- Découpe au jet d'eau abrasif

Un abrasif fin (sable) ajouté au jet d'eau à très haute pression permet le découpage des matériaux à forte densité. Ce procédé de découpage est utilisé avantageusement pour la découpe de métaux et de matériaux composites.

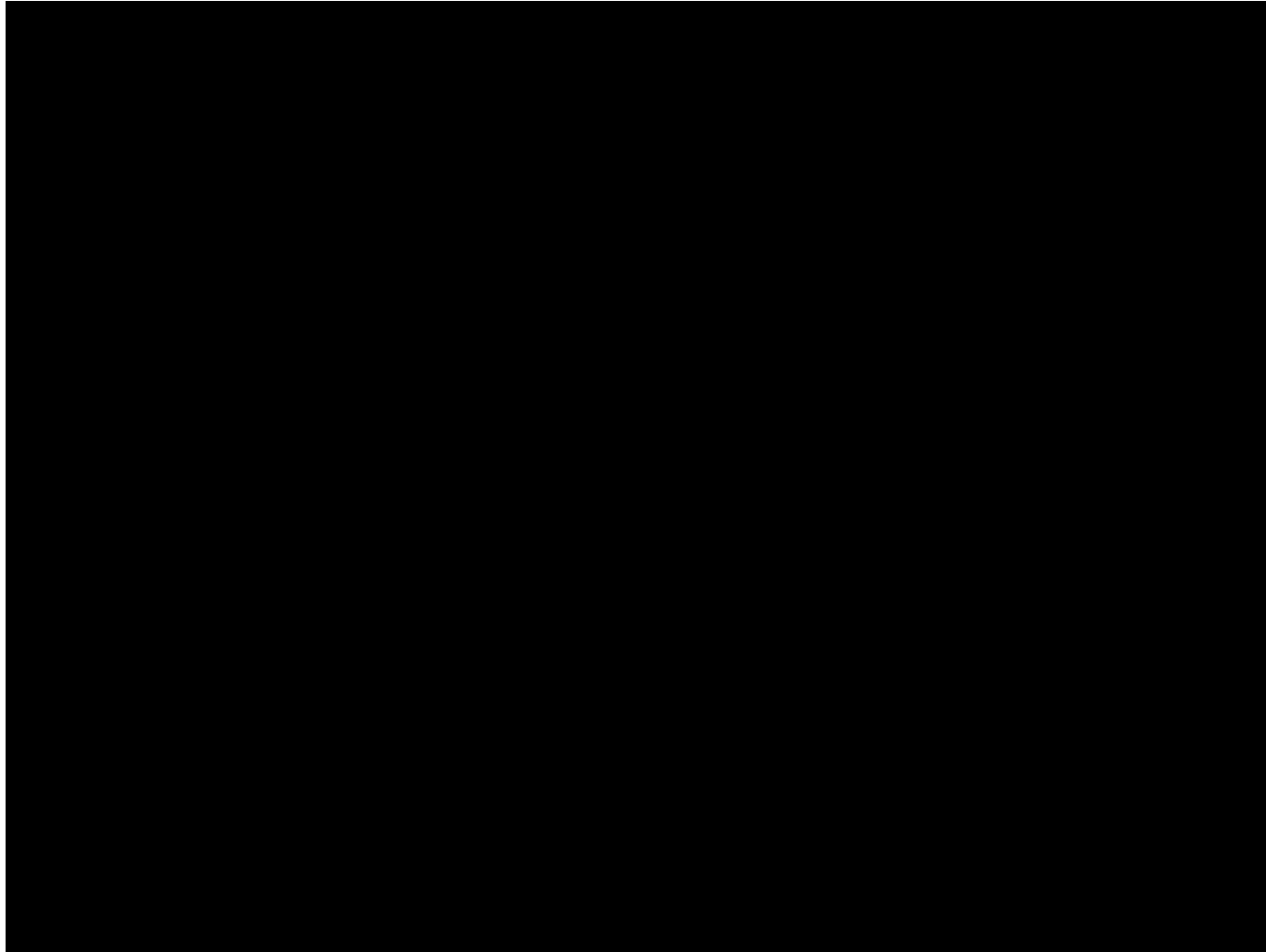
Le découpage à l'eau abrasive n'altère pas les propriétés du matériau par la chaleur.

La buse de coupe peut avoir un diamètre allant de 0,20 mm à 0,40 mm.



Découpe au jet d'eau

Découpe au jet d'eau
Illustration animée



Fin