



**GMP**

General Microtechnology & Photonics  
Systems for Industry, Research, Telecom & Medicine

[www.gmp.ch](http://www.gmp.ch)

# Lasers pour applications de micro-usinage

**Marcel Dubey**

**GMP SA**

# Plan

- **Introduction**
  - **Micro-usinage**
  - **Sources laser**
  
- **Applications de Micro-usinage**
  - **Micro-soudure**
  - **Micro-découpe**
  - **Micro-perçage**
  
- **Conclusion**

# Micro-usinage

- **Lasers basse puissance (50-200W)** (lasers à fibre, pompés par lampes ou par diodes) sont généralement utilisés pour les applications de micro-usinage:
  - Marquage
  - Micro-découpe
  - Micro-soudure
  - Micro-perçage
  - Soudure par points
- Épaisseur typique des matériaux : **20  $\mu\text{m}$  à 1 mm**
- Diamètre de spot : de **10  $\mu\text{m}$  à 100  $\mu\text{m}$**

# Exigences pour Micro-usinage

## ● Micro-soudure

- diamètre de spot de 10µm à 100µm (soudures très fines)
- Zone affectée thermiquement faible
- Stabilité et fiabilité du procédé (pour des soudures par point)
- Vitesse de soudure élevée (soudure avec tête galvano)
- Souder des matériaux réfléchissants et différents.

## ● Micro-découpe

- Zone affectée thermiquement faible
- Pas de débris
- Fine largeur de découpe, chute (15-30µm)
- Pas de déformation mécanique

## ● Micro-perçage

- Petit diamètre (30-60µm)
- Sans conicité
- Trous ronds (entrée et sortie)

## ● Soudure par points

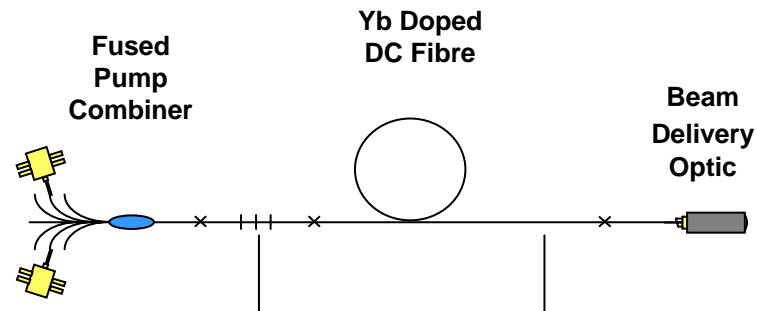
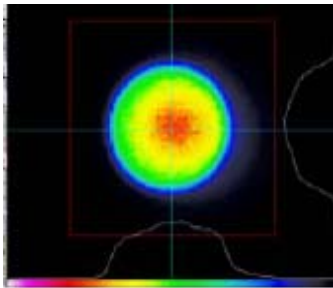
- Pas d'éclaboussure
- Stabilité pulse à pulse
- Spot circulaire

# Sources Laser

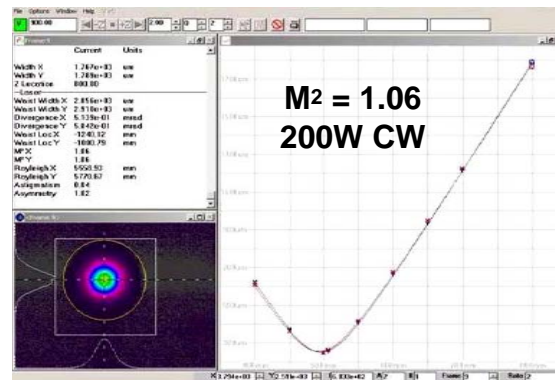
- Depuis le début du développement du micro-usinage laser, la source privilégiée était le **laser pulsé Nd:YAG**
- Les **lasers à fibre** sont devenus depuis peu une alternative pour le micro-usinage
- Cette présentation va **comparer des résultats** de micro-soudure, micro-découpe, micro-perçage pour différents matériaux en utilisant un **laser pulsé Nd:YAG** et un **laser à fibre monomode**.

# Technologies complémentaires

- GSI Group Laser Division présente sa nouvelle gamme de **lasers à fibre industriels** qui est complémentaire aux **lasers Nd:YAG** de sa gamme actuelle

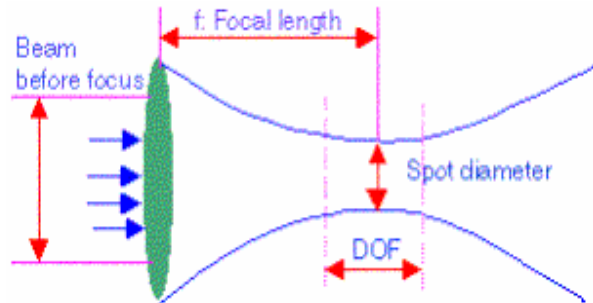


Laser Nd: YAG pulsé (100W, 125W)

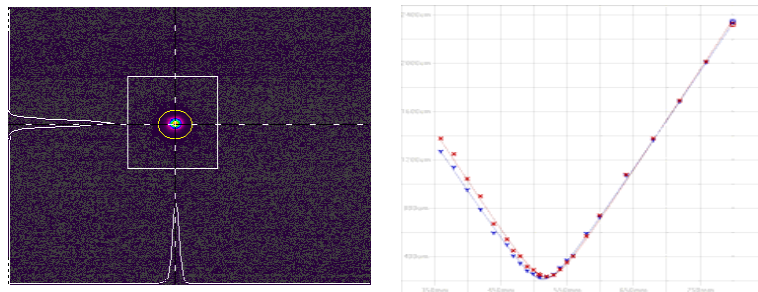


Laser fibre (50W-400W)

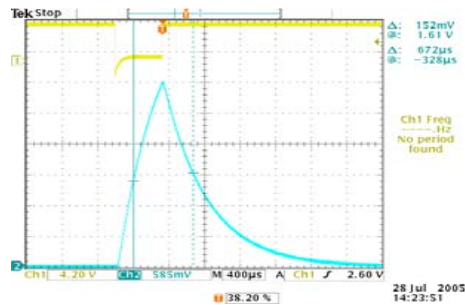
# Avantages des lasers à fibre monomodes



- Les lasers avec une qualité de faisceau proche de la **limite de diffraction** offrent les avantages :



**Profile de faisceau d'un laser à fibre 100W monomode**

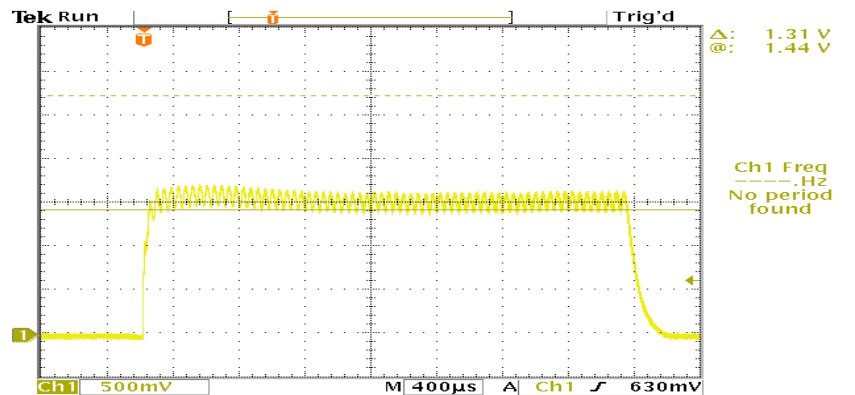


**Comportement temporel d'un laser à fibre pulsé**

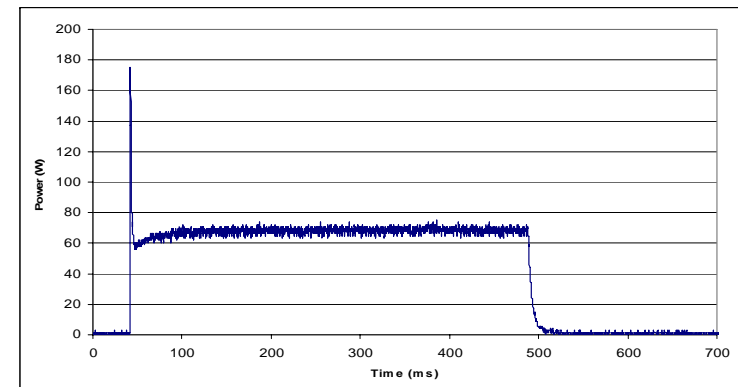
- Point focal réduit
- Grande densité de puissance à la distance de travail
- Zone affectée thermiquement réduite
- Vitesse d'usinage élevée

# Nd:YAG vs Laser à fibre

- **Qualité de faisceau et caractéristiques de pulse**
  - **Laser Nd:YAG pompé par lampe**
    - Pulse long et haute énergie par pulse
    - Faible qualité de faisceau
  - **Laser à fibre continu modulé**
    - Laser monomode (excellente qualité de faisceau) et cadence de pulse élevée
    - Faible énergie par pulse
- **Micro-usinage : chaque technologie a des avantages et des inconvénients**



Nd:YAG pulsé



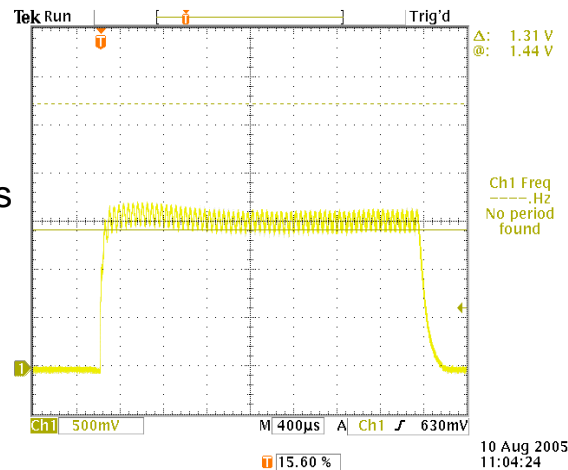
Laser à fibre continu modulé



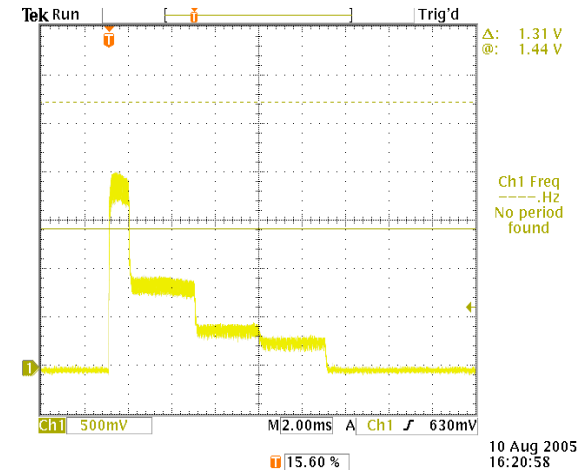
# Modulation de Pulse

- Influence fortement la **qualité d'une soudure**
- La modulation de pulse peut **optimiser les propriétés et l'apparence** des métaux
- Important lors de micro-soudures de **matériaux de nature différente**

- Alliages carbonés
- Alliages sensibles aux cracks
- Matériaux avec PF non homogènes
- Matériaux avec coating
- Matériaux peints
- Matériaux haute réflectivité



Forme standard



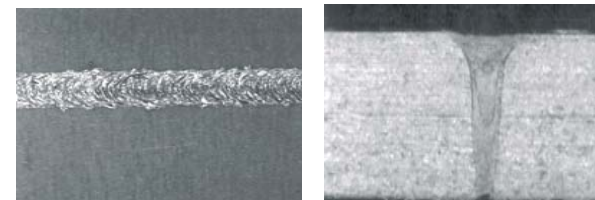
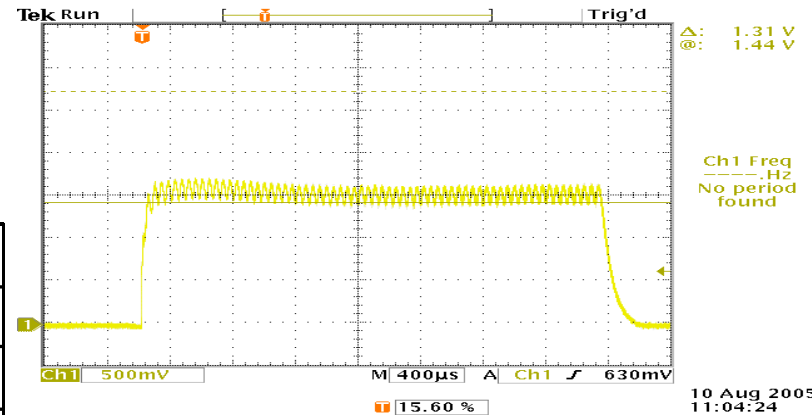
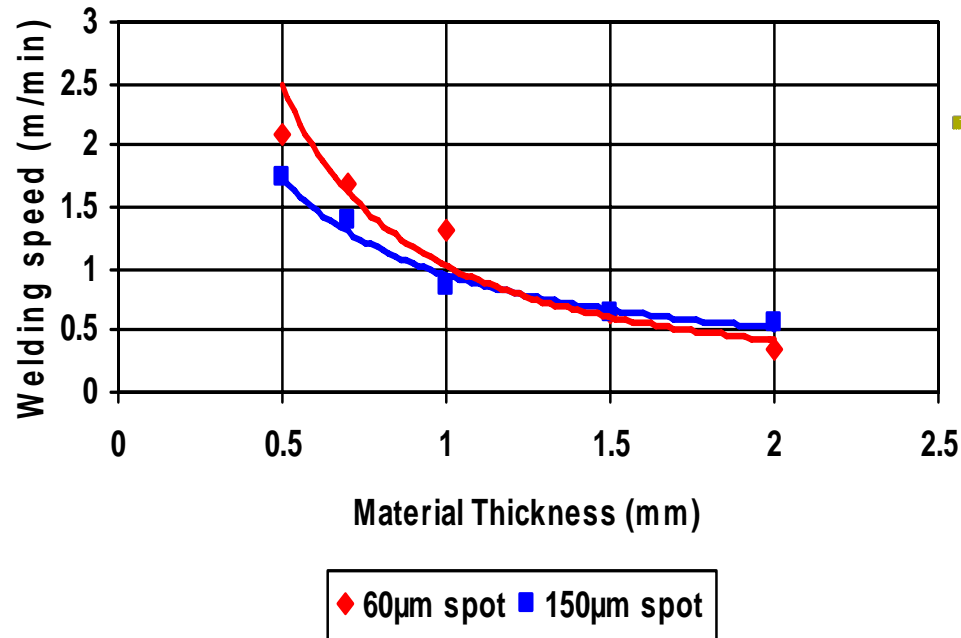
Forme métallurgique



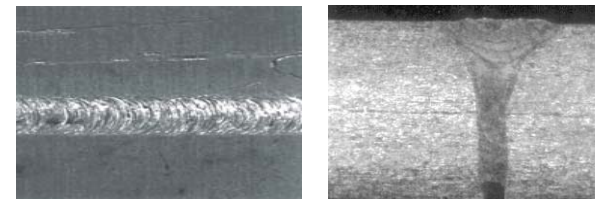
# Micro-soudure

# Laser Nd:YAG pulsé ( $M^2 \sim 20$ )

304SS, Ar gaz, pulse standard



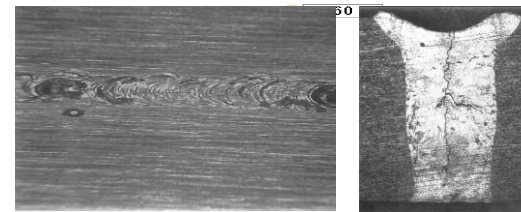
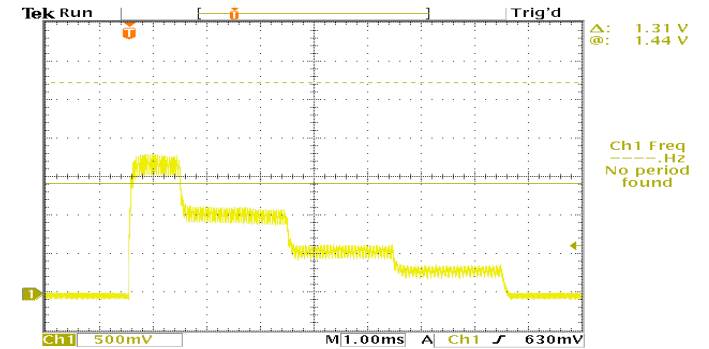
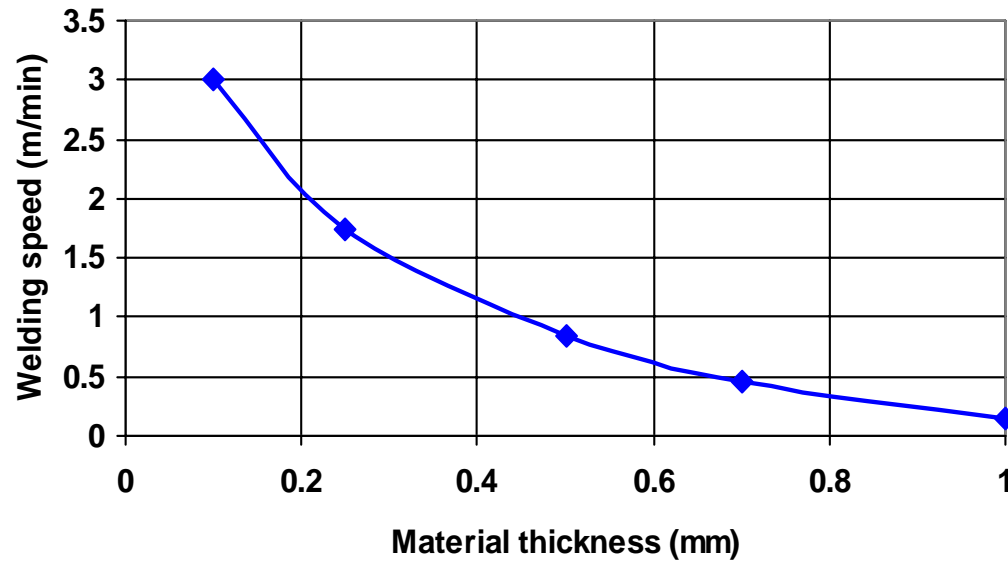
0.7mm thick, 60µm spot, 1.7m/min



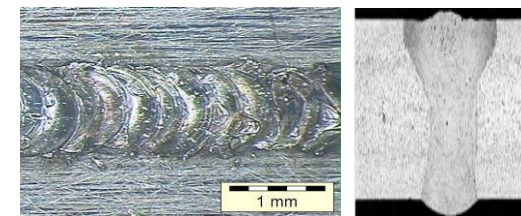
2.0mm thick, 150µm spot, 0.55m/min

# Laser Nd:YAG pulsé ( $M^2 \sim 20$ )

6xxxx Alliage Al, 60 $\mu$ m, Ar gaz, pulse rampe décroissante



Forme de pulse standard  
Fissure centrale



Pulse rampe décroissante

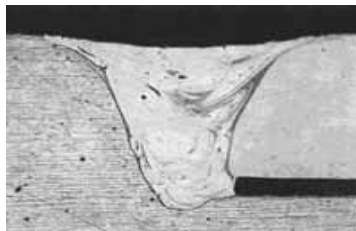
10 Aug 2005  
14:40:09

# Laser Nd:YAG pulsé ( $M^2 \sim 20$ )

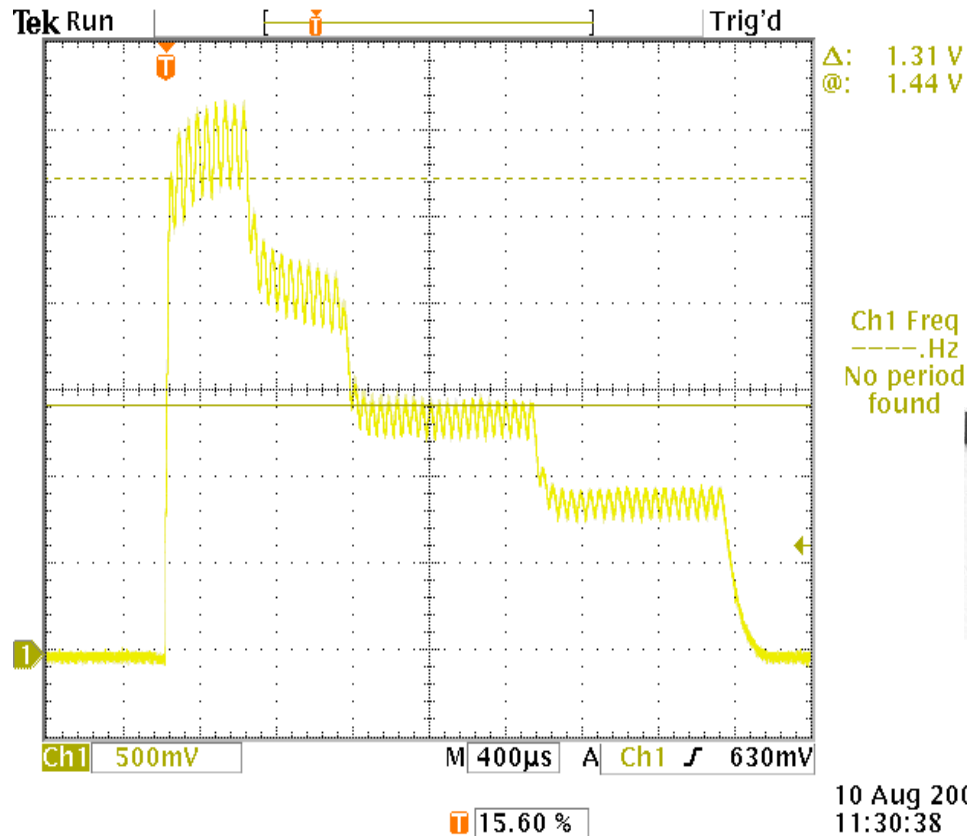
Matériaux différents, pulse rampe décroissante, 60µm



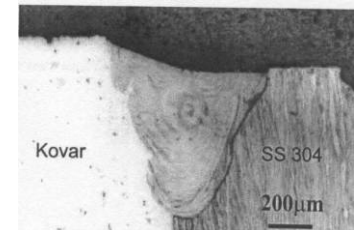
Inox et bronze



304 SS et Nitinol



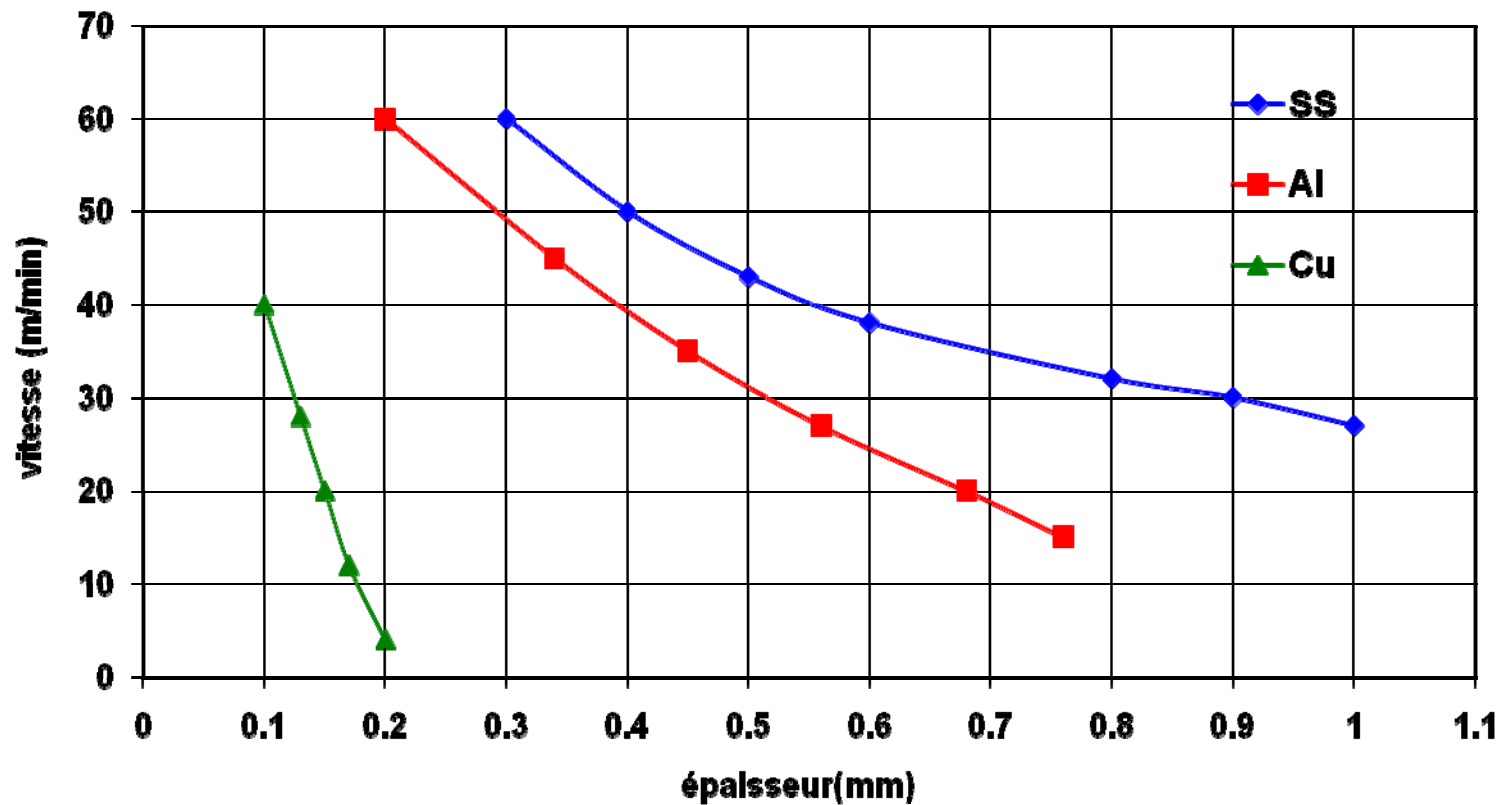
Al et Cu



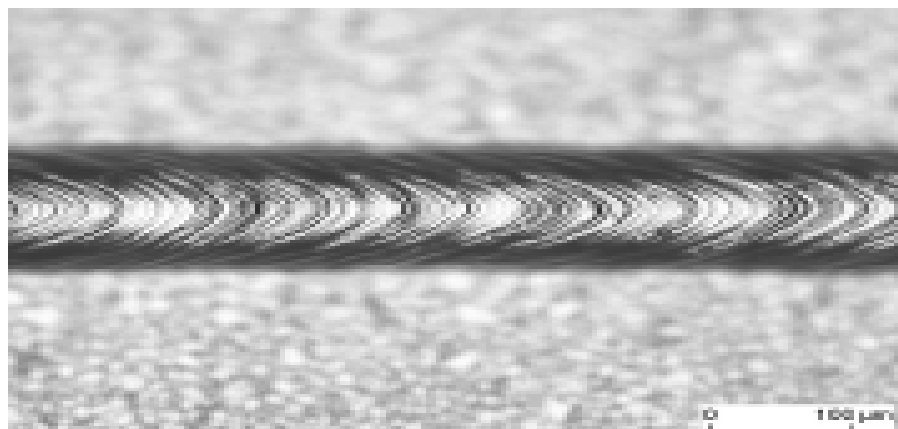
304SS et Kovar

10 Aug 2005  
 11:30:38

# Laser à fibre , 200W, 20 $\mu$ m spot, gaz Ar



# 304SS, 200W, 20 $\mu$ m spot, 0.5mm épaisseur, gaz Ar



**La microstructure générée par la micro-soudure est similaire au matériaux adjacent.**

**Résulte d'un refroidissement rapide dans le cas d'une micro-soudure rapide.**



# Micro-soudure, résumé



## 100W

- Idéal pour micro-soudure de 304SS (jusqu'à 1mm)
- Impossible de souder des matériaux à haute réflectivité.

## 200W

- Possibilité de souder des matériaux à haute réflectivité

Petite taille de spot → grande vitesse



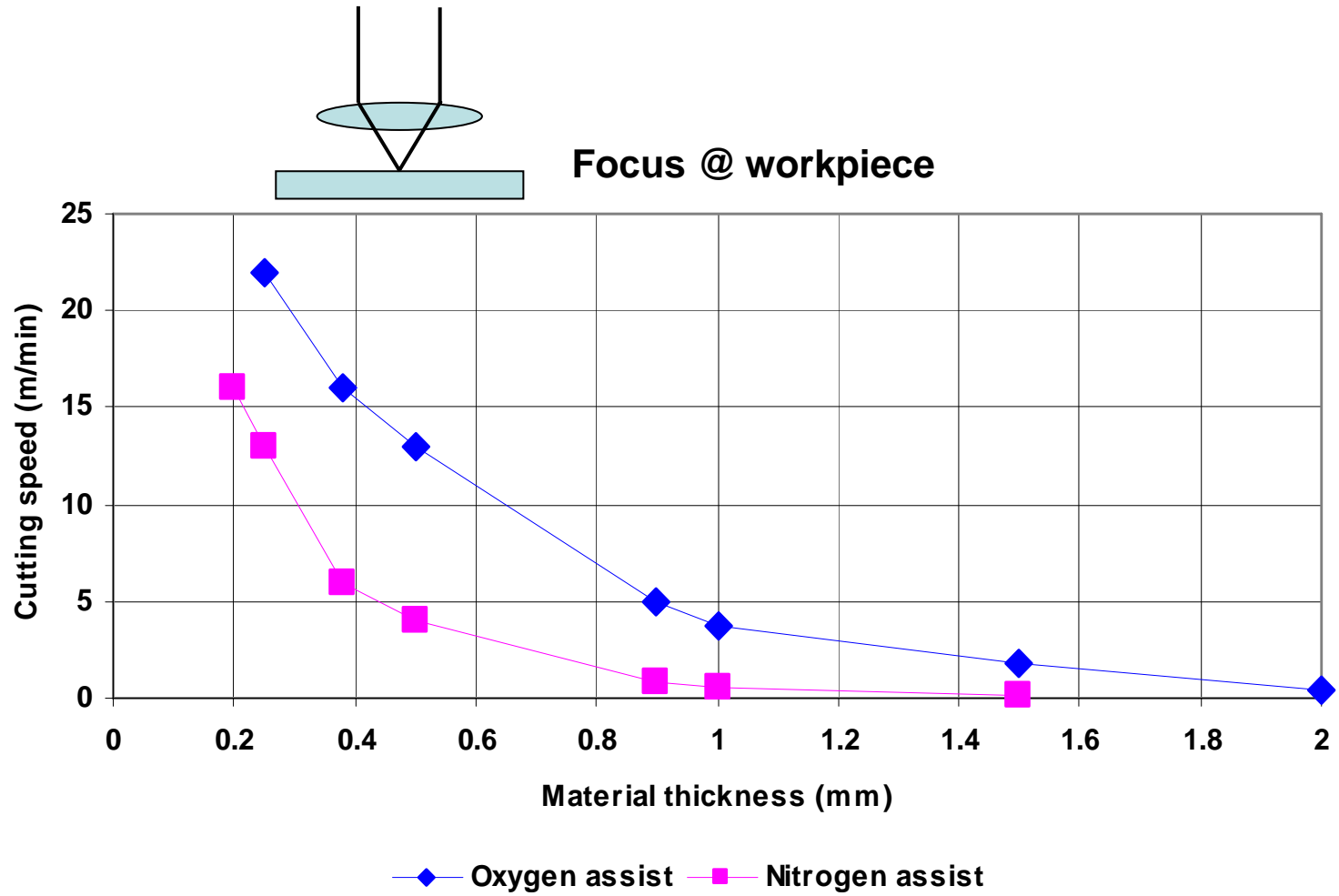
- Idéal pour matériaux plus épais
- Meilleure pénétration
- Soudure plus épaisse



# Micro-découpe

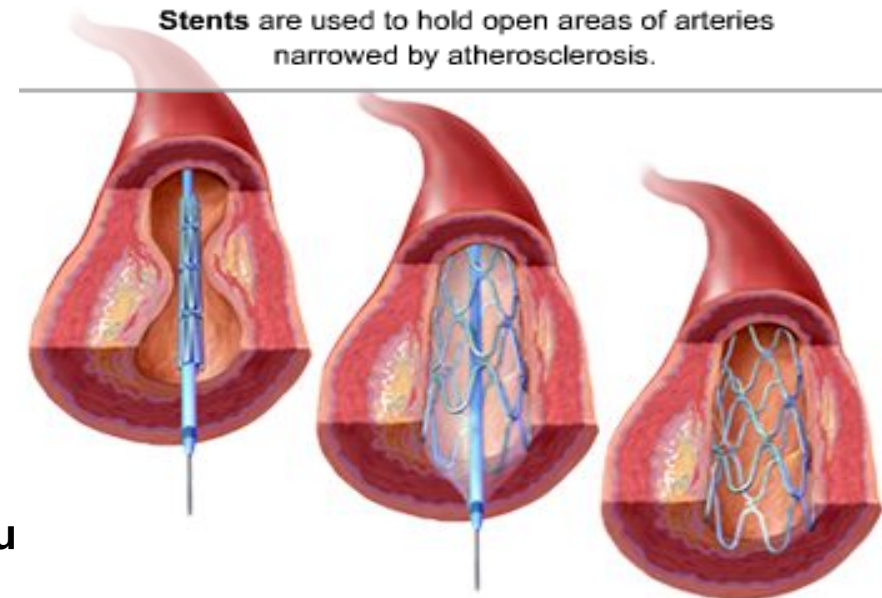
**Grâce à la petite taille du point focal (12-15um), les lasers à fibre monomode sont les mieux adaptés pour les applications de micro-découpe.**

## Laser à fibre : vitesse de découpe pour l'acier inox 304 SS (puissance moyenne 100W)

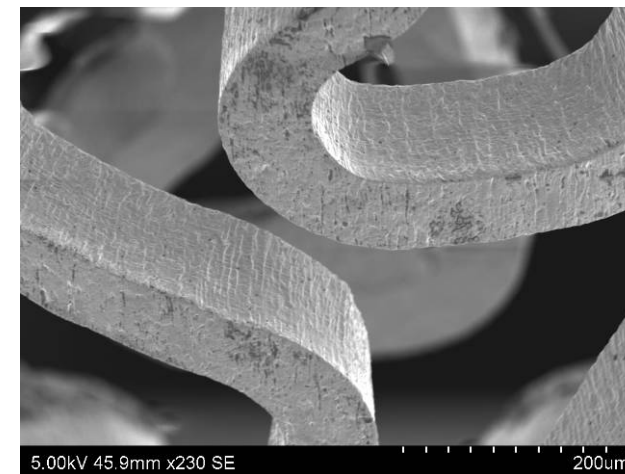
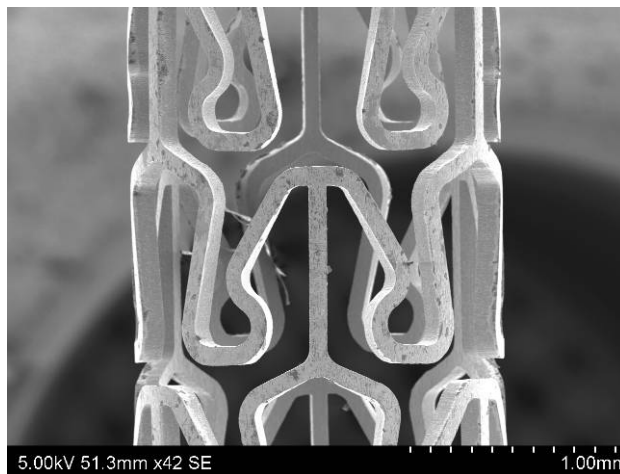
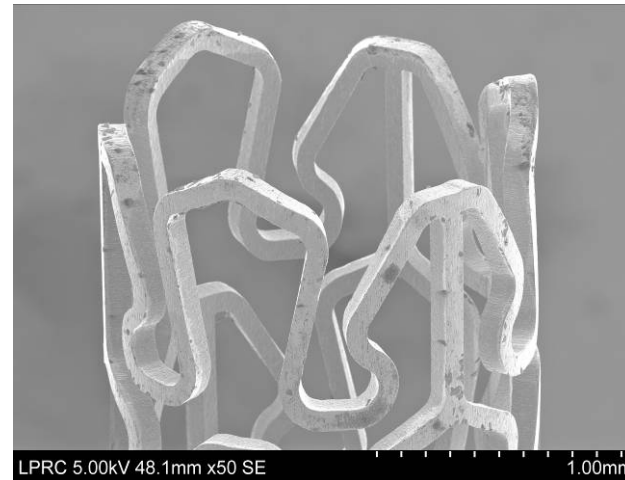
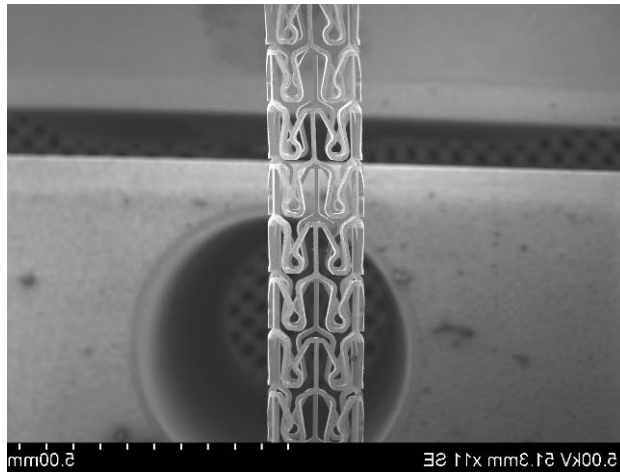


# Découpe de Stent

- **Stent : exemple de découpe fine**
- **Acier inox 316L ou alliage Nickel – Titane (Nitinol)**
- **Diamètre de tube : 1 mm à 10 mm**  
**Épaisseur : 100 µm**
- **Exigences:**
  - **Peu de chute : max 20-30µm**
  - **Implique haute qualité de faisceau et haute stabilité du laser.**



# 316SS, spot 10um, 50-100 W



# Micro-découpe, résumé

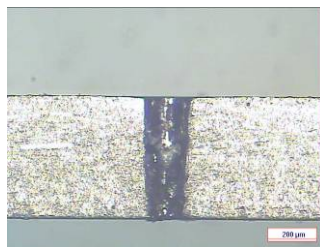
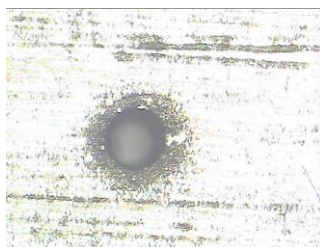


- Très bon pour découpe fine
- Très utilisé pour la découpe de stent
- Peu de chute
- Faible zone affectée thermiquement
- Technique de modulation: améliore résultats sur les matériaux à haute réflectivité (Al, Cu, ...)

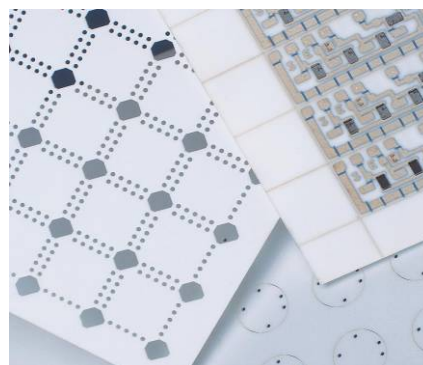
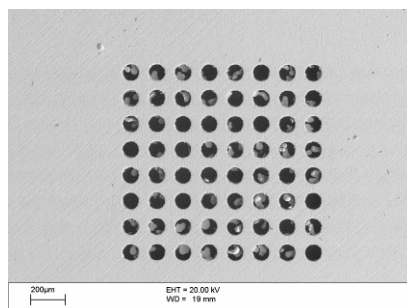


# Micro-perçage

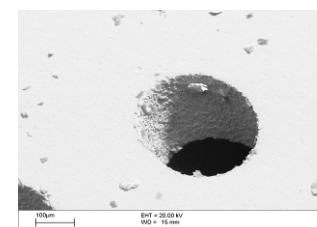
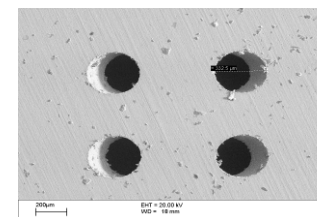
# Micro-perçage : laser Nd:YAG pulsé



**Alliage de nickel (150µm dia)**



**Percussion : 0.6mm épaisseur  
céramique (trou dia 80µm )**



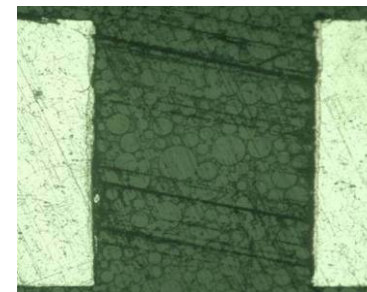
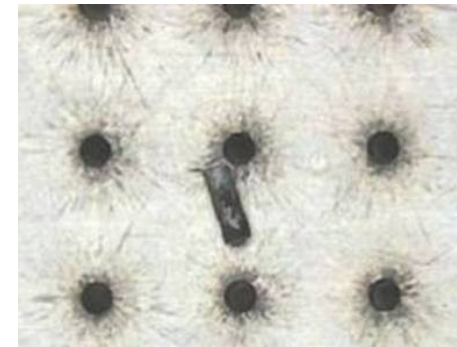
**304SS (70µm dia)**



# Micro-perçage : Laser à fibre



- Epaisseur : 0.30 mm, alliage Al
- Diamètre : env. 30  $\mu\text{m}$



- Trous hautes qualités (dia 0.5 mm x prof. 0.63 mm)
- Extrêmement parallèle



# Micro-perçage, résumé

- Laser Nd:YAG :
  - Percussion
  - Matériaux épais
  
- Laser à fibre:
  - Trépannage (matériaux épais)
  - Vitesse élevée

# Conclusion

- Les lasers à fibre et Nd:YAG sont complémentaires.
- Laser à fibres pour les découpes fines et micro-soudures
- Laser Nd:YAG pour l'usinage des matériaux plus épais
- L'application détermine le choix du laser idéal
- Possibilité de faire des essais

