

**SYNOVA**

Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

**CONFIDENTIEL**

## RAPPORT: Découpe de pièces fonctionnelles et décoratives par Laser-MicroJet®

*Pour* Anonymous

*Par* Florent Bruckert, Synova SA

### OBJECTIF

La technologie du Laser-MicroJet® a été utilisée pour découper six substrats différents en différentes pièces fonctionnelles ou décoratives.

### DESCRIPTION

Matériau	Laiton (aiguilles)	Laiton (cadran)	Onyx	Or blanc (carte du monde)	Silicium mono- cristallin	Silicium poly- cristallin	
Épaisseur	180	430	>500	200	26500	26500	µm
Quantité	9	4	1	1	1	1	Pcs
Image référence	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6	

Revue de rapport	
Chef de projet	Responsable Application
Nom: M. Florent Bruckert	Nom: Dr. Benjamin Carron
Date: 03.04.2013	Date: 03.04.2013
Visa: FBR	Visa:



**SYNOVA**  
Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

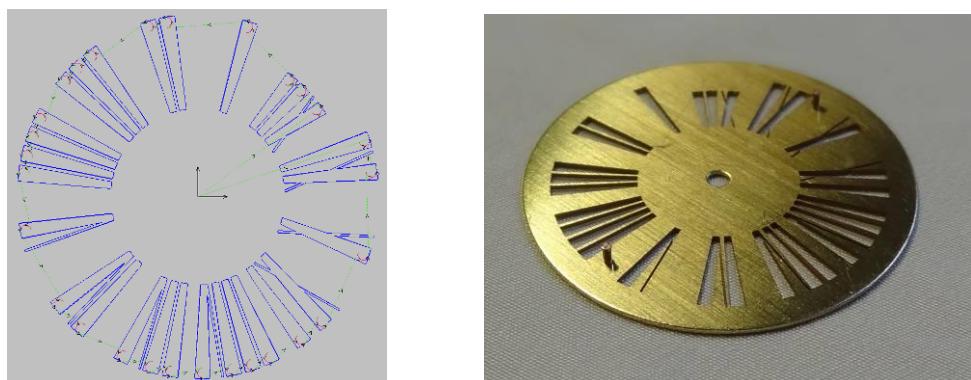
# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

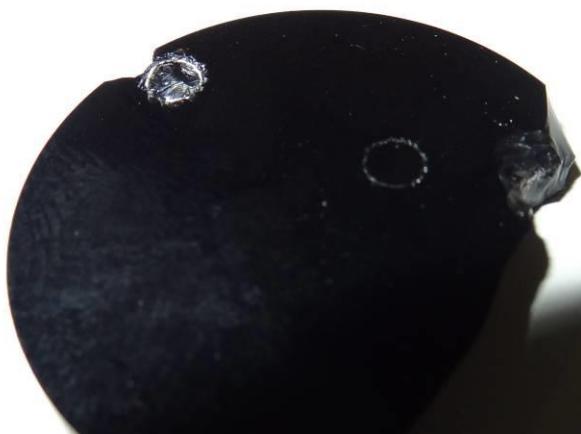
**CONFIDENTIEL**



**IMAGE 1:** Image des aiguilles des heures coupées dans un substrat de laiton (or 1 et 2) (vue supérieure)



**IMAGE 2:** Représentation du tracé du cadran romain et pièce coupée dans un substrat de laiton (vue supérieure)



**IMAGE 3:** Image de la pièce d'Onyx (vue supérieure)

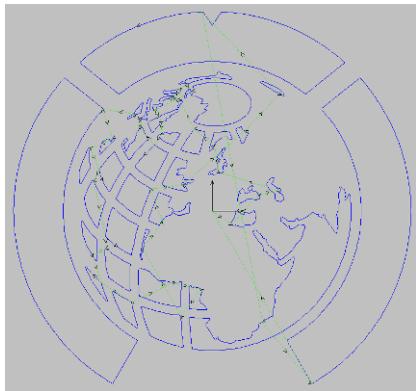


**SYNOVA**  
Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

**CONFIDENTIEL**



**IMAGE 4:** Image du tracé de la découpe du cadran « carte du monde » sur un substrat d'or blanc (Vue supérieure)



**IMAGE 5:** Image de la tranche de lingot de silicium mono-cristallin. (Vue supérieure)



**IMAGE 6:** Image de la tranche de lingot de silicium poly-cristallin. (Vue supérieure)

**SYNOVA**

Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

**CONFIDENTIEL**

## PROCEDE: INSTRUMENT & PARAMETRES DE DECOUPE

La LCS 300, équipé d'un laser pulsé utilisant la seconde harmonique du Nd:YAG, a été déterminée comme la machine disponible dans notre laboratoire la mieux adaptée pour cette application.

Dans le tableau ci-dessous, vous trouverez l'ensemble des paramètres optimisés utilisés pour l'intégralité des tests de découpe :

<b>SYSTEME</b>		Machine	LCS300
		Fixation	<i>pincé</i>
	<b>PARAMETRES DU MICROJET®</b>	Gaz d'assistance	He
		Débit	0.7 L/min
	<b>PARAMETRES LASER</b>	Laser	L101G EO21G
		Longueur d'onde	532 nm (f<50 kHz) 515 nm (f>50 kHz)



### A. Aiguilles des heures

Le développement s'est axé sur le format des aiguilles des heures. La qualité de coupe sur le format des aiguilles des minutes serait similaire.

9 pièces ont été coupées sur des platines en laiton préformées de 180 µm d'épaisseur.

Ci-dessous, vous trouverez les paramètres utilisés pour ces différentes découpes.  
Une stratégie en une seule passe a été appliquée.

<b>PARAMETRES</b>				
	<b>MICROJET®</b>	Diamètre de buse	<i>40 µm</i>	
		Diamètre du MicroJet®	<i>33 µm</i>	
		Pression d'eau	<i>400 bar</i>	
	<b>LASER</b>	Echantillons	<b>1 à 7</b>	<b>8 et 9</b>
		Taux de répétition laser	6	100 kHz
		Largeur de pulse	120	12 ns
		Puissance laser	12.4	21.2 W
		Puissance dans le jet	8.5	13 W

Référence	Image référence	Vitesse [mm/s]	Nombre de passe	Temps de découpe [min-sec]
1	-	0.4	1	1 min 30 s
2	-	0.2		2 min 51 s
3	7-8-9	0.4		1 min 30 s
4	-	0.6		1 min 03 s
5	-	0.8		45 s
6	-	1.4		30 s
7	-	30		20 s
8 EO	10-11-12	0.1	1	5 min 03 s
9 EO	-	0.3		1 min 57 s

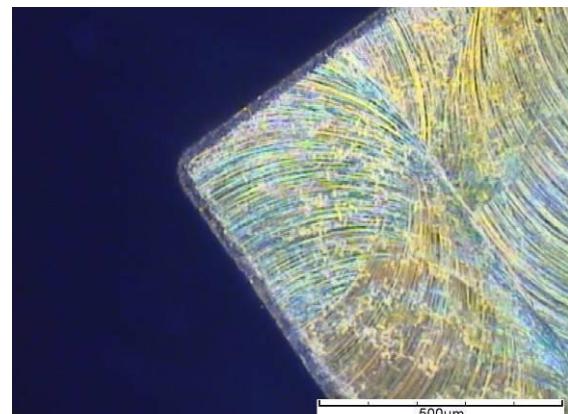


## RESULTATS

Les images suivantes montrent un aperçu de la qualité de découpe accessible avec la technologie du Laser-MicroJet®:



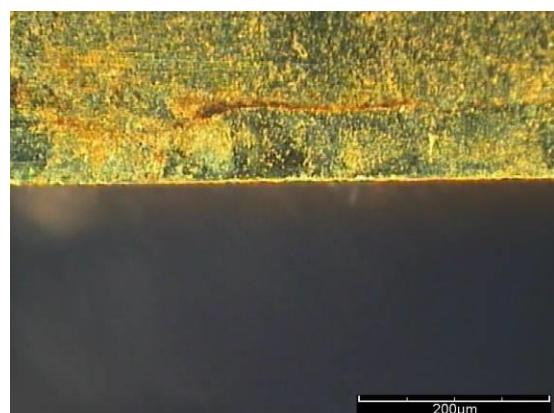
**IMAGE 7:** Imagerie de la face avant de l'échantillon #3.



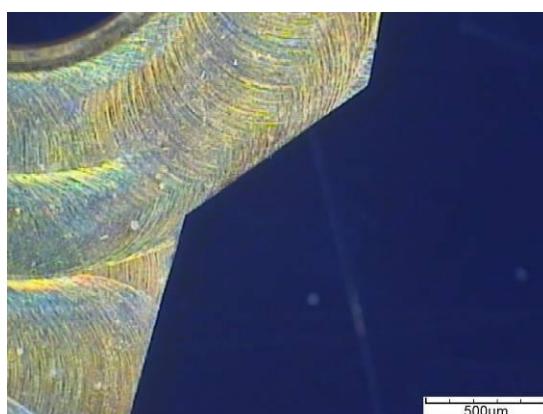
**IMAGE 8:** Imagerie de la face arrière de l'échantillon #3.



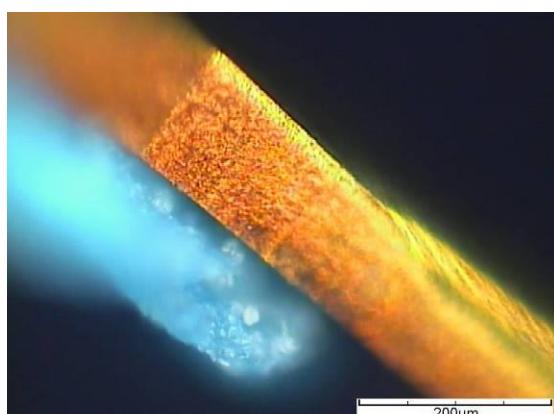
**IMAGE 9:** Imagerie de la tranche de l'échantillon #3.



**IMAGE 10:** Imagerie de la face avant de l'échantillon #8.



**IMAGE 11:** Imagerie de la face arrière de l'échantillon #8.



**IMAGE 12:** Imagerie de la tranche de l'échantillon #8.



## B. Le cadran en chiffre romain

Le cadran ROGER DUBUIS en chiffre romain a été découpé dans un substrat de 430  $\mu\text{m}$  d'épaisseur de laiton.

Les paramètres utilisés sont identiques à ceux utilisés pour les aiguilles des heures (échantillons 1 à 7 particulièrement pour les paramètres laser). Le temps de découpe total est de 38 min. La stratégie employée utilise une stratégie simple passe ( $v=0.5 \text{ mm/s}$ ) suivie d'une passe de finition ( $v'=0.5 \text{ mm/s}$ ) permettant l'homogénéisation des bords de coupe.

Notons que le second laser utilisé précédemment pour la découpe d'aiguilles permet uniquement des découpes de fines épaisseurs ( $< 350 \mu\text{m}$ ). Une solution permettant de couper de plus grandes épaisseurs est en cours de développement.

Rappelons que les paramètres de temps de découpe sont sujets à optimisation.

## RESULTATS

Les images suivantes (13 à 16) montrent un aperçu de la qualité de découpe accessible avec la technologie du Laser-MicroJet® sur un substrat de laiton:



IMAGE 13: Imagerie du cadran en face arrière.



IMAGE 14: Imagerie de la face avant du cadran en laiton.

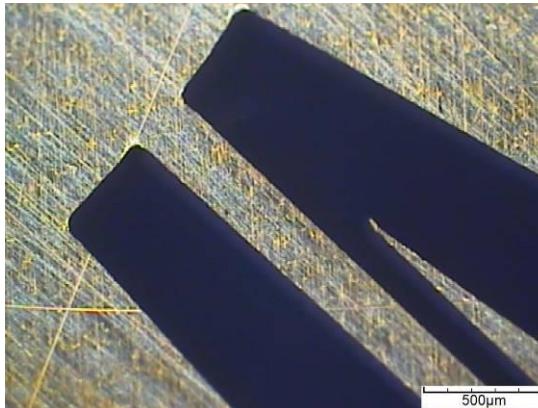


IMAGE 15: Imagerie de la face arrière du cadran en laiton.

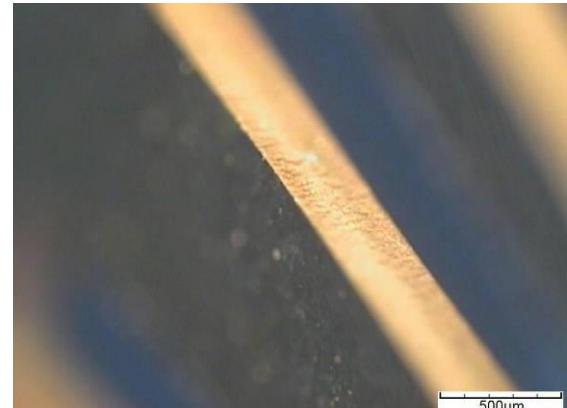


IMAGE 16: Imagerie du bord de coupe du cadran en laiton



**SYNOVA**  
Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

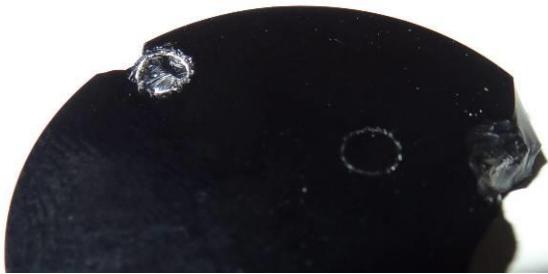
# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

**CONFIDENTIEL**

## C. Test de coupe sur onyx

Deux tentatives de coupe sur substrat d'onyx ont été réalisées. Malheureusement, l'onyx est un oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) ; l'absorption de tels composés à la longueur d'onde verte ( $\lambda=515 \text{ nm}$  ou  $\lambda=532 \text{ nm}$ ) sont faibles et ne permettent pas une ablation régulière. Le faisceau laser génère des éclats en surface (voir Image 17).



**IMAGE 17:** Image du correcteur de quantième coupé. (Vue supérieure)

## D. Découpe de la carte du monde sur or blanc

Un cadran en or blanc de 200  $\mu\text{m}$  d'épaisseur a été découpé selon un tracé de carte du monde (voir image 18).



**IMAGE 18 :** Schéma et image de la découpe. (Vue supérieure)



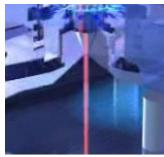
**SYNOVA**  
Ch. Dent-d'Oche  
CH-1024 Ecublens  
Suisse  
www.synova.ch

# RAPPORT D'APPLICATION

Rapport No: 134-1  
Echantillon No: 2.2.1200

**CONFIDENTIEL**

Ci dessous, vous trouverez les paramètres optimisés pour la découpe sur or blanc :

	<b>PARAMETRES MICROJET®</b>	Diamètre de buse	40 $\mu m$
		Diamètre du MicroJet®	33 $\mu m$
		Pression d'eau	400 bar
		Distance de travail	12 mm
	<b>LASER</b>	Fréquence laser	9 kHz
		Largeur de pulse	290 ns
		Puissance laser	14.7 W
		Puissance dans le jet	6.3 W
		Vitesse de déplacement	3.0 mm/s
		Nombre de passes	7 passes
		Temps de découpe	13 min 20 s Min-s

## RESULTATS

Les images suivantes montrent un aperçu de la qualité de découpe accessible avec la technologie du Laser-MicroJet®:

Notons que les images de 19 à 22 sont représentatives de la découpe sur or blanc.



IMAGE 19: Imagerie la face avant de la platine.



IMAGE 20: Imagerie la face avant de la platine.



IMAGE 21: Imagerie de la face arrière de la platine.

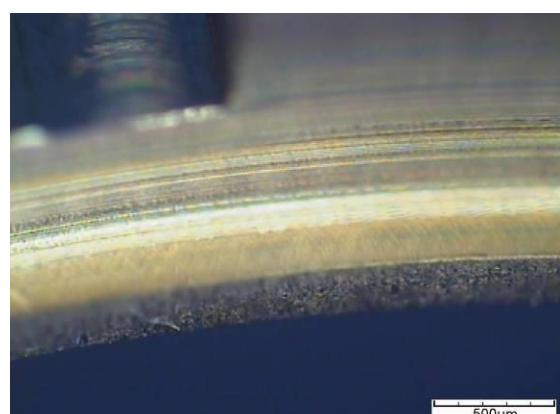


IMAGE 22: Imagerie du bord de découpe.



**E. Découpe de tranche de silicium mono et multi cristallin**

Une tranche de silicium monocristallin (image 24) et une tranche de silicium multi cristallin (image 23) d'épaisseur 2.65 mm ont été coupées avec succès.



**IMAGE 23:** Image de la tranche de silicium multi cristallin coupée (Vue supérieure)



**IMAGE 24:** Image de la tranche de silicium mono cristallin coupée (Vue supérieure)

Les disques coupés ont pour rayon 25 mm et 29 mm.

Ci dessous, vous trouverez les paramètres optimisés pour la découpe de ces pièces.

	<b>PARAMETRES</b> <b>MICROJET®</b>	Diamètre de buse	80 $\mu\text{m}$
		Diamètre du MicroJet®	65 $\mu\text{m}$
		Pression d'eau	300 bar
		Distance de travail	12 mm
	<b>LASER</b>	Fréquence laser	20 kHz
		Largeur de pulse	250 ns
		Puissance laser	68 W
		Puissance dans le jet	44.2 W
	<b>DECOUPE</b>	Vitesse de déplacement	20 mm/s
		Nombre de passes	250 passes
		Temps de découpe pour R=29 mm	21 Min



## ANALYSE DE LA DEMANDE

	Vos priorités	Résultats
• Contamination/Particules:	X	Ok. A évaluer
• Zone thermiquement affectée (ZTA):	X	Ok. Décoloration partielle non résiduelle après nettoyage
• Rugosité des bords:	X	0.4 < Ra < 0.8 µm sur laiton A mesurer
• Tolérances:	X	Ok. A évaluer

## CONCLUSION

Les découpes de pièces en laiton, en or, en onyx en silicium mono- et multi-cristallin ont été réalisées sur une machine SYNOVA LCS 300. Cette machine utilise la technologie du Laser MicroJet® et combine les avantages du laser pulsé à haute énergie avec les propriétés de guide d'ondes et de refroidissement apporté par un jet d'eau de moins de 40 µm de diamètre. Le laser est utilisé pour l'ablation du matériau. Le jet d'eau, pour sa part, guide le faisceau laser, refroidit le bord de découpe et évacue les particules sublimées.

Les tests de découpe montrent que:

- Il est possible de couper différents substrats homogènes avec des tracés complexes en une étape avec la même installation.
- Il est possible de couper une forte épaisseur de silicium avec une excellente qualité de bordure.
- La vitesse de coupe effective peut varier de 0.1 à 1.4 mm/s suivant la matière et le profil à couper. Cette vitesse peut être améliorée au détriment de la qualité de bord de coupe.
- Le procédé est stable et montre une excellente répétabilité.
- Il n'est pas possible de couper de l'onyx.

Nous sommes ouverts à l'amélioration concernant vos besoins en termes de:

- L'homogénéité de la rugosité sur le flanc.
- La valeur de la rugosité sur le flanc.
- La diminution des éclats en face arrière sur les cadrans en laiton.
- La vitesse moyenne de découpe.
- L'amélioration du trajet du laser.
- Le nettoyage et le conditionnement.

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous portez en notre technologie et espérons que nos résultats sont en accord avec vos exigences.

Nous vous contacterons très prochainement afin d'obtenir un retour sur ces essais pour partager nos résultats d'analyses et ainsi discuter avec vous des prochaines étapes.