

# Collage hybride pour l'assemblage de cristaux optiques

***Frédéric Chaput, Dominique Lupinski, Philippe Villeval,  
Denis Balitski, Sophie Chausson, Stéphane Parola,  
Anthony Cannas***

**Laboratoire de Chimie ENS Lyon, Cristal Laser, DGA**

# Plan

**Contexte de l'étude**

**Procédé sol-gel**

**Mise en oeuvre des collages**

**Exemples de réalisation**

# Contexte de l'étude

*DGA RAPID (Régime d'Appui aux PME pour l'Innovation Duale)*

2018

*Assemblage Par vole sol-gel de Composants optiques - APIC*

*Cristal Laser*

*Laboratoire de Chimie, ENS Lyon*

2022

*Applications militaires et civiles*

# Contexte de l'étude

*La société Cristal Laser, spécialisée dans la croissance et la fabrication de cristaux non-linéaires.*



Fabricant de cristaux optiques non linéaires crus en flux



**LBO crystal (Lithium triborate)**



**KTP crystal (Potassium Titanyl Phosphate)**



**KTA crystal (Potassium Titanyl Arsenate)**



**RTP crystals (Rubidium Titanyl Phosphate)**

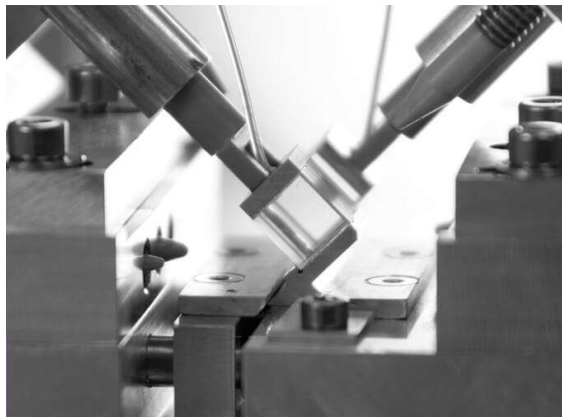


# Contexte de l'étude

*Cristal Laser possède un savoir-faire dans l'usinage, le polissage ...*



*l'assemblage...*



*et le contrôle optique*

# Contexte de l'étude

**Répondre à de nouvelles demandes des clients qui souhaitent des composants optiques avec :**

1. Des ouvertures ou des longueurs de plus en plus conséquentes, parfois au-delà des capacités de la cristallogénèse,
2. De la compacité par association des différents composants optiques et/ou métalliques,
3. Une large gamme de température d'utilisation avec une maîtrise des dilations des cristaux, des optiques et des supports.

**Le challenge :** développer des protocoles industriels de montage de structures monolithiques et mosaïques.

**Recours au collage**

# Contexte de l'étude

## Recours au collage

### Inconvénients des techniques de collage pour cette problématique:

Les techniques d'assemblages optiques par **simple contact**, par **collage classique**, par **bonding** ou par **brasure** ont des limitations, principalement dues aux larges différentiels entre les Coefficients d'Expansion Thermique (CTE) des **cristaux assemblés**, ou aux **CTE hétérogènes entre cristaux, optiques et supports métalliques**.

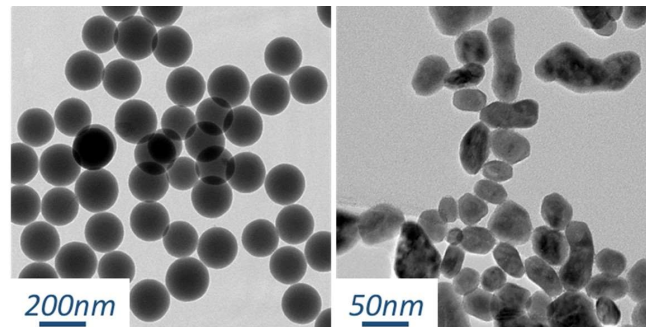
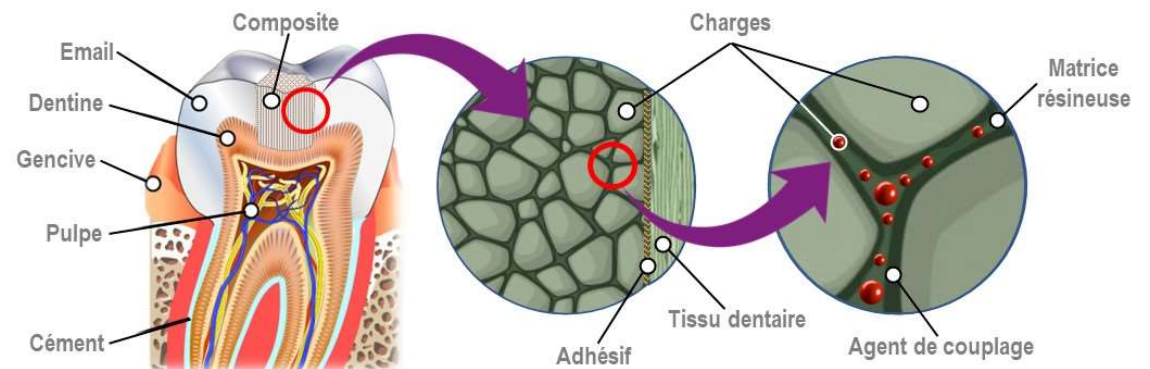
→ Ce pose le problème

- De tenue au cyclage thermique (-50 → +70°C)
- De tenue au flux
- De transparence au longueur d'onde de travail...

## Recours au collage sol-gel

# Contexte de l'étude

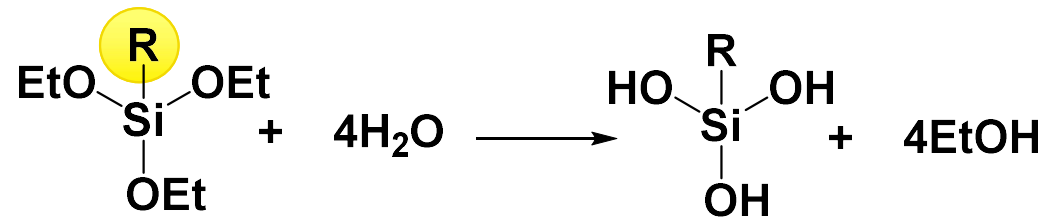
*Le laboratoire de Chimie de l'ENS de Lyon, spécialisé dans la « chimie douce » (Synthèse sol-gel et synthèse colloïdale).*



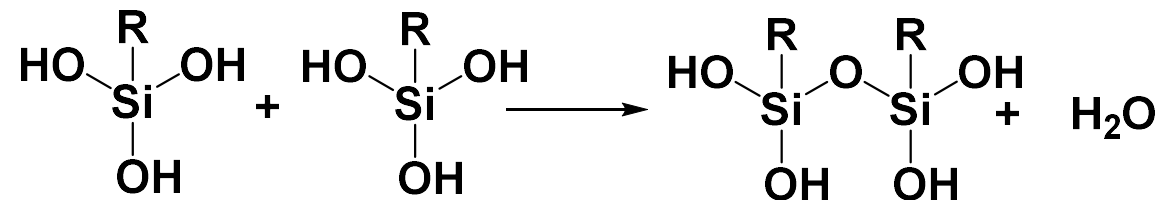


# Procédé Sol-Gel

Alkoxysilane  
R: groupement organique



Hydrolyse

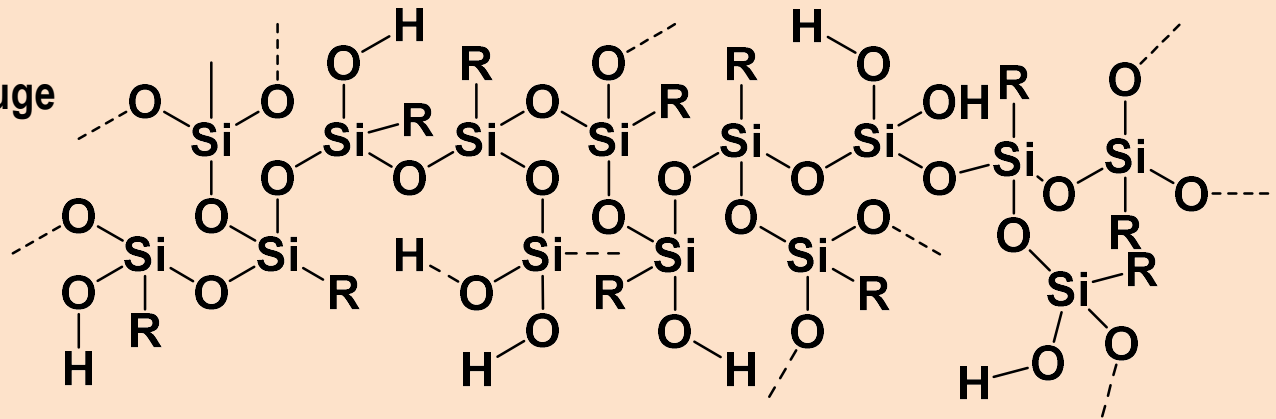


Condensation

Obtention d'une résine liquide **extrêmement concentrée** avec un **taux de condensation** très élevé

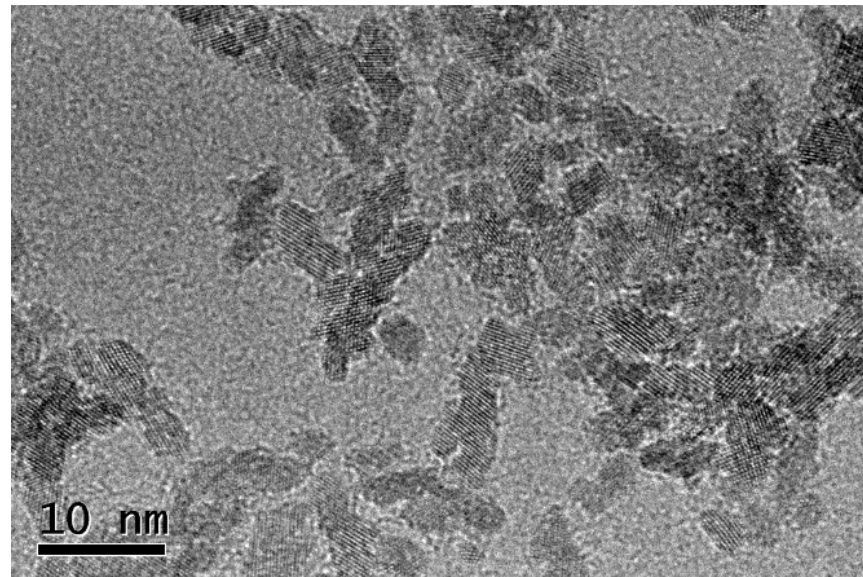
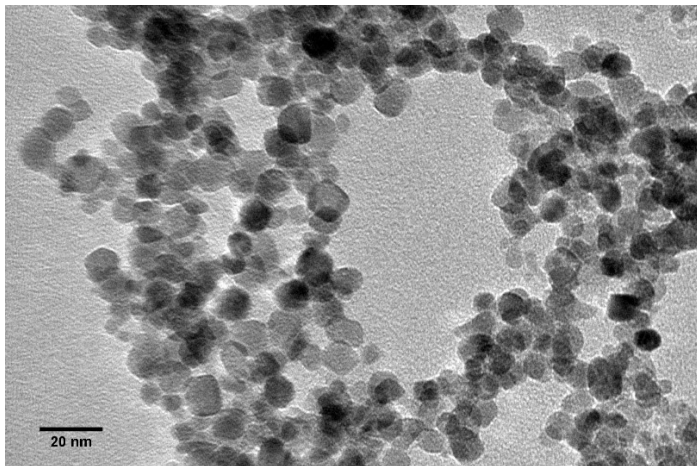
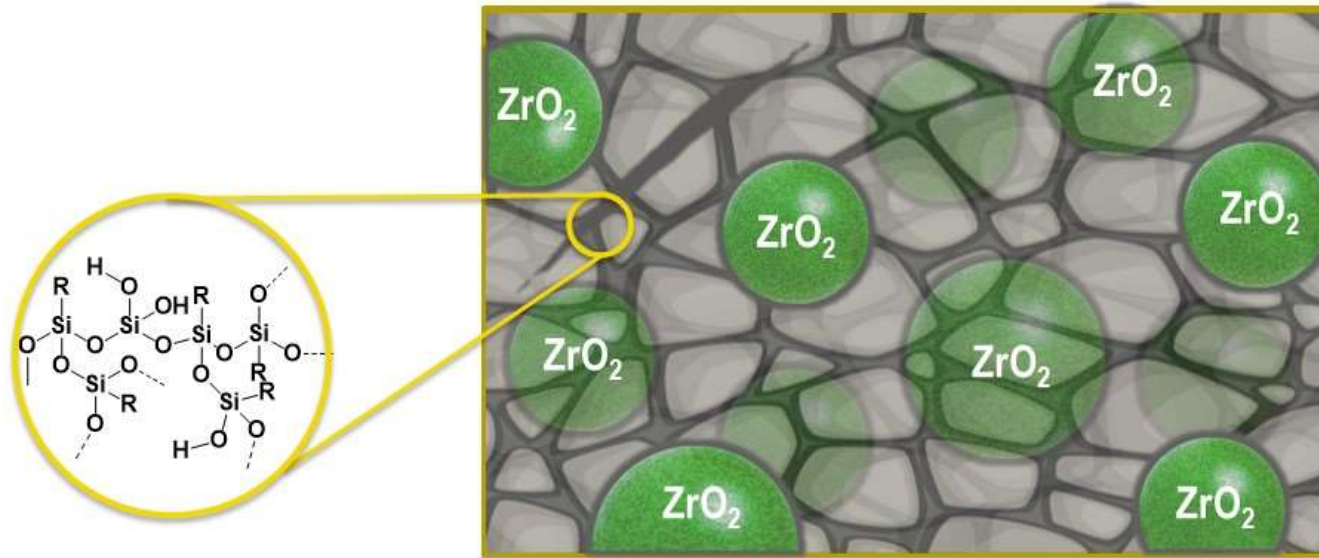
→ Techniques expérimentales

- Spectroscopie infra-rouge
- RMN
- Rhéologie

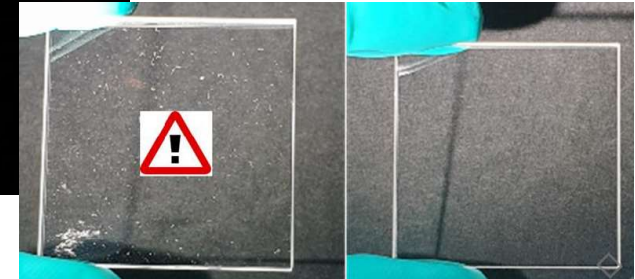
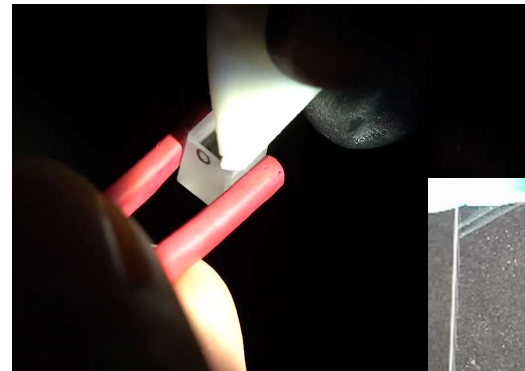
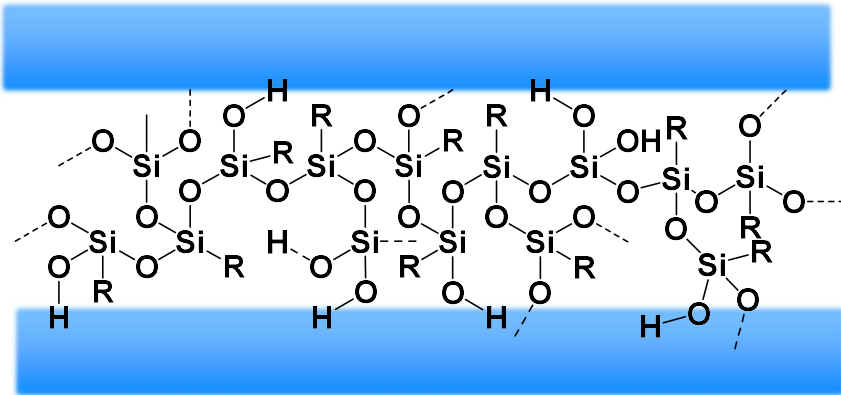


# Procédé Sol-Gel / Nanoparticules

Préparation de nanocomposites pour ajuster par exemple l'indice de réfraction des films de colle



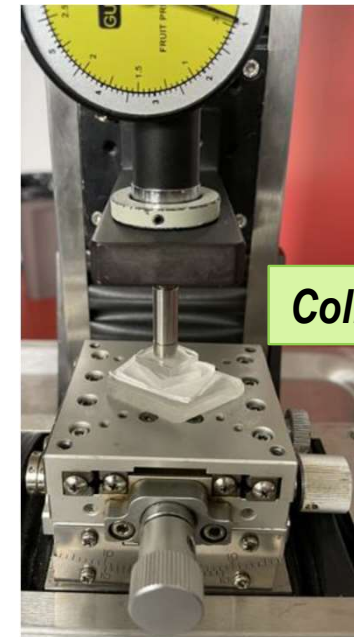
# Mise en œuvre des collages



## Comment assurer un collage « parfait » ?

→ Plusieurs points à respecter:

- Nettoyage (tenue au flux, problème d'adhérence...)
- Alignement / positionnement des éléments à coller
- Contrôle de l'épaisseur de la couche de colle



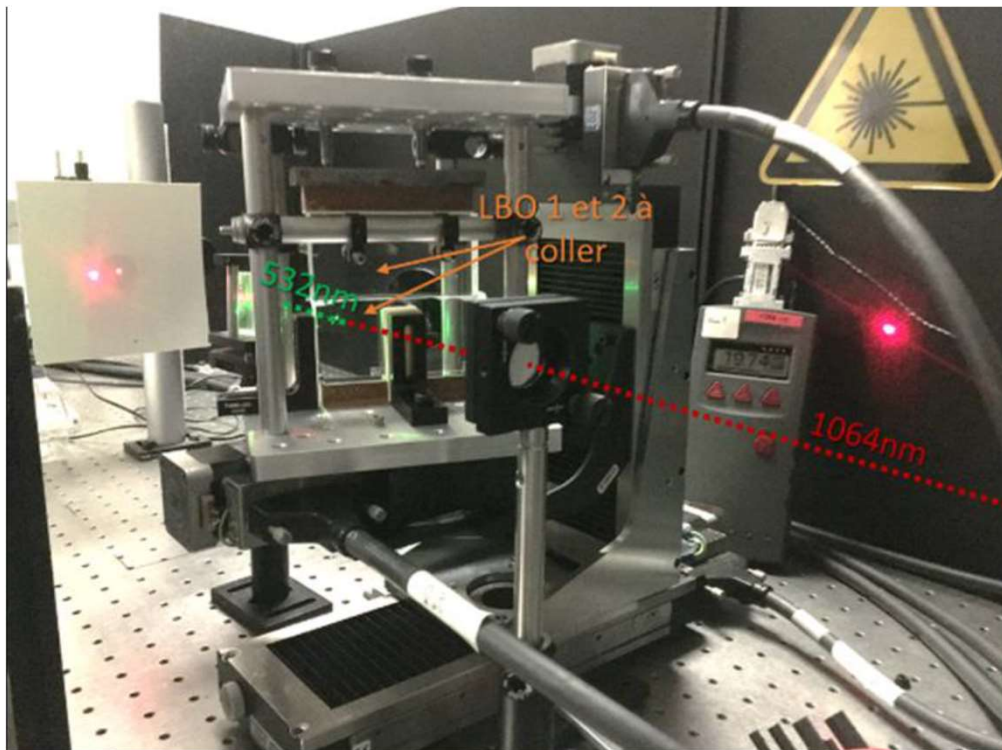
*Collage par contact*

**Optimisation du cycle de cuisson de la colle**

# Mise en œuvre des collages

Alignement / positionnement des cristaux à coller: montage optique

Positionnement des cristaux l'un / l'autre



Expérience de SHG

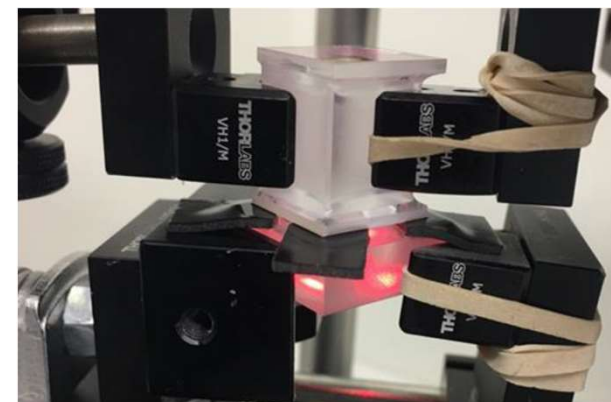
Réglage du parallélisme des surfaces à coller.

Élément à coller

Colle

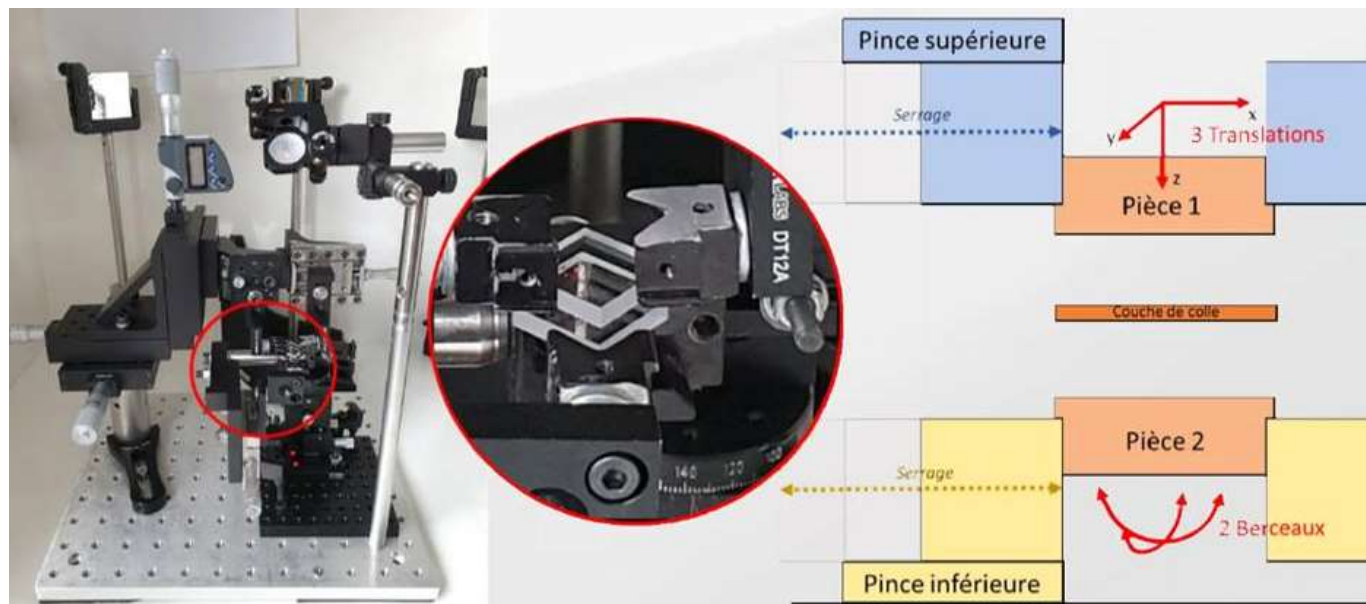
Élément à coller

Eviter les phénomènes de prisme...



# Mise en œuvre des collages

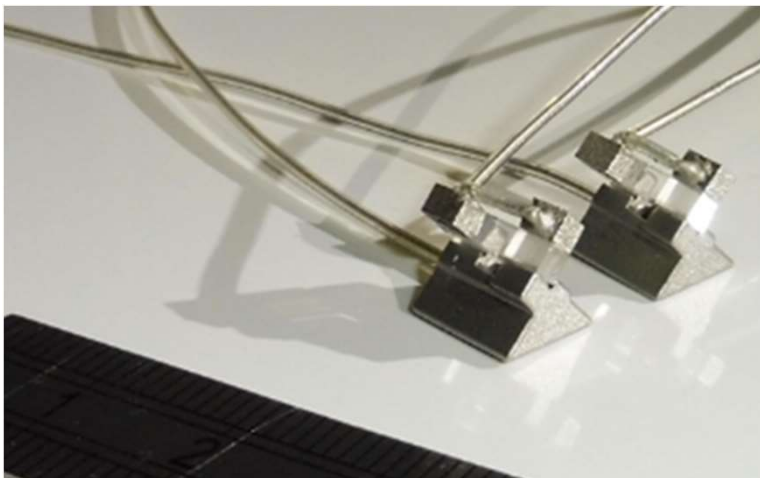
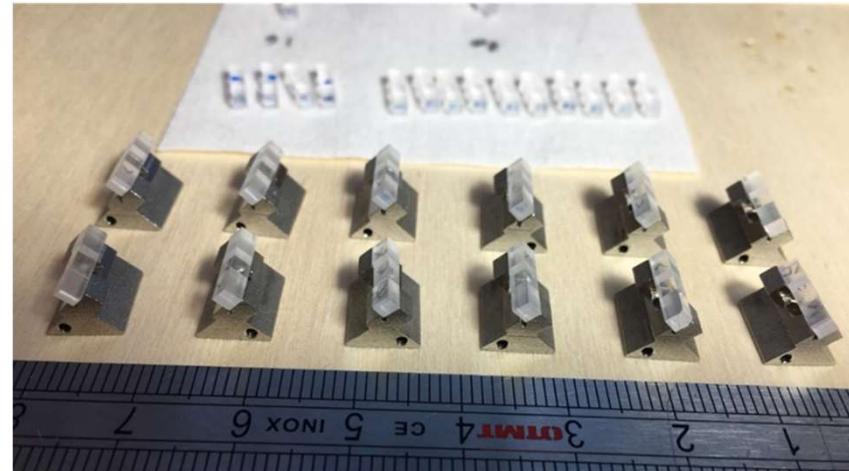
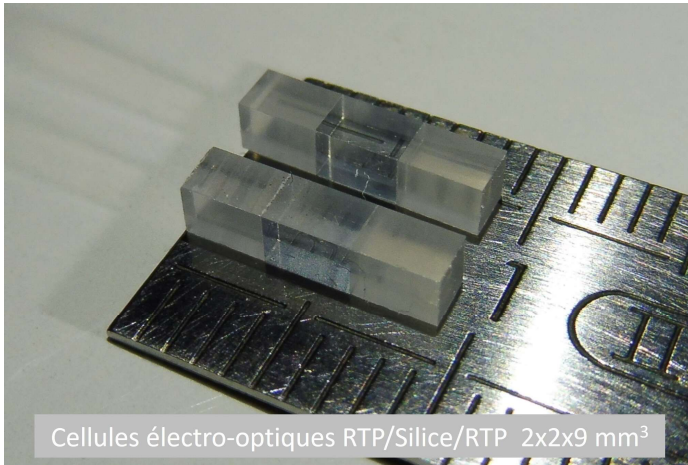
**Contrôle de l'épaisseur du film de colle** qq fractions de micromètre à qq micromètres  
Possibilité de chauffe localisée pour gérer la réticulation.



***Le film de colle doit créer une couche « tampon »  
pour absorber les différences de CTE***

# Exemples de réalisation

**Structure monolithique** [RTP (3mm) / Silice (3mm) /RTP (3mm)] – Ouverture 2x2mm<sup>2</sup>



**Q-switch miniature / Miniaturisation des lasers**

# Exemples de réalisation

**Structure monolithique [RTP (3mm) / Silice (3mm) /RTP (3mm)] – Ouverture 2x2mm<sup>2</sup>**



(11) **EP 3 945 360 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**02.02.2022 Bulletin 2022/05**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**G02F 1/03 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **21187685.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**G02F 1/03; G02F 1/0316; G02F 2202/28**

(22) Date de dépôt: **26.07.2021**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **Cristal Laser  
54850 Messein (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **LUPINSKI, Dominique  
54850 MESSEIN (FR)**  
• **BONNIN, Christophe  
54850 MESSEIN (FR)**

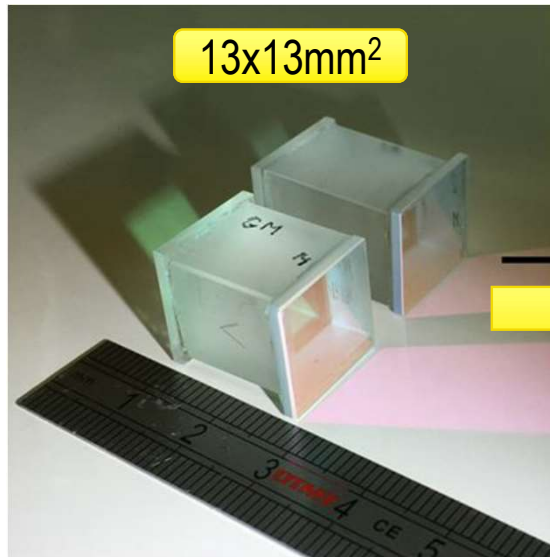
(30) Priorité: **29.07.2020 FR 2008032**

(74) Mandataire: **Jacobacci Coralis Harle  
32, rue de l'Arcade  
75008 Paris (FR)**

(54) **DISPOSITIF ÉLECTRO-OPTIQUE À DEUX CRISTAUX ÉLECTRO-OPTIQUES ET PROCÉDÉ DE FABRICATION**

# Exemples de réalisation

**Assemblage** (Silice / LBO / Silice)



Découpe →



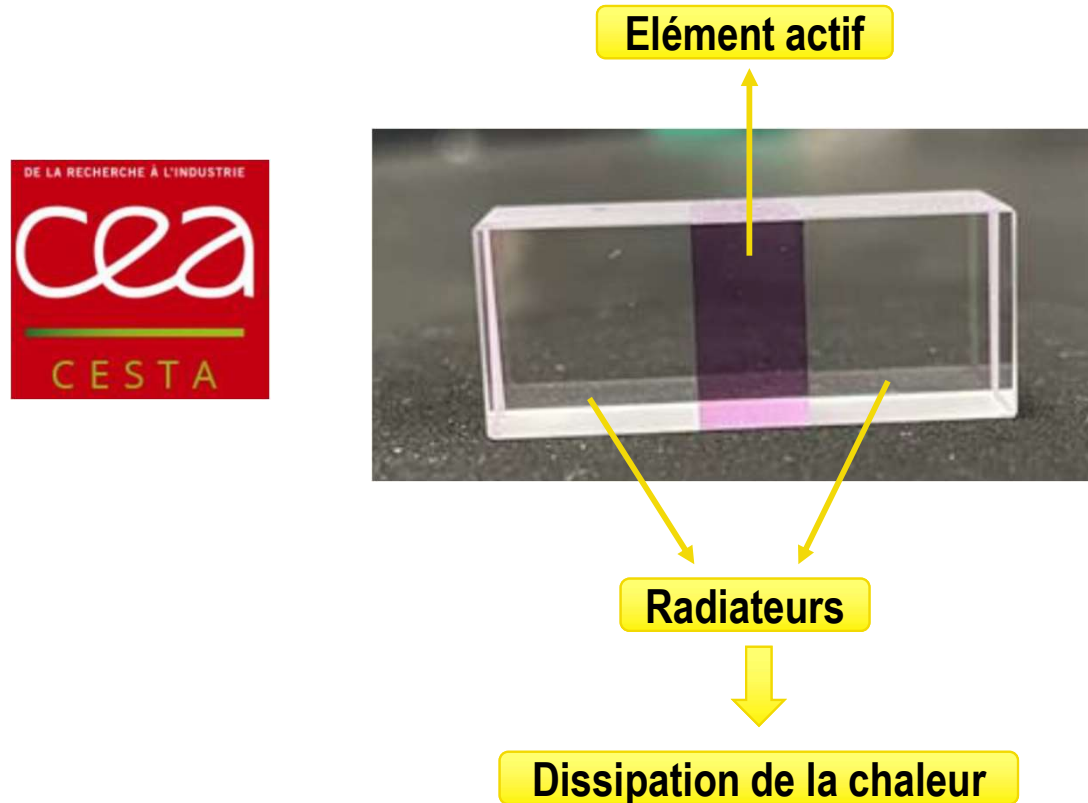
**Objectif** : remplacer *KTP* et *RTP* dans les assemblages laser monolithiques par du *LBO* (matériau plus homogène et moins absorbant quel que soit l'application visible).

*Le LBO est encadré par 2 lames de silice, l'une servant de miroir de sortie du laser et l'autre de polariseur.*



# Exemples de réalisation

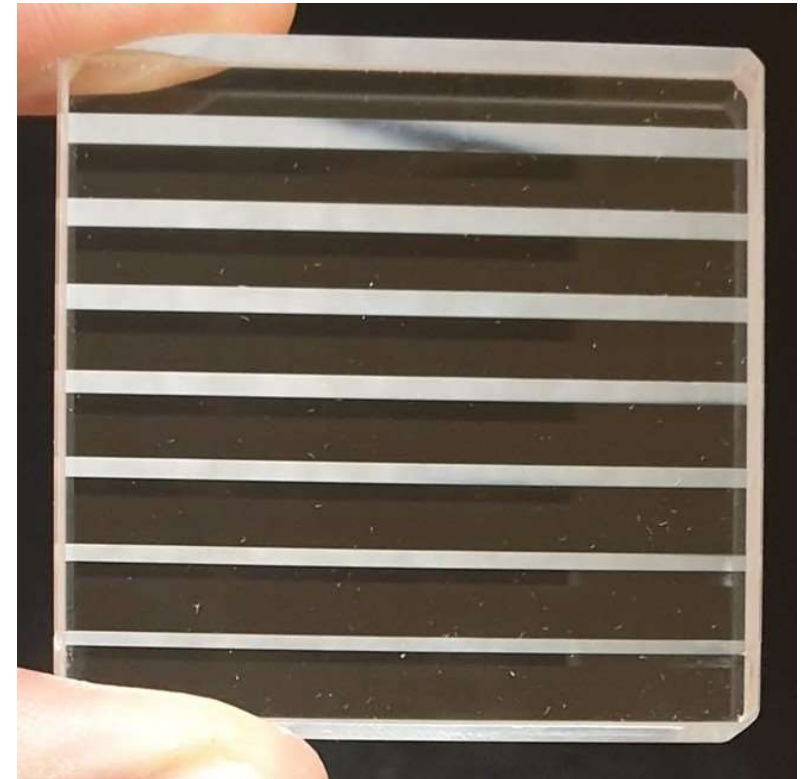
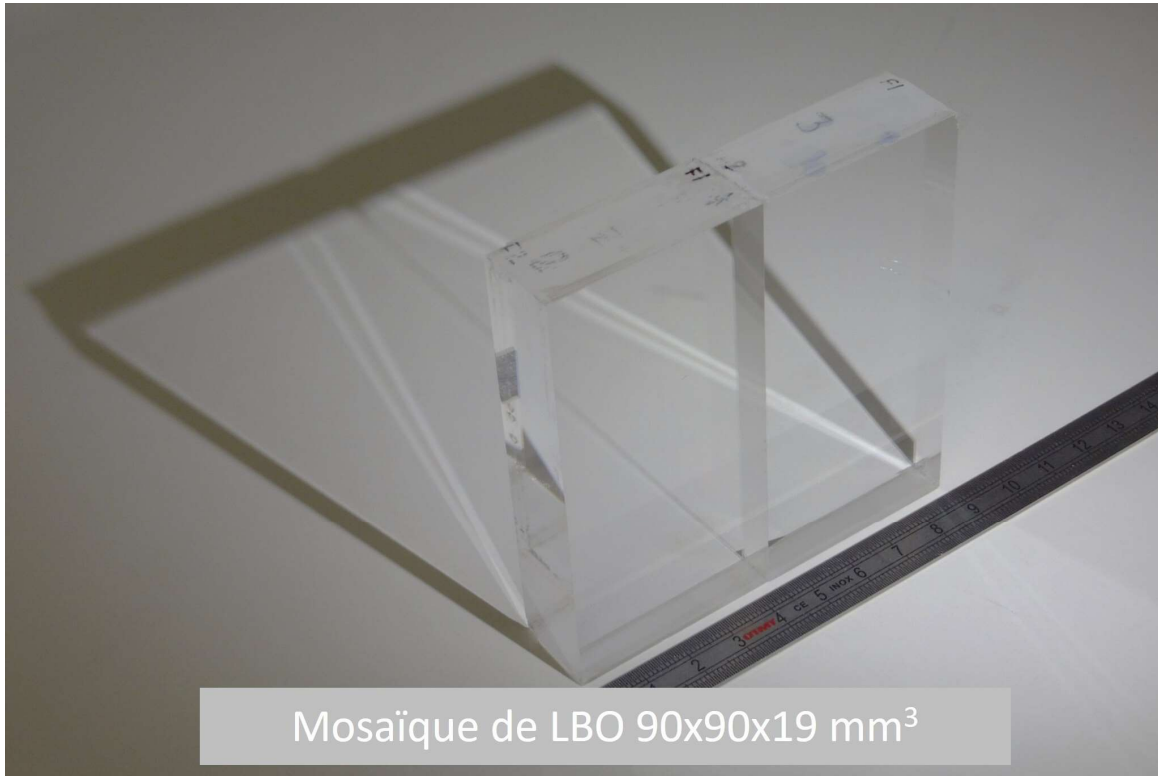
**Assemblage** (Quartz 10mm – verre phosphaté 5mm- Quartz 10mm ); face d'entrée 13x13mm<sup>2</sup>



**Objectif :** réalisation d'un **amplificateur** à base de verre phosphate dopé aux ions néodyme

# Exemples de réalisation

Mosaïque LBO (90x90x19 mm<sup>3</sup>)



**Objectif** : proposer des ouvertures optiques en LBO qui dépassent les capacités de la cristallogénèse.

# ***Merci pour votre attention***

## **Cristal Laser**

Philippe VILLEVAL [philippe.villeval@cristal-laser.fr](mailto:philippe.villeval@cristal-laser.fr)

Dominique LUPINSKI [dominique.lupinski@cristal-laser.fr](mailto:dominique.lupinski@cristal-laser.fr)

Denis Balitski [denis.balitsky@cristal-laser.fr](mailto:denis.balitsky@cristal-laser.fr)

## **Laboratoire de Chimie**

Frédéric CHAPUT [frederic.chaput@ens-lyon.fr](mailto:frederic.chaput@ens-lyon.fr)

Stéphane Parola [stephane.parola@ens-lyon.fr](mailto:stephane.parola@ens-lyon.fr)