

**TELECOM**  
Bretagne



Institut  
Mines-Télécom

# **Accélérer la fabrication additive par la parallélisation massive des procédés de tracé laser**

**Kevin Heggarty**

Département d'optique - Telecom Bretagne

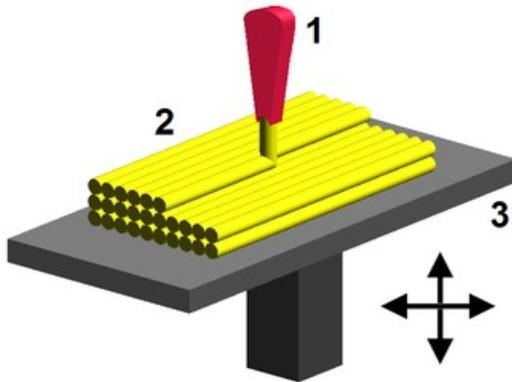
Colloque Industrie du Futur

IMT-Paris 26 novembre 2015

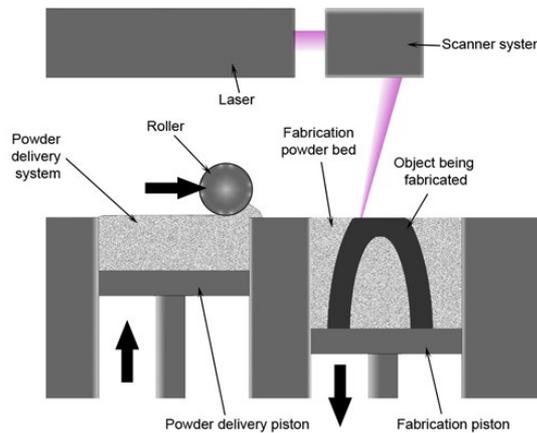


# Techniques de Fabrication Additive

- Nombreuses techniques existantes de fabrication additive



Dépôt fil fondu



Frittage laser

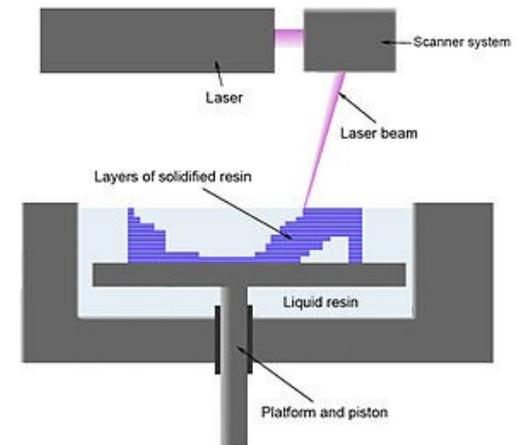


Photo-polymérisation

- Toutes (ou presque) séquentielles : « point-par-point »

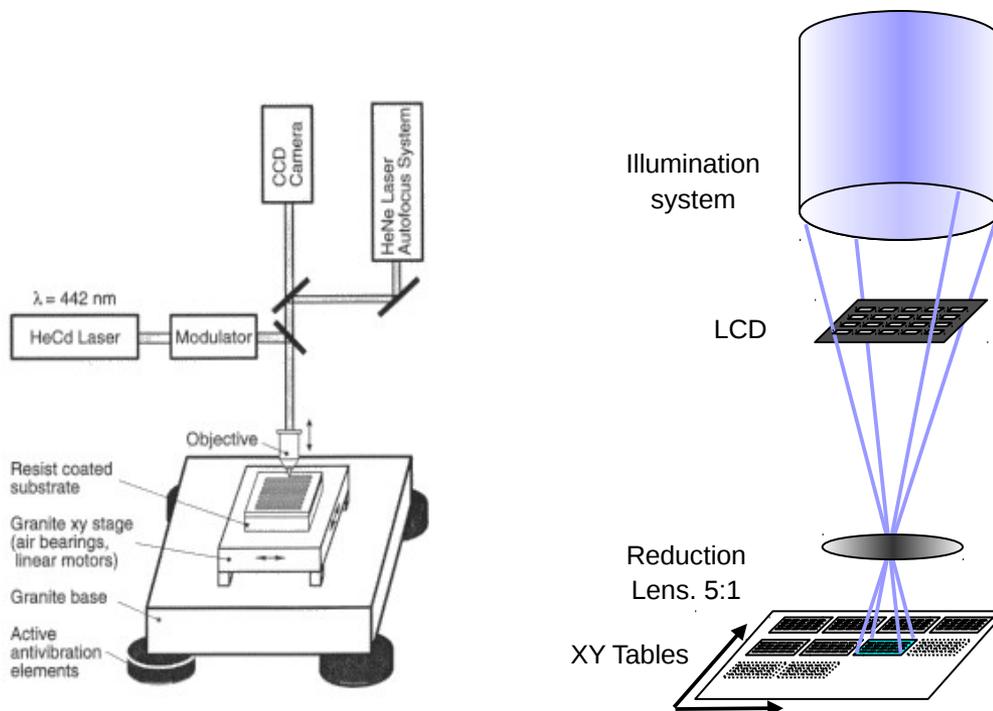
... La grande limitation de la FA – **LENTEUR !**

# Photoinscription 2D parallèle à Telecom Bretagne

## ■ Photoinscription « massivement parallèle »

- Micro-afficheur à cristaux liquides (LCD) = masque reconfigurable
- LCD “projeté” optiquement dans résine photosensible
- Projets EU **DrawMap** et **NewTon**, Région Bretagne **Print**

## ■ 20+ ans expérience Cristaux Liquides et micro-optiques – plate-forme ARAGO



Phototracer DrawMap

# Plate-forme ARAGO



## Ruche technologique de recherche et innovation



### ■ Plateaux académiques

- Observatoire 3D Fovéa (Inserm LaTIM) étude de la vision binoculaire
- Laboratoire P-G de Gennes (Techno cristal liquide et micro-optiques)

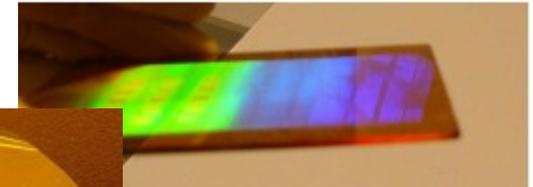
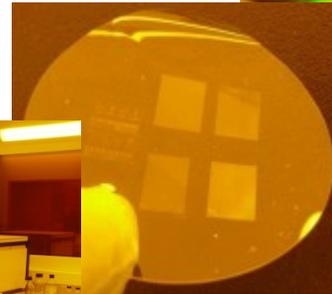
### ■ PME en résidence

- Eyes3Shut (équipements de visualisation 3D interactive),
- Tietronix-Europe (outils de réalité augmentée),
- Holotetrics (micro-optiques diffractives),
- Orthoptica (outils d'orthoptie numérique),
- 3Dstéréoprod (conception de contenus 2D/3D)



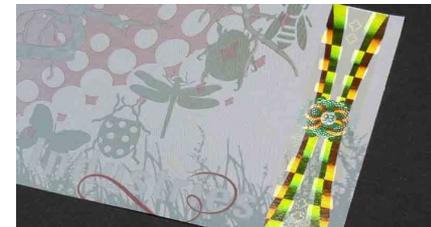
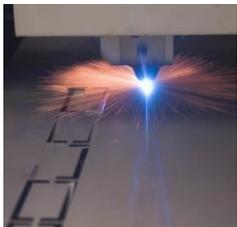
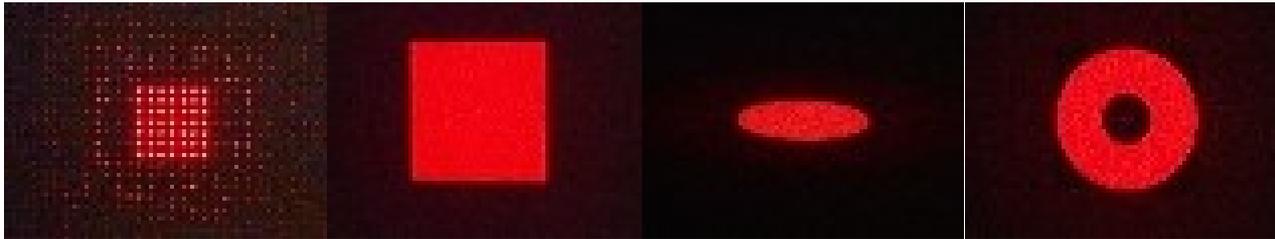
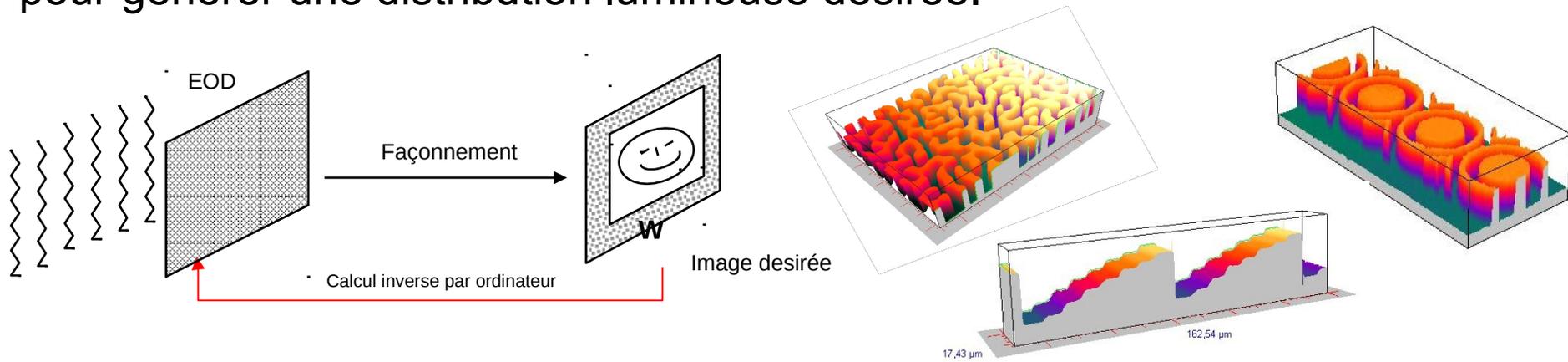
# Laboratoire Pierre Gilles de Gennes

- **Réalisation tout type modulateurs spatiaux de lumière à cristal liquide**
  - (absorbant, diffractant, diffusant, combiné)
- **Matériaux composites polymère cristal liquide.**
  - (polymère, dichroïque, nanotubes ...)
- **Conception réalisation de  $\mu$ -optiques diffractive**



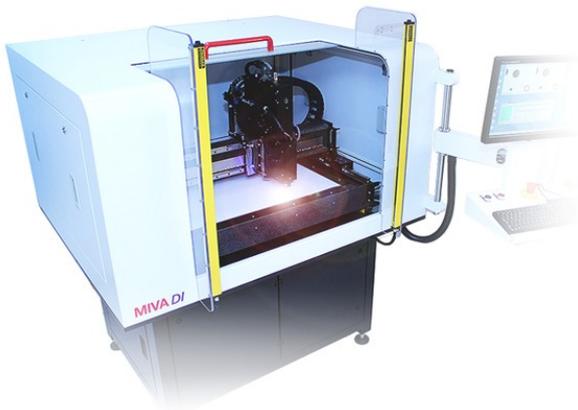
# $\mu$ -optique diffractive

« **Digital micro-optics** » : micro/nano-structures qui diffractent de la lumière pour générer une distribution lumineuse désirée.



# Photoinscription 2D parallèle industrielle

- Technique mûre et industrielle en 2D depuis 15 ans
- Transfert phototraceur Telecom Bretagne vers Hologram Industries



Miva Tech GmbH.  
Circuit imprimés



Heidelberg Instruments  
MEMs, microfluidique ...

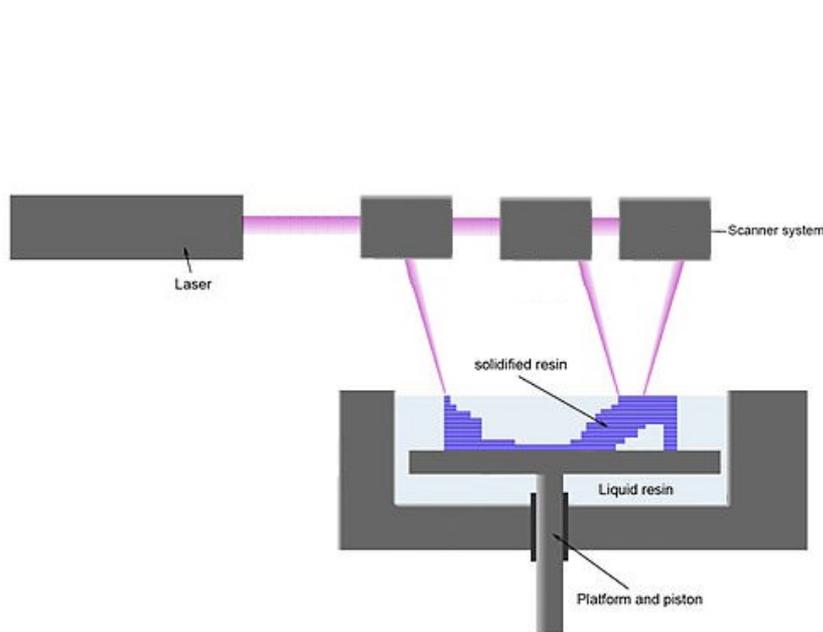


Micronics.  
Microélectronique

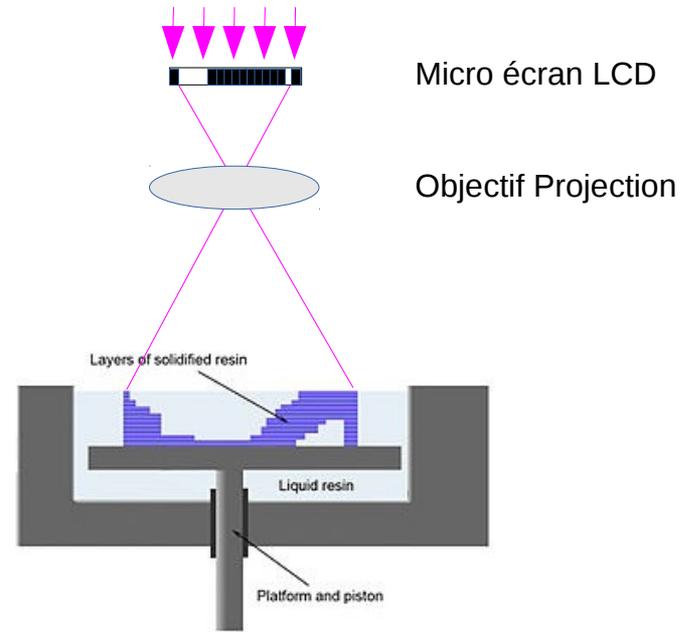
# Parallélisation procédés FA existants ?

## Approche « classique » : couche par couche

- Compatible fusion laser, frittage laser (?), stéréolithographie ...



Multi-faisceaux :  
parallélisation X2, X5, X10

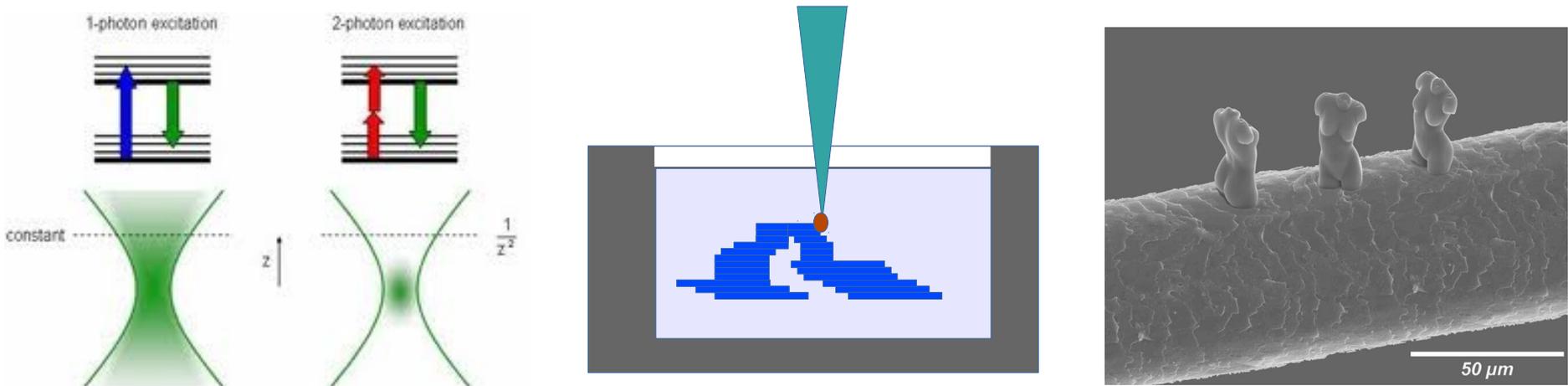


Projection micro-écran :  
parallélisation X10<sup>6</sup>

# Photo-polymérisation à deux photons

## Approche innovante déjà utilisée dans la micro et nano-fabrication

- Laser à impulsions ultra-courtes (fs) focalisées → densité d'énergie extrême
- Effets multi-photons → effets non-linéaires → polymérisation confinée au **volume**

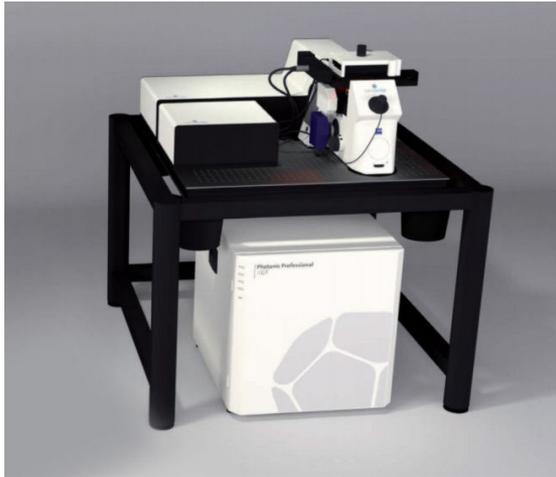


Laser Zentrum Hannover

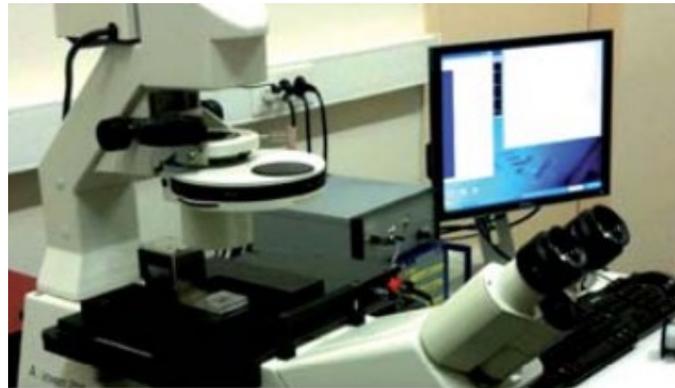
- **Avantage pour nano-fabrication : possible de dépasser limites de la diffraction**
  - Structures de résolution <100nm

# Systèmes industriels nano-impression

- Premières offres des systèmes industriels nano-imprimante 3D



Nanoscribe GmbH



TeemPhotonics (Grenoble)

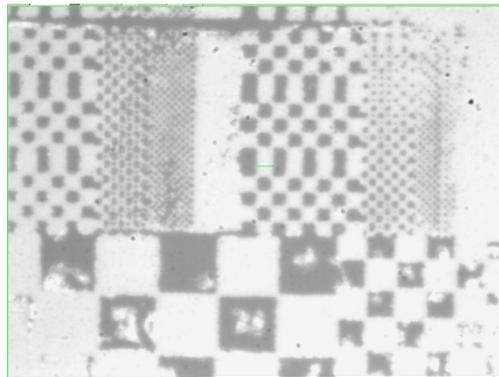


Stichel et al

- ... Inconvénient ... point par point → **temps de fabrication important**
  - Objets ~ 1x1x1mm
- Extension aux structures plus grandes en laboratoire

## Combiner 2PP et parallélisation ?

- **Idée : écrire simultanément dans le volume avec de multiples faisceaux**
  - Laser taux répétition 10MHz, 1 faisceau = 10Mpix/s
  - Micro-écran 120Hz, 2Mpixel = 240Mpix/s
- **Utilisation efficace de lasers haute puissance !**
  - Laser adapté : taux de répétition plus faible, énergie par impulsion plus élevée
- **Peut-on combiner 2PP et phototracage massivement parallèle ?**
  - **OUI !** : démonstration faisabilité expérimentale avec LZH, Univ St Étienne et Grenoble
- **Brevet commun équipe Université Grenoble**



## Idée de projet FA – recherche partenaires

### ■ Étendre la technique d'écriture massivement parallèle à la FA

- 1<sup>er</sup> : accélérer les approches classiques : « couche par couche »
- 2<sup>e</sup> : utiliser 2PP pour écrire directement dans le volume

### ■ Nous apportons :

- Savoir faire en LCD, micro-optique, phototracement parallèle ...
- **Plate-forme technologique complète : ARAGO** ( >200m<sup>2</sup> Salle Blanche ...)

### ■ Nous recherchons partenaires :

- Savoir faire avec techniques de FA classiques
- Savoir faire avec matériaux photo-polymérisables
- Savoir faire avec matériaux adaptés aux contraintes des applications
- Nouvelles applications industrielles : utilisateurs finaux

**L'innovation FA viendra du couplage : matériaux-procédé**

# FA holographique ... rêve ou réalité ?

- Plus long terme ... pourquoi faire couche par couche ?
- Projection “holographique” d’une distribution lumineuse 3D dans un bain de résine photosensible
- Fabrication 2PP « one-shot » d’un objet 3D !

