



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON

Texturation et fonctionnalisation de surface au sein de MANUTECH

Yves JOURLIN, yves.jourlin@univ-st-etienne.fr

Nicolas COMPERE, nicolas.compere@manutech-usd.fr

 **LABORATOIRE**
HUBERT CURIEN
UMR • CNRS • SSIB • SAINT-ETIENNE



MANUTECH

<https://manutech-sise.universite-lyon.fr/>

<https://www.manutech-usd.fr/>



Introduction to Labex Manutech SISE

GIE Manutech facilities and projects

Examples of Labex's projects (ongoing and completed)



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Introduction to Labex Manutech SISE

GIE Manutech facilities and projects

Examples of Labex's projects (ongoing and completed)



Introduction to Labex Manutech SISE

2005 – 2008 : First studies of Manutech

PhD thesis Louis MOURIER 2007

D. MAZUYER



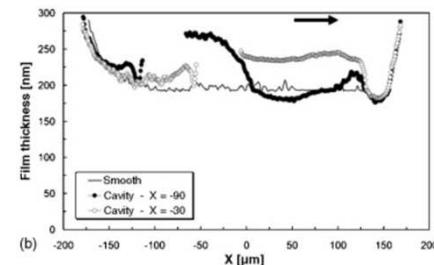
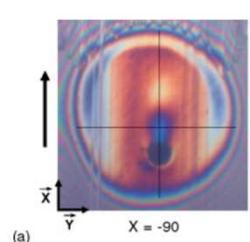
A.A. LUBRECHT



C. DONNET



P. MAURIN-PERRIER



Wear
Volume 264, Issues 5–6, 4 March 2008, Pages 450–456

Action of a femtosecond laser generated micro-cavity passing through a circular EHL contact

L. Mourier^a, D. Mazuyer^a, A.A. Lubrecht^b, C. Donnet^c, E. Audouard^c

Show more
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2006.08.027>

Get rights and content

Tribology International
Volume 39, Issue 12, December 2006, Pages 1745–1756

Transient increase of film thickness in micro-textured EHL contacts

L. Mourier^a, D. Mazuyer^a, A.A. Lubrecht^b, C. Donnet^c

Show more
<https://doi.org/10.1016/j.triboint.2006.02.037>

Get rights and content



Introduction to Labex Manutech SISE

The success story...

2009 →

- **Partnership**
from 1st joint PhD
L. Mourier 2007:



- 2009 : Launch of initiative MANUTECH

2011 →

- EQUIPEX MANUTECH-USD
 - LABEX MANUTECH-SISE
 - Surface Engineering
 - Advanced Manufacturing
 - Public-Private Consortium:



- Alliance Lyon St-Etienne

2015 →

- European position of our labs



- MANUTECH cover over 6:
Advanced material
Blending



- In the National Research Strategy (NRS)

CAHIER PARTENAIRE

EQUIPEX/LABEX/EUR MANUTECH

Saint-Etienne / Lyon

Manutech : leader mondial de l'ingénierie des surfaces

SUR LE TERRITOIRE SAINT-ETIENNE - LYON, SE TROUVE UN ÉCOSYSTÈME UNIQUE EN FRANCE AUTOUR DE L'INGÉNIERIE DES SURFACES AVEC ICI UN LABEX, UN ÉQUIPEX, ET DESORMAIS UNE ÉCOLE UNIVERSITAIRE DE RECHERCHE*. RENCONTRES...



Campus Manufacture - Université Jean Monnet Saint-Etienne

Florence Garrelle, directrice du Laboratoire Hubert Curien (UMR CNRS 5516) et responsable EUR Manutech-SLEIGHT

Yves Jourlin, responsable du Labex Manutech-SISE

« Notre stratégie s'appuie sur le triptyque formation, recherche et innovation. De fait, après l'ouverture d'un LabEx, d'un Equipex, entrer dans la course à l'EUREST est une évidence pour intégrer l'articulation Formation-Recherche-L'articulation Formation-Recherche-SLEIGHT (6,5 M€ de dotations) s'intéresse plus particulièrement à l'ingénierie hauteurs-surfaces utilisant en parallèle les lasers ultrabrefs, et va converger plusieurs champs disciplinaires qui sont l'optique-photonique, les sciences des matériaux, la mécanique, l'informatique, l'intelligence Artificielle, et la bio-ingénierie. Nos formations d'excellence en Master à l'Université Jean Monnet - Saint Etienne sont tout à fait uniques avec une forte dimension internationale. Les Masters Erasmus Mundus dans ces domaines) et comptent parmi nos grands atouts. Nous ne sommes encore qu'au début de l'histoire mais qui promet d'être riche en innovations, porteuse

d'excellence et contribuant au rayonnement scientifique international ! »

« Aujourd'hui sur les fonctionnalités de la surface en particulier en tribologie, en optique ou en chimie, le LabEx qui a été renommé en 2019, a connu de beaux succès dans sa première phase. Une centaine de retombées scientifiques, une cinquantaine de théories financées...». Nos activités reposent sur celles de l'EUREST qui depuis longtemps a une surface pour la maîtriser, une offre de formation, une recherche et une exploitation en cours. Fort de ses réussites précédentes, le LabEx visé désormais à créer de nouveaux partenariats afin d'élargir plus largement les aspects fonctionnalités incluant la chimie et la physico-chimie des surfaces. Le LabEx a été l'occasion de mettre en place une structure de recherche sur le territoire et de favoriser de nouvelles synergies entre les laboratoires, sans oublier de créer du lien entre la recherche et le transfert industriel à travers, notamment, l'entreprise HEF et le GIE Manutech USD. »

Bertrand Nicolet, directeur exécutif de Manutech-USD

« L'eGIE Manutech-USD a été créé entre partenaires académiques et industriels pour opérer les équipements d'exception de l'Equipex. Cette organisation crée un lien privilégié entre la recherche et les entreprises afin d'accroître le transfert des capacités innovantes des lasers femtoseconde à l'industrie. Nos plateformes de texturisation et de caractérisation exploitent les propriétés d'exceptionnalisation de la surface (tribologie, anti-adhérence, croissance cristalline, etc.) et s'intègrent dans un modèle économique viable. Grâce à l'écosystème mis en place nous améliorons le continuum entre recherche et innovation pour créer de nouveaux dialogues en un seul et même lieu. Fonctionnalités et performances des matériaux avec un laser ultrabref pour leur conférer des propriétés indésirées est devenu passionnant qui trouve des champs d'applications à l'infrastructure aéronautique, l'énergie, la santé, l'agroalimentaire. Le laser femtoseconde est une technologie qui fascine tant le grand public que les meilleurs professionnels internationaux auxquels le GIE participe internationalement : au GIE (Photonics West à San-Francisco), SPIE Photonics West à San-Francisco). »

« Un équipement de texturisation de surface pour bras robotisé

Programmations, tubes et EUD fournis par INGENIERIE LASER, CEA LIST, LUMI-TECH, LIGG, OCSS, MINES St Etienne, INSA Lyon, ENS, ENSI, CNRS, INSTITUT LASER, FEMTO, INRA, Université Paris-Saclay.

manutech-sleight@univ-st-etienne.fr
contact.manutech-usd@univ-st-etienne.fr
seurle.guillarme@univ-st-etienne.fr



La Recherche, N° 560 Juin 2020



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Introduction to Labex Manutech SISE

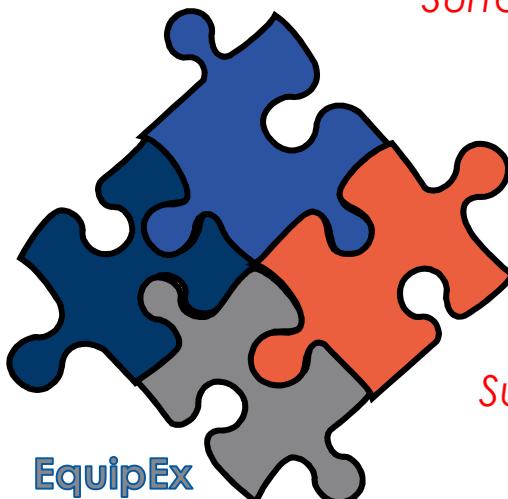
LabEx



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON

Surface and Interface Science Engineering

Formation



EquipEx



Ultrafast Surface Design

Ecole Universitaire de Recherche



MANUTECH
SLEIGHT
Université de Lyon

Surfaces Light Engineering – Health & Society

LABORATOIRE
HUBERT CURIEN
UMR • CNRS • 5516 • SAINT-ETIENNE

LTDS

LaMCoS
UMR 5259

Mateis

LGF

SAINBIOSE
Santé Ingénierie
Biologie Saint-Étienne
UMR 5551 - INRAE - SAINT-ETIENNE

CREATIS

biigC
Institut Imagineer et Ingénierie
Génomique et Cellulaire



ÉCOLE CENTRALE LYON



ENISE



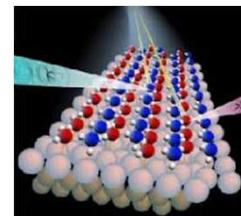
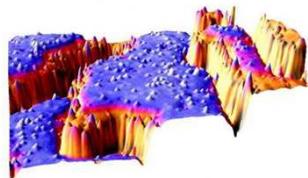
INSA INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES APPLIQUÉES LYON



KERANOVA

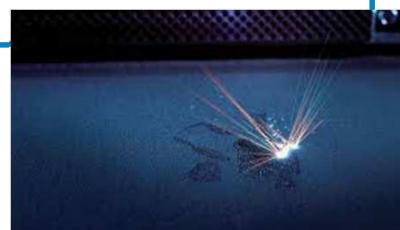


2011-2019 to 2020-2024



- Physico-chemistry
- Manufacturing technologies
- Material science

Needs



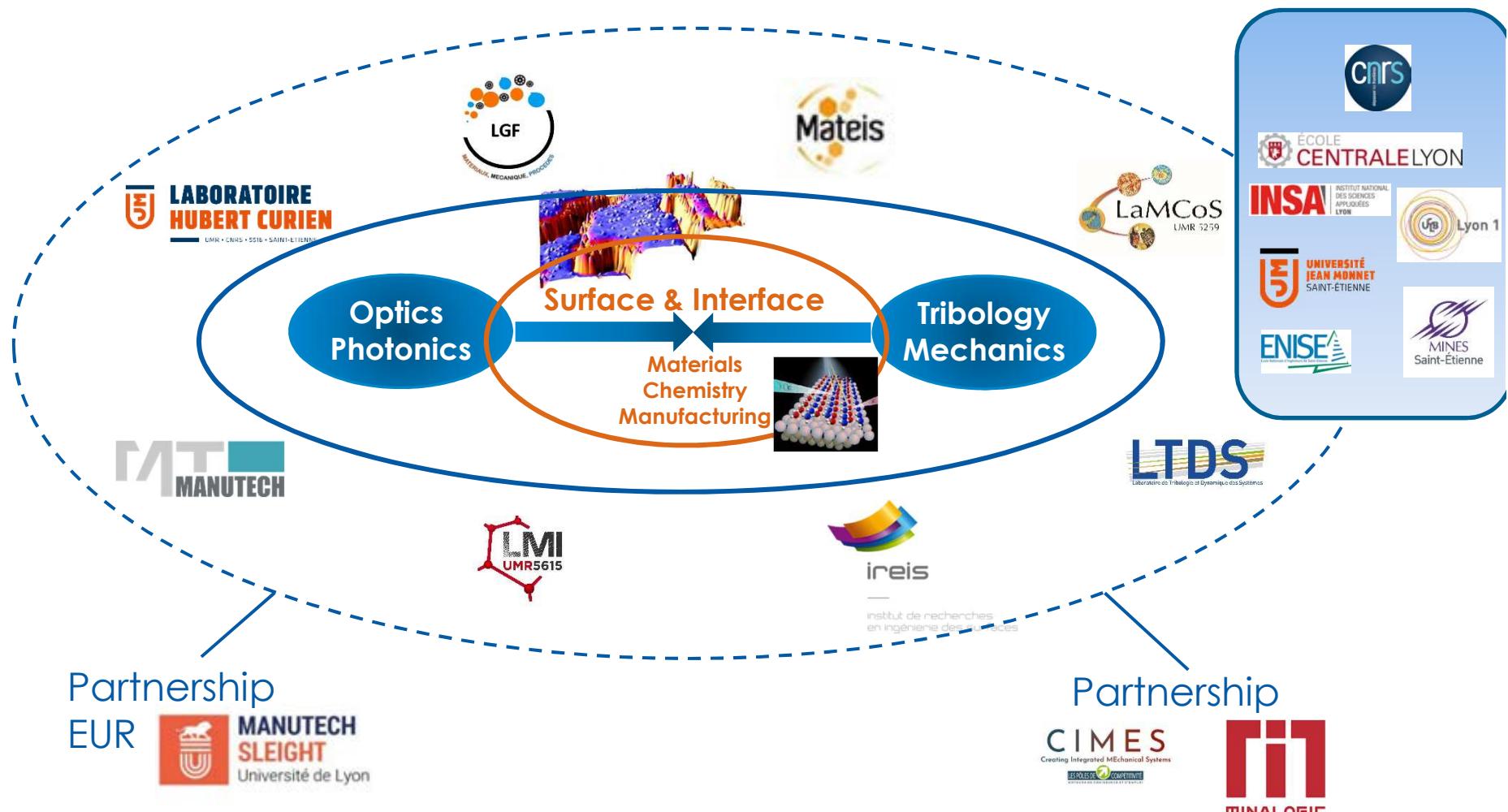
LABEX 20-24

- 4 new scientific Axes
- 3 new partners
- Towards prototypes
- Label “MANUTECH”





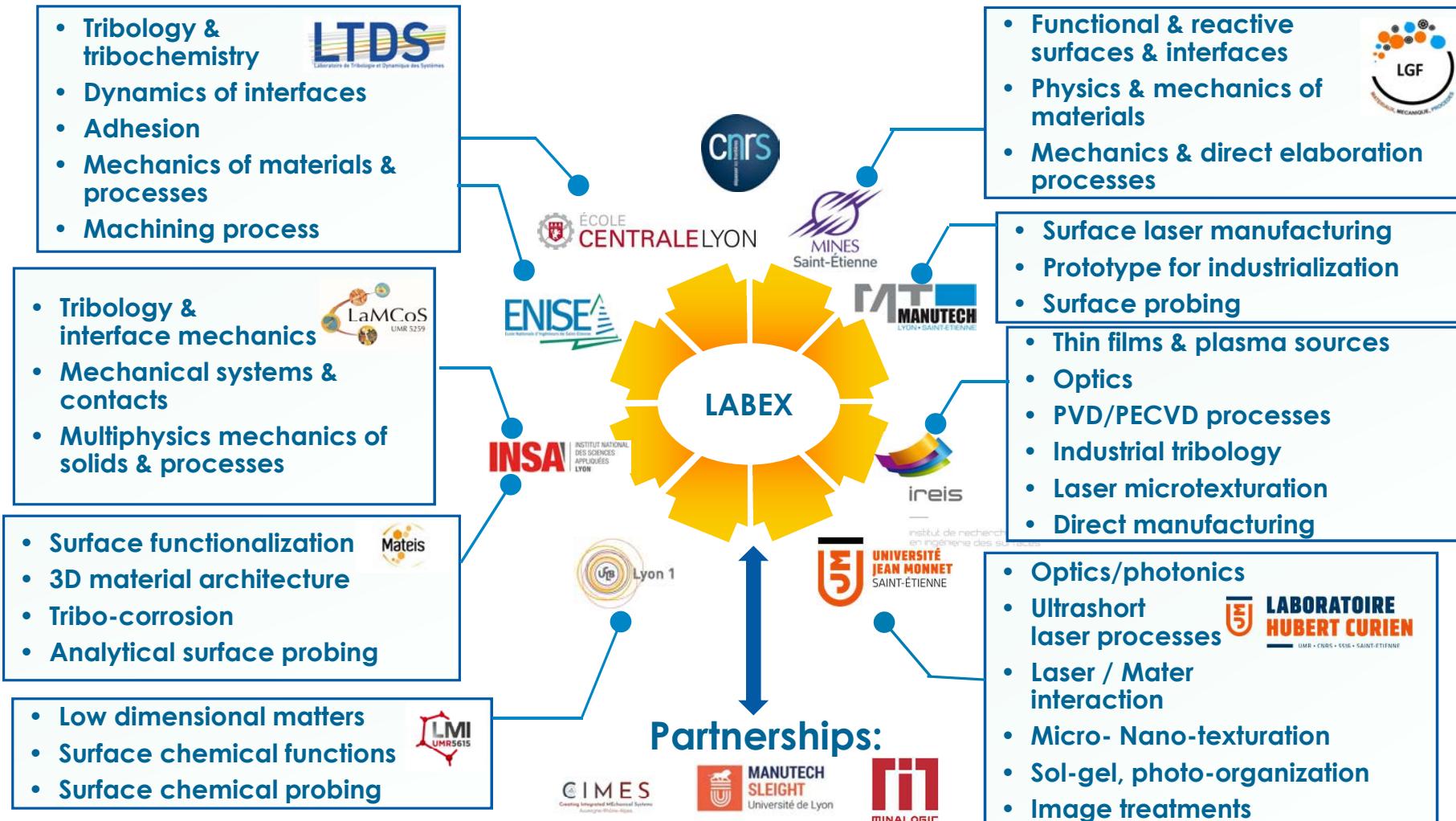
Introduction to Labex Manutech SISE





Introduction to Labex Manutech SISE

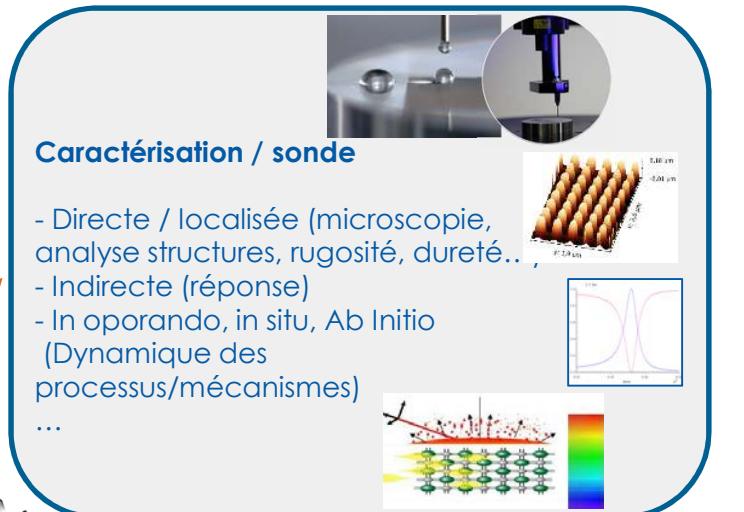
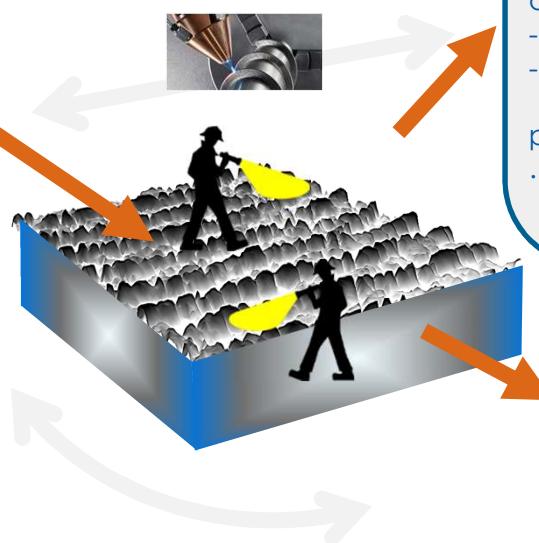
Skills and know-hows of the LABEX MANUTECH-SISE 2020-2024 partners





Introduction to Labex Manutech SISE

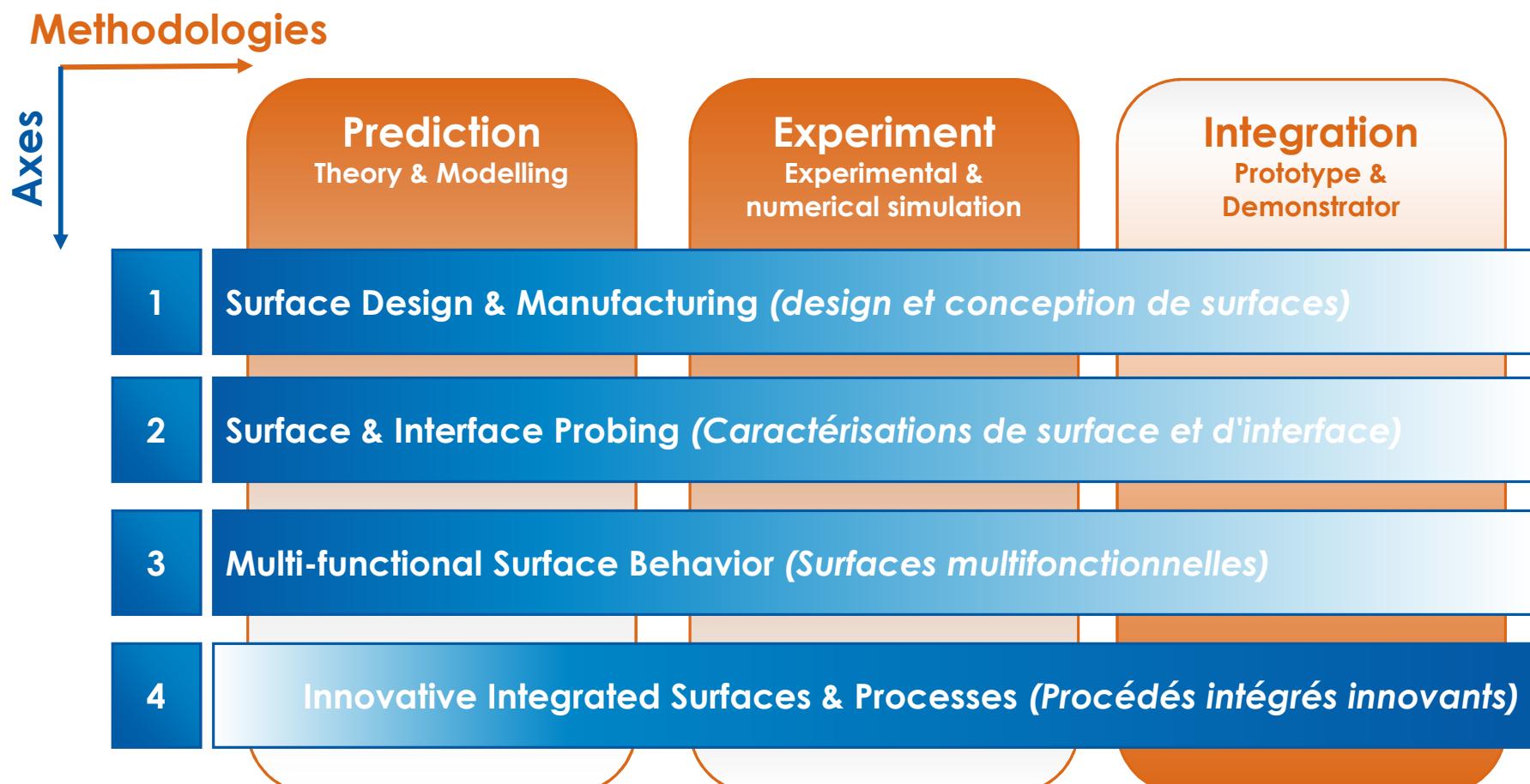
Scientific objectives



Energie, santé, éco mobilité, perception sensorielle, capteur, couleurs...



Axes





LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Introduction to Labex Manutech SISE

GIE Manutech facilities and projects

Examples of Labex's projects (ongoing and completed)



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

GIE Manutech facilities and projects



GIE MANUTECH USD
FEMTO-SECOND LASER EUROPEAN PLATFORM

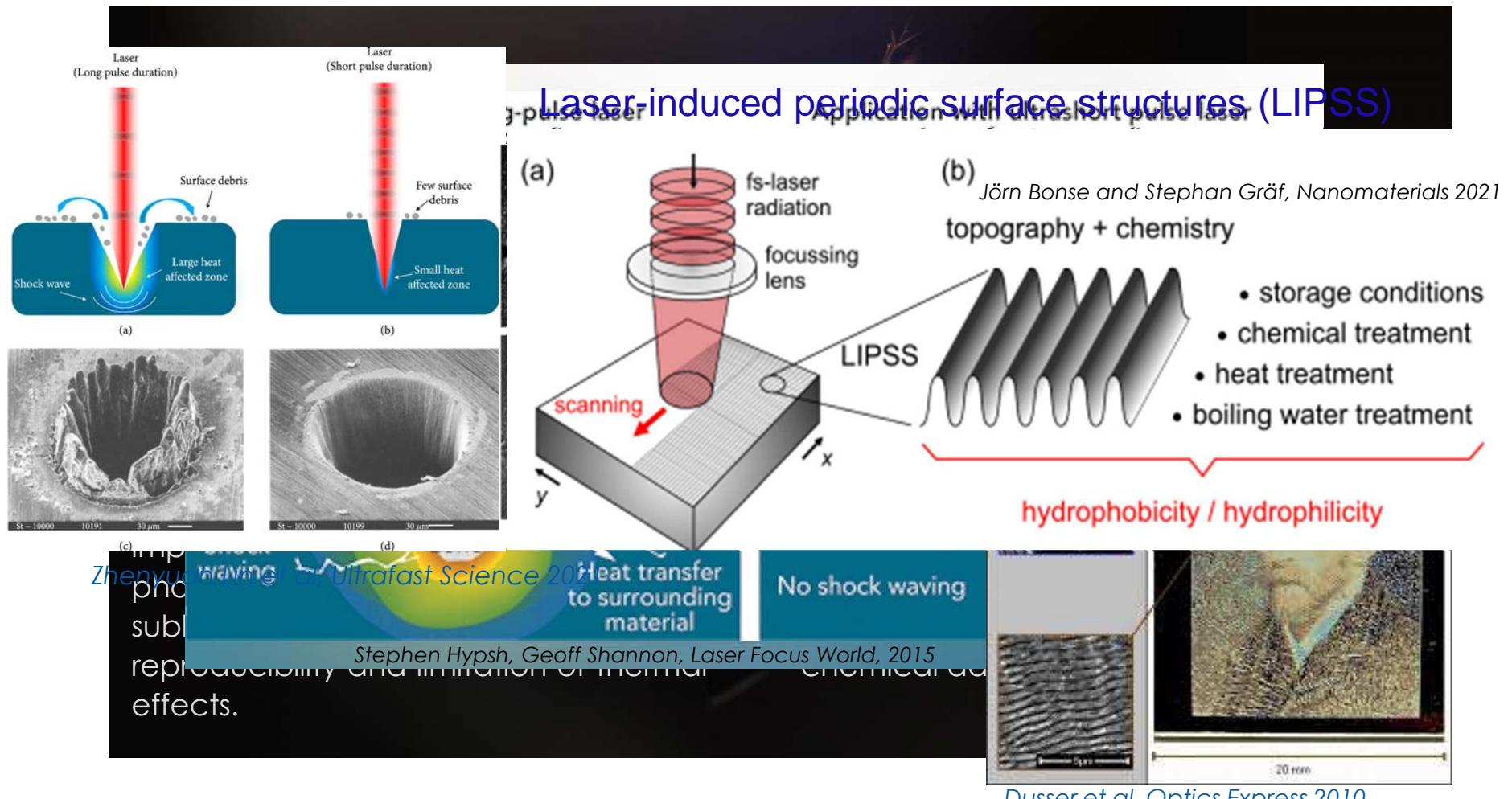
**Which tool is able to sublime all kind of materials
with micrometric precision?**

Nicolas Compère Vice-Président

nicolas.compere@manutech-usd.fr



GIE Manutech facilities and projects



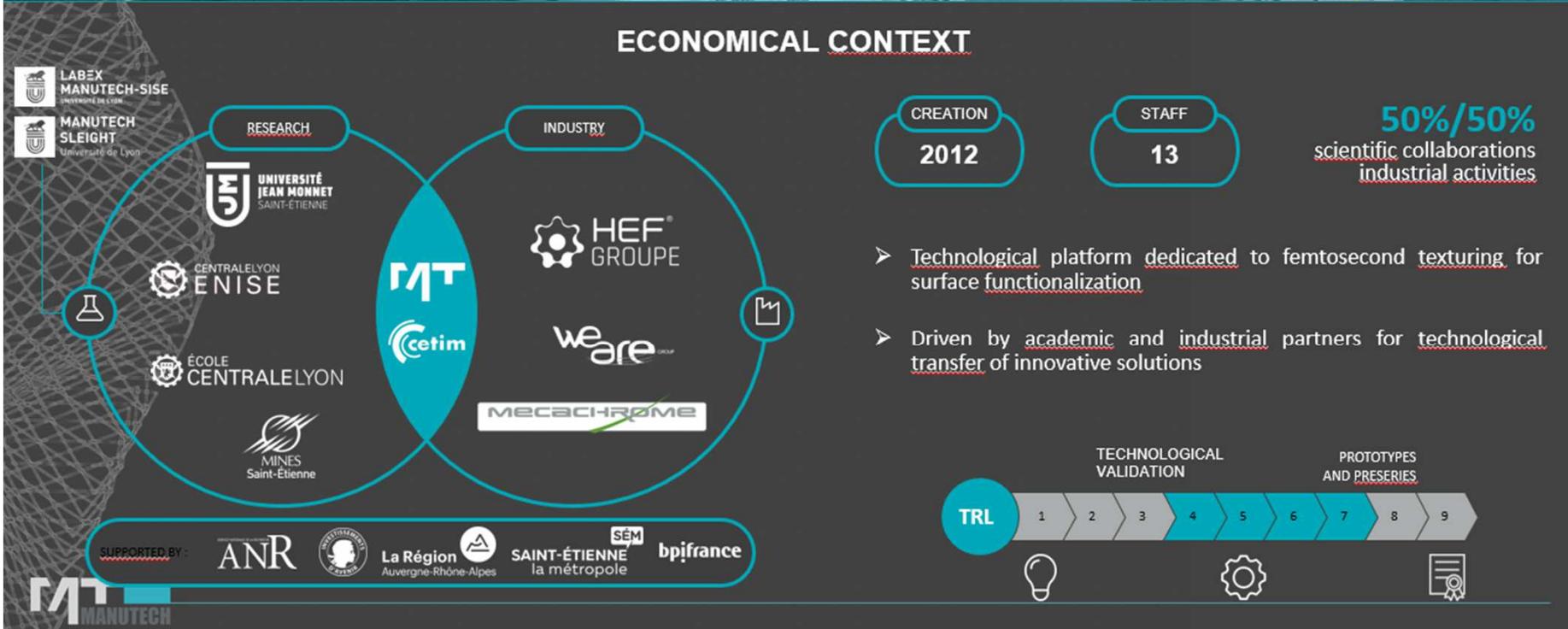


GIE Manutech facilities and projects

...in an ecosystem promoting scientific transfer to industry



ECONOMICAL CONTEXT





GIE Manutech facilities and projects



EQUIPMENTS AND CAPACITIES

10 Femtosecond laser ($\leq 300\text{ W}$)

12
Laser platforms

6 XYZθ stages ($0.1\mu\text{m}$ to 0.8m)

2 Robot arms

4 Optical microscopes

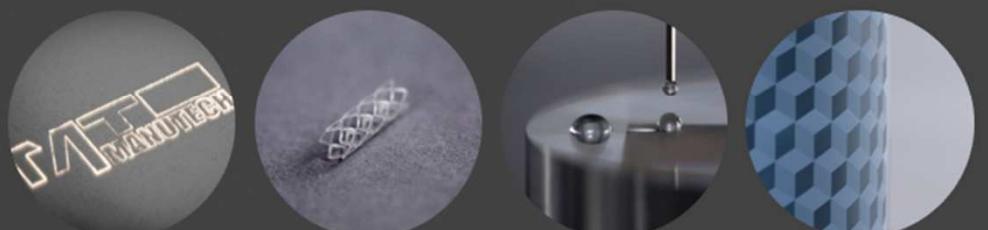
3 Topographic probes (Confocal & interferometric)

4

Characterization
platforms

1 SEM / FIB

- Specialized in **femtosecond** laser processes
- All types of materials (polymers, metals, ceramics, organic...)
- Industrial **upscaling** optics and modules (beam shaping, fiberizing...)



ISSUES

**Complex
parts**

**Quality
Repeatability**

**Time
processes**



GIE Manutech facilities and projects

UNIQUE TOOL FOR LIMITLESS APPLICATIONS

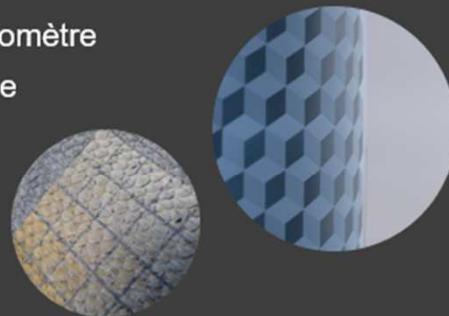


Etanchéité
Piège à photons
Antibactérien
Anticalcaire
Antigivre
Esthétique
Hydrophobie
Autonettoyant
Conservation alimentaire
Anti-moisissure
Anti arc EM ...
Préparation collage



GRAVURE ET MARQUAGE

- Topographie contrôlée jusqu'au nanomètre
- Designs complexes à grande vitesse
- Variation de coloration



FONCTIONNALISATION

- Performances matériaux optimisées
- Propriétés de surfaces personnalisées
- Utilisation réduite de produits chimiques



DÉCOUPE

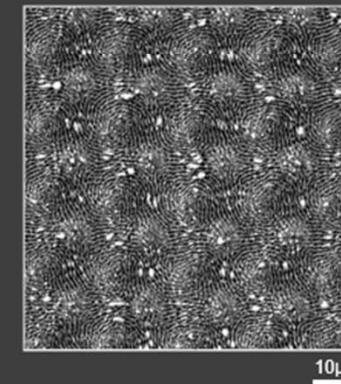
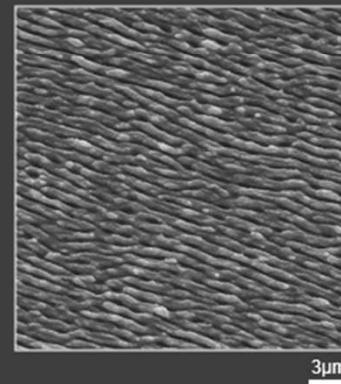
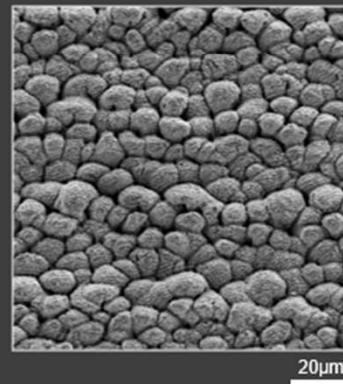
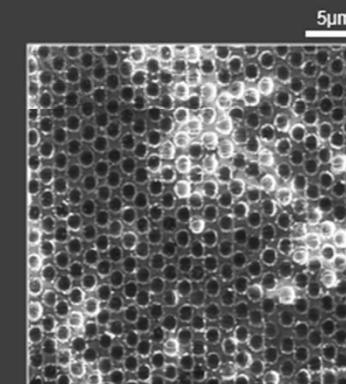
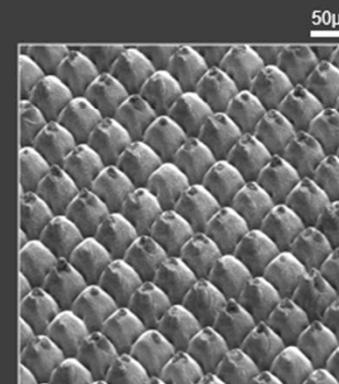
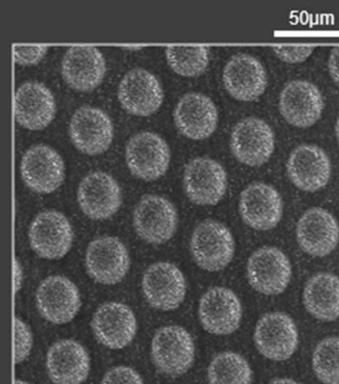
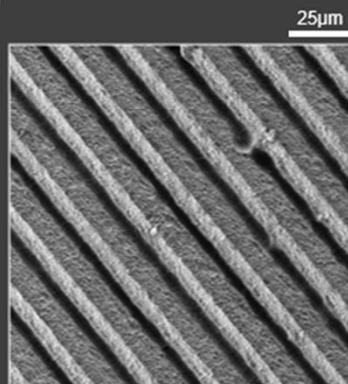
- Effets thermiques limités
- Précision micrométrique
- Pas d'usure d'outil



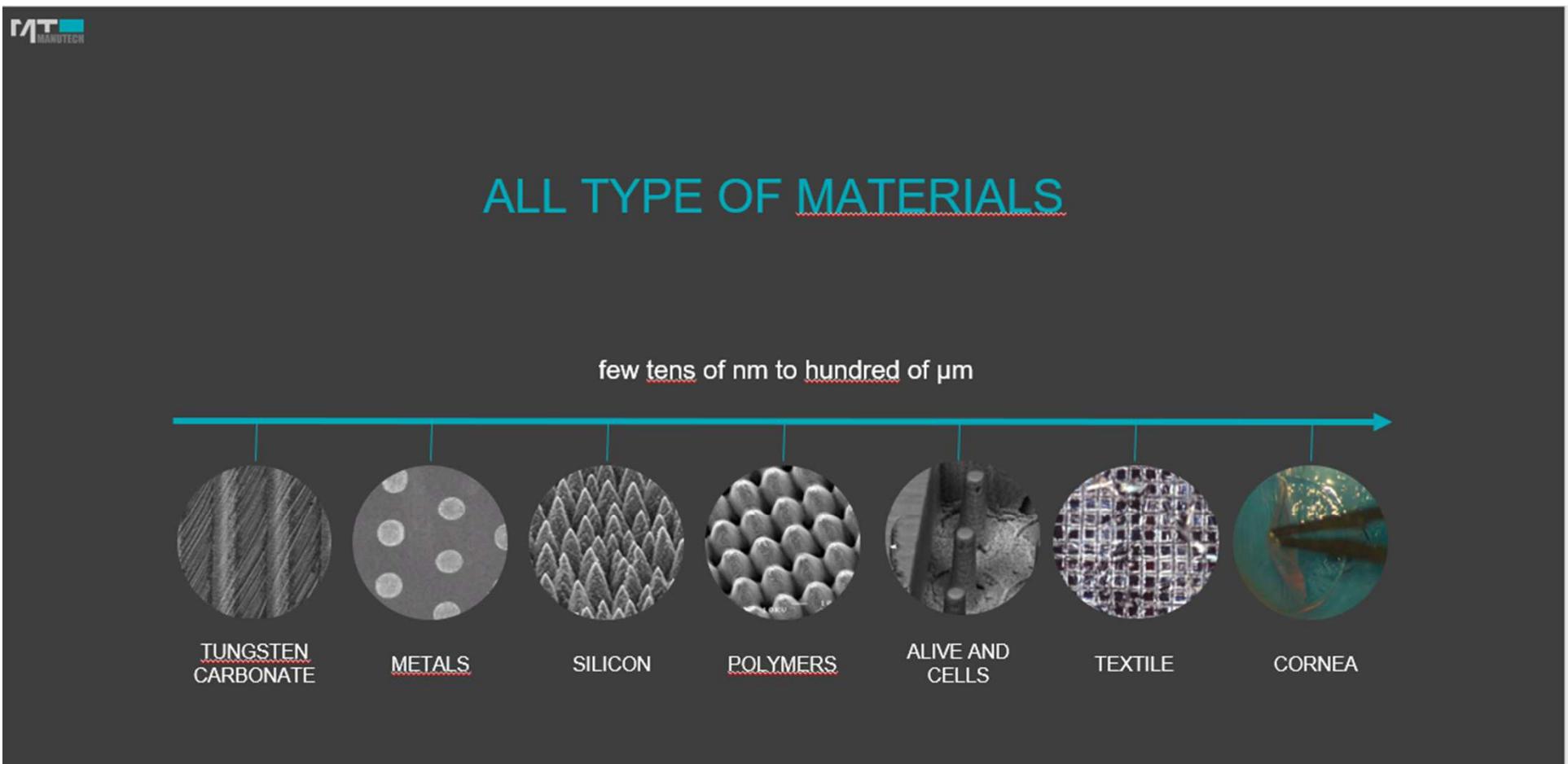
- Adhérence
- Frottement
- Mouillabilité
- Croissance cellulaire
- Conductivité
- Embellissement
- Auto-nettoyage
- ...



UNIQUE TOOL FOR LIMITLESS APPLICATIONS

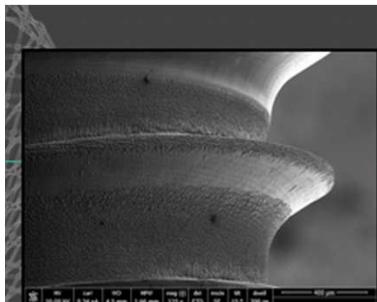


- Various topography
- Multiscale
- Large area
- Numerous application fields



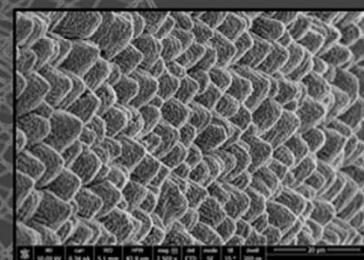


GIE Manutech facilities and projects



EUROPEAN PROJECT

LASER IMPLANT



6 partners



UNIVERSITÉ
JEAN MONNET
SAINT-ÉTIENNE



JYU
JOHANNES KEPLER
UNIVERSITÄT LINZ



hofer
MEDICAL SOLUTIONS



TRL



Budget

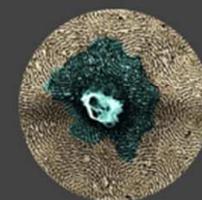
European Commission | Horizon 2020
European Union funding for Research & Innovation
Grant Agreement no: 951730

1.94M€

Budget over 2 years



Objectives



- Surface Design on TA6V
- Biological characterization
- Production demonstrator





MT MANUTECH

1 – RECHERCHE DE TEXTURATIONS ADAPTÉES ⇒ COLLABORATIONS AVEC LES CHERCHEURS

BACTÉRIES

Textured Mirror polished

IR-LIPSS

GR LIPSS

$\lambda=1030\text{nm}$
 $\Lambda = 600\text{nm}$

$\lambda=515\text{nm}$
 $\Lambda = 400\text{nm}$

20 μm

Streptococcus mutans coloré en vert (images au microscope à fluorescence)
Bactéries les plus courantes dans la salive, responsables de la péri-implantite

Implant sain Mucosite péri-implantaire Péri-implantite

UNIVERSITÉ JEAN MONNET SAINT-ÉTIENNE

SAINBIOSE

Santé INgénierie BIOlogie Saint-Étienne

U1059 • INSERM • SAINT-ÉTIENNE

CENTRALELYON ENISE

LMI UMR5615

LABORATOIRE HUBERT CURIEN

UMR • CNRS • ENS • SAINT-ÉTIENNE



MT MANUTECH

1 – RECHERCHE DE TEXTURATIONS ADAPTÉES ⇒ COLLABORATIONS AVEC LES CHERCHEURS

CELLULES

Poli LIPSS IR LIPSS Radial

50 µm 50 µm 50 µm

Amélioration de la génération de *protéines de fibronectine* nécessaire à la minéralisation des ostéoblastes (cellules osseuses)

UNIVERSITÉ JEAN MONNET SAINT-ÉTIENNE

SAINBIOSE
SAnté INgénierie BIOlogie Saint-Étienne
U1059 • INSERM • SAINT-ÉTIENNE

CENTRALELYON ENISE

LMI UMR5615

LABORATOIRE HUBERT CURIEN
CNRS • INSA • ENSM • SAINT-ÉTIENNE

Fibronectin area (%)

Surface	Fibronectin area (%)
Polished	~15.5
Linear LIPSS	~13.5
Radial LIPSS	~17.5

0.045
0.016



GIE Manutech facilities and projects

MT MANUTECH

1 – RECHERCHE DE TEXTURATIONS ADAPTÉES ⇒ COLLABORATIONS AVEC LES CHERCHEURS

CELLULES

200 μm
50 μm
micro
5 μm
nano

Surface microstructurée

Surface polie

UNIVERSITÉ JEAN MONNET SAINT-ÉTIENNE
SAINBIOSE
SAnté INgénierie BIologie Saint-Étienne
U1059 • INSERM • SAINBIOSE

CENTRALE LYON
ENISE

LMI UMR5615

LABORATOIRE HUBERT CURIEN
UMR • CNRS • SISB • SAINT-ÉTIENNE



UNIQUE TOOL FOR LIMITLESS APPLICATIONS

Anti-moisture

T₀ without texturing

Cleaning after 7 weeks

Without texturing

Cleaning after 7 weeks

Texturation laser n°1

Texturation laser n°2

5µm

- Easy cleaning
- Enhance lifetime



UNIQUE TOOL FOR LIMITLESS APPLICATIONS

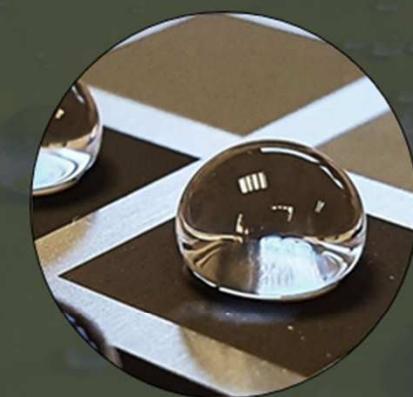
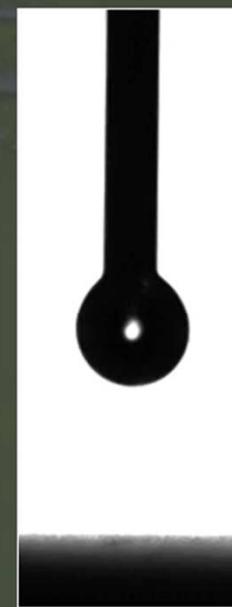
wettability : Hydrophobia / Hydrophilic / repealance

Raw aluminium



Aluminium with laser texturing

Super-Hydrophobic

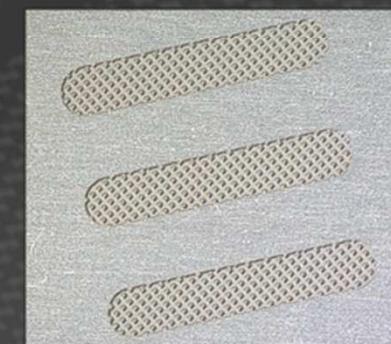
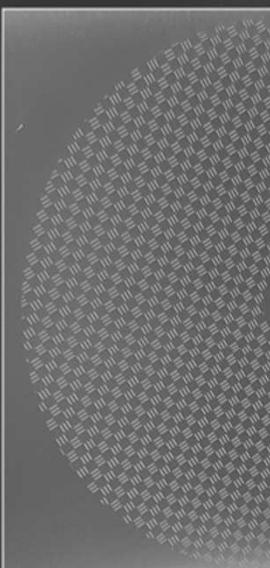
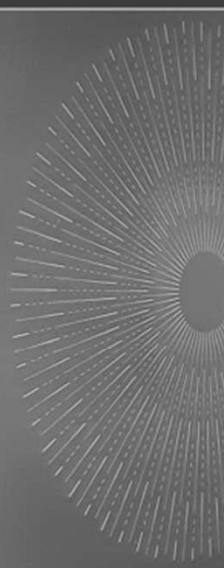
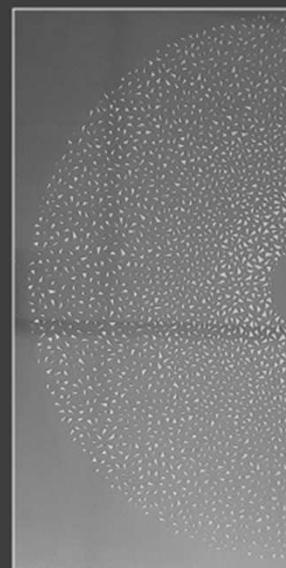


- Self cleaning surface
- Dry process(chemistry less)



UNIQUE TOOL FOR LIMITLESS APPLICATIONS

aesthetic



➤ Customizing



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Introduction to Labex Manutech SISE

GIE Manutech facilities and projects

Examples of Labex's projects (ongoing and completed)



Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

SODYRACT

SODYRACT

Suivi Optique de la Dynamique de Rupture Rapide des Interfaces de Contact Texturées



J. Scheibert



C. Ducottet



Contacts:
Julien SCHEIBERT (julien.scheibert@ec-lyon.fr)



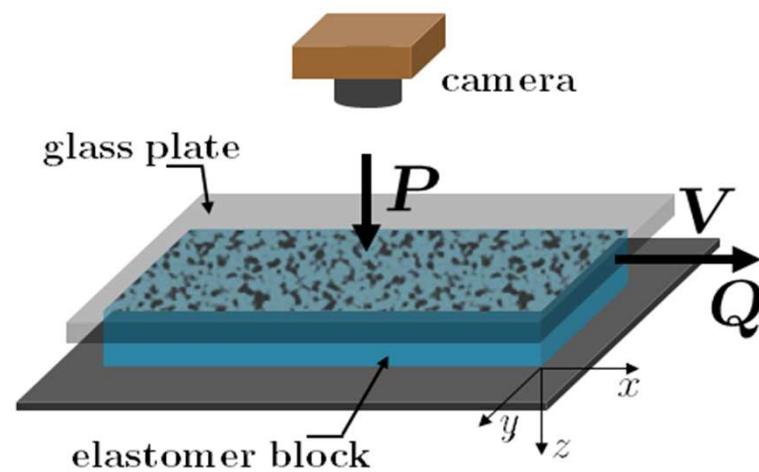
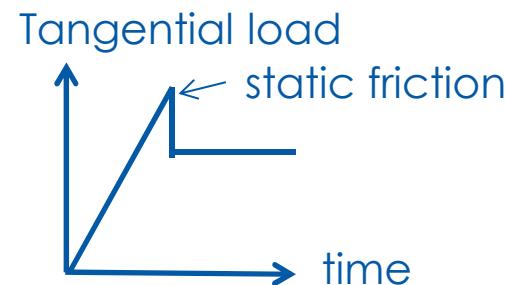
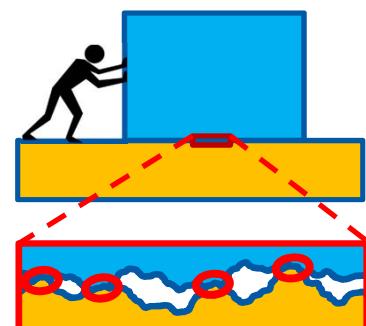
UMR • CNRS • 5516 • SAINT-ETIENNE



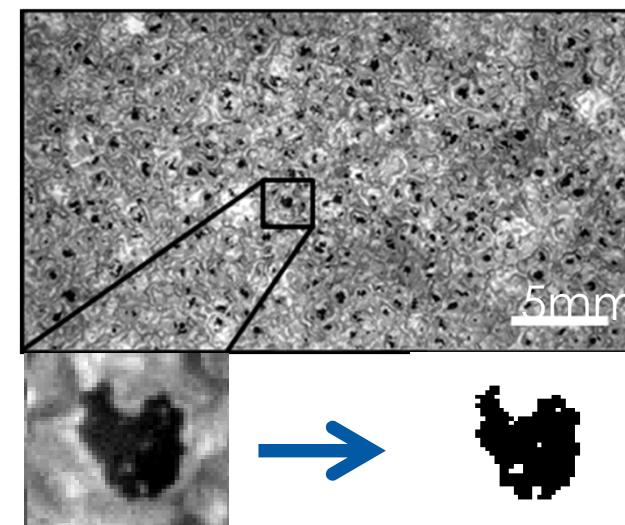
Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Understanding the onset of sliding

SODYRACT



Strategy:
in situ observations of the phenomena preceding static friction



→ Develop and use quantitative analysis of contact images



Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Resources

SODYRACT

Combine competencies in:
Tribology/experimental mechanics
&
Optics/image analysis



PhD of Riad Sahli funded by Manutech-SISE



Leveraging effect to obtain a complementary funding from Institut Carnot I@L
(project MANIFEST, LTDS/IMP)

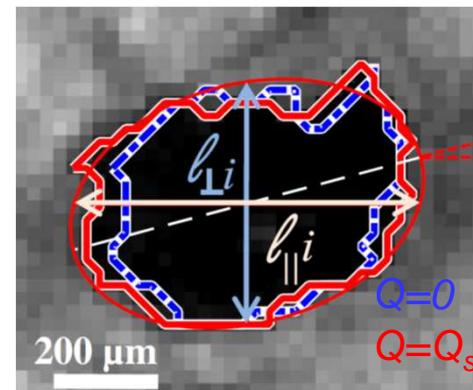
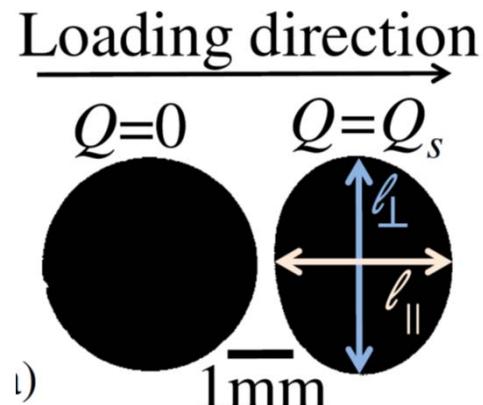




Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

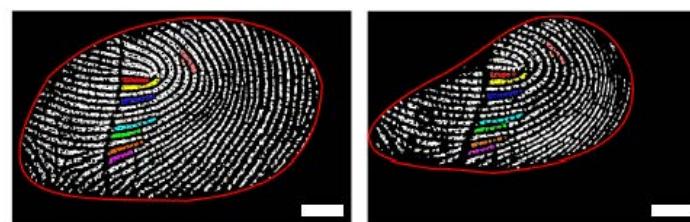
Main results

SODYRACT



Shear-induced contact area reduction & growth of anisotropy

- not included in current models
- affect the macroscopic response (friction, conduction,...)
- generic to soft materials (elastomers, skin,...)





Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Projet TACMUST

Texturation multi-échelle des surfaces et effet sur le comportement tribologique d'un cartilage artificiel

Etude d'un hydrogel à double réseau (DN gel)



Doctorante : Laura Jay ^{1,2}
Superviseurs : Pr. Hassan Zahouani ¹ & Pr. Koshi Adachi ²
Co-superviseur : Pr. Philippe Kapsa ¹

¹ Laboratoire de Tribologie et Dynamique des Systèmes (LTDS), UMR 5513
École Centrale de Lyon

² Mechanical engineering department, Adachi . Kanda Laboratory
Tohoku University

Contacts:
Hassan ZAHOUANI, hassan.zahouani@ec-lyon.fr



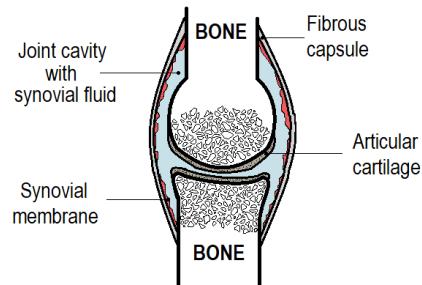
Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Introduction sur le cartilage hyalin

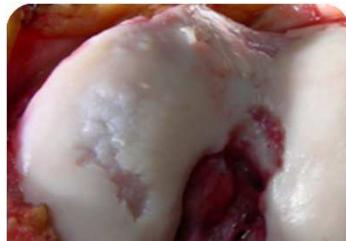
- Au niveau des articulations



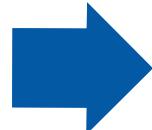
- Dans la capsule synoviale



- Solutions futures et pour petits dommages est l'autogreffe puis allogreffe
→ bon résultat mais prélèvement difficile
- Donc les solutions sont la culture cellulaire sur biomatériaux (car les cellules du cartilage se différencient en culture classique)
→ Utilisation du DN gel comme support



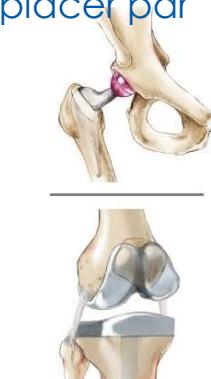
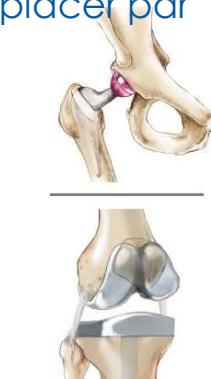
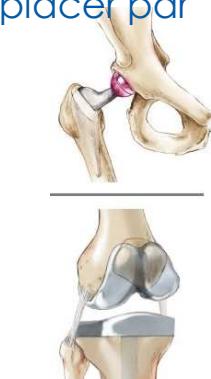
Cartilage ne se répare pas facilement de façon spontanée



Les autogreffe et allogreffe donne de bon résultats



Il y a de grands progrès dans la domaine des biomatériaux

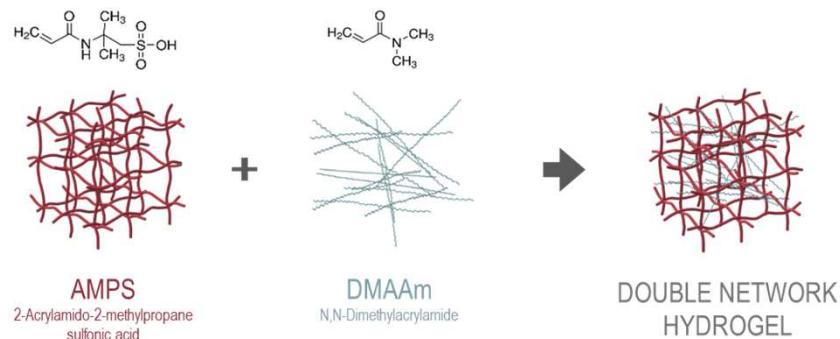




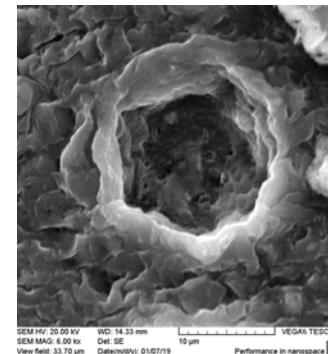
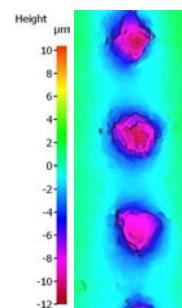
Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Dispositifs utilisés

- DN gel fabriqué au LTDS et au Japon

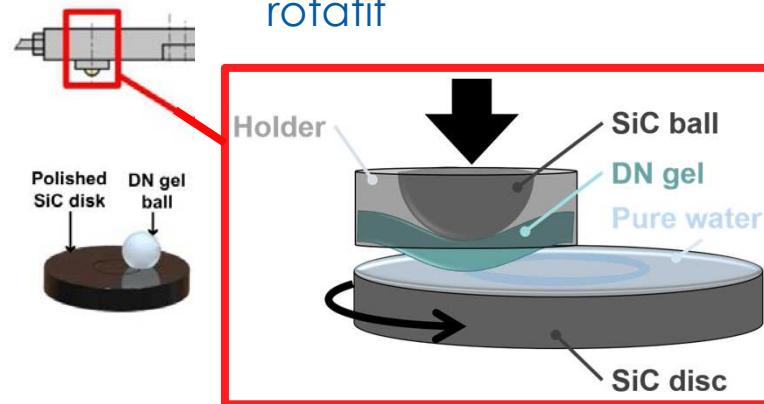


- Texturation laser du DN gel par Manutech Sise
- Observation au MEB et microscope optique

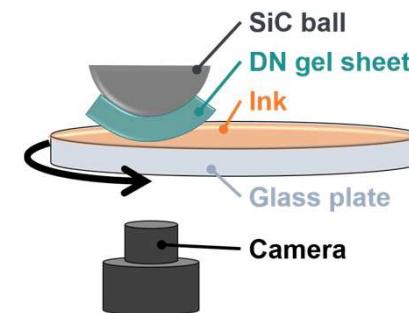


TACMUST

- Utilisation d'un tribomètre rotatif



- Observation directe de l'interface



L'influence de la texture sur le frottement, l'usure et la repousse cellulaire a été étudié



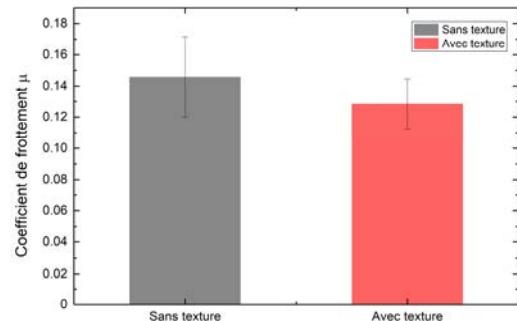
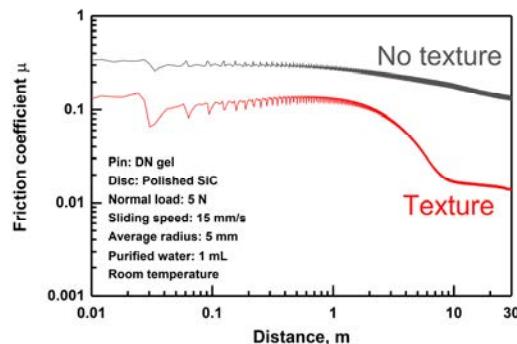
Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

TRIBOLOGIE

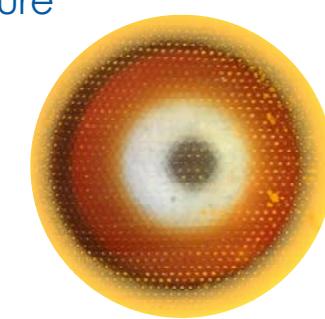
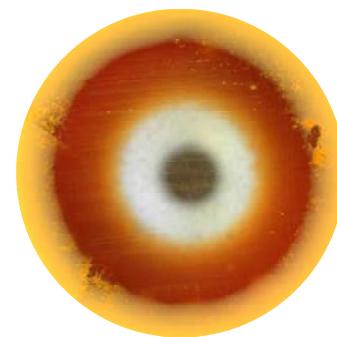
Résultats influence texture sur les propriétés tribologique du DN gel

TACMUST

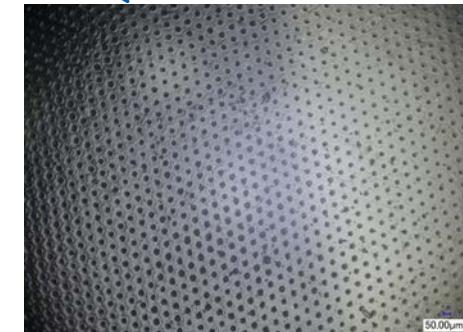
- Sur le frottement



- Sur l'usure



Sens de frottement



La texture a une influence positive non significative sur le coefficient de frottement
(plus d'influence du procédé de fabrication)
En revanche influence très positive sur l'usure (peu d'usure)



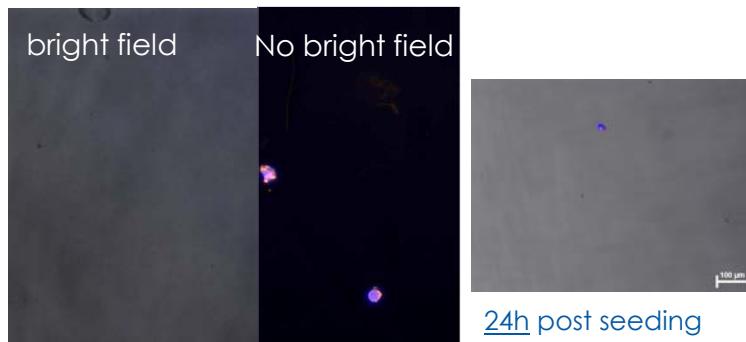
Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

BIOLOGIE

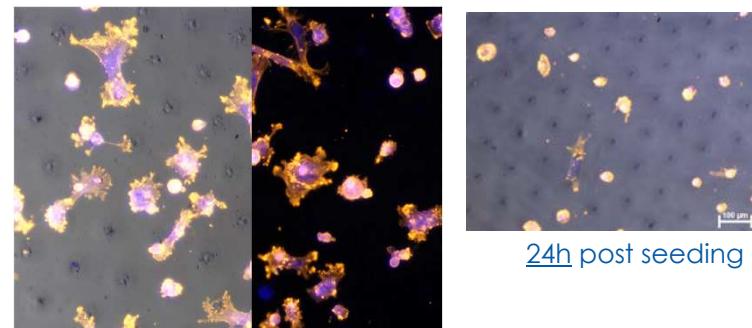
Résultat influence texture sur les propriétés biologiques du DN gel

TACMUST

- Sur la repousse cellulaire



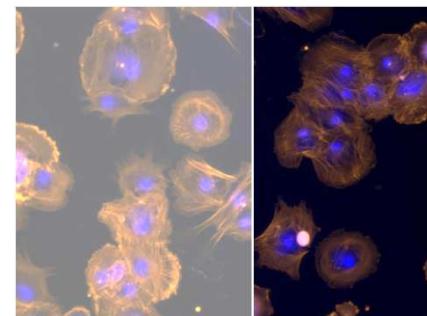
DN gel non texturé



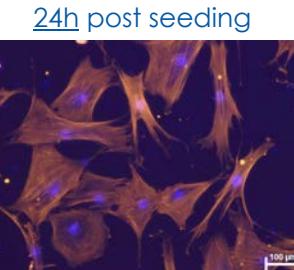
DN gel texturé

24h post seeding

2h post seeding



Boîte de Petri
en plastique



24h post seeding

L'application d'une texture sur le DN gel améliore considérablement la repousse cellulaire,
contrairement à un gel non texturé

Contacts:

Hassan ZAHOUANI, hassan.zahouani@ec-lyon.fr



LABEX
MANUTECH-SISE
UNIVERSITÉ DE LYON



anr[®]
agence nationale
de la recherche

Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Projet R2EX

Micro structuring for Manufacturing Resonant
Gratings with Extreme Efficiency

PROTECT

Low Temperature Commutation of Thermo-chromic based
VO₂ Thin Films for the Protection of Electronic and Optical
Devices



UMR • CNRS • 5516 • SAINT-ETIENNE



Institut de recherches
en ingénierie des surfaces



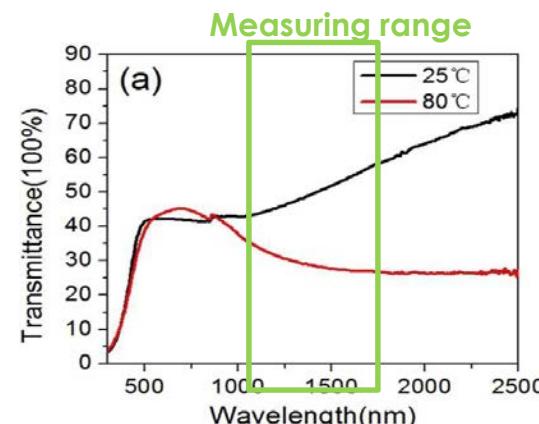
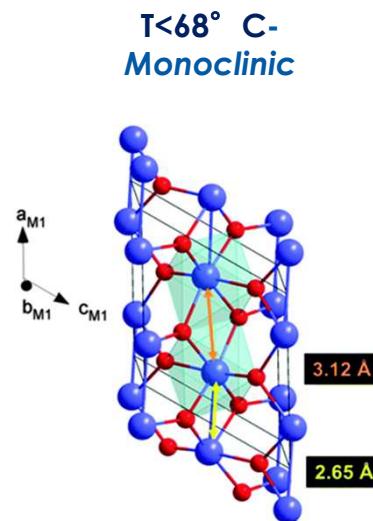
Contacts:
Christophe Donnet (Christophe.Donnet@univ-st-etienne.fr)



Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

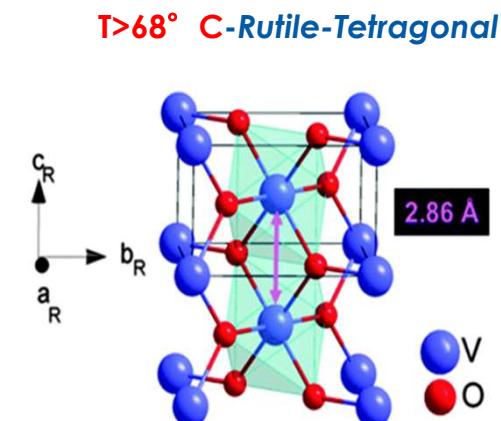
R2EX

VO₂ Material : metal–insulator transition



Melnik et al., Materials Letters 68, 215-217 (2012)

Dielectric material
**Transparent in the IR
region**



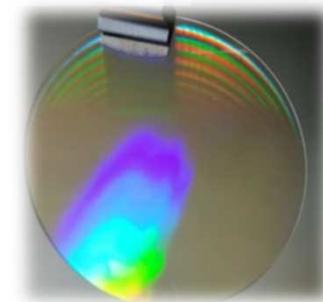
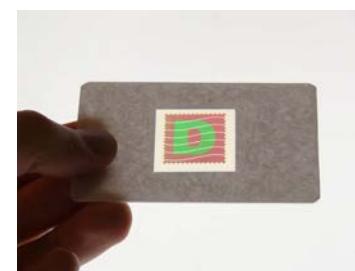
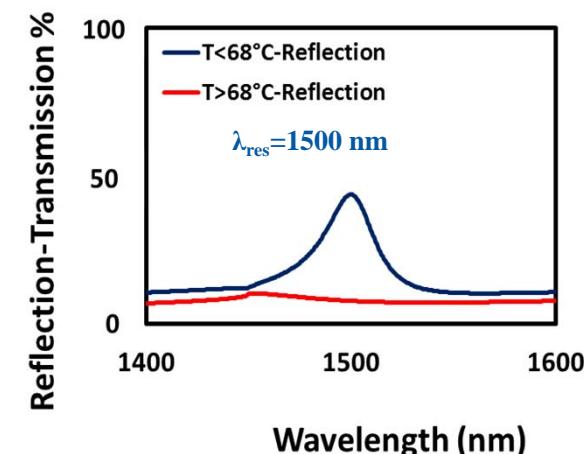
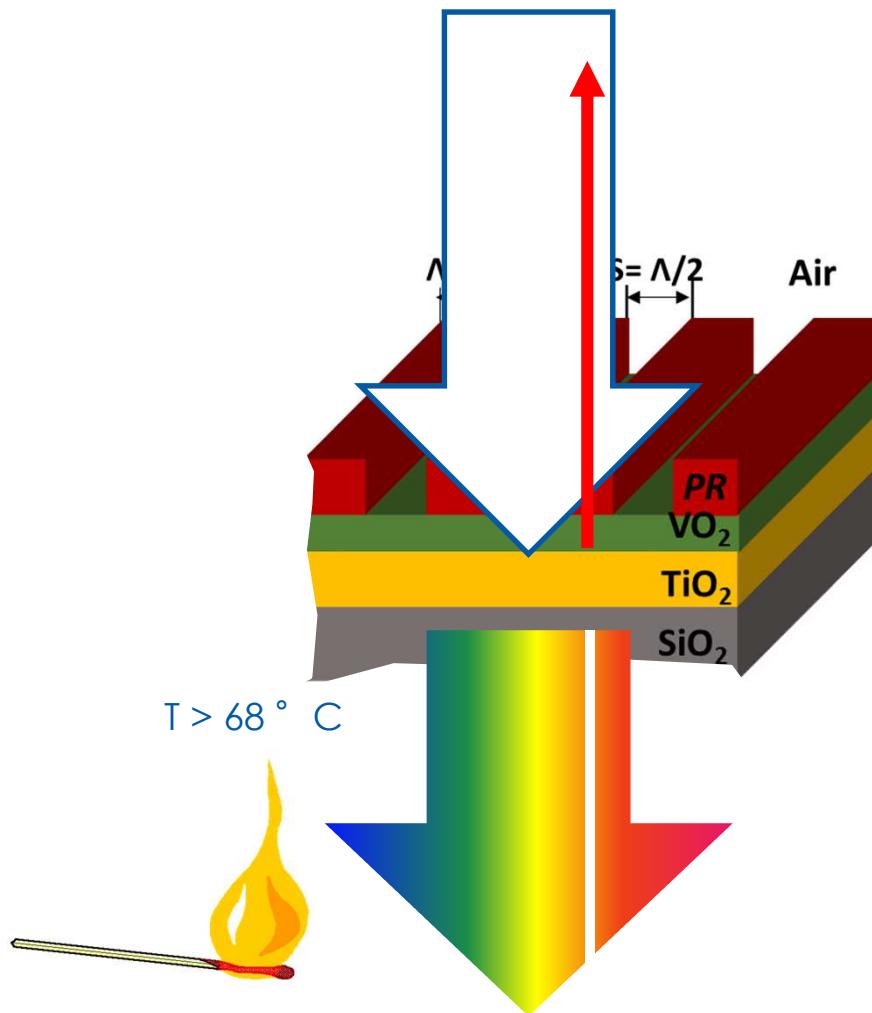
Metallic material
**Opaque in the IR
region**



Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Thermally Activated Waveguide Resonant Grating (VO₂ thin layer)

R2EX



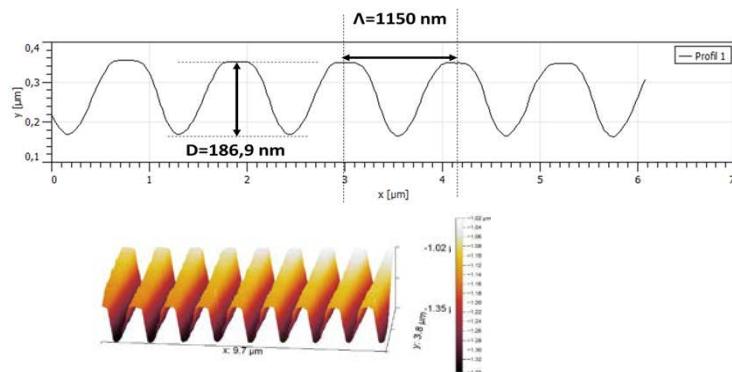


Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

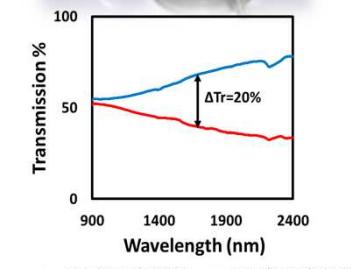
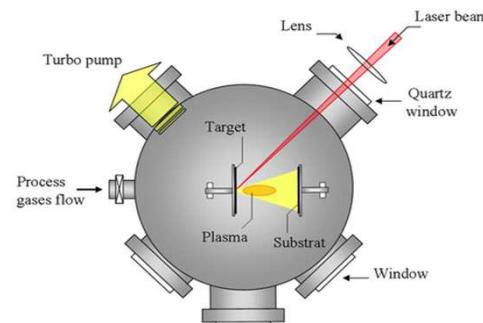
Fabrication and optical measurements

TiO₂ sol-gel deposition
VO₂ layer deposition (PLD)

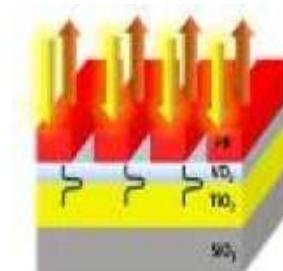
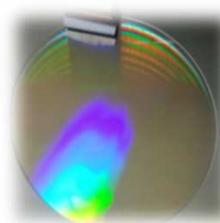
Grating writing (LIL)



PLD (Pulsed Laser Deposition)



R2EX

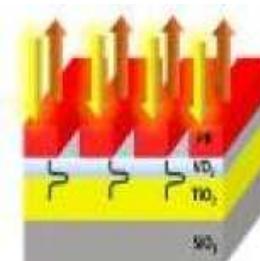
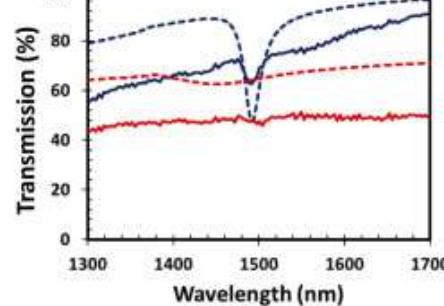
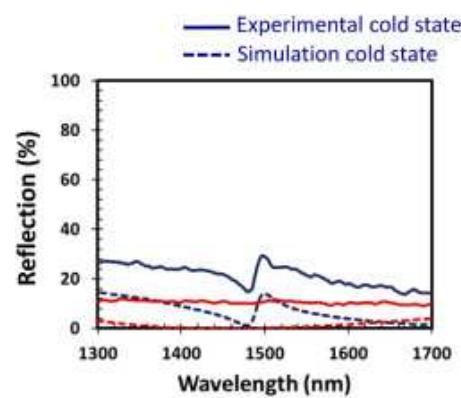
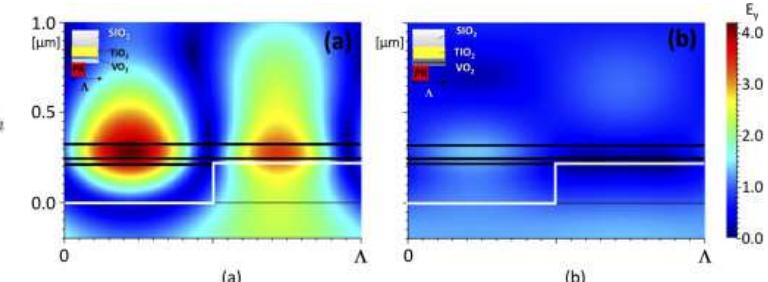
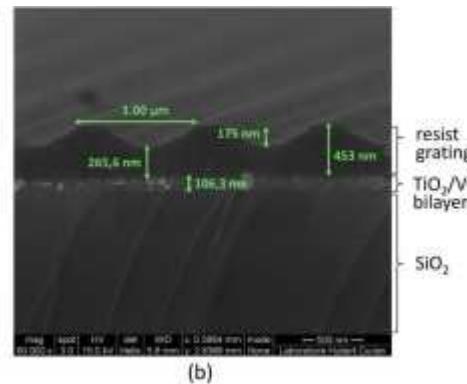
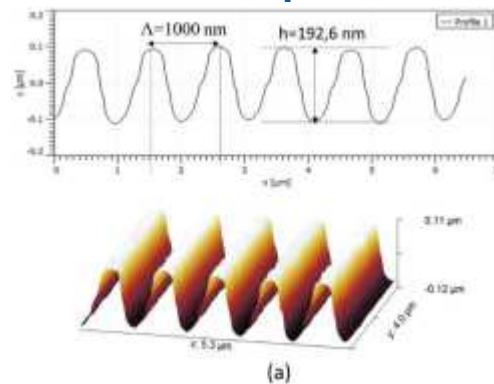




Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

Fabrication and optical measurements

R2EX

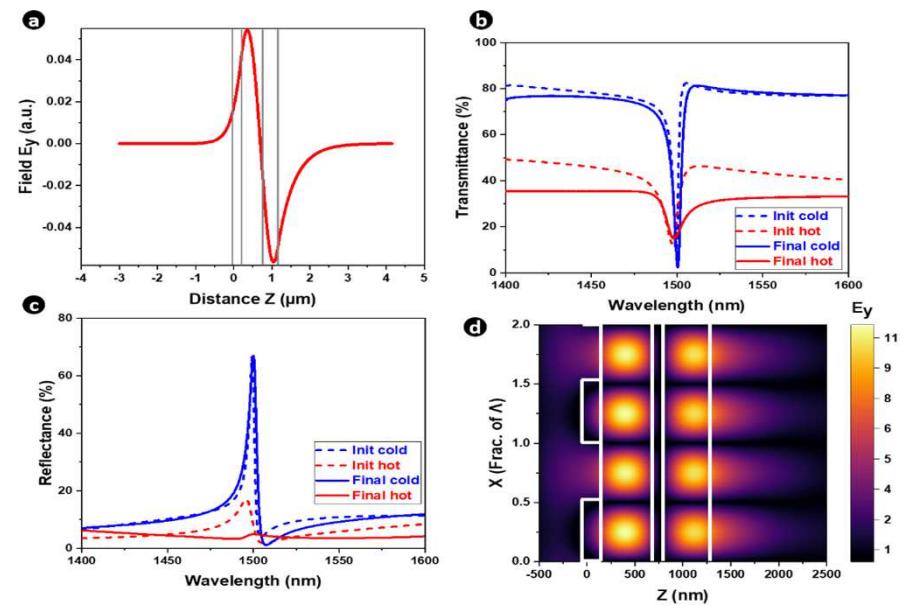
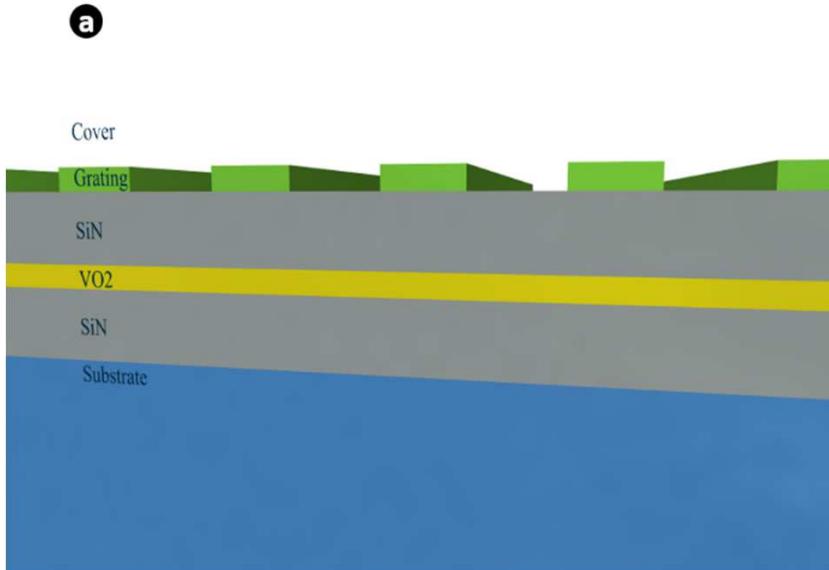


Koussi et al, "Thermally activated resonant grating using a vanadium dioxide waveguide" *Opt. Mat. Express* 11(4), 2021



Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

New design (PROTECT)

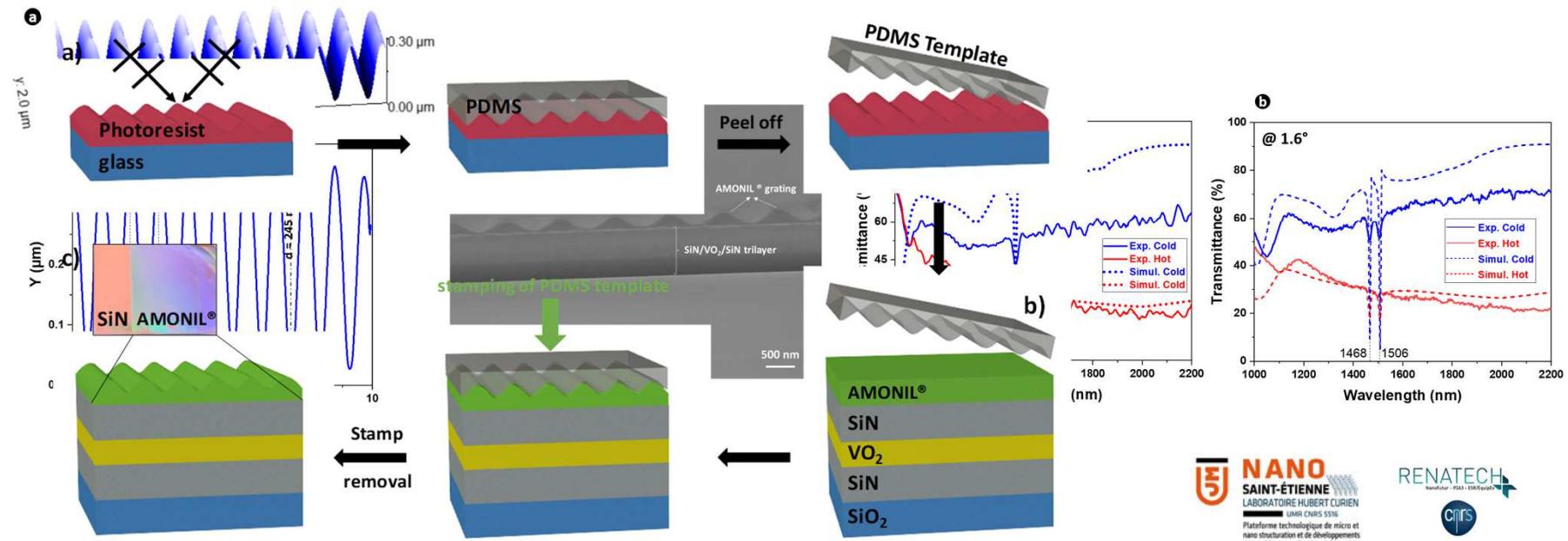




Examples of Labex's projects (ongoing and completed)

PROTECT

Fabrication and optical measurements



Bleu et al., "SiN/VO₂/SiN sandwich-based resonant waveguide grating to produce thermally activated optical components",
Advanced Optical Materials, May 2023, DOI: 10.1002/adom.202300126



CONLCUSION

Manutech

- Surface texturing using fs laser and UV lithography
- Various materials
- Multiscale
- 3D and complex substrates
- Various applications fields (wetting, tribology, Optical, health, sensors...)



Merci pour votre attention

Contacts

Yves JOURLIN (yves.jourlin@univ-st-etienne.fr)

Nicolas COMPERE (nicolas.compere@manutech-usd.fr)

<https://manutech-sise.universite-lyon.fr/>
<https://www.manutech-usd.fr/>

 <https://twitter.com/LabexManutech>

 <https://www.linkedin.com/company/labex-manutech-sise/>

 <https://www.facebook.com/LabexManutechSise/>