

# La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens

**Gaël LATOUR**

Université Paris-Saclay, Orsay

Laboratoire d'Optique et Biosciences (Ecole polytechnique, CNRS, INSERM), Palaiseau  
[gael.latour@universite-paris-saclay.fr](mailto:gael.latour@universite-paris-saclay.fr)



18 avril 2023 @LOB



Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

Séminaire Subatech – Mai 2023

## Laboratoire d'Optique et Biosciences

Laboratory for Optics and Biosciences (Ecole polytechnique)

→ optics and biology interface lab, ~70 people

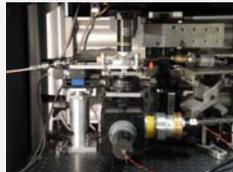


**Team Second harmonic generation imaging**

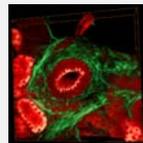
- M.-C. Schanne-Klein (researcher (DR), CNRS)
- **G. Latour (associate professor, Univ. Paris-Saclay)**
- G. Galante (PhD student)
- P. Nyembo (PhD student)

**Second harmonic generation, multiphoton microscopy, collagen**

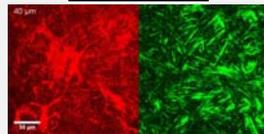
**Optical instrumentation**



**Application to biological tissues**

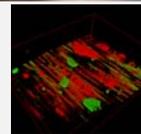


Artery



Cornea

**Application to cultural heritage artefacts**



Varnish on wood

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

Séminaire Subatech – Mai 2023

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



- **Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire**
- **La tomographie par cohérence optique (OCT)**
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- **La microscopie multiphoton**
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- **Vers des enseignements interdisciplinaires...**

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



- **Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire**
- **La tomographie par cohérence optique (OCT)**
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- **La microscopie multiphoton**
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- **Vers des enseignements interdisciplinaires...**

## Les sciences du patrimoine

**Une recherche scientifique pour apporter des réponses...**

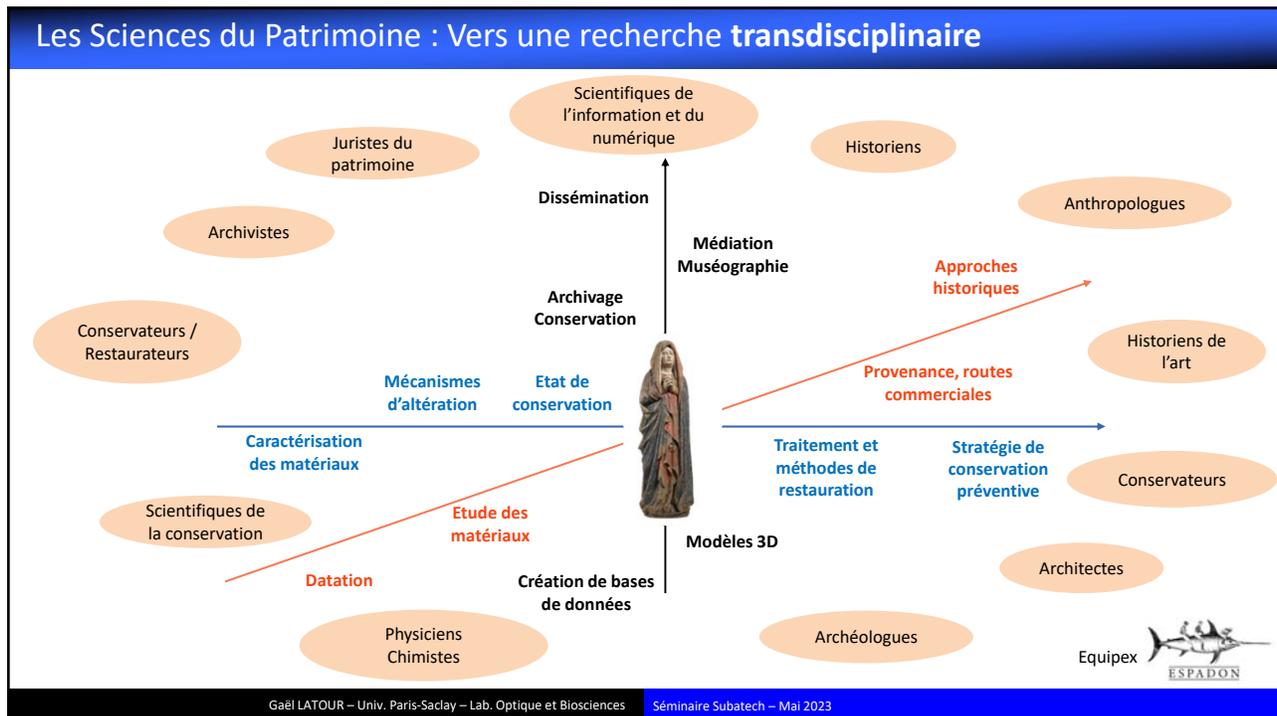
- Technologie de l'objet : procédés de fabrication
- Provenance: la technologie ou les matériaux propres à un atelier ou une région
- L'état de conservation
- Les causes et processus de dégradation

**Une recherche scientifique pour développer...**

- des conditions de conservation viables
- des nouveaux matériaux pour la conservation et la restauration

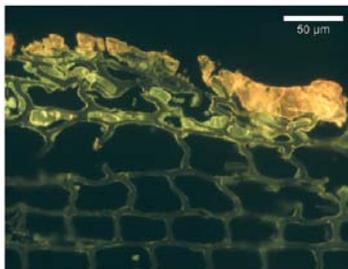
courtesy of L. Robinet

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences    Séminaire Subatech – Mai 2023



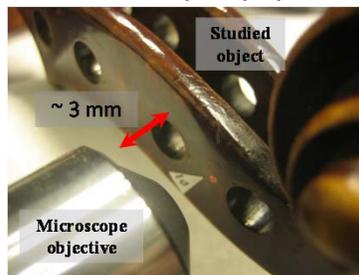
## Sciences du patrimoine : l'intérêt des techniques optiques

### ▪ Prélèvement, puis analyse



Microscopie de fluorescence  
Vue en coupe du vernis du Stradivarius "Provigny"  
Echard et al., *Ang. Chem.* (2010)

### ▪ Les techniques optiques



### Un des enjeux pour les sciences du patrimoine :

#### → une imagerie scientifique non-invasive et non-destructive

- ✓ caractérisation 3D
- ✓ identification des matériaux
- ✓ diagnostic
- ✓ suivi des processus de restauration

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



- Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire
- La tomographie par cohérence optique (OCT)
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- La microscopie multiphoton
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- Vers des enseignements interdisciplinaires...

## Allègement de vernis

non traité

après dégrassage

après dévernissage



G Roorda, *Fishing for shrimp on the beach* from *Varnish removal, Painting conservation part 2*, Cultural Heritage Agency of the Netherlands (2022)

## Les solvants traditionnels utilisés en restauration

The full solvents kit is as follows:

- Ethanol (both 99% and 96%\*) (ethyl alcohol)
- Acetone (propanone)
- Isopropanol (propan-2-ol or 2-propanol)
- Propylene glycol methyl ether (1-methoxy-2-propanol) common trade name: Dowanol™\*\*
- Benzyl alcohol (phenylmethanol)\*\*
- Methyl ethyl ketone (MEK) (butanone)\*\*
- Low Aromatic Content White Spirits (17-25% aromatic content) or Odourless Mineral Spirits
- Shellsol D40® (1% aromatic content)\*\*\*
- Shellsol T® (1% aromatic content)
- Shellsol A100® (100% aromatic content)
- Isooctane (2,2,4-trimethylpentane)
- (Xylene)\*\*\*\*

*Varnish removal, Painting conservation part 2*, Cultural Heritage Agency of the Netherlands (2022)

### Avantages

volatilité  
absence de résidus

### Inconvénients

pénétration dans les matériaux  
risques pour les couches picturales  
toxicité pour le restaurateur  
toxicité pour l'environnement



Utilisation de traitements aqueux (en particulier les microémulsions)

Thèse de Laetitia Desvois, restauratrice du patrimoine

## Observation sous fluorescence UV

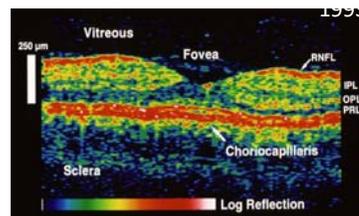
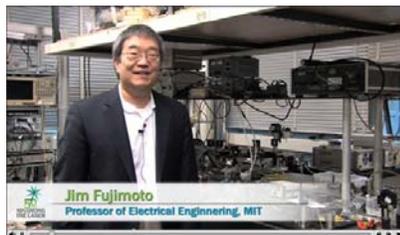


G Roorda, *Fishing for shrimp on the beach* from *Varnish removal, Painting conservation part 2*, Cultural Heritage Agency of the Netherlands (2022)

## L'OCT : une technique d'imagerie médicale

OCT : inventée en 1991 à MIT par J. Fujimoto,

→ imagerie de la rétine (et autres tissus) en coupe à l'échelle micrométrique

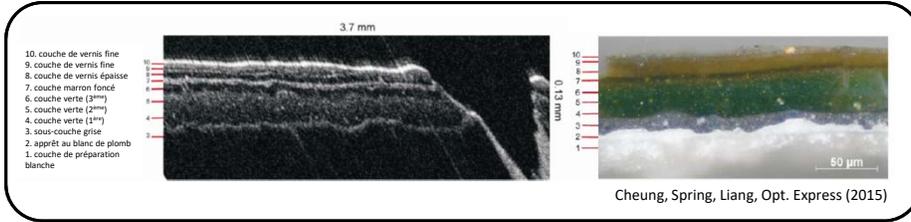


Huang et al, Science, 1991

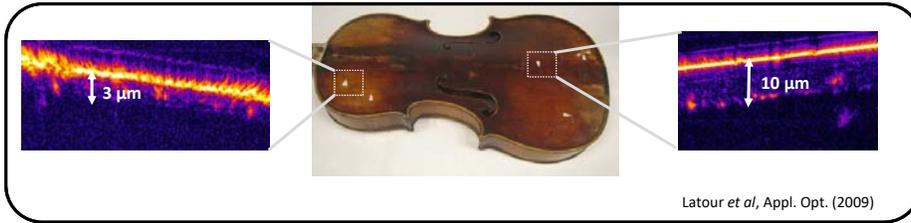


## Contexte : OCT et sciences du patrimoine

### Peintures

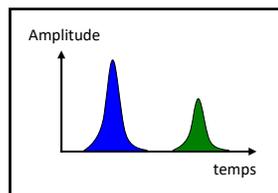
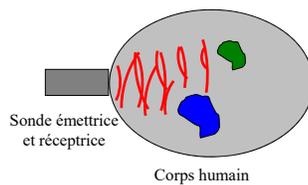


### Vernis

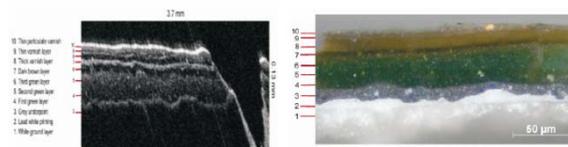
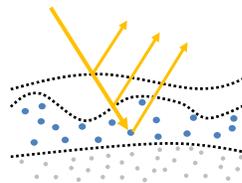


## Principe de la tomographie par cohérence optique

### Principe de l'échographie ultrasonore



### Principe de l'OCT



## Principe de l'OCT

**Principe de l'interférométrie optique : interféromètre de Michelson**

**Grande  $L_c$**

**Faible  $L_c$**

Thèse de doctorat A. Latrive (Paris 6)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
15

## Principe de l'OCT

*Principe expérimental*

*Acquisition des données et traitement*

Intensité

Temps

Enveloppe

Coefficients de réflexion

Résolution axiale

Positions des interfaces

Thèse de doctorat D. Sacchet (Paris Sud)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
16

### Principe de l'acquisition

Pour chaque position de l'objectif, une image est enregistrée

200  $\mu\text{m}$

300  $\mu\text{m}$

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences Séminaire Subatech – Mai 2023 17

### Reconstruction des images

Interférogramme

Image brute en coupe

Reconstruction axiale de l'objet

Intensité (u.a.)

Différence de chemin optique ( $\mu\text{m}$ )

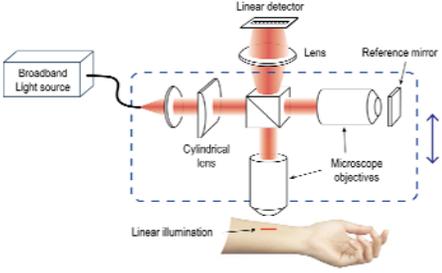
Enveloppe de l'interférogramme  
→ information spatiale

Sources de signal  
variations de l'indice de réfraction (interfaces, particules...)

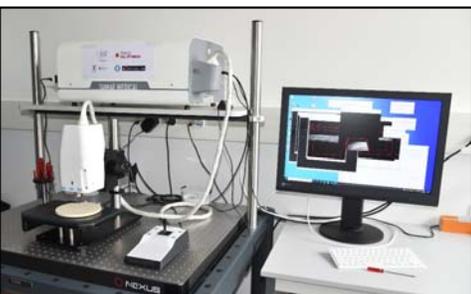
Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences Séminaire Subatech – Mai 2023 18

## Line-field confocal OCT

**A device dedicated to cultural heritage science (collaboration with DAMAE Medical)**



Dubois et al., J. Biomed. Opt. (2018)

**Specifications**

- 700 $\mu$ m deep mechanical displacement
- 1 $\mu$ m isotropic resolution
- **Air or water immersion imaging**
- A user-friendly interface
- Mosaicking  $\rightarrow$  to increase the field of view
- **Transportable device**

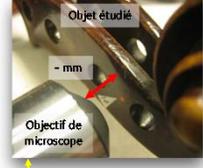
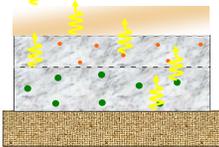
Fundings: DIM MAP / Ecole polytechnique / Equipex Morphoscope



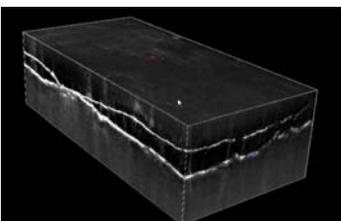



Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
19

## OCT : éléments clés

coupe stratigraphique virtuelle



Technique d'imagerie optique  
**non invasive et sans contact**

**Contraste:** interfaces et particules diffusantes

**Imagerie 3D** avec une **résolution de l'ordre du micromètre**

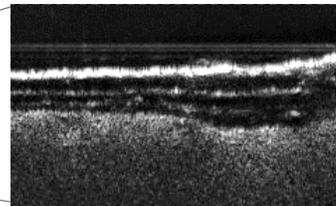
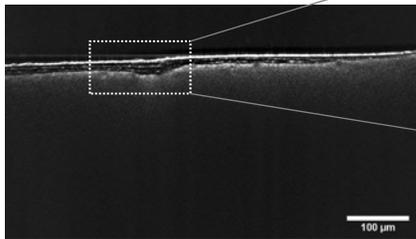
Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
20

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens

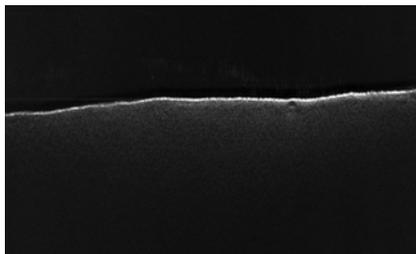


- Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire
- La tomographie par cohérence optique (OCT)
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- La microscopie multiphoton
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- Vers des enseignements interdisciplinaires...

## OCT : avant et après allègement d'un vernis



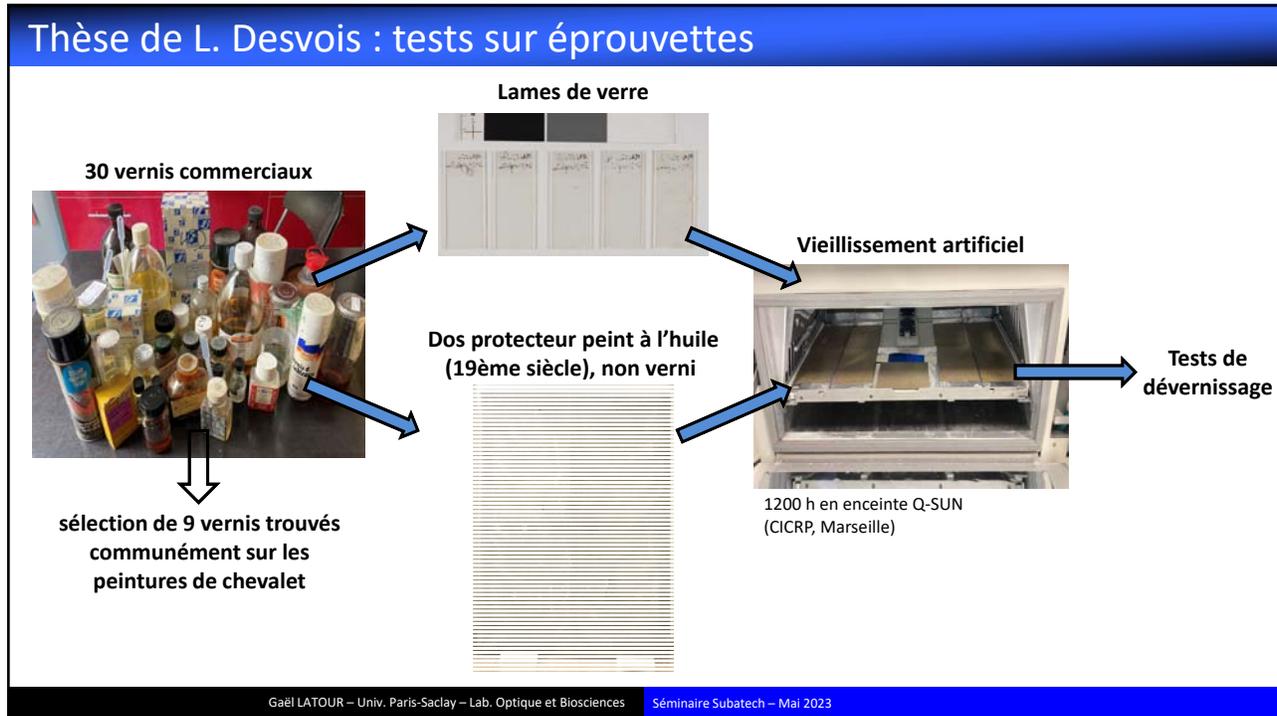
➔ Présence de plusieurs couches de vernis



➔ Après allègement du vernis



Collaboration avec Laetitia Desvois, restauratrice du patrimoine



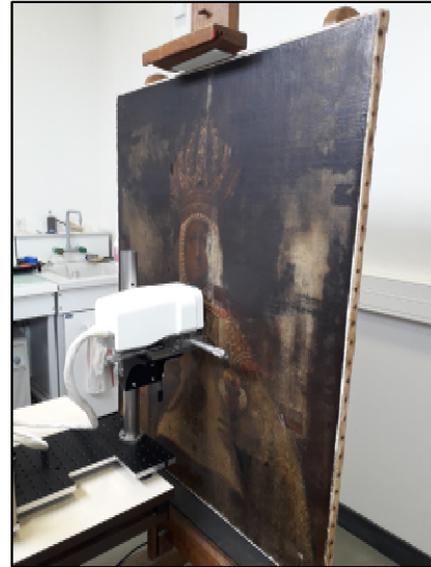
### La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens

- **Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire**
- **La tomographie par cohérence optique (OCT)**
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- **La microscopie multiphoton**
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- **Vers des enseignements interdisciplinaires...**

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences Séminaire Subatech – Mai 2023 24

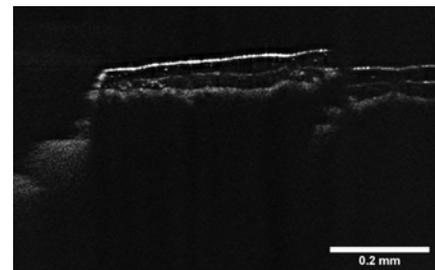
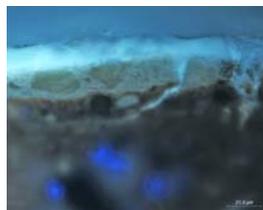
## OCT : une technique portable

Projet de fin d'étude de Diane Le Corre (restauration du patrimoine, Institut National du Patrimoine)



**@Institut National du Patrimoine (INP)**  
Aubervilliers  
Février 2023

## Comparaison coupe stratigraphique (prélèvement) et OCT



Madone del Pilar  
Anonyme  
17<sup>ème</sup> siècle  
Espagne

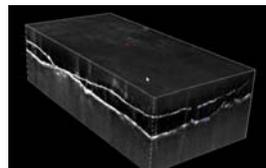
## OCT : conclusion

### La tomographie par cohérence optique (OCT) :

- une technique d'imagerie optique, sans contact, non destructive
- une image 3D à l'échelle du micromètre
- un système transportable

### Une imagerie optique :

- des couches de vernis (peintures de chevalets, instruments de musique, ...)
- des glacis
- du bois



### Au services des sciences du patrimoine, de la restauration :

- suivi d'un allègement de vernis
- cartographie d'une œuvre,
- aide au prélèvement
- soutien à un protocole de restauration



Principale limitation : imagerie non spécifique

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



➤ Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire

➤ La tomographie par cohérence optique (OCT)

- Principe
- Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
- Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>

➤ La microscopie multiphoton

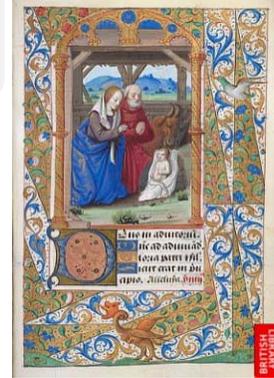
- Principe
- Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
- Autres applications

➤ Vers des enseignements interdisciplinaires...

## Les parchemins dans les collections muséales et les archives



- First use around 1<sup>st</sup> – 2<sup>nd</sup> century BC.
- Main writing material in Europe in the Middle Ages
- Replaced by paper from 10-11<sup>th</sup> century and almost completely after 14<sup>th</sup> century



## Fabrication d'un parchemin

**Peau animale** : mouton, chèvre ou veau  
Plusieurs étapes de préparation



*Préparation du parchemin, de Jost Amman et Hans Sachs, Francfort-sur-le-Main, Allemagne, 1568*



Parchemin



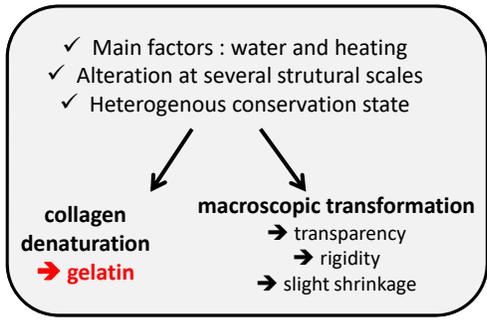
Cuir



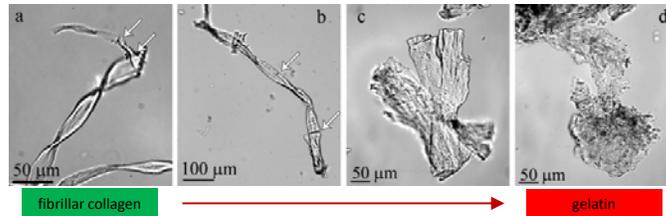
Specimen d'histoire naturelle



## La dégradation des parchemins

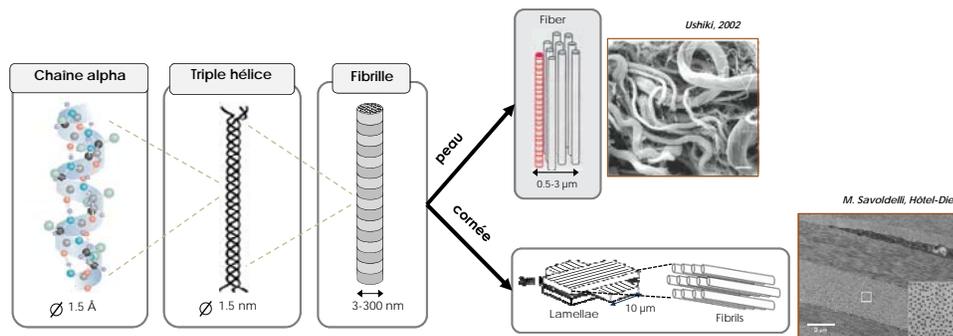
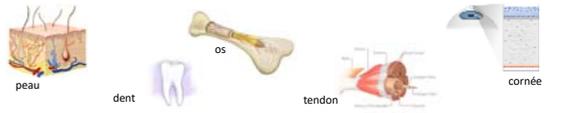


Collagen denaturation: conventional optical microscopy



## Le collagène : la charpente des tissus

- Protéine structurale majeure chez les mammifères
- Collagène = 30% de l'ensemble des protéines
- Présent dans de nombreux tissus, avec des organisations hiérarchiques particulières



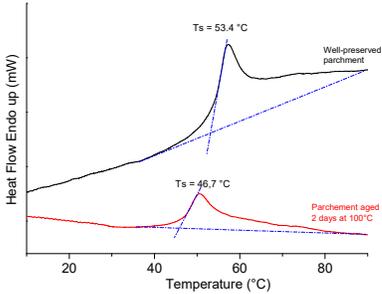
### Evaluation of the degradation state of collagen-based objects

**Differential Scanning Calorimetry (DSC)**

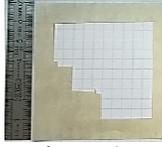


Quantity ~ 1 mg  
Sample soaked in water and placed in sealed Al capsule  
Temperature range: 10 – 120°C

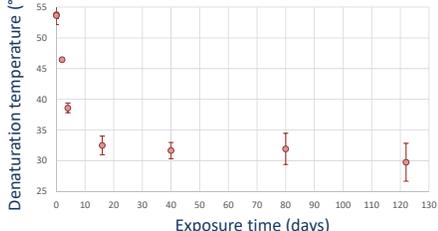
Destructive ! It needs a sampling (~ 1 mg)...



**Model samples**  
contemporary parchments exposed to heat (100°C, during 2 to 122 days)




**Denaturation temperature vs exposure time**



Exposure time (days)	Denaturation temperature (°C)
0	55
2	55
10	35
20	33
40	32
80	32
122	30

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
33

### Les origines des signaux SHG : le collagène fibrillaire

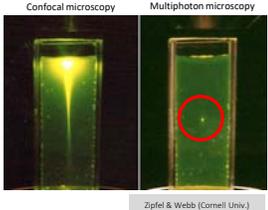
Construction du **signal SHG** en relation avec l'organisation hiérarchique du collagène fibrillaire

**échelle moléculaire** → **émission des signaux SHG**

**échelle macromoléculaire** → **Amplification des signaux SHG**

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
34

## Advantages of multiphoton microscopy



Confocal microscopy      Multiphoton microscopy

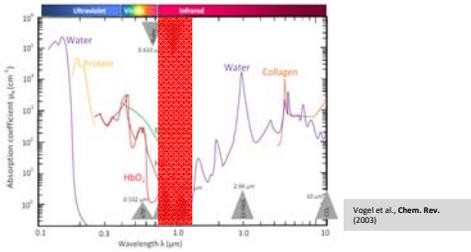
Zipfel & Webb (Cornell Univ.)

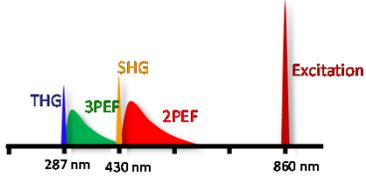
**Confined Excitation**

- Intrinsic 3D resolution
- Reduction of phototoxicity and photobleaching

**Near-infrared excitation (700 - 1200 nm)**

- Less scattering and absorption in biological tissues: higher depth of imaging





THG      3PEF      SHG      2PEF      Excitation

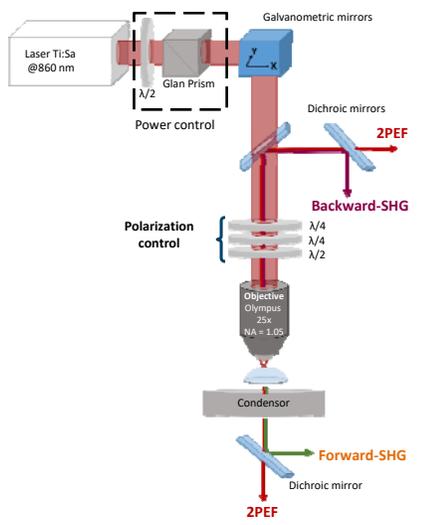
287 nm      430 nm      860 nm

**Multimodal and specific imaging even with no labelling**

- Different order processes specific to particular structure/tissue

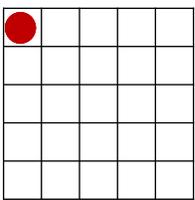
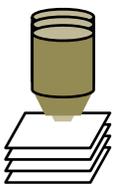
Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
35

## Microscope optique @LOB



**Scanning point technique**

**3D imaging technique**

**Resolutions**

Axial: 1.2 μm

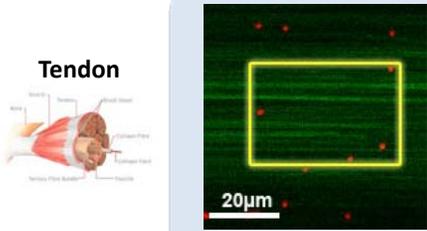
Lateral: 0.4 μm

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
36

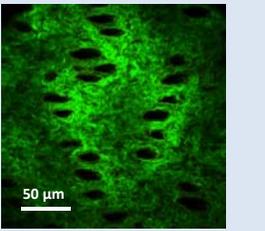
## La microscopie SHG du collagène

- Résolution ++
- Profondeur d'imagerie ++
- Spécifique
- Non invasif

**Tendon**



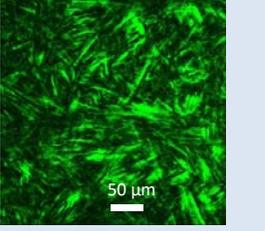
**Peau**



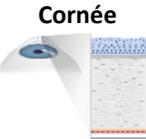
**Os**



**Dent**



**Cornée**



Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences    Séminaire Subatech – Mai 2023    37

## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens






- Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire
- La tomographie par cohérence optique (OCT)
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- La microscopie multiphoton
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- Vers des enseignements interdisciplinaires...

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences    Séminaire Subatech – Mai 2023    38

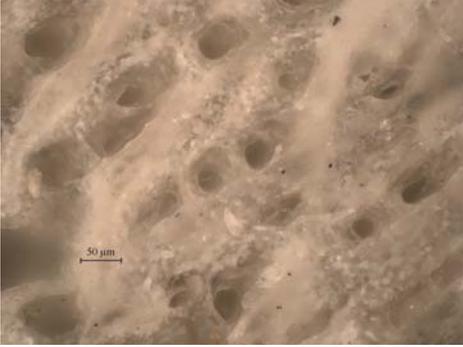
## White-light optical microscopy

**Conventional optical microscopy**

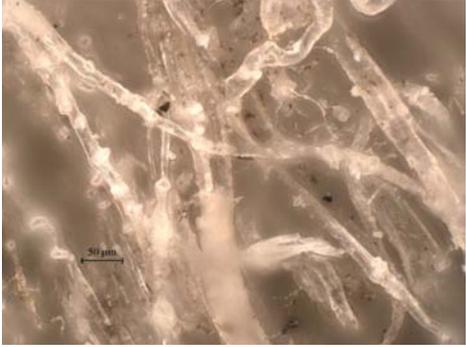
*Untanned animal skin imaging*



**Grain side**



**Flesh side**

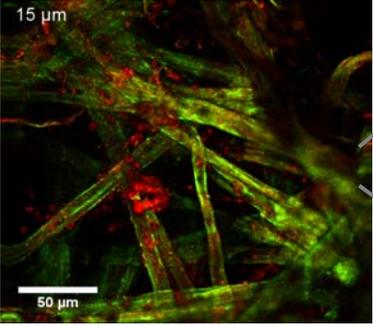


Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences      Séminaire Subatech – Mai 2023      39

## Multiphoton microscopy

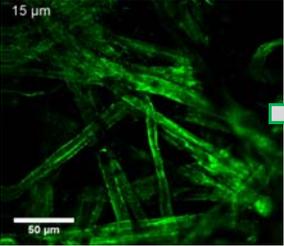
**Multiphoton microscopy imaging of a 17th century parchment**

2PEF/SHG





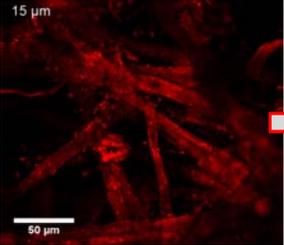
Second harmonic generation



fibrillar collagen



Two-photon excited fluorescence (2PEF)



keratin, fat, elastin...

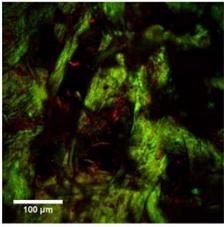
Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences      Séminaire Subatech – Mai 2023      40

## Dégradation des parchemins : gélatinisation

**Parchemin préservé**

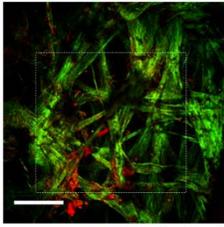


**Face fleur**



100 µm

**Face chair**

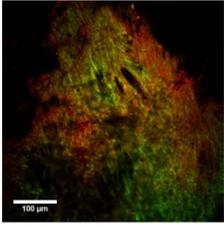


50 µm

**Parchemin altéré artificiellement**

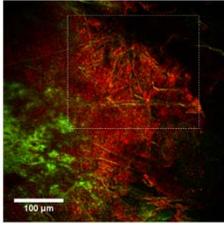
*immersion dans l'eau pendant 2 jours à 30-35 °C*

**Face fleur**



100 µm

**Face chair**



50 µm

**Modification à l'échelle macroscopique**

*transparence accrue, rigidité, légère rétraction*

↔

**Modification à l'échelle microscopique**

- ✓ perte du signal SHG
- ✓ fibrilles de collagène désorganisées

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023

## Manuscrits de Chartres (Moyen-Âge)

**Destruction de la bibliothèque (Seconde guerre mondiale - 1944)**



*Hôtel Montescot, Chartres, 1944*

**Collaborations**

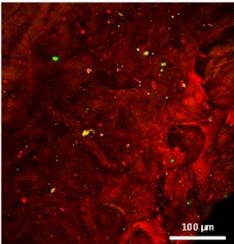
- CRC (MNHN, Ministère Culture)
- Médiathèque de Chartres





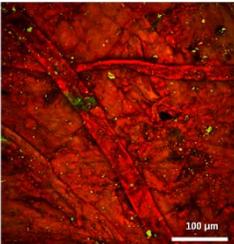

2PEF-SHG

Grain side



300 µm

Flesh side



100 µm

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
42

## Mappa Mundi d'Albi

- Collaborations**
- CRC (MNHN, Ministère Culture)
  - Médiathèque d'Albi



Mappa Mundi, 8<sup>ème</sup> siècle, Albi, France



## Mappa Mundi, Albi (France)



Mappa Mundi, 8<sup>ème</sup> siècle, Albi, France

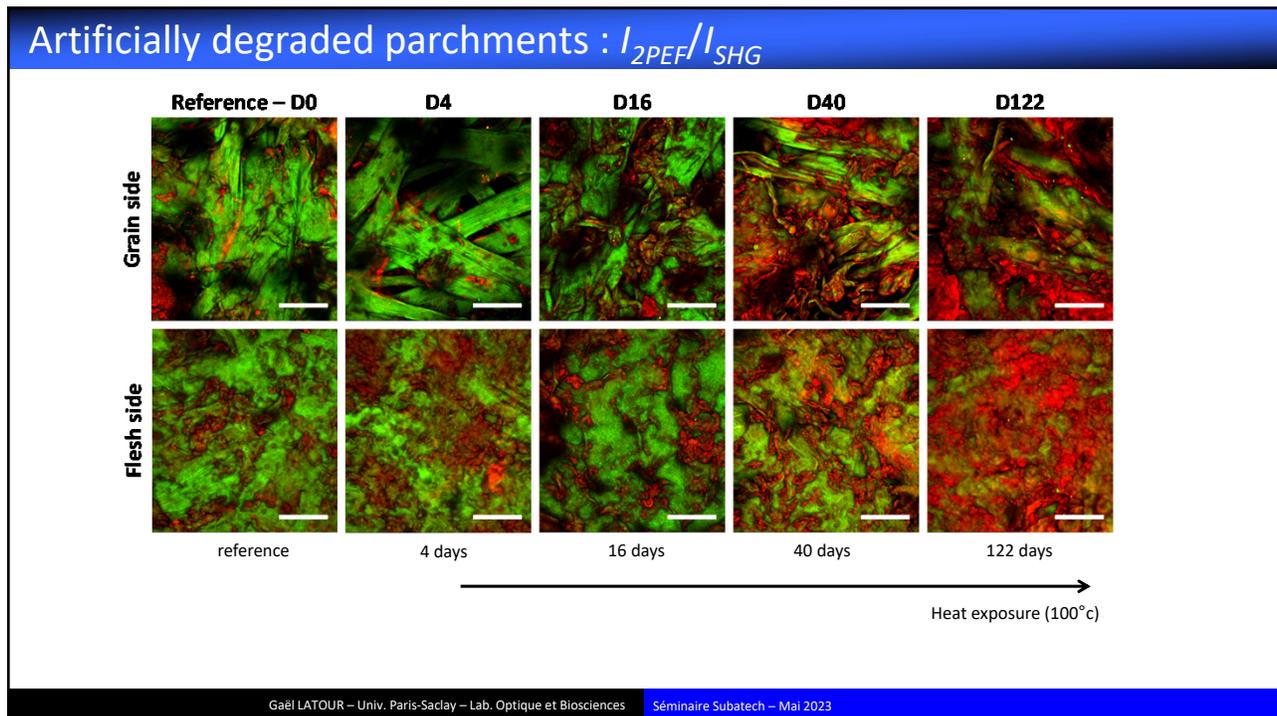
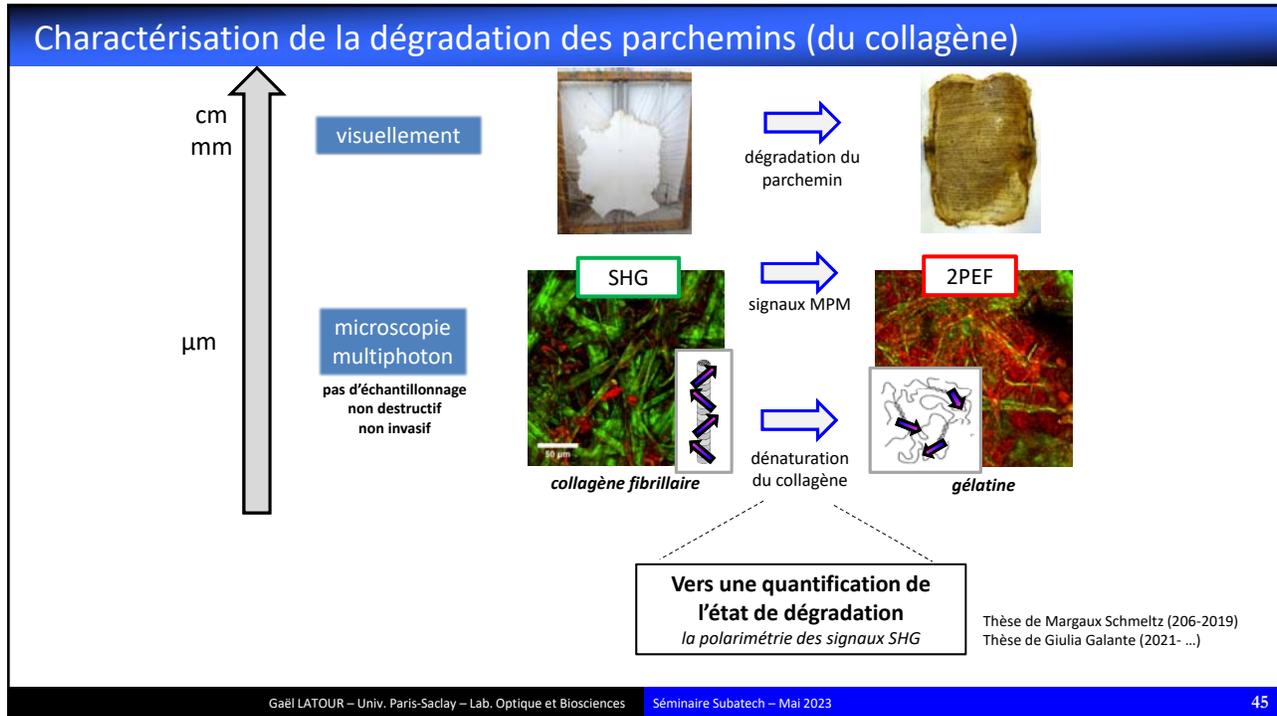


⇒ analyse sur un objet massif et précieux

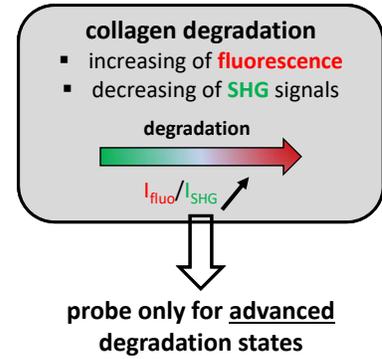
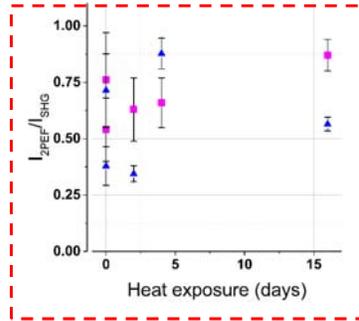
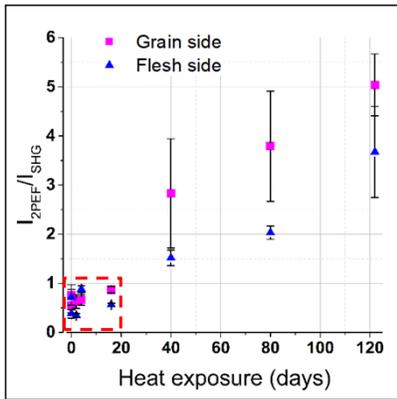


- objectif à air
- champ de vue : 1070 x 1070  $\mu\text{m}^2$
- distance de travail : 15 mm

Unpublished data

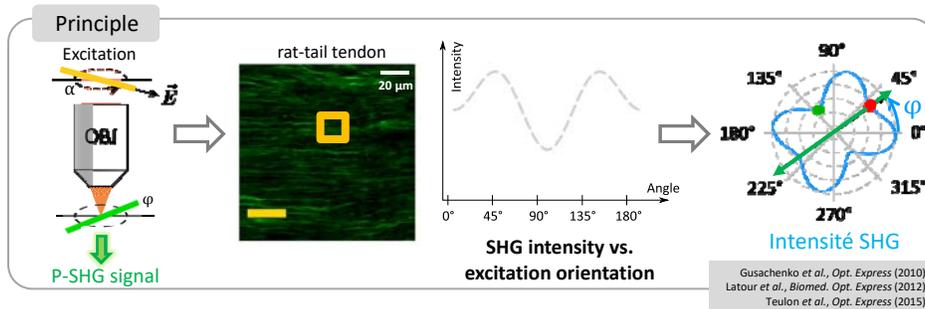


## Evolution des signaux au cours de la dégradation



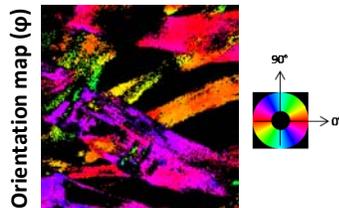
Schmeltz et al., Science Advances (2021)

## Polarization-resolved SHG signals

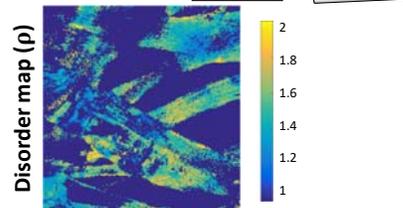


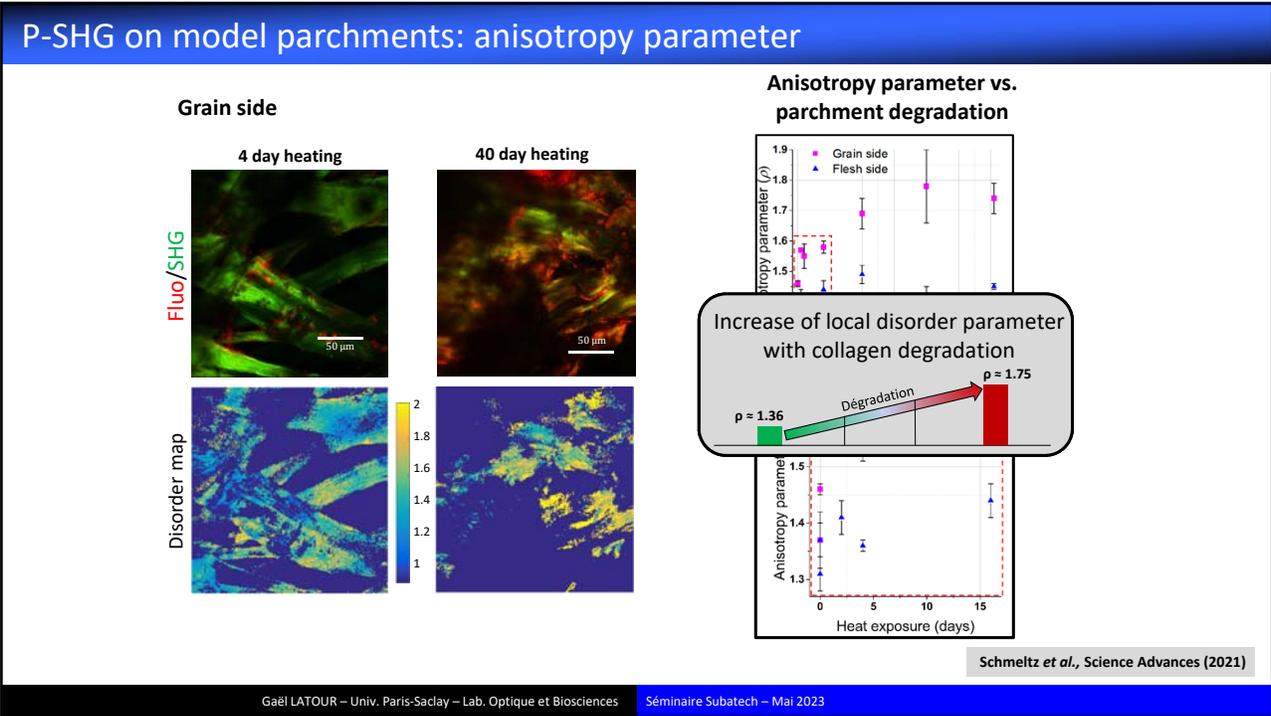
### 2 quantitative parameters

➤ Mean fibril orientation  $\varphi$

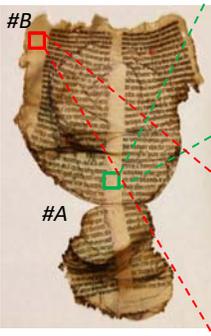


➤ Anisotropy parameter  $\rho$   
➔ disorder parameter





## P-SHG: Chartres's manuscripts (Middle Age)

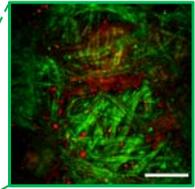



Manuscript 205 – leaflet 312

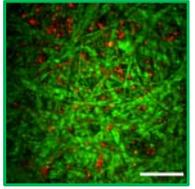
**Collaborations**

- CRC (MNHN, Ministère Culture)
- Médiathèque de Chartres

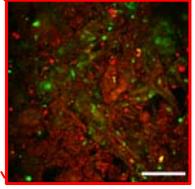
**grain**



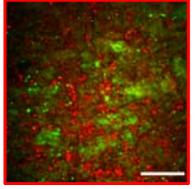
**flesh**



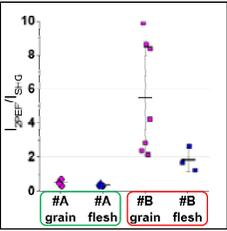
**#B**



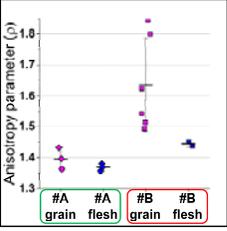
**#A**



$I_{2PEF}/I_{SHG}$



Anisotropy parameter



Schmeltz *et al.*, *Science Adv.* (2021)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023

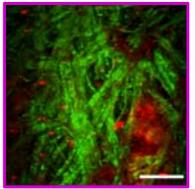
## Manuscrits de Chartres (Moyen-Âge)



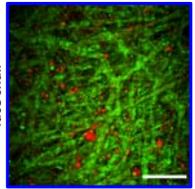
© 2019 Reproduction: © BNF Chartres

**Parchemin restauré**

face fleur



face chair



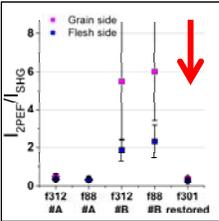
*Non traité*



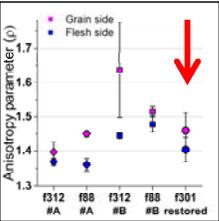
*Traité en 2009*



$I_{2PEF}/I_{SHG}$



Anisotropy parameter ( $\rho$ )



Schmeltz *et al.*, *Science Advances* (2021)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
52

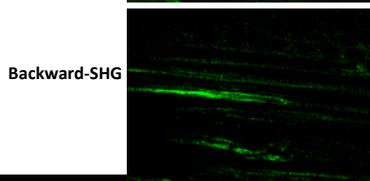
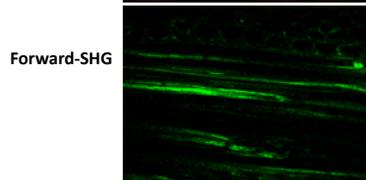
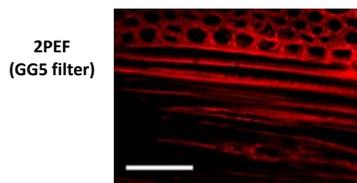
## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



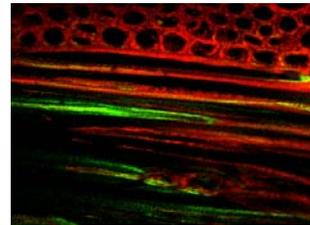
- Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire
- La tomographie par cohérence optique (OCT)
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- La microscopie multiphoton
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- Vers des enseignements interdisciplinaires...

## Wood: flamed maple

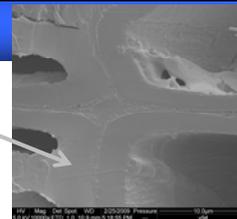
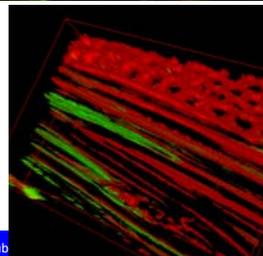
Two main components of plant cell wall: **2PEF**: lignin **SHG**: cellulose



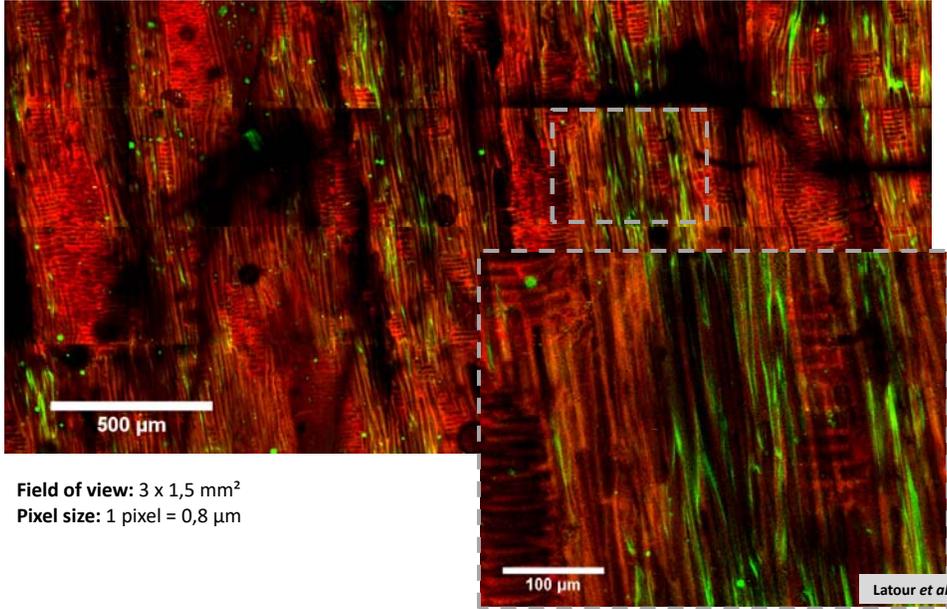
Merged 2PEF and Forward-SHG



3D reconstruction



### Wood: flamed maple

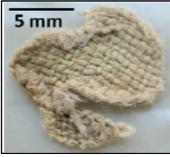


**Field of view:** 3 x 1,5 mm<sup>2</sup>  
**Pixel size:** 1 pixel = 0,8 µm

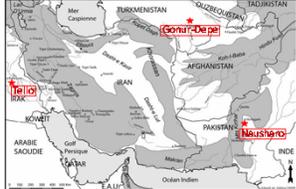
Latour et al., *Opt. Express* (2012)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
55

### Etude de textiles archéologiques



*Fragment de textile Gonur, 3000-2000 av. JC (J. Li)*



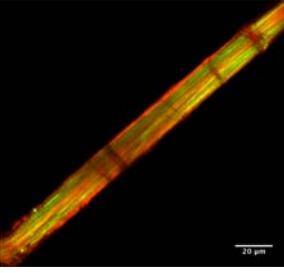
**Collaborations**

- IPANEMA (Soleil)
- ICP (Univ. Paris-Saclay)

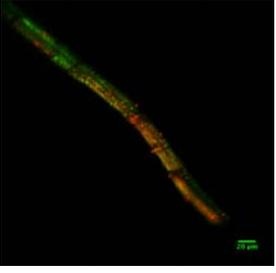
Analyses physico-chimiques

- ✓ Micro-tomographie X
- ✓ Microscopie électronique
- ✓ Nano-IR spectroscopie
- ✓ Microscopie multiphoton

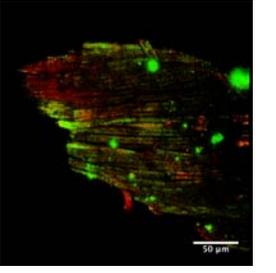
**Lin moderne**



**Fibre issue de l'échantillon Gonur (3000-2000 av. JC)**



**Fibres issues de l'échantillon Tello (2000 av. JC)**



Reynaud et al., *PNAS* (2020)

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences
Séminaire Subatech – Mai 2023
56

## La microscopie multiphoton : conclusion

### La microscopie multiphoton :

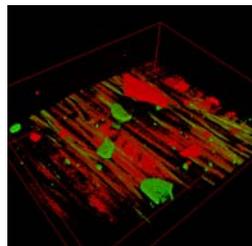
- une technique d'imagerie optique, sans contact, non destructive
- une image 3D à l'échelle du micromètre
- une imagerie spécifique

### Une imagerie optique :

- du collagène, de la cellulose, ...
- des vernis et autres matériaux fluorescents
- en émergence...

### Au services des sciences du patrimoine, de la restauration :

- diagnostic de l'état de conservation des parchemins
- effet des fixateurs et conservateurs dans les collections en fluide
- ...



## La microscopie optique au service de l'analyse des matériaux anciens



- **Les sciences du patrimoine... une recherche interdisciplinaire**
- **La tomographie par cohérence optique (OCT)**
  - Principe
  - Soutien au développement de traitements alternatifs en restauration du patrimoine
  - Analyse d'une peinture 17<sup>ème</sup>
- **La microscopie multiphoton**
  - Principe
  - Diagnostic de l'état de conservation des parchemins médiévaux
  - Autres applications
- **Vers des enseignements interdisciplinaires...**

## Enseignement « Optique et Arts » L1 (PCST, oui-si) et L3 (physique)

en collaboration avec  
**Mathilde Lavenne** – *artiste*  
**Constantin Jopeck** – *artiste*  
**Jeanne Turpault** – *curatrice* (association Societies)



© 2022 Musée du Louvre / Florence Brochoire



SOCIETIES



Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

Séminaire Subatech – Mai 2023

## Objectifs

### La physique, l'optique

- Renforcer des connaissances en optique
- Développer des compétences expérimentales
- Découvrir une discipline scientifique : les sciences du patrimoine



### La recherche

- Visiter des laboratoires de recherche
- Rencontrer des chercheurs

### L'art

- Découvrir des techniques artistiques
  - Pratiquer (hebdomadaire)
- Réfléchir aux liens entre les sciences et les arts
  - Visiter des musées

Enseignement d'option de 25h

UFR Sciences

L1 PCST et L3 Physique

Effectifs : 20 étudiants

Enseignement à deux voix : physicien et artiste

Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

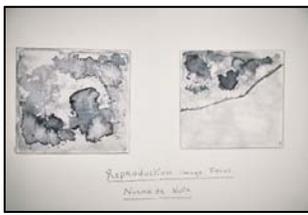
Séminaire Subatech – Mai 2023

# Pratique artistique hebdomadaire

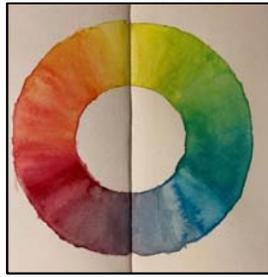
Séance 2



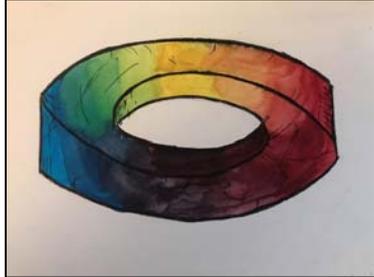
Séance 3



Séance 3



Séance 4



# Temps d'échange autour des productions



## Visites de laboratoires et de musées

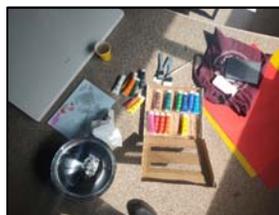
- **Laboratoire d'Optique et Biosciences (LOB)**  
Ecole Polytechnique (Palaiseau)
- **Centre de Recherche sur la Conservation (CRC)**  
Museum National Histoire Naturelle (Paris)
- **Synchrotron Soleil**  
Synchrotron Soleil (Saint-Aubin)



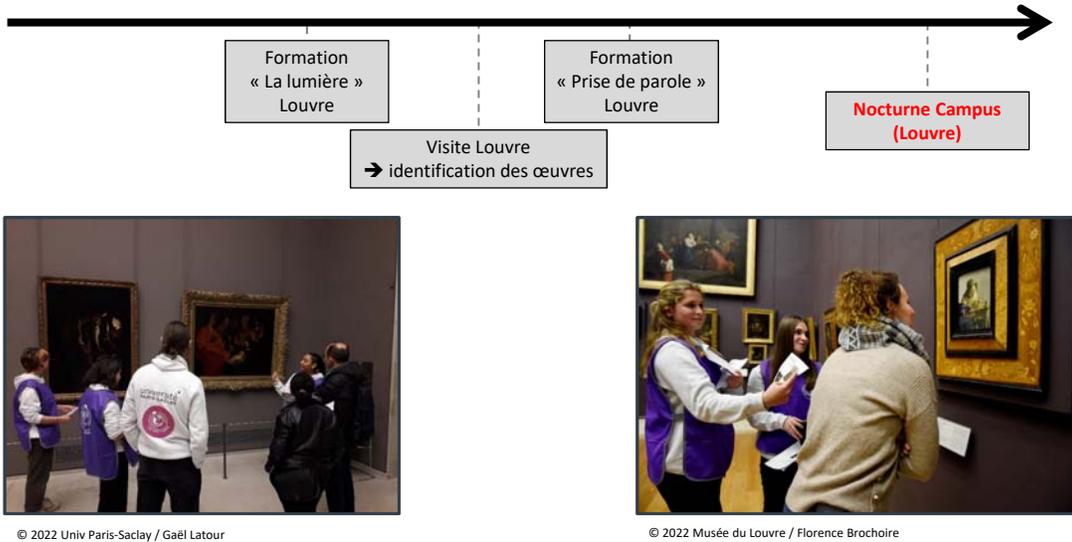
- **Centre Pompidou (Paris)**
- **Musée du Louvre (Paris)**
- **Centre d'art contemporain d'Ivry-sur-Seine – Le Crédac**

## Workshop d'une journée

Un samedi en fin de semestre...



## L1 PCST : parler de physique devant les œuvres au Louvre



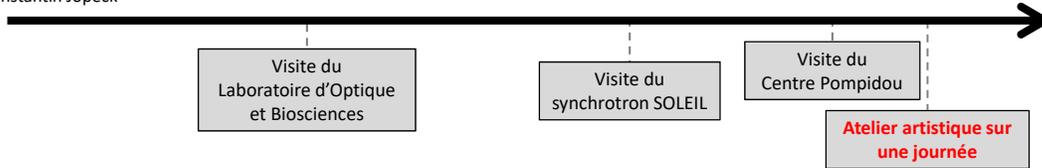
Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

Séminaire Subatech – Mai 2023

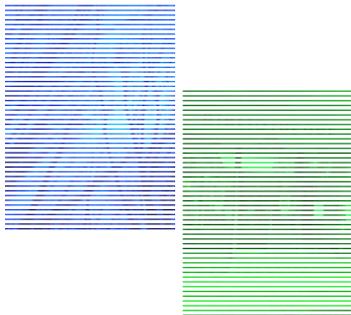
## L3 Physique : imagerie scientifique et artistique

Thème en 2022-2023 : revisiter le spectre électromagnétique

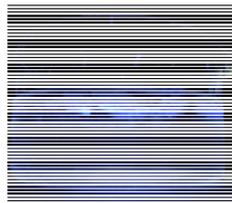
Artiste : Constantin Joepck



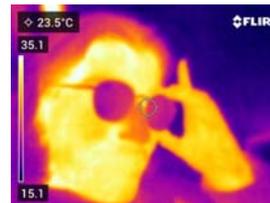
Gélatines de couleur



Fluorescence



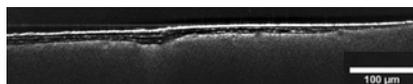
Imagerie infrarouge



Cyanotype



Imagerie OCT



Gaël LATOUR – Univ. Paris-Saclay – Lab. Optique et Biosciences

Séminaire Subatech – Mai 2023

## Remerciements

**Laboratoire Optique et Biosciences**

- M.-C. Schanne-Klein
- C. Raoux
- P. Mahou
- E. Beaufrepaire
- **G. Galante**
- P. Nyembo
- **M. Schmeltz**
- C. Teulon
- G. Ducourthial

**Centre de Recherche sur la Conservation**

- L. Robinet
- S. Thao-Heu
- F. Pottier
- A. Michelin
- S. Cersoy
- C. Andraud

**Institut de Chimie Physique**

- A. Deniset-Besseau
- A. Dazzi
- M. Mathurin

**IPANEMA**

- M. Thoury
- L. Bertrand

**Restauratrices indépendantes**

- L. Desvois
- C. Bonnot-Diconne

**Institut National du Patrimoine**

- D. Le Corre
- S. Le Conte

**Médiathèque de Chartres**

- C. Merlin
- M. Neveu

**Médiathèque d'Albi**

- J. Deschaux

**Bibliothèque de l'Ecole Polytechnique**

- D. Gallot
- M.-C. Thooris

**Financements**



67