

Institut Fresnel

UMR 6133

Équipe MAP²

Milieux Aléatoires et Photonique de Puissance

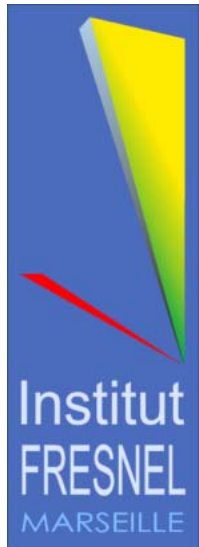
2006-2010



The logo for Institut Fresnel Marseille features a blue background with a stylized graphic of a yellow and green triangle and a red triangle. The text 'Institut FRESNEL MARSEILLE' is written in white and light blue.

Institut
FRESNEL
MARSEILLE

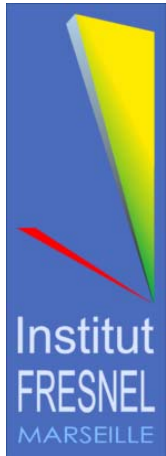




MAP²

Milieux Aléatoires et Photonique de Puissance





Moyens Humains

12 Permanents

2 CNRS (*dont 1 DAS CNRS*)

4 UP-UPCAM

6 ECM

Pour les 4,5 ans considérés
pour l'évaluation

= 26 ETPR

De façon réaliste 21 ETPR

12 Doctorants

(12 thèses en cours en
2010, et 9 thèses
soutenues sur la
période)

Soit 5,8 ETPR / an
en moyenne

***Soit 4,6 ETPR/an en
moyenne***



Claude AMRA
DR1 CNRS



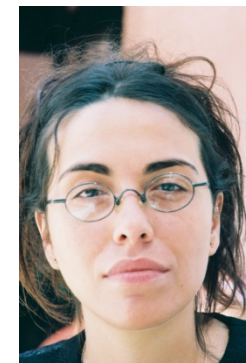
Carole DEUMIE
PR2 ECM



Laure SIOZADE
MCF UP (2007)



Gaelle GEORGES
MCF ECM (2008)



Anabela DASILVA
CR1 CNRS (2008)

11 Permanents MAP² en 2010



Mireille COMMANDRE
PR1 ECM



Jean-Yves NATOLI
PR1 UPCAM



Frank WAGNER
MCF UPCAM



Laurent GALLAIS
MCF ECM



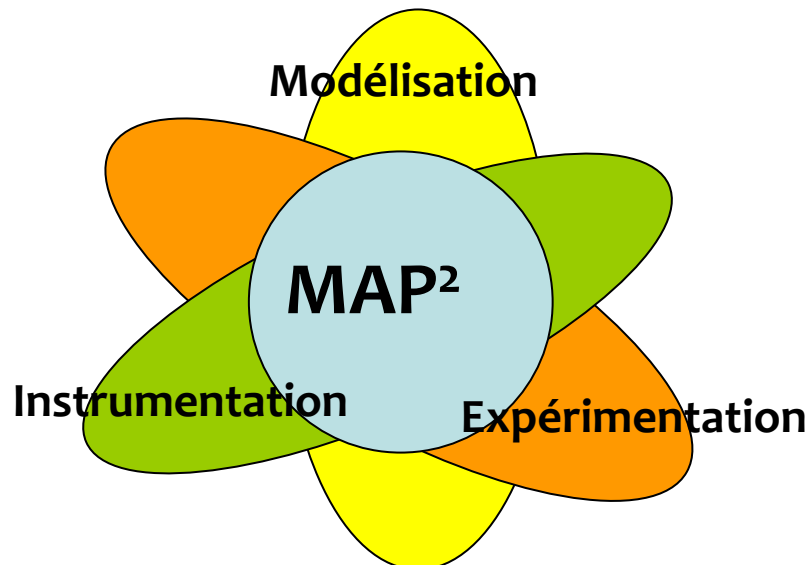
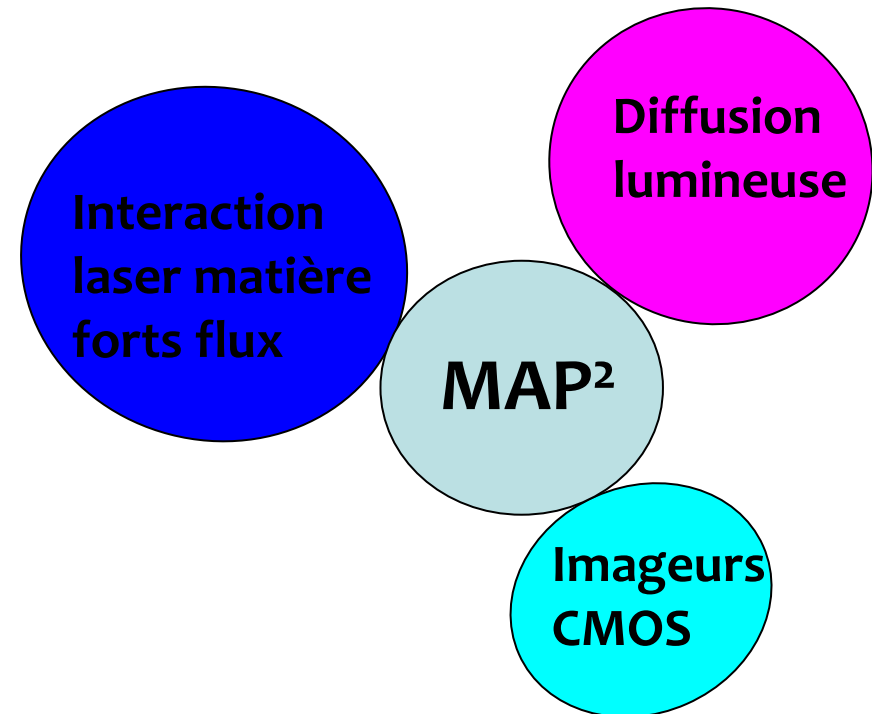
Hassan AKHOUAYRI
PR2 ECM



Myriam ZERRAD
IR UPCAM

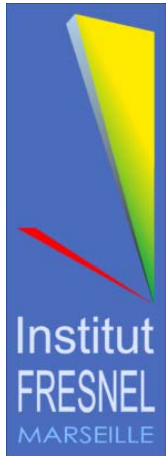
Thèmes de Recherche

- Thème 1 : **Diffusion Lumineuse**
- Thème 2 : **Imageurs CMOS**
- Thème 3 : **Interaction laser matière aux forts flux**



Équipe fortement pluridisciplinaire,
à la rencontre de :

- la modélisation
- l'instrumentation
- l'expérimentation

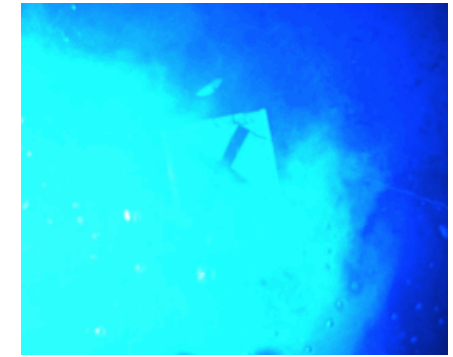


Thèmes de Recherche

- Thème 1 : **Diffusion Lumineuse**
-
-

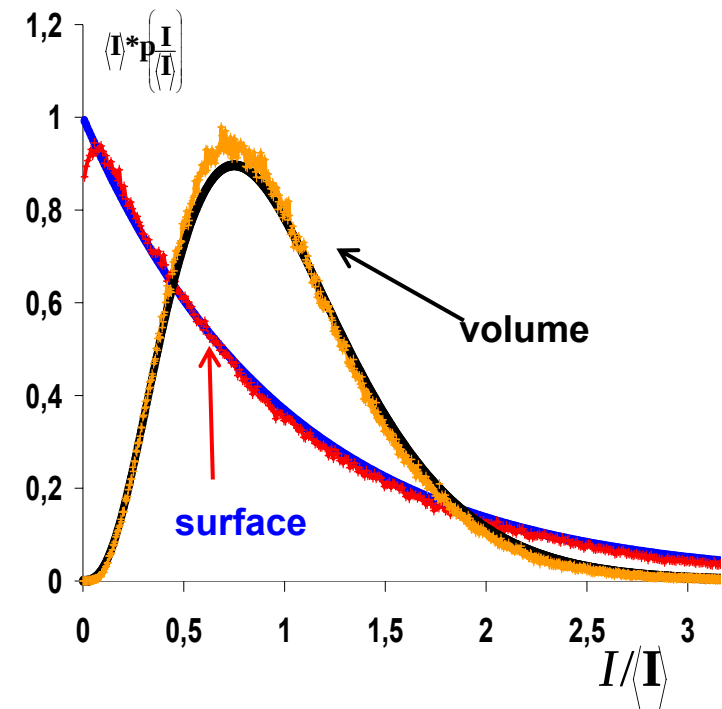
Résultats scientifiques marquants

I Imagerie polarimétrique sélective



Ifremer

1. **Motivation:** Séparation surface/volume (question récurrente)
2. **Challenge:** « Effacer » une image au profit d'une autre
3. **Contexte:** Imagerie en milieu diffusant
4. **Résultats phares:**
 - Généralisation à N images (interfaces enterrées)
 - Généralisation aux rugosités quelconques
 - Identification surface/volume rapide par tracé des histogrammes d'intensité de diffusion (optique statistique)



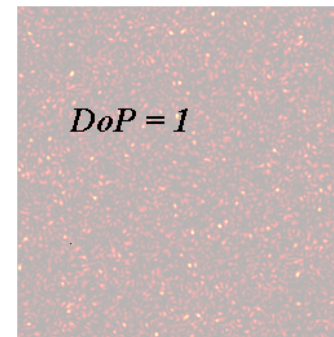
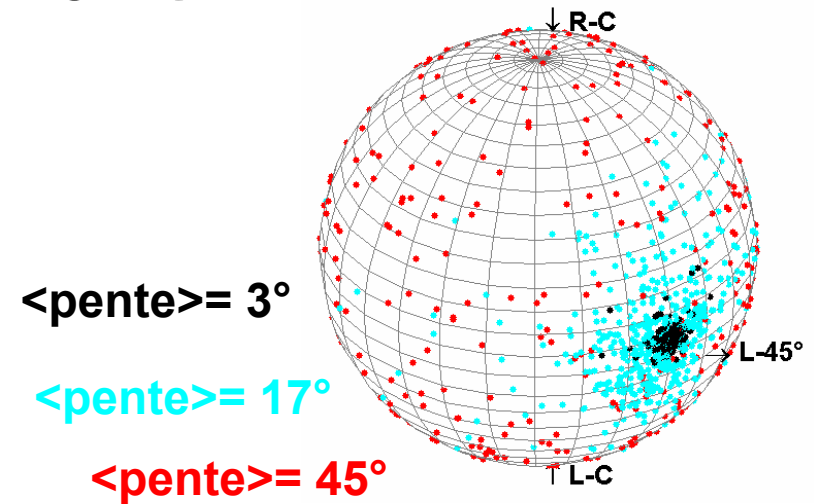
II Étude de la dépolarisation de la lumière en milieu aléatoire

1. **Motivation:** Étendre les techniques d'imagerie ellipsométrique sélective aux milieux fortement diffusants
2. **Challenge:** comprendre et contourner la dépolarisation « spatiale » dans le speckle de l'onde diffusée
3. **Contexte:** Lumière, cohérence et polarisation...

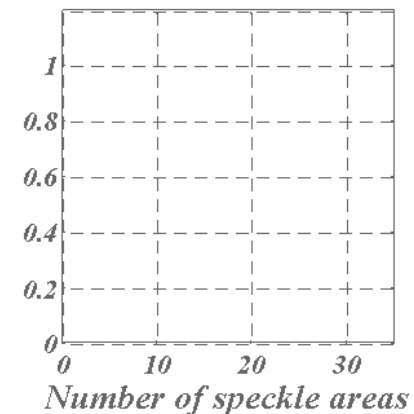
II Étude de la dépolarisation de la lumière en milieu aléatoire

4. Résultats phares:

- **Quantification exacte** versus **microstructure** des centres diffusants (collab. SEMO)
- Complément **électromagnétique** aux histogrammes de **l'optique statistique**
- Prédiction de la **transition** progressive entre régimes de lumière polarisée
- Concept de milieu aléatoire « **repolarisant** » : du désordre qui confère de l'ordre



Multiscale Degree of Polarization



Ouvre sur ANR TRAMEL (débute fin 2010) avec 4 équipes de l'institut Fresnel (SEMO/HIPE/RCMO et MAP² porteur) + ONERA (optique statistique) + LATP (mathématiques)

III Amplification géante en structure photonique optimisée

1. **Motivation:** capteurs, laser sans seuil, effets NL...
2. **Challenge:** Optimisation analytique avec matériaux diélectriques
3. **Contexte:** Exaltation du champ dans structures diélectriques comparée aux effets plasmoniques

III Amplification géante en structure photonique optimisée

4. Résultats phares:

- Formule optimisée d'empilements multi diélectriques à **absorption totale** et **amplification géante**
- **Choix** du positionnement des résonances (i, λ)
- **Généralisation** de l'optimisation pour **tout type de substrat**

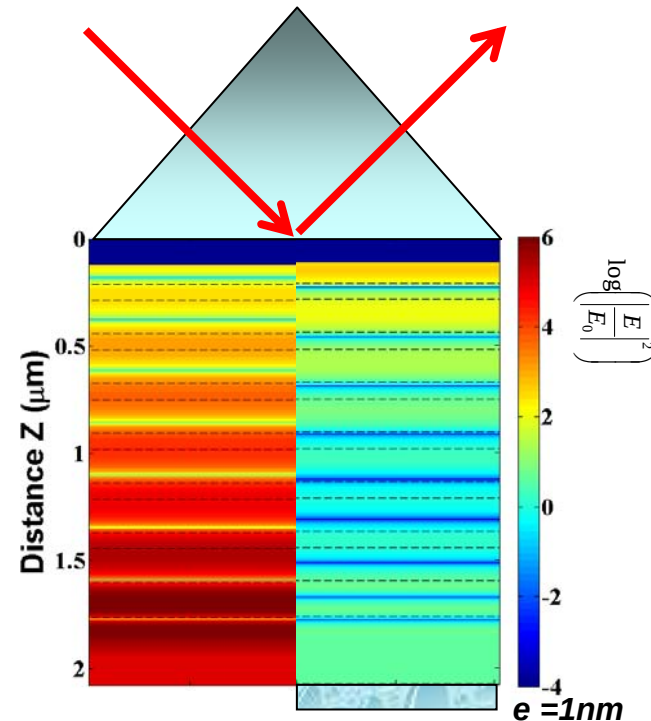
ANR SEEC en collaboration avec

- RCMO de l'Institut Fresnel

- LPMC Le Mans (interface optique/bio)

- IBCP Lyon (bio)

2 brevets en cours de dépôt

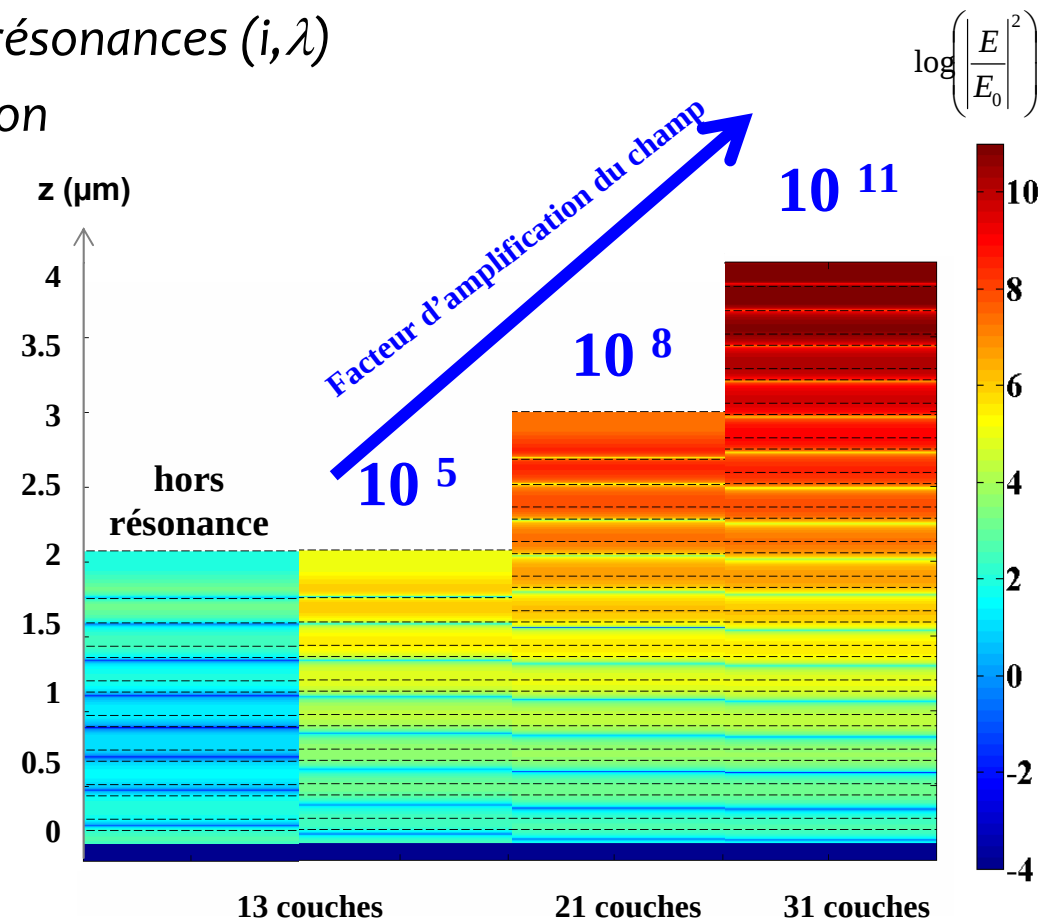


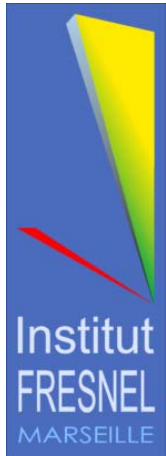
III Amplification géante en structure photonique optimisée

4. Résultats phares:

- Formule optimisée d'empilements multi diélectriques à **absorption totale** et **amplification géante**
- **Choix** du positionnement des résonances (i, λ)
- **Généralisation** de l'optimisation pour **tout type de substrat**

ANR SEEC en collaboration avec
- RCMO de l'Institut Fresnel
- LPMC Le Mans (interface optique/bio)
- IBCP Lyon (bio)
2 brevets en cours de dépôt





Thèmes de Recherche

- Thème 1 : **Diffusion Lumineuse**
-
-

Ouvertures stratégiques

Le biomédical,

dans le contexte de l'Institut Fresnel
(MOSAIC, SEMO, GSM, PHYTI, HIPE...)

PARTENARIATS ET ACTIONS REGIONALES

MAP2



Centre Européen de Recherche en Imagerie Médicale

Projets Recherche / Enseignement
GIS en cours de signature

Partenariats initiés:

- *Institut Neurosciences Cognitives Méditerranée*
- *Assistance Publique Hôpitaux de Marseille*
- *Établissement Français du Sang*
- *CEA LETI*
- *Laboratoire Mécanique et Acoustique*





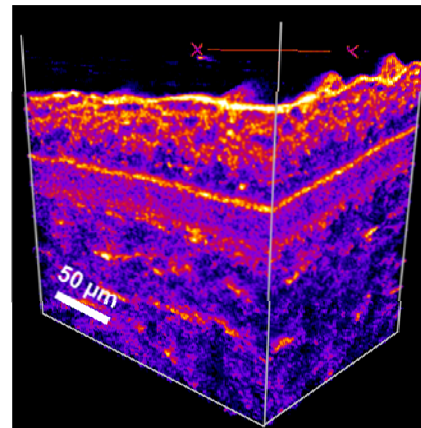
Aide au diagnostic de greffons cornéens



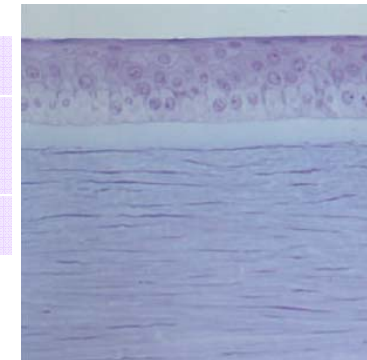
Contexte : Approche multi échelle innovante : association analyses statistiques globales (diffusion, ellipsométrie sur flux diffus), imagerie (OCT)

Challenge : compréhension origine diffusion et mécanismes de perte de transparence:

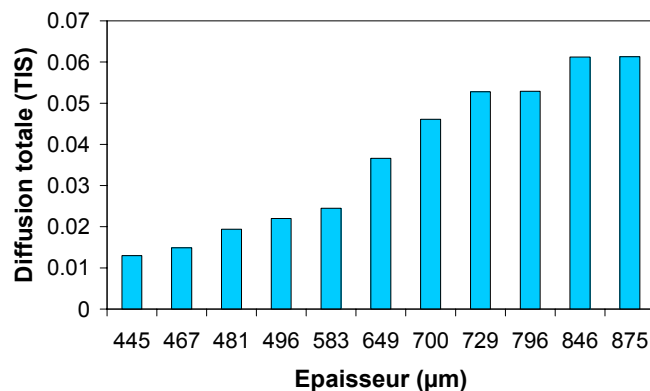
**résolution 3D
≈ 1 μ m**



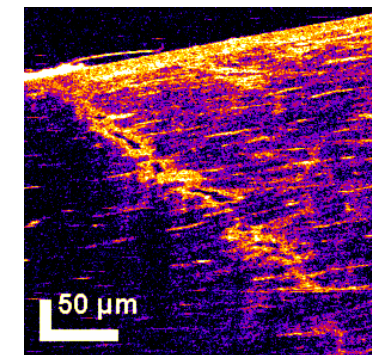
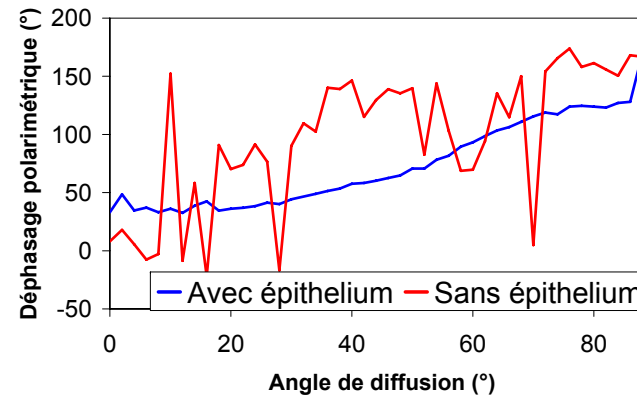
Épithélium
Membrane
de Bowman
Stroma



Imagerie OCT (gauche) et coupe histologique (droite) de la partie antérieure d'une cornée



Évolution du niveau de diffusion en fonction de l'épaisseur des greffons



Coupe axiale d'une ablation laser dans une cornée humaine

Tissus très diffusants: imagerie et diagnostic

• Tomographie optique: échelle macrosopique

Equation de Transfert Radiatif (ETR) et approximations

Applications: Tomographie Optique Diffuse de Fluorescence (petit animal, mammographie).

Collaborations CEA/LETI (Grenoble), CREATIS (Lyon), EPFL (Suisse)

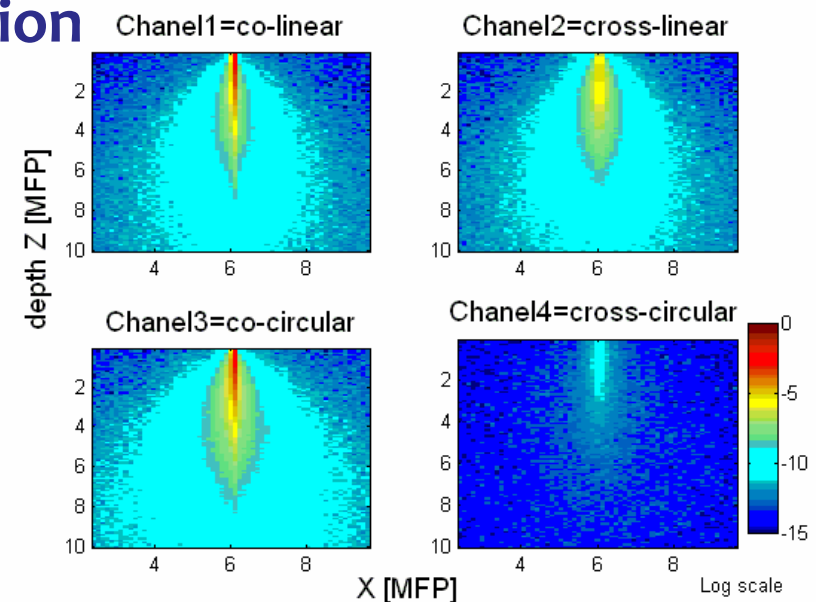
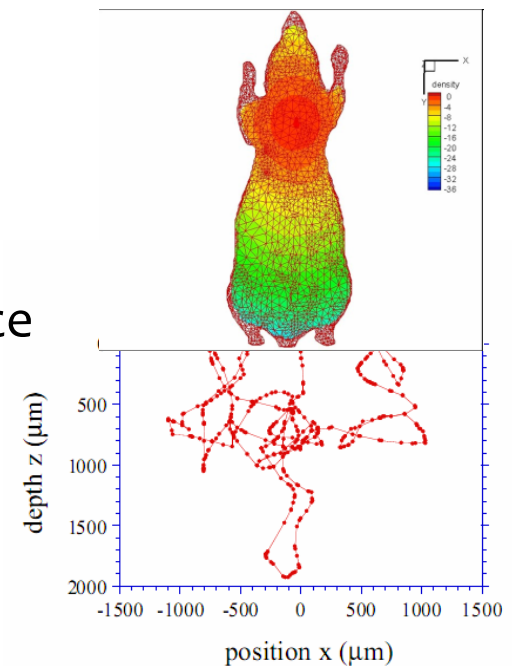
▪ Projet en cours: sondage sélectif en profondeur utilisant l'état de polarisation

ETR Vectorielle pour prise en compte polarisation

Applications:

Imagerie fonctionnelle
du cerveau résolue en profondeur
(*collaboration INCM*)

Imagerie vasculaire de fluorescence, outil
pour la chirurgie cardiaque (*collaboration CEA/LETI*)



Autres applications

- Pureté de l'eau / membranes de filtration (CIFRE SUEZ)
Etude porosité et colmatage



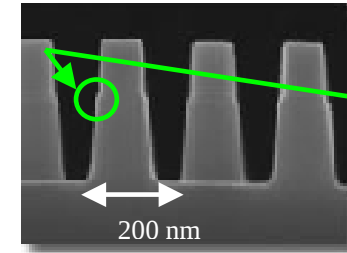
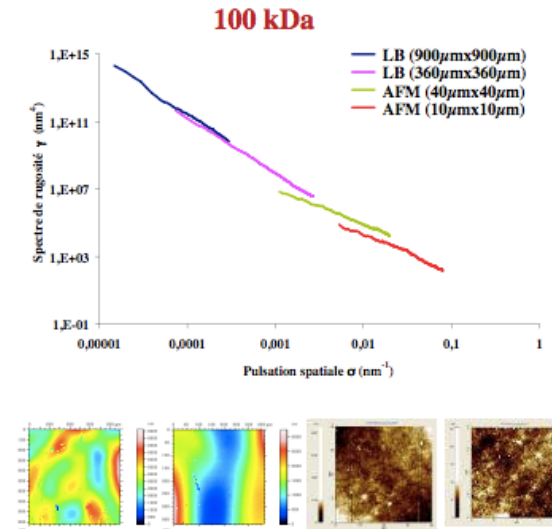
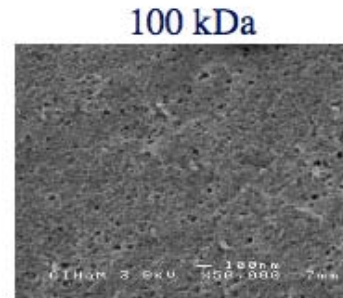
- Scatterometry (ST Microelectronics)



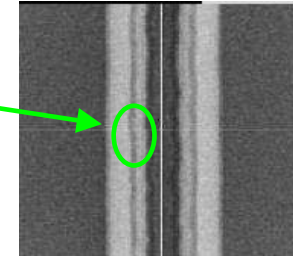
- Analyseur Optique Surfaces Polarisé



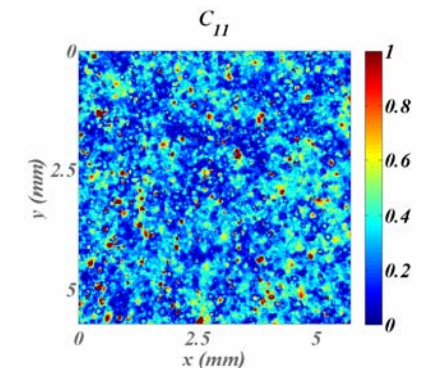
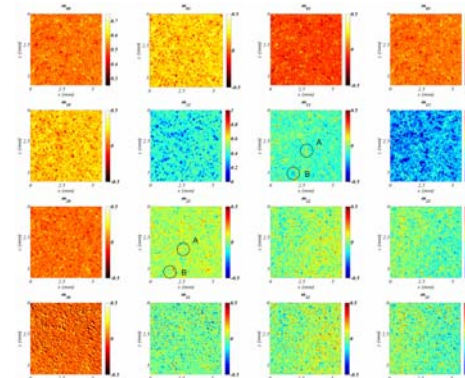
POSTERS VISITE

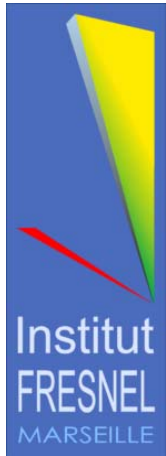


X-SEM



CDSEM





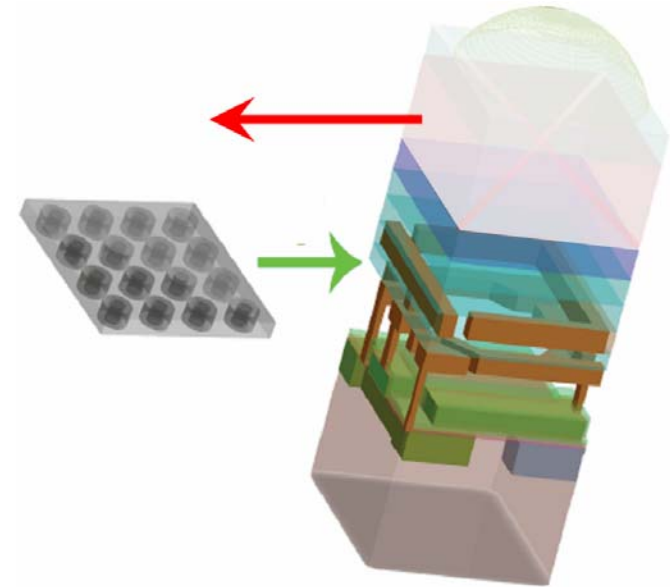
Thèmes de Recherche

-
- **Thème 2 : Imageurs CMOS**
-

Résultats scientifiques marquants

Réseaux croisés pour le filtrage colorimétrique dans les imageurs CMOS

1. **Motivation:** Remplacement des filtres résines colorés intégrés
2. **Challenge:** Compatibilité avec les procédés de fabrication nanométriques
3. **Contexte:** Réduction de la taille des pixels, nécessitant une approche électromagnétique rigoureuse



Vue 3D d'un pixel CMOS.

← indique la partie "optique géométrique" du capteur à remplacer

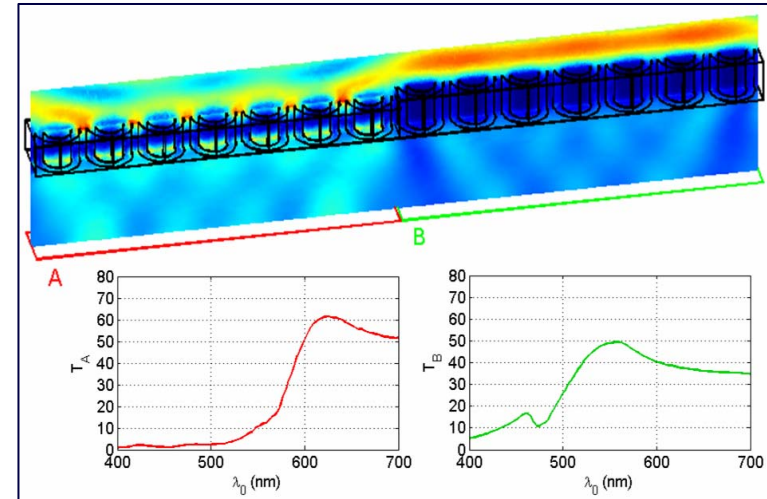
→ indique la structure diffractive proposée



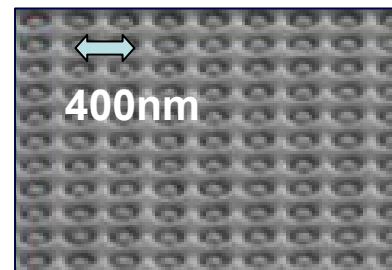
Réseaux croisés pour le filtrage colorimétrique dans les imageurs CMOS

4. Résultats phares

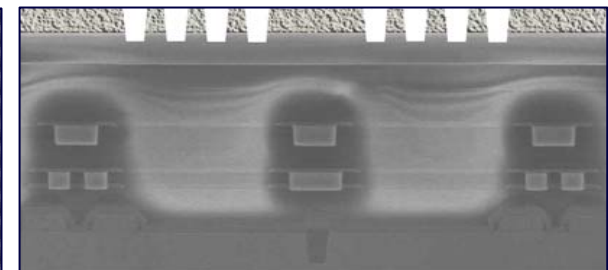
- Résolution 3D des équations de Maxwell dans un pixel de caméra CMOS par la Méthode des Éléments Finis
- Modélisation de structures nanophotoniques métalliques 3D filtrant les composantes Rouges, Vertes et Bleues de la lumière
- Conception, fabrication et caractérisation de ces structures sur une caméra CMOS STMicroelectronics



Filtrage en Transmission des composantes Rouge et Verte par un réseau de nano-ouvertures annulaires



Vue MEB de dessus

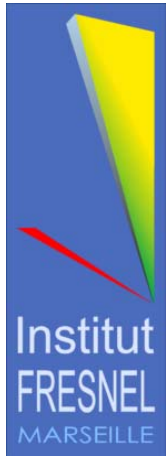


Vue MEB/schéma en coupe

Vue MEB de dessus et en coupe de la structure fonctionnelle réalisée en FIB sur un capteur CMOS industriel STMicroelectronics

Collaboration MAP² CLARTE





Thèmes de Recherche

-
-
- **Thème 3 : Interaction photon matière
aux forts flux**

Résultats scientifiques marquants

I Métrologie de l'endommagement laser dans les cristaux non linéaires

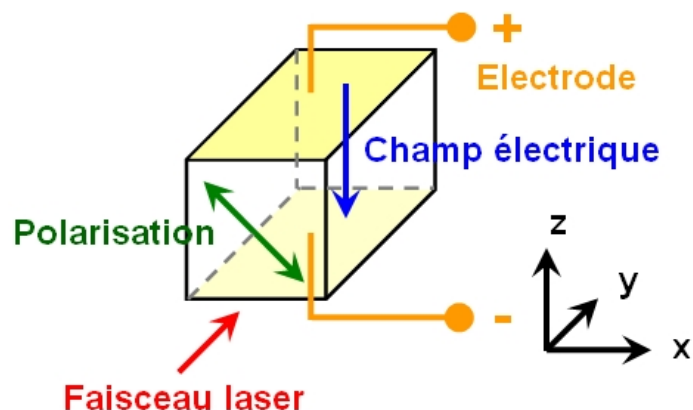
1. **Motivation:** Fragilité des cristaux NL dans les systèmes lasers de puissance. Compréhension des phénomènes. Amélioration de la tenue au flux.
2. **Challenges:** Caractérisation de l'intensité crête dans le volume du cristal. Prise en compte des effets NL non-voulus.
3. **Contexte:** Projets spatiaux, projets à haute énergie ou intensité (Laser Mégajoule, NIF, ILE etc.)
4. **Résultats marquants:**
 - Développement d'une métrologie spécifique prenant en compte les effets NL
 - Conversion parasite - cellule de Pockels en RTP
 - Évaluation de l'importance des défauts de croissance

Projet CHEMCAM du Mars Science Laboratory (NASA, CNES, Thales Laser, Cristal Laser)

Conversion parasite

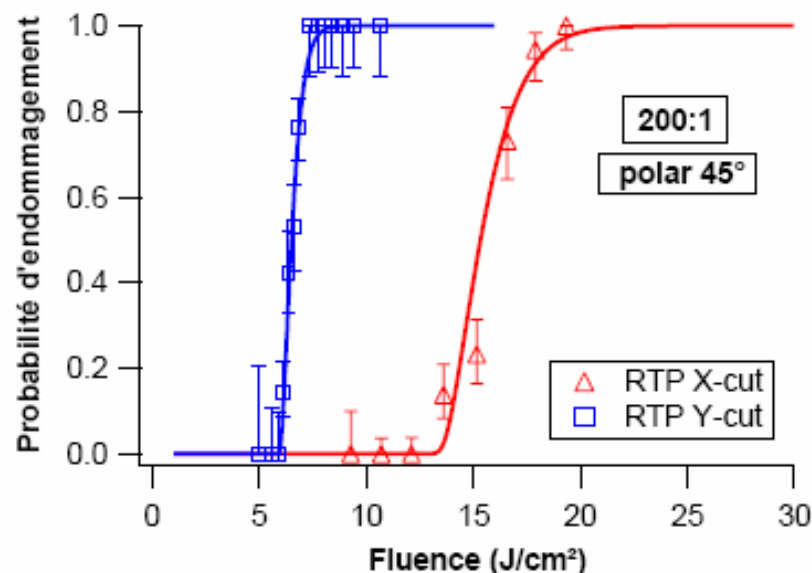


Cellule de Pockels (RTP) :



Tenue au flux :

Configuration Y-cut ou X-cut

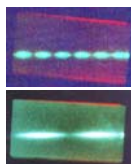


Explication :

Désaccord de phase pour la SHG type II dans le RTP :

X-cut : $\Delta k = 710 \text{ cm}^{-1}$

Y-cut : $\Delta k = 300 \text{ cm}^{-1}$



➔ Intensité maximale à 532nm:
5,8 x plus grande pour le RTP Y-cut

➔ Réduction du seuil
d'endommagement en
Y-cut, comme dans les doubleurs
KTP.

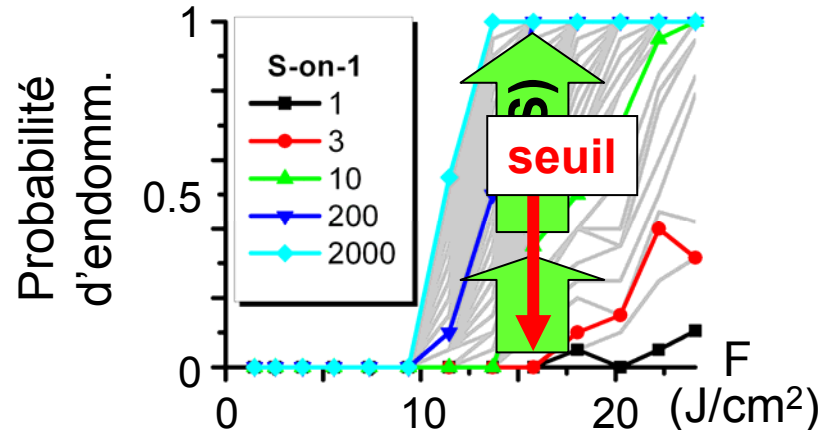
II Effets cumulatifs

1. **Motivation:** Prédiction des performances de tenue au flux à long terme. Amélioration des matériaux optiques.
2. **Challenge:** Séparation des effets statistiques et des effets des modifications des matériaux optiques sous irradiation.
3. **Contexte:** Applications haute puissance en optique (miniaturisation)
4. **Résultats marquants:**
 - Évaluation de l'influence des fluctuations laser
 - Evaluation de l'influence du rééchantillonnage répétitif sur le même site

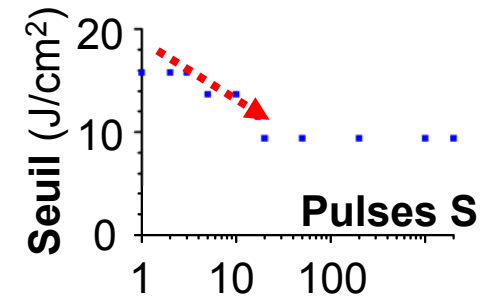
Projet CHEMCAM du Mars Science Laboratory (NASA, CNES, Thales Laser, Cristal Laser)

Tests multi pulses – Les influences statistiques

L'observation :



Effet de
« fatigue » :



La question :

• Modification
du matériau ?

et
ou

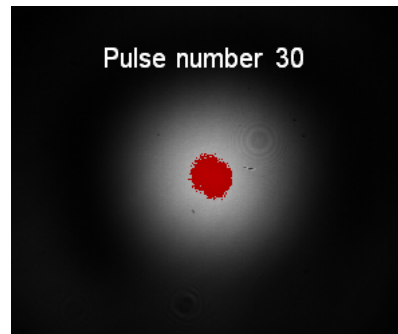
• Influences
statistiques ?

Influences statistiques :

Fluctuations laser: (Energie par pulse, direction)

Rencontre entre
précurseur et
haute intensité

$$P(S) = 1 - \exp(-d \mathbf{A(F,T,S)})$$

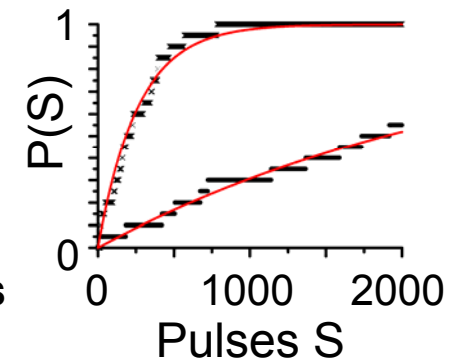


→ Fluctuations laser en énergie et
en direction négligeables.

Reéchantillonnage:

p_1 = proba.
d'endomm.
avec un pulse

$$P(S) = 1 - (1-p_1)^S$$



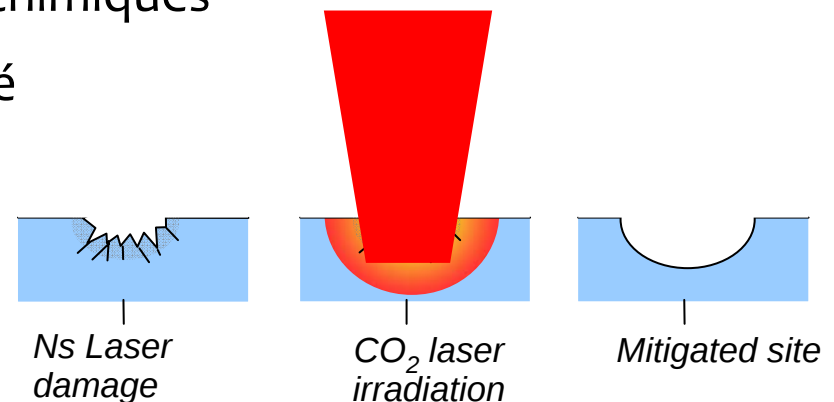
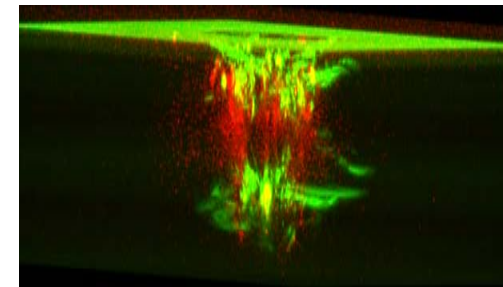
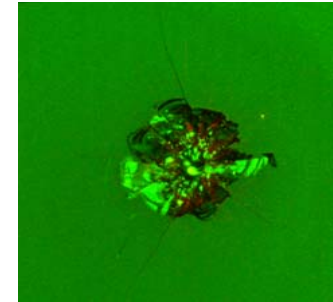
→ Effet de rééchantillonnage
très important !

Fatigue ≠ modification matériau

III Procédé laser infrarouge pour amélioration de la tenue au flux

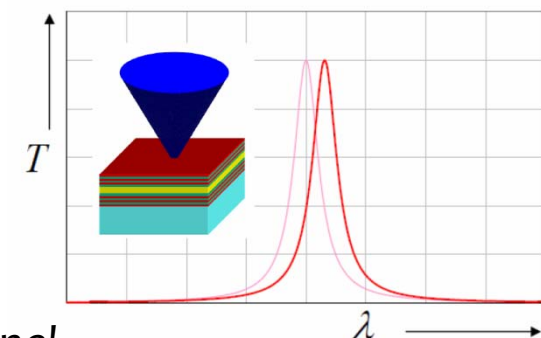
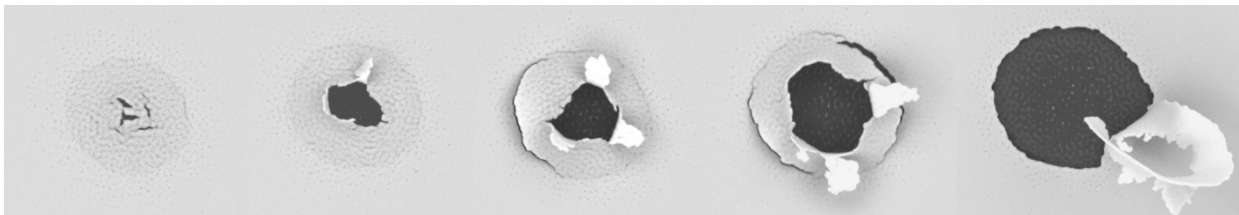
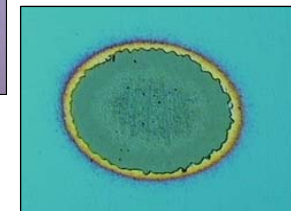
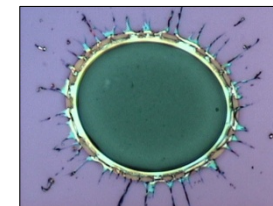
1. **Motivation:** Endommagement laser et croissance des dommages = principale limitation des chaînes laser de très forte puissance. Mise au point d'un procédé permettant de « réparer » des optiques pour les rendre plus résistantes au flux laser et augmenter leur durée de vie
2. **Challenge:** Déformation du front d'onde minimale, contraintes thermo-mécaniques et pollution minimales, facilité de mise en oeuvre
3. **Moyens:** modèles thermo-mécaniques adaptés, études paramétriques, analyses physico-chimiques
4. **Résultat :** Développement d'un procédé

Collaboration CEA CESTA



IV Interaction laser/matière en régime femto/pico seconde

1. **Motivation:** Mettre à profit les propriétés particulières de l'interaction pour structurer/modifier des composants
2. **Challenge:** Comprendre les mécanismes d'endommagement dans les couches minces optiques en régime ultracourt
3. **Contexte:** Développement des sources femtoseconde de puissance et leurs applications



ANR **FESTIC** en collaboration avec l'équipe RCMO de l'Institut Fresnel

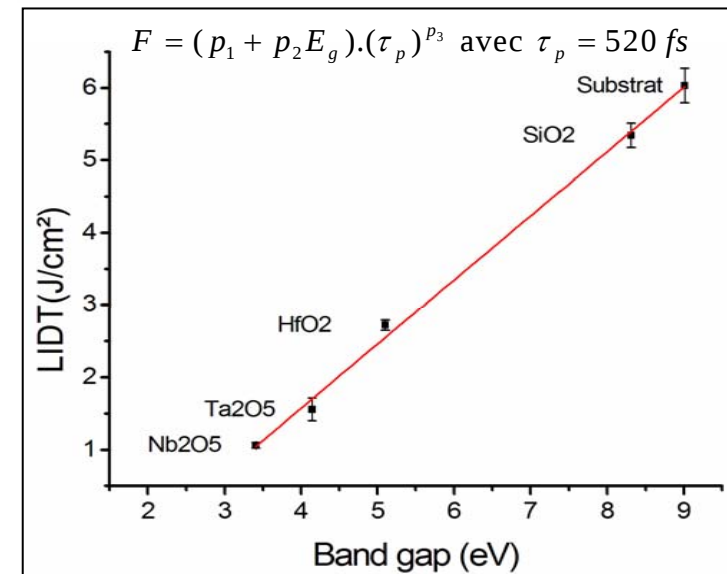
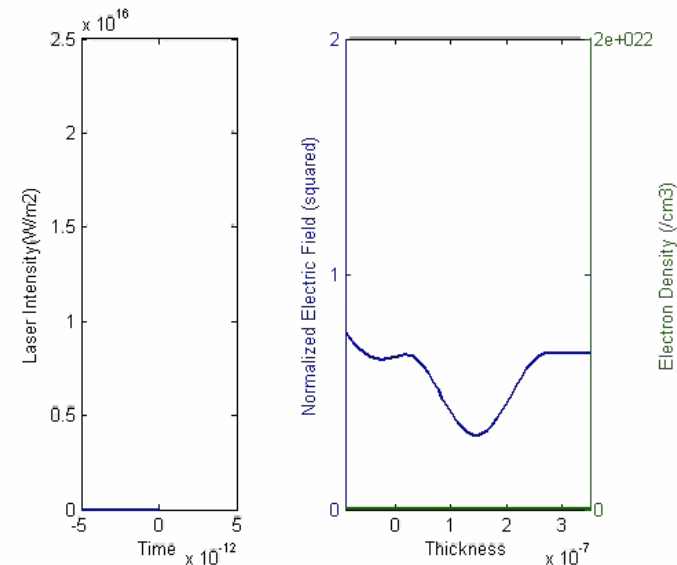
IV Interaction laser/matière en régime femto/pico seconde

4. Résultats marquants

- Développement d'un modèle basé sur l'équation d'évolution de la densité électronique pour le calcul de l'indice complexe et couplage avec le calcul du champ électromagnétique dans la couche.
- Etude de l'influence des paramètres de dépôt (épaisseur déposée, techniques). Résultats en adéquation avec le modèle développé.
- Evolution du seuil d'endommagement en fonction de la nature du matériau déposé (pur ou mixture). Comportement linéaire du seuil en fonction du gap confirmé pour les matériaux purs.

ANR **FESTIC** en collaboration avec l'équipe RCMO de l'Institut Fresnel

LP3



Etude comparative de la tenue au flux pour différents matériaux déposés

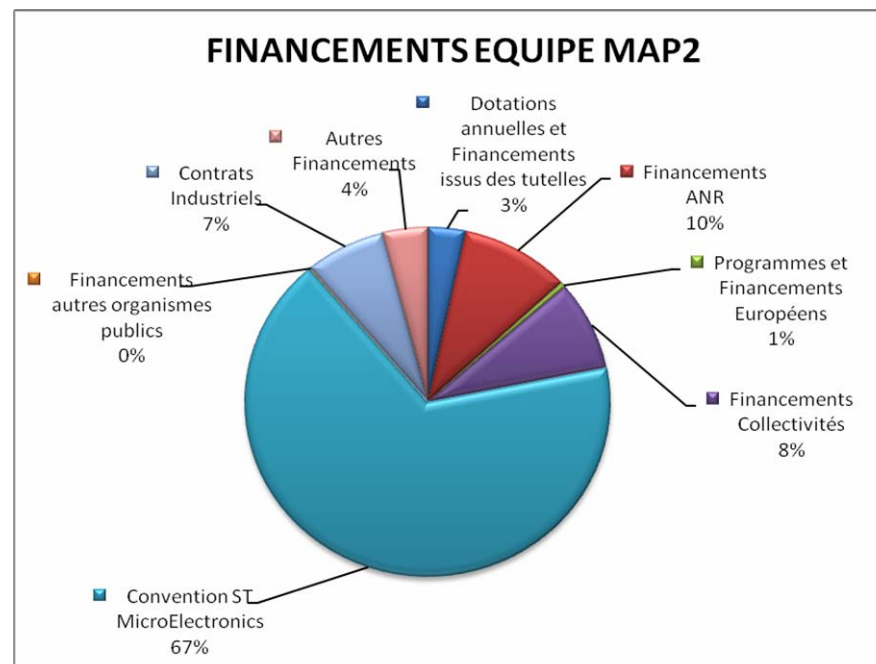
Production Scientifique

- **ACL** (Articles dans revues internationales ou nationales avec comité de lecture) 51
- **INV** (Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation) 13
- **ACTI** (Communications avec actes dans congrès international) 43
- **AFF** (Communications par affiche dans congrès international ou national) 10
- **COM** (Communications orales sans actes dans congrès international ou national) 45
- **OS** (Ouvrages scientifiques - ou chapitres de ces ouvrages -) 5
- **AP** (Autre Production ou Média) 6
- **B** (Brevets, Licences, Logiciels) 1

Recettes

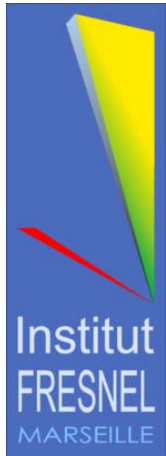
Récapitulatif des Financements

Dotations Annuelles et Financements issus des Tutelles	151 k€
Financements ANR	438 k€
Programmes et Financements Européens	24 k€
Financements Collectivités	373 k€
Convention ST Microelectronics	3 022 k€
Financements Autres Organismes Publics	6 k€
Contrats Industriels	318 k€
Autres Financements	180 k€
TOTAL	4 512 k€



Sont inclus pour Fresnel:

- le financement d'une personne affectée à temps plein au service de gestion de tout l'Institut Fresnel sur 4,5 ans
- ferme calcul et licences COMSOL,



Rayonnement - Collaborations

- Collaborations nationales

Collaborations académiques : CEA (CESTA, Le Ripault, LETI, Cadarache), CNES, IFREMER, CERIMED, Institut des Neurosciences Cognitives de Méditerranée Marseille, LMA, LP3, LOA, équipes RCMO, CLARTE, PHYTI, SEMO, HIPE, GSM de l'Institut Fresnel...,

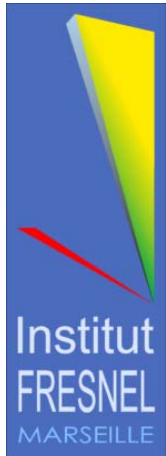
Industrielles : SUEZ, Cristal Laser, Thales, ST Microelectronics, Silios Technologies, Amplitude Technologies, IBS, CILAS Marseille, Shaktiware....,

- Collaborations internationales

ESA, DLR (Allemagne), Livermore LNL, Universités de Vilnius (Lituanie), de Porto Alegre (Brésil), de Sherbrooke, Québec (Canada), de Zhejiang (Pr Liu Xu), ICFO Barcelone

- Conférences

Journée Thématique COUCHES MINCES OPTIQUES organisée par l'Institut FRESNEL et CILAS-Marseille, 2008, Ecole Centrale Marseille



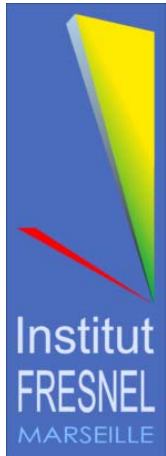
Rayonnement - Collaborations

- Prix et Distinctions

- Prix BEST ORAL PAPER au Laser Induced Damage Symposium Boulder Colorado USA (2006), Commandré M. et al.,
- PRIX BEST POSTER à la conférence "Laser-Induced Damage in Optical Materials 2007", (Boulder, Colorado, Etats-Unis), F. Wagner et al.
- KEYNOTE presentation, 40th Anniversary Annual Symposium on Optical Materials for High Power Lasers, Boulder (2008), Commandre M.

- Membres de comités éditoriaux

- C. Amra,
 - Comité scientifique de Annual Boulder Damage Symposium SPIE (USA), 2006 et 2007
 - Comité scientifique de Optical Interference Coatings (OSA, Tucson) (2007)
- M. Commandré,
 - Comité scientifique de Annual Boulder Damage Symposium SPIE (USA), 2008, 2009, 2010
 - Comité scientifique de : « Advances in optical thin films » in Optical Systems Design (SPIE) (Glasgow 2007, Marseille 2011)
 - Comité scientifique Optical Interference Coatings (OSA, Tucson) (2007 et 2010)
- C. Deumié, Comité Scientifique du Club CEMOI depuis 2007



Rayonnement - Collaborations

- Activités d'intérêt collectif

- Claude Amra :

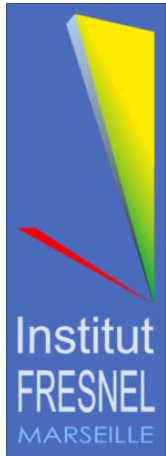
- Directeur Adjoint Scientifique au CNRS&INSIS en Septembre 09
 - Président du Comité d'Evaluation ANR/P3N en 2009
 - Membre élu en 2008 au Comité National de la Recherche Scientifique, section 08- Membre du bureau- jusqu'en Septembre 09
 - Membre nommé au Conseil National des Universités (63ième section, 2003-2007 et 2007-2008)
 - Chargé de mission DS9 (2007), expert scientifique pour le Comité National, expert AERES, expert ANR
 -

- Mireille Commandré :

Expertises dans les instances d'évaluation : CNU 63, DGRI, ANR, AERES, ANRT

- Membre nommé du CNU 63ème section depuis 2007
 - Expert pour la DGRI depuis 2008, Groupe d'Expertise Scientifique 3 (Mathématiques, STIC, micro et nanotechnologies)
 - Expert pour l'ANR (expertises projets) et membre du comité d'évaluation de l'ANR MATETPRO en 2010
 - Vice présidente (2005-2007) puis présidente de la commission pluridisciplinaire de spécialistes de l'Ecole Centrale Marseille jusqu'en 2008.

....



Rayonnement - Collaborations

- Activités d'intérêt collectif

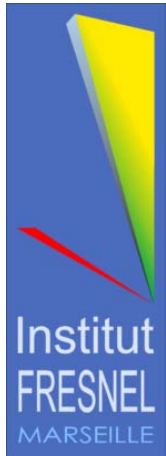
- Carole Deumié :

- Directrice de la Formation à l'Ecole Centrale de Marseille depuis 2007
 - Membre de la commission des Titres de l'Ingénieur depuis 2008
 -

- Jean Yves Natoli :

- Responsable du Master recherche OPSI (Optique et Photonique, Signal et Image) depuis 2008 (spécialité du Master Physique). Co-habilitation avec les trois universités Marseillaises et L'Ecole Centrale Marseille.
 - Organisateur et à l'origine des journées des doctorants de l'Institut Fresnel (JDD-IF) (7 éditions)
 - Membre élu (collège A) du Conseil Scientifique de l'université Paul Cézanne Aix-Marseille III depuis 2008.
 - Membre (collège A) de la Commission Recherche de l'université Paul Cézanne Aix-Marseille III depuis 2008.
 - Membre nommé du bureau du Département Science de la Matière de la Faculté des Sciences et Techniques de l'université Paul Cézanne depuis 2008.
 - Membre nommé du Conseil de Département Science de la Matière de la Faculté des Sciences et Techniques de l'université Paul Cézanne depuis 2008.

....



HdR – Thèses – Devenir Doctorants

- Habilitations à diriger des Recherches soutenues : **1 soutenue et 2 programmées printemps 2011**
- Thèses en cours : **12**
- Thèses soutenues entre 2006 et 2010 : **9**

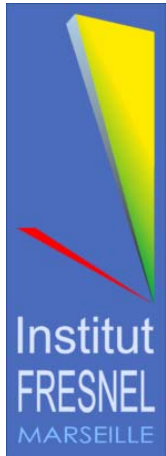
Insertion professionnelle des doctorants

2 post-doc (Allemagne, Canada) et 1 ATER (France)

4 ingénieurs privé

(Cilas, Aeroconseil, Institut St Louis, DLR Stuttgart)

1 MCF, 1 IR Université



PROJET MAP²

- **Thème 1 : Diffusion Lumineuse**

- **Polarisation et Diffusion**

Etats de polarisation, dépolarisation, repolarisation.

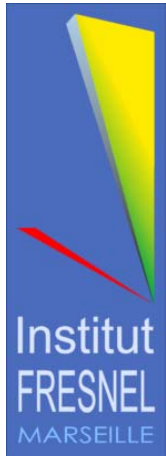
Projet initié: aspects fondamentaux et appliqués (concept du codage d'images imbriquées, généralisation au cas des volumes.)

ANR « TRAMEL » acceptée (appel blanc 2010): Institut Fresnel (équipes MAP², SEMO, HIPE, RCMO), Onera, LATP.

- **Imagerie sélective en milieu diffusant**

Caractérisation sélective des sources (état de polarisation, cartographies, cohérence temporelle, plasmonique ...)

ANR SEEC en cours



PROJET MAP2

- **Thème 1 : Diffusion Lumineuse**

- **Biomédical**

Voie ouverte: analyse multiéchelle et multimodale: diffusion, ellipsométrie, OCT, tomographie, électromagnétisme et ETR.

- Cornée: en partenariat avec APHM et EFS.

Projet en cours de dépôt avec agence de Biomédecine

- Cerveau: en partenariat avec INCM.

Projet à venir: ANR Jeune Polidric

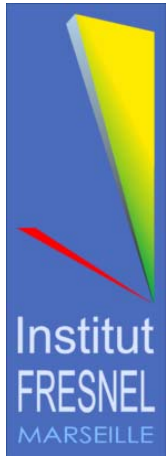
- Sein: ouverture thématique Photoacoustique, en partenariat avec LMA. *Financement CNANO acquis. Projet à venir: ANR Institut Fresnel (MAP2, HIPE), LMA, Laboratoire de Mathématiques Toulouse*

- **Autres ouvertures**

Environnement, Bioalimentaire (*CIFRE Claranor*),

Cosmétiques (*CIFRE DIPTA*)

Scatterometry: nouveaux composants StMicro / Grand emprunt

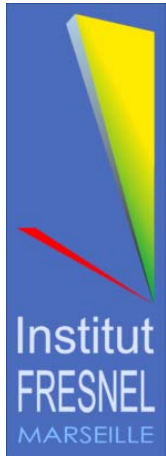


PROJET MAP2

• Thème 2 : Capteurs

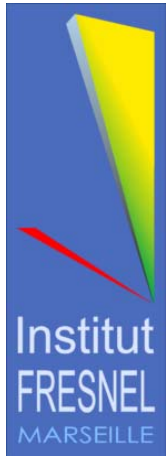
Dans la continuité des développements théoriques et expérimentaux faits pour les imageurs CMOS :

- Thèse CIFRE Silios début mars 2010, « Développement de filtres multi spectraux dans l'infra rouge à base de matériaux structurés sub longueur d'onde », collaboration CLARTE.
- Projet SPECTROGAZ soumis au FUI, « Spectro-imageur infrarouge statique pour la détection de gaz », labellisé pôle de compétitivité POP SUD (collab BERTIN, Silios, CLARTE).
- Thèse CIFRE IBS, « Étude et Réalisation de jonctions par immersion plasma. Application aux détecteurs optoélectroniques : cellules solaires, détecteurs et imageurs », début janvier 2010.



PROJET MAP2

- **Thème 3 : Interaction laser matière aux forts flux**
- Interaction laser matière dans les **cristaux non linéaires**, projet d'ANR
Réseau Cristaux massifs pour l'optique
Collaboration Cristal Laser, laboratoires de croissance et caractérisation
Projet détaillé dans l'HdR de F. Wagner (prévue début 2011)
- Étude de l'endommagement laser dans les **couches minces et multicouches**, oxydes, fluorures et mixtures
Collaborations Université de Vilnius, RCMO, LZH Hanovre...
Espace photonique Fresnel
Projet détaillé dans l'HdR de L. Gallais (prévue début 2011)



PROJET MAP₂

- **Thème 3 : Interaction laser matière aux forts flux**

- **Endommagement laser faisceau continu ou quasi continu.**

Modélisation multi physique (électromagnétique, thermique) et statistique. Étude de l'initiation de l'endommagement laser et du vieillissement.

Projet FEDER démarré en 2010, collab SILIOS.

- **Matériaux micro et nano structurés.**

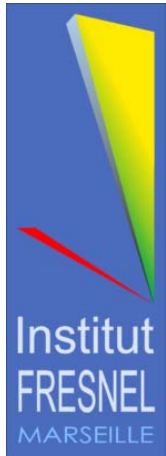
Compréhension des mécanismes de l'endommagement laser, modélisation multi physique, métrologie.

Collaboration Silios, Univ de Porto Alegre (Brésil)...

- **Photoinscription et micro nano structuration par laser femtoseconde.**

Continuité de l'ANR FESTIC terminée en 2010

Espace photonique et projet Fresnel pour le grand emprunt.



CONCLUSION MAP²

- Réelle reconnaissance internationale
- Émergence de jeunes chercheurs porteurs de projets de recherche d'avenir
- Ouvertures stratégiques, notamment dans le biomédical
- Forte et régulière implication de l'équipe dans le fonctionnement collectif du laboratoire
- Forte implication des seniors dans des responsabilités et tâches d'intérêt collectif, aux niveaux local et national, tant en recherche qu'en enseignement
- Besoin d'un recrutement modélisation multiphysique pour l'interaction laser matière aux forts flux