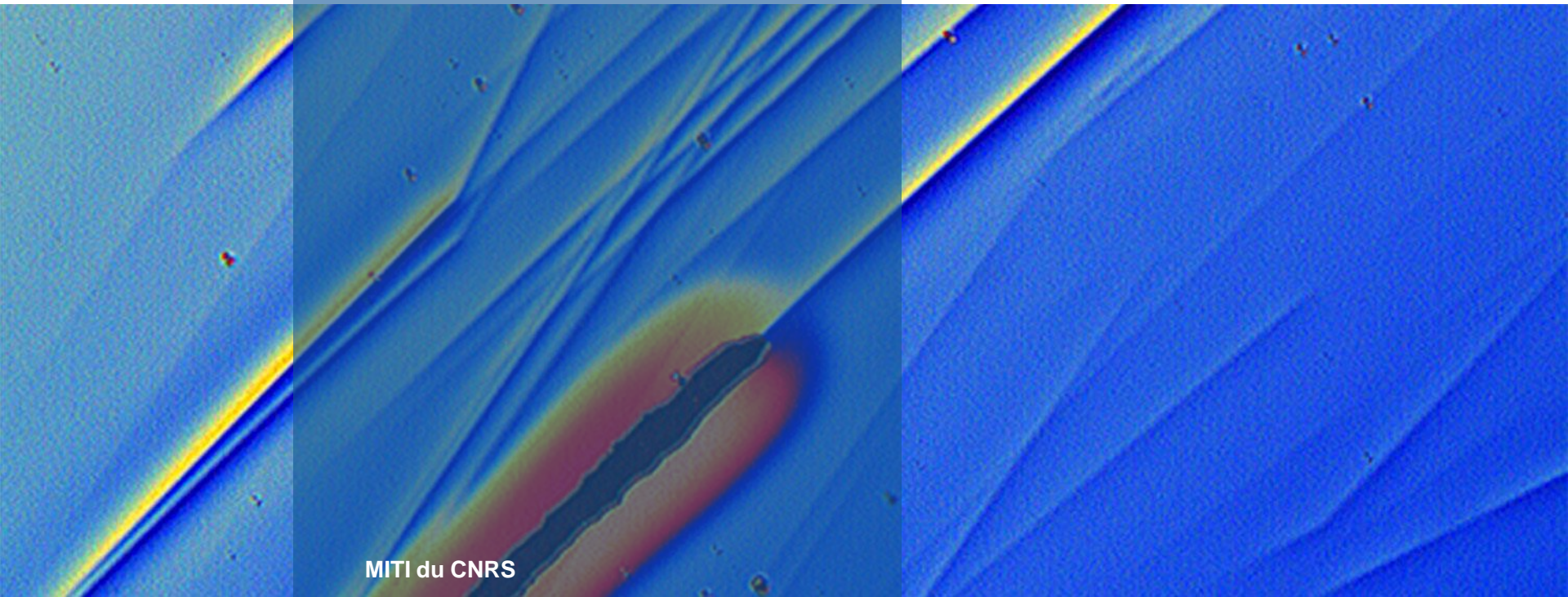




"RÉSEAUX, ESSAIMAGE ET ÉMERGENCE DE PROJETS"

BRUNO VIANA RÉSEAU CMDO+





cmdo+



Réseau CMDO+ « Cristaux, Micro nano-structures et Dispositifs pour l'Optique »

cmdo@services.cnrs.fr, <http://cmdo.cnrs.fr>

réseau thématique créé dans les années 2000 sous le nom CMDO



cnrs

CMDO+

• Cristaux, Micro nano-structures et Dispositifs pour l'Optique



Marc De Micheli — Université Cote d'Azur
Directeur de recherche CNRS (section 8)

Responsable de l'équipe Optique non-linéaire
intégrée, INPHYNI

Décédé le 10 juillet 2019

Matériaux cristallins et polycristallins concernés

- Cristaux massifs
- Fibres cristallines
- Couches minces
- Céramiques

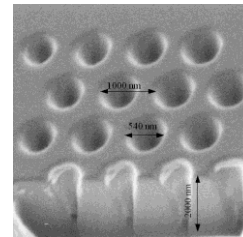
- Majoritairement inorganiques
- diélectriques ou semiconducteurs
- dopés par ions luminescents (ou non)
- propriétés non-linéaires (ou non)



Cristaux laser
dopés terres rares,
Grenoble, Caen, Paris



Fibres Cristallines
FiberCryst, Lyon



Structuration, FEMTO
Besançon, Nice



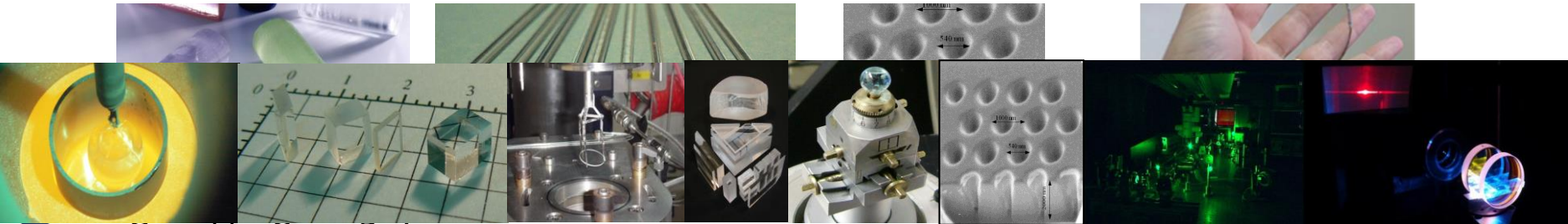
Céramiques
transparentes,
Limoges

Matériaux cristallins et polycristallins concernés

- Cristaux massifs
- Fibres cristallines
- Couches minces
- Céramiques

- Majoritairement inorganiques
- diélectriques ou semiconducteurs
- dopés par ions luminescents (ou non)
- propriétés non-linéaires (ou non)

Elaboration, mise en forme caractérisation et applications



Grenoble, Caen, Paris

Limoges

Partenariats

- SFO, SFP, GFL, Association Française de Cristallographie, Défis du CNRS, Programmes Matériaux ...

- Réseaux du CNRS : **FEMTO** (laser), **CRISTECH** (techniques de cristallogenèse) et **ROP** (polissage, métrologie, grands instruments)

- **Industriels des matériaux**: Cristal-Laser (Non-linéaires), FEE GmbH (Oxydes), FiberCryst (Fibres oxydes), Saint-Gobain (Scintillateurs), SOREM (Fluorures), Cyberstar et ECM (Machines tirage), Cristal Tec (Découpe), Presi et LamPlan (Polissage), etc..

- **Industriels du laser**: Amplitude Tech., Quantel, Fibercryst, Sofradir, Thales, Cilas, Oxixus, etc...

- **Grandes installations**: CESTA (Mégajoule), CERN, ESRF, ILL, Ganil, Soleil...



MODE DE FONCTIONNEMENT

ACTIONS

- APPEL à projets Technologiques
- Missions d'échanges (ITC / Incitation au Transfert de Compétences
- Journées thématiques
- Groupes de travail
- Actions de formation (ANF)

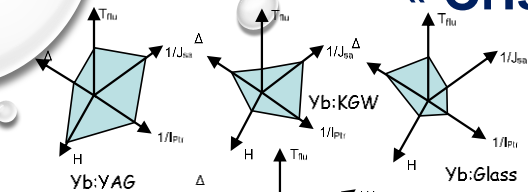
MODE DE FONCTIONNEMENT

ACTIONS

- APPEL** à projets Technologiques
- Missions d'échanges (ITC / Incitation au Transfert de Compétences
- Journées thématiques
- Groupes de travail
- Actions de formation (ANF)

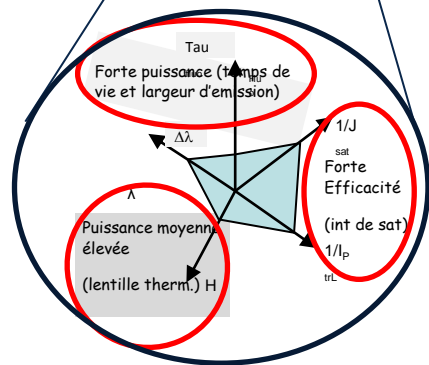
« Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance »

Emergence de diodes émettant dans l'IR
capables de pomper efficacement les
lasers solides



Yb:CALGO
et/ou Yb:CaF₂H

Conception
du meilleur
matériau



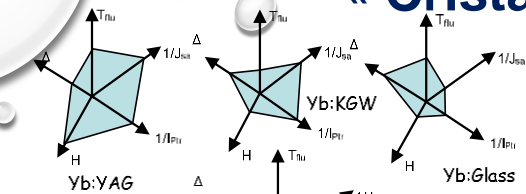
2009: projet CRYBLE Aidé par le CNRS (MRCT/MI)

« Cristaux dopés Yb et Laser de forte
puissance » ~10 k€

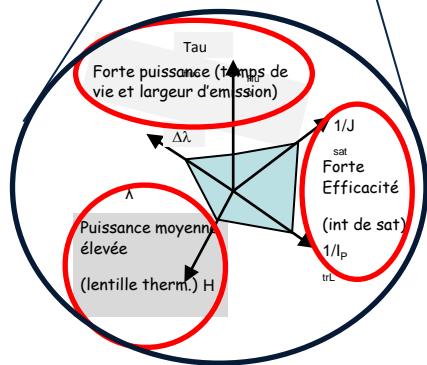
Partenaires : LCFIO (Palaiseau), CIMAP (Caen),
ENSCP (Paris)

« Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance »

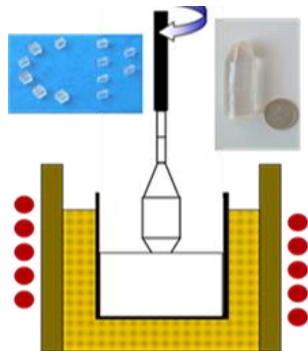
Emergence de diodes émettant dans l'IR capables de pomper efficacement les lasers solides



**Yb:CALGO
et/ou Yb:CaF₂H**



Conception du meilleur matériau



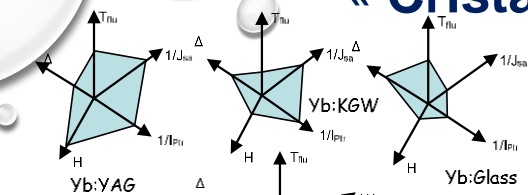
Elaboration



« Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance »

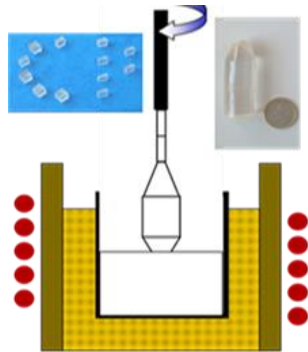
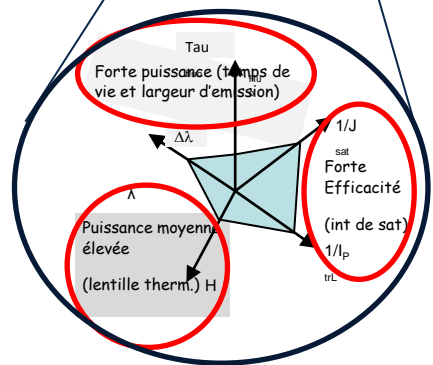
Emergence de diodes émettant dans l'IR capables de pomper efficacement les lasers solides

FEE

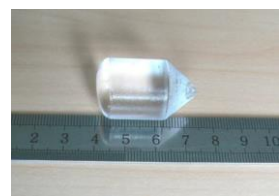


Yb:CALGO et/ou Yb:CaF₂H

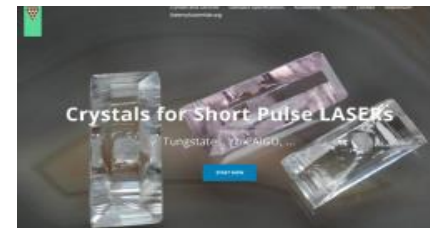
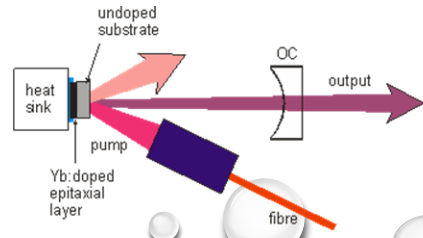
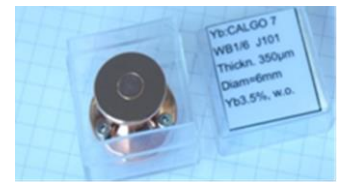
Conception du meilleur matériau



Elaboration



Mise en forme



Spectra-Physics
Amplitudes Systèmes



2009 projet CRYBLE Aidé par la CNRS (MRCT/MI) « **Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance** » ~10 k€

Partenaires : LCFIO (Palaiseau), CIMAP (Caen), ENSCP (Paris)

PROJETS DÉCOULANT DIRECTEMENT DE CRYBLE

2011-2014 ANR Femtocryble (coordinateur LCFIO) : Nouveaux cristaux dopés Yb et

nouvelles architectures laser Partenaires : LCF, CIMAP (Caen), Amplitudes Systemes (Bordeaux), LCMCP (Paris)

2013-2016 ANR Pampero: Pompage **haute brillance des matériaux** laser Yb
Partenaires : CELIA (Bordeaux), LCF, CIMAP (Caen), Amplitudes Systemes (Bordeaux), LCMCP (Paris)

2014-2020... pompe OPCPA pour CILEX APOLLON : (CPER)

Collaboration : LULI, LCF, LOA, CEA IRAMIS, Université Paris Sud

2015-2016 ELI-Hu contrat : E-CAFY (coordinateur):

Développement d'un laser Yb:CaF₂ pour les hautes énergies

MATÉRIAUX POUR LES LASERS DE FORTE PUISSANCE

CaF₂:Yb – Intégré dans des chaînes laser de puissance

- pulses de 3 mJ at 1050 nm
- 100Hz de taux de répétition
- Excellente qualité de faisceau
- puissance crête de 10 GW



POLARIS (Iena/Dresden):
Petawatt Optical Laser amplifier

$$P_{\text{crête}} = \frac{E_{\text{joules}}}{\Delta t_{\text{seconde}}} = \frac{200}{150 \cdot 10^{-15}} \geq 1PW$$

APOLLON 10P: 15fs 150 J (Site Orme des Merisiers)

- « front end » basé sur CaF₂:Yb
- amplificateur multi-passages
- remplacement des cristaux YAG ou des verres Nd

Cilex Apollon



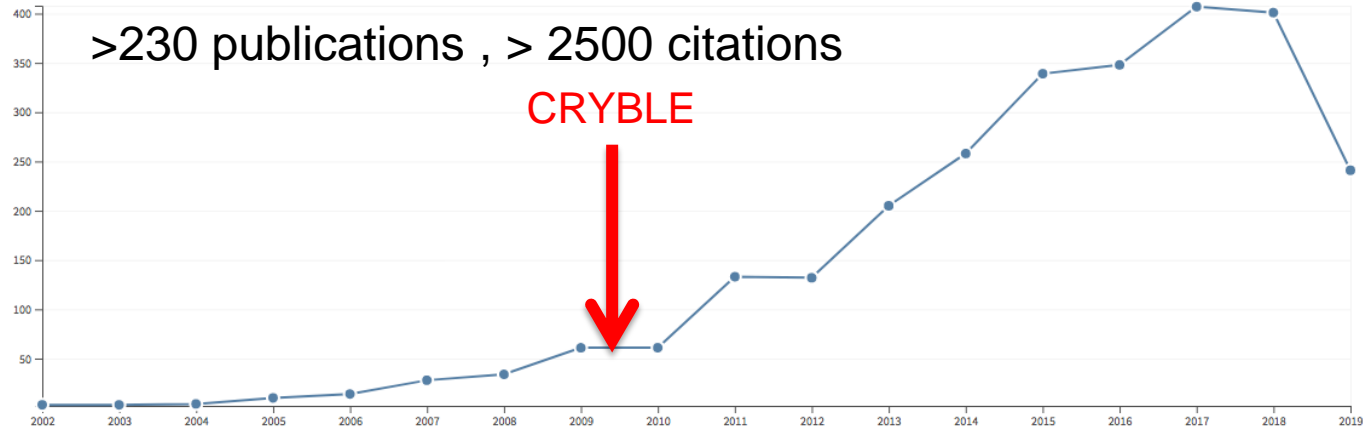
IMPACT DE CRYBLE SUR LA COMMUNAUTÉ

2009 projet MRCT CRYBLE

« Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance »

Partenaires : LCF (Palaiseau), CIMAP (Caen), ENSCP (Paris)

décollage d'une nouvelle thématique laser de puissance en Yb:CaF₂ et Yb:CALGO



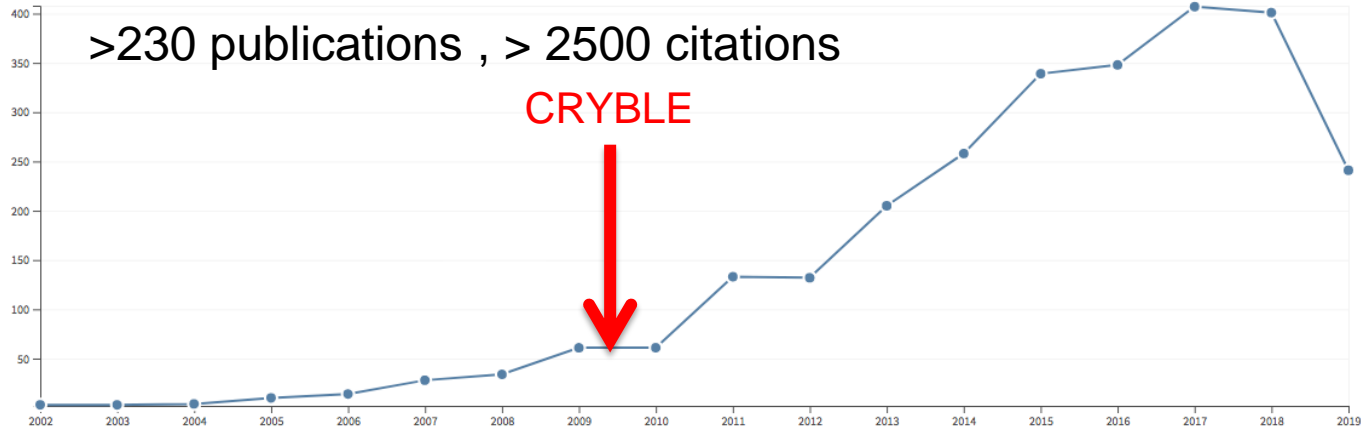
IMPACT DE CRYBLE SUR LA COMMUNAUTÉ

2009 projet MRCT CRYBLE

« Cristaux dopés Yb et Laser de forte puissance »

Partenaires : LCF (Palaiseau), CIMAP (Caen), ENSCP (Paris)

décollage d'une nouvelle thématique laser de puissance en Yb:CaF₂ et Yb:CALGO



sur la communauté industrielle



EU



USA

Chine

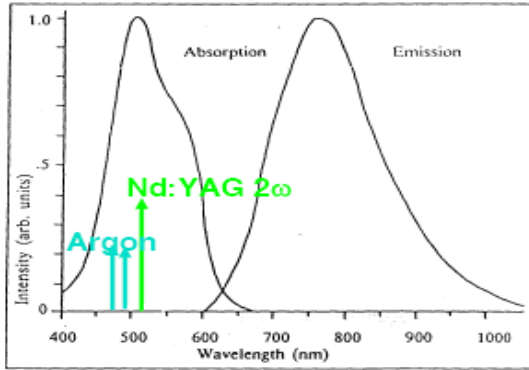


MODE DE FONCTIONNEMENT

ACTIONS

- APPEL a projets Technologiques
- Missions d'échanges (ITC/Incitation au Transfert de Compétences
- Journées thématiques**
- Groupes de travail
- Actions de formation (ANF)

NOV 2018: JOURNÉE SOURCES LASER SOLIDES NIR



$\Delta\lambda \sim 400 \text{ nm} !$
 $(\Delta t_{\text{theo}} \sim 5 \text{ fs})$



Le Saphir dopé Titane est le matériau de gain le plus utilisé dans les lasers ultrarapides, mais l'optimisation des cristaux présente d'importants obstacles techniques.

Certains fournisseurs tentent d'exercer un contrôle très strict des conditions de tirage de la boule afin de minimiser la quantité de Ti^{4+} , ou bien utilisent un procédé de recuit breveté incorporant une atmosphère riche en hydrogène tous les voyous $\text{Ti}^{4+} \rightarrow \text{Ti}^{3+}$

ELARGIR LES FAISCEAUX

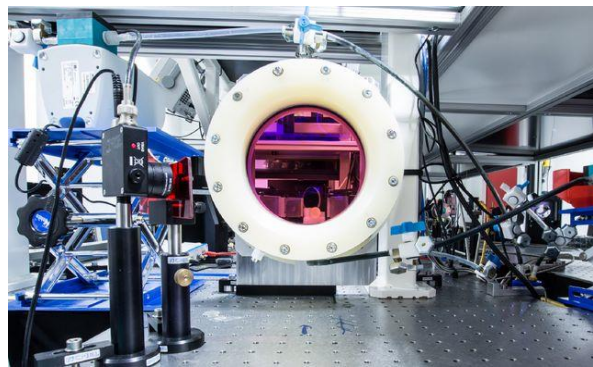
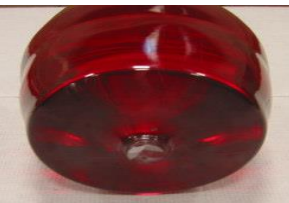
Les verrous : optiques de grande taille

Tenue au flux : 10 J/cm^2

Les cristaux de Ti:saphir ($\Phi > 25\text{mm}$)



Stand
journée des
réseaux
2019

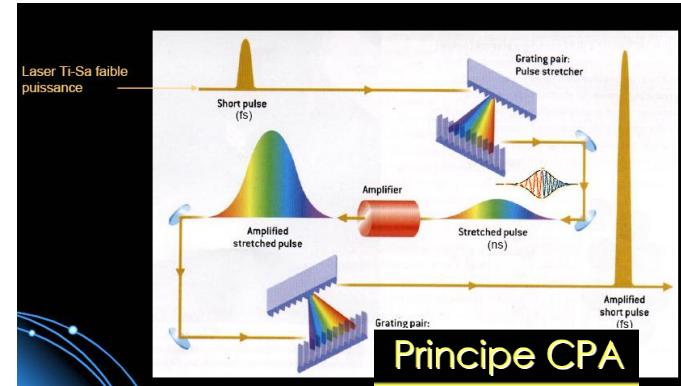


*croissance par la technique de
Kriopoulos par RSA le Rubis

APPLICATIONS

Les lasers ultra-rapides - avec des largeurs d'impulsion femtoseconde permettent d'envisager une gamme croissante d'applications, allant du micro-usinage de précision à l'imagerie multiphotonique en passant par la physique attoseconde.

• "Fast ignition" : coupler un laser Petawatt (fs) avec un laser megajoule (ns) pour accélérer la fusion thermonucléaire



Traitement des matériaux

Lasers femtoseconde en medecine

Chaine femtosecondes

Cf. oral de Frédéric Druon (à suivre !)



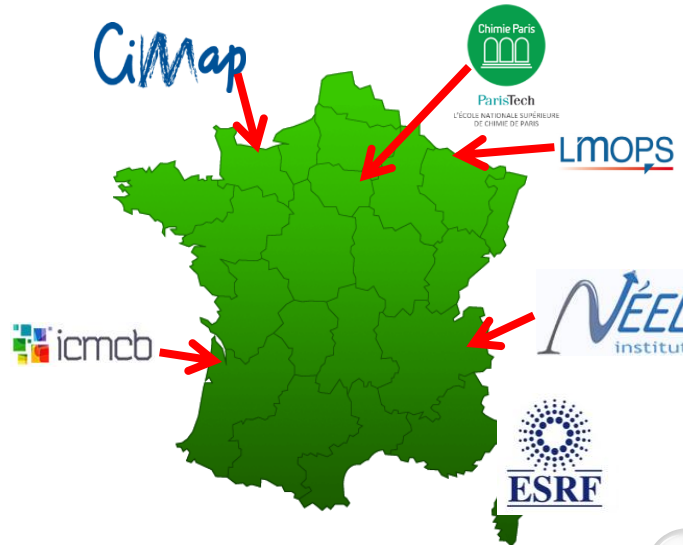
MODE DE FONCTIONNEMENT

ACTIONS

- APPEL a projets Technologiques
- Missions d'échanges (ITC / Incitation au Transfert de Compétences
- Journées thématiques
- Groupes de travail**
- Actions de formation (ANF)

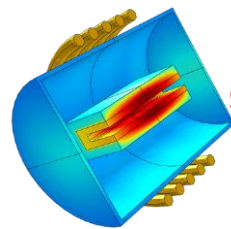
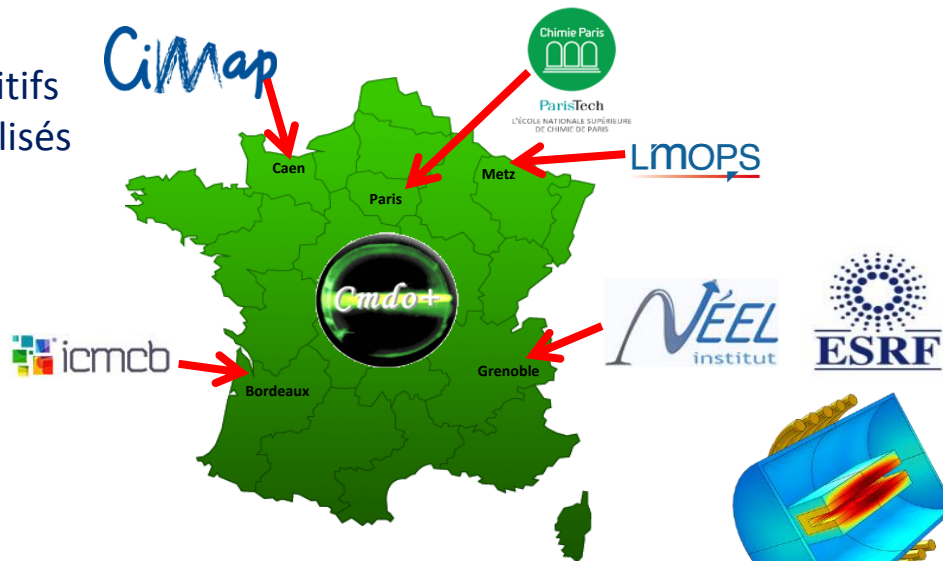
SIMULATION NUMÉRIQUE AU SERVICE DE LA CRISTALLOGÉNÈSE POUR L'OPTIMISATION DES DISPOSITIFS DE CROISSANCE

Projet « COMSOL » soutenu depuis 4 ans par la *MITI*



Projet COMSOL

→ Modélisation des dispositifs Bridgman et Czochralski utilisés pour la croissance de monocristaux de fluorures massifs,



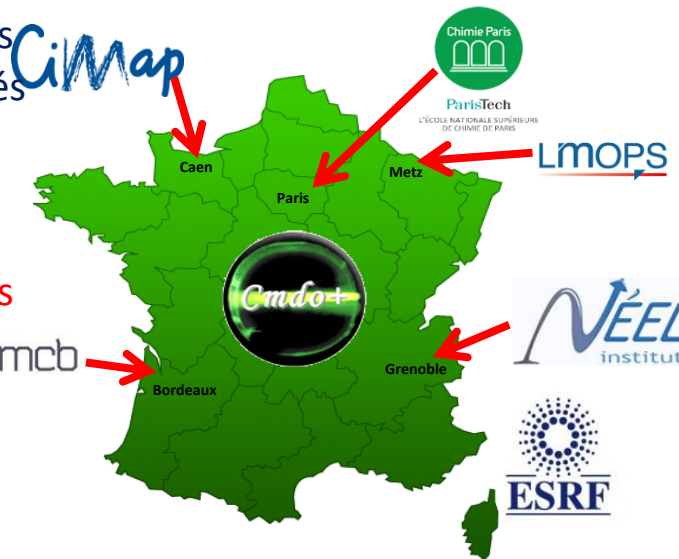
Exemple de simulation du gradient thermique au sein d'un four inductif



Projet COMSOL

→ Modélisation des dispositifs Bridgman et Czochralski utilisés pour la croissance de monocristaux de fluorures massifs,

→ Modélisation des dispositifs d'épitaxie en phase liquide (LPE) pour la croissance de couches minces monocristallines de fluorures;



Croissance de couches minces monocristallines

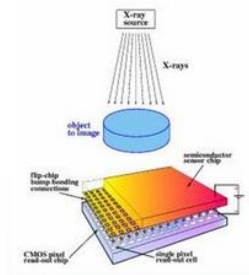
CiMap



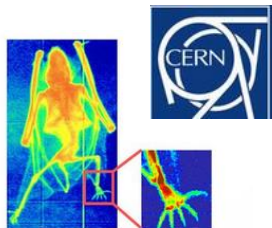
Applications en Scintillation

CERN, ESRF (Projets Européens)

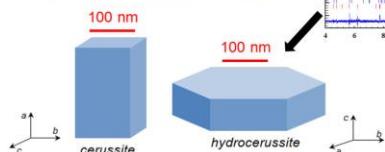
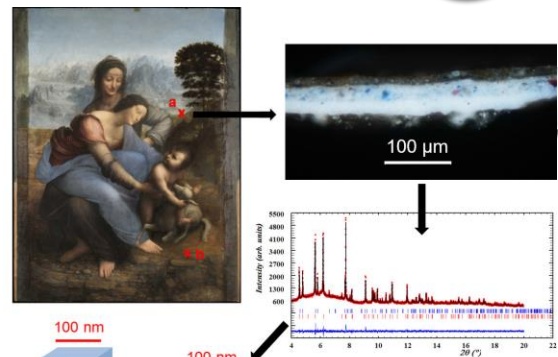
En Imagerie



Medipix: Medical X-ray diagnosis with contrast enhancement and dose reduction



Radiography of a bat, recorded with a GEM detector



Synchrotron-based high angle resolution and high lateral resolution X-ray diffraction (coll. C2RMF Louvre)

En Information Quantique

Nanostructures for hybrid quantum systems



Horizon 2020
European Union funding
for Research & Innovation



Lasers à couches minces



LASERS EN COUCHES MINCES/GUIDE D'ONDE

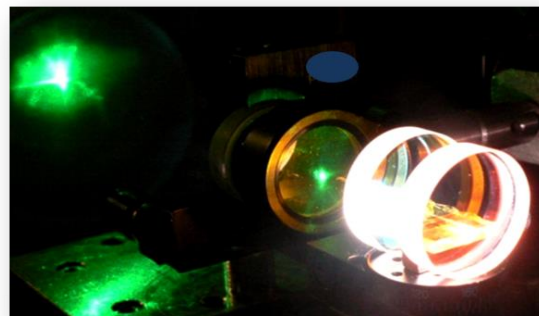
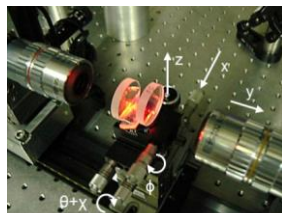
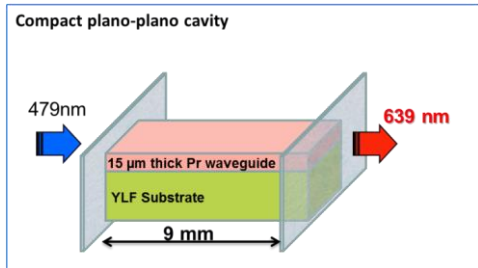
Laser dans le domaine visible (YLF:Pr³⁺) – ANR FLUOLASE

Premier laser en guide d'onde planaire dans le visible



- Pompage @ 479 nm ($P_{\text{abs}} = 62\%$)
- Effet laser obtenu dans le Rouge (639nm), l'orange (604 nm) et le vert (522 nm)
- Rendement QCW $\eta=60\%$ (639nm)
- $P_{\text{out}}=250\text{mW}$ (639 nm)
- $P_{\text{out}}=165\text{mW}$ (604nm) cw $\eta=32\%$
- $P_{\text{out}}=66\text{mW}$ (522nm) qcw $\eta=11\%$

Guide YLF: Pr fabriqué par LPE



Lasers dans le domaine infrarouge – à 2 μm en guide/thin disc - Collaboration
CORIA /Rouen 2015-2018 (projet FASTMIR) + ANR SPLENDID2 (2020-2024)

MODE DE FONCTIONNEMENT

AUTRES ACTIONS

- APPEL a projets Technologiques
- Missions d'échanges (ITC / Incitation au Transfert de Compétences
- Journées thématiques
- Groupes de travail
- Actions de formation (ANF)

Essaimages
des
compétences
et du savoir-
faire



CONCLUSIONS



"réseaux, essaimage et émergence de projets"

Points Clefs

- **Constituer une structure efficace de compétences et d'innovations permettant de répondre à des appels d'offre émanant des ministères, de l'Europe (H2020) et des industriels**
- **Valoriser à l'échelle nationale et internationale les projets en relations avec des partenaires industriels**



CONCLUSIONS



"réseaux, essaimage et émergence de projets"

Points Clefs

- **Constituer une structure efficace de compétences et d'innovations permettant de répondre à des appels d'offre émanant des ministères, de l'Europe (H2020) et des industriels**
- **Valoriser à l'échelle nationale et internationale les projets en relations avec des partenaires industriels**
- Développer et fédérer les compétences nationales
- Sauvegarder les acquis technologiques et assurer la pérennité du savoir-faire



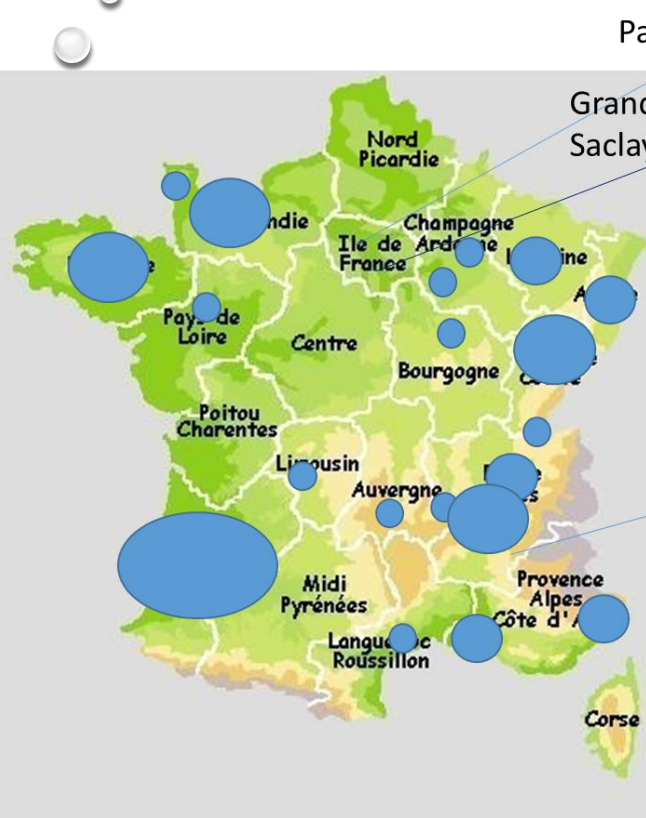
MERCI DE VOTRE ATTENTION

A full-page astronomical image showing a bright, elongated object, likely a comet or asteroid, with a dark nucleus and a long, glowing tail. The background is a deep blue with some faint, wispy structures. The text 'Questions ?' is overlaid in white at the bottom center.

Questions ?



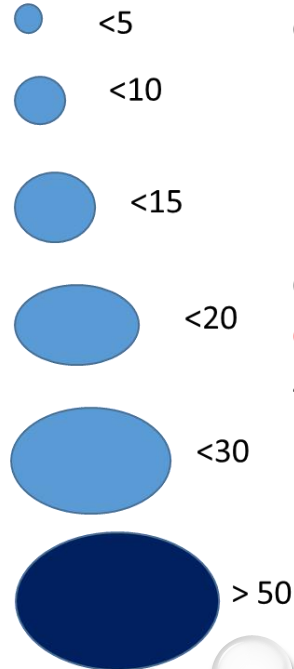
Participants et Laboratoires du réseau



Paris

Grand Saclay

Grenoble



~ 40 laboratoires
et

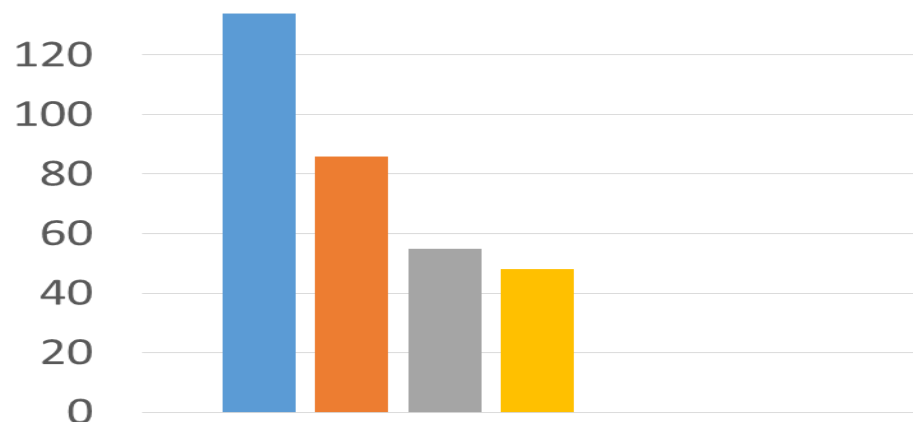
~ 340 chercheurs,
ingénieurs, techniciens
+ doctorants
inscrits sur liste de
diffusion

cmdo@services.cnrs.fr

~ 40 partenaires
industriels (liste
industriels)

~ 85 participants
aux JNCO 2017

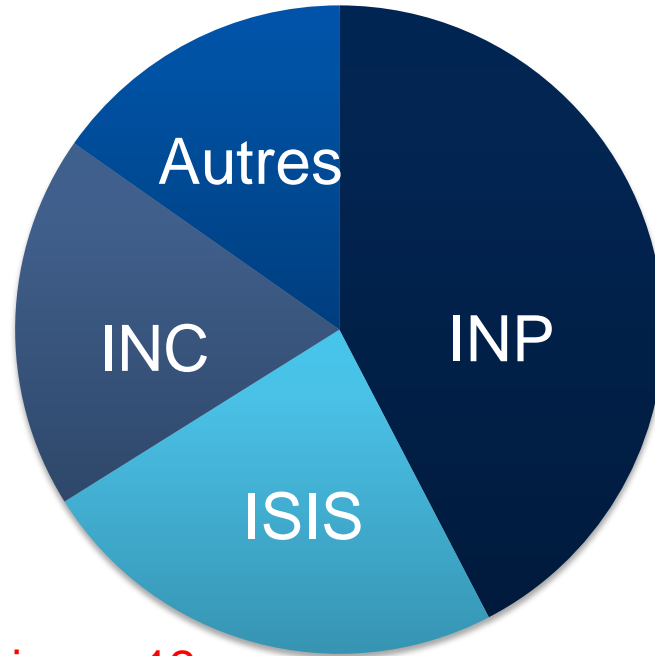
Description de la communauté du Réseau CMDO+



- Ingénieurs (tous organismes)
- Enseig./Cherch.
- Docs et Post Docs
- Chercheurs

Ingénieurs, techniciens CNRS	60	18 %
Ingénieurs EPST (CEA, ONERA...)	34	9.5%
Ingénieurs Industriels	41	12 %
Chercheurs	48	15 %
Enseig/Chercheurs	88	25.5%
Doc/Post-Doc	60	20 %
TOTAL	333	100%

Répartition des laboratoires du réseau par instituts



Institut de Physique : 12

Institut des Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes : 11

Institut de Chimie : 9

Autres organismes publics : 8