

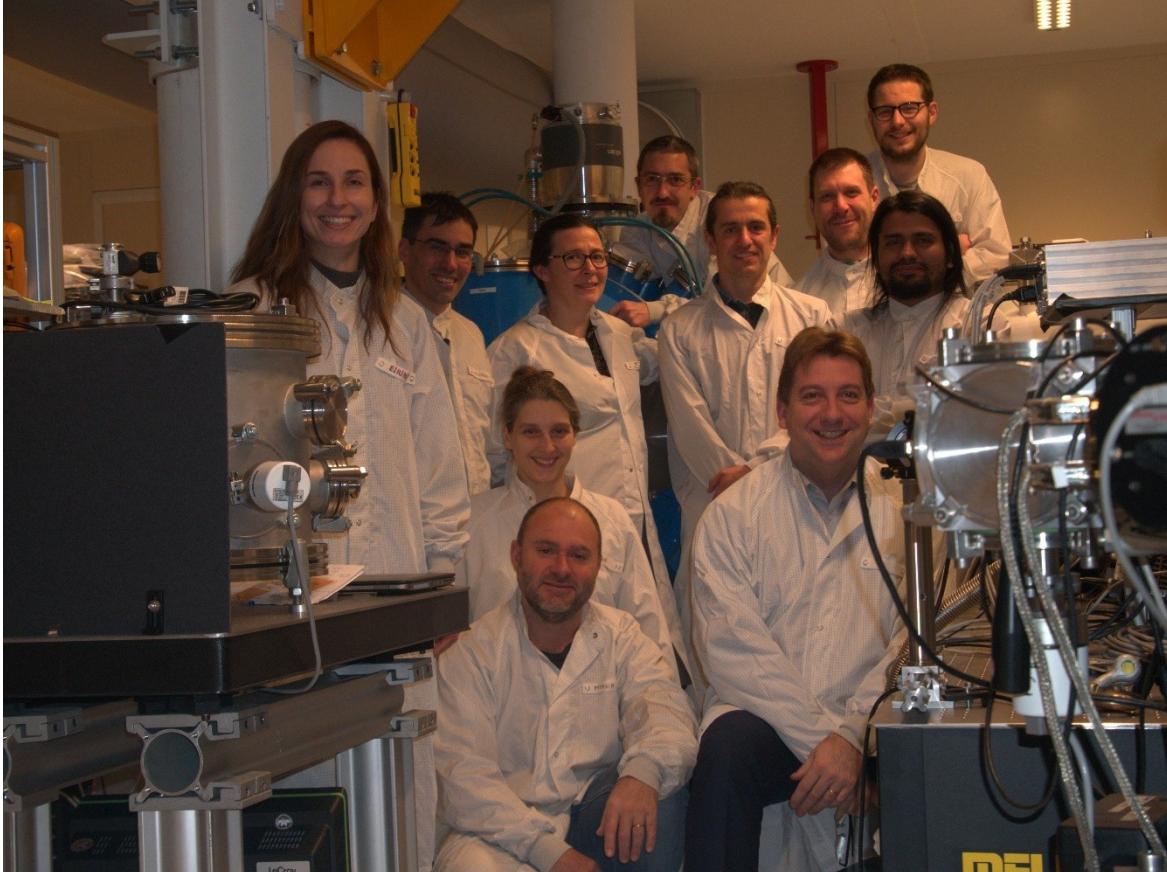
Irradiation avec des photons : la plateforme LASERIX

**E. Baynard ⁽¹⁾, J. Demainly ⁽¹⁾, M. Pittman ⁽²⁾, S. Kazamias ⁽²⁾, B. Lucas ⁽²⁾, O. Guilbaud ⁽²⁾,
D. Ros ⁽²⁾, K. Cassou ⁽²⁾, O. Neveu ⁽³⁾**

1) *Plateforme LASERIX*

2) *Equipe ALEA – Pôle Accélérateur*

3) *Equipe ONLINE – Pôle Ingénierie*



EQUIPE

8 permanents (UPSay)

4 Techniques

4 Enseignants chercheurs

1 PhD & 1 PostDoc en moyenne/an

Responsable Scientifique : Sophie Kazamias

Responsable Technique : Moana Pittman

HISTORIQUE

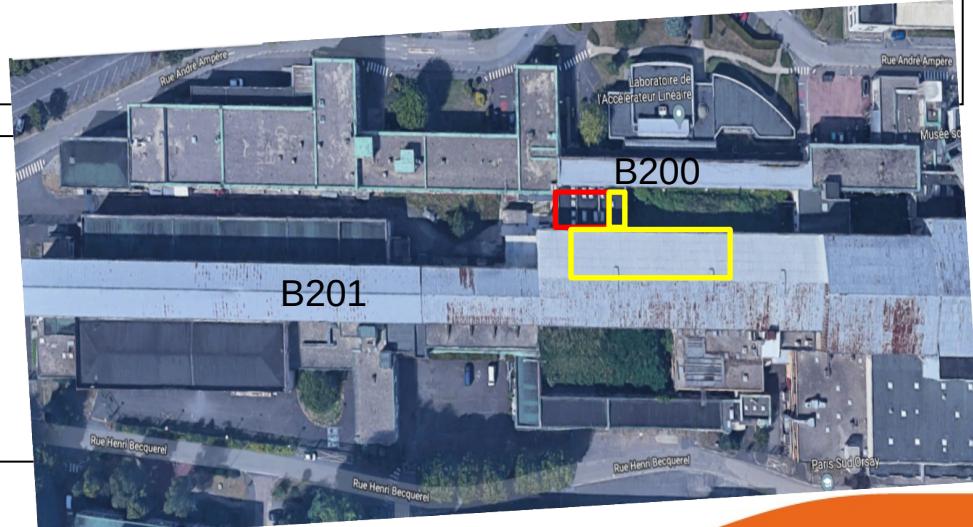
Définition de l'installation : Plateforme Laser Intense dédiée à la R&D et aux applications de sources X-UV cohérentes

Historique : 2004 - 2013 au LOA

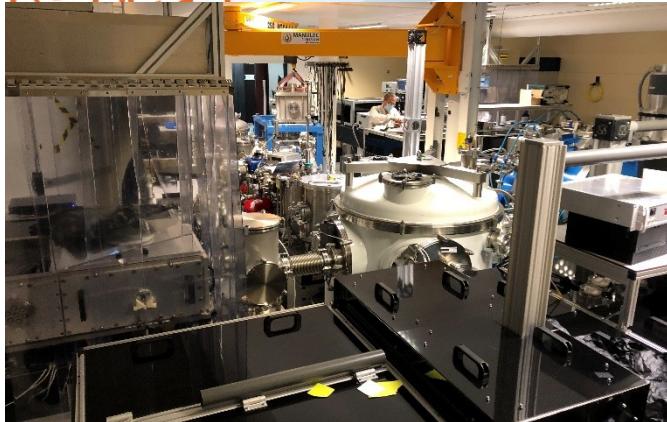
- 2009 : Développement laser (*) puis des sources XUV et premières applications
- 2013 : Plateforme LASERIX / rattachement au CLUPS - Accueil d'expériences
- 2014 - 2015 Installation au LAL
- 2015 - 2019 : Reprise activité Plateforme
- 2020 : Rattachement à IJCLab

FINANCEMENT

CPER (2000-2006) : Projet CPER 2000 POLA-LASERIX) : 3.5 M€
 Soutiens récurrents (2011 - 2019) : 140 k€/an (UPSSud -MRM-)
 Projets (depuis 2005) : > 100 k€/an
 Accueil (2013 - 2019) : Laserlab 3 puis 4 – non renouvelé en 2020



(*) F. Ple et al., "Design and demonstration of a high-energy booster amplifier for a high-repetition rate petawatt class laser system," Opt. Lett. 32, 238-240 (2007)



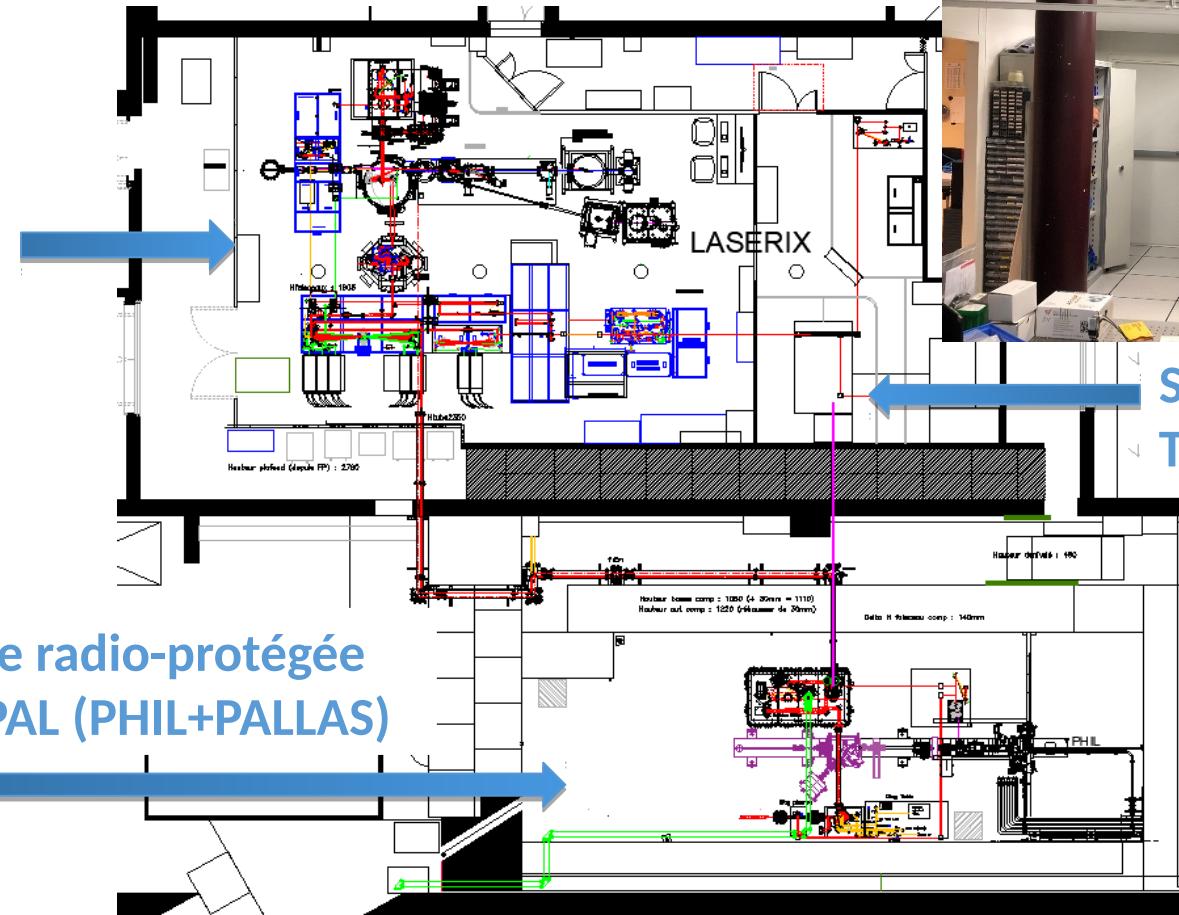
Laser pilote,
Sources X-UV et applications



Salle laser PHIL
TP et R&D laser



Salle radio-protégée
NEPAL (PHIL+PALLAS)



Le laser pilote

LASER PILOTE : Une chaîne laser CPA Ultra-intense

Titane Saphir 800nm

Ultra-Intense ?

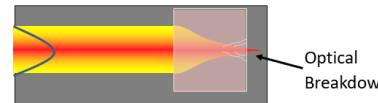
Intensité laser (éclairement) : $[I] = \text{J.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}$

LASERIX : $1.6\text{J} - 40\text{fs} \Rightarrow 40\text{TW focalisés sur } 200\mu\text{m}^2 \Rightarrow I = 1.5 \cdot 10^{19} \text{ W/cm}^2$

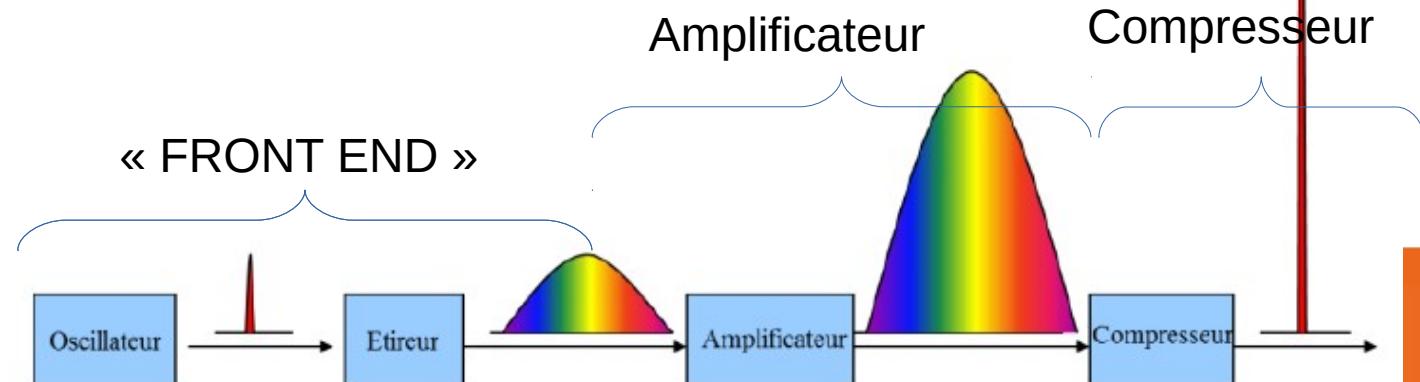
$$\text{Champs... Electrique : } E = \sqrt{\frac{2}{c\varepsilon_0}} I \Rightarrow \text{env. } \underline{1\text{GV/m}} // \text{ Magnétique : } B = \frac{E}{c} \Rightarrow \underline{0.3\text{ GG}}$$

Chaîne CPA ?... Amplification à dérive de fréquence

$I > \text{GW/cm}^2$ Réponse non-linéaire des matériaux (Effet Kerr Optique)



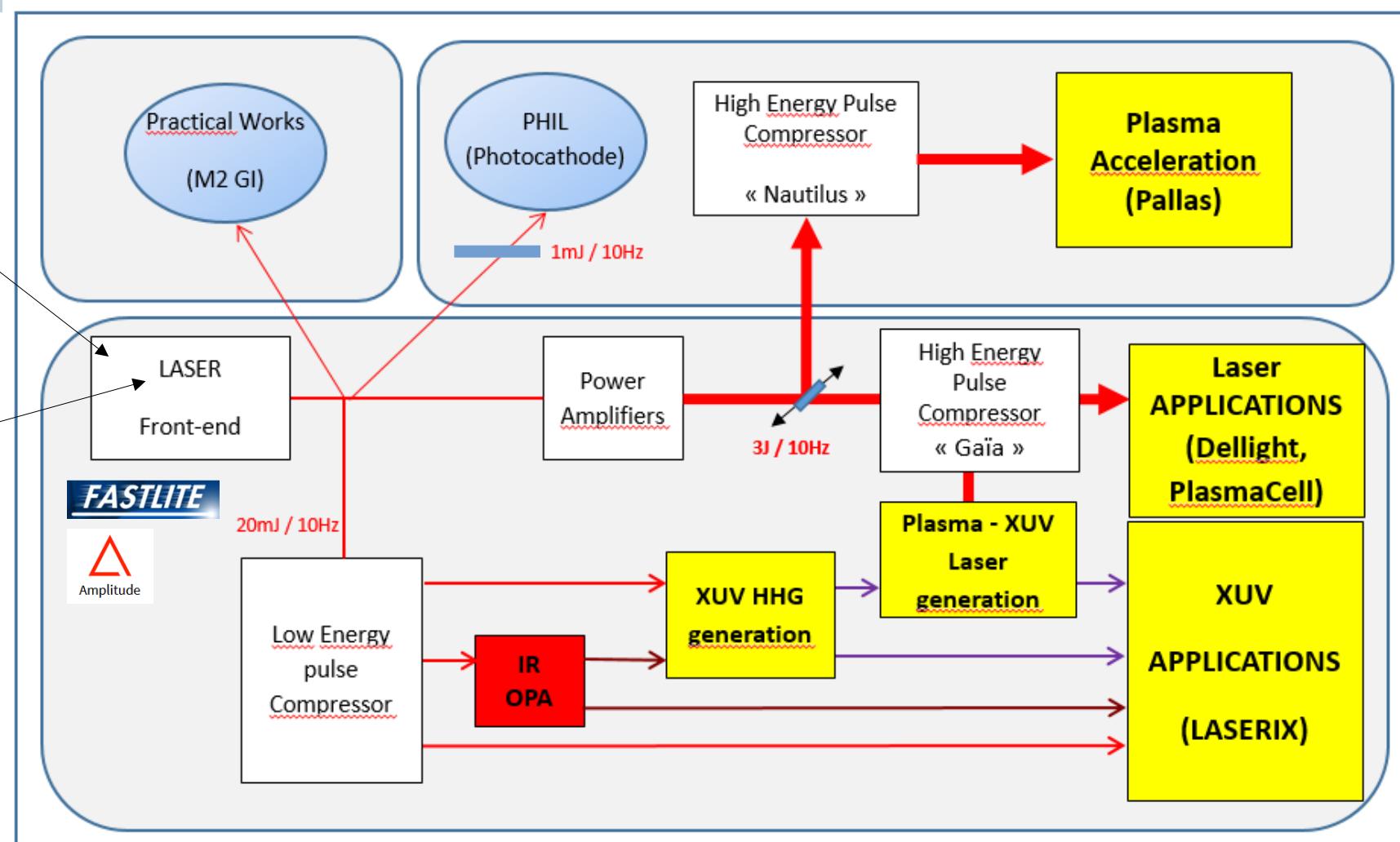
Technique pour limiter l'intensité au cours de l'amplification :
 allonger la durée des impulsions

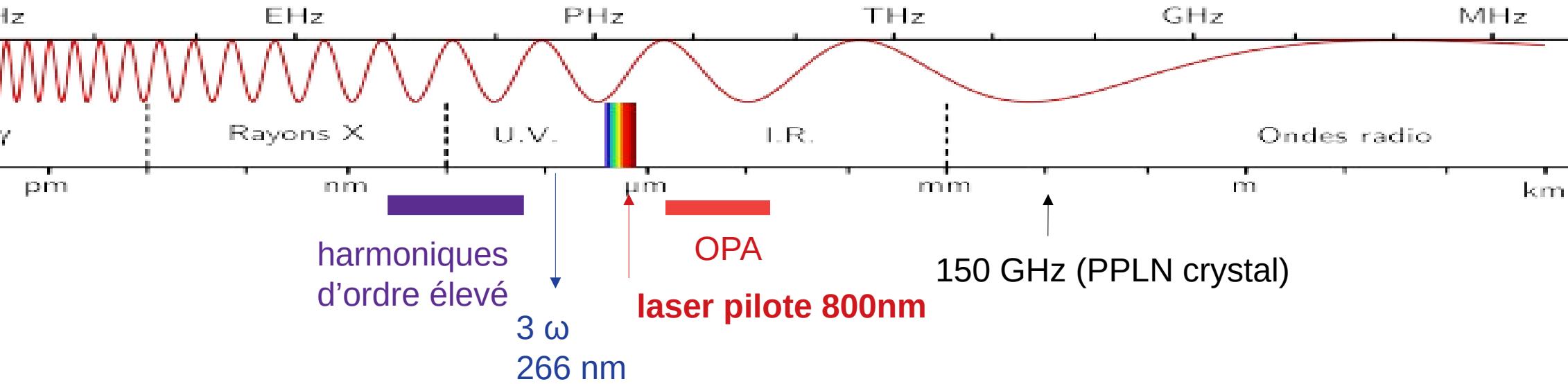


Oscillateur :
75MHz pilotable

Le laser pilote

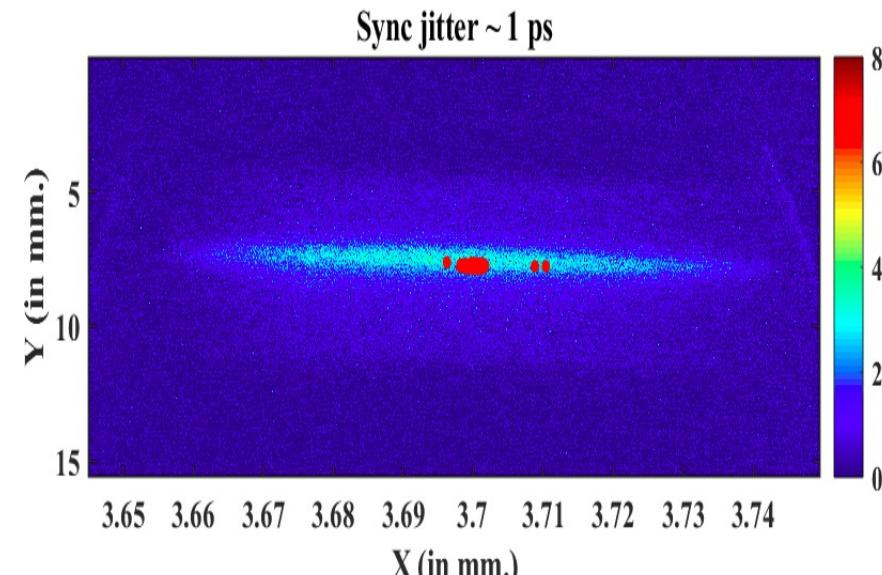
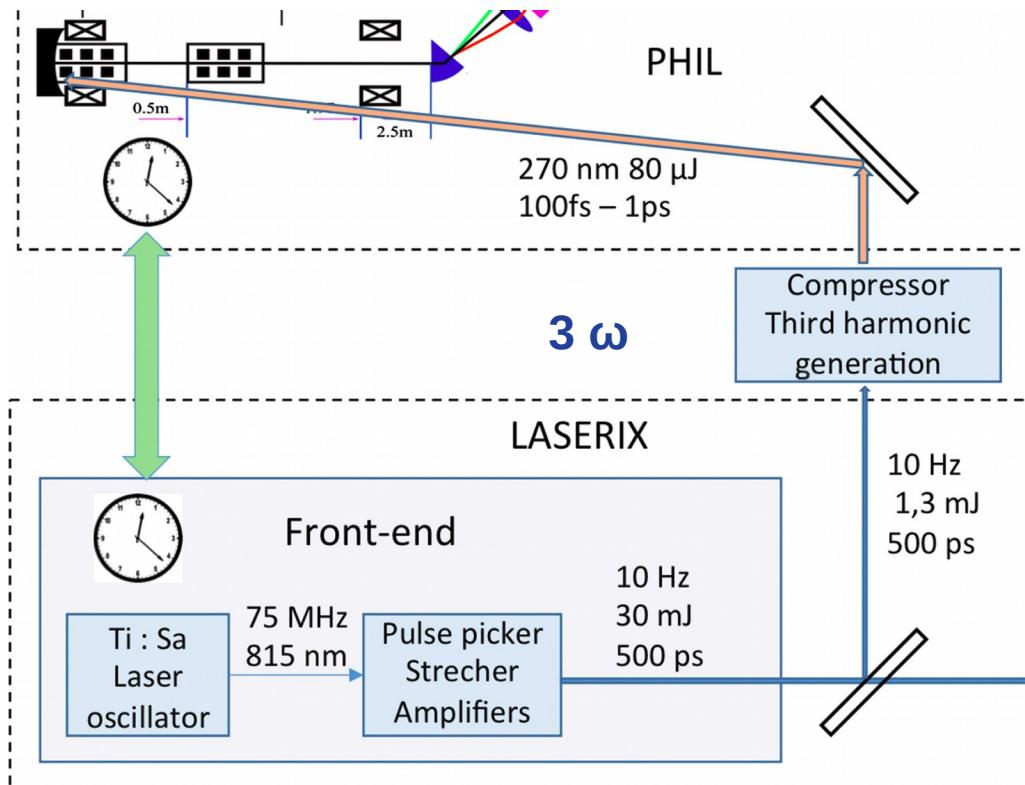
- ⇒ Modulation du spectre (Dazzler),
- ⇒ Génération de trains d'impulsions





PHIL

LASERIX

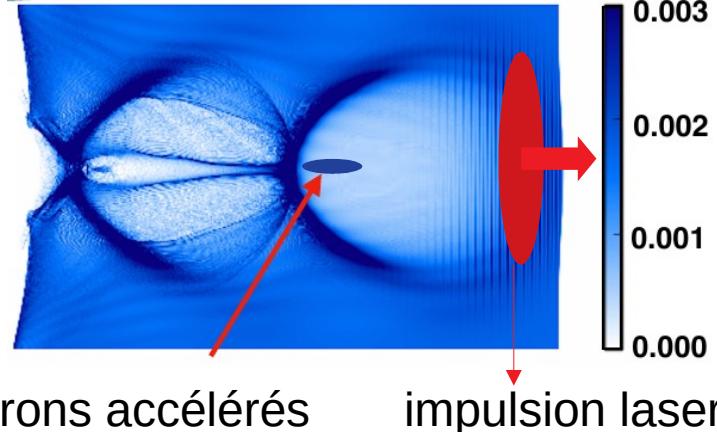


Vincent Chaumat, Pierre Lepercq, Sophie Chancé, Harsch Purwar, Ke Wang,
Christelle Bruni, Nourredine El Kamshi, Guler Hayg, Victor Soskov, Nicolas Delerue

Projet PALLAS

Accélération de particules dans le sillage plasma (LWFA) objectif 200MeV sur quelques mm.

K.Cassou, B. Lucas, P.
 Drobniak, S. Kazamias, S.
 Chancé, C. Bruni, C. Guyot, A.
 Gonin, D. Douillet, G.
 Iaquaniellot,



cellule plasma

Projet DELLIGHT

Optique non linéaire...dans le vide !

Objectif : déflexion de la lumière par la lumière (effet de QED)

X. Sarazin, M. Mailliet, S. Robertson, F. Couchot, A. Kraych, M. Urban

$$n = 1 + n_{QED} I$$

S. Robertson et al. , PHYSICAL REVIEW A 103, 023524 (2021)

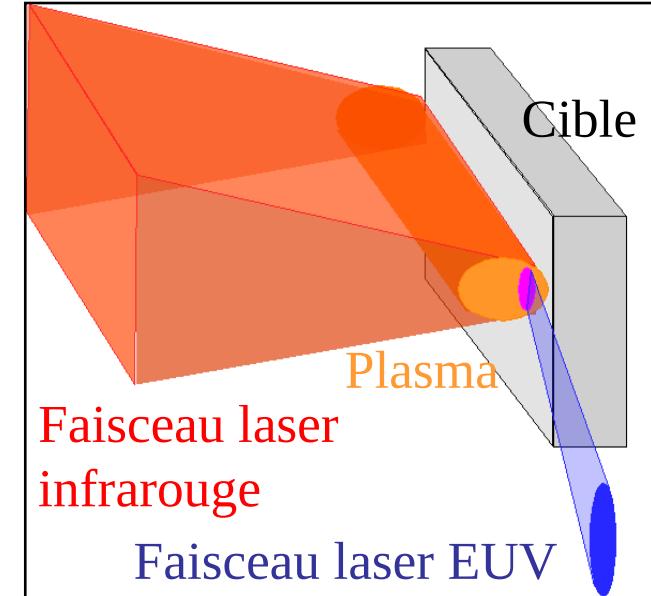
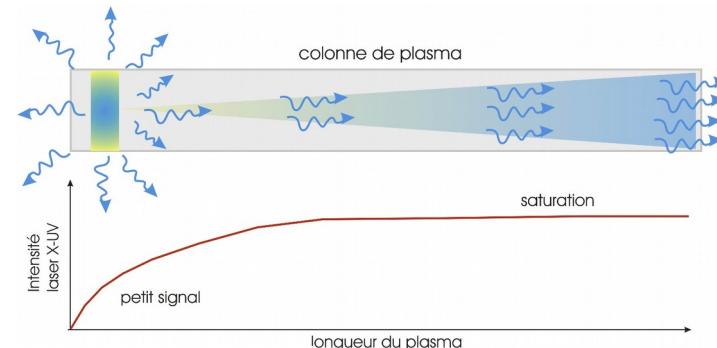
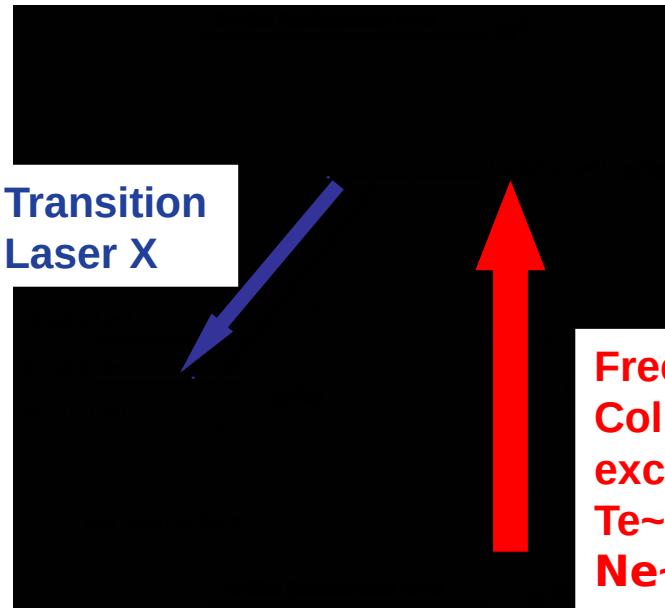
Laboratoire
des 2 Infinis:

Laser EUV à plasma

Inversion de population entre niveaux d'ions très chargés (ex : Ti 14+)

Densité + haut degré d'ionisation \Rightarrow plasma chaud et dense

1 μ J – 1 à 4ps - 13.9nm – 32.6nm



Un peu d'histoire

Mesure interférométrique de la déformation du niobium sous champ électrique avec un laser EUV à plasma (G. Jamelot et al., J. of Applied Physics, 2005) !!!

A l'époque, 1 tir toute les 20 minutes ! 2 semaines de temps de faisceau (LULI)!
 Pas d'injection d'harmonique : faisceau non polarisé, très divergent, faiblement cohérent...

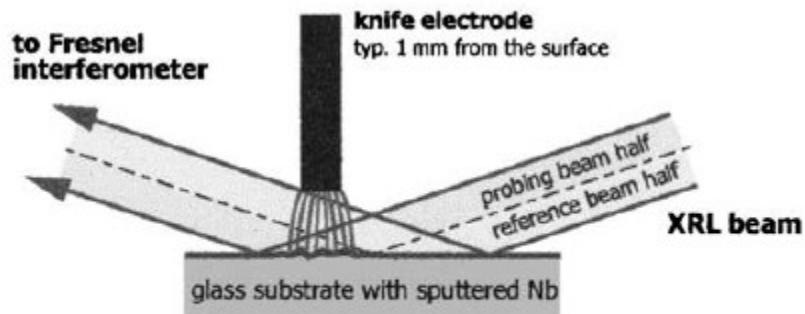
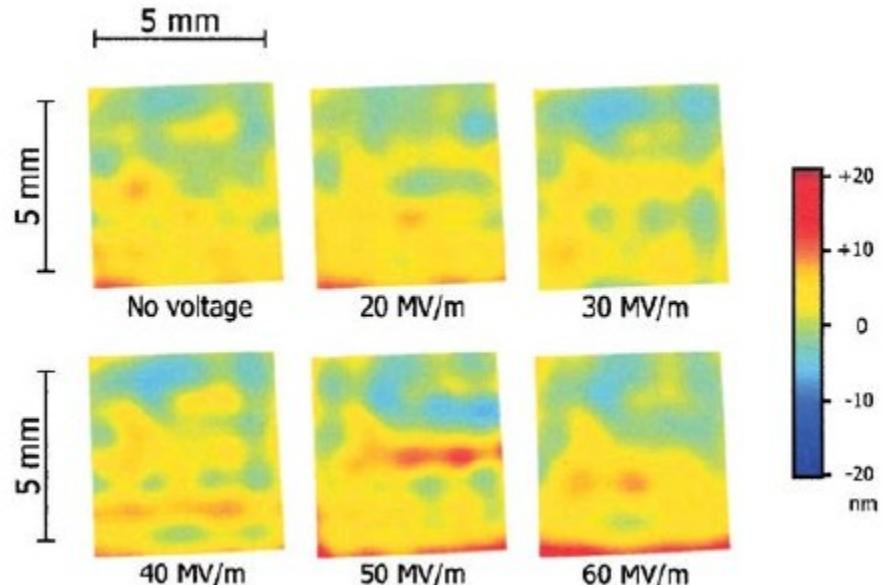


FIG. 2. Schematic of the niobium-coated flat substrate and an iron knife electrode system, showing the principle of the probing technique (not to scale).



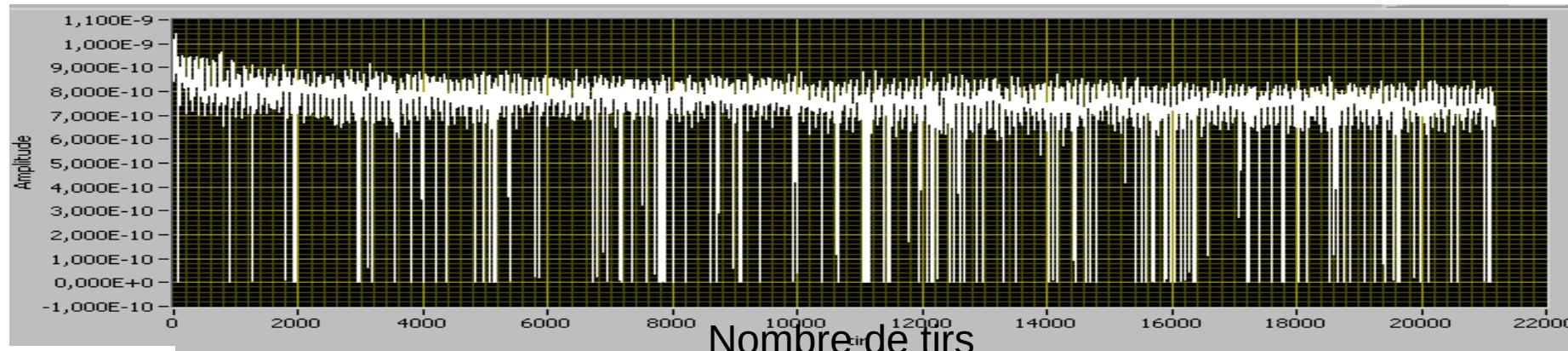
Laser EUV à 10 Hz

IRRADIATION DE PLASMIDES D'ADN

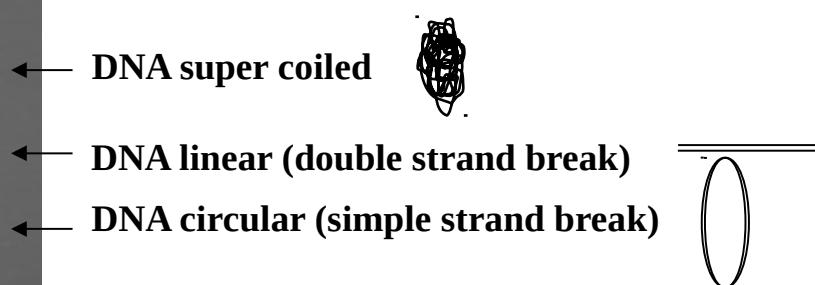
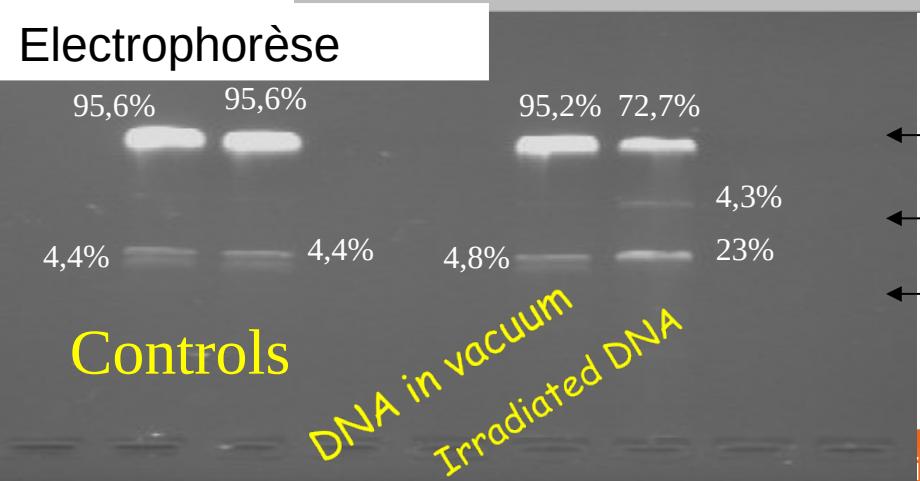
Collaboration ISMO (S. Lacombe, E. Porcel)

Accumulation de dose sur un échantillon ⇒ Fonctionnement à 10Hz + renouvellement auto de la cible

Signal laser EUV
(photocourant
sur miroir de foc)

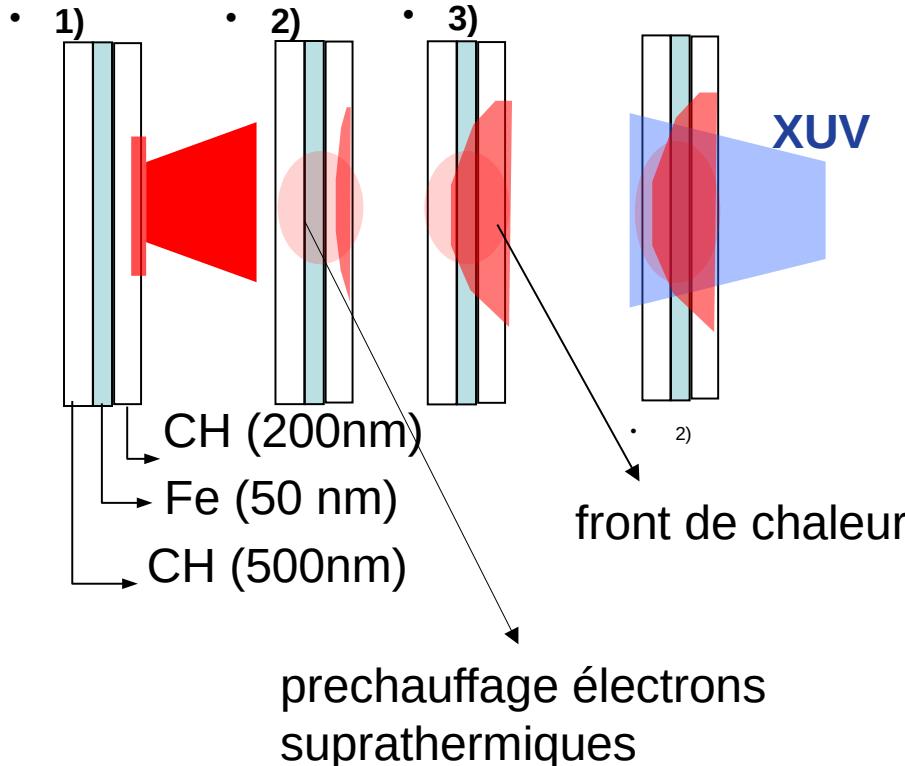


Electrophorèse



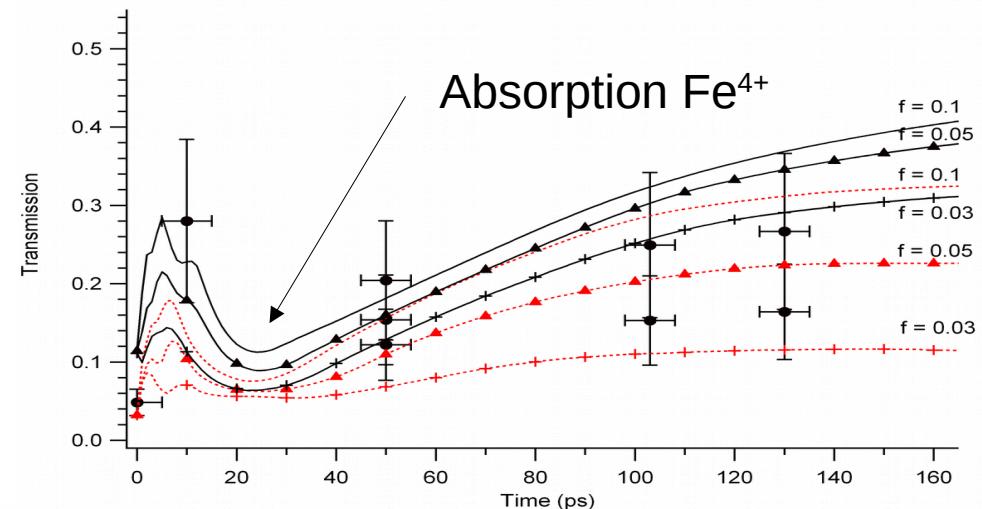
Transport de chaleur dans un plasma dense

Coll . Univ. York, G. Tallents, A. Rossall, M Shahzad, L. Wilson ;
 IST: M. Fajardo, G. Williams



L. Wilson et al., Phys Rev E (2012)

EUV transmission

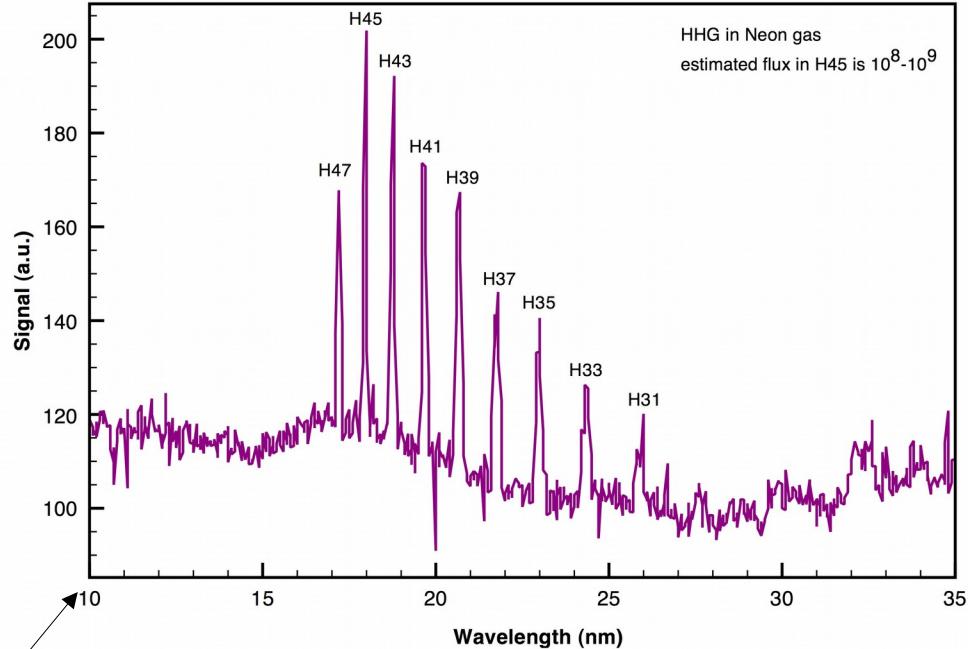
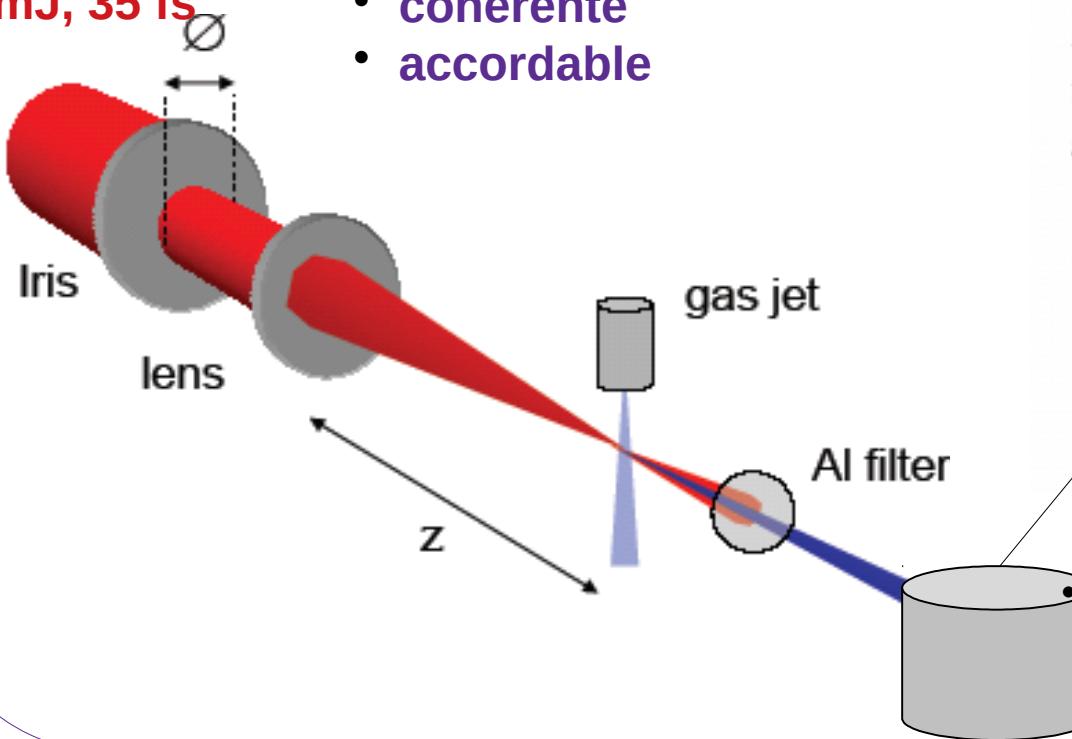


Laboratoire
des 2

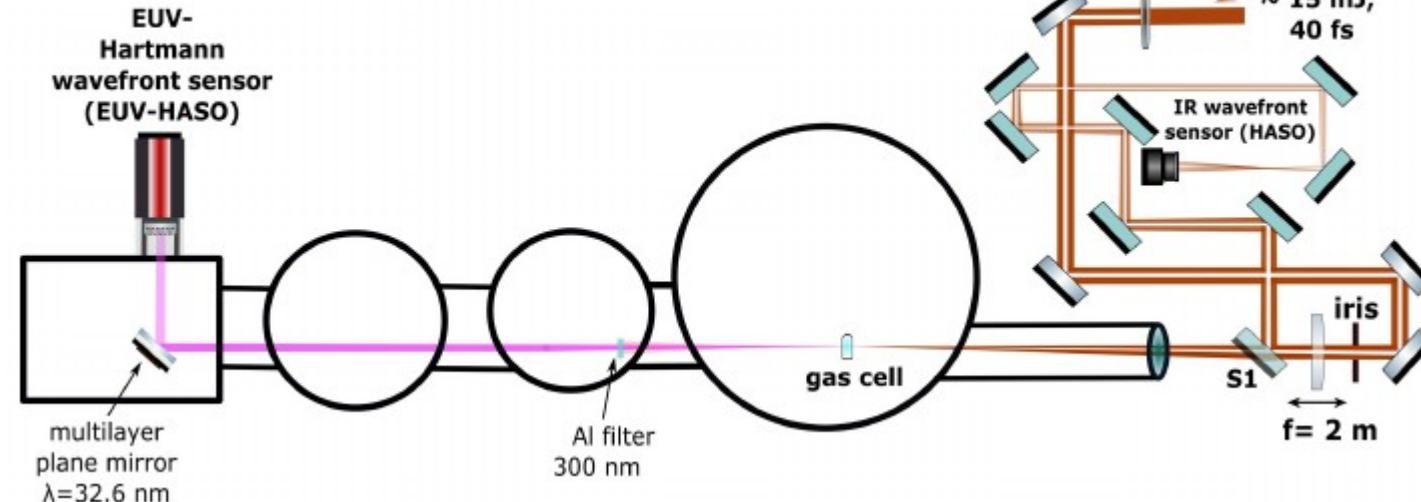
Harmoniques laser d'ordre élevé :

- femtoseconde
- polarisée linéairement
- cohérente
- accordable

20mJ, 35 fs



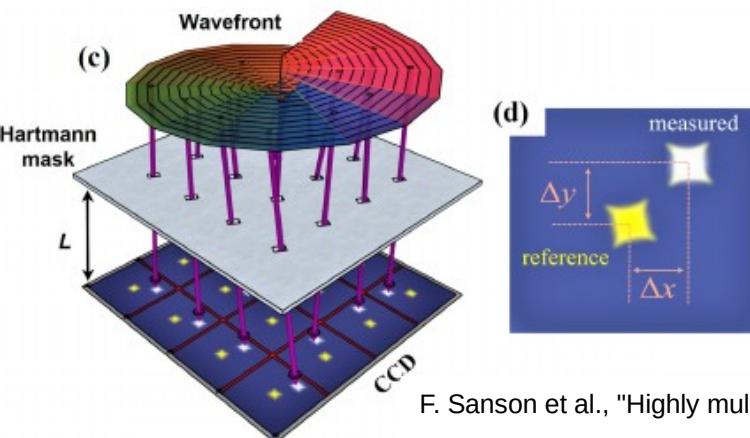
Contrôle du front d'onde XUV



Thèse Fabrice Sanson (2020)
Thèse Alok-Kumar Pandey (2022)

imagineoptic

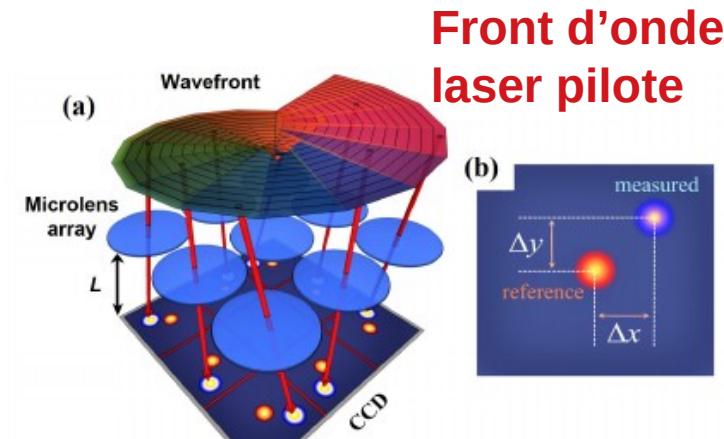
Front d'onde EUV



harmoniques
d'ordre élevée



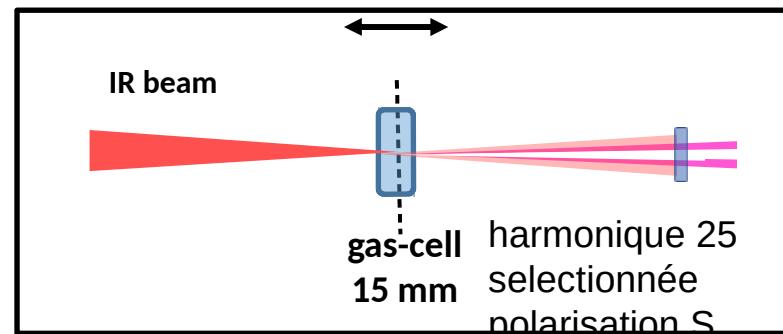
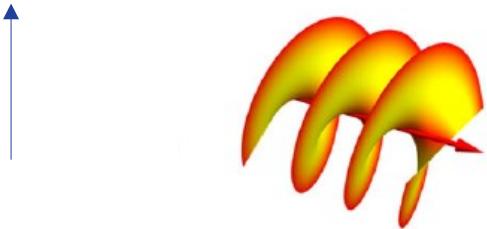
F. Sanson et al., "Highly multimodal structure of high topological charge extreme ultraviolet vortex beams", Optics Letters, Vol. 45, pp. 4790-4793 (2020)



Front d'onde laser pilote

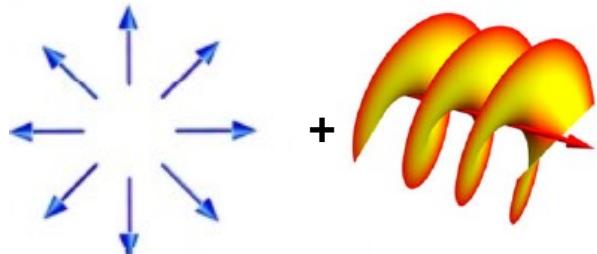
Polarisation verticale

Vortex
 $I_1=4$



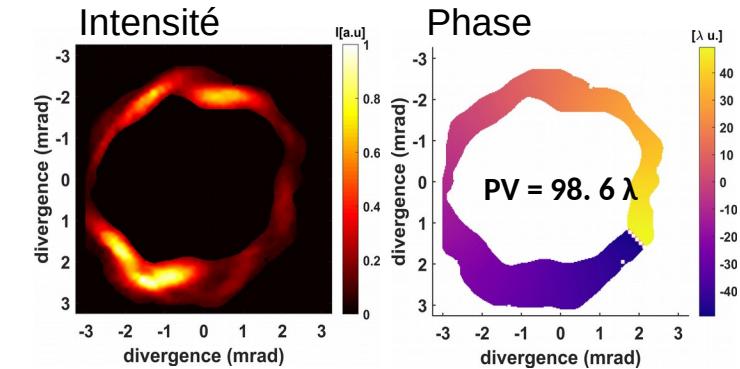
Polarisation radiale

Vortex

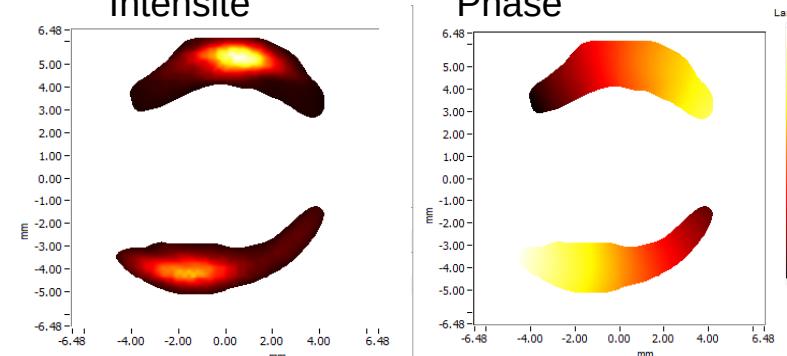


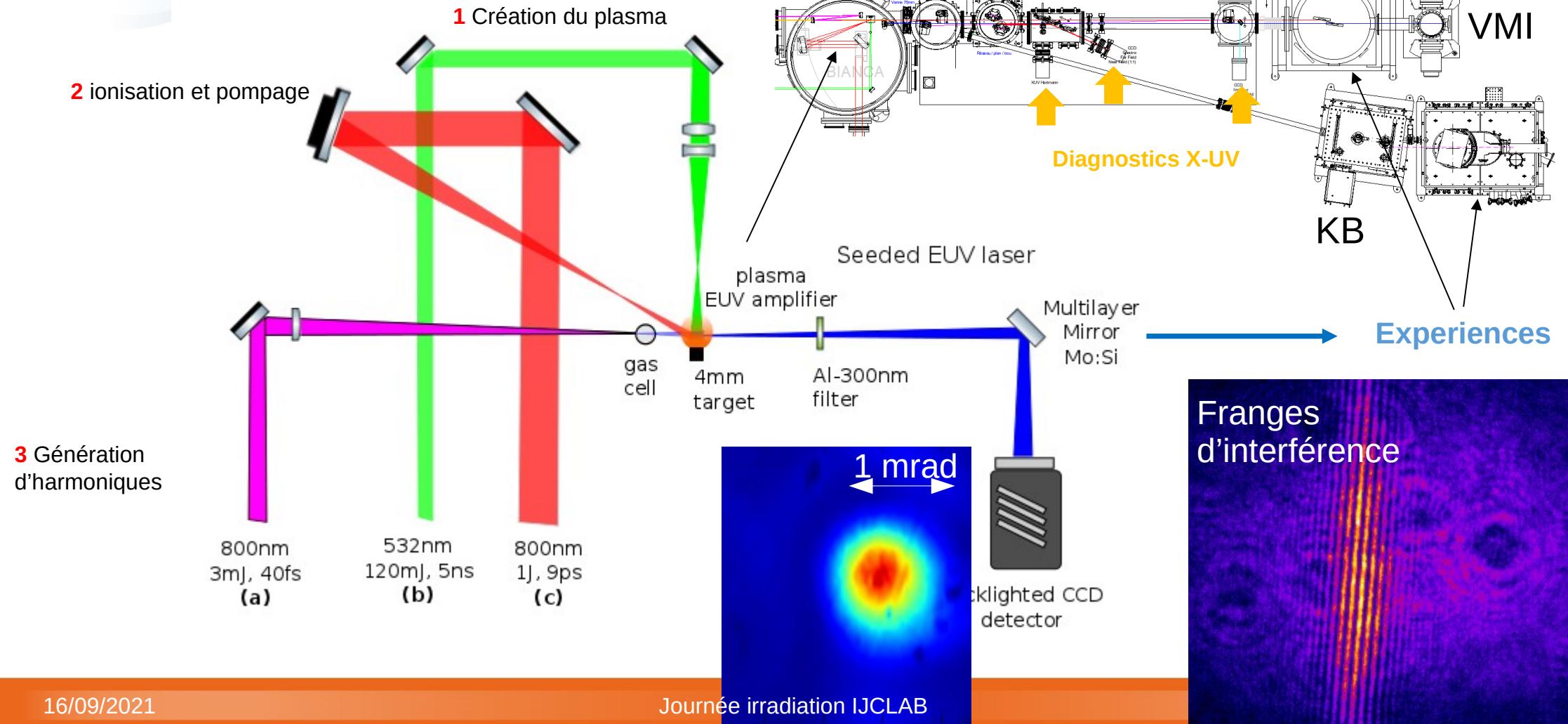
=Vecteur-
Vortex

Vortex $I_{25}=100$



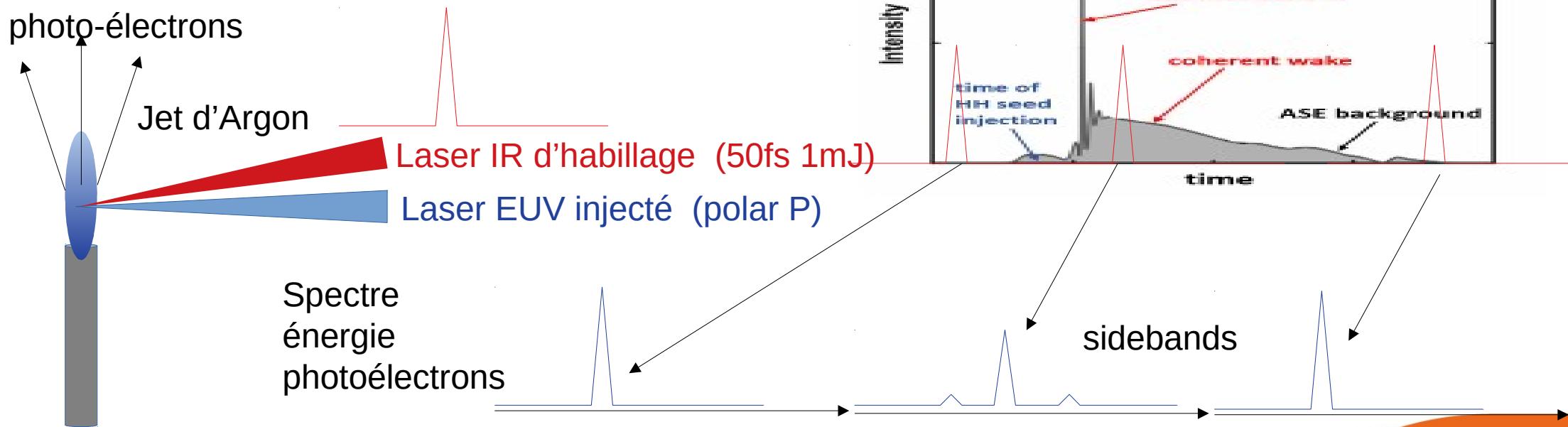
Vecteur-Vortex EUV
Intensité





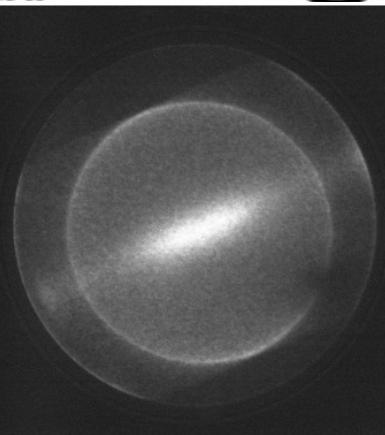
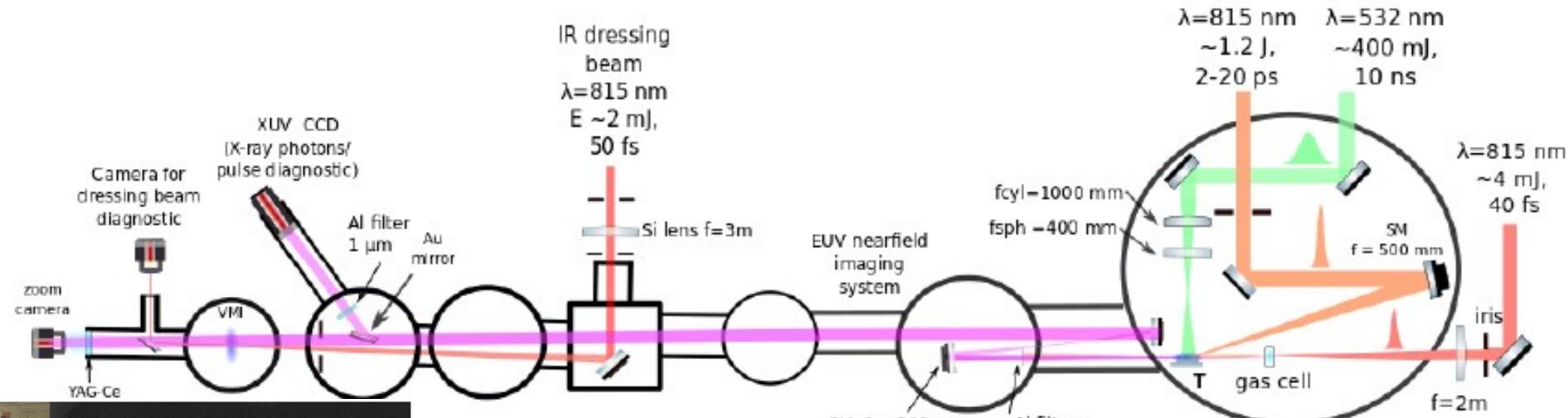
Développement de diagnostics temporels innovants : Cross-corrélation IR – XUV

Collaboration ISMO (CNRS-UP SAY) : A. Klisnick, L. Dakroub, T. Sinyakova, D. Cubaynes



Développement de diagnostics temporels innovants : Cross-corrélation IR – XUV

Collaboration ISMO (CNRS-UP SAY) : A. Klisnick, L. Dakroub, T. Sinyakova, D. Cubaynes



Plateforme LASERIX

- Expériences pompe-sondes fs sur une large plage de longueurs d'onde
- Synchronisation sur un oscillateur externe (signal RF)
- 2 Sources EUV utilisables en conjonction ou en synergie

Grande flexibilité grâce :

- ⇒ aux propriétés des lasers femtosecondes intenses
- ⇒ à son équipe
- ⇒ aux utilisateurs/collaborateurs fidèles mais exigeants, qui nous poussent à progresser !

Perspectives

**Evolution de la ligne EUV: Laser EUV injecté...
...par un faisceau vecteur-vortex ⇒ démonstration de principe OK , en cours de publication
...puis focalisé sur 2µm par une optique Kirkpatrick-Baez ⇒ en cours de montage**

**Accélération de particules par interaction laser-plasma (projet PALLAS)
⇒ électrons, (betatron ?)**

Test QED (projet Delight) ⇒ stabilisation active du pointé des faisceaux

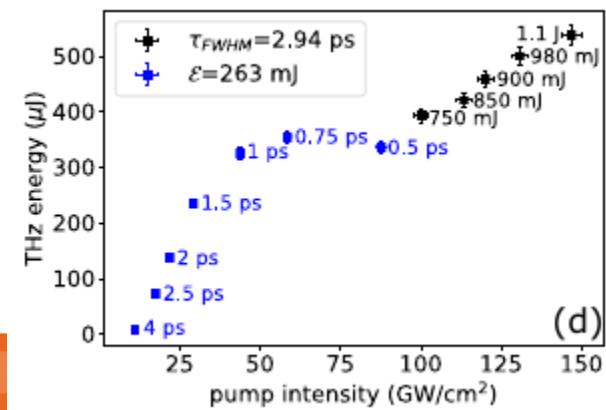
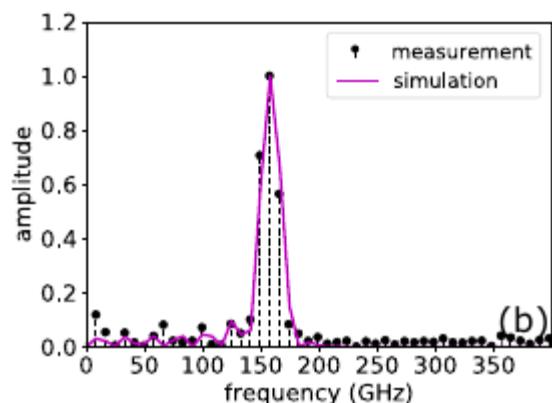
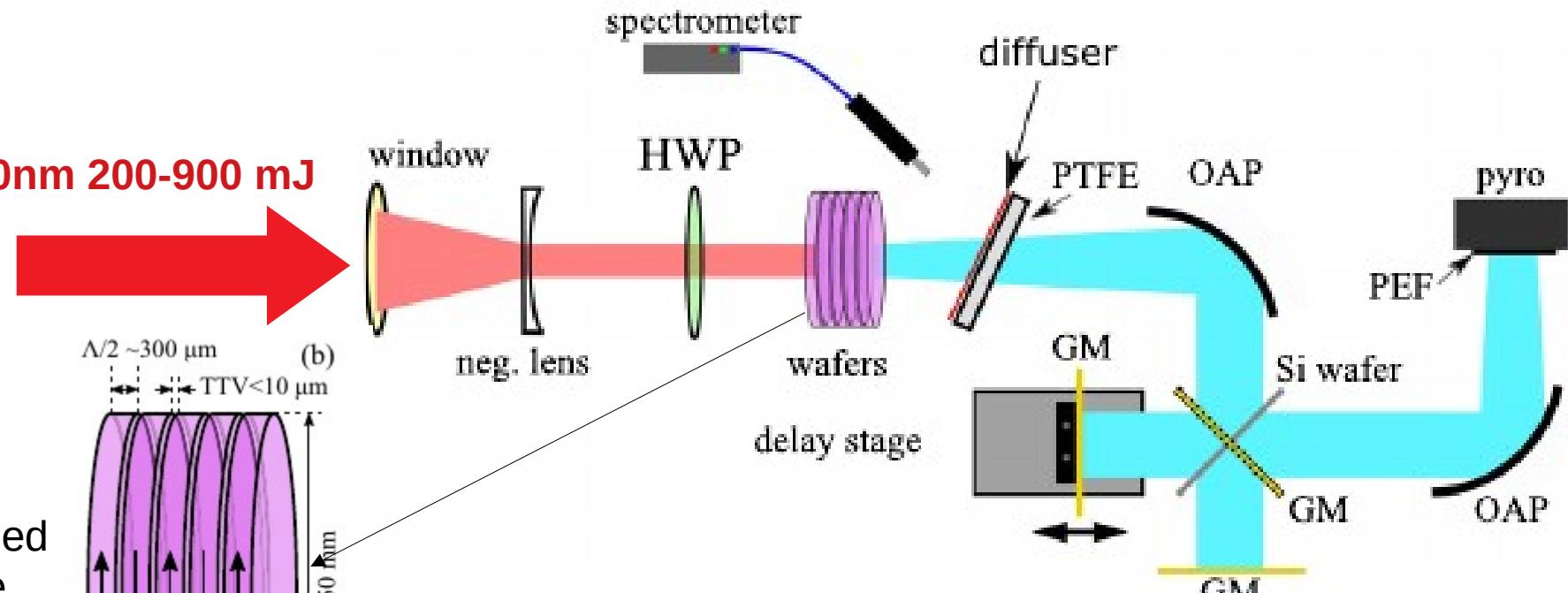
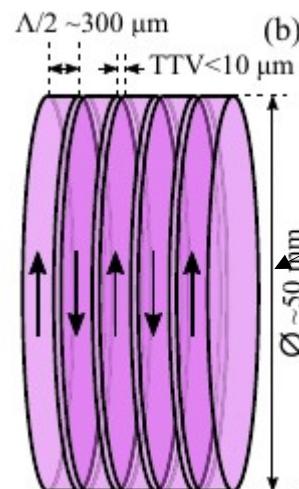


MERCI !

Attention, placement de produit
www.master-gi-plato.fr

Laboratoire de Physique
des 2 Infinis

Laser pilote : 800nm 200-900 mJ
0,5 ps- 4ps



F. Lemery et al., COMMUNICATIONS
PHYSICS (2020)