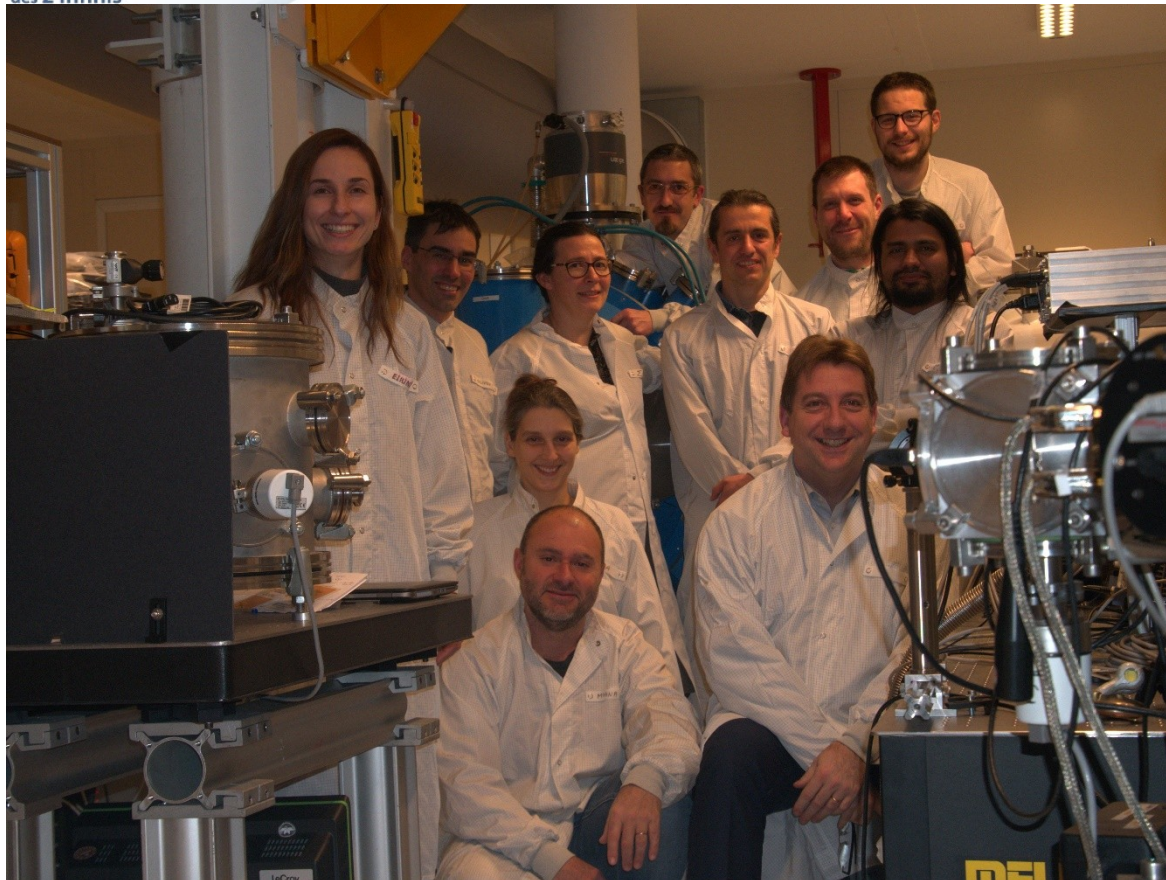


Irradiation avec des photons :

la plateforme LASERIX

E. Baynard ⁽¹⁾, **J. Demailly** ⁽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 – P le Accélérateur*
- 3) *Equipe ONLINE – P le 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

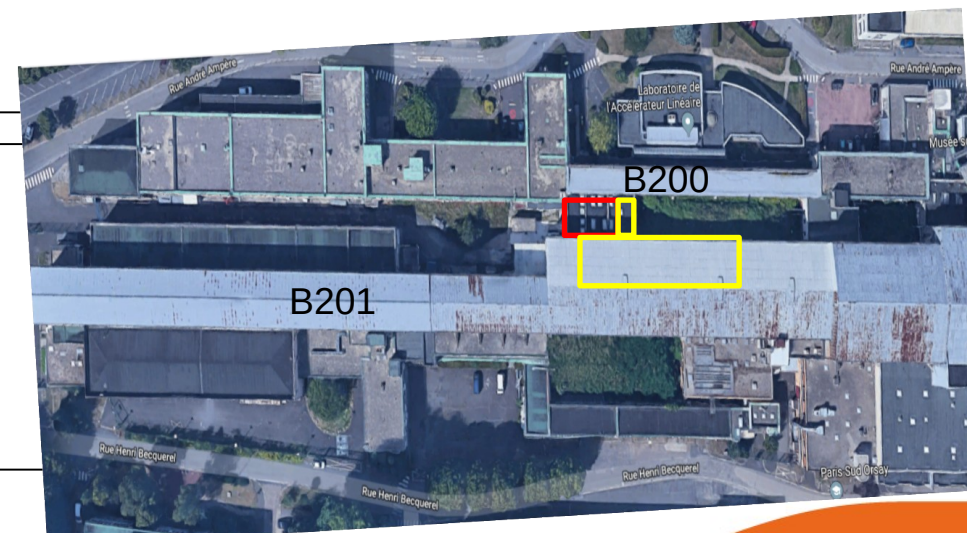
FINANCEMENT

CPER (2000-2006) : Projet CPER 2000 POLA-LASERIX) : 3.5 M€

Soutiens récurrents (2011 - 2019) : 140 k€/an (UPSud -MRM-)

Projets (depuis 2005) : > 100 k€/an

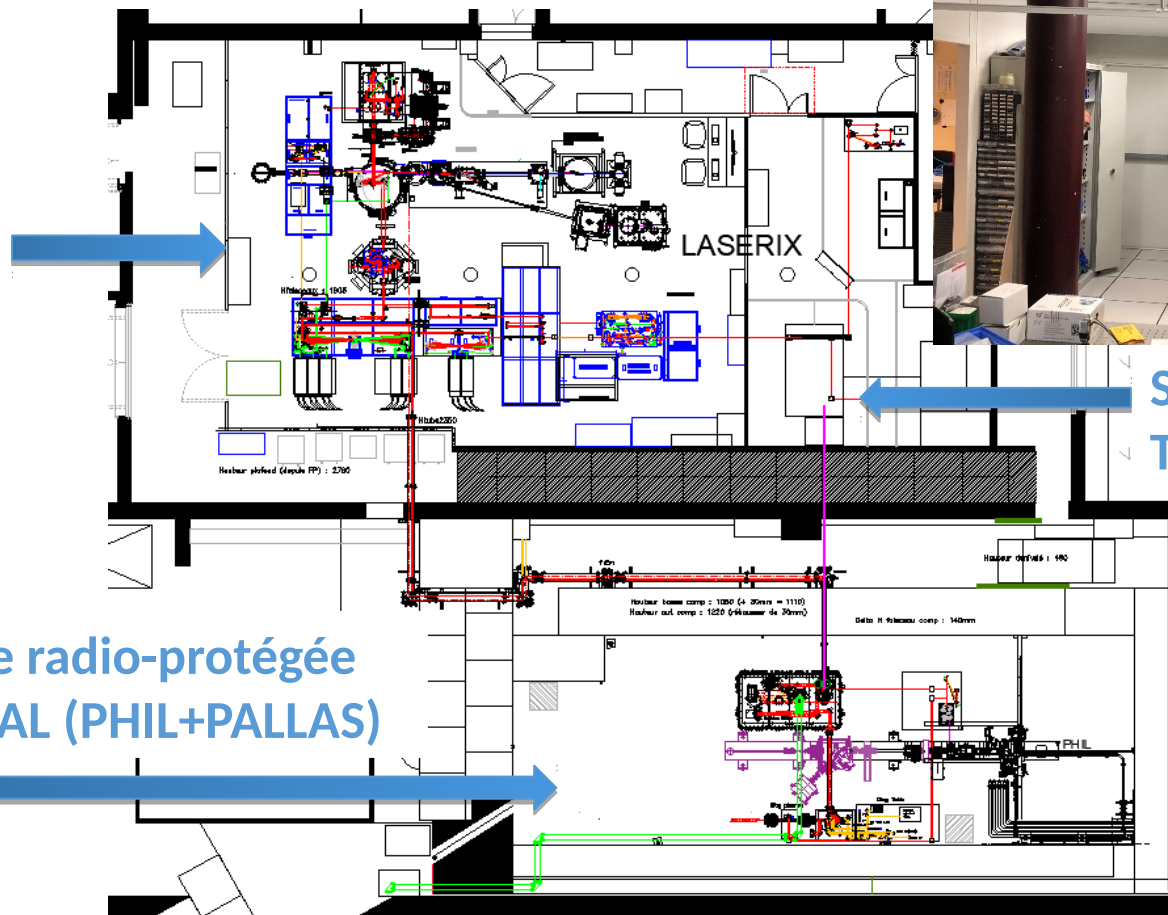
Accueil (2013 - 2019) : Laserlab 3 puis 4 - non renouvelé en 2020



(*) 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)



LASER PILOTE : Une chaîne laser CPA Ultra-intense

Titane Saphir 800nm

Ultra-Intense ?

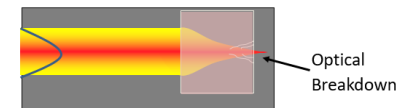
Intensité laser (éclairage) : $[I] = \text{J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

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

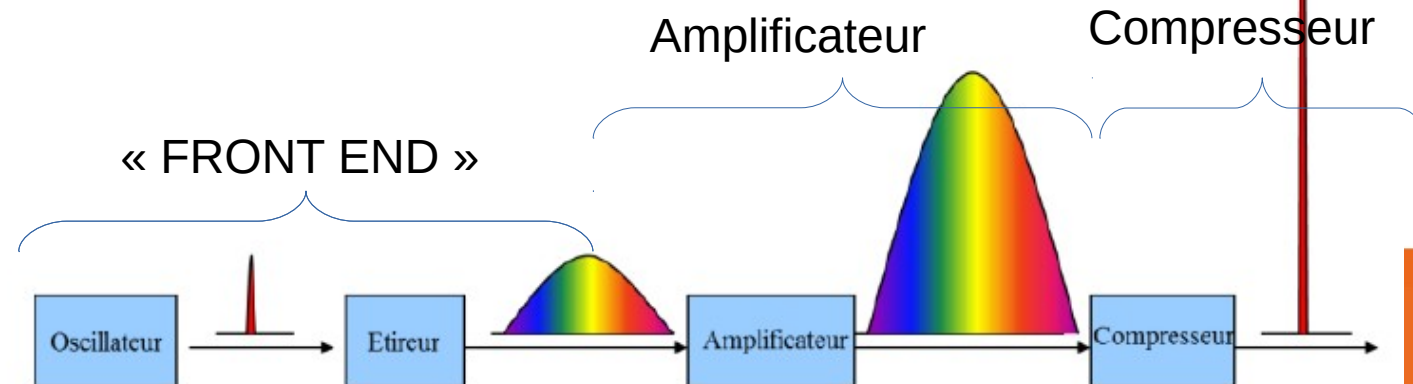
Champs... Electrique : $E = \sqrt{\frac{2}{c\epsilon_0}} I \Rightarrow$ env. 1GV/m // // // Magnétique : $B = \frac{E}{c} \Rightarrow$ 0.3 GG

Chaîne CPA ?... Amplification à dérive de fréquence

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

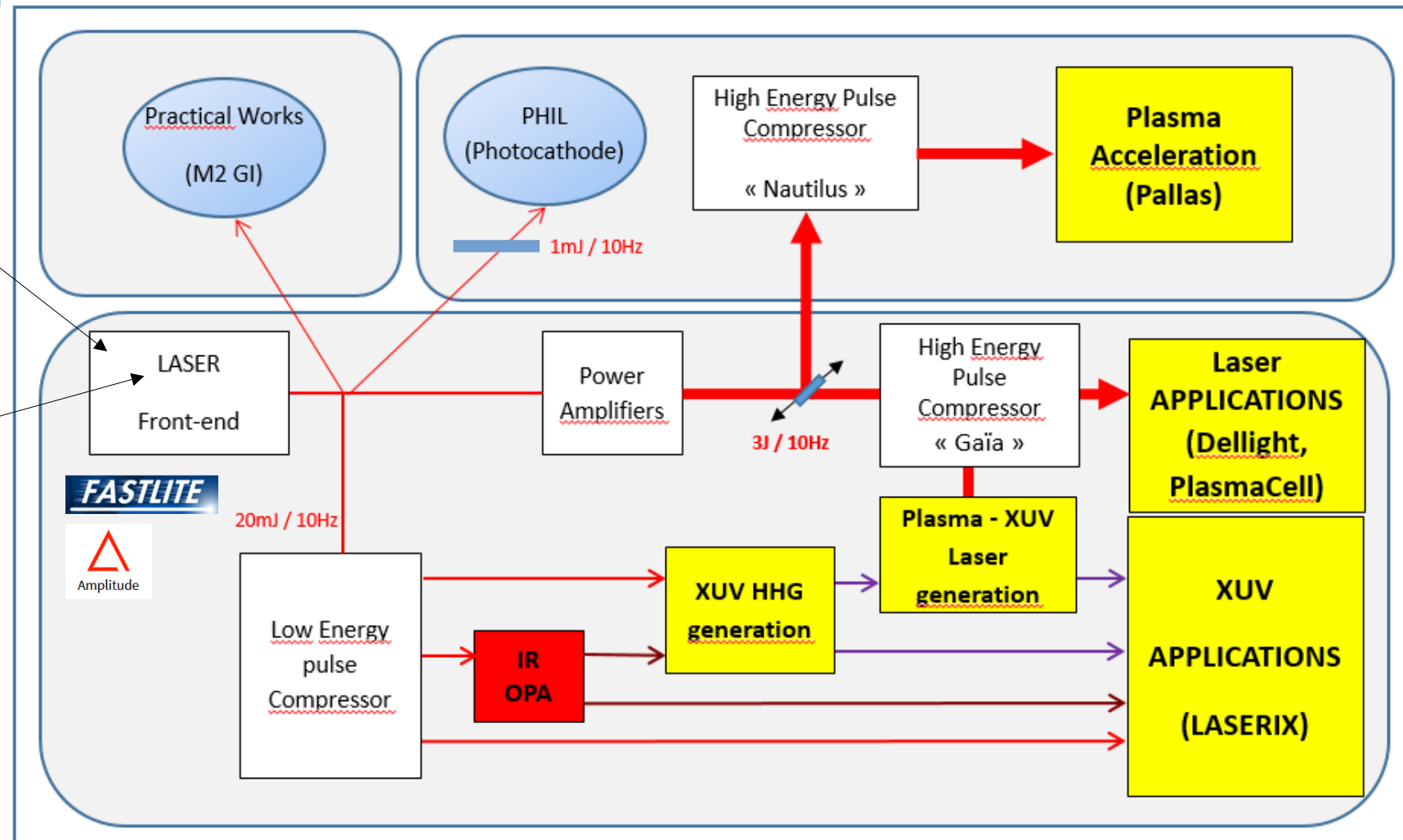


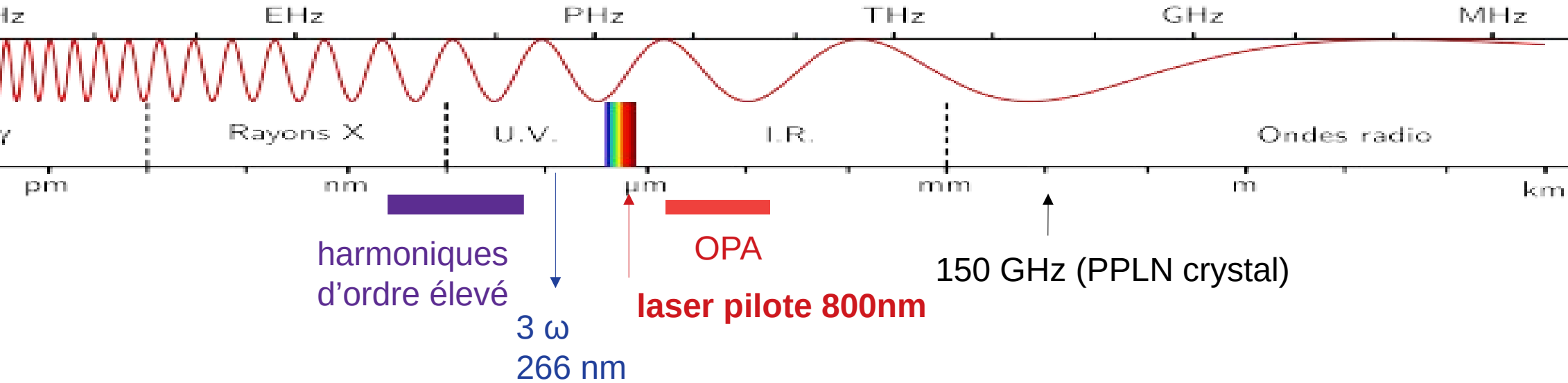
Technique pour limiter l'intensité au cours de l'amplification :
allonger la durée des impulsions

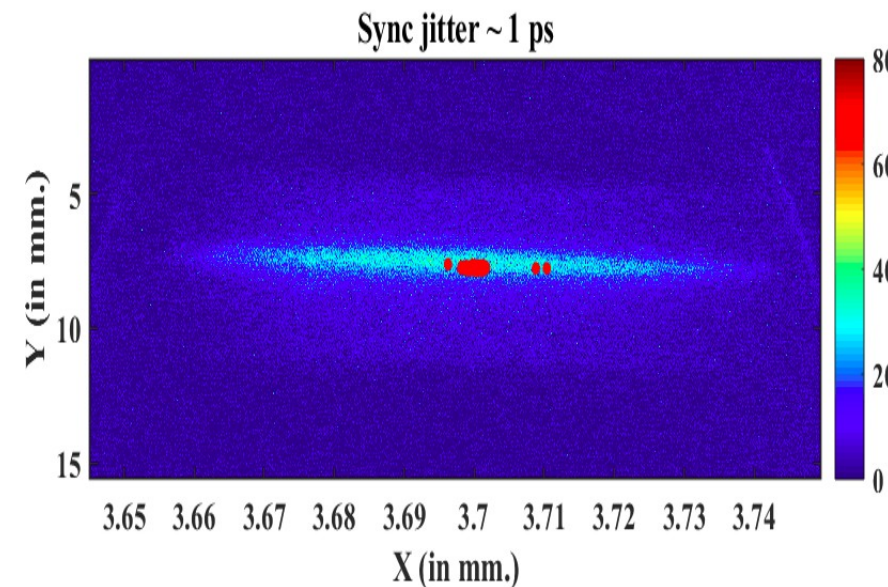
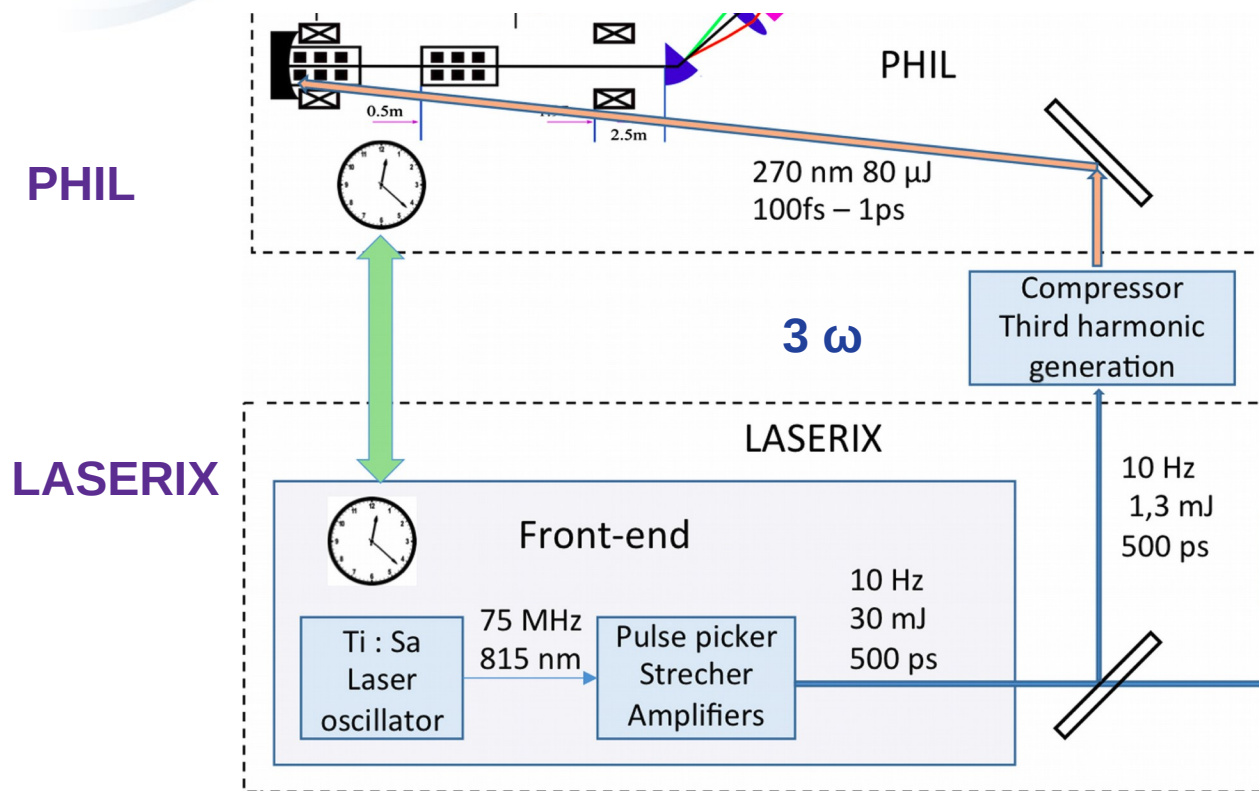


Oscillateur :
75MHz pilotable

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







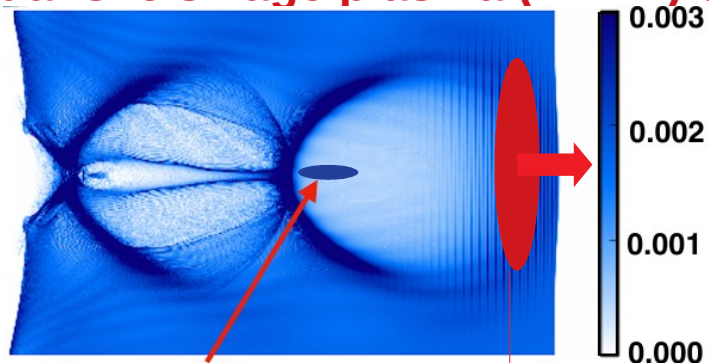
Spectre électrons PHIL

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

Projet PALLAS

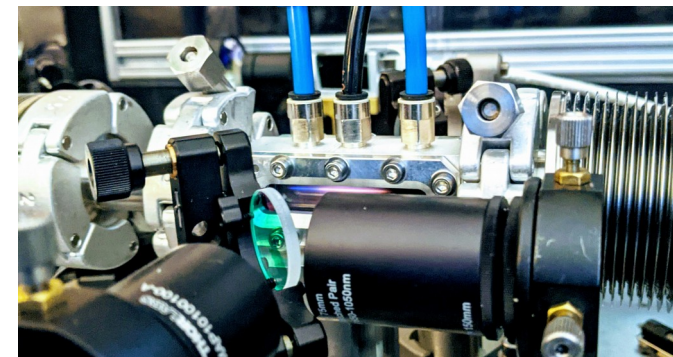
Accélération de particules dans le sillage plasma (LWFA) objectif 200MeV sur quelques mm.

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



electrons accélérés

impulsion laser



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)

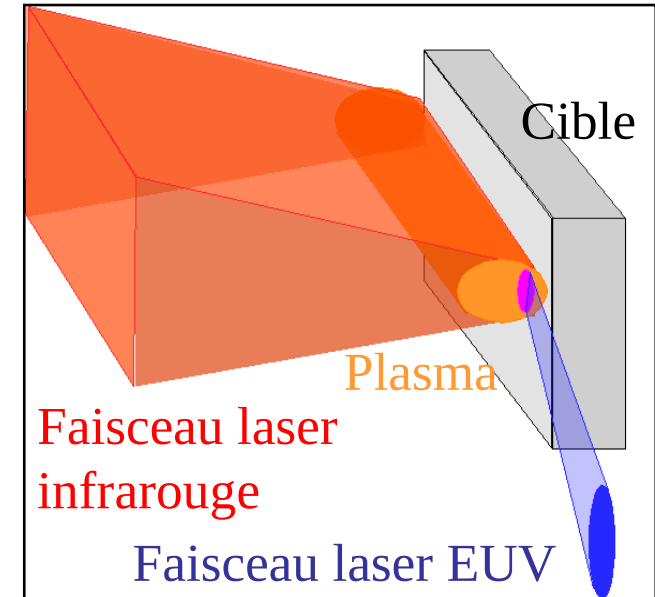
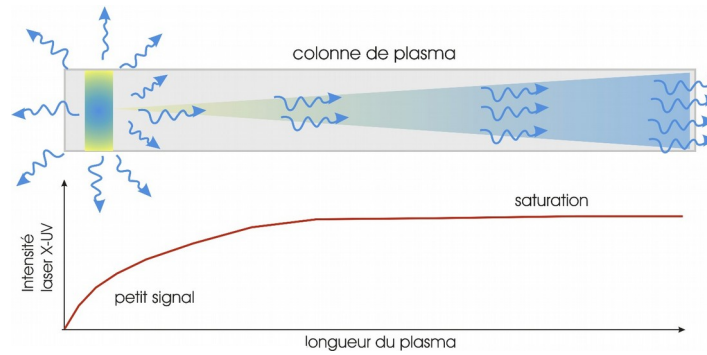
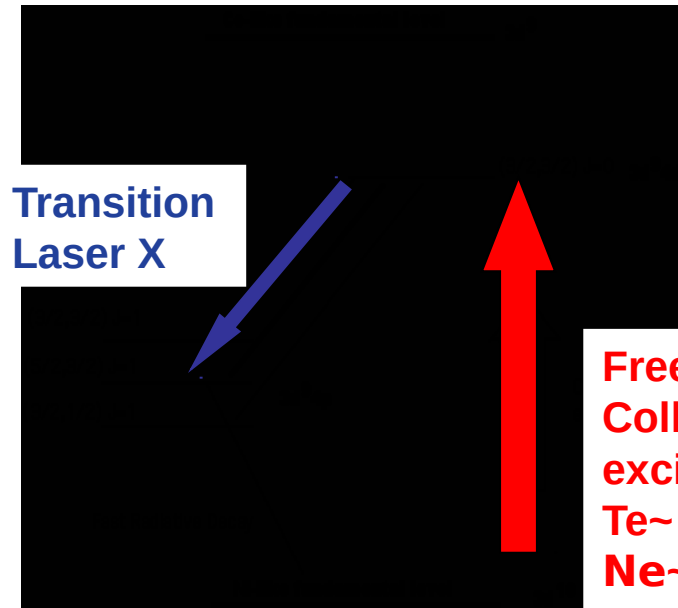
Laboratoire
des 2 Infinis:

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



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...

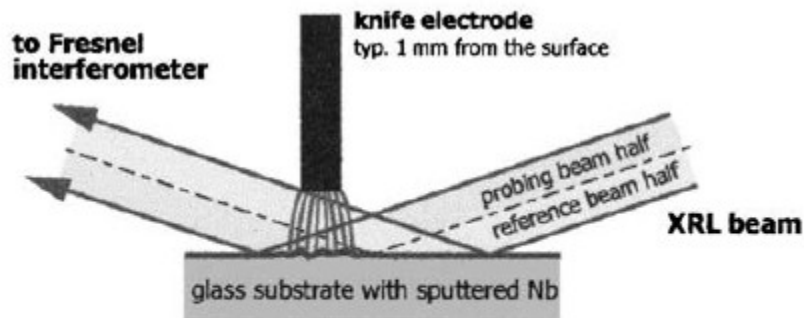
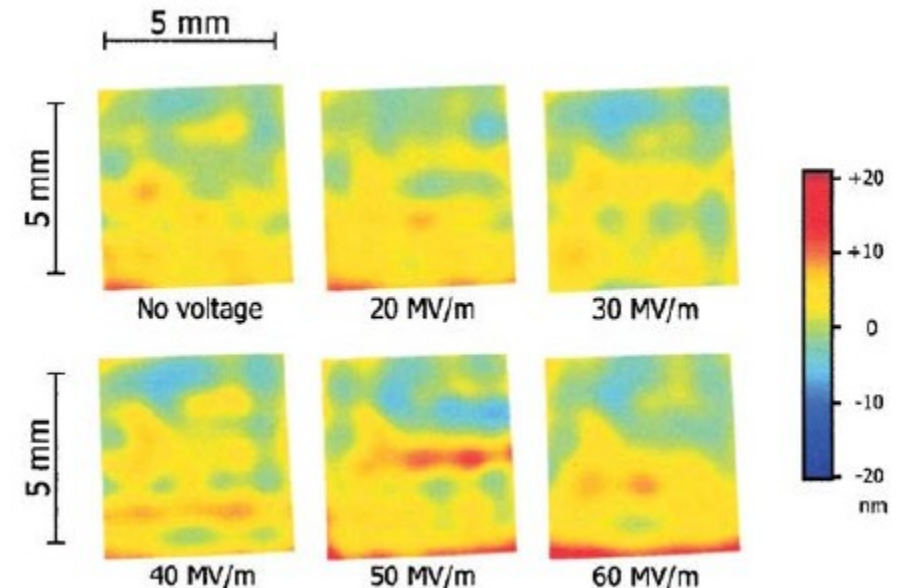


FIG. 2. Schematic of the niobium-coated flat substrate and an iron knife electrode system, showing the principle of the probing technique (not to scale).



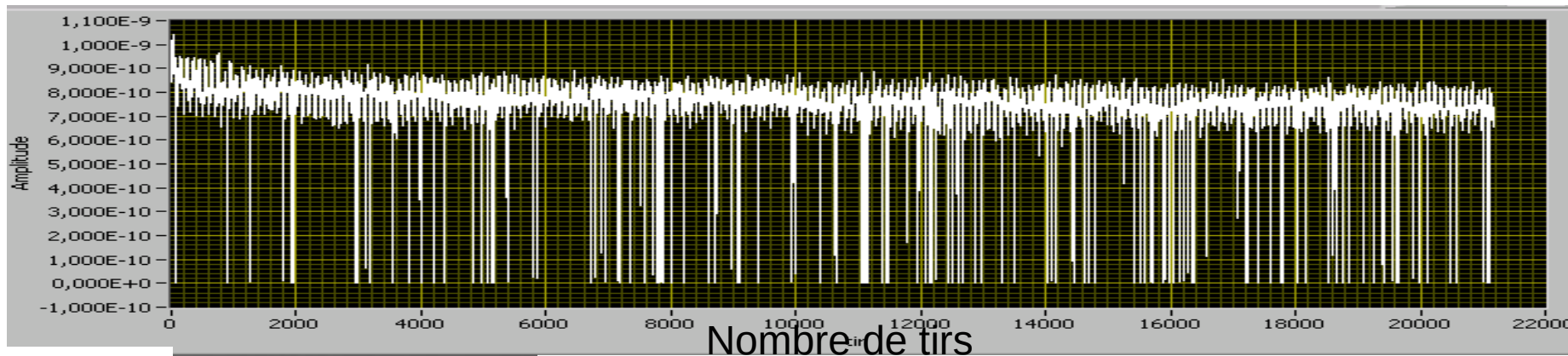
Laser EUV à 10 Hz

IRRADIATION DE PLASMIDES D'ADN

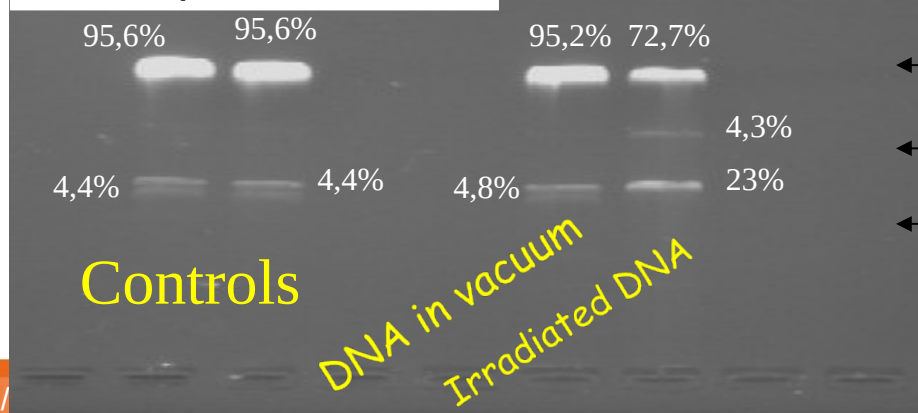
Collaboration ISMO (S. Lacombes, E. Porcel)

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

Signal laser EUV
(photocourant
sur miroir de foc)



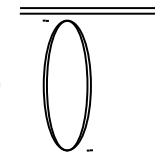
Electrophorèse



← DNA super coiled



← DNA linear (double strand break)

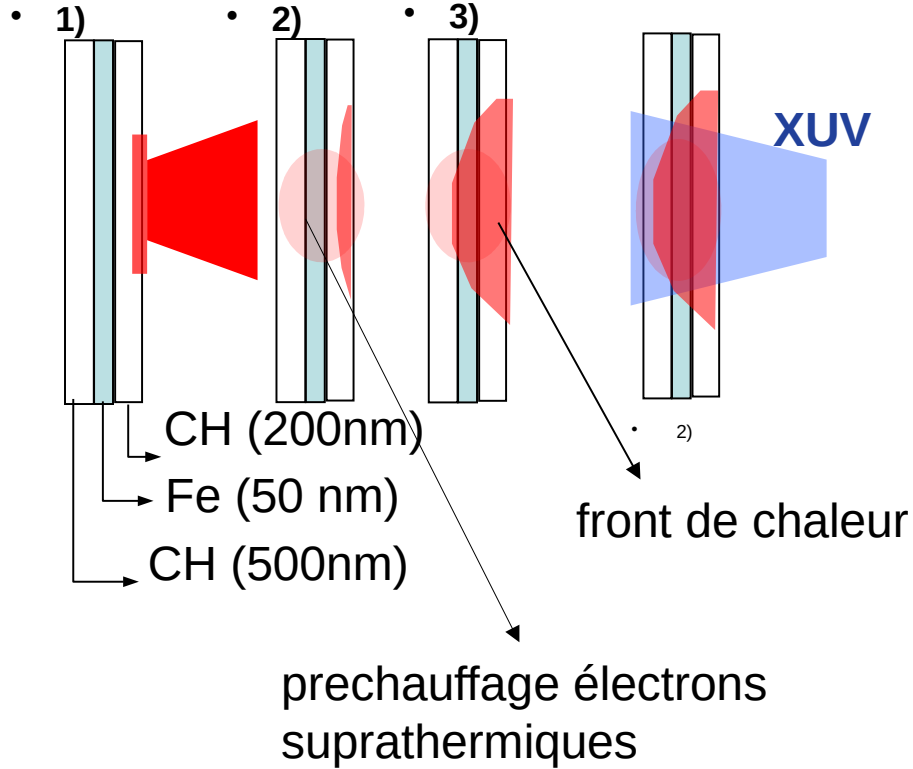


← DNA circular (simple strand break)



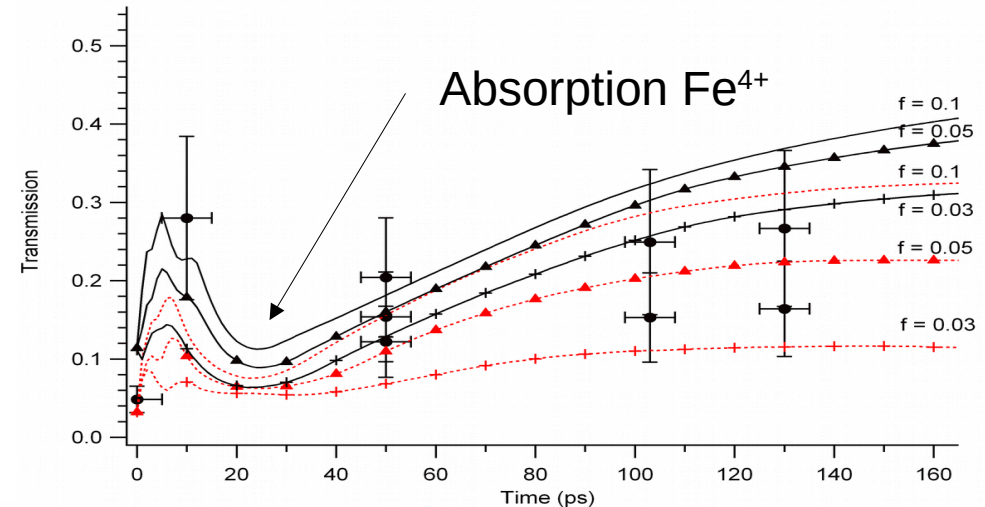
Transport de chaleur dans un plasma dense

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



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

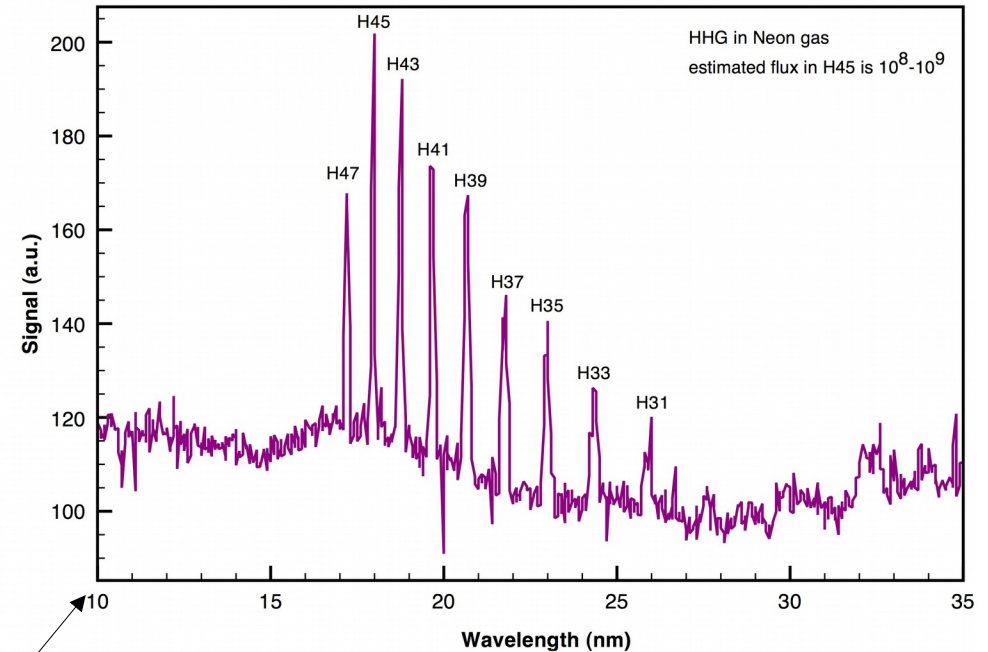
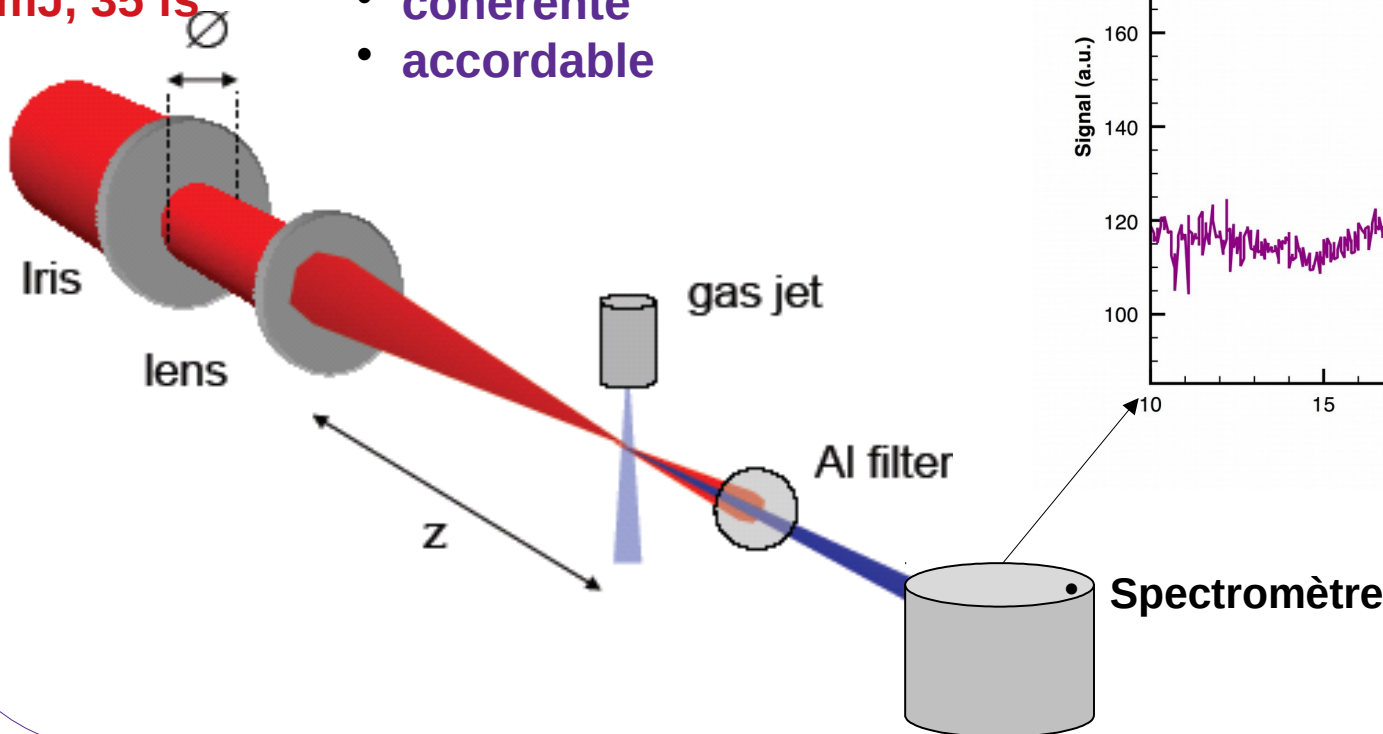
EUV transmission



Harmoniques laser d'ordre élevé :

- femtoseconde
- polarisée linéairement
- cohérente
- accordable

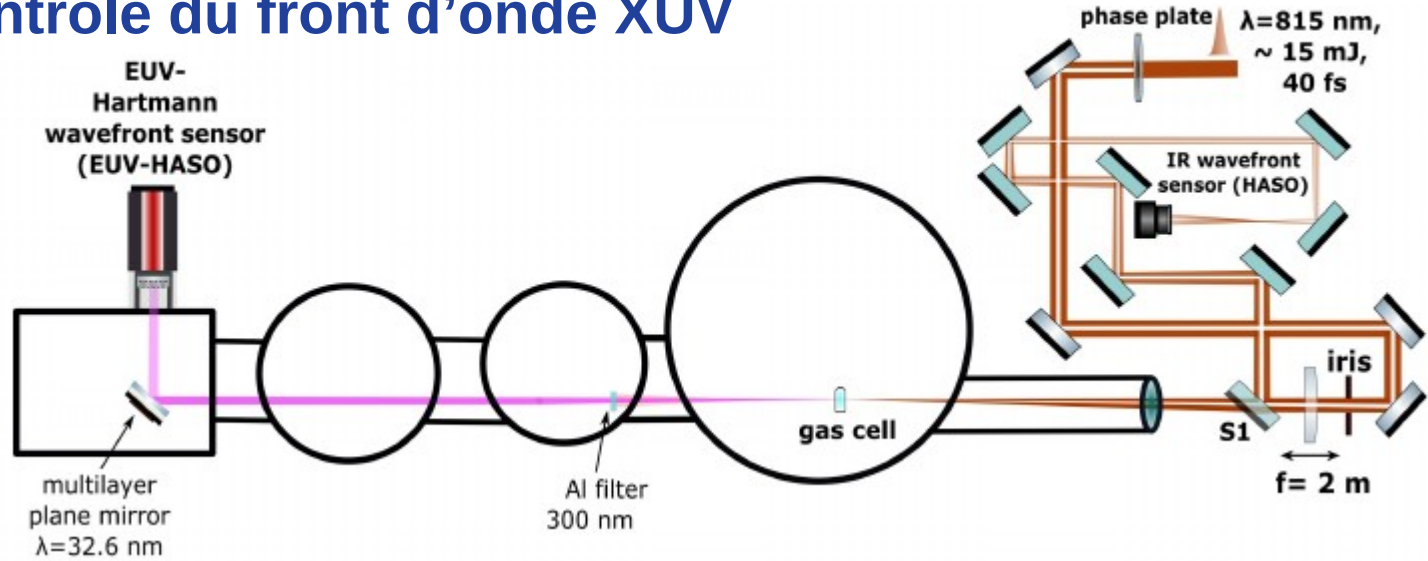
• 20mJ, 35 fs



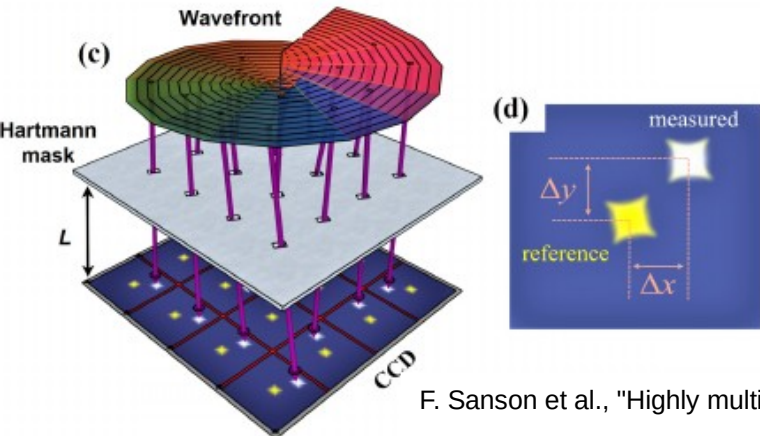
Contrôle du front d'onde XUV

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

imagine  optic



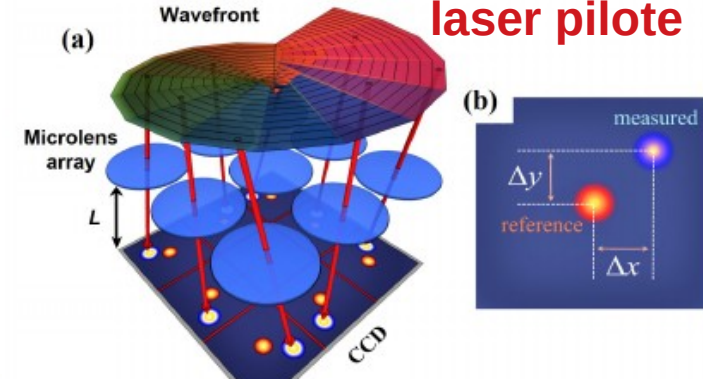
Front d'onde EUV



harmoniques d'ordre élevée



Front d'onde laser pilote

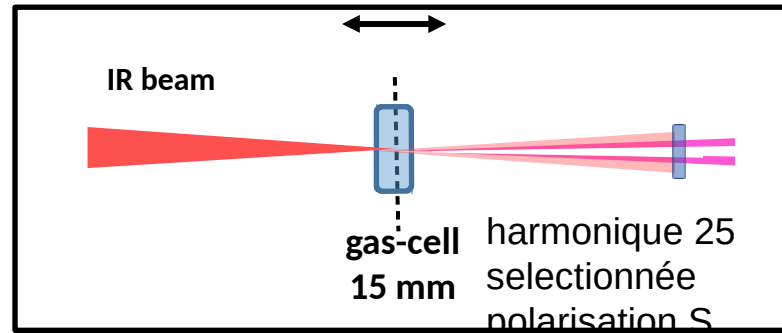
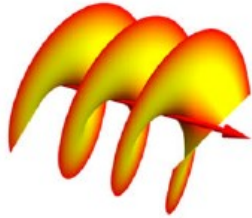


Faisceaux X-UV vortex, vecteurs et vecteur-vortex

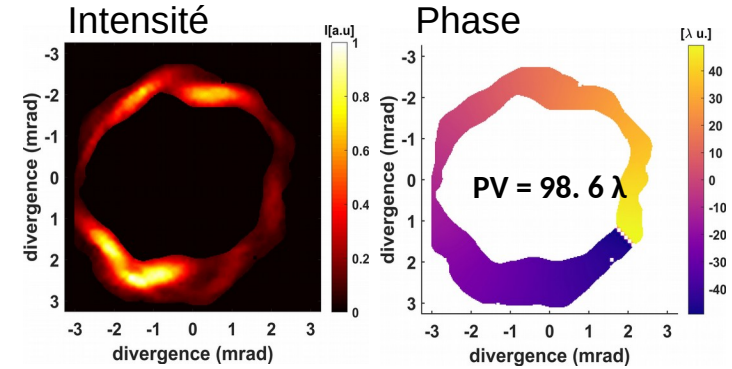
Polarisation verticale



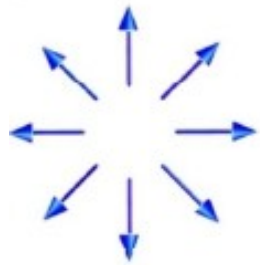
Vortex $l_1=4$



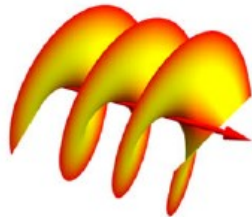
Vortex $l_{25}=100$



Polarisation radiale

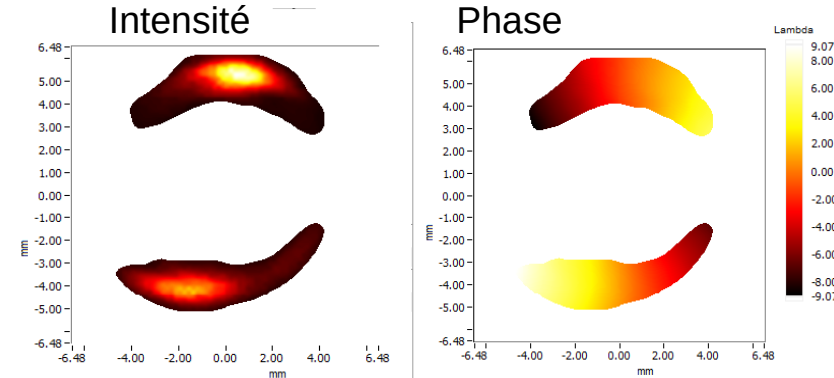


Vortex

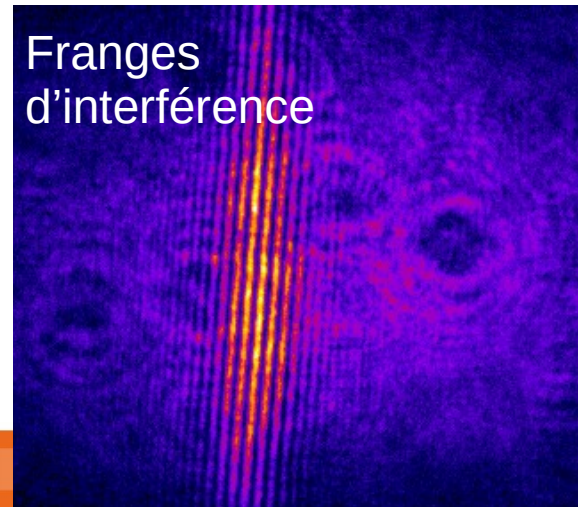
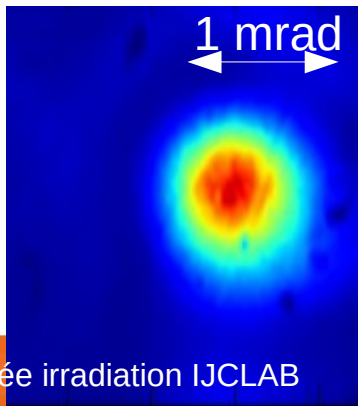
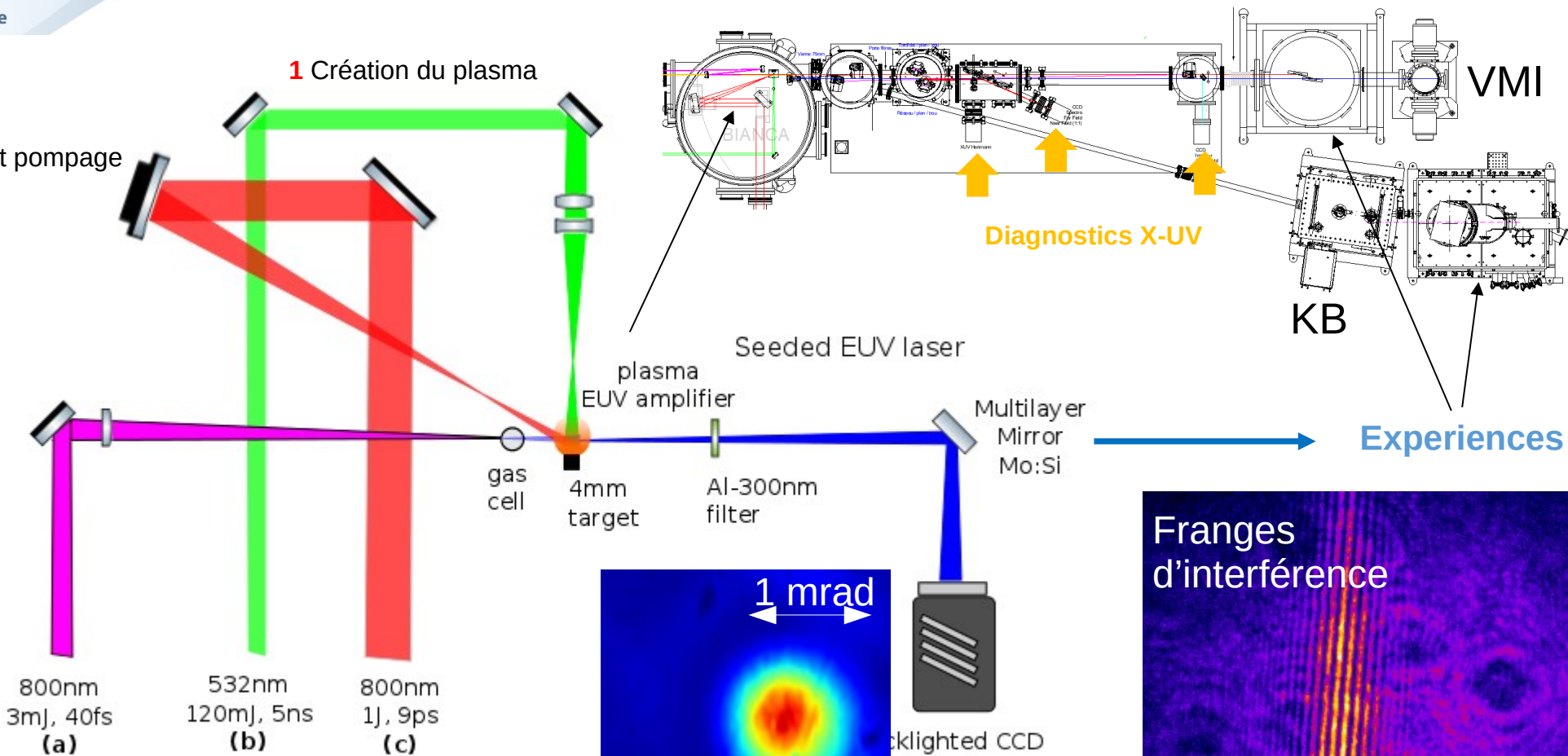


=Vecteur-Vortex

Vecteur-Vortex EUV

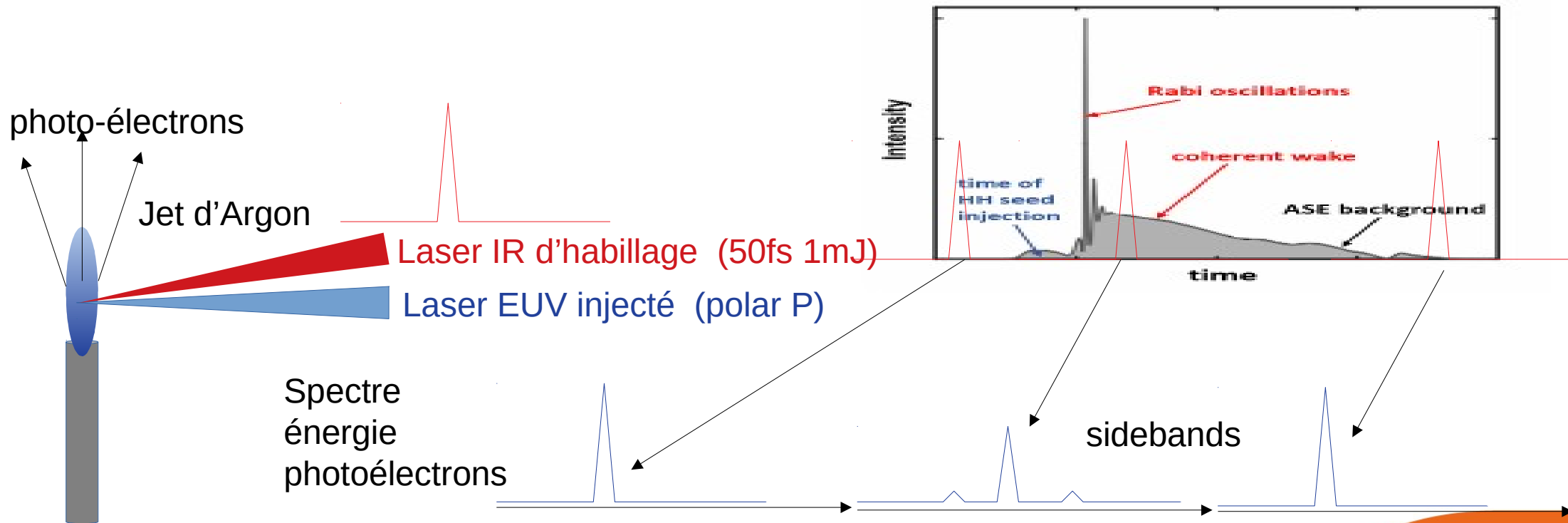


1 Création du plasma
2 ionisation et pompage



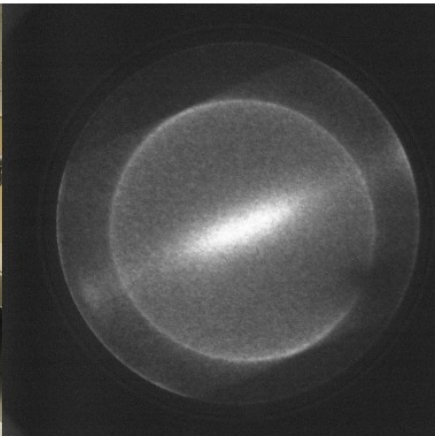
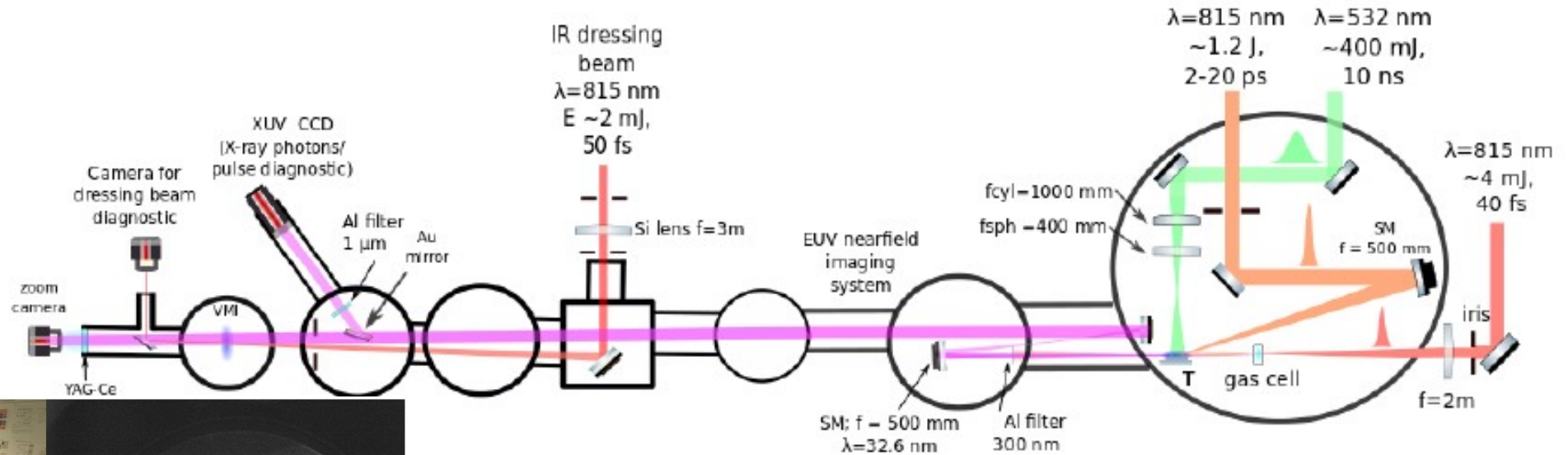
Développement de diagnostics temporels innovants : Cross-corrélation IR – XUV

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



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

Collaboration ISMO (CNRS-UPSAY) : 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...

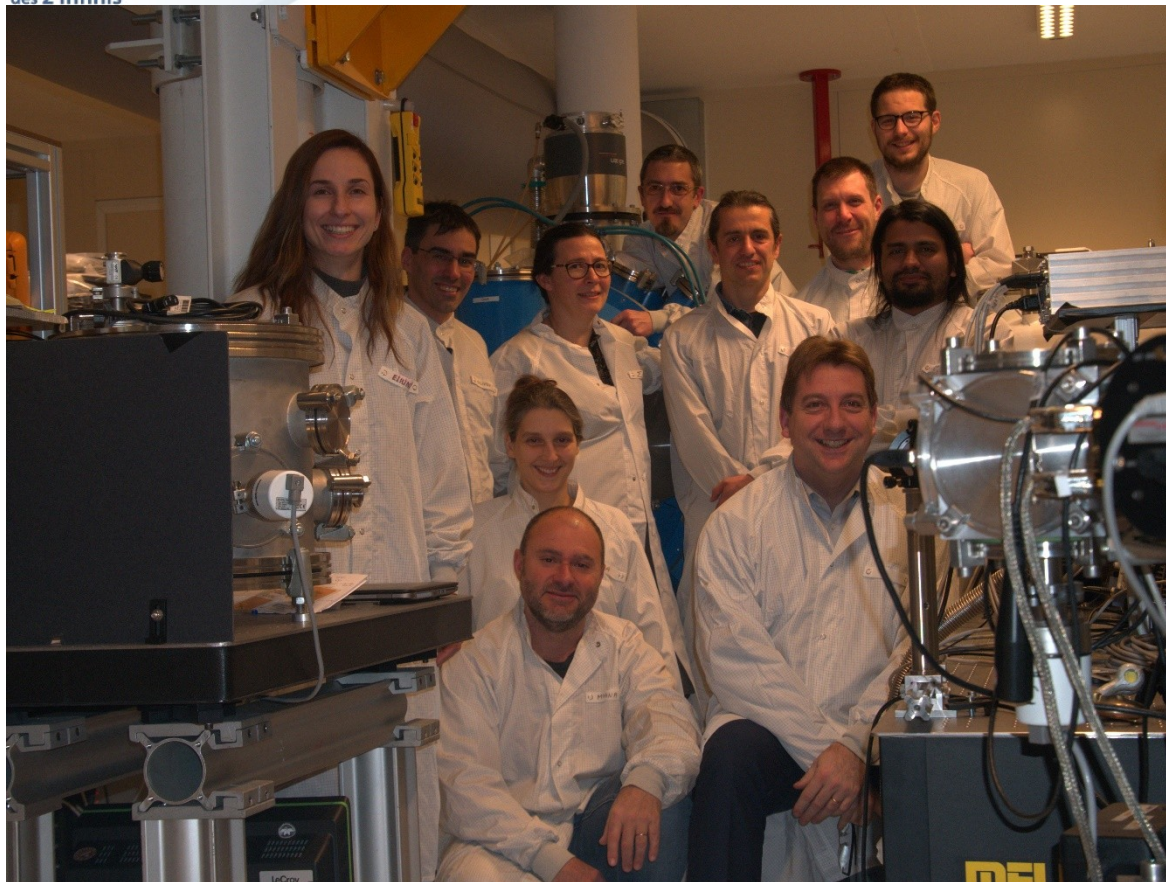
...par un faisceau vecteur-vortex \Rightarrow démonstration de principe OK , en cours de publication

...puis focalisé sur $2\mu\text{m}$ par une optique Kirkpatrick-Baez \Rightarrow en cours de montage

Accélération de particules par interaction laser-plasma (projet PALLAS)

\Rightarrow électrons, (betatron ?)

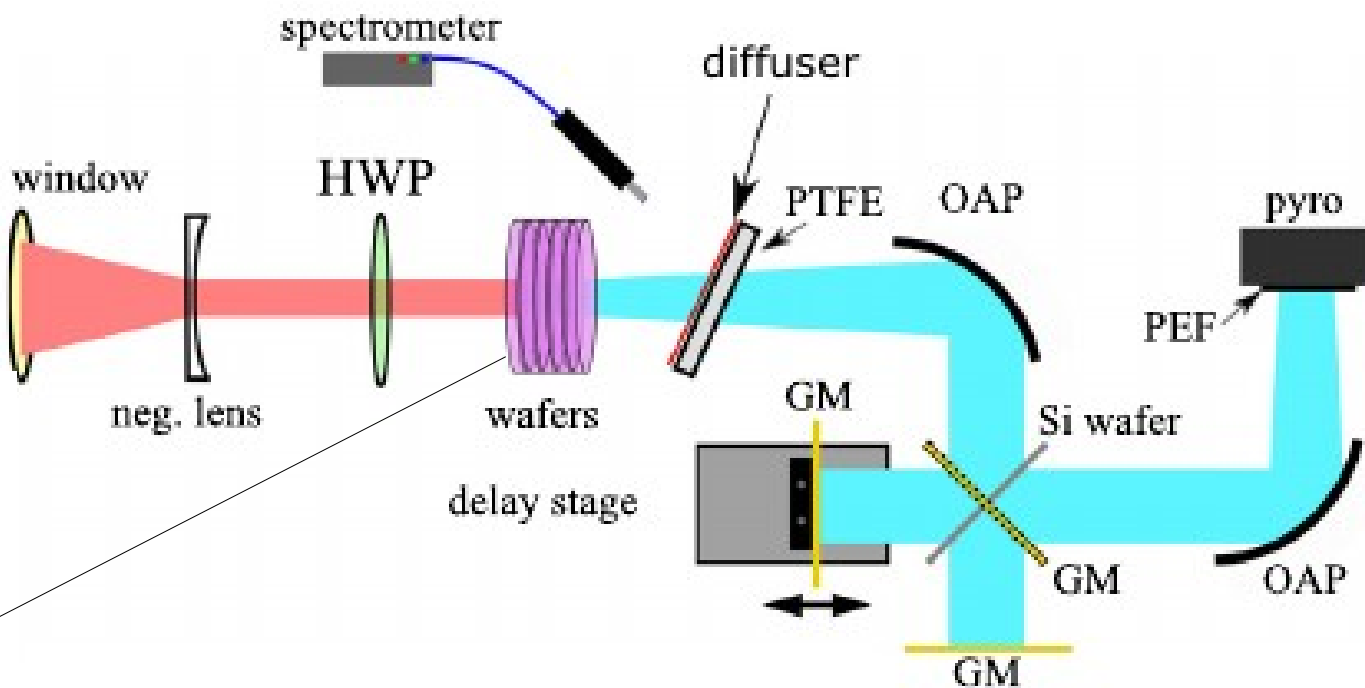
Test QED (projet Dellite) \Rightarrow stabilisation active du pointé des faisceaux



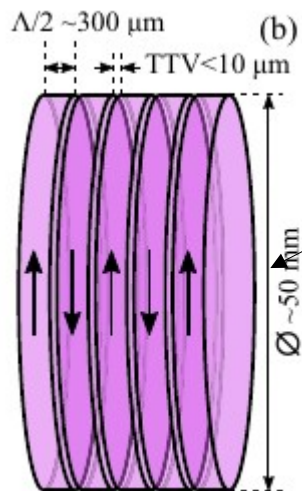
MERCI !

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

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



Periodically Poled
 Lithium Niobate
 crystal



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

