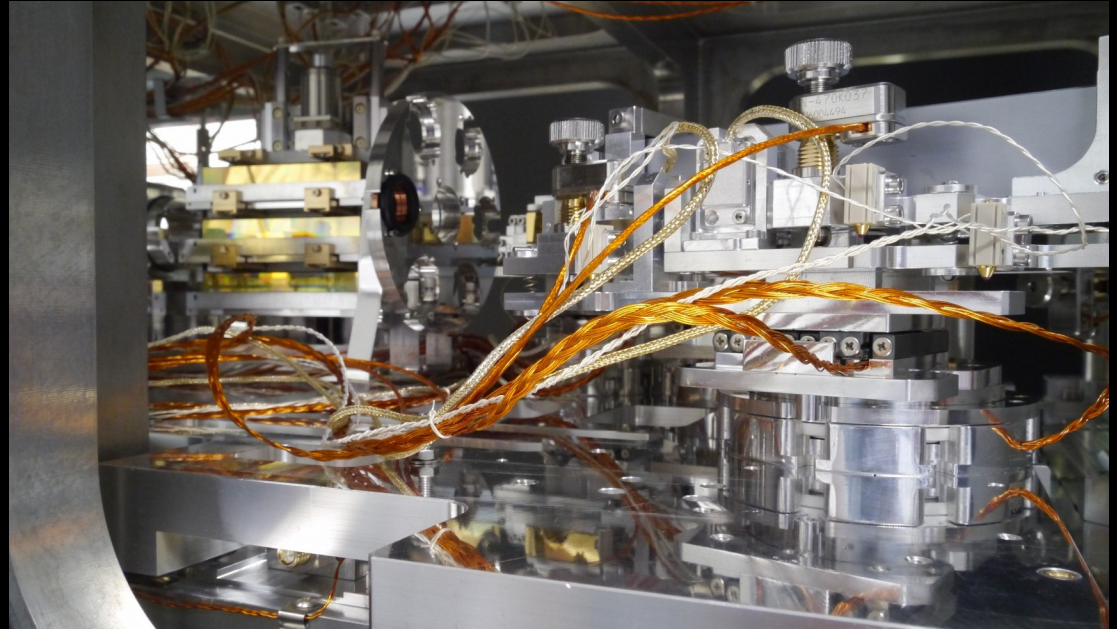




Développement
de la ligne
FAB10



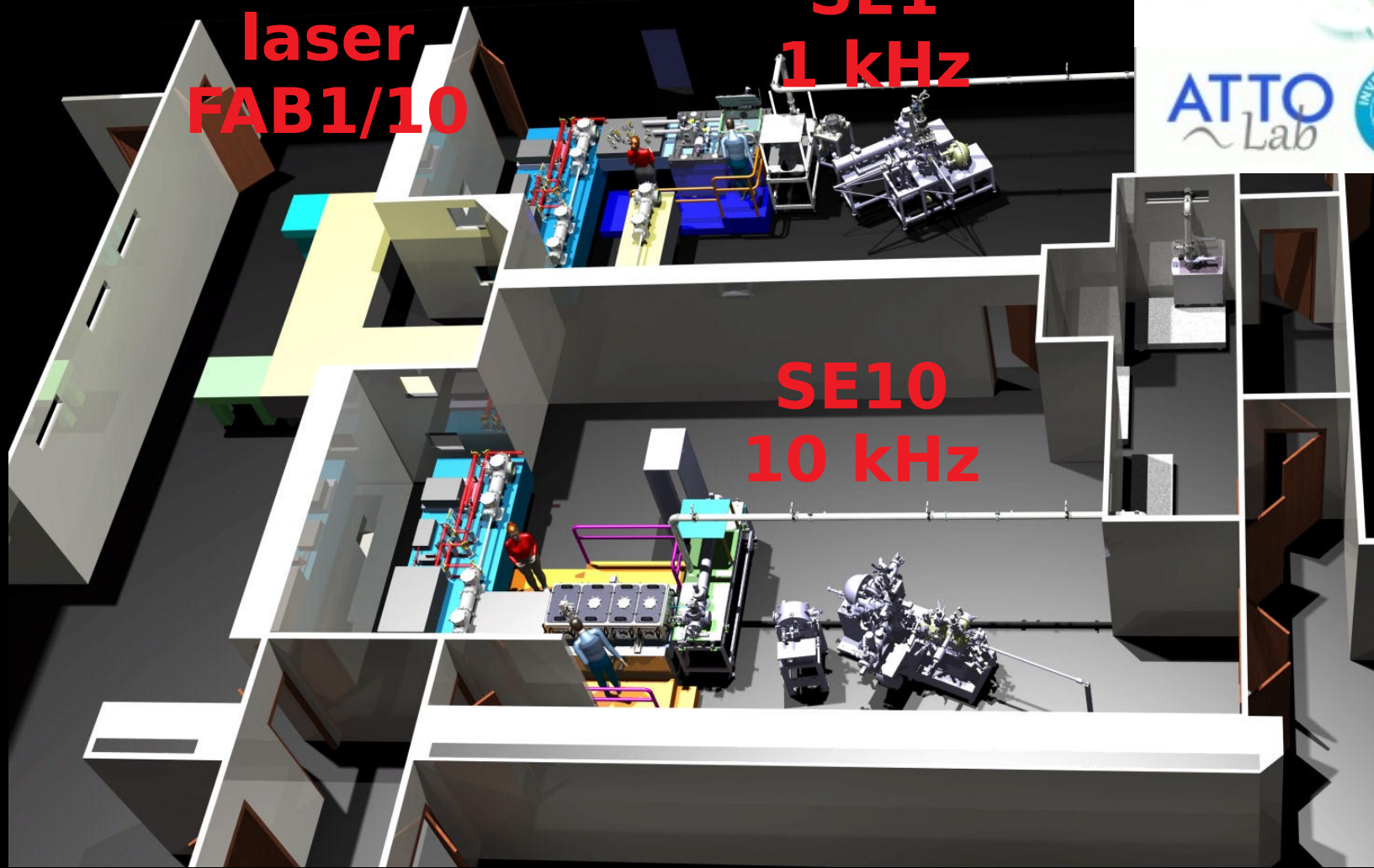
David BRESTEAU

Attolab/Orme

**Salle
laser
FAB1/10**

**SE1
1 kHz**

**SE10
10 kHz**



Système laser FAB10

Ti:Sa
amplifié

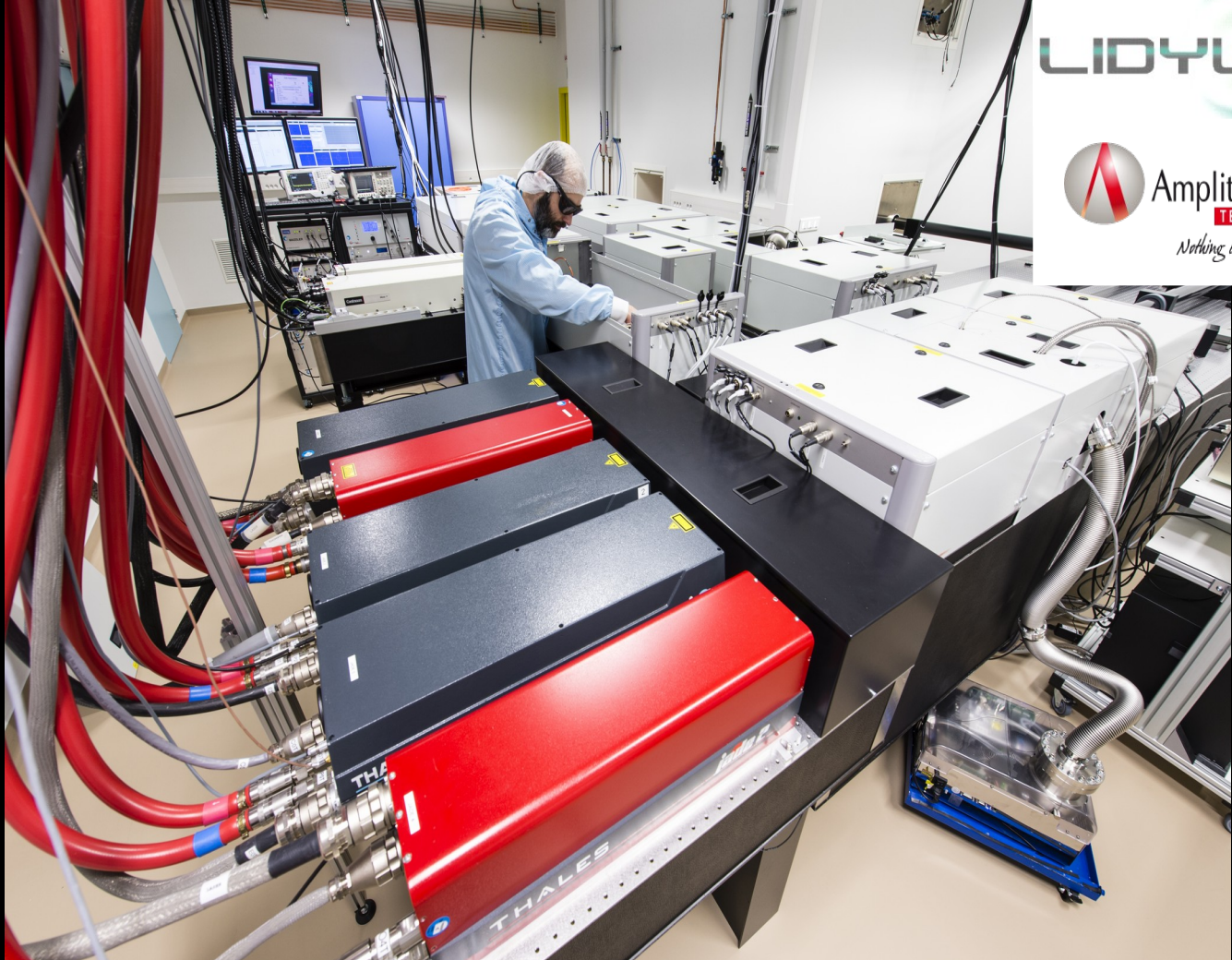
20 W

2
mJ/pulse

10 kHz

25 fs

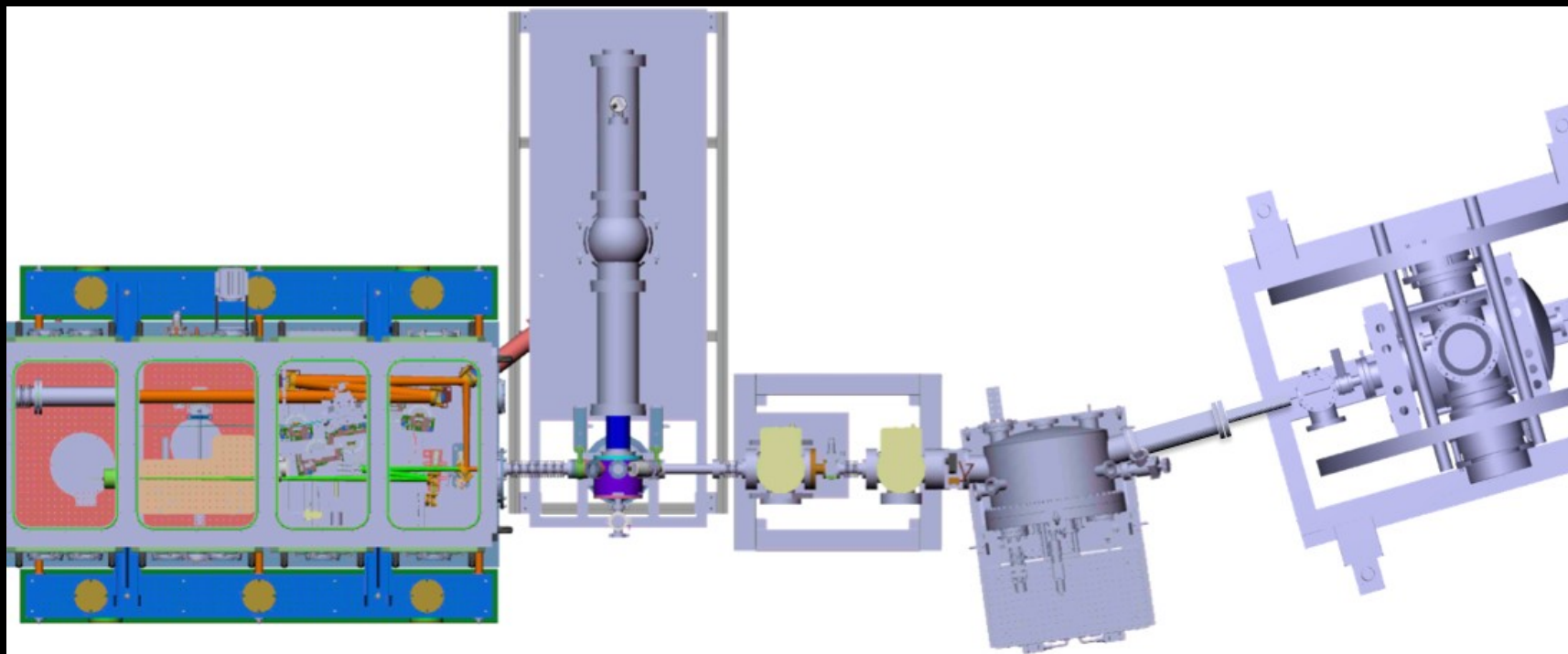
CEP
stable
250
mrad



P. D'Oliveira, J.-F. Hergott, O. Tcherbakoff *et al.*

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

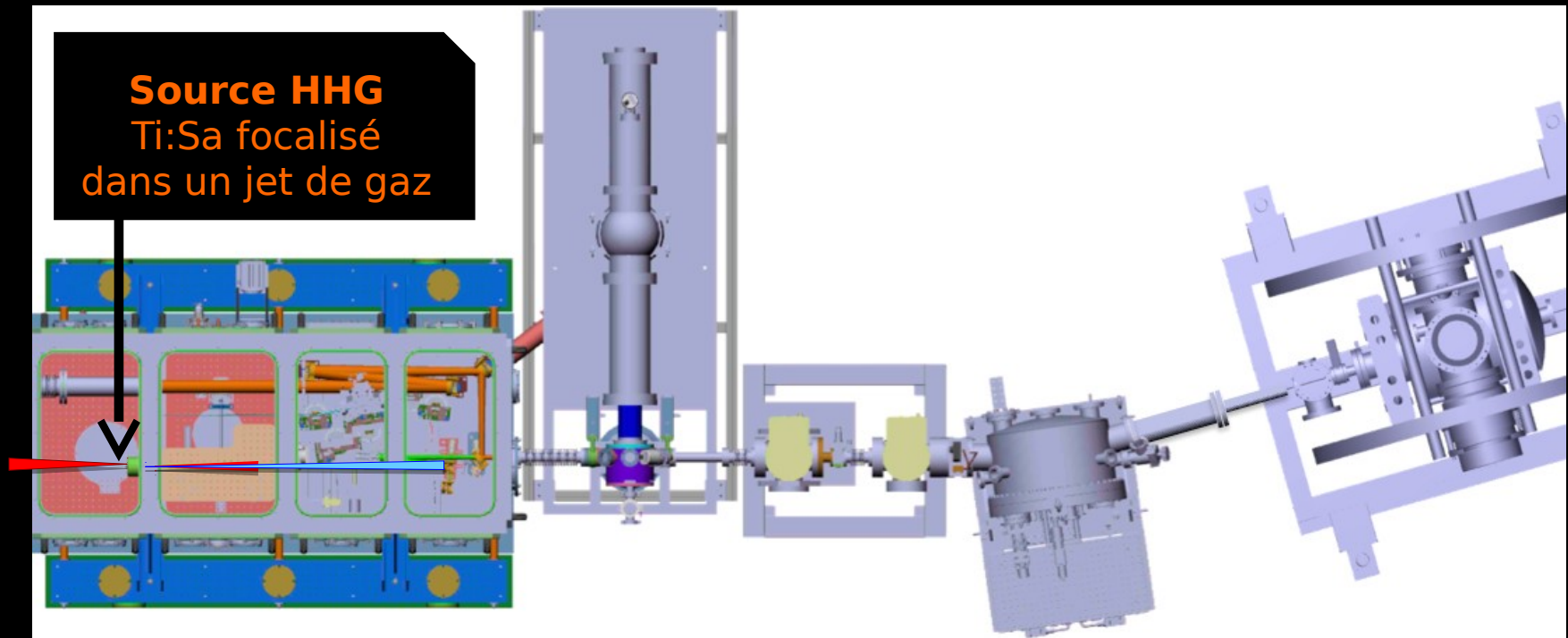
- Un serveur d'harmoniques à 10 kHz



- Transport, contrôle et caractérisation d'impulsions XUV (10 - 100 eV) ultracourtes (0,1 - 10 fs)
- Application à des expériences pompe-sonde avec une résolution temporelle sous la femtoseconde

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

- Un serveur d'harmoniques à 10 kHz



- Transport, contrôle et caractérisation d'impulsions XUV (10 - 100 eV) ultracourtes (0,1 - 10 fs)
- Application à des expériences pompe-sonde avec une résolution temporelle sous la femtoseconde

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

- Un serveur d'harmoniques à 10 kHz

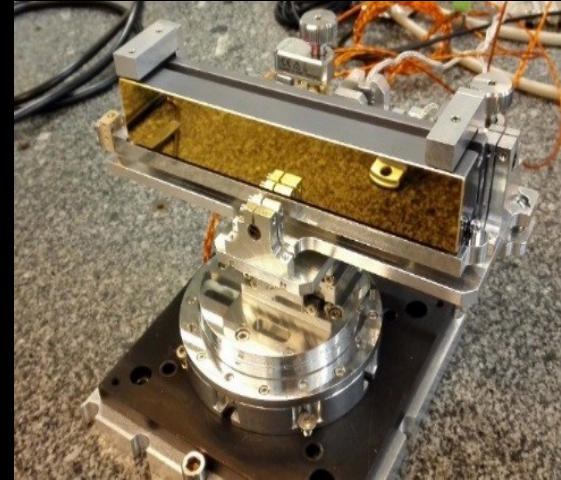
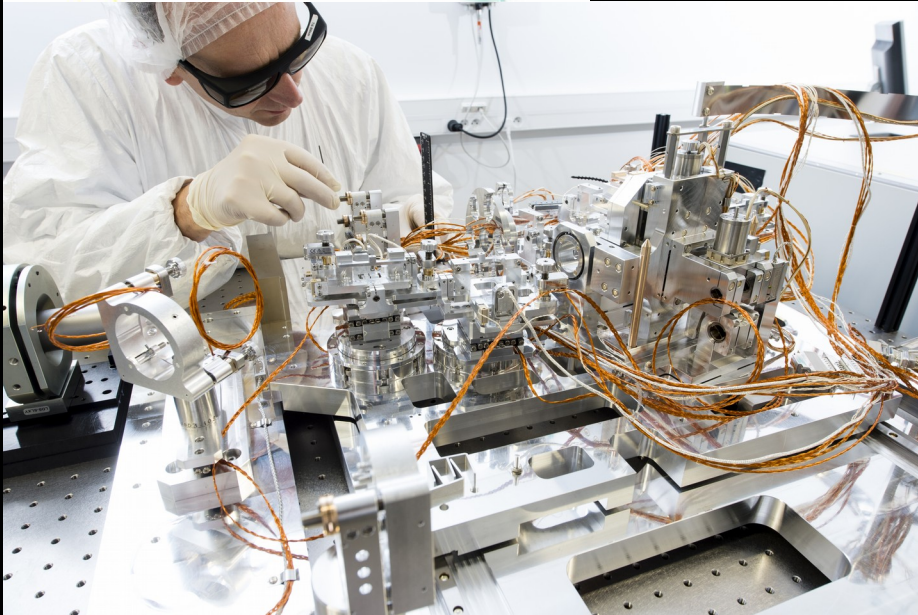


Sélecteur spectral
3 modes d'opération

- Transport, contrôle et caractérisation d'impulsions XUV (10 - 100 eV) ultracourtes (0,1 - 10 fs)
- Application à des expériences pompe-sonde avec une résolution temporelle sous la femtoseconde

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

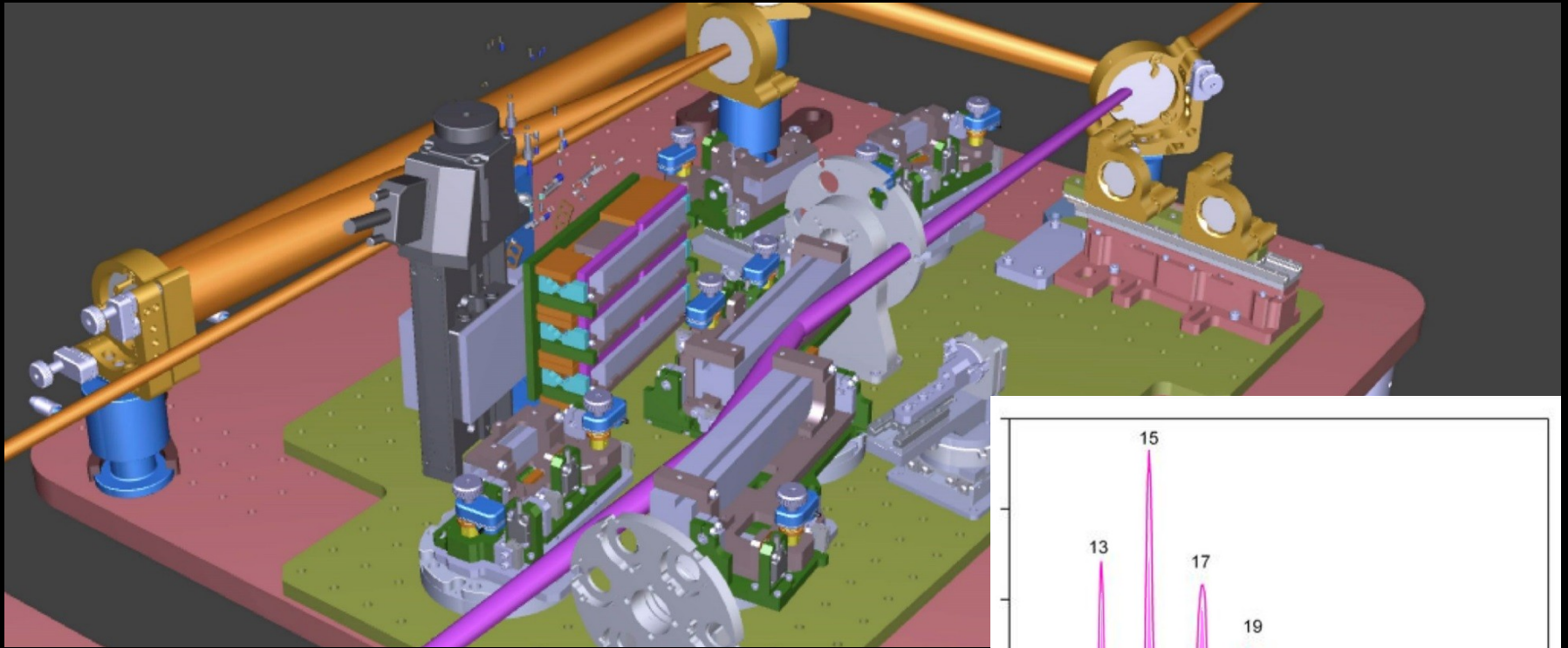
Le sélecteur spectral



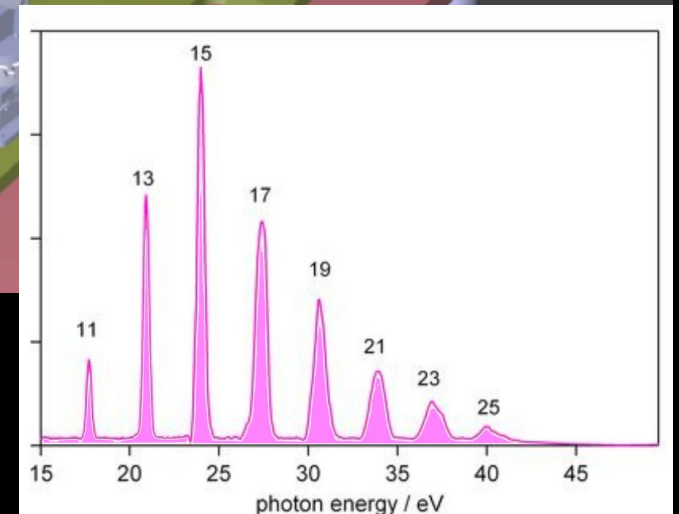
- Montures optiques XUV motorisées compatibles ultravide
- 3 voies d'opération permutable
Very Broad Band (VBB)
Broad Band (BB)
Narrow Band (NB)

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Very Broad Band (VBB)

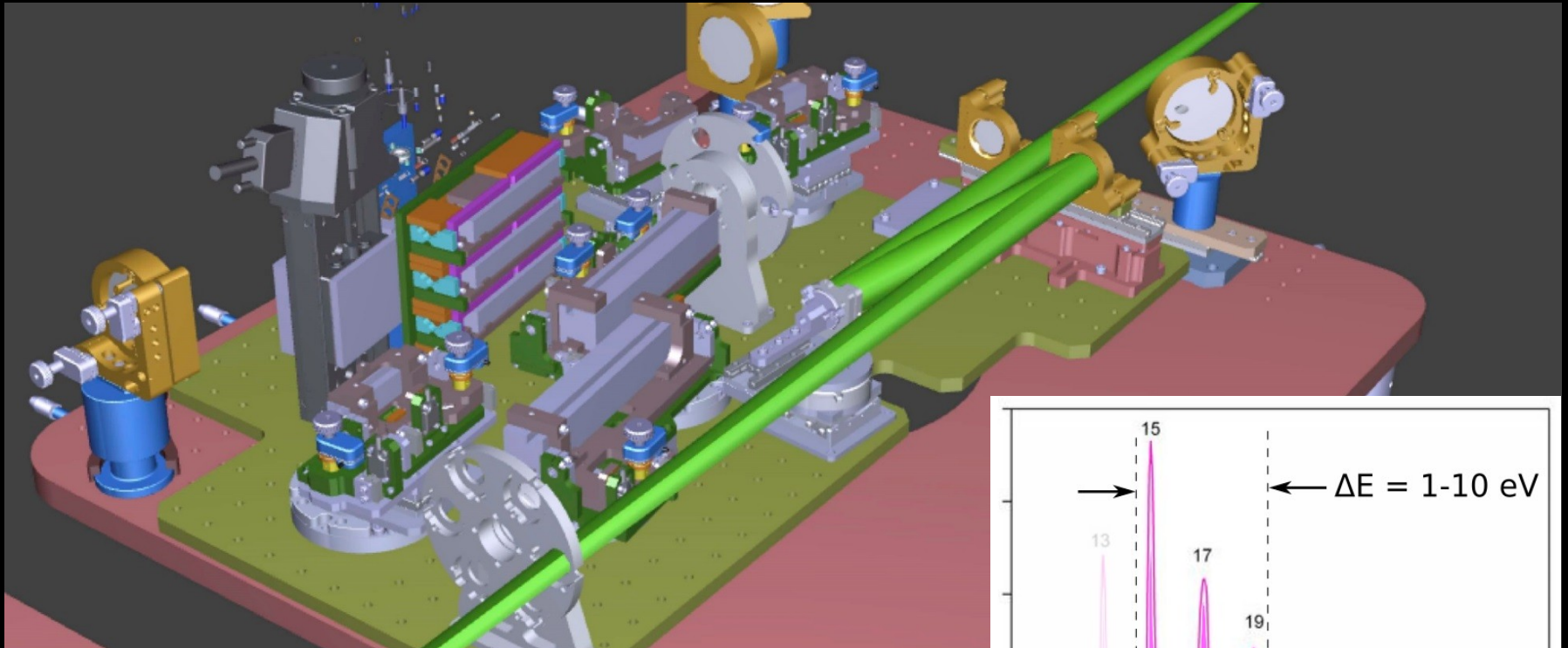


- Incidence rasante
- Transmission de tout le spectre HHG
- Résolution temporelle : 100 as

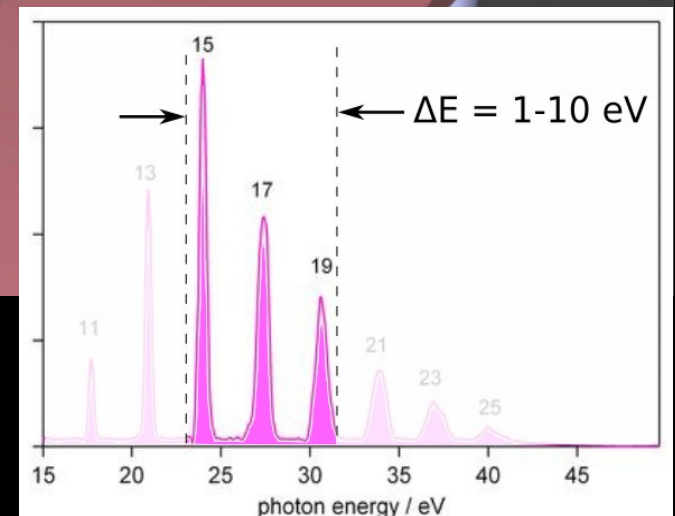


Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Broad Band (BB)

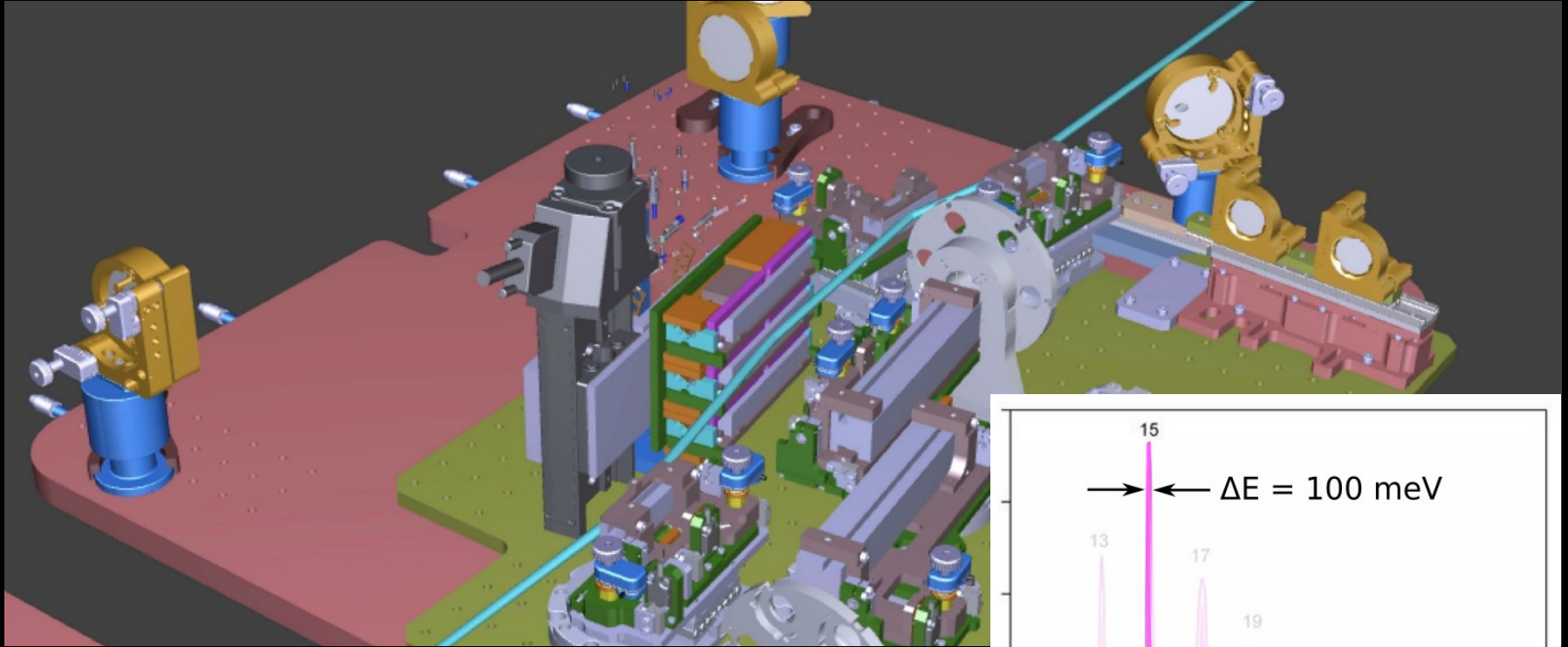


- Incidence normale
- Miroirs multicouches
- Résolution temporelle : 1 fs

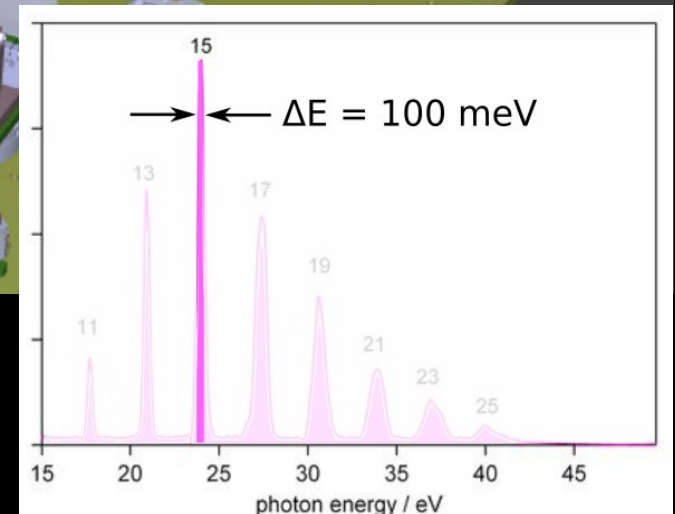


Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Narrow Band (NB)

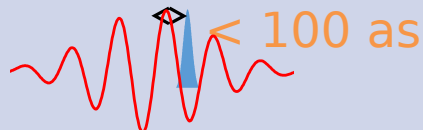
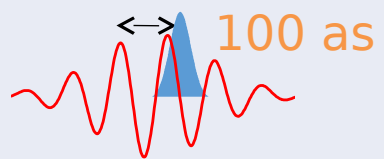



- Monochromateur en diffraction conique
- Préservation de la durée d'impulsion
- Résolution temporelle : 10 fs



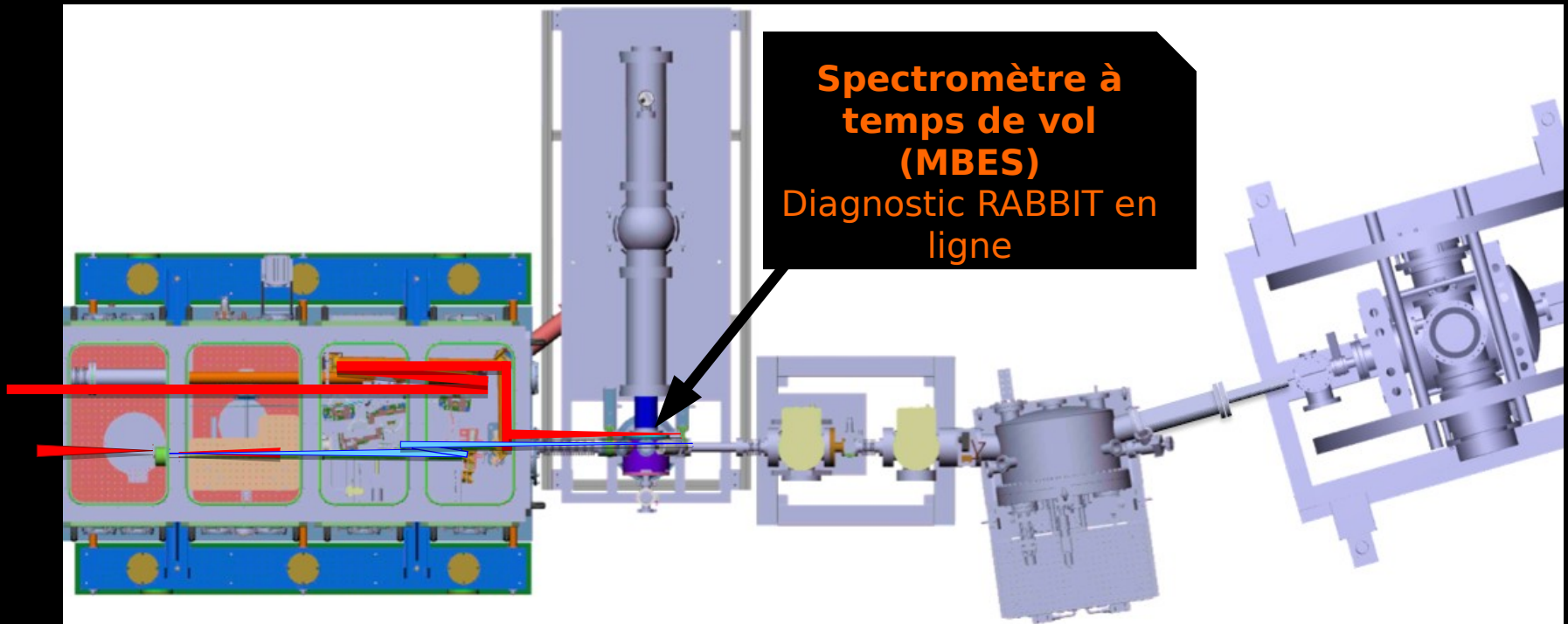
Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Une ligne versatile pour l'étude des dynamiques de 10 fs jusqu'à 100 as

Mode	XUV ΔE	XUV $\Delta \tau$	XUV / IR delay
Very broadband (VBB)	10-30 eV	100 as	
Broadband (BB)	1-5 eV	1 fs	
Narrowband (NB)	100 meV	10 fs	

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

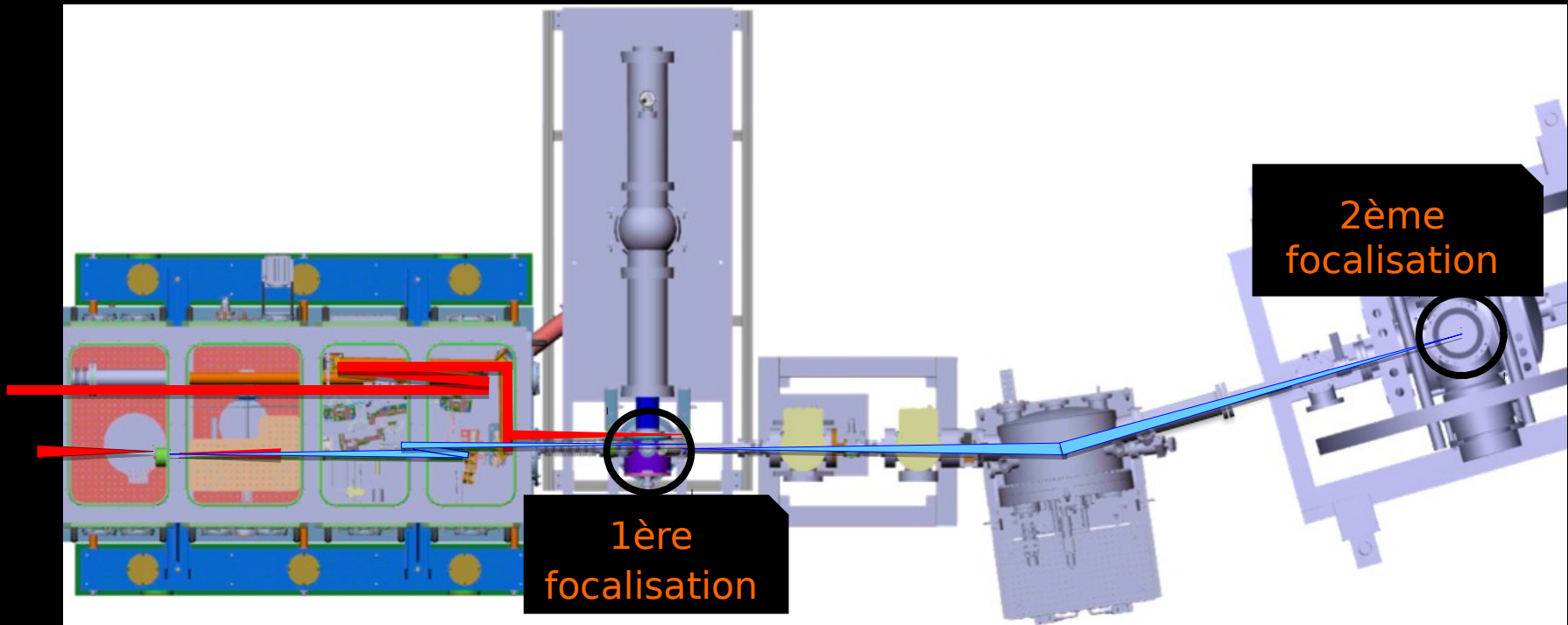
- Un serveur d'harmoniques à 10 kHz



- Transport, contrôle et caractérisation d'impulsions XUV (10 - 100 eV) ultracourtes (0,1 - 10 fs)
- Application à des expériences pompe-sonde avec une résolution temporelle sous la femtoseconde

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

- Un serveur d'harmoniques à 10 kHz



- Transport, contrôle et caractérisation d'impulsions XUV (10 - 100 eV) ultracourtes (0,1 - 10 fs)
- Application à des expériences pompe-sonde avec une résolution temporelle sous la femtoseconde

Montage de la ligne

Fin 2016 – mars 2018

Développement de la ligne FAB10 à Attolab SE10 fin 2016



Développement de la ligne FAB10 à Attolab

SE10 octobre 2017



Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Métrologie et alignement optiques XUV
(septembre 2017)

Systèmes laser tracker



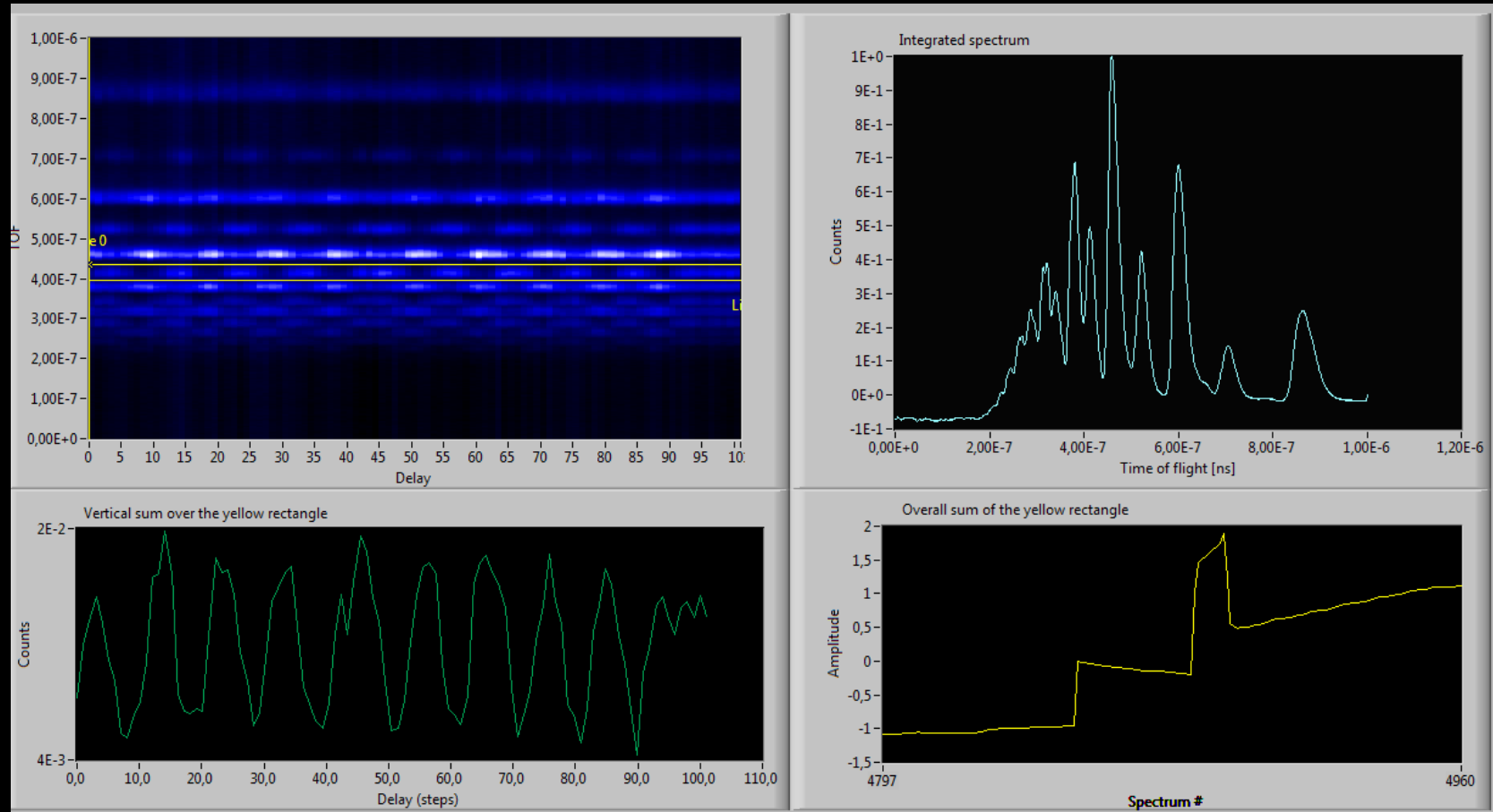
- Métrologie des montures optiques
précision : 100 μ rad
- Placement des surfaces optiques dans l'espace
précision : 10 μ

Groupes Optique et Alignement, Soleil

M. Sebdaoui, F. Polack, D. Denetiere *et al.*

Développement de la ligne FAB10 à Attolab

Première trace RABBIT (mars 2018)

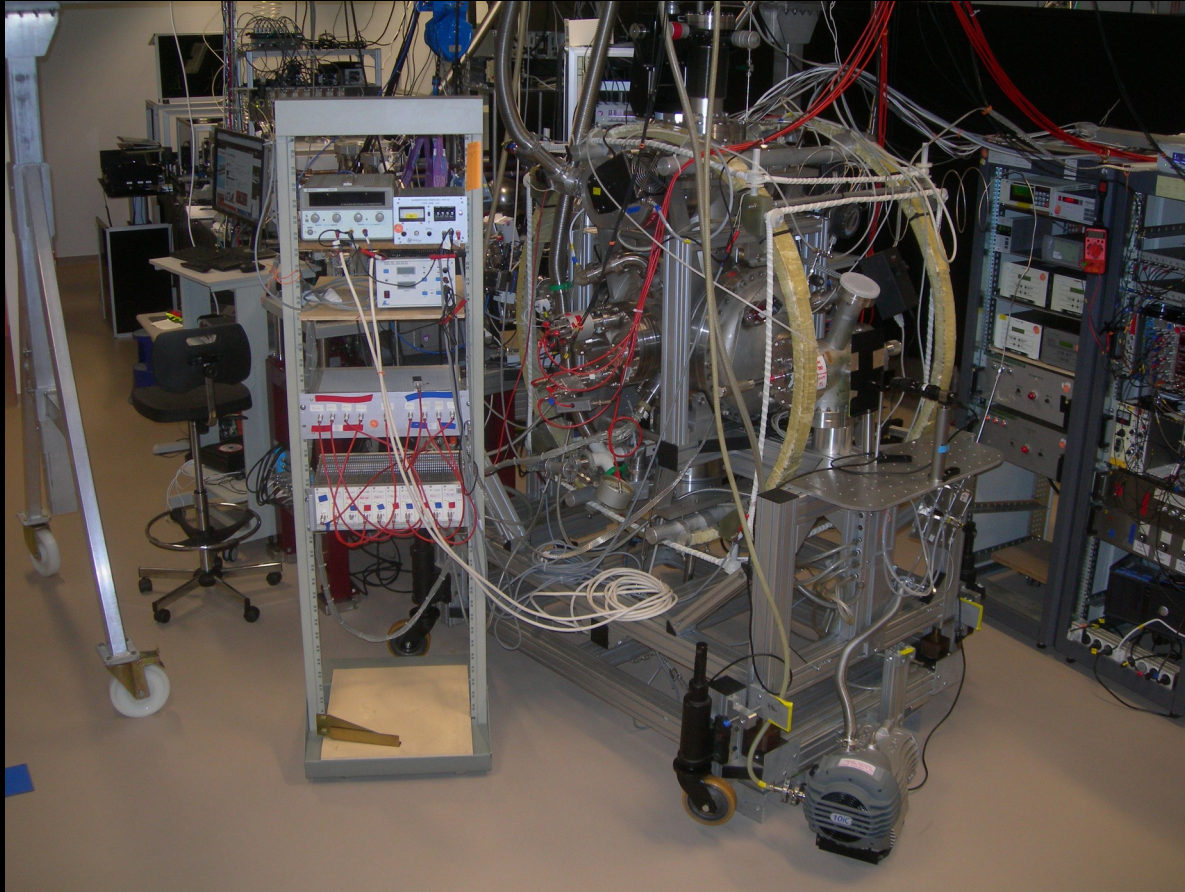


Premiers utilisateurs : D. Dowek (ISMO)

sept 2017 - mai 2018

Commissioning Very Broad Band (VBB)

Accueil du groupe de Danielle Dowek (sept. 2017 – mai 2018)

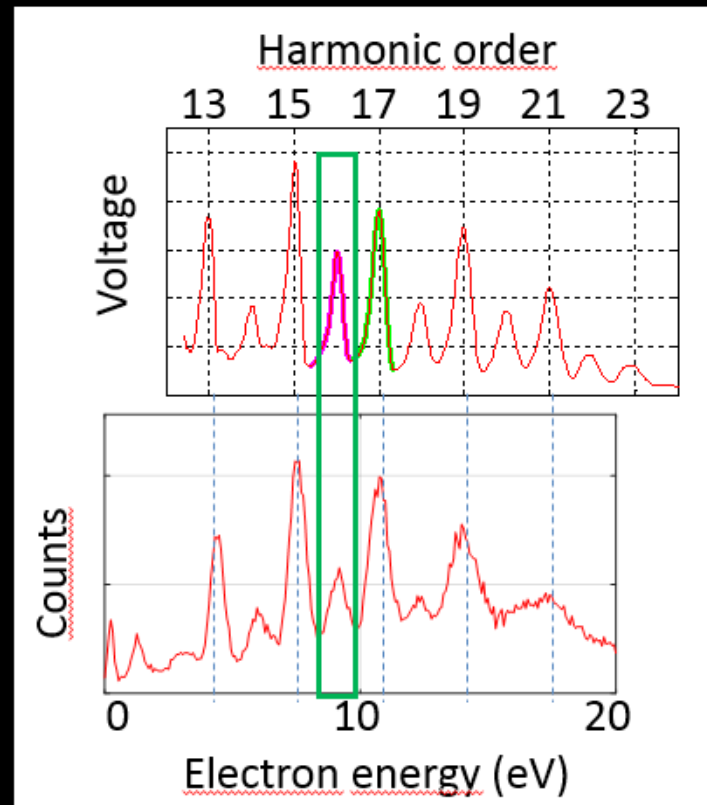
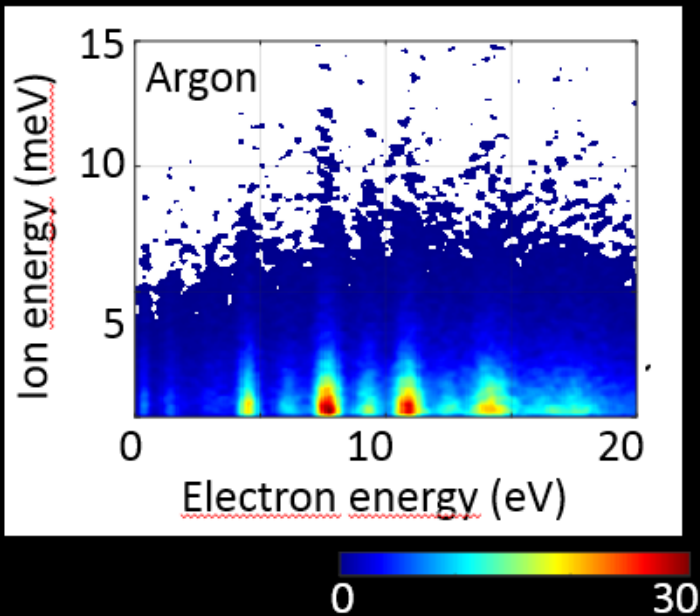


- Délais de photoionisation dans le référentiel moléculaire résolu angulairement (expérience en coïncidences ions/électrons)
- Expérience de type RABBIT dans un COLTRIMS

Commissioning Very Broad Band (VBB)

Accueil du groupe de Danielle Dowek (sept. 2017 – mai 2018)

COLTRIMS



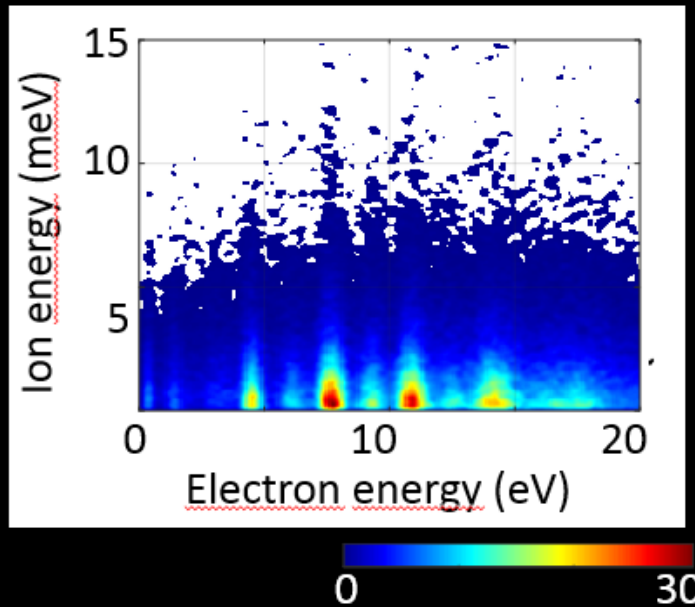
TOF-MBES

COLTRIMS

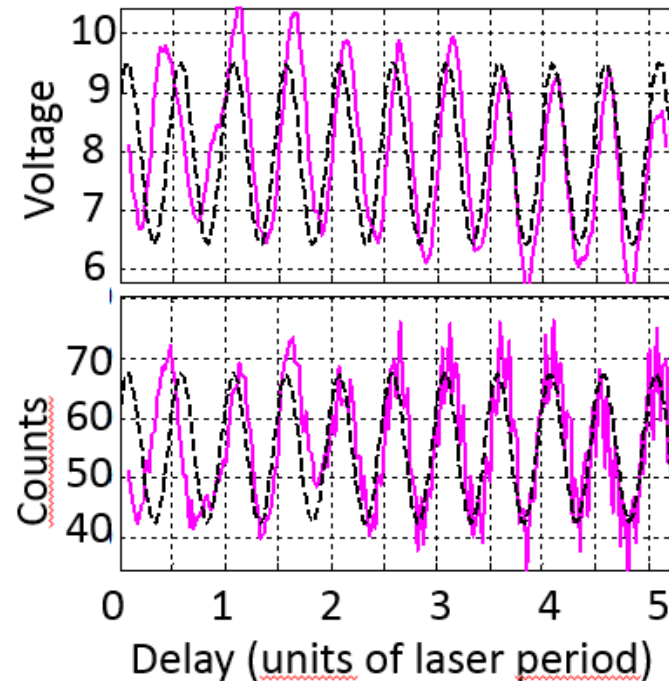
Commissioning Very Broad Band (VBB)

Accueil du groupe de Danielle Dowek (sept. 2017 – mai 2018)

COLTRIMS



SB16



TOF-MBES

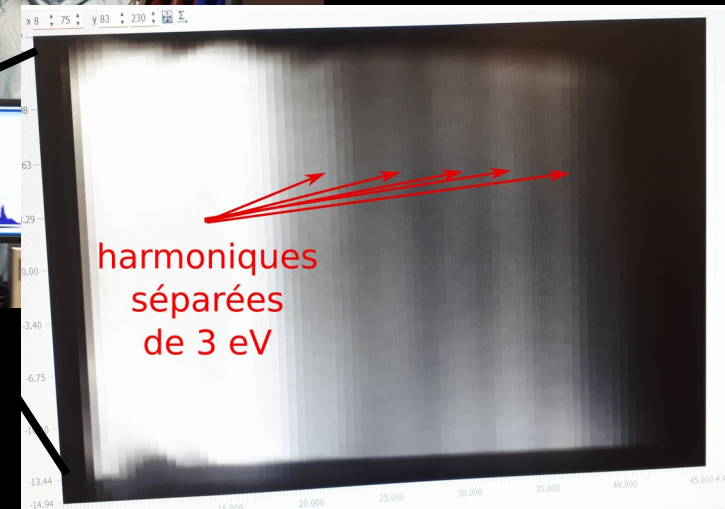
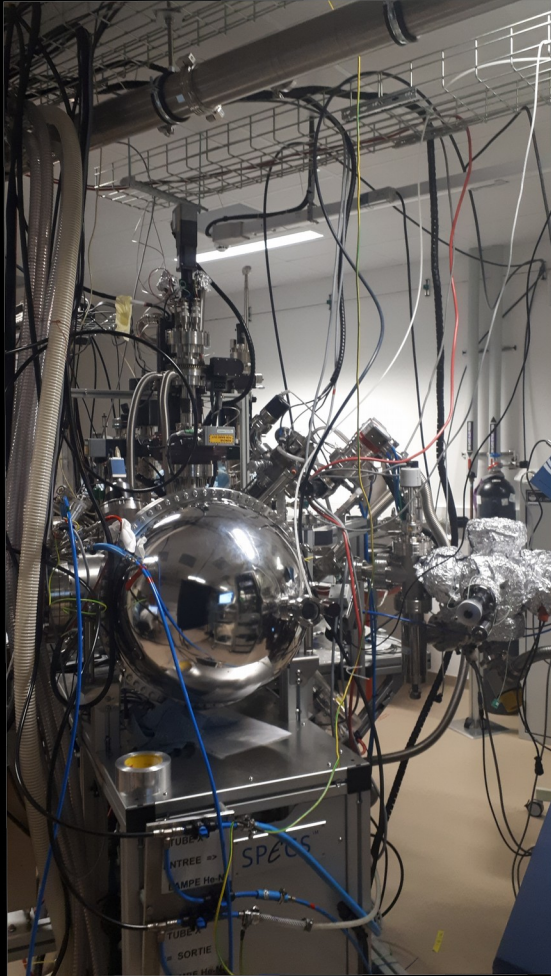
COLTRIMS

Seconds utilisateurs : K. Hricovini (LPMS)

juin 2018 – mars 2019

Commissioning Narrow Band (NB)

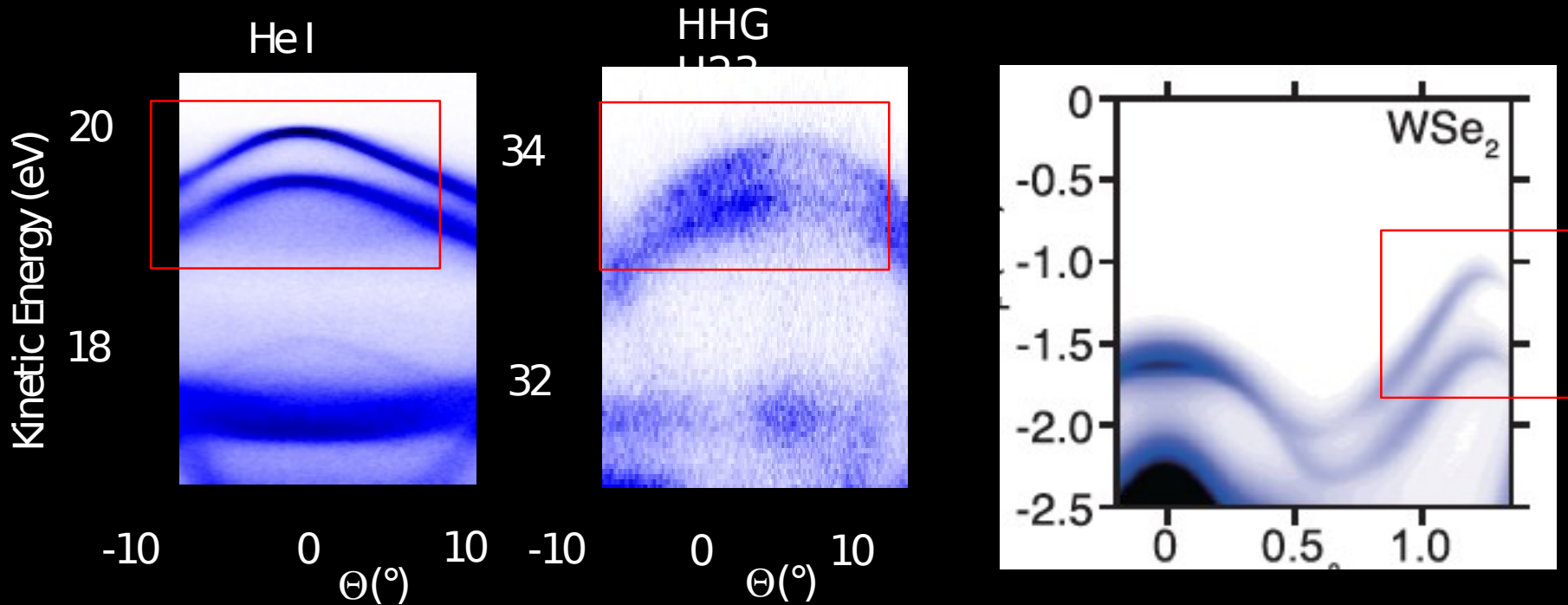
Accueil du groupe de Karol Hricovini (juin 2018 – mars 2019)



- Expérience ARPES résolue en spin
- Étude de dynamique de spin en phase condensée
- Premier signal !

Commissioning Narrow Band (NB)

Accueil du groupe de Karol Hricovini (juin 2018 – mars 2019)



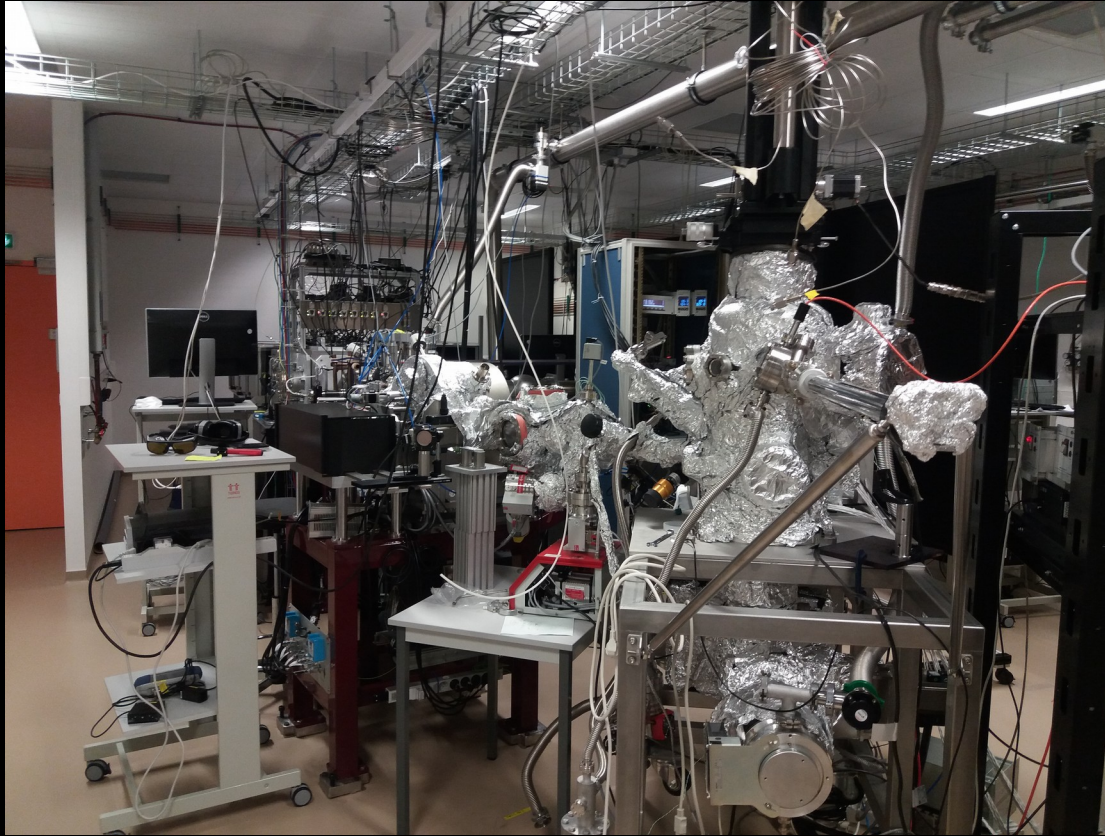
- Commissioning voie **Narrow Band (NB)**
- Photoémission résolue angulairement sur un crystal de WSe₂

3e utilisateurs : M. Marsi (LPS)

avril 2019 – novembre 2019

Accueil du groupe de M. Marsi (NB)

Avril 2019 – novembre 2019

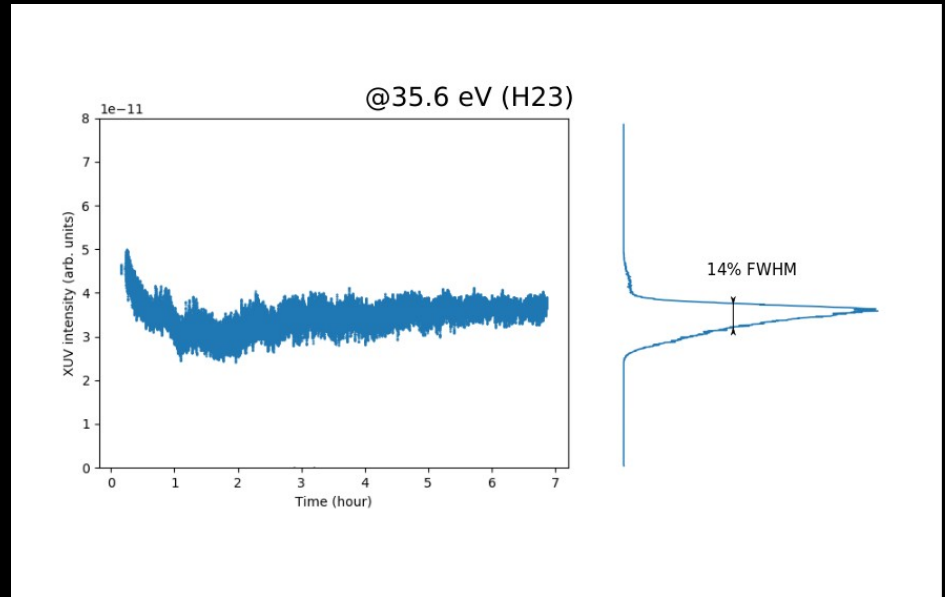


- Expérience ARPES résolue en temps
- Étude de la dynamique électronique dans les matériaux Mott-Hubbard (Sr_2IrO_4 : strontium iridate)

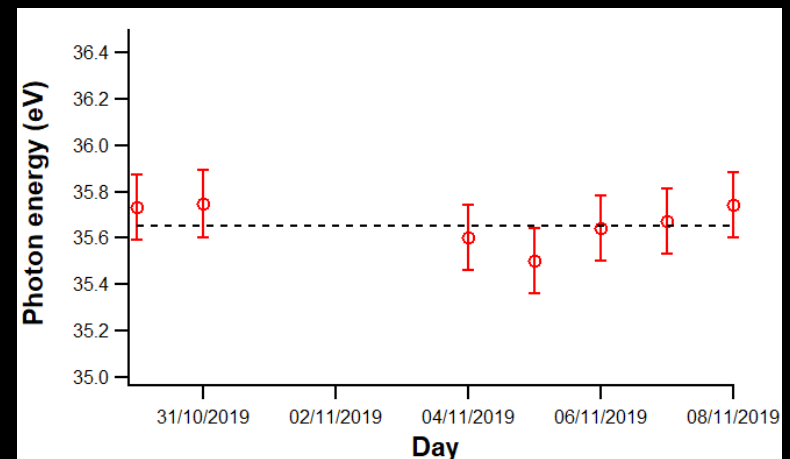
Accueil du groupe de M. Marsi (NB)

Avril 2019 – novembre 2019

Stabilité en intensité
14 % FWHM sur 7h



Stabilité en énergie
< 200 meV sur plusieurs semaines



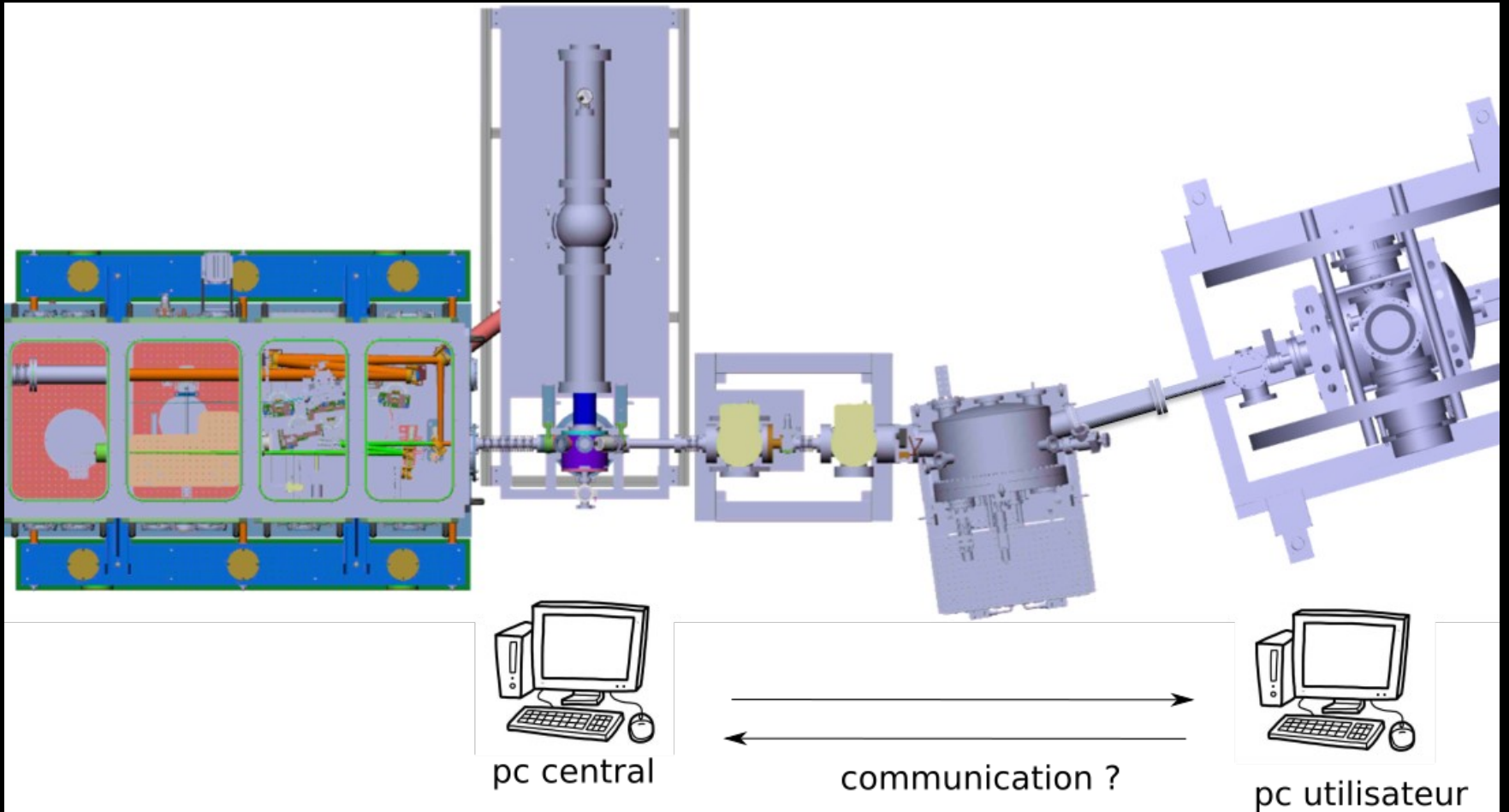
Futurs développements

Programmes d'acquisition

Stabilisation active du délai pompe/sonde

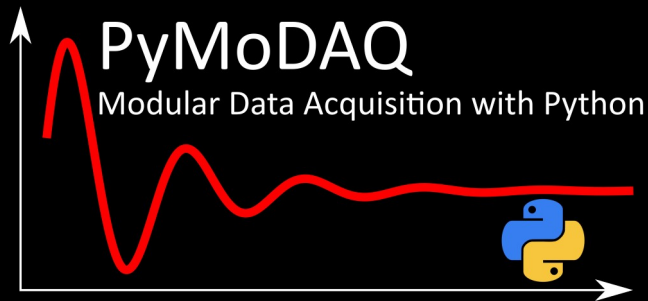
Programmes d'acquisition

Synchronisation des instruments



Programmes d'acquisition

Synchronisation des instruments



Sébastien Weber, CEMES, CNRS

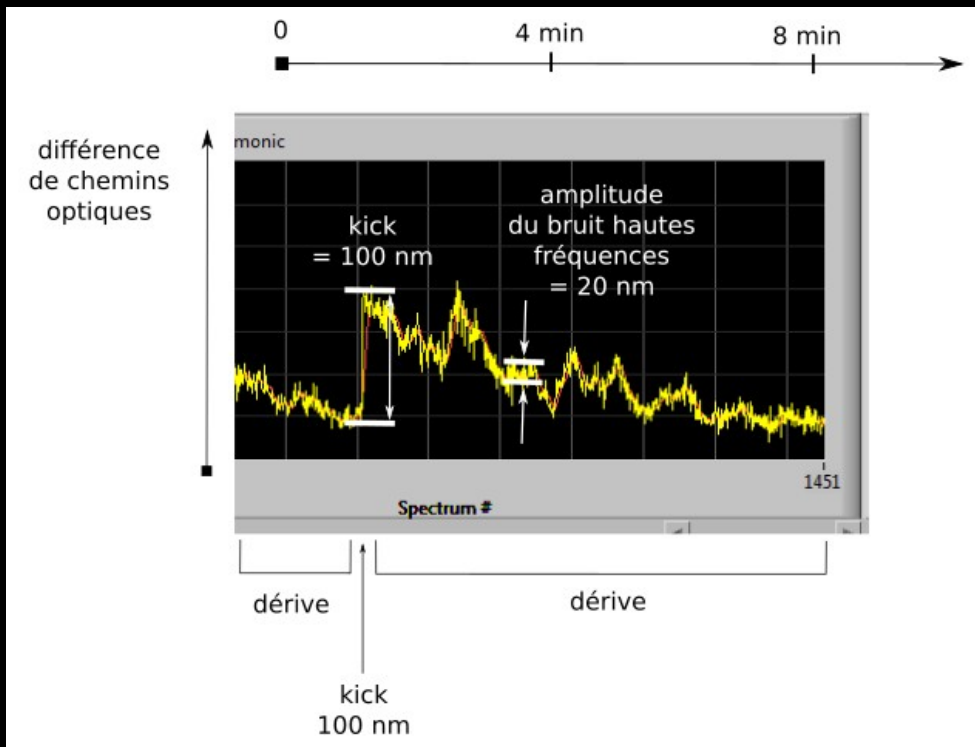
pymodaq.cnrs.fr

- Framework python gratuit, open source
- Cadre général pour les programmes d'acquisition
- Mutualisation du développement
- Serveur TCP/IP
- Module PID...

Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Stabilité passive des interféromètres d'Attolab

- Orientation vers la haute cadence pour accueil d'expériences nécessitant une grande statistique (type coïncidences, D. Dowek)
- Stabilité requise du délai pompe-sonde : **30 nm/h**

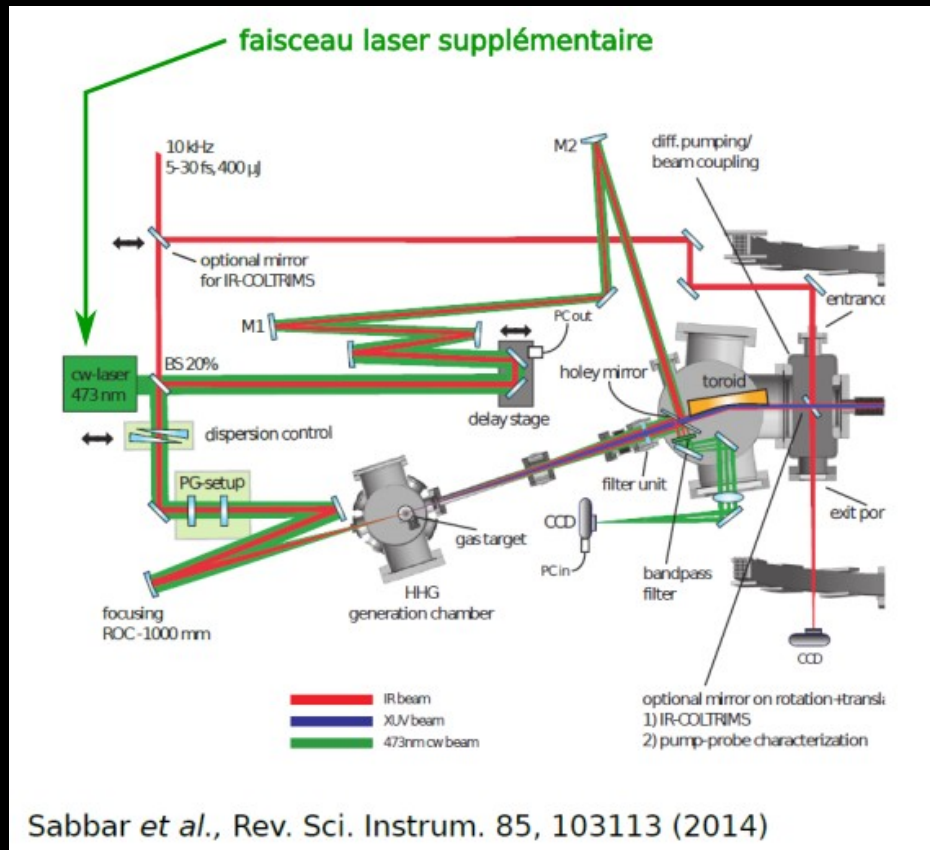


- On observe une dérive lente de l'ordre de **1 μ /h** sur SE1 et SE10
- L'amplitude du bruit haute fréquence est raisonnable

➔ Mise en place d'une **stabilisation active** des interféromètres

Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Stabilisation active : état de l'art



Inconvénients :

- Complexification du système optique
- Mesure *indirecte* du délai pompe-sonde à partir de propriétés de l'interféromètre

Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Signal d'erreur sur un RABBIT

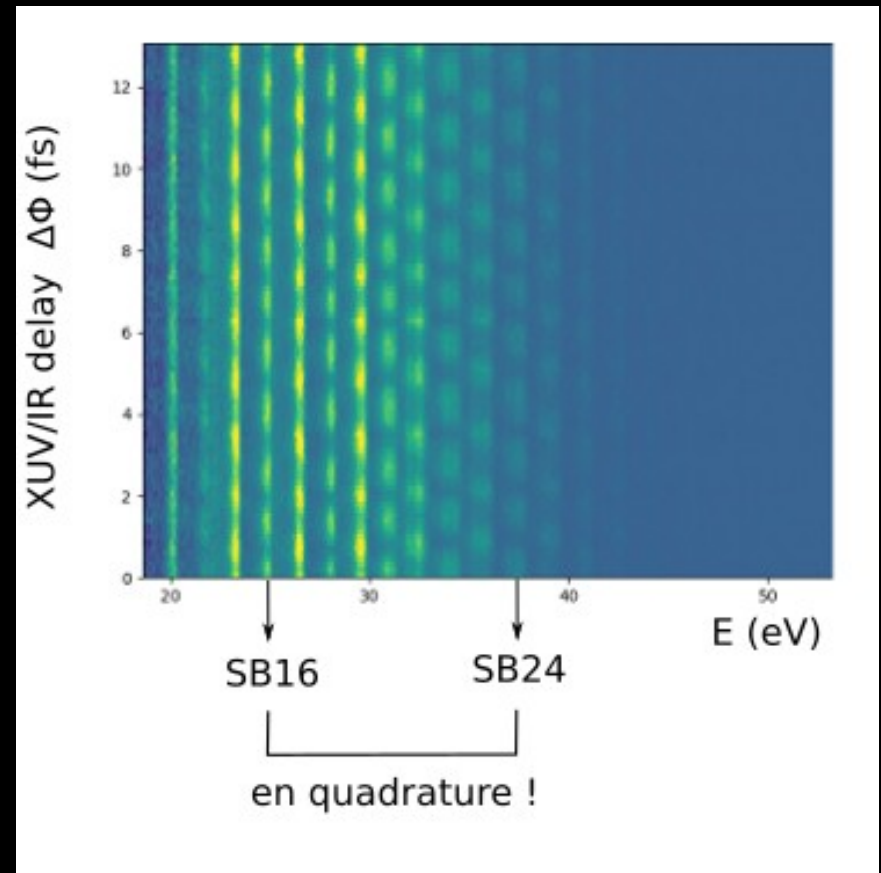
Signal d'une sideband : $S_{sb} = O_{sb} + A_{sb} \cos(2\Delta\phi + \zeta_{sb})$



On choisit un couple de sidebands pour avoir deux signaux en **quadrature de phase**



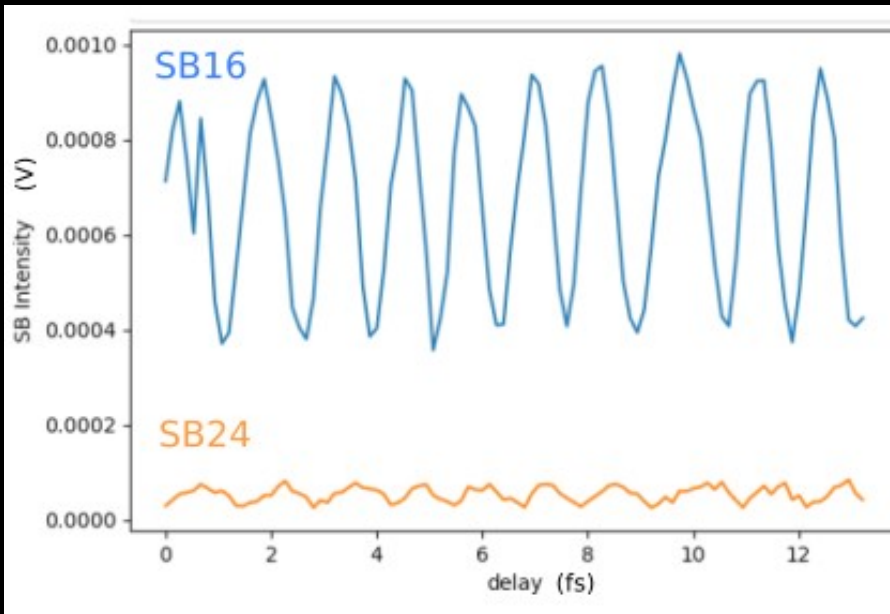
On construit un **signal d'erreur linéaire** avec la différence de chemins optiques



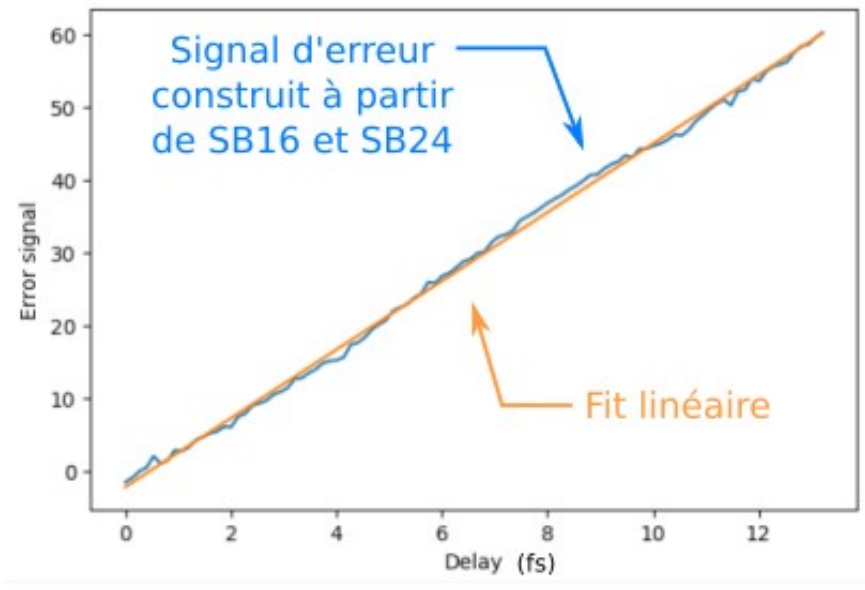
Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Construction du signal d'erreur à partir des données

Données



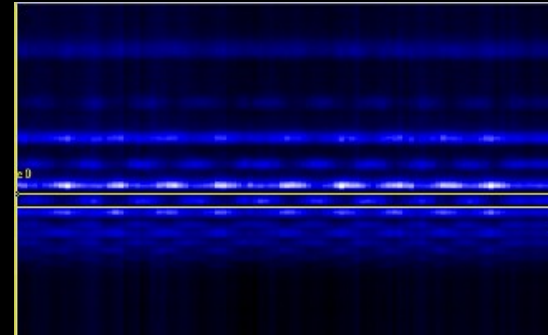
Signal d'erreur



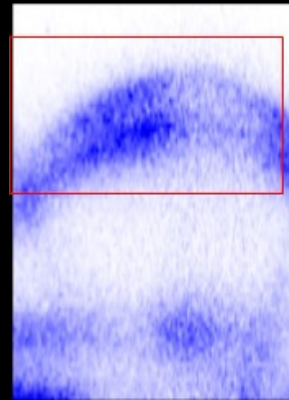
- Une méthode directement applicable sur SE1 et SE10 **sans système optique supplémentaire**
- Différence fondamentale : le signal d'erreur est généré **directement** à partir de la différence de phase entre les impulsions pompe-sonde

Conclusion

Very Broad Band (VBB)
opérationnel
1 utilisateur

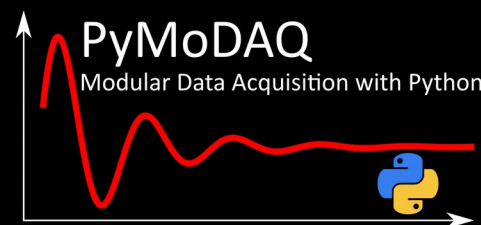
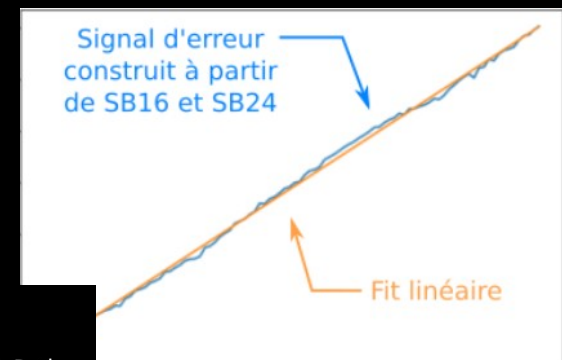


Narrow Band (NB)
opérationnel
2 utilisateurs



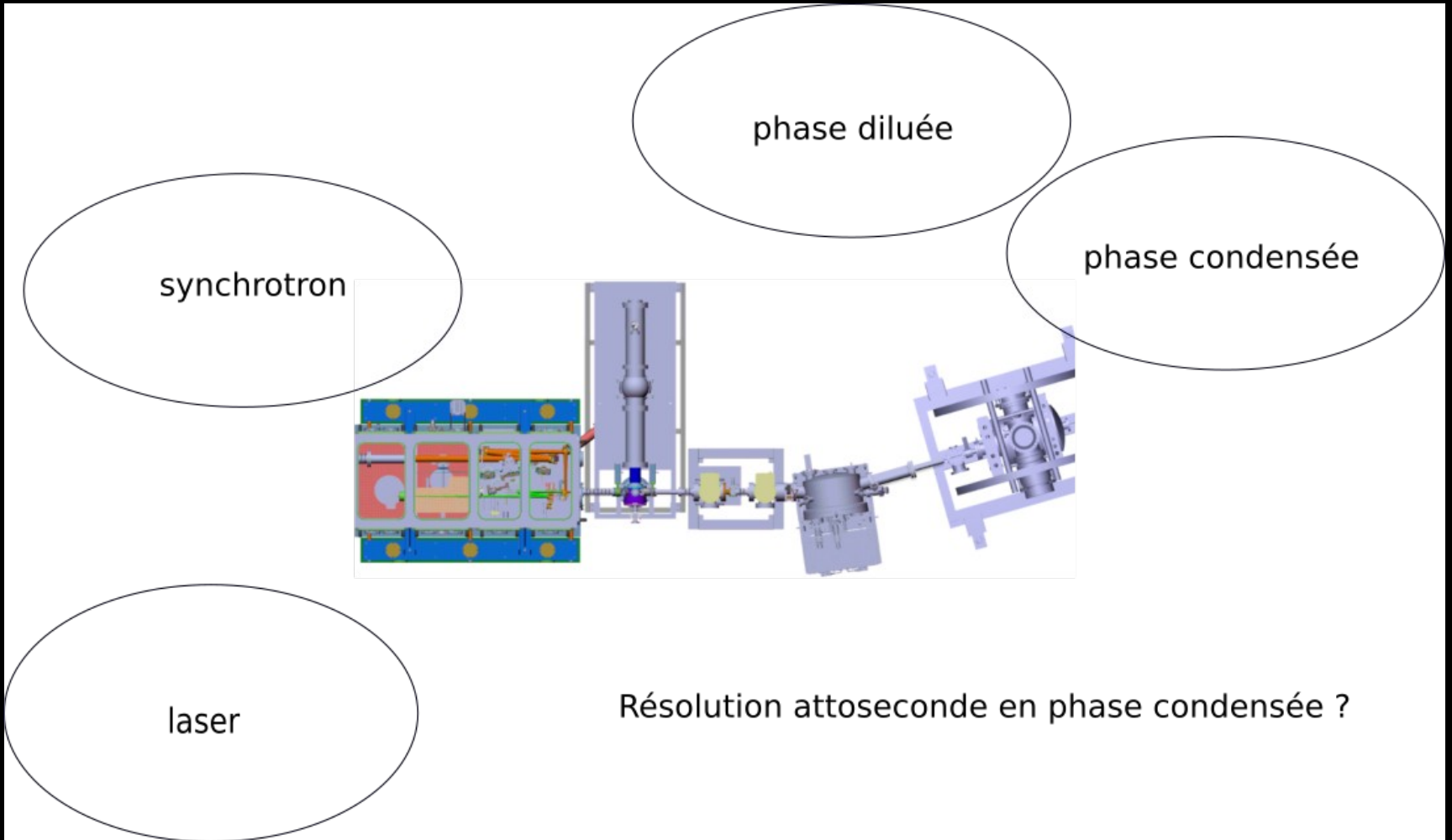
Prochains développements :

- Programmes d'acquisition
- Stabilisation active délai pompe/sonde



Conclusion

Une rencontre de différentes communautés



Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Un signal d'erreur linéaire

On veut balayer la différence de chemins optiques et stabiliser **sur une valeur arbitraire**

Mesure de deux signaux en quadrature de phase :

$$V_1 = O_1 + A_1 \sin(\Delta\phi)$$

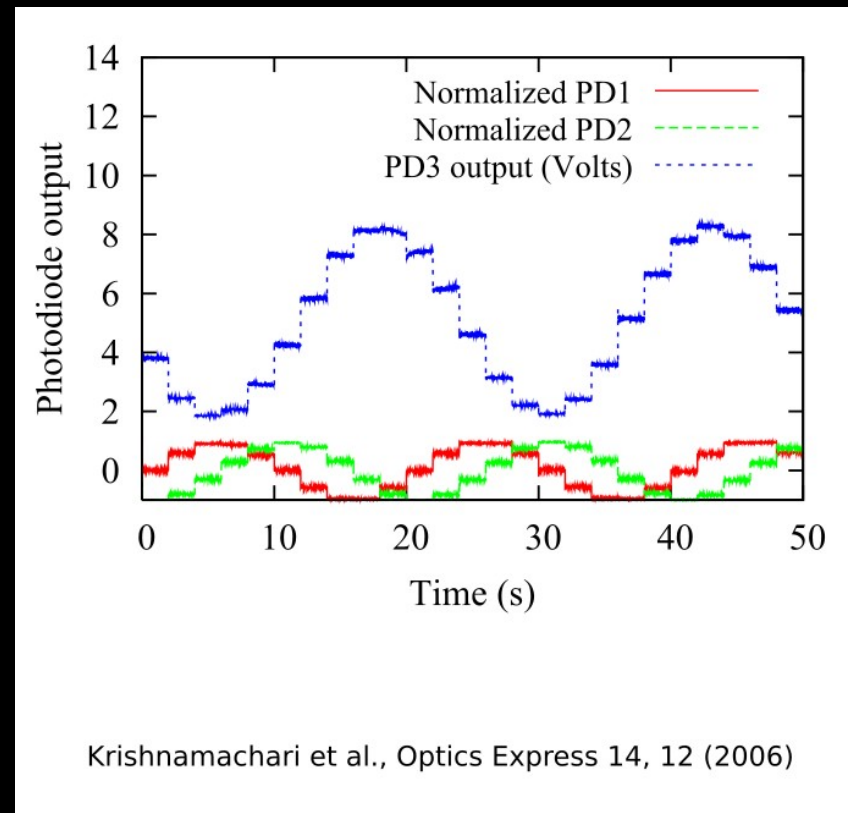
$$V_2 = O_2 + A_2 \cos(\Delta\phi)$$

Calibration des paramètres

O_1, A_1 et O_2, A_2
en scannant le délai

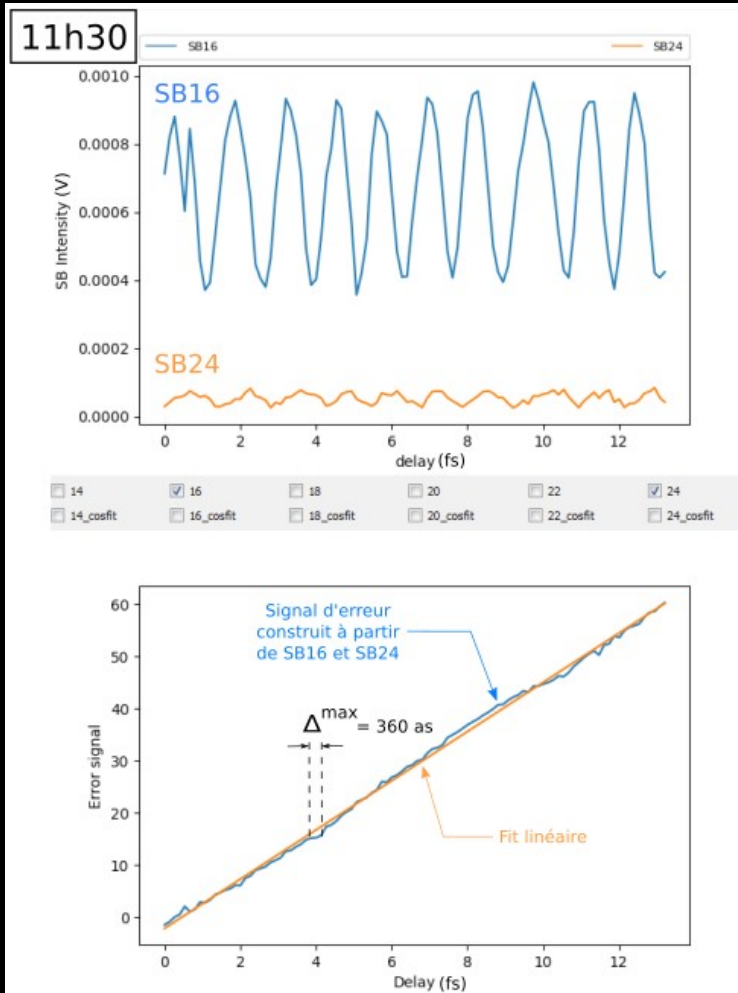
Construction d'un signal d'erreur linéaire avec la différence de phase :

$$\Delta\phi = \arctan\left(\frac{V_1 - O_1}{V_2 - O_2} \times \frac{A_2}{A_1}\right)$$

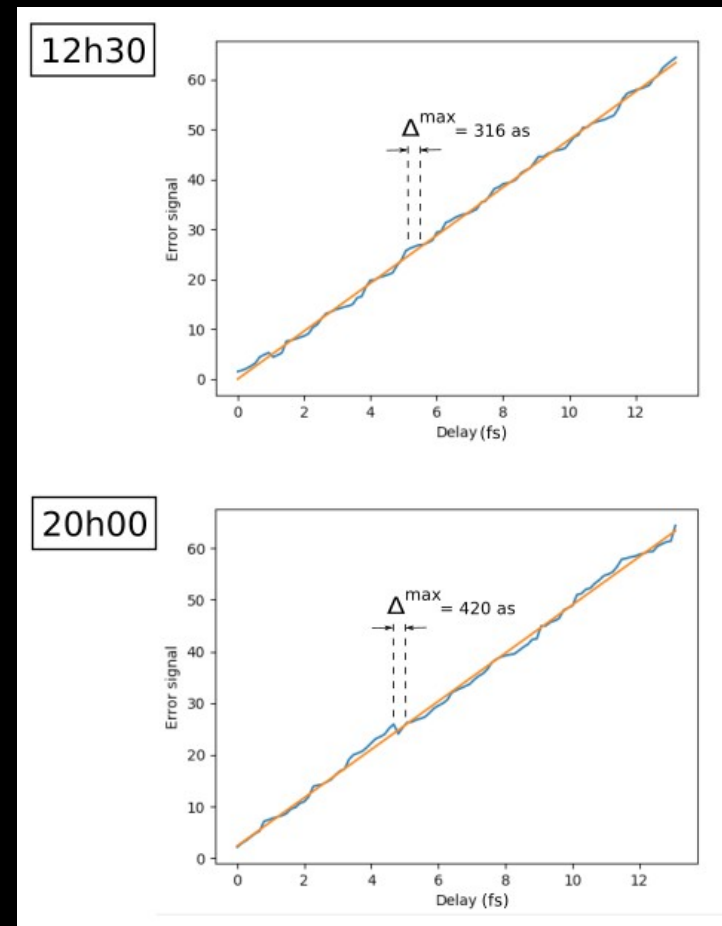


Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Robustesse du signal d'erreur



Signaux d'erreur obtenus plus tard dans la journée avec les paramètres de 11h30



Détermination des paramètres dans ces conditions de génération

Stabilisation active des interféromètres XUV/IR

Bilan de la méthode

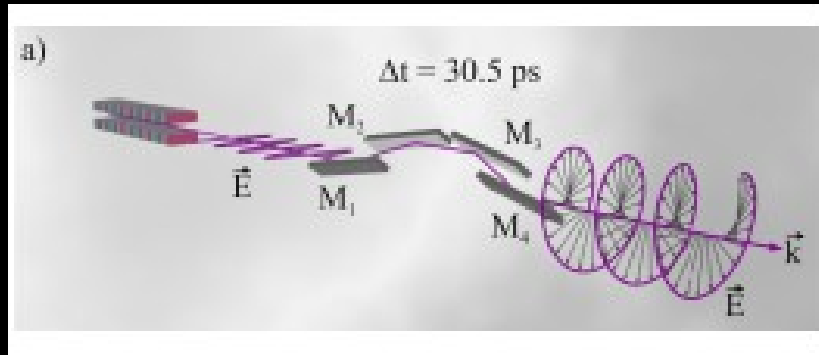
Inconvénients

- Nécessite une ligne à double focalisation : dans une bouteille magnétique puis dans la chambre expérimentale
- Nécessite un laser haute cadence pour extraire le signal rapidement

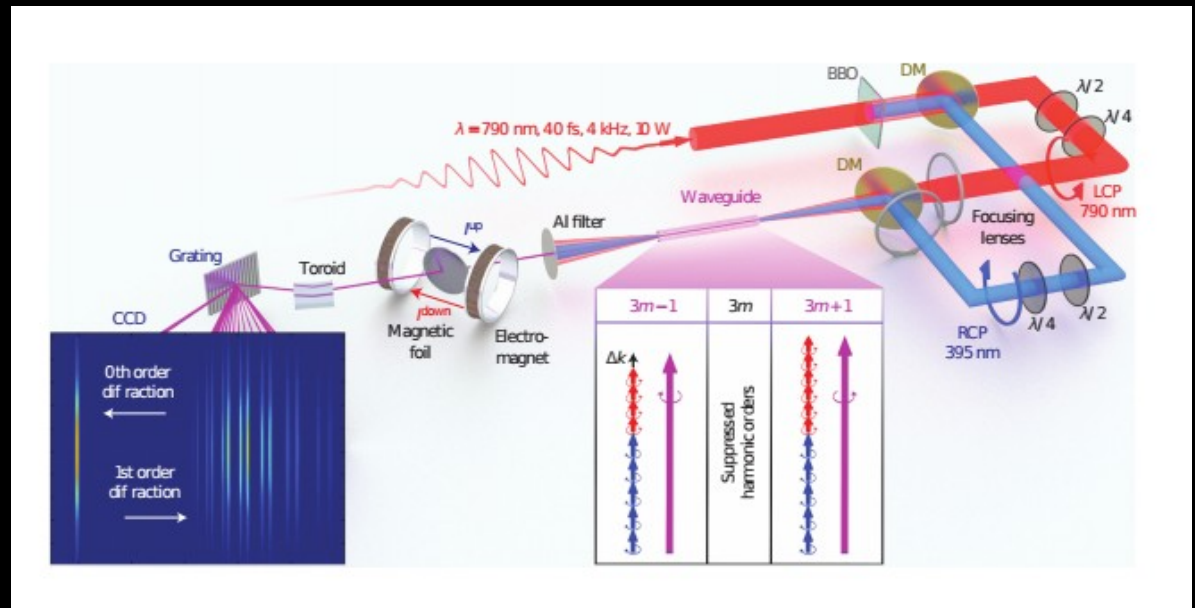
Avantages

- Directement adaptable sur SE1 et SE10 sans système optique supplémentaire
- Le dispositif pourrait être intégré (développements électroniques avancés) et valorisé
- Distinction fondamentale : le signal d'erreur est généré directement à partir de la différence de phase entre les impulsions pompe-sonde

Polarisation circulaire



von Korff Schmising *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 88, 053903 (2017)



Kfir *et al.*, Nat. Phot. 9:99-105 (2015)

Modèle à 3 étapes

