

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



L'accélération laser-plasma sur l'installation laser PW APOLLON : premières expériences et perspectives

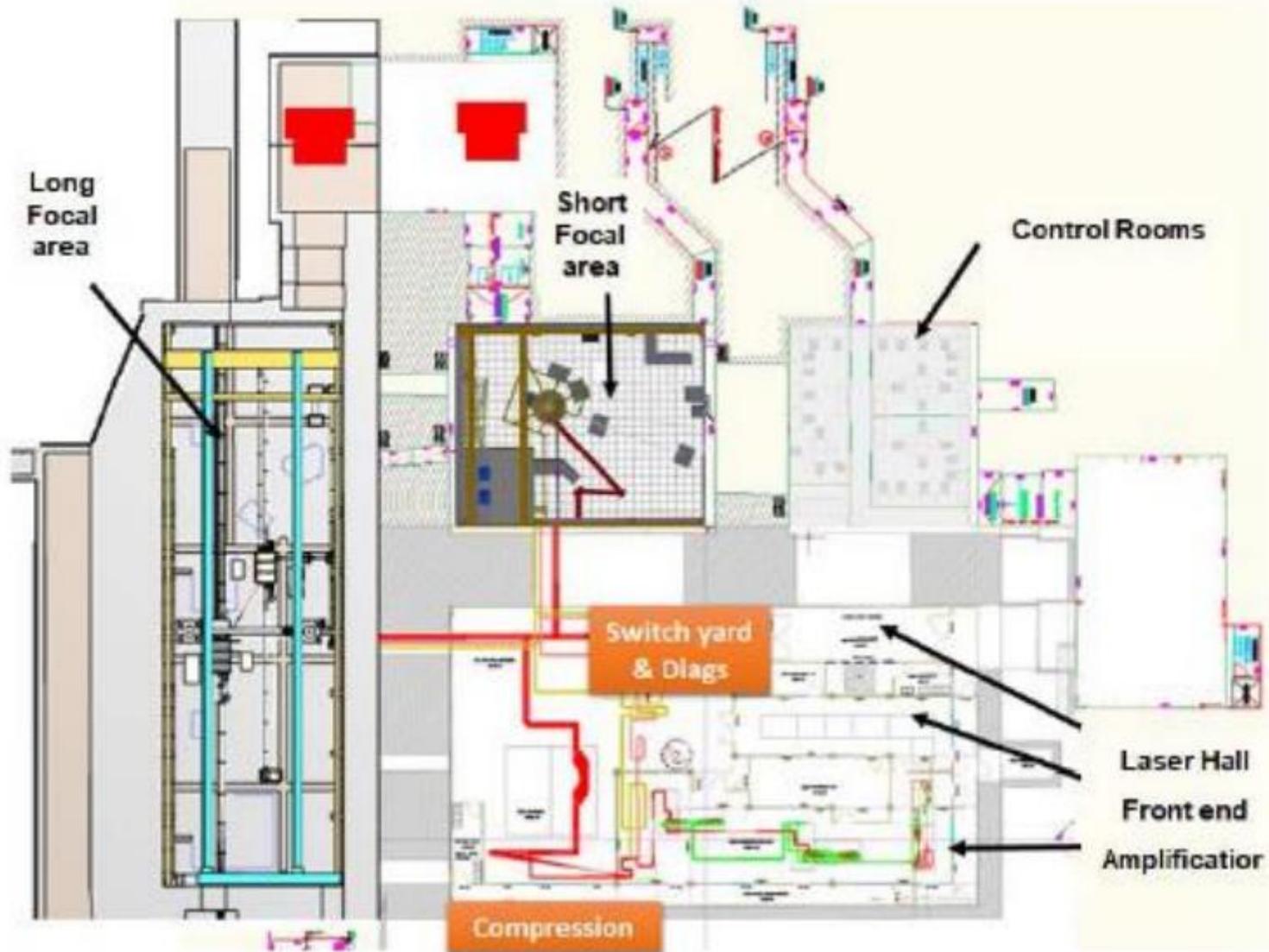
Sandrine Dobosz Dufrénoy



L'Installation de Recherche APOLLON, en quelques chiffres



Vue globale de l'installation



APOLLON: Infrastructure de Recherche, opérée par le LULI
placée sous la tutelle du CNRS et de l'Ecole Polytechnique

- Un faisceau laser principal F1 – $\phi=400\text{mm}$, 15fs / 150J soit $P_{\text{crête}} = 10\text{PW}$
- Un faisceau laser secondaire F2 – $\phi=140\text{mm}$, 15fs/ 15J soit $P_{\text{crête}} = 1\text{PW}$
- Un faisceau laser de « création » F3, ns, E=250J
- Un faisceau laser sonde F4 - 20fs / 250mJ , soit $P_{\text{crête}}=10\text{TW}$

2 salles expérimentales radioprotégées

Salle « courte focale »

Interaction laser intense – cibles solides

Salle « longue focale »

Interaction laser intense – cibles sous denses

APOLLON: Infrastructure de Recherche, opérée par le LULI
placée sous la tutelle du CNRS et de l'Ecole Polytechnique

- Un faisceau laser principal F1 – $\phi=400\text{mm}$, 15fs / 150J soit $P_{\text{crête}} = 10\text{PW}$
- Un faisceau laser secondaire F2 – $\phi=140\text{mm}$, 15fs/ 15J soit $P_{\text{crête}} = 1\text{PW}$
- Un faisceau laser de « création » F3, ns, E=250J
- Un faisceau laser sonde F4 – 20fs / 250mJ , soit $P_{\text{crête}}=10\text{TW}$

2 salles expérimentales radioprotégées

Salle « courte focale »

Interaction laser intense – cibles solides

Salle « longue focale »

Interaction laser intense – cibles sous denses



Vue d'ensemble de la salle courte focale – © Frédéric Durillon/Animea Studio

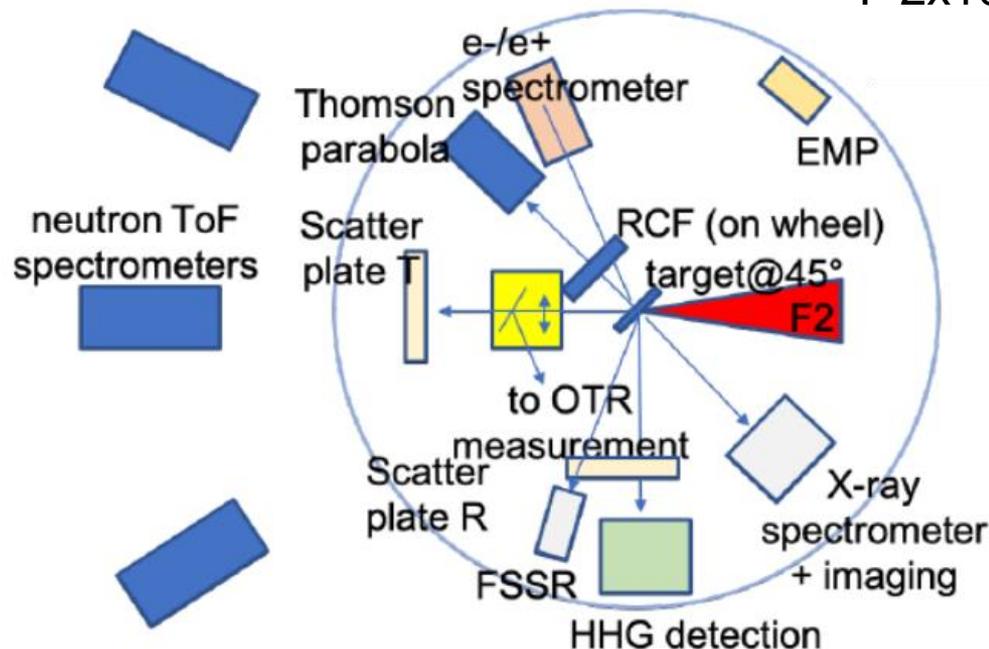
Characterization and performance of the Apollon Short-Focal-Area facility following its commissioning at 1 PW level

K. Burdonov,^{1,2,3} A. Fazzini,¹ V. Lelasseux,¹ J. Albrecht,¹ P. Antici,⁴ Y. Ayoul,¹ A. Beluze,¹ D. Cavanna,¹ T. Ceccotti,⁵ M. Chabanis,¹ A. Chaleil,⁶ S.N. Chen,⁷ Z. Chen,⁴ F. Consoli,⁸ M. Cuciuc,⁷ X. Davoine,⁶ J.P. Delaneau,¹ E. d'Humières,⁹ J-L. Dubois,⁹ C. Evrard,¹ E. Filippov,^{10,3} A. Freneaux,¹ P. Forestier-Colleoni,¹ L. Gremillet,⁶ V. Horny,^{1,6} L. Lancia,¹ L. Lecherbourg,⁶ N. Lebas,¹ A. Leblanc,¹¹ W. Ma,¹² L. Martin,¹ F. Negoita,⁷ J-L. Paillard,¹ D. Papadopoulos,¹ F. Perez,¹ S. Pikuz,¹⁰ G. Qi,¹² F. Quéré,⁵ L. Ranc,^{1,13} P.-A. Söderstrom,⁷ M. Scisciò,⁸ S. Sun,⁴ S. Vallières,⁴ P. Wang,¹² W. Yao,^{1,2} F. Mathieu,¹ P. Audebert,¹ and J. Fuchs¹

Coll. 13
laboratoires

F=42cm

I~2x10²¹W/cm²

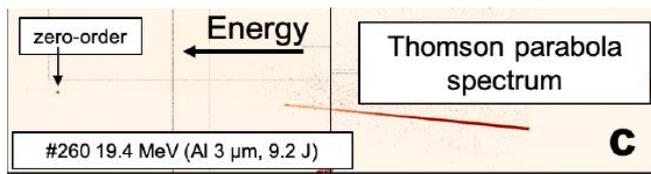


Characterization and performance of the Apollon Short-Focal-Area facility following its commissioning at 1 PW level

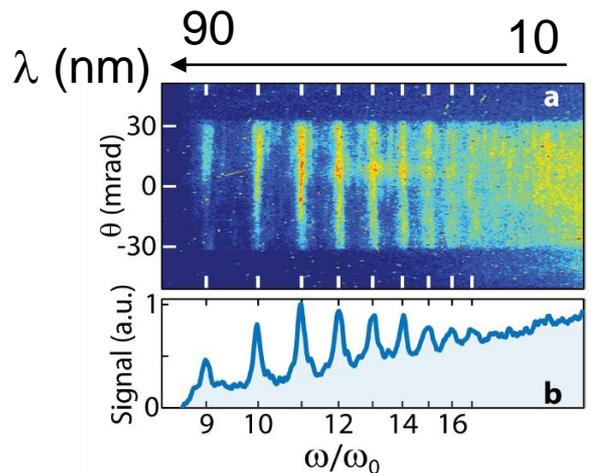
K. Burdonov,^{1,2,3} A. Fazzini,¹ V. Lelasseux,¹ J. Albrecht,¹ P. Antici,⁴ Y. Ayoul,¹ A. Beluze,¹ D. Cavanna,¹ T. Ceccotti,⁵ M. Chabanis,¹ A. Chaleil,⁶ S.N. Chen,⁷ Z. Chen,⁴ F. Consoli,⁸ M. Cuciuc,⁷ X. Davoine,⁶ J.P. Delaneau,¹ E. d'Humières,⁹ J-L. Dubois,⁹ C. Evrard,¹ E. Filippov,^{10,3} A. Freneaux,¹ P. Forestier-Colleoni,¹ L. Gremillet,⁶ V. Horny,^{1,6} L. Lancia,¹ L. Lecherbourg,⁶ N. Lebas,¹ A. Leblanc,¹¹ W. Ma,¹² L. Martin,¹ F. Negoita,⁷ J-L. Paillard,¹ D. Papadopoulos,¹ F. Perez,¹ S. Pikuz,¹⁰ G. Qi,¹² F. Quéré,⁵ L. Ranc,^{1,13} P.-A. Söderstrom,⁷ M. Scisciò,⁸ S. Sun,⁴ S. Vallières,⁴ P. Wang,¹² W. Yao,^{1,2} F. Mathieu,¹ P. Audebert,¹ and J. Fuchs¹

Coll. 13
laboratoires

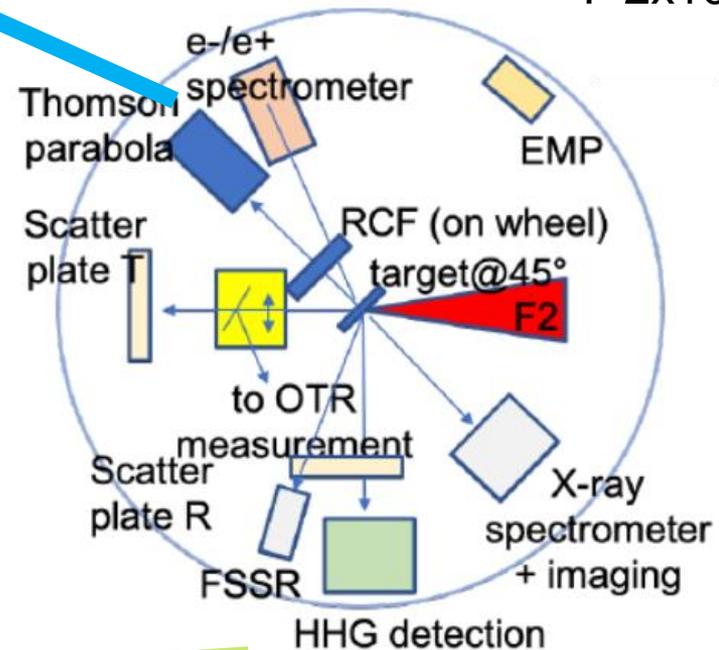
F=42cm
I~2x10²¹W/cm²



H⁺ jusque 28MeV (2-3μm Al)

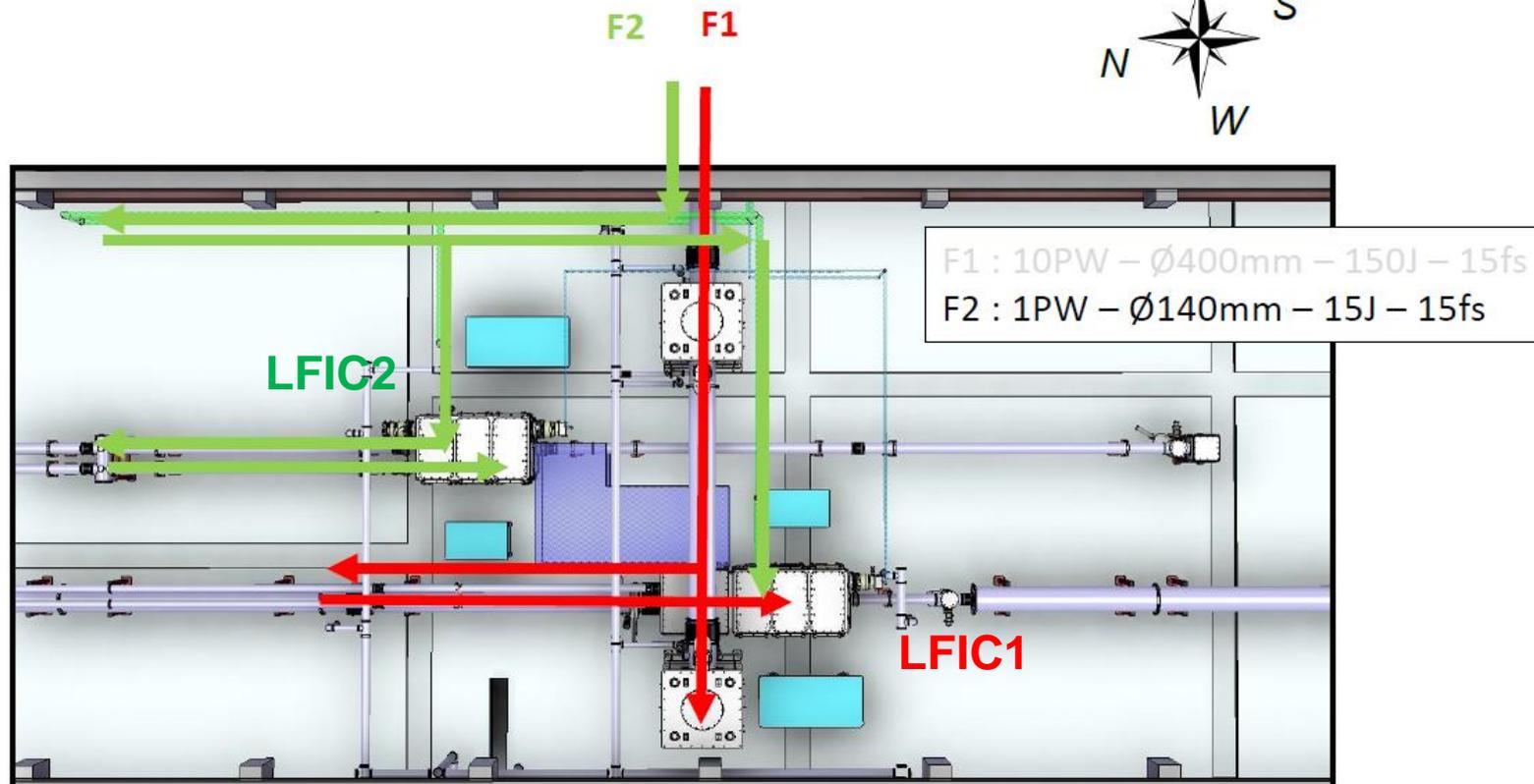


neutron ToF spectrometers





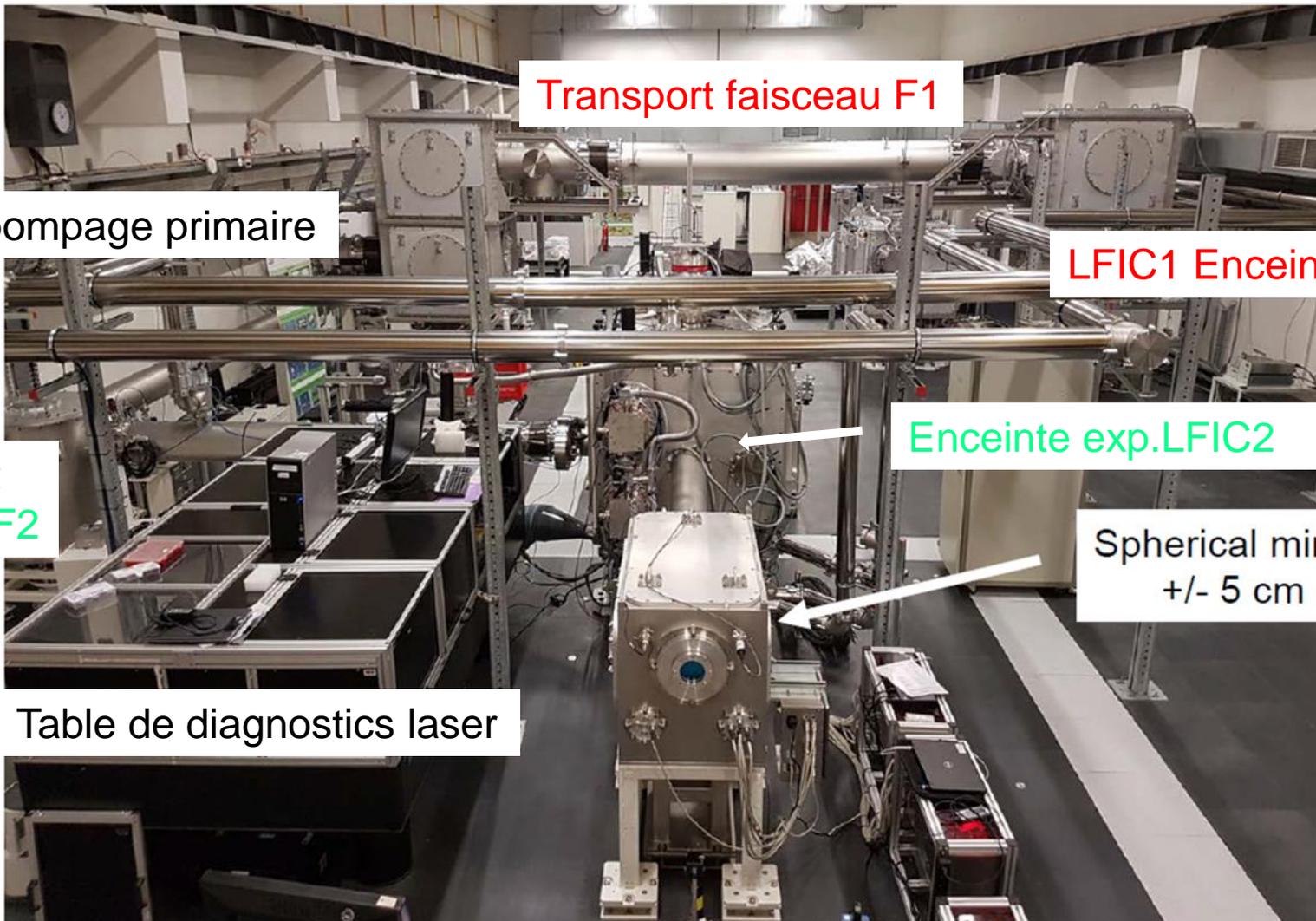
LFA : Top view



- Two experimental laser/plasma interaction areas by using laser beams F1 and F2,
- Long focus distance (F1 : 8 up to 20m; F2 : 3 up to 9m),



LFA : General view South direction

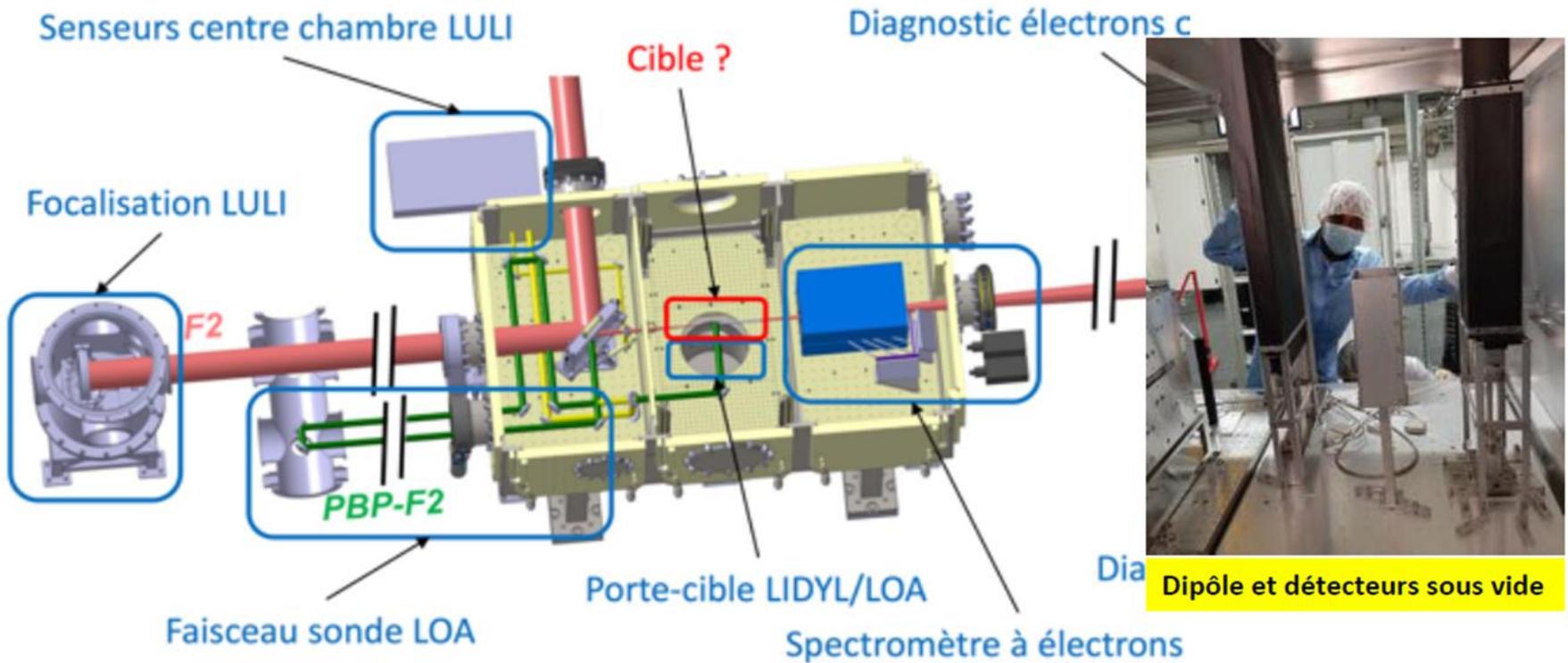


Accélération d'électrons dans plasma (jet de gaz + buses)

He + impuretés de N₂

L=5-15mm

laser: F=3m (F/20) - <12J – 22-25fs

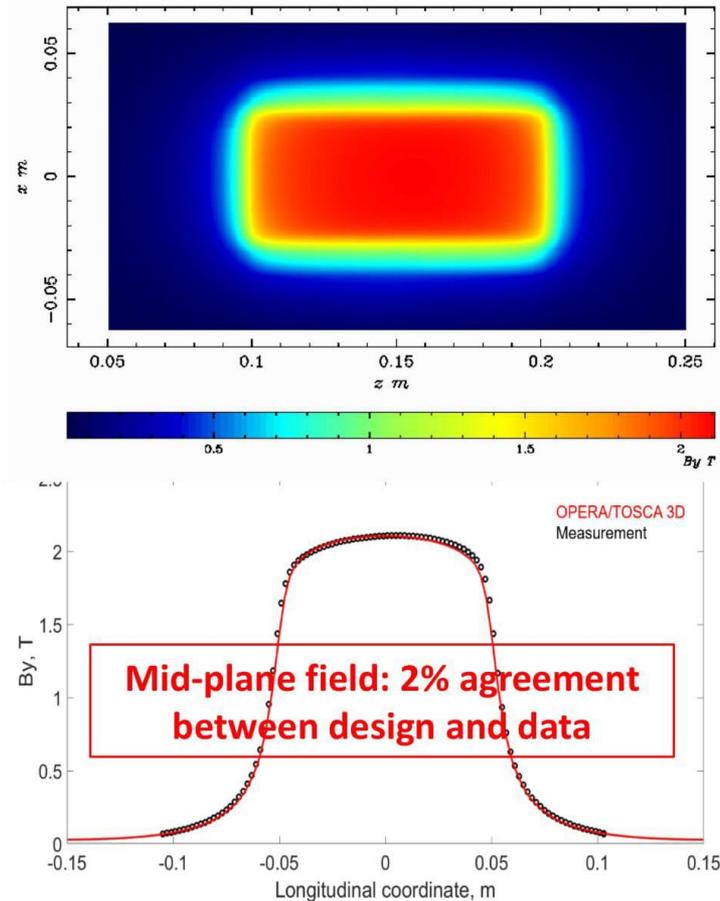


The 0.21 Tesla.meter permanent dipole magnet (2017)

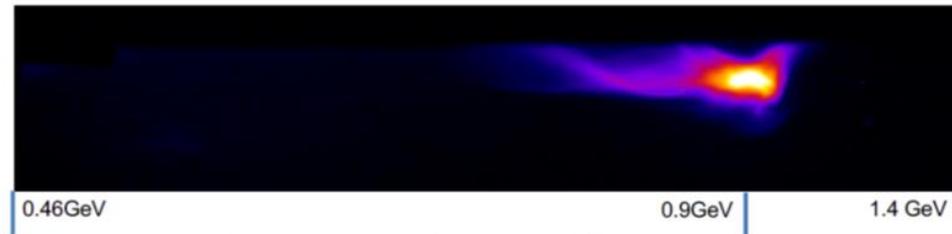
10mm gap \rightarrow F/20 @ $z=80\text{mm}$



M.Kojoyan et al., ICAP 2018 Proceedings, JACoW
M Kojoyan et al. IRIC 2018 Proceedings, JACoW

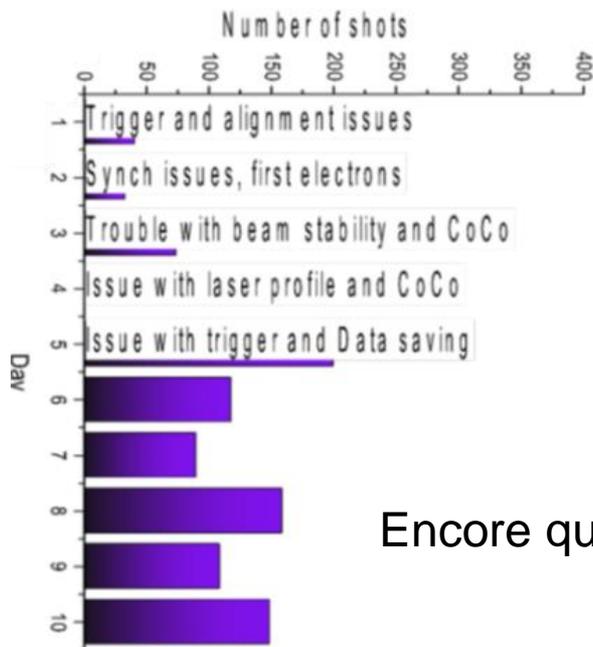


- 800 tirs environ avec une cadence de 1tir/ minute (5 jours utiles)
- **Observation d'électrons accélérés en régime non linéaire presque immédiatement!**
- Montée progressive en énergie du laser, de 6 à 12J, durée 22fs
- Faisceau d'électrons instable, ΔE large, E variable
- Ex. de spectre enregistré grâce à un des écrans YAG:Ce sous vide (0,5-1,5GeV)
E~ 950MeV sur L~10mm

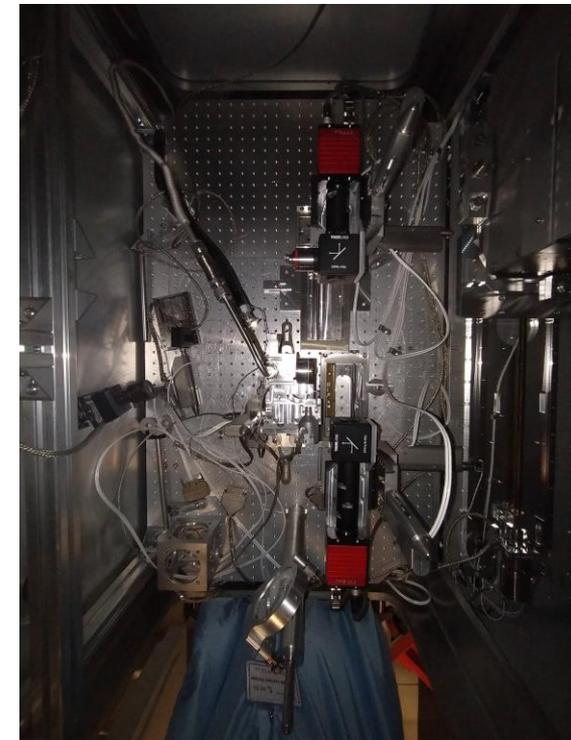


- **Dégradation d'un traitement large bande sur un des miroirs de transport** qui a engendré un endommagement des optiques suivants le miroir défectueux et une diminution d'énergie sur cible

- Laser : F=3m (F/20), E=4-6 J, 22fs
- Plasma créé par focalisation dans une cellule de gaz de L variable $2 < L < 20\text{mm}$, H + impuretés de N_2
- **Spectromètre amovible** et avec champ magnétique plus fort ($0,42\text{T}\cdot\text{m}^{-1}$)
- E_{laser} sur cible monitorée régulièrement !

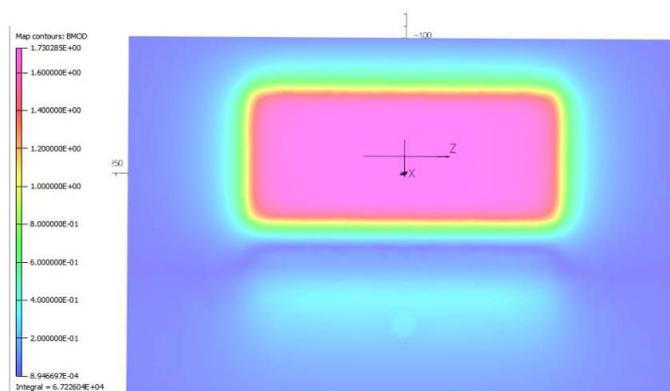



Encore quelques problèmes!



0.42 Tesla.meter permanent dipole magnet (2018)

- 17mm gap, compatible with F/60
- spectrometer for APOLLON multi PW
- energy range: 200 MeV – 12 GeV
computed field map (TOSCA)

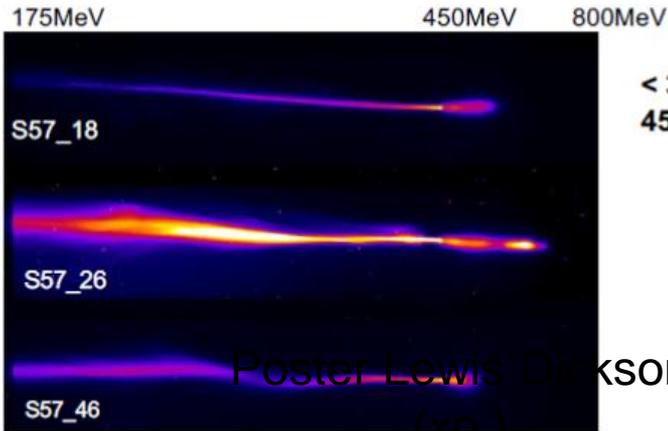


Résultats préliminaires (analyses en cours)

Electron spectra observed in detection windows:

- 175 MeV – 750MeV (LANEX out vac)
- 450 MeV – 1.6 GeV (YAG in vac.)

26/04 Spectra in 6mm long gas cell

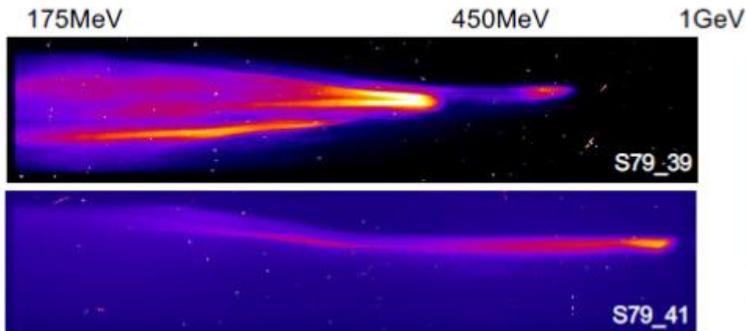


< 3 mrad at
450 MeV

Observed energy range and distribution in agreement with predictions, from simulations performed with focal spot measured in Nov. 2020 as input

Poster Lewis Dikson
(xp.)

30/04 Spectra in 13 mm long gas cell



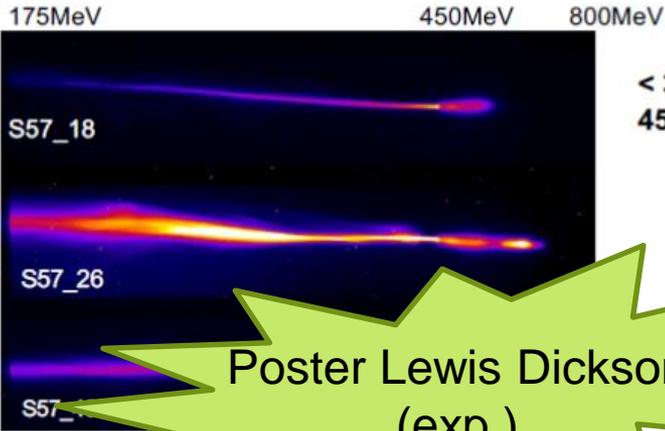
Larger shot to shot instability on the 30th of April, link to measured focal spot quality will be studied in future simulations

Résultats préliminaires (analyses en cours)

Electron spectra observed in detection windows:

- 175 MeV – 750MeV (LANEX out vac)
- 450 MeV – 1.6 GeV (YAG in vac.)

26/04 Spectra in 6mm long gas cell

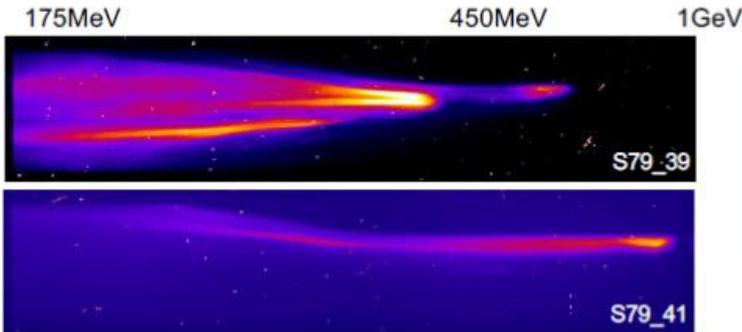


< 3 mrad at
450 MeV

Observed energy range and distribution in agreement with predictions, from simulations performed with focal spot measured in Nov. 2020 as input

Poster Lewis Dickson
(exp.)

30/04 Spectra in 13 mm long gas cell



Larger shot to shot instability on the 30th of April, link to measurement focal spot quality will be studied

Poster Ioaquin Moulanier
(simu.)

Upgrades :

- Démonstration d'une énergie > 100 Joules
- Recompression dans le compresseur 10PW
- Mise en place du transport du faisceau MPW en hall laser et SFA

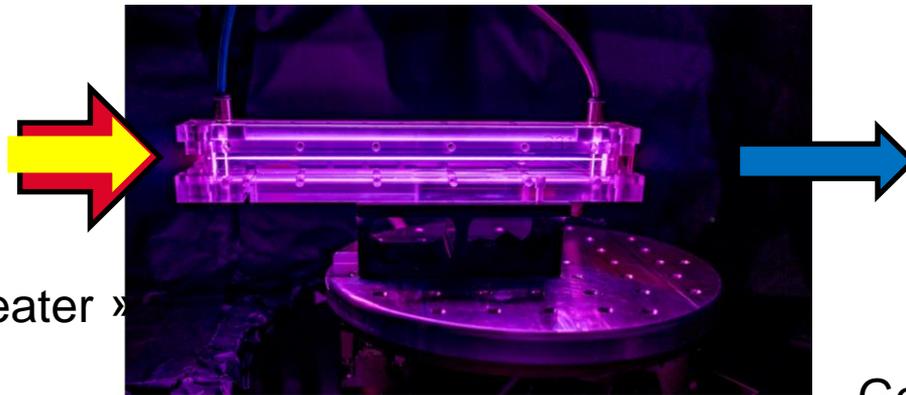
"Appels à projets":

- Mars 2021 : Lancement "**Appel à projets**" pour l'année 2022 avec le faisceau 1PW
- Mai 2021 : Remise des propositions pour l'année 2022
- Juin 2021 : Comité de programme
 - ➔ Sélection de 2 campagnes en LFA et 2 campagnes en SFA
- Décembre 2021 : User's meeting

BELLA - Berkeley

$$L_{\text{cap decharge}} = 20\text{cm}$$

$$Ne = 0,27 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$$



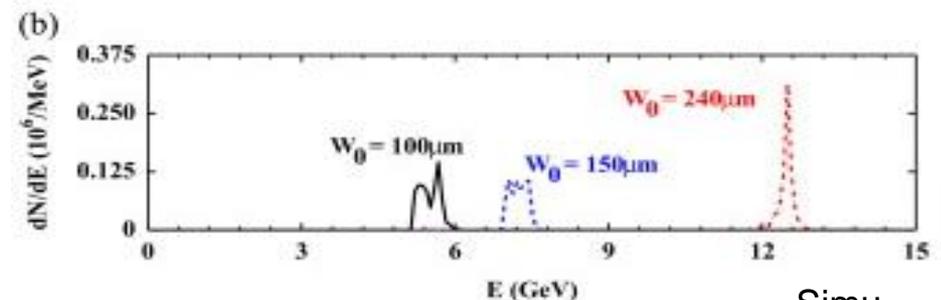
850TW + « heater »

E ~ 8 GeV

Gonsalves et al. PRL, 2019

➤ Vers les plus hautes énergies.....

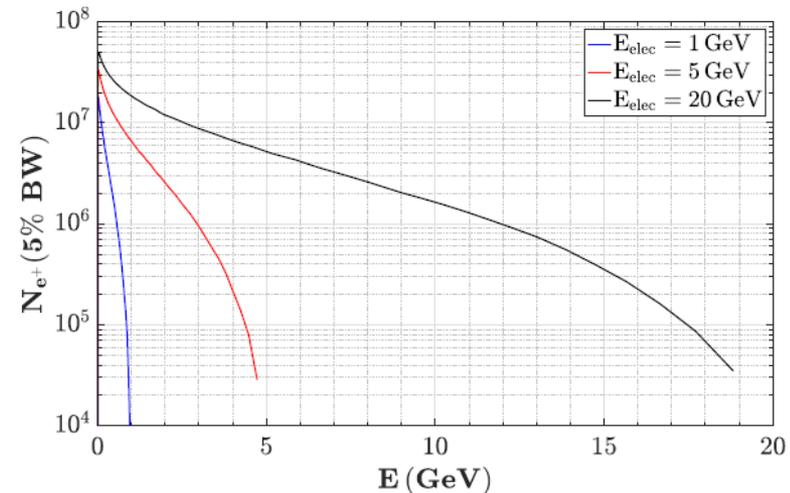
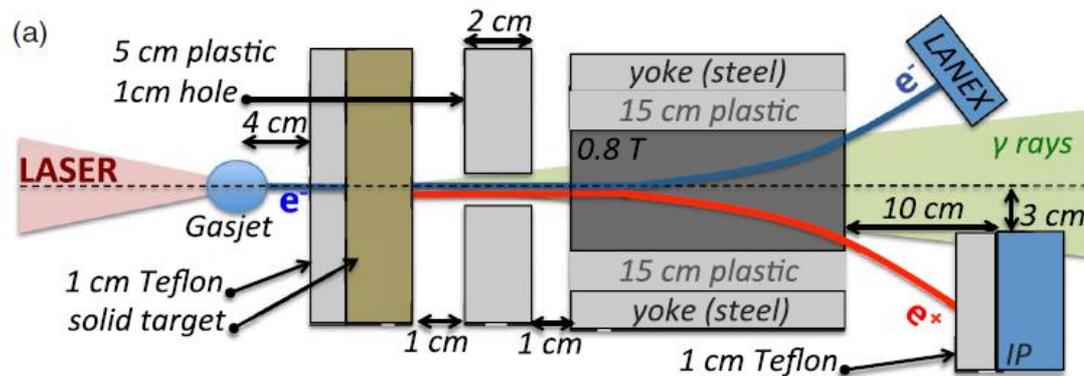
- Guidage optique avec faisceau PW (cf . C. Thaury)
- Multiétages – F2 pour injecteur
F1 pour accélération



B. Cros, NIMA, 2014

Simu.

Utilisation de la source d'électrons pour générer
une source secondaire compacte de positrons

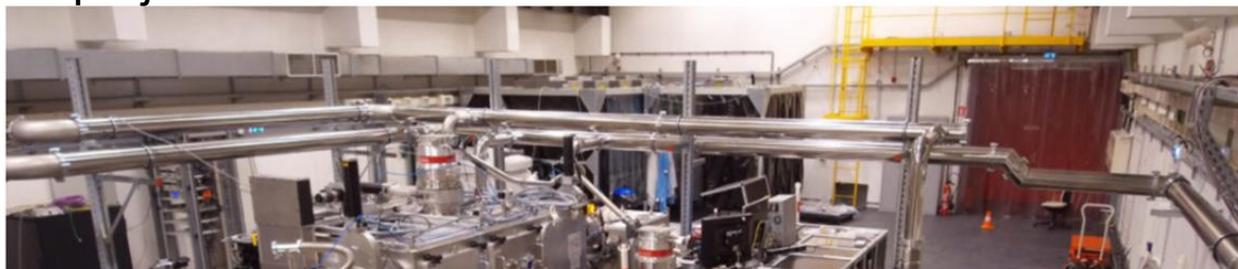


- 1 installation laser de classe PW, en route pour multiPW
- Des faisceaux d'électrons très rapidement obtenus même s'il reste encore du travail pour que l'installation soit pratique pour les utilisateurs
- 1^{er} tests avec la communauté laser-plasma internationale auront lieu en 2022 suite à l'appel à projets de 2021



Espace expérimental du faisceau 1PW en salle longue focale – © Frédéric Durillon/Animea Studio

- 1 installation laser de classe PW, en route pour multiPW
- Des faisceaux d'électrons très rapidement obtenus même s'il reste encore du travail pour que l'installation soit pratique pour les utilisateurs
- 1^{er} tests avec la communauté laser-plasma internationale auront lieu en 2022 suite à l'appel à projets de 2021



Suite aux prochaines « Journées Accélérateurs » 2023



Espace expérimental du faisceau 1PW en salle longue focale – © Frédéric Durillon/Animea Studio