

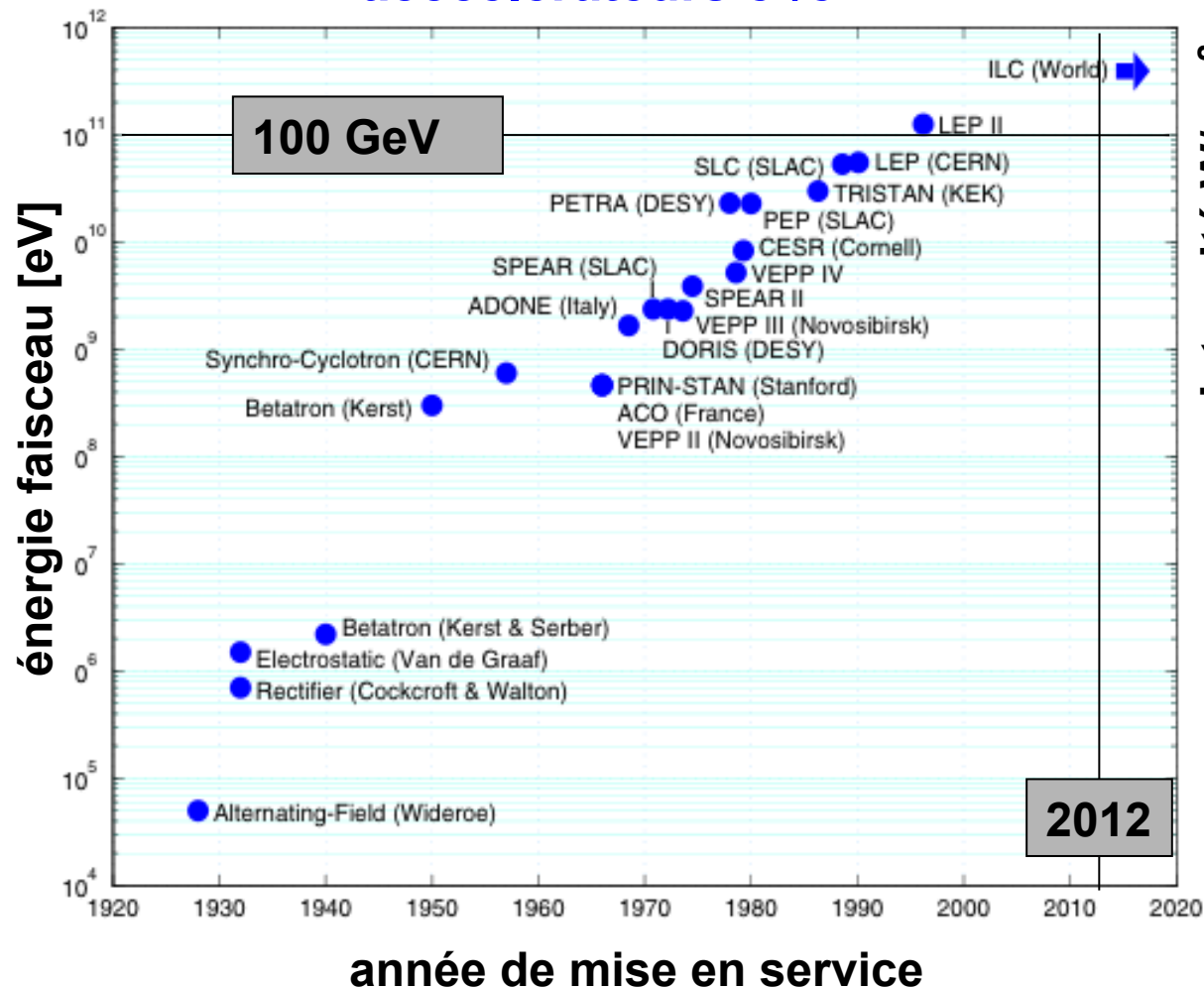
Journées prospectives du LLR

**Accélération laser plasma :
Où en serons nous dans quatre ans (au LLR)?**

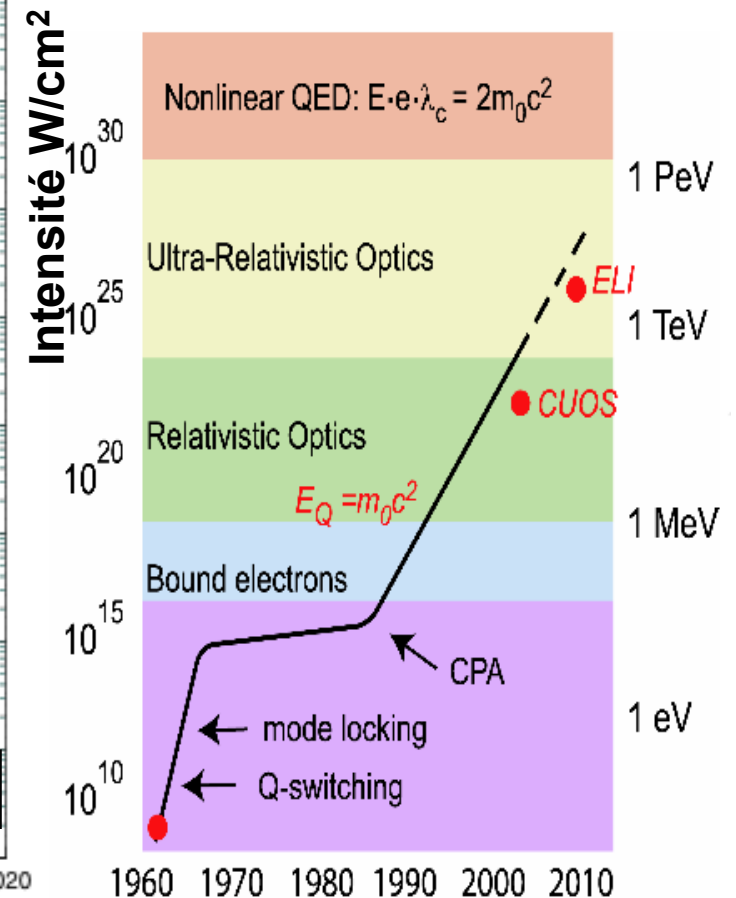
Arnd Specka
Laboratoire Leprince-Ringuet
Ecole polytechnique / IN2P3

Le futur d'aujourd'hui est le passé de demain

accélérateurs e-/e+



LASERS



- énergie = gradient $\times$ longueur $\rightarrow$ machines de plus en plus longues
- progression en énergie $\rightarrow$ rupture technologique

Vous avez dit «long terme»?

Extrait de la page d'accueil (indico) des Journées prospectives Du LHC aux collisionneurs électrons, de CTA au spatial, de JUNO à la physique des ions lourds, **sans oublier les projets plus longs termes comme l'accélération plasma** ou les projets « sociétaux », comme l'instrumentation médicale, on le voit, il y a bien des domaines et des futurs possibles.

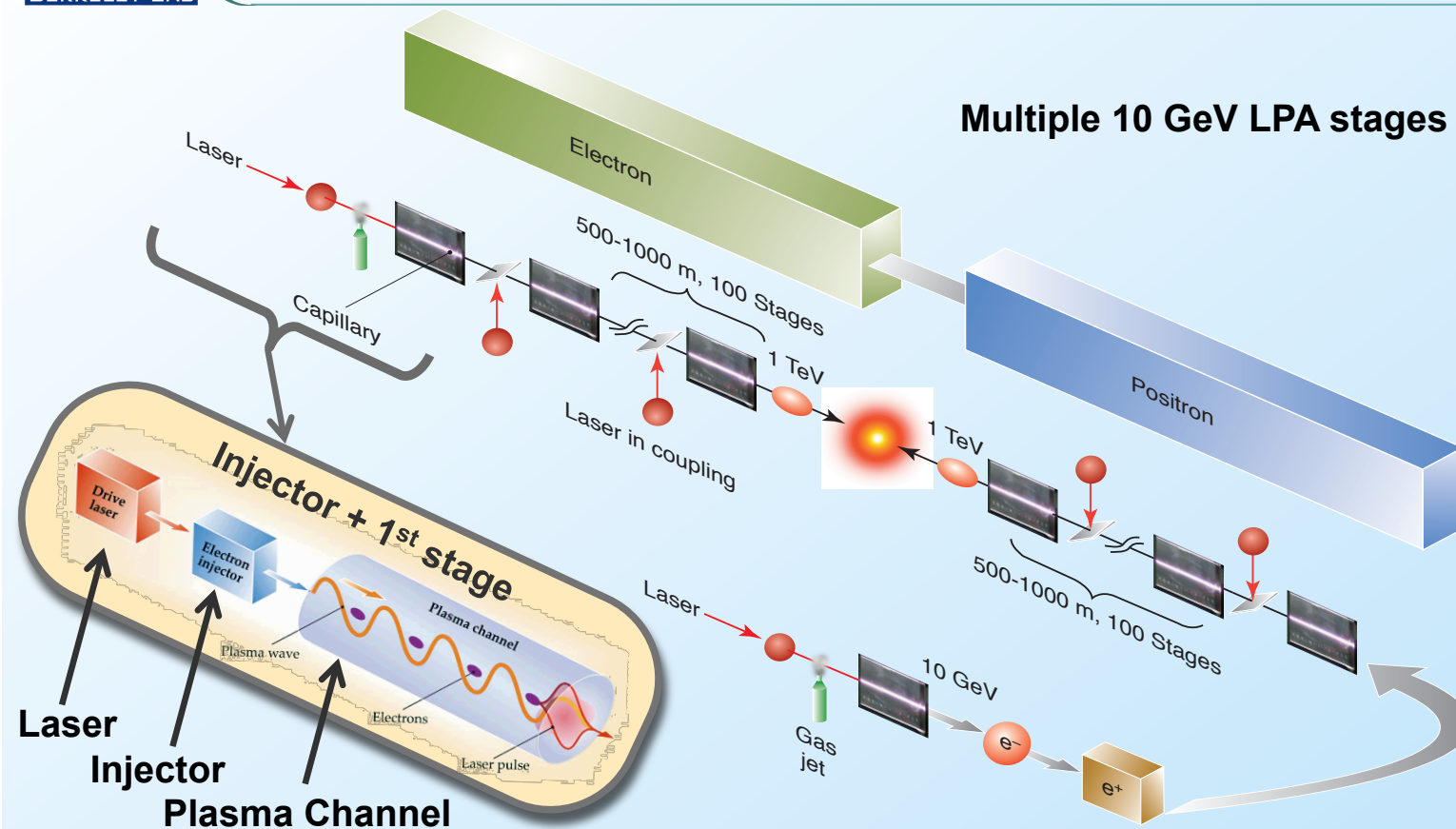
○ Que signifie «long terme» pour vous?

- ILC?**
- FCC?**
- mission spatiale sur Mars?**
- réchauffement climatique?**
- ITER?**

Du long terme (puisque pas réalisé en 5 ans)



Strawman Design of a TeV LPA Collider



Leemans & Esarey, Physics Today March 2009

Vous avez dit «long terme»?

Extrait de la page d'accueil (indico) des Journées prospectives Du LHC aux collisionneurs électrons, de CTA au spatial, de JUNO à la physique des ions lourds, **sans oublier les projets plus longs termes comme l'accélération plasma** ou les projets « sociétaux », comme l'instrumentation médicale, on le voit, il y a bien des domaines et des futurs possibles.

○ Que signifie «long terme» pour vous?

- ILC?**
- FCC?**
- mission spatiale sur Mars?**
- réchauffement climatique?**
- ITER?**

Motivation originale à long terme (ici collisionneur plasma) ne veut pas dire qu'il n'y pas des enjeux immédiats et des retombées proches.

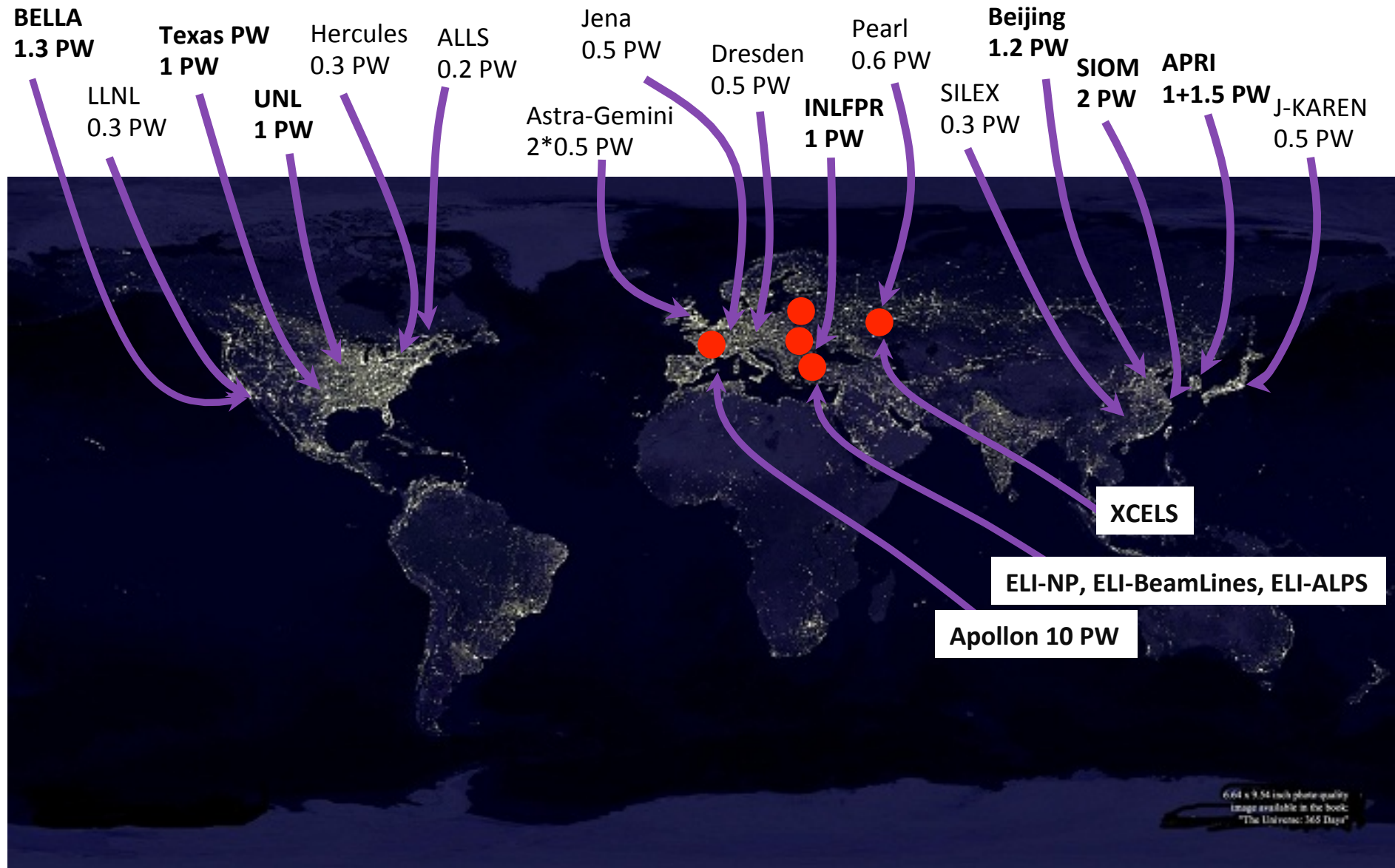
L'accélération (laser –) plasma dans le monde en 2019

○ accélération par faisceau laser (LWFA)

- des lasers petawatt partout (US, Europe, Asie)
- électrons de plusieurs GeV facilement
- protons/ions proche $>500\text{MeV/nucleon}$
- ELI beamlines (CZ) et ELI-NP (RO) auront démarrés
- injection externe (linac RF):
DESY (SINBAD), Frascati, HZDR Dresden



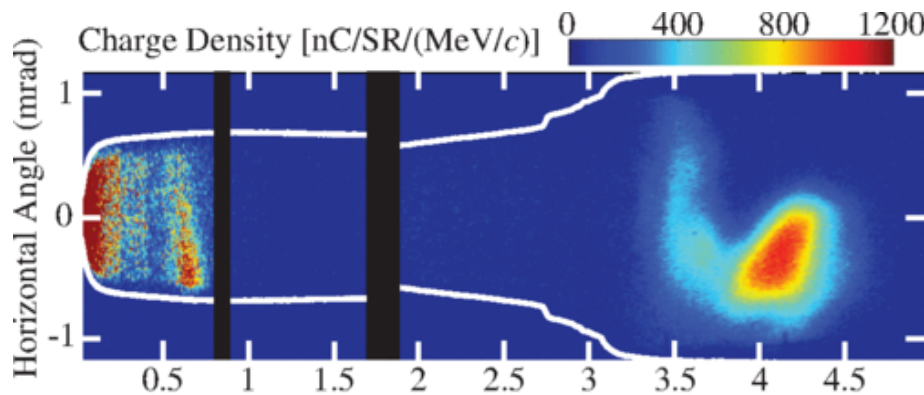
Systems with potential intensities above $10^{20} - 10^{21} \text{ W/cm}^2$



slide courtesy of G Cheriaux

LWFA world record 2014 : ~4GeV in 9cm (LBL, USA)

- previous world record 2012 : ~2GeV in 7cm (U Texas Austin)



1 Petawatt (10^{15} W) laser
BELLA (Amplitude), 1Hz
ici: 300TW P crête
plasma: d'H₂($n_e=7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)

W. Leemans et al., Phys. Rev. Lett **113 245002 (2014)**

(12 signataires, tous Berkeley)

- **$\langle E \rangle = 4.2$ GeV,**
- **auto-injection, 6 pico-coulomb ($\sim 4 \cdot 10^7$ électrons)**
- **dispersion RMS en impulsion : $\Delta p/p = 6\%$**
- **guidage par décharge plasma, $L = 9\text{cm}$**
- **sensibilité au profil radial du laser observé et confirmé par simulation**

L'accélération (laser –) plasma dans le monde en 2019

○ accélération par faisceau laser (LWFA)

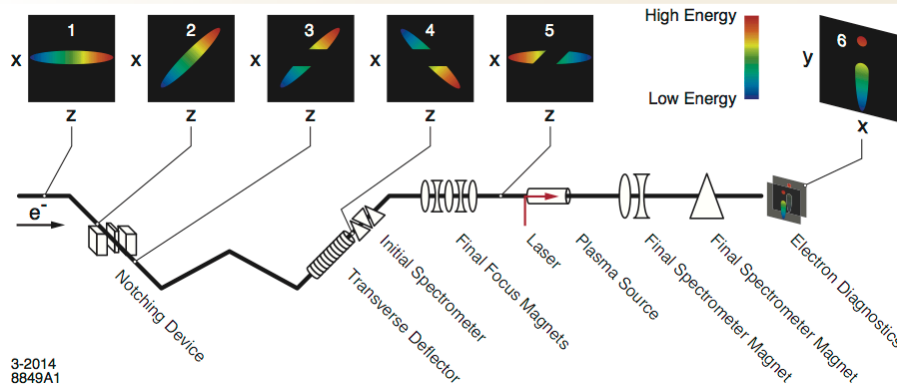
- des lasers petawatt partout (US, Europe, Asie)
- électrons de plusieurs GeV facilement
- protons/ions proche $>500\text{MeV/nucleon}$
- ELI beamlines (CZ) et ELI-NP (RO) auront démarrés
- injection externe (linac RF):
DESY (SINBAD), Frascati, HZDR Dresden



○ accélération par faisceau d'électrons (ou e^+) (PWFA)

- PWFA ailleurs qu'au SLAC: DESY (FlashForward, SINBAD), Frascati
- véritables expériences à 2 paquets (driver+witness)

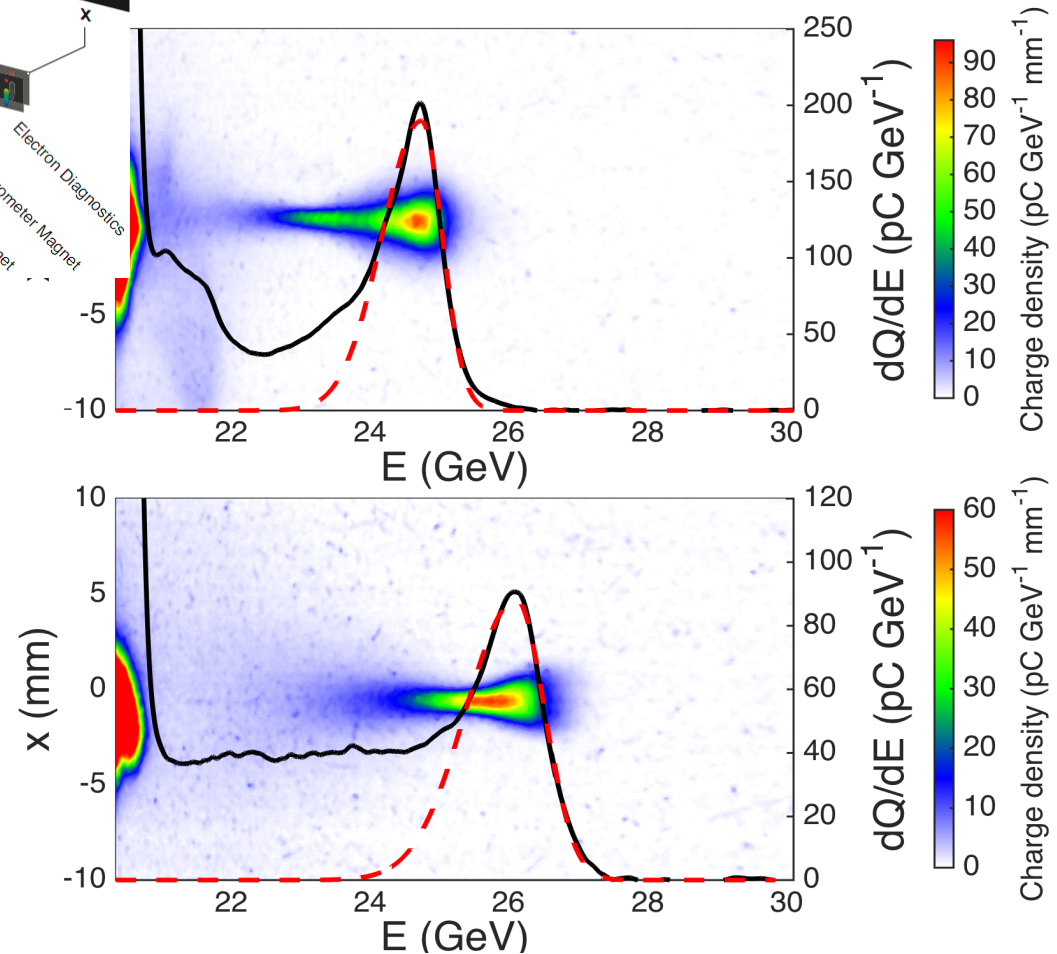
Plasma Wakefield Acceleration: Positrons



FACET

Slide courtesy of S. Corde, EAAC 2015, Elba

- Sent high charge, high density e^+ bunch into high density plasma for the first time : an unexpected result!
- We observed a spectrally-distinct positron beamlet gain 5 GeV of energy.
- The beamlet has low energy spread.



L'accélération (laser –) plasma dans le monde en 2019



○ accélération par faisceau laser (LWFA)

- des lasers petawatt partout (US, Europe, Asie)
- électrons de plusieurs GeV facilement
- protons/ions proche $>500\text{MeV/nucleon}$
- ELI beamlines (CZ) et ELI-NP (RO) auront démarrés
- injection externe (linac RF):
DESY (SINBAD), Frascati, HZDR Dresden

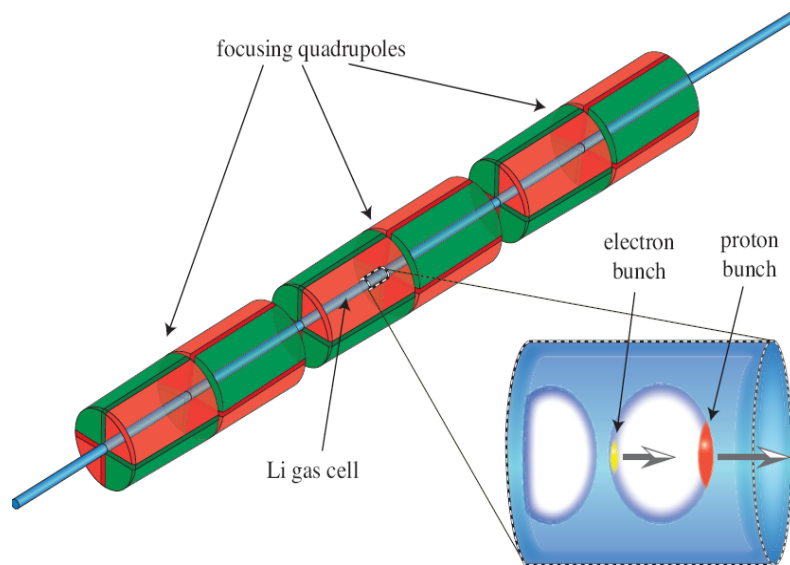
○ accélération par faisceau d'électrons (ou e^+) (PWFA)

- PWFA ailleurs qu'au SLAC: DESY (FlashForward, SINBAD), Frascati
- véritables expériences à 2 paquets (driver+witness)

○ accélération par faisceau de protons (PDPWFA)

- AWAKE (CERN): auto-modulation faisceau p, accélération d' e^- injectés et accélérés au GeV, préparera la phase multi-étage
- AWAKE aura réussi la fusion froide (plasmiciens et acc. physics)

pD-PWFA: Simulation Results (AWAKE)



Drive beam: p^+

$E=1\text{ TeV}$, $N_p=10^{11}$
 $\sigma_z=100\text{ }\mu\text{m}$, $\sigma_r=0.43\text{ mm}$
 $\sigma_\theta=0.03\text{ mrad}$, $\Delta E/E=10\%$

Witness beam: e^-

$E_0=10\text{ GeV}$, $N_e=1.5 \times 10^{10}$

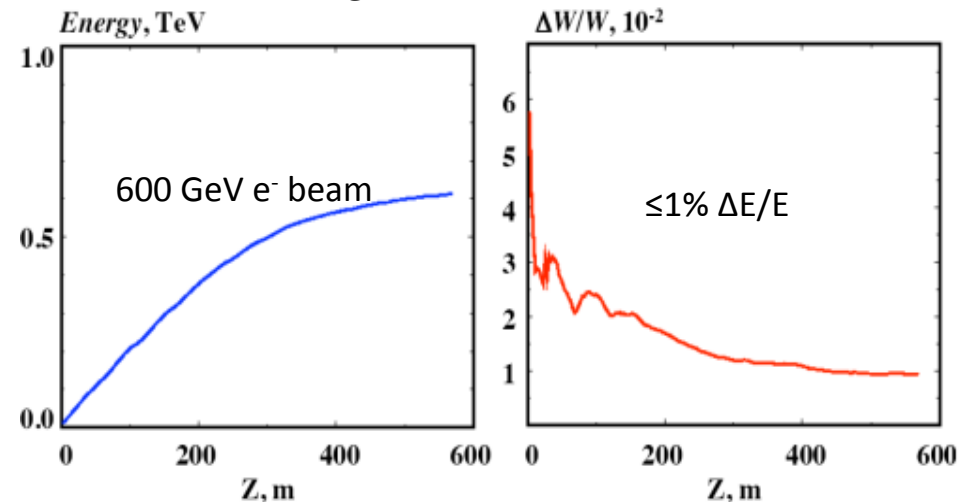
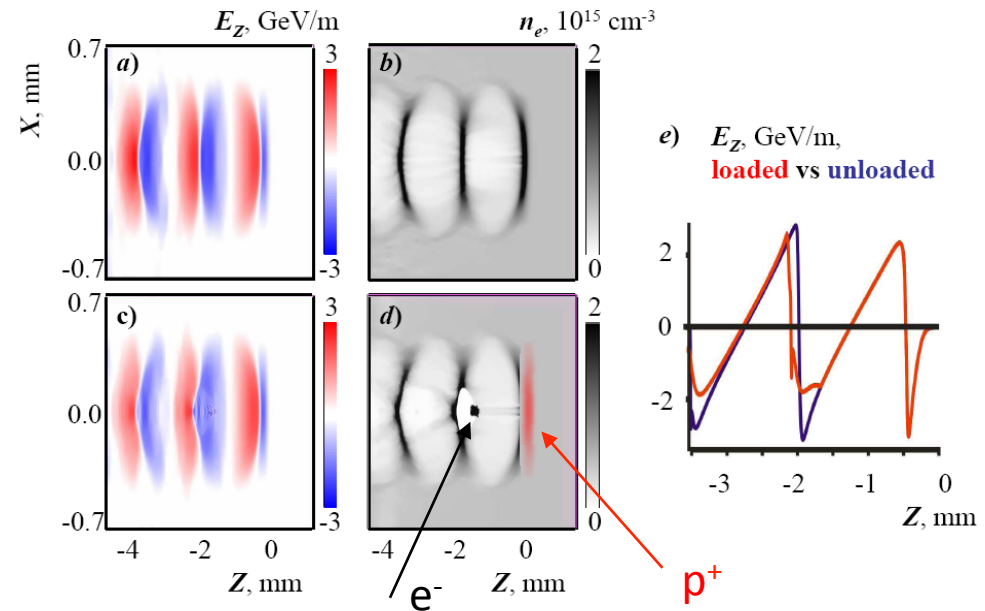
Plasma: Li^+

$n_p=6 \times 10^{14}\text{ cm}^{-3}$

External magnetic field:

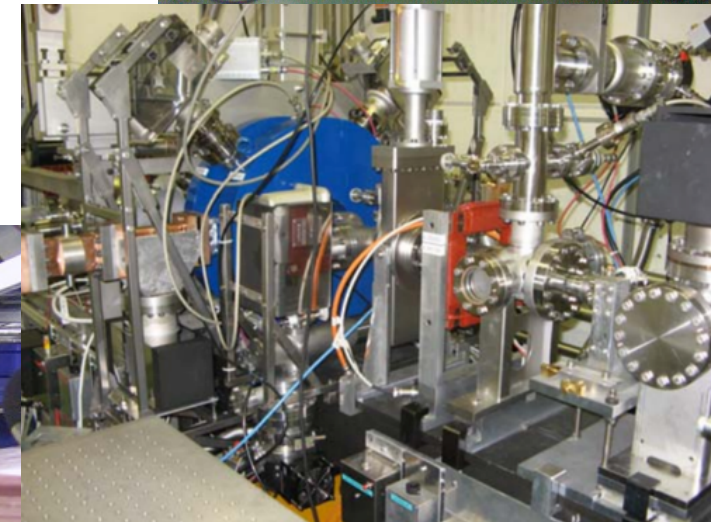
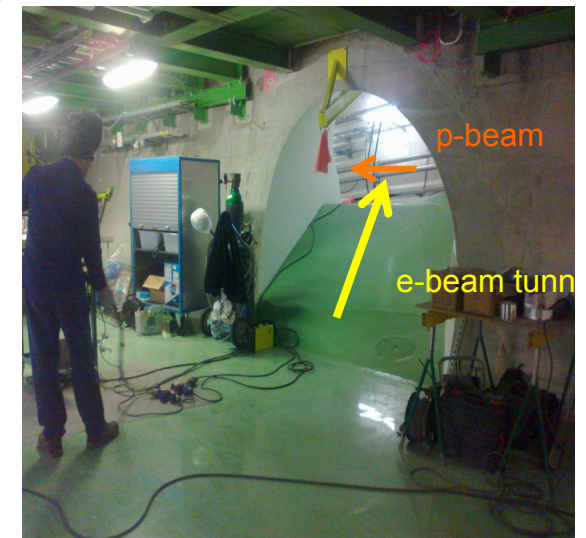
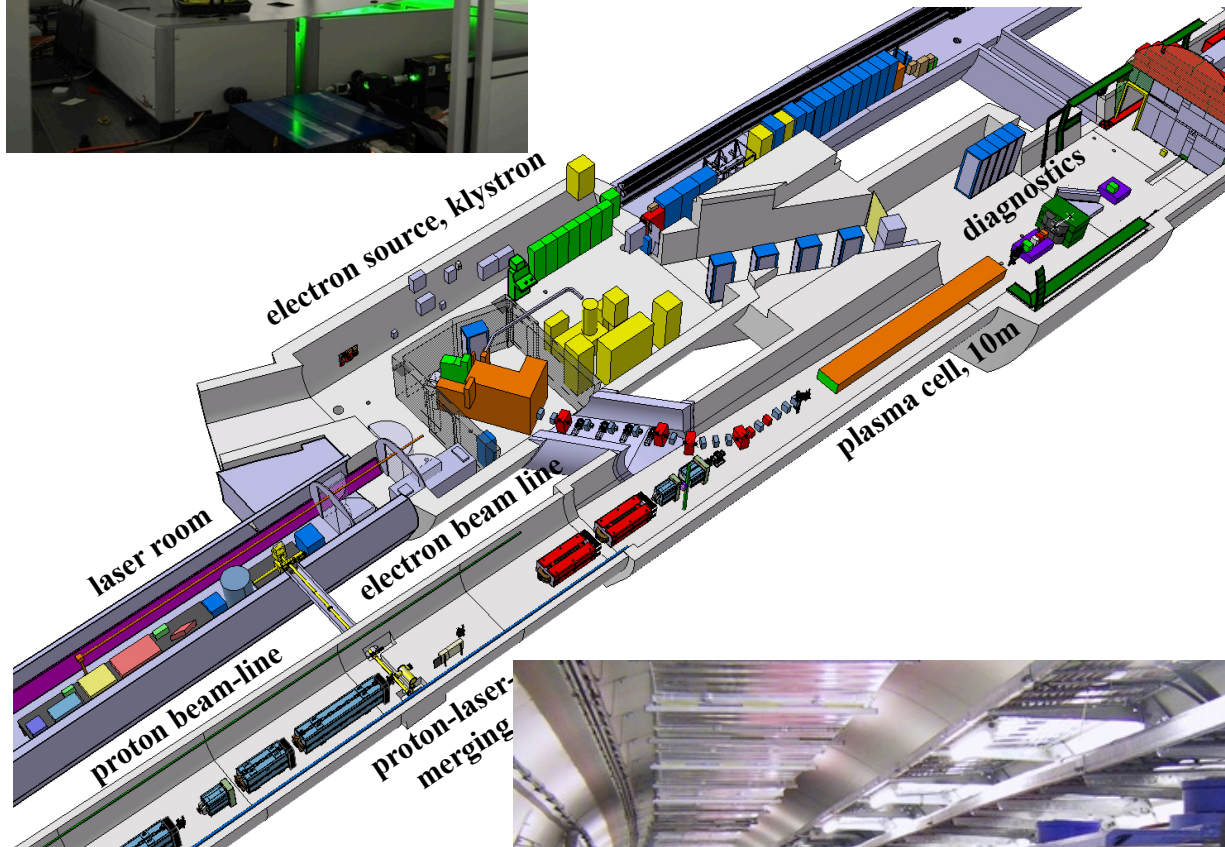
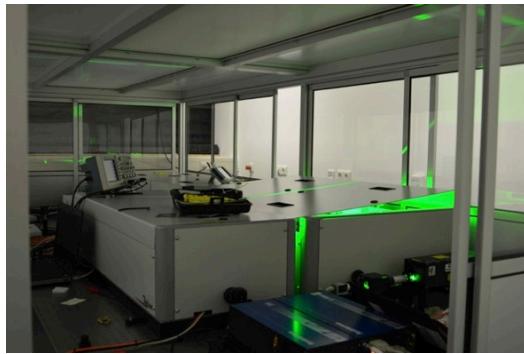
Field gradient: 1000 T/m

Magnet length: 0.7 m



A. Caldwell, K. Lotov, A. Pukhov, F. Simon, *Nature Physics* 5, 363 (2009).

AWAKE Overview



Les deux cultures

physique des particules

machine = accélérateur
expérience = détecteur
chemins de cables organisés
données en continue, shifts
grandes collaborations fixes
histogramme
GANTT chart
Eur. Phys. J., Phys. Lett. B



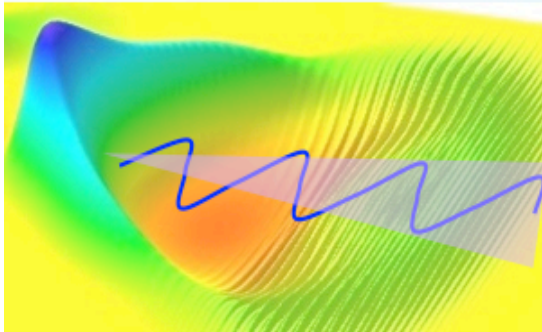
accélération laser-plasma (héritage de la fusion inertielle)

machine = laser
expérience = enceinte+diag's
chaos inspiré
campagnes ciblées
collaboration ponctuelle
image camera
expéditifs de dernière minute
Nature, PRL

- rapprochement des 2 communautés commence au SLAC
- aujourd'hui aussi : DESY, Frascati
- AWAKE est le meilleur exemple d'une collaboration intégrant les deux communautés «sous le format HEP»
 - soutien & implication forts d'un grand centre de recherche (CERN)
 - thématiques & objectifs peu nombreux et très ciblés

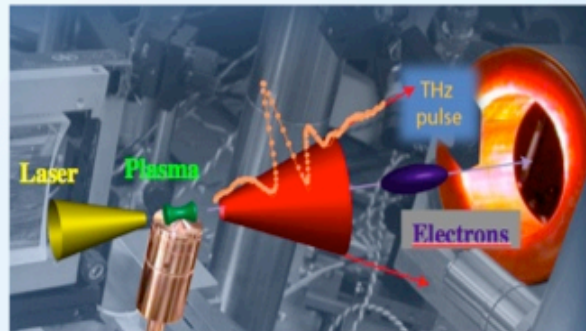
Applications: accélérateurs laser-plasma pour les sources d'X

Betatron radiation during acceleration – Multi keV



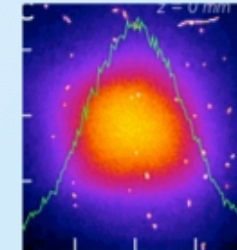
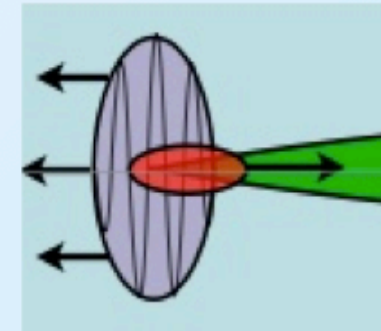
Rousse et al., Phys. Rev. Lett. 93, (2004)
Esarey et al., Phys. Rev. E 65, (2002)

Transition radiation from beam exiting plasma – MV/cm THz



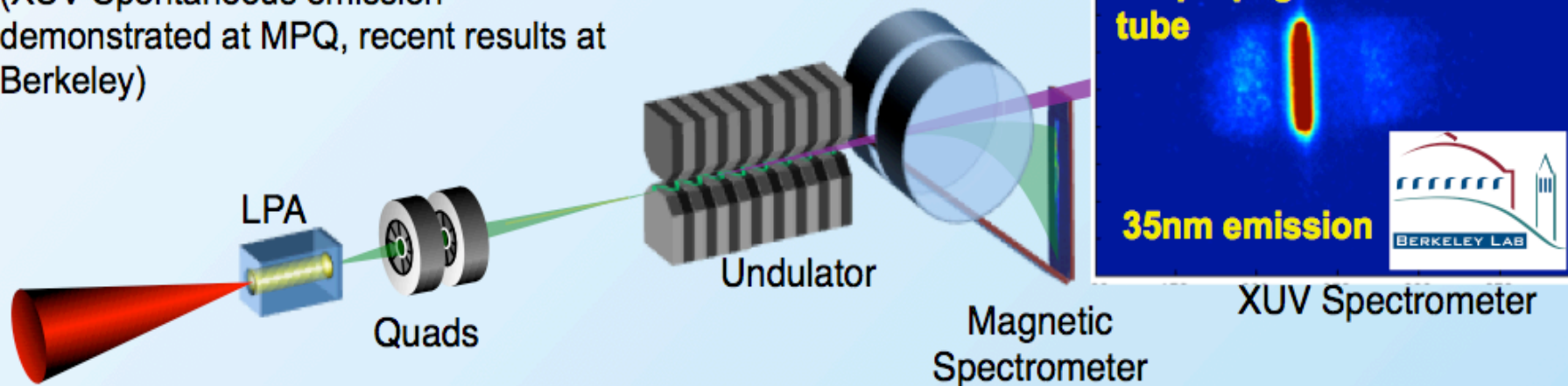
Leemans et al., Phys. Rev. Lett. 91, (2003)

Thomson Scattering – Multi keV/
MeV x-ray/gamma ray



K.Ta Phuoc et al.,
Nature Photonics (2012)

Free Electron Laser
(XUV Spontaneous emission
demonstrated at MPQ, recent results at
Berkeley)



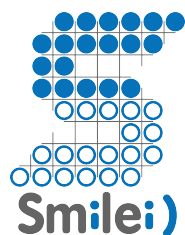
L'accélération (laser –) plasma dans le monde en 2019



- **des expériences d'application partout dans les labos**
 - **moteur principal: sources de lumière (XFEL G5)**
 - **la création de rayons X à partir du plasma = routine**
- **design study EuPRAXIA terminé**
(European Plasma Research Accelerator with eXcellence In Applications)
 - **EuPRAXIA sera sur la ESFRI roadmap et cherche un financement**
- **lasers à haute puissance moyenne deviendront utilisables**
- **des expériences de physique fondamentale (HF-QED, création des paires dans le vide) deviendront réalisables**
- **AWAKE demandera à utiliser le faisceau du LHC pour le PDPWFA**

L'accélération (laser-)plasma sera passé dans le stade «*grand équipement – collaboration – coordination thématique – fiabilisation*», Les «petits labos» continueront à développer des techniques d'avant-garde.

L'accélération laser – plasma **au LLR** dans 4 ans (2019)



○ Simulation

- SMILEI: le code PIC le plus utilisé dans le monde
- cluster MPI Jolly Jumper commence à vieillir

○ CILEX-APOLLON



- le «régime de la bulle» exploré,
- stabilisation démontrée (ou invalidée)
- injecteur LWFA optimisé O(200MeV, 1nC,)
- accélérateur multi-étages avec transport des démontrée O(10GeV)



○ EuPRAXIA

- une ligne de faisceau test pour les détecteurs PHE (aussi)

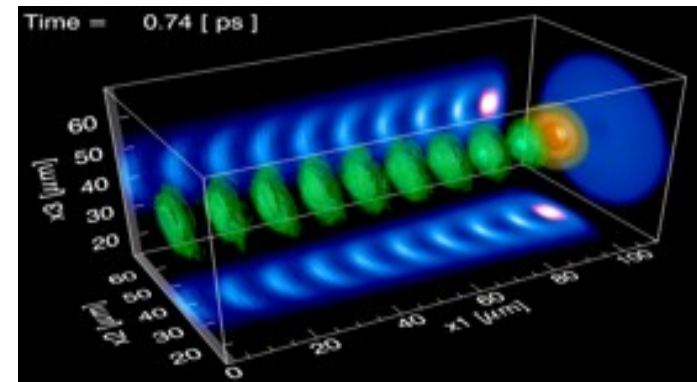
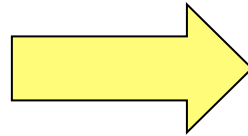
○ EUCARD3 (Eur. Coordinated Accelerator R&D, H2020 IA)

- EuroNNAC: deux autres conférences EAAC auront eu lieu (2017,2019) à l'île d'Elbe
- JRA: «High gradient acceleration techniques» à mi-chemin



Accélération d'électrons par sillage laser haut gradient (LWFA)

→ diminuer la taille des «structures accélératrices



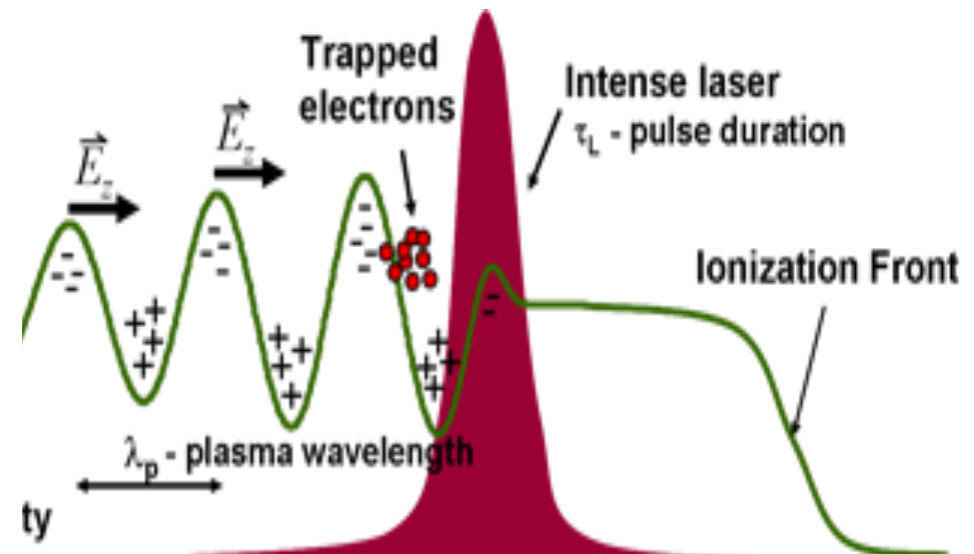
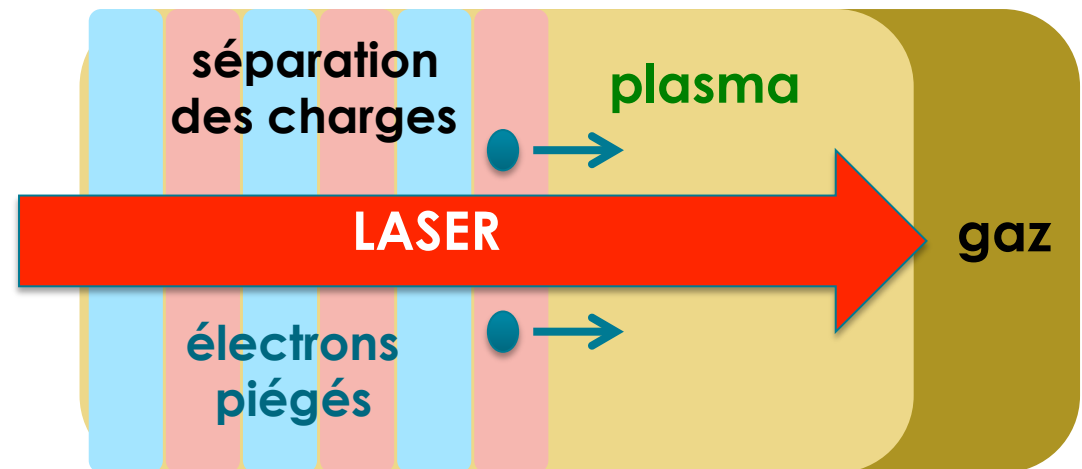
$$E_z < 100 \text{ MV/m}$$

$$E_z = m_e c \omega_p / e \approx 100 \text{ GV/m}$$

- à présent: avec lasers TiSaph O(100TW, 30fs)
- accélération d' électrons de 0 à O(200MeV), voire qqs GeV
- dispersion en E: qqs pourcent
- charges de bunchs: 10-100pC
- emittance (RMS normalisée) O(mm.mrad)

Principe de l'accélération par onde plasma

- ionisation: gaz $\rightarrow$ plasma
- déplacement des électrons par l'impulsion laser
- séparation des charges: onde plasma (electrons)
- piégeage des électrons du plasma dans l'onde
- accélération et focalisation des électrons
- $v_{PH}(\text{onde}) = v_G(\text{laser})$
- déphasage
- déplétion du laser



(graphiques tirés du MOOC PHENIICS)

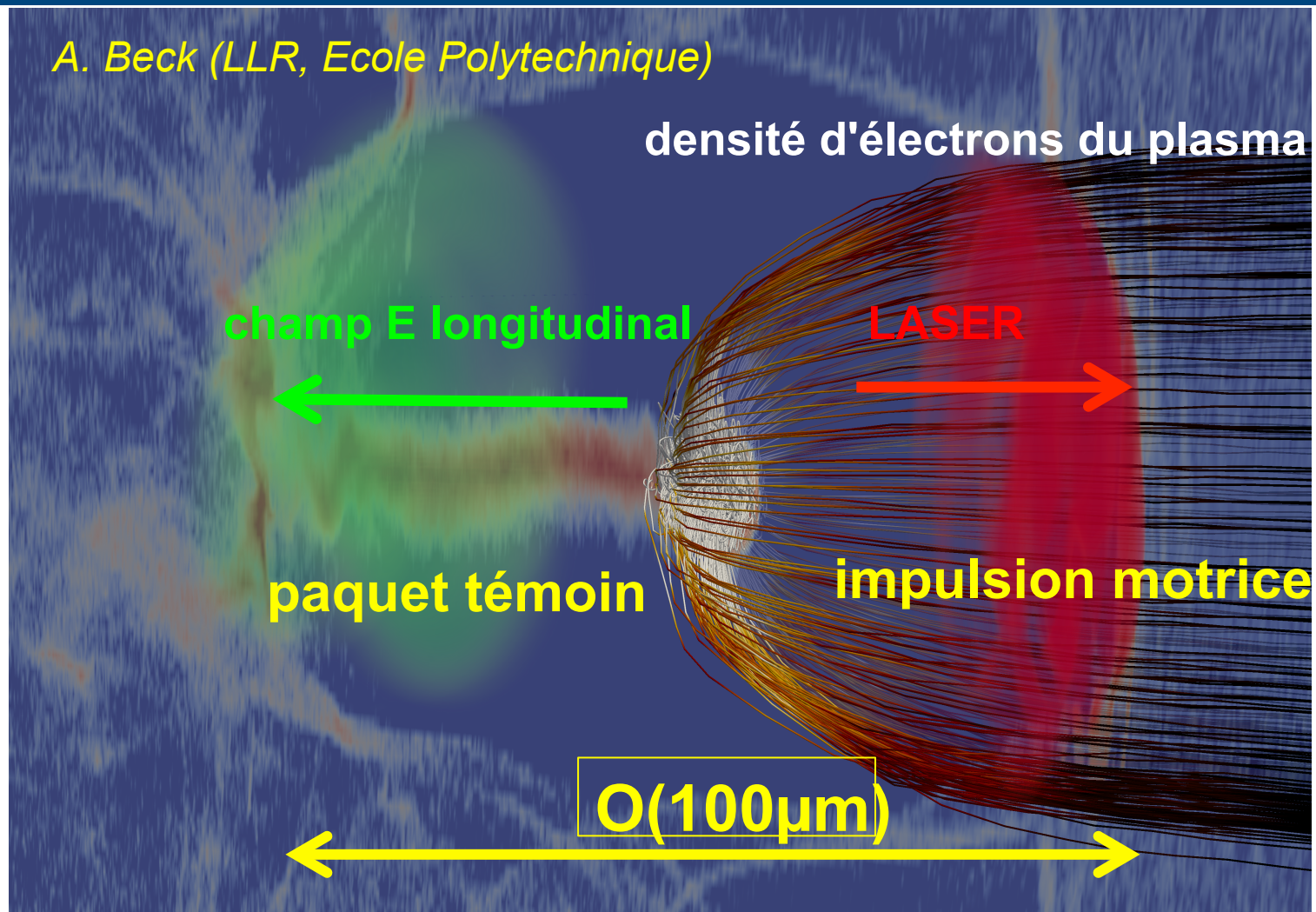
Résumé de l'état de l'art de l'accélération d'électrons par laser

- **compact**
- **amélioration de la stabilité et de la reproductibilité des faisceaux**
- **amélioration de la qualité des faisceaux**
- **faible longueur d'accélération** -> **guidage (pistes)**
- **faible taux de répétition des lasers** -> **innovation laser (ICAN)**
- **faible efficacité énergétique des laser** -> **innovation laser (ICAN)**

**étudier, améliorer et optimiser les différentes techniques d'accélération
en vue de leur domaine d'application (ph. hautes E, photon science)
et démontrer leur faisabilité
sans se préoccuper des limitations dues aux lasers actuels**

Simulation de l'accélération laser (régime du laser APOLLON)

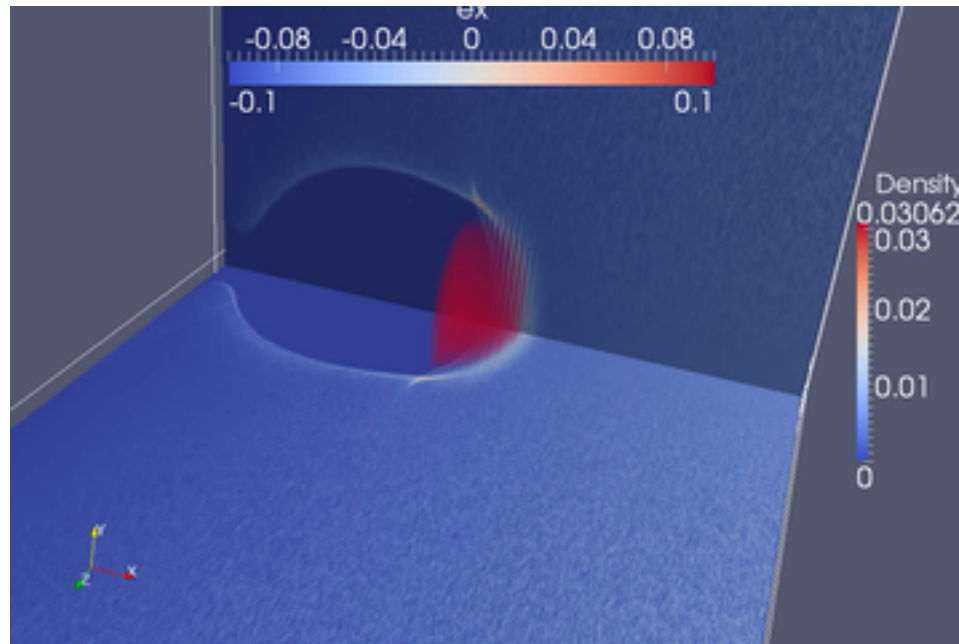
A. Beck (LLR, Ecole Polytechnique)



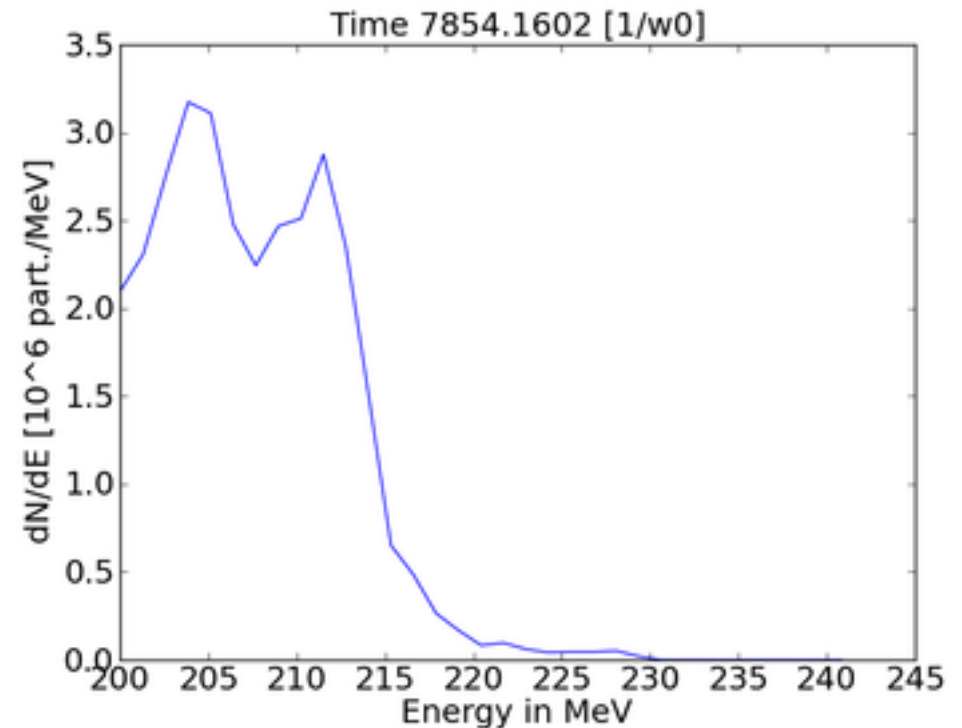
- impulsion laser (fs), Petawatt: Berkeley, Corée, CILEX,...
- paquet d'électrons (ou positrons) très court: SLAC, DESY, Frascati
- paquet de protons: CERN (AWAKE)

Simulation of 600TW 25fs selfinjection & acceleration (CILEX startup)

propagation of laser pulse
in co-moving window (18mm)
bubble shrinkage and expansion



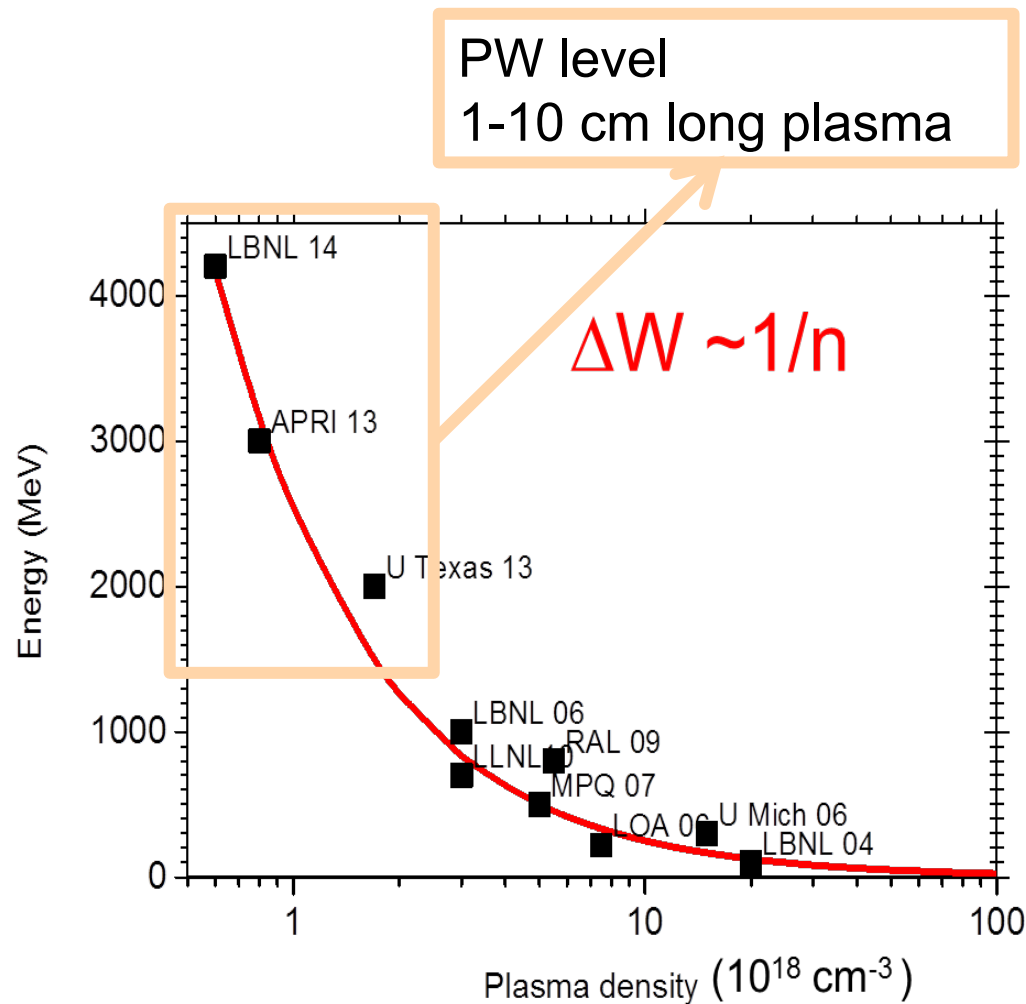
evolution of energy spectrum



stable acceleration over long distances -> choice of regime
narrow electron spectrum with O(3GeV) energy gain over O(20mm)

A. Beck (LLR, Ecole Polytechnique)

Explorer la dépendance entre l'énergie des électrons, la densité du plasma et la puissance laser

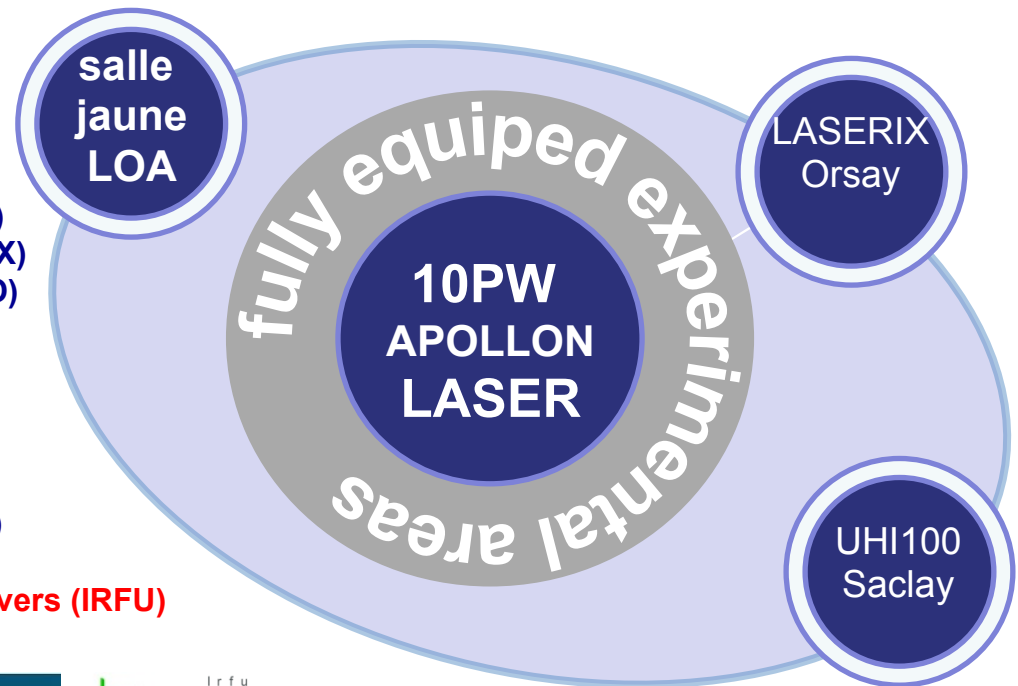


Diminuer la densité conduit à une plus forte énergie des électrons, pour une puissance laser plus élevée et un plasma plus long

Centre Interdisciplinaire de Lumière EXtreme: CILEX

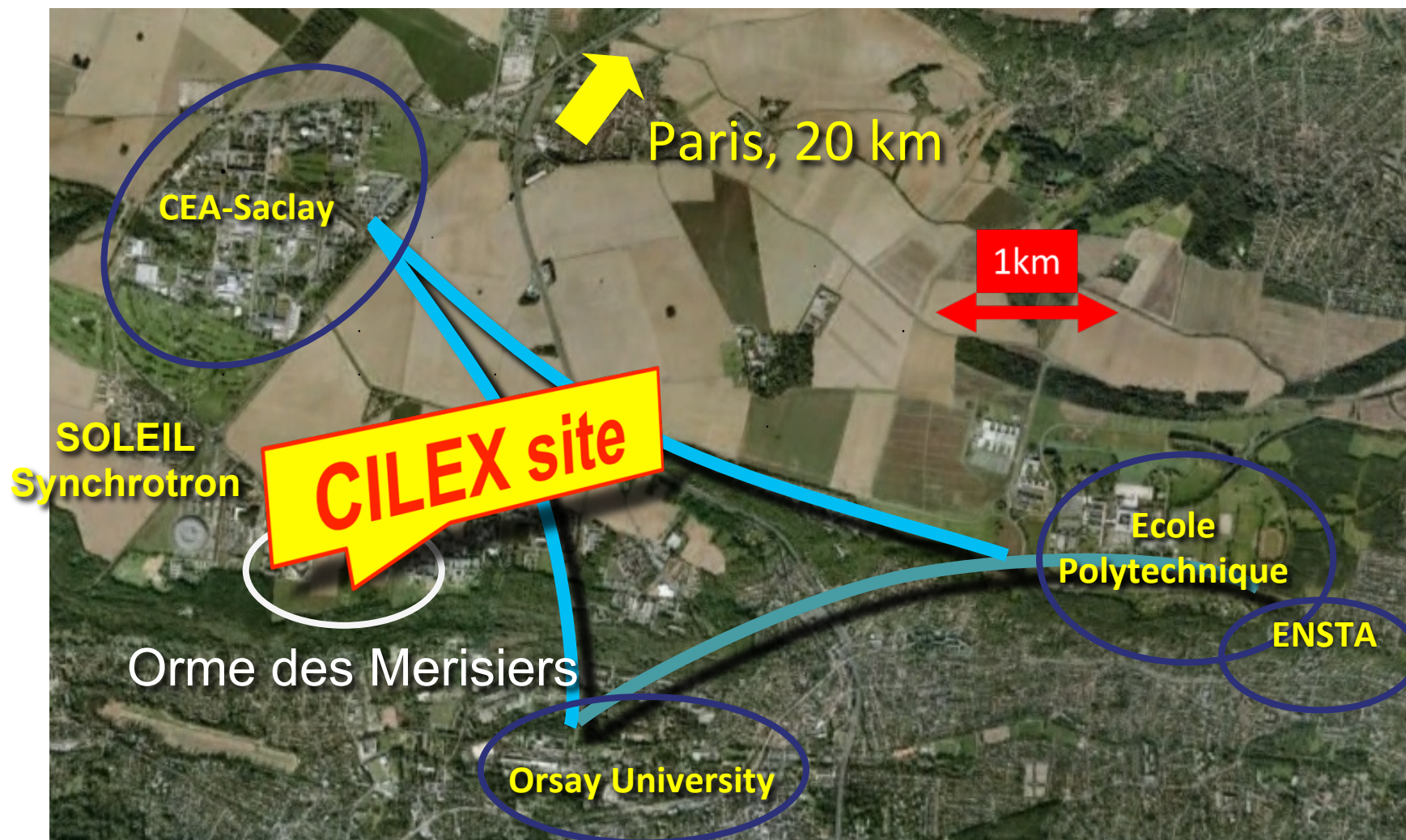
- **CILEX: nom d'un EQUIPEX (15M€+5M€)**
dont le LLR est partenaire
- **CILEX: nom d'un Centre Laser**
associant 12 laboratoires:

Laboratoire de Physique des Gaz et des Plasmas (LPGP)
Fédération Lumière Matière Fédération (LUMAT-LASERIX)
Laboratoire Charles Fabry de l'Institut d'Optique (LCFIO)
Laboratoire de l'accélérateur linéaire (LAL)
Synchrotron Soleil
Laboratoire d'Optique Appliquée (LOA)
Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR)
Centre de Physique Théorique (CPht)
Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses (LULI)
Institut Rayonnement Matière de Saclay (IRAMIS)
Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers (IRFU)
DSM Saclay



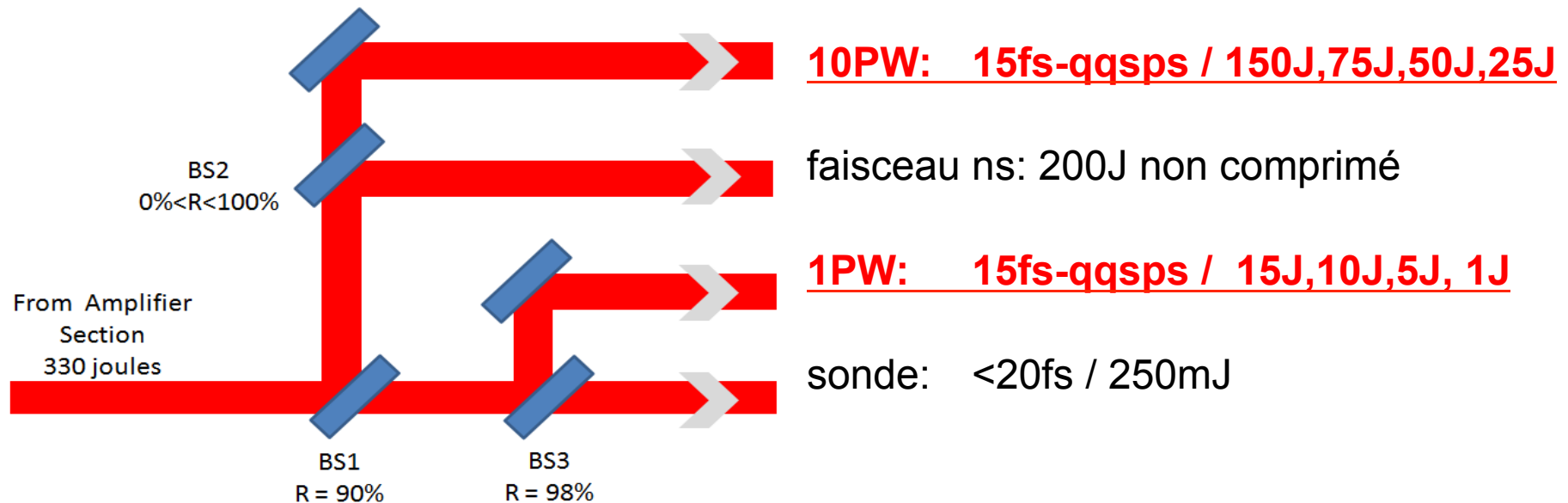
**CILEX = LASER APOLLON (15M€) + Rehabilitation bâtim't+
infrastructures expérimentales + centrales de proximité (15M€)**

Centres laser haute puissance / courte durée sur le plateau



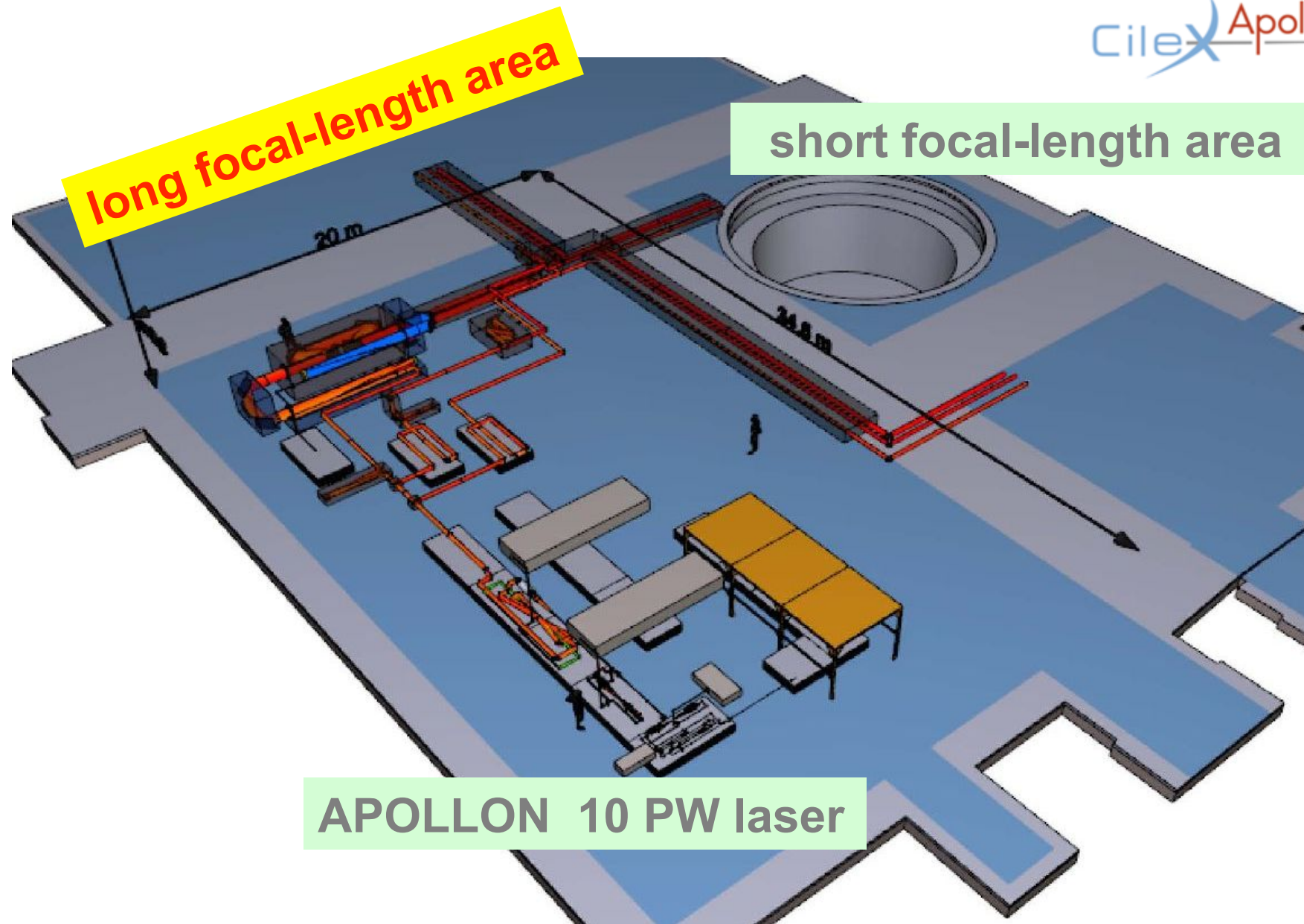
Les faisceaux laser d'APOLLON

- 4 faisceaux indépendents, énergies variables (par pas)



- Stabilité du pointé (angle)
- Synchronisation des faisceaux
- «haute» cadence : 1 tir/min

Accélération Laser-Plasma dans CILEX: La salle longue focale



CILEX scientific case: Scientific Goals for Long focus Area

for the 1st two years of CILEX operation as in "Scientific Case" document (2013)

○ *Validate the specifications of the PW laser beam through the mechanism of laser plasma acceleration in the **bubble regime** -> exploration of parameter space of bubble-regime (a_0 , τ , n_p , P)*

➤ $I_0 \geq 10^{20}$ W/cm² O(1-5GeV)

➤ homogeneous target(s): gas cell or gas jet, O(10^{18} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He

➤ F2 beam (15 J 25J, ~~15 – 200 fs~~ 20fs, Ø=140 mm)

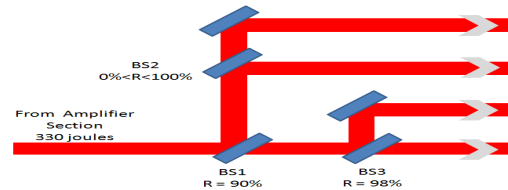
○ *Develop a two-stage laser plasma accelerator – injector and accelerator*

➤ injector = F2 beam (15 J, 15 – 200 fs, Ø=140 mm)
homogeneous target(s): gas cell or gas jet, O(10^{18} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He
with ionization injection

➤ accelerator = F1 beam(15 J-75J, 15 fs – 1 ps, Ø=400 mm)
gas cell, gas filled capillary (up to 1 meter!) , O(10^{17} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He

Scaling laws of wakefield acceleration

Courtesy of Xavier Davoine

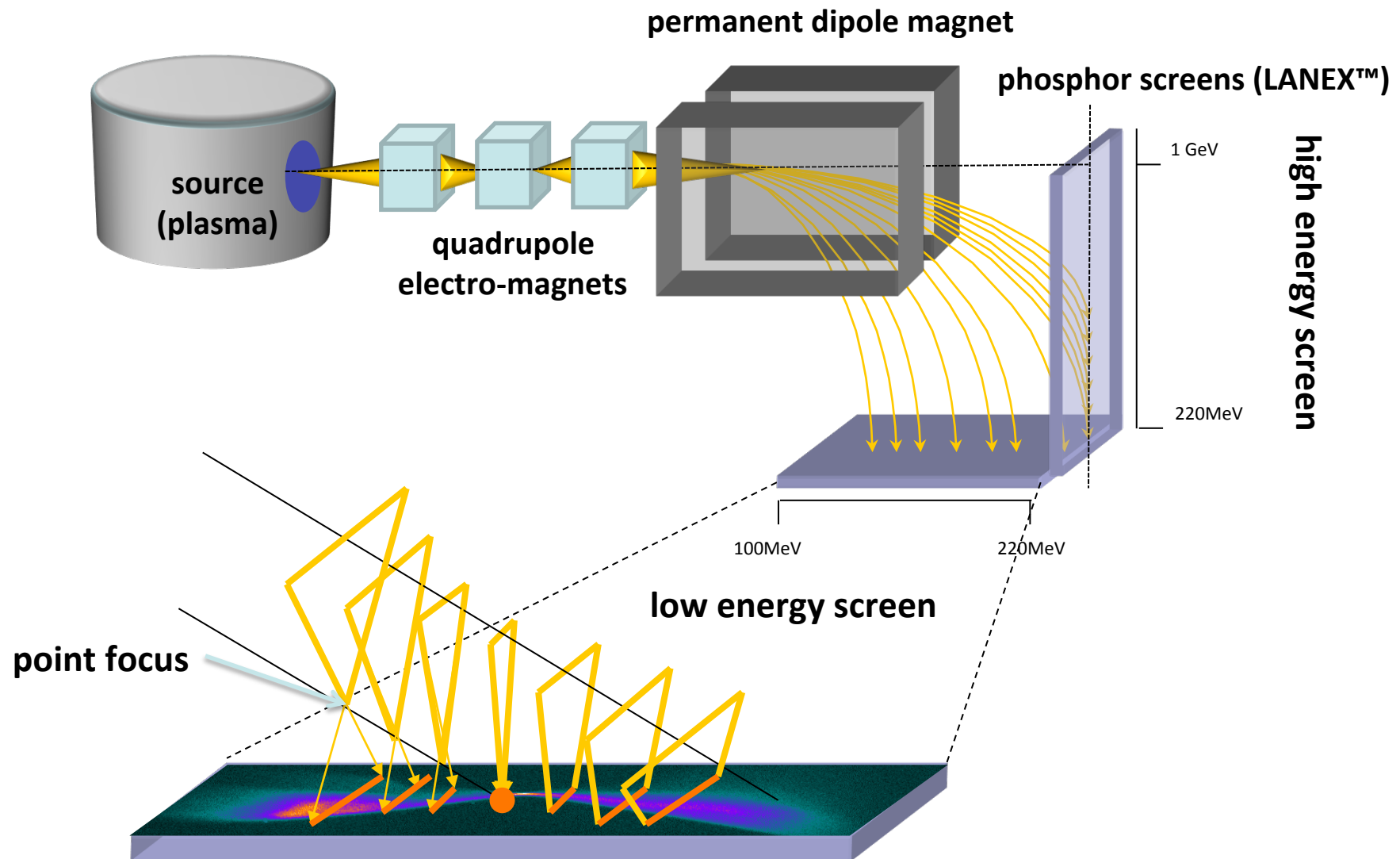


Faisceau « 1 péta-Watt»

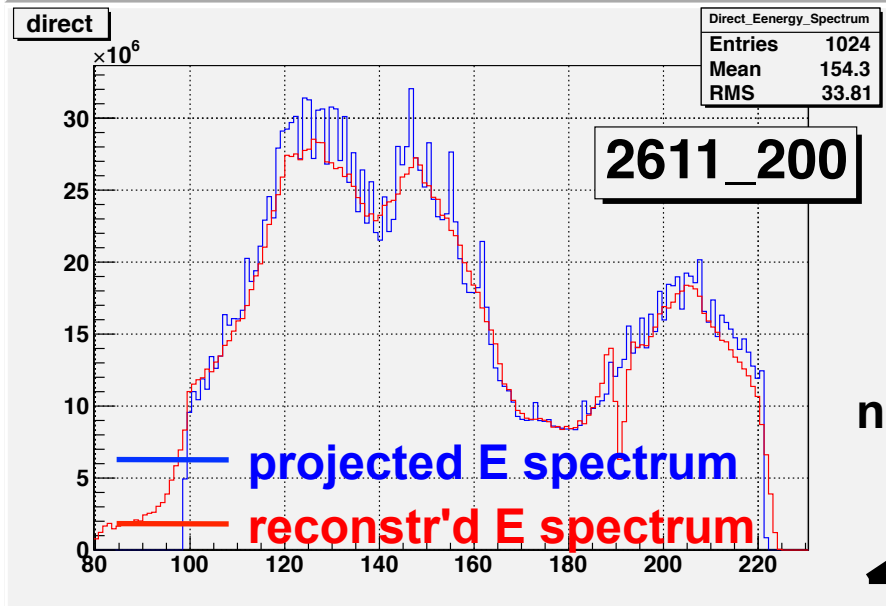
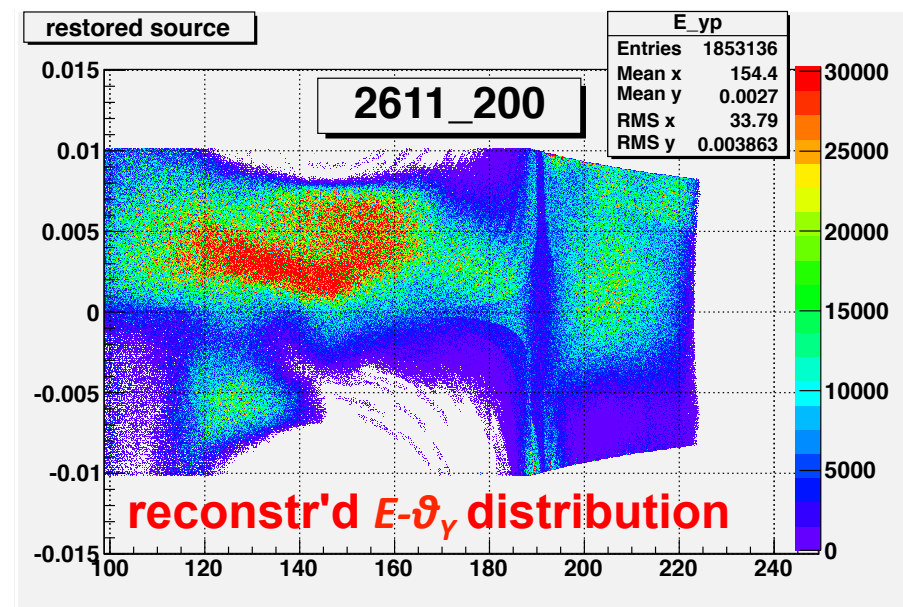
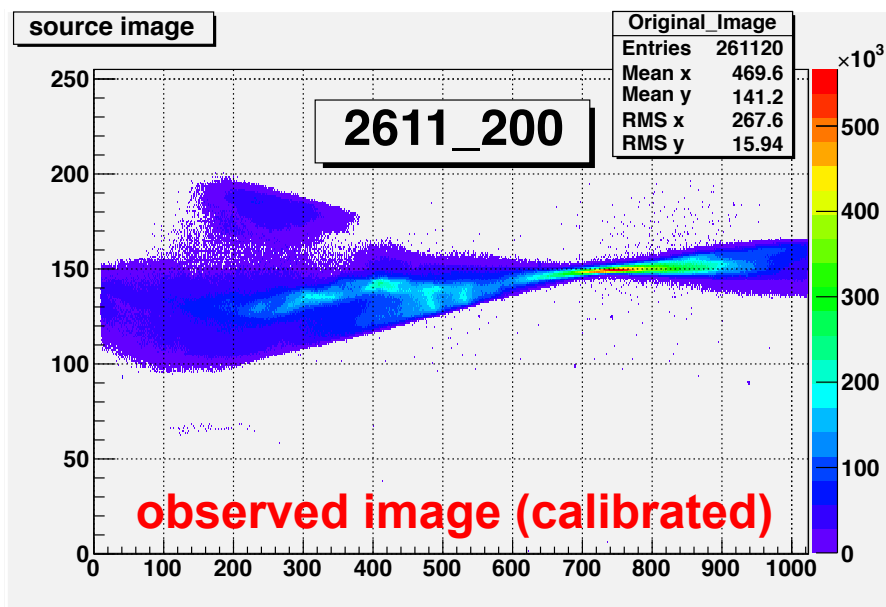
Faisceau « 5 péta-Watt»

F2 – 15 J		F1 – 75 J	
Short pulse	Long pulse	Short pulse	Long pulse
High Charge	High Energy	High Charge	High Energy
$\tau_0 = 15$ fs $w_0 = 6.4$ μm $a_0 = 26$ $P_0 = 1$ PW $n_e = 1.3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	$\tau_0 = 40$ fs $w_0 = 25.5$ μm $a_0 = 4$ $P_0 = 350$ TW $n_e = 7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$\tau_0 = 15$ fs $w_0 = 6.4$ μm $a_0 = 58$ $P_0 = 4.7$ PW $n_e = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	$\tau_0 = 68$ fs $w_0 = 43$ μm $a_0 = 4$ $P_0 = 1$ PW $n_e = 2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
$E = 0.65$ GeV $Q = 4.3$ nC $L_{\text{acc}} = 0.7$ mm	$E = 3.5$ GeV $Q = 0.7$ nC $L_{\text{acc}} = 3.2$ cm	$E = 1.45$ GeV $Q = 10$ nC $L_{\text{acc}} = 0.7$ mm	$E = 10$ GeV $Q = 1.3$ nC $L_{\text{acc}} = 15$ cm

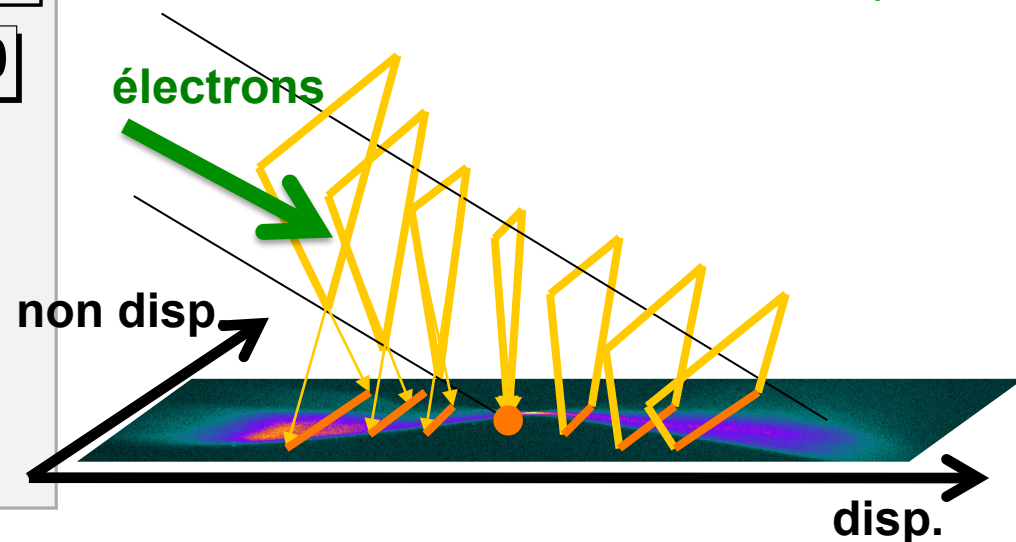
electron beam diagnostics (EBD): electron spectrometer LLR/LOA



From images to histograms: reconstruction of E - θ_y distribution of e^-



V. Seredov, A. Specka



CILEX scientific case: Scientific Goals for Long focus Area

for the 1st two years of CILEX operation as in "Scientific Case" document (2013)

- *Validate the specifications of the PW laser beam through the mechanism of laser plasma acceleration in the bubble regime -> exploration of parameter space of bubble-regime (a_0 , τ , n_P , P)*

- $I_0 \geq 10^{20}$ W/cm² O(1-5GeV)
- homogeneous target(s): gas cell or gas jet, O(10^{18} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He
- F2 beam (15 J 25J, 15–200 fs 20fs, Ø=140 mm)

- **Develop a two-stage laser plasma accelerator – injector and accelerator**

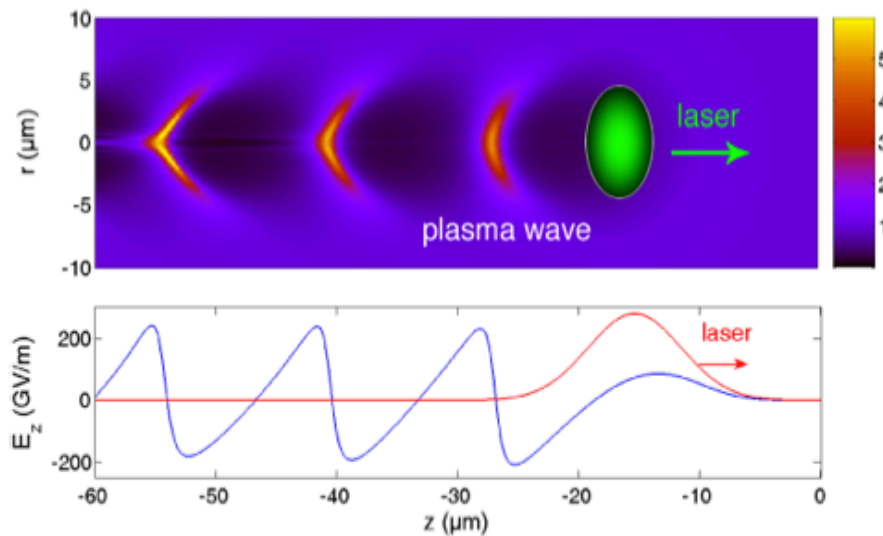
- injector = F2 beam (15 J, 15 – 200 fs, Ø=140 mm)
homogeneous target(s): gas cell or gas jet, O(10^{18} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He with ionization injection
- accelerator = F1 beam(15 J-75J, 15 fs – 1 ps, Ø=400 mm)
gas cell, gas filled capillary (up to 1 meter!) , O(10^{17} – 10^{19} cm⁻³) H₂ or He

Phase 2 (>2017): accélération multi-étage « tout-optique»

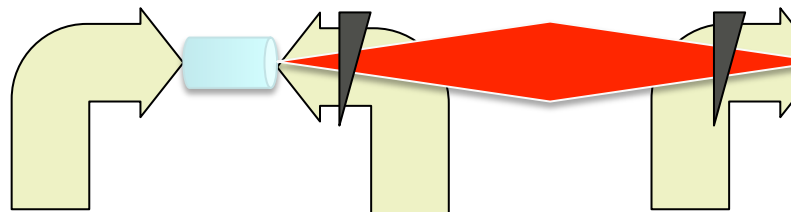
régime non-linear «bulle»

deferlement -> e⁻ blowout

champ acc. max., focalisé au pic du champ



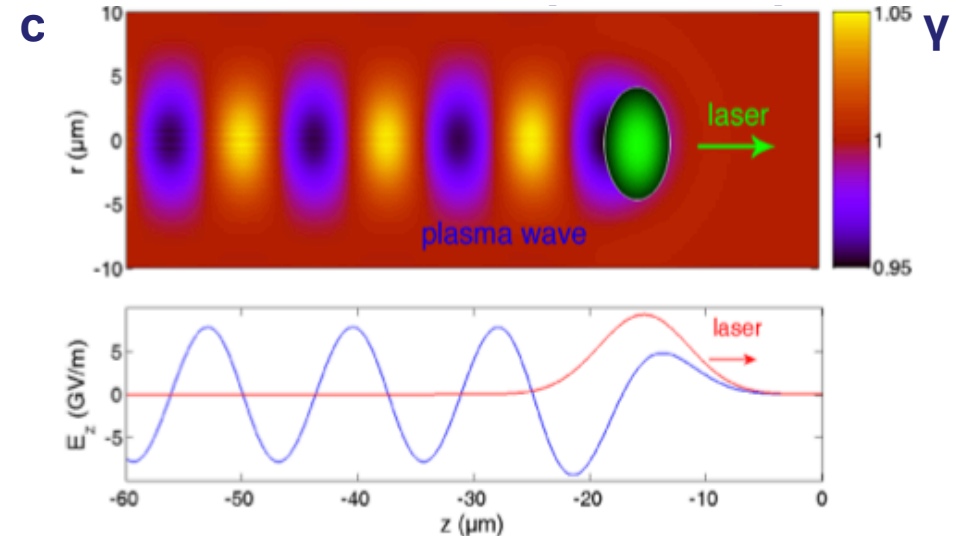
LWFA e⁻ transp. +diagn.



regime quasi-lineaire :

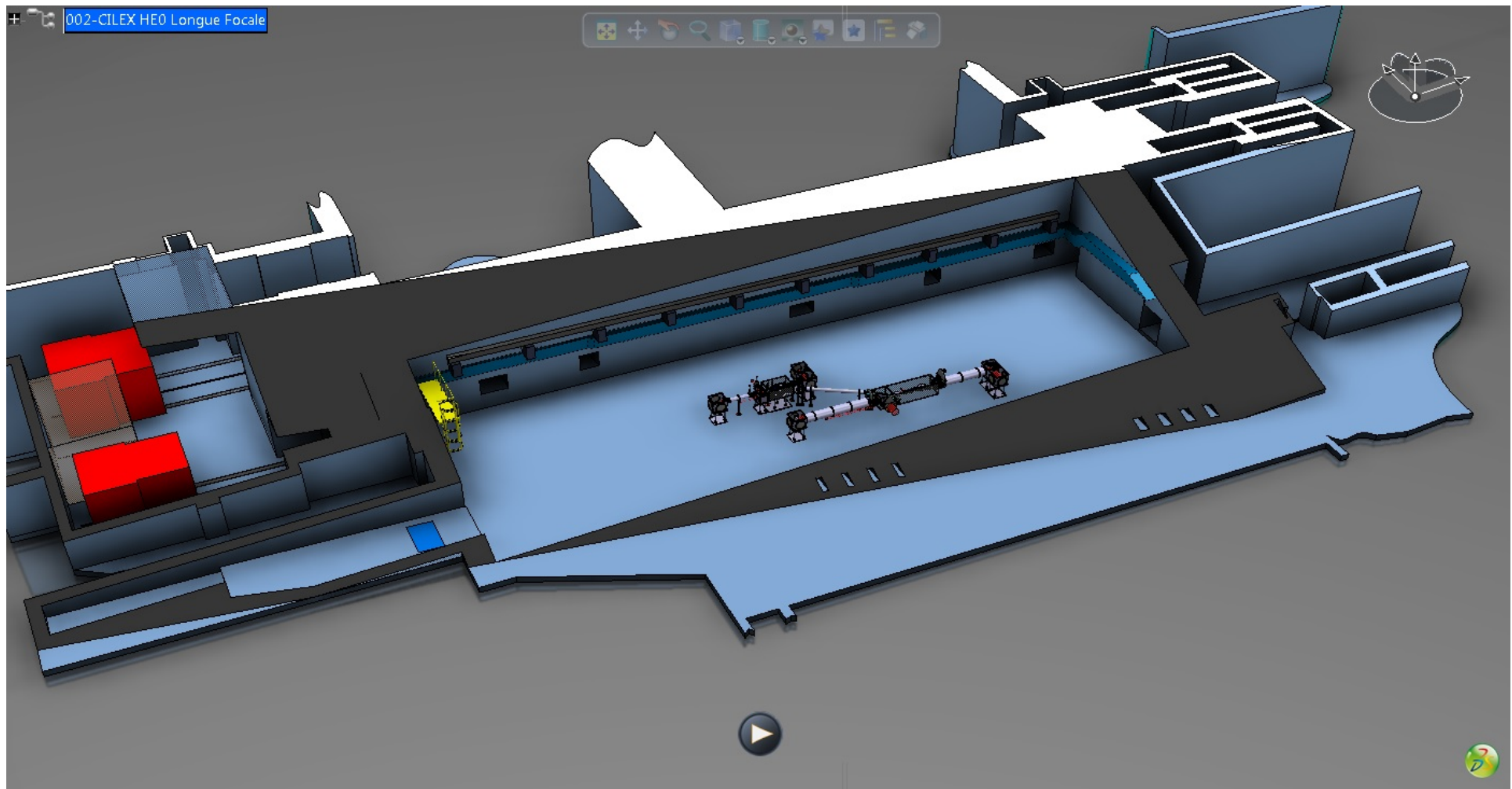
laser intensities (Wm^{-2}) plus petits

ampl. onde plasma plus faible, champ acc. moindre

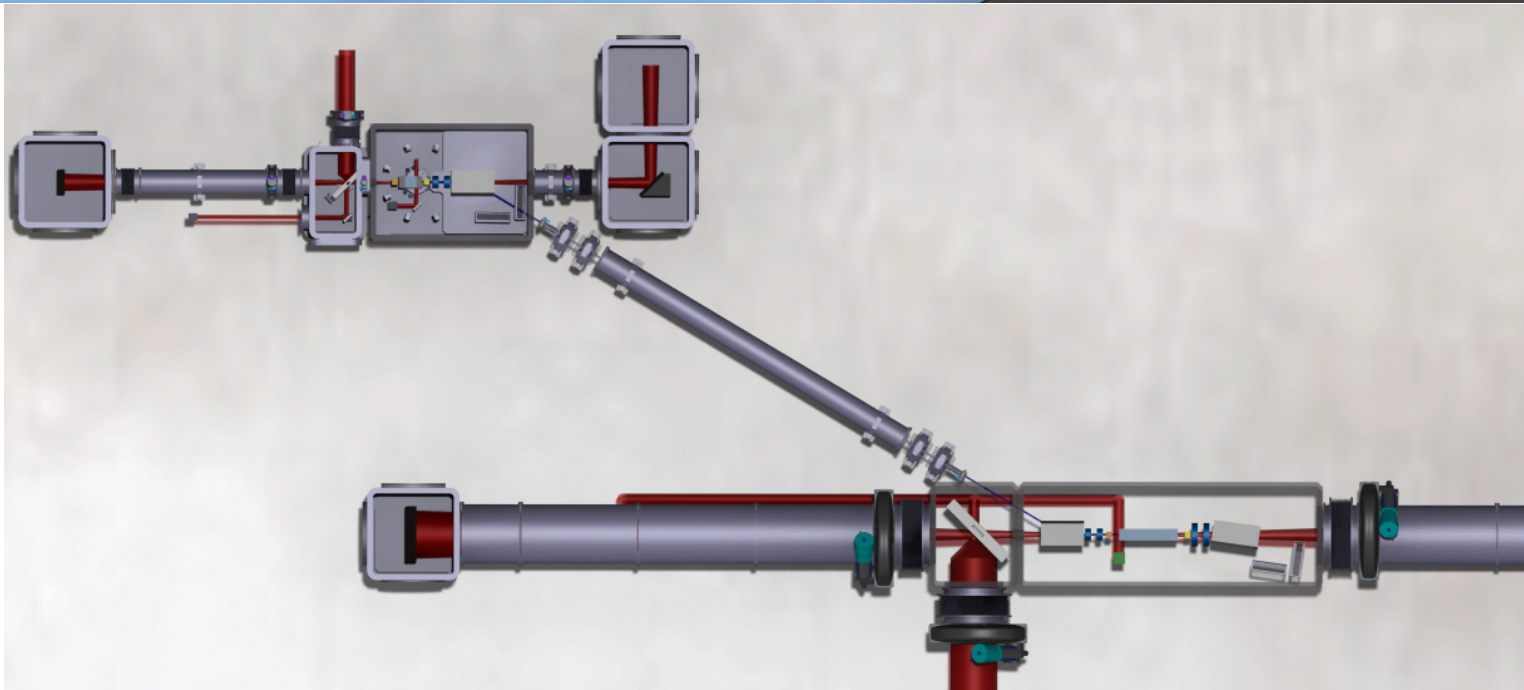
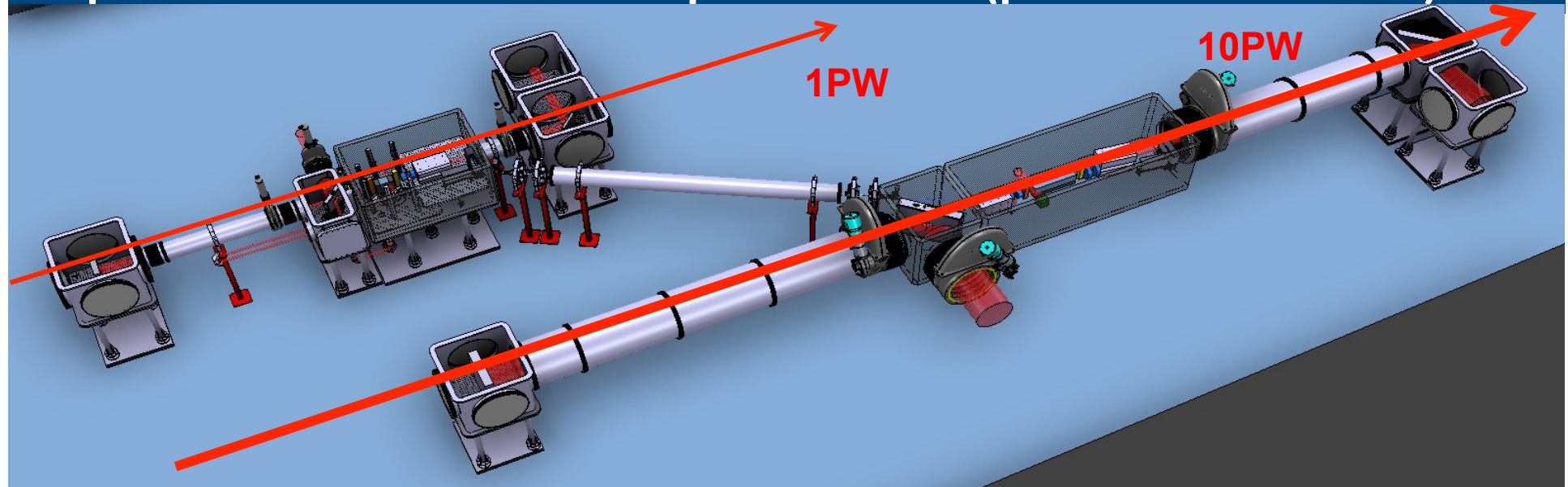


LWFA e⁻ diagn. e⁻ dump





Implantation: deux stations expérimentales (pour les 2 faisceaux)



- L'installation CILEX avec son laser Apollon fonctionnera comme « **acceleration test facility** » et sera ouvert aux collaborations dès son démarrage en 2016
- CILEX/APOLLON étudiera l'accélération laser-plasma (LPA) d'électron à partir de 2017
 - 2017-2018: expériences avec 2 faisceau séparés: exploration du régime fortement non-linéaire (bulle) optimisation de l'étage injecteur
 - 2019-2020: expériences d'accélération 2 étages couplage injecteur – boosteur
- opportunité unique d'explorer toutes les régimes LPA ainsi que la création de rayonnement.
- démonstration multi-étage: étape incontournable vers une application LPA aux accélérateur haute énergie.

International Networking: EuroNNAC-2 au sein de EuCARD-2 (FP7)

○ objectifs:

- **Fédérer les acteurs européens du domaine et les grands centres d'accélérateurs**
- **développer une stratégie européennes commune en nouvelles techniques d'accélération**

○ lancement d'une CERN accelerator school sur ce sujet (2014)

○ lancement d'une conférence biennale (Ile d'Elbe, Italie)

European *Advanced Accelerator Concepts* workshop, 2013, 2015

○ coordination de la stratégie de reponse appel européens

○ lancement du de la design study EuPRAXIA (H2020): 11/2015-10/2019

○ préparation EuCARD-3 (2017-2021):

- **1 JRA (joint research activity) nouvelles techniques d'accélération accelerator on a chip, mulit-étages, faisceaux exotiques**
- **1 NA (networking activity, EuroNNAC3): acc des hadrons?**

European *Advanced Accelerator Concepts* workshop

EAAC juin 2013: ~150 participants



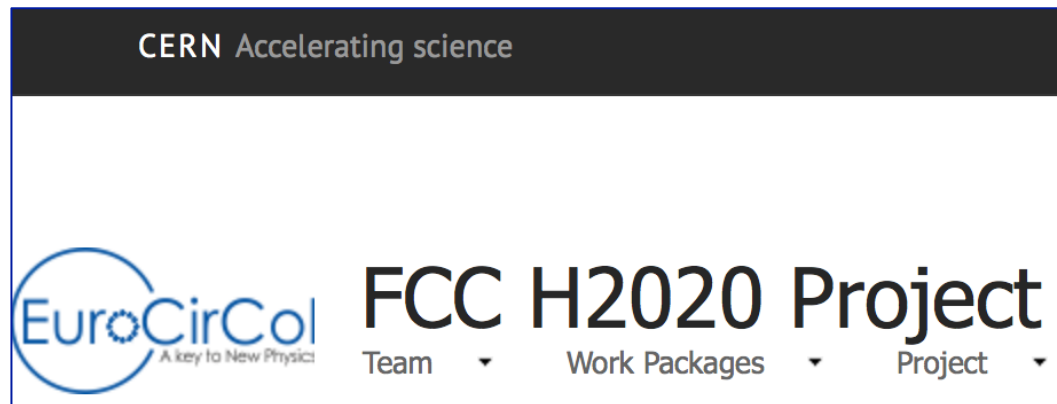
EAAC sept 2015: ~260 participants



EAAC 2017, 2019.....

Horizon 2020: First Decisions on EU Design Studies in 2015

- Two design studies approved in the accelerator area.



Big success for accelerator field!

Amazing success for novel accelerators!

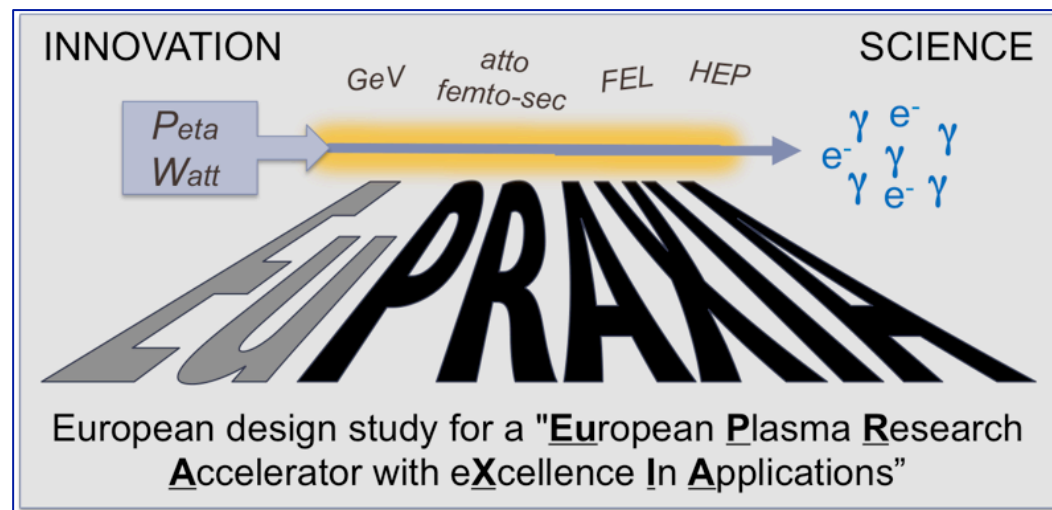
Design Study

EU funding: 3 M€

16 beneficiaries from 5 EU member states plus 18 associated partners

42 man-years (new hires) + 81 man-years (in-kind)

Start: 1.11.2015



16 Instituts participants: D,F,GB,I,P

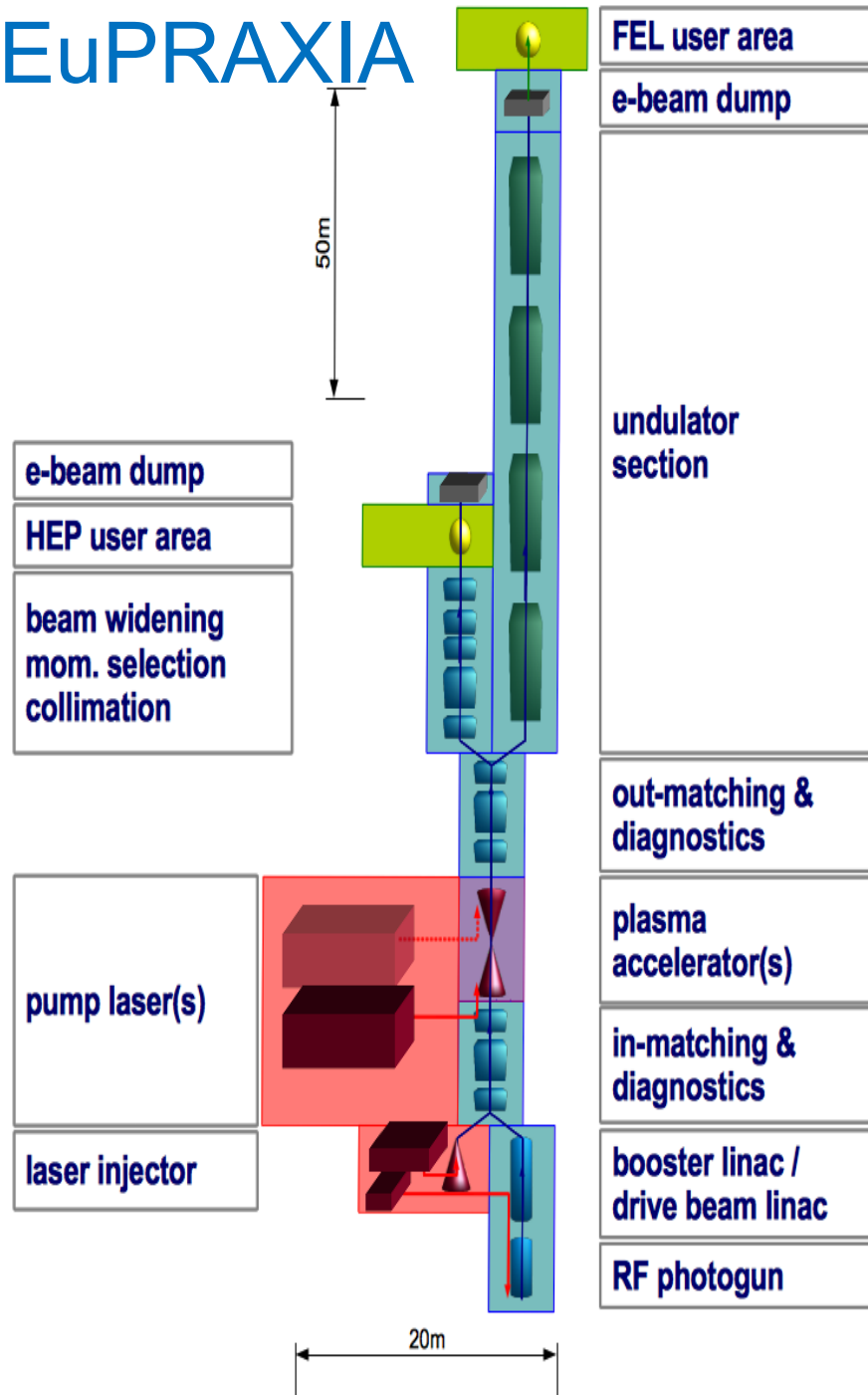
List of participants:

Participant no.	Participant organisation name	Short name	Country
1 (Coordinator)	Stiftung Deutsches Elektronen Synchrotron	DESY	Germany
2	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	INFN	Italy
3	Consiglio Nazionale delle Ricerche	CNR	Italy
4	Centre National de la Recherche Scientifique	CNRS	France
5	University of Strathclyde	USTRAH	UK
6	Instituto Superior Técnico	IST	Portugal
7	Science & Technology Facilities Council	STFC	UK
8	Synchrotron SOLEIL – French National Synchrotron	SOLEIL	France
9	University of Manchester	UMAN	UK
10	University of Liverpool	ULIV	UK
11	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile	ENEA	Italy
12	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives	CEA	France
13	Sapienza Università di Roma	UROM	Italy
14	Universität Hansestadt Hamburg	UHH	Germany
15	University of Oxford	UOXF	UK
16	Imperial College London	ICL	UK

LLR, LOA, LULI, LPGP

IRAMIS, IRFU

EuPRAXIA



Parameter	Unit	Conventional undulators
Electron beam energy	GeV	5
Charge per bunch	pC	1 – 10
Repetition rate	Hz	10
Bunch length	fs	0.01 - 10
Peak current	kA	1 – 100
Energy spread	%	0.1
Norm. emittance	μm	0.01 – 1

EUPRAXIA:EU-funded workpackages

Coord.

Contr.

WP No	Work package title	Type of activity ¹	Lead participant No	Lead participant short name	Person-months ²	Start month	End month
1	Project Management and Technical Coordination	MGT	xxx	DESY & CNRS	xxx	M1	M48
2	Physics and Simulation	RTD	xxx	CEA & IST	xxx	M1	M48
3	High Gradient Laser Plasma Accelerating Structure	RTD	xxx	CNRS & ICL	xxx	M1	M48
4	Laser Design and Optimization	RTD	xxx	CNR & CNRS	xxx	M1	M48
5	Electron Beam Design and Optimization	RTD	xxx	INFN & CEA	xxx	M1	M48
6	FEL Pilot application	RTD	xxx	SOLEIL & ENEA	xxx	M1	M48
7	HEP Application	RTD	xxx	CNRS & UOXF	xxx	M1	M48

LIR

LIR

LPGP

LULI

LIR

LOA

LIR

EUPRAXIA: Not-EU-funded workpackages

LOA

WP No	Work package title	Type of activity ¹	Lead participant No	Lead participant short name
8	Outreach and Liaison	MGT	1	ULIV & US-TRATH
9	Alternative e-Beam Driven Plasma Structure	RTD	1	DESY & INFN
10	Use of Other Novel Technologies	RTD	1	DESY & UMAN
11	FEL Application Prototyping	RTD	1	CNRS & UHH
12	Accelerator Prototyping and Experiments at Test Facilities	RTD	1	STFC & xxx
13	Alternative Radiation Generation	RTD	1	USTRATH & ICL
14	Hybrid Laser-Electron-Beam Driven Acceleration	RTD	1	USTRATH & DESY

Application HEP: un exemple

- **Faisceaux test (e^-) à partir des acc. laser plasma:**
 - **Ce que vous voulez:** e, μ, h , 1GeV-1TeV, « un à un » ($<1/\text{ns}$), $\Delta E/E \sim 10^{-3}$
 - **Ce qu'un LWFA pourra fournir:** e^- , 0.5-5GeV, $>10^7/\text{fs}$, $\Delta E/E \sim 10^{-1}$
- **1000 e^- de 1GeV $\neq$ 1 e^- de 1TeV, mais...**
sur une petite surface (mm^2 ?) cela ressemble à un début de gerbe
- **10 e^- de 5 GeV sur 10 $\text{cm}^2 \neq$ 1 BC du LHC Haute Luminosité, mais...**
on peut étudier la reconstruction/séparation sans additionner des évènements
- **calibration de grand modules**
- **étude d'effets instrumentaux (saturation)**
- **il faut pouvoir contrôler et/ou mesurer**
 - **le nombre de particules** $\Delta N/N \sim 10^{-3}$
 - **l'énergie des particules** $\Delta E/E \sim 10^{-3}$
 - **la dilution spatiale ajustable sur une grande plage dynamique**

- démarrage 01/11/2015
- un postdoc 2-3 ans
- applications
 - détecteurs PHE
 - irradiation?
 - médical & sciences de la vie
- organisation workshop «définition des besoins» Q1-Q2/2016:
 - caractéristiques faisceaux
 - infrastructure (champ B, cryo, ...)
 - installations existantes, particularités
- pas de R&D (hardware) au sein d'EuPRAXIA
- tests préliminaires de détecteurs sur installation existantes

L'accélération laser – plasma **au LLR** dans 4 ans (2019)

○ pas de physique sans simulation :

- SMILEI (open source), mais aussi d'autres codes

○ CILEX-APOLLON

- le « régime de la bulle » exploré,
- injecteur LWFA optimisé O(200MeV, 1nC,)
- accélération multi-étage avec transport démontrée O(10GeV)

○ EUCARD3 (Eur. Coordinated Accelerator R&D, H2020 IA)

- JRA: «High gradient acceleration techniques» à mi-chemin

○ EuPRAXIA

- vers des applications des accélérateurs plasma
- installation dédiée à l'accélération d'électrons
- une ligne de faisceau test pour les détecteurs PHE



22/10/2015

47