

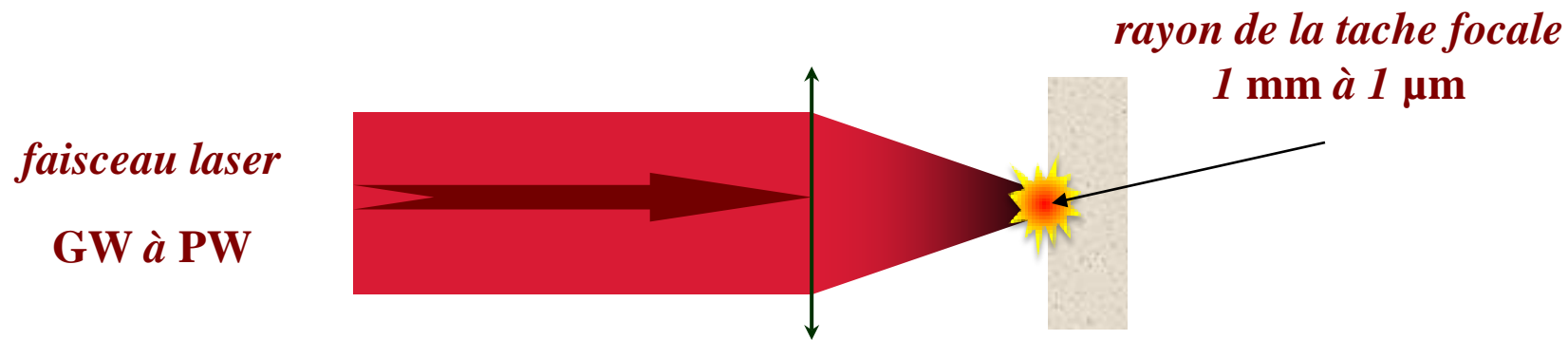
CILEX

Centre Interdisciplinaire Lumière Extrême

F. Amiranoff

Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses

Une très forte puissance Focalisable sur de toutes petites dimensions ...

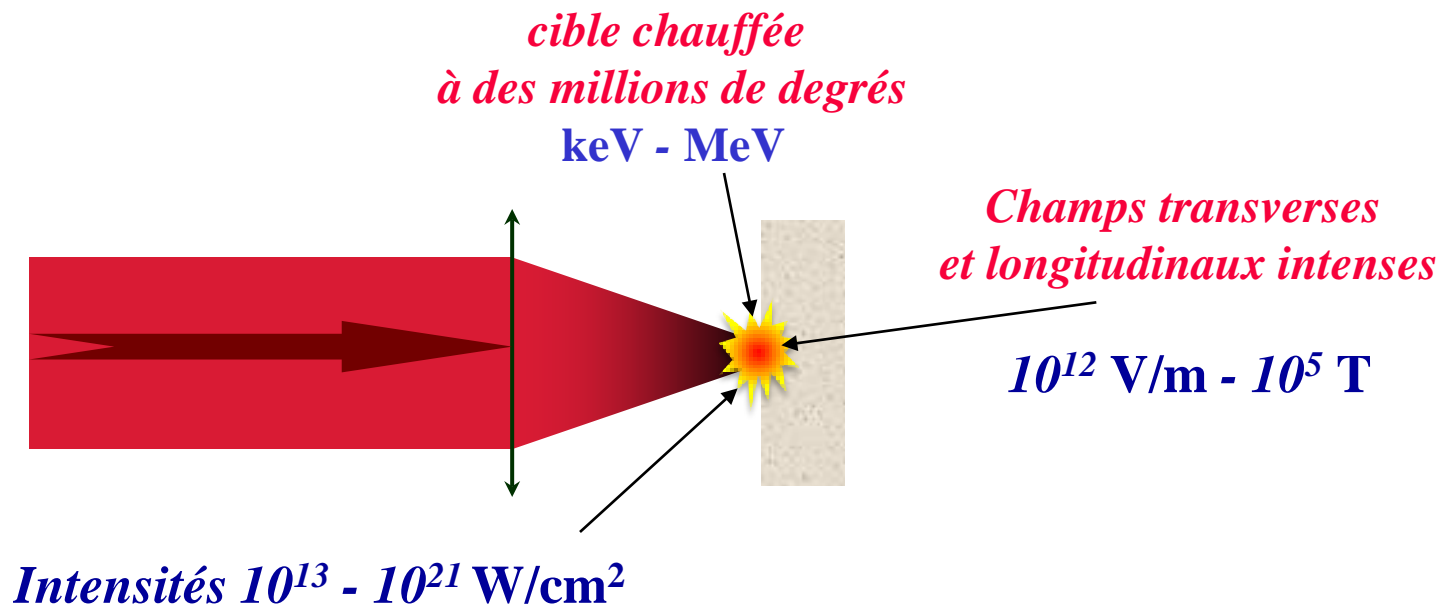


Soit des intensités sur cible extrêmes :

aujourd'hui jusqu'à 10^{21} W/cm²

pendant un durée brève, des fs aux ns

... pour produire des milieux chauds et denses
et des champs intenses

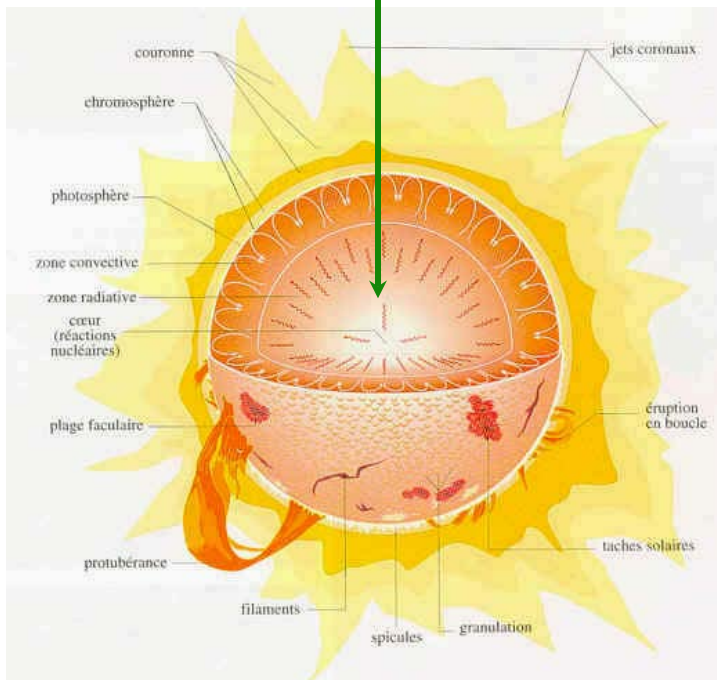


Production de milieux comparables au Soleil et au cœur de planètes

Production d'énergie au centre du soleil

15 000 000°

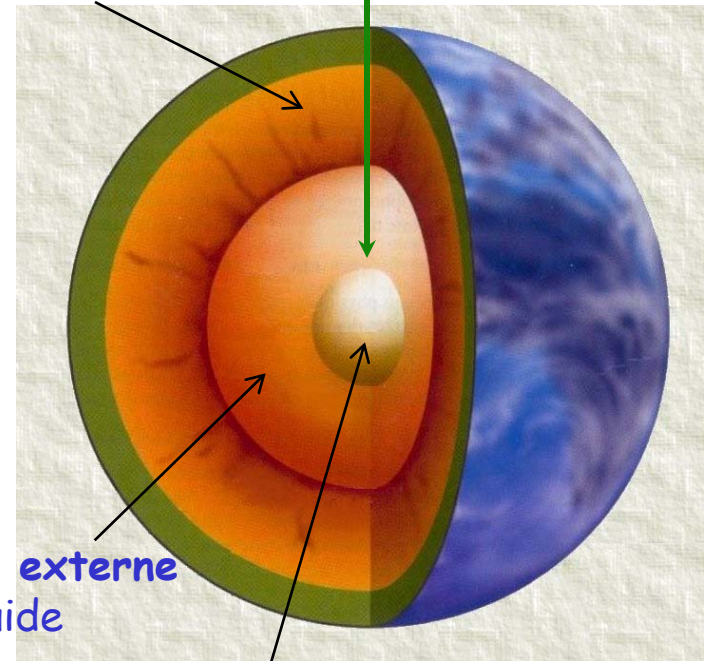
150 g/cm³



Structure du centre des planètes

Millions d'atmosphères

Manteau



Noyau externe
Fe liquide

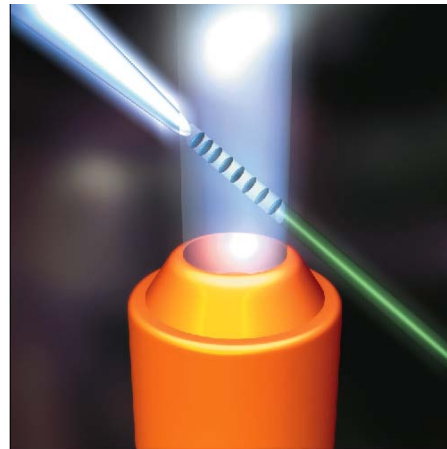
Noyau interne (graine) Fe solide

... accélération d'électrons ou d'ions

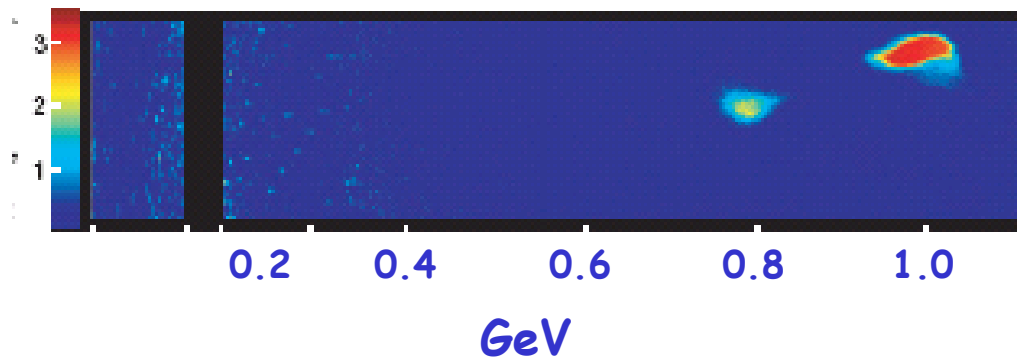
à haute énergie sur $1\mu\text{m}$ à 1cm

faisceau laser

jet de gaz



faisceau d'électrons



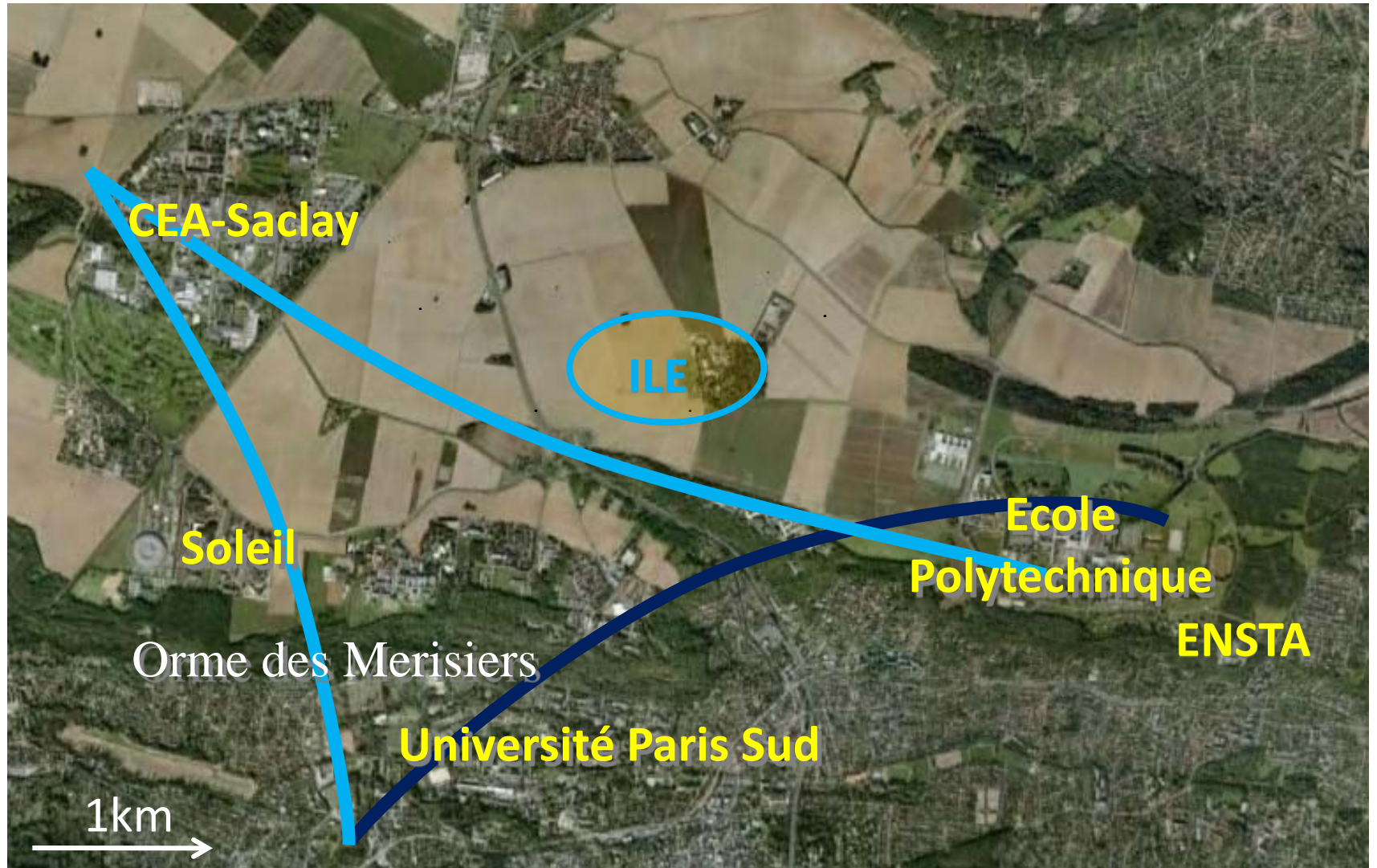
au GeV "monoénergétique"

CILEX

Centre Interdisciplinaire Lumière Extrême

Proposé par :

ILE, LAL, LCFIO, LLR, LOA, LPGP, LULI, LUMAT, CPHT
IRAMIS, IRFU, CEA - Saclay, SOLEIL



CILEX : un centre interdisciplinaire lumière extrême

Objectif général

Mettre en place un Centre Lasers Intenses, Plasmas et Applications

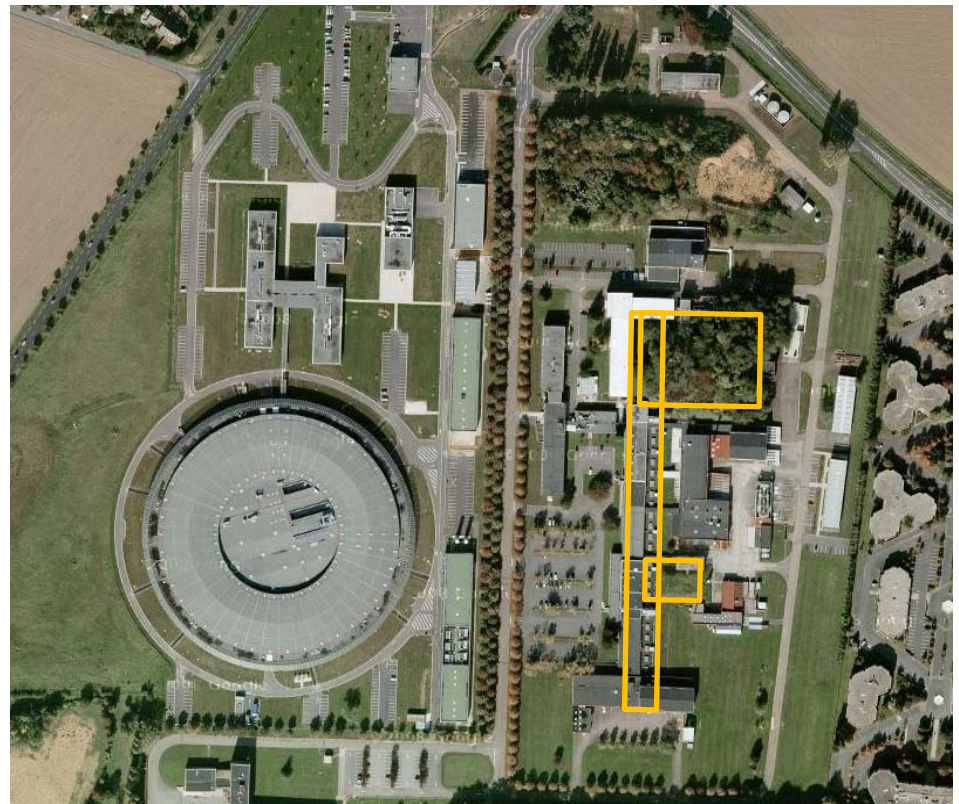
Regroupant les lasers les plus puissants
et des centrales de proximité

Pour des programmes pluridisciplinaires

Et la formation de chercheurs et ingénieurs

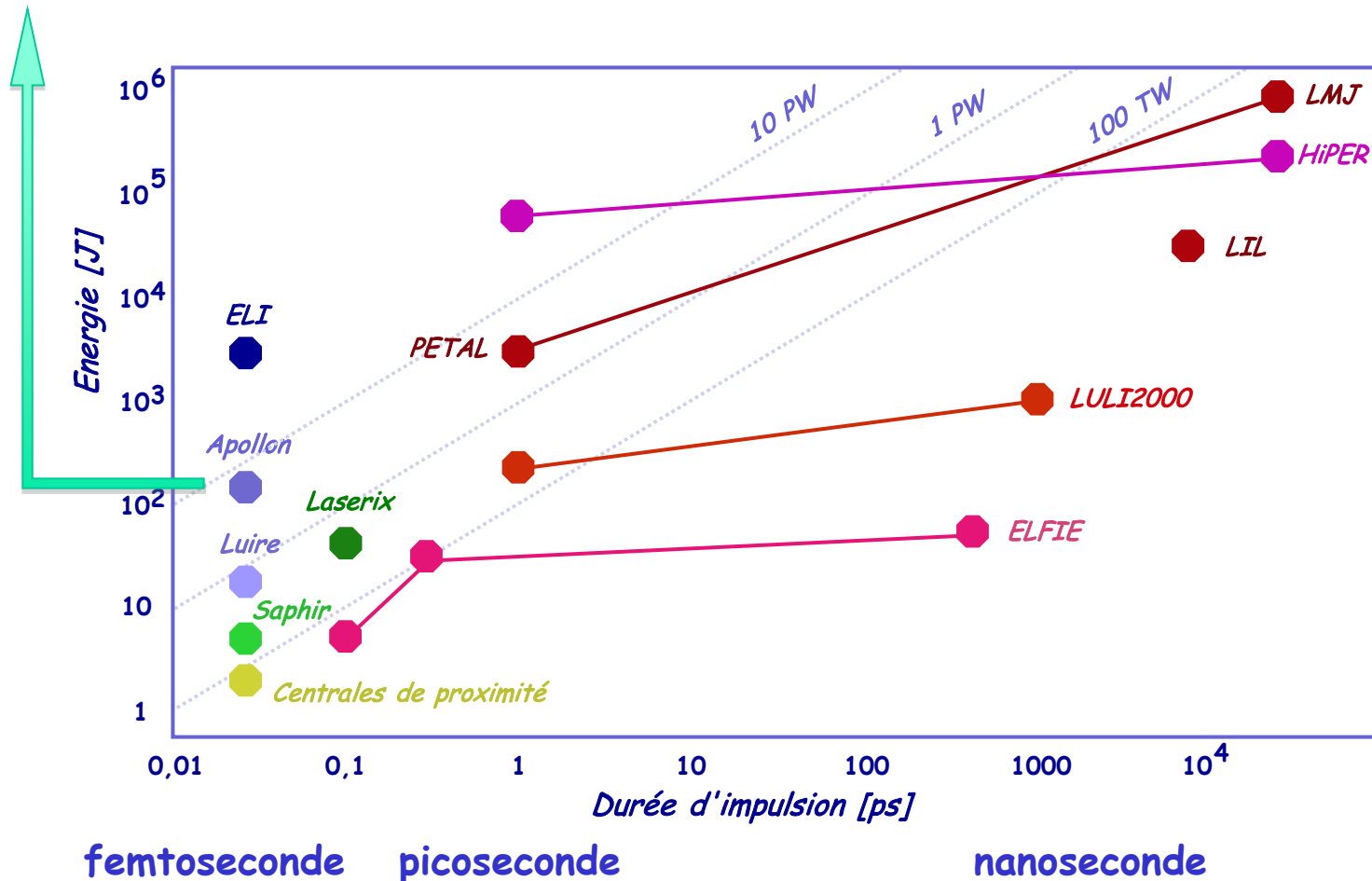
Objectif principal de CILEX

Installer APOLLON - 10 PW
et des salles expérimentales dédiées

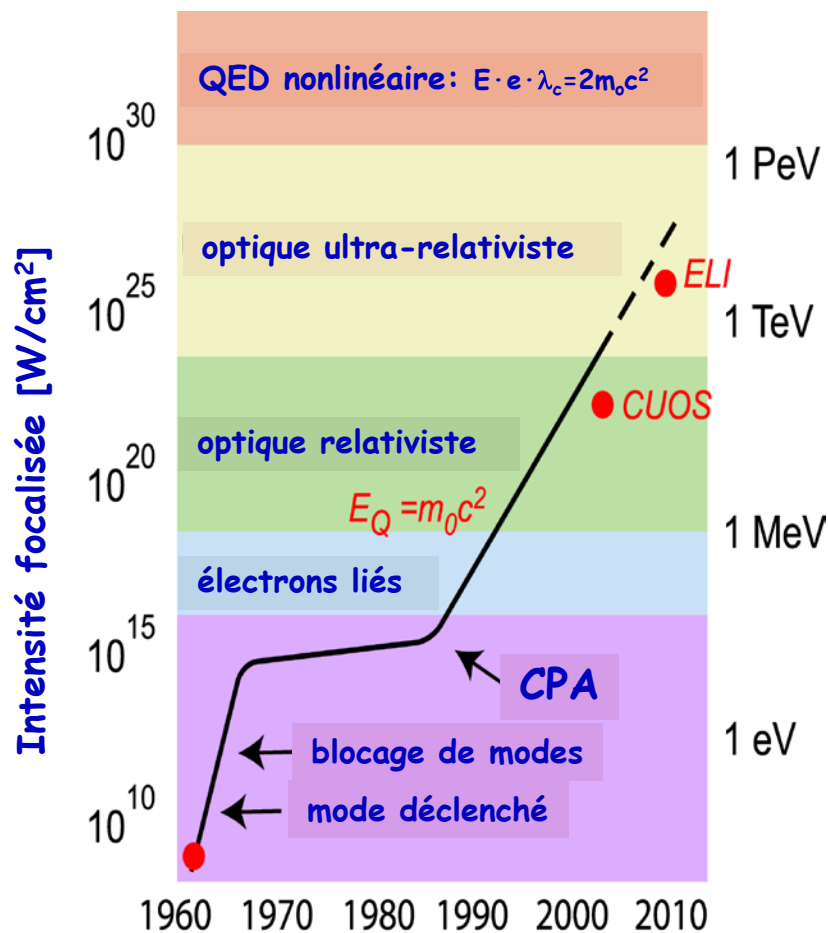


Trois familles d'impulsions laser pour des applications complémentaires

CILEX : les lasers brefs les plus puissants et des équipements dédiés



Les trois domaines scientifiques liés aux hautes intensités



Science à ultra-haute intensité :

accès au régime ultra-relativiste
physique des particules,
théorie des champs ...

Science attoseconde :

"imagerie" à l'échelle attoseconde
de la dynamique des électrons dans un atome,
une molécule, un plasma ou un solide

Sources de faisceaux haute énergie :

faisceaux ultra brefs
de particules énergétiques (>10 GeV)
et de rayonnement $\rightarrow \gamma$

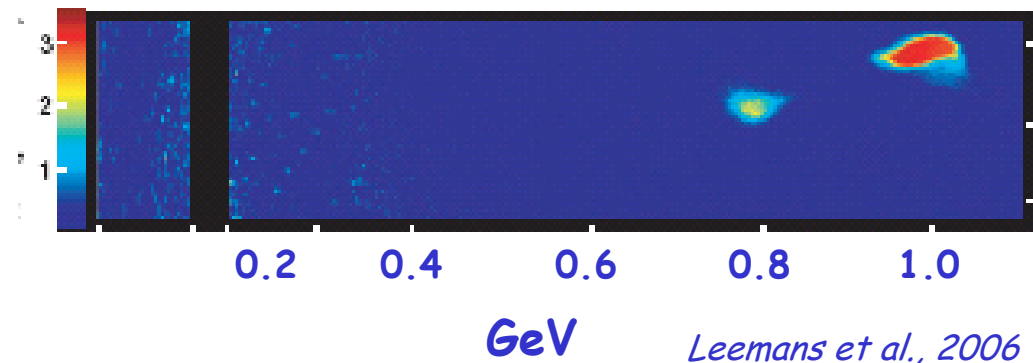
Et leurs applications

Accélération laser d'électrons : le miracle des impulsions brèves



du MeV large spectre

au GeV "monoénergétique"

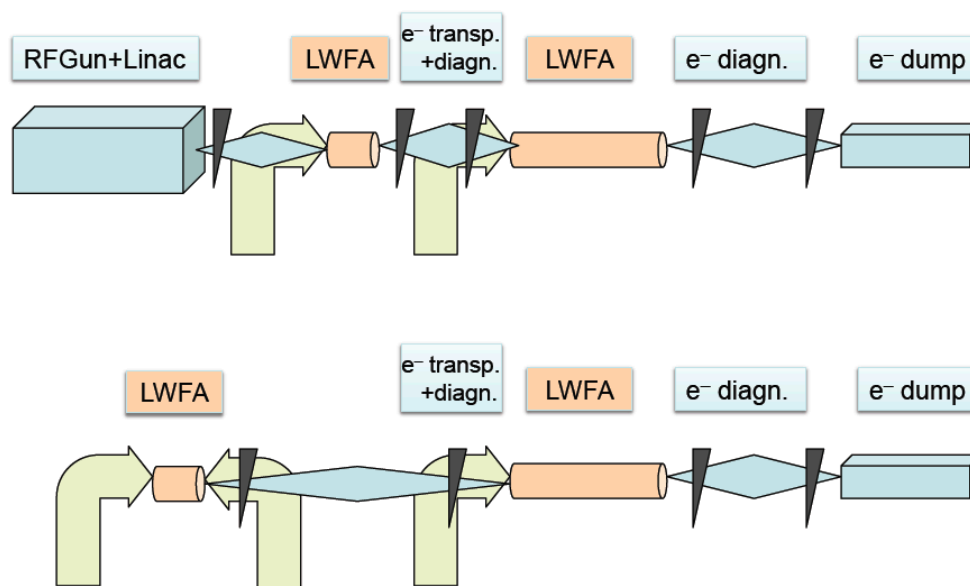


Vers les 100 GeV et au-delà ?

Accélération laser d'électrons : vers les hautes énergies

Accélération à très haute énergie vers le TeV ?
schémas multi-étages vers les 100 GeV
qualité, stabilité des faisceaux

example of 2 possible injector+accelerator setup schemes



Accélération de protons

Virtual Laser Plasma Lab

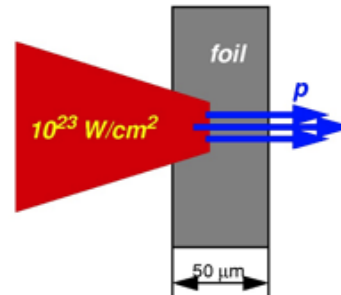


5 GeV proton bunch at solid state density

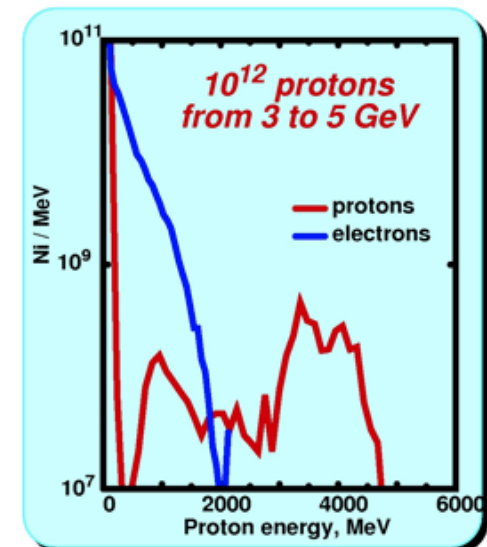
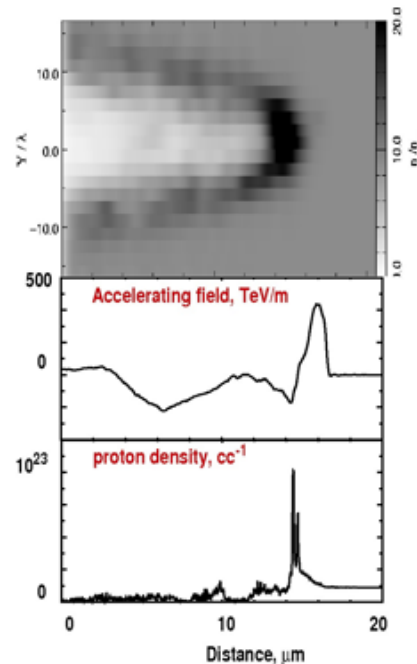
3d PIC simulations, A.Pukhov, Theorie, MPQ,

Protons de plusieurs GeV

prédits à 10^{23}W/cm^2



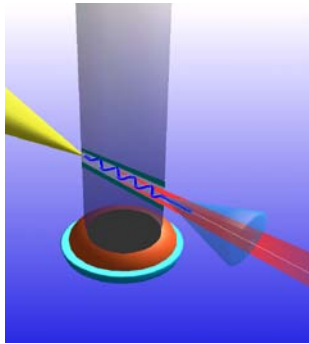
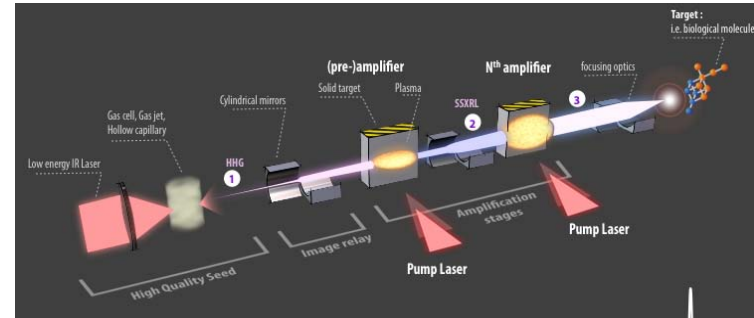
1 kJ, 15 fs long laser pulse
focused down to 10 μm spot
on a plasma with $n=10^{22} \text{cc}^{-1}$



Nombreux mécanismes de génération

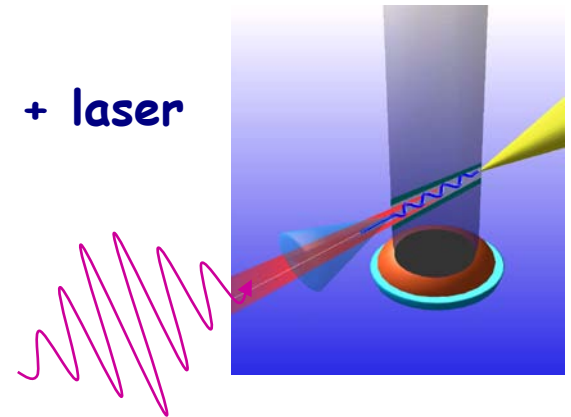
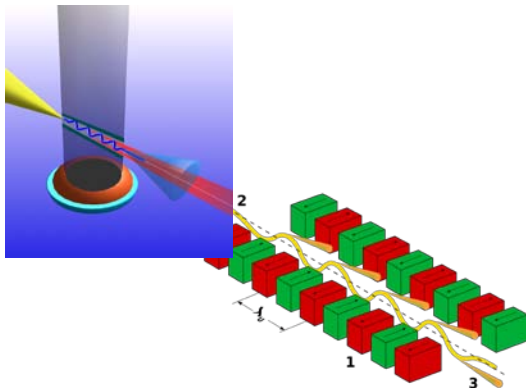
de faisceaux intenses et collimatés de rayons X par lasers

Laser X



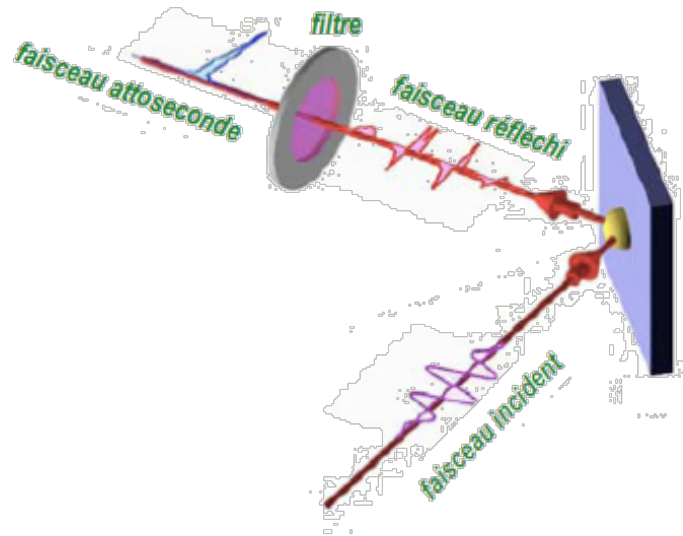
Bétatron : électrons dans le plasma

Diffusion Compton : électrons + laser



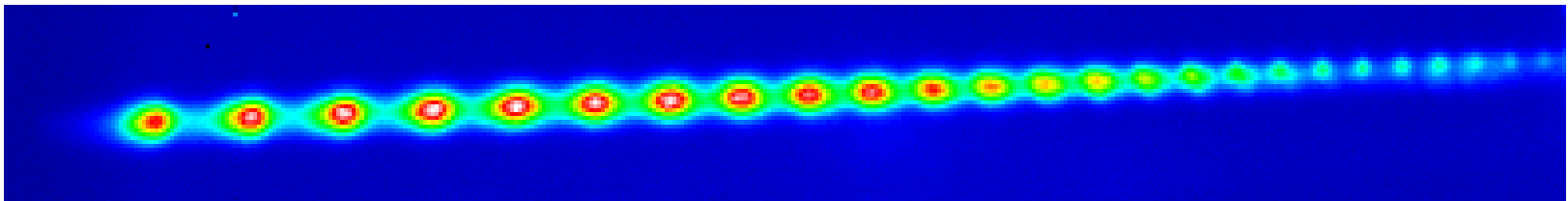
Laser à électrons libres : électrons + onduleur

Harmoniques élevées, impulsions attoseconde



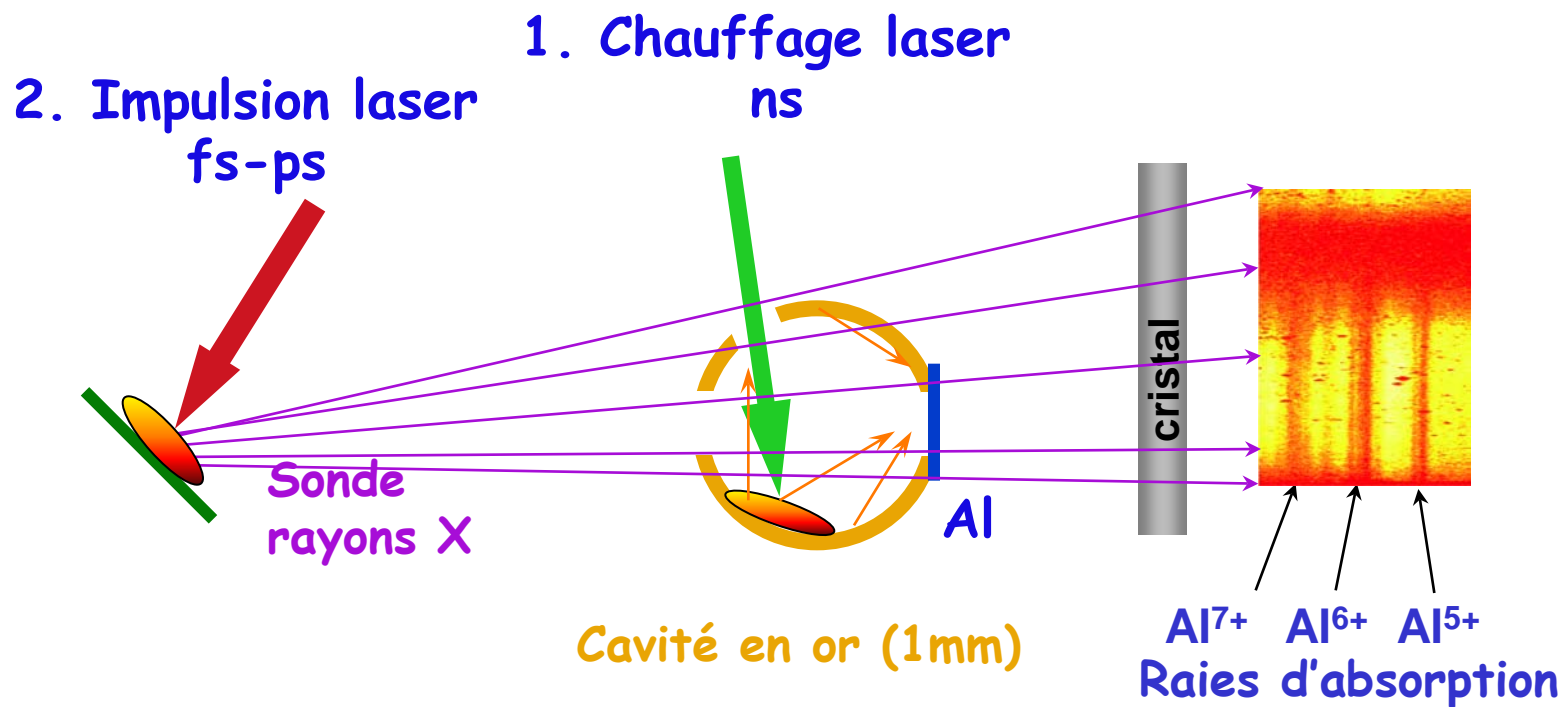
Les simulations prédisent la génération de spectres suffisamment larges pour produire des impulsions attoseconde et même zeptoseconde

Les expériences atteignent déjà ≈ 80 as



... ou sonder des plasmas chauds et denses

Mesure de température par radiographie X
d'un plasma chauffé à 1.000.000°



Un exemple de physique extrême

Production de paires e^-e^+ : limite de Schwinger

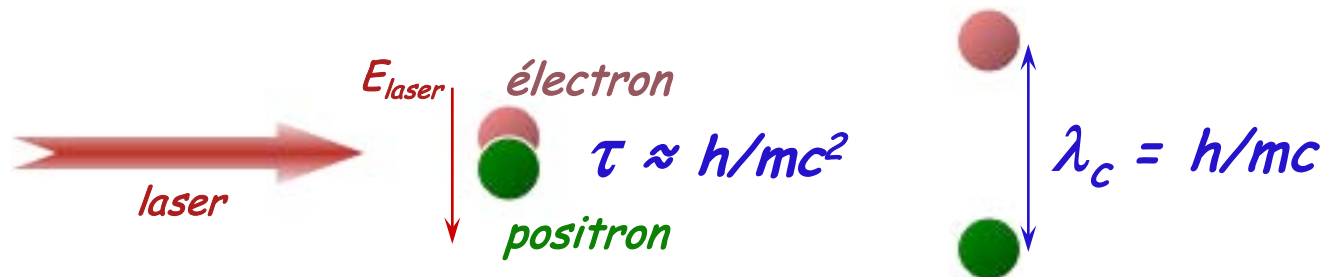
Le champ laser sépare l'électron et le positron virtuels

Condition :

séparer les 2 particules d'une longueur de Compton pendant leur durée de vie

ou

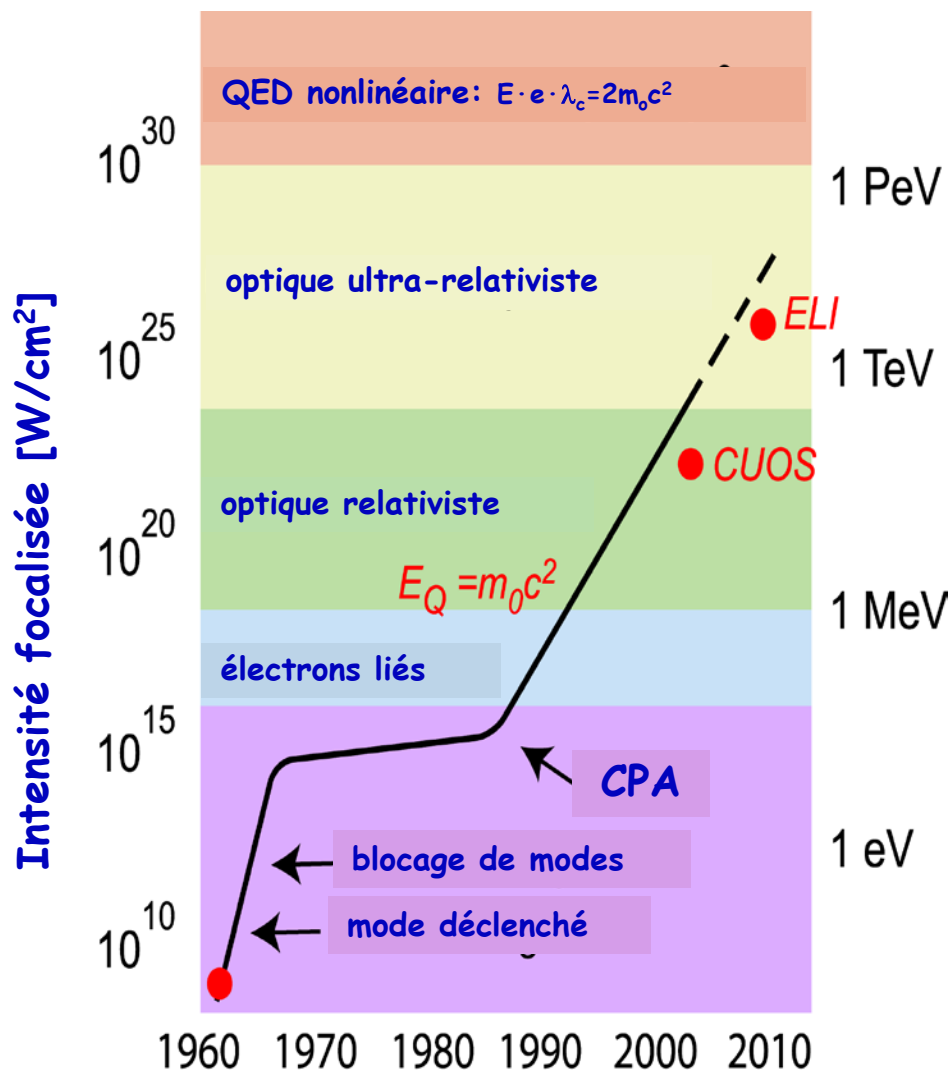
fournir à la paire une énergie $2mc^2$ à l'aide de E_{laser}



$$eE\lambda_c / (2\pi)^2 > 2mc^2$$

$$I > 10^{29} \text{ W/cm}^2 \cdot \mu\text{m}^2$$

L'augmentation continue de l'intensité sur cible donne accès à de nouveaux régimes



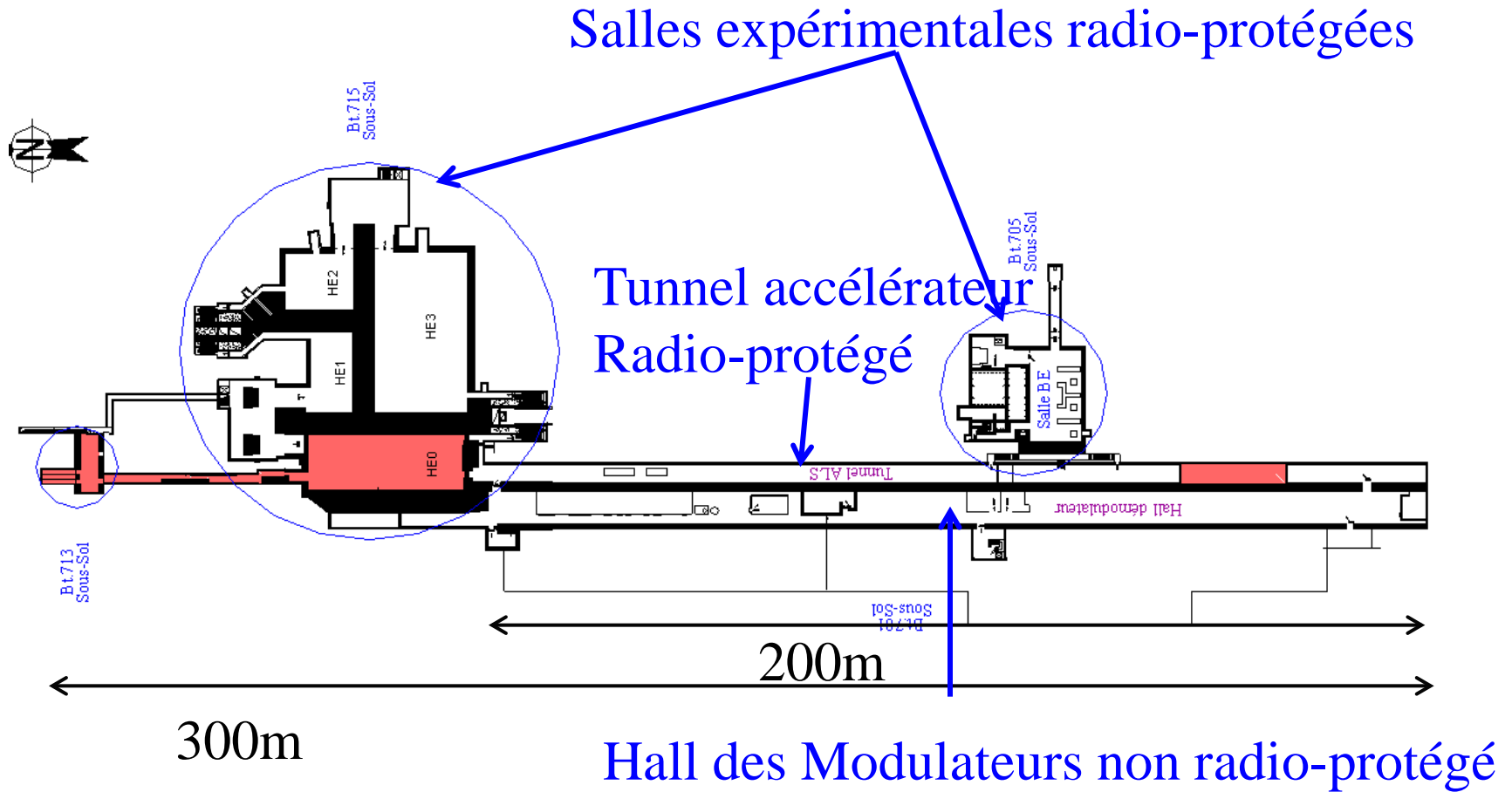
Science à ultra-haute intensité

Science attoseconde

Faisceaux haute énergie

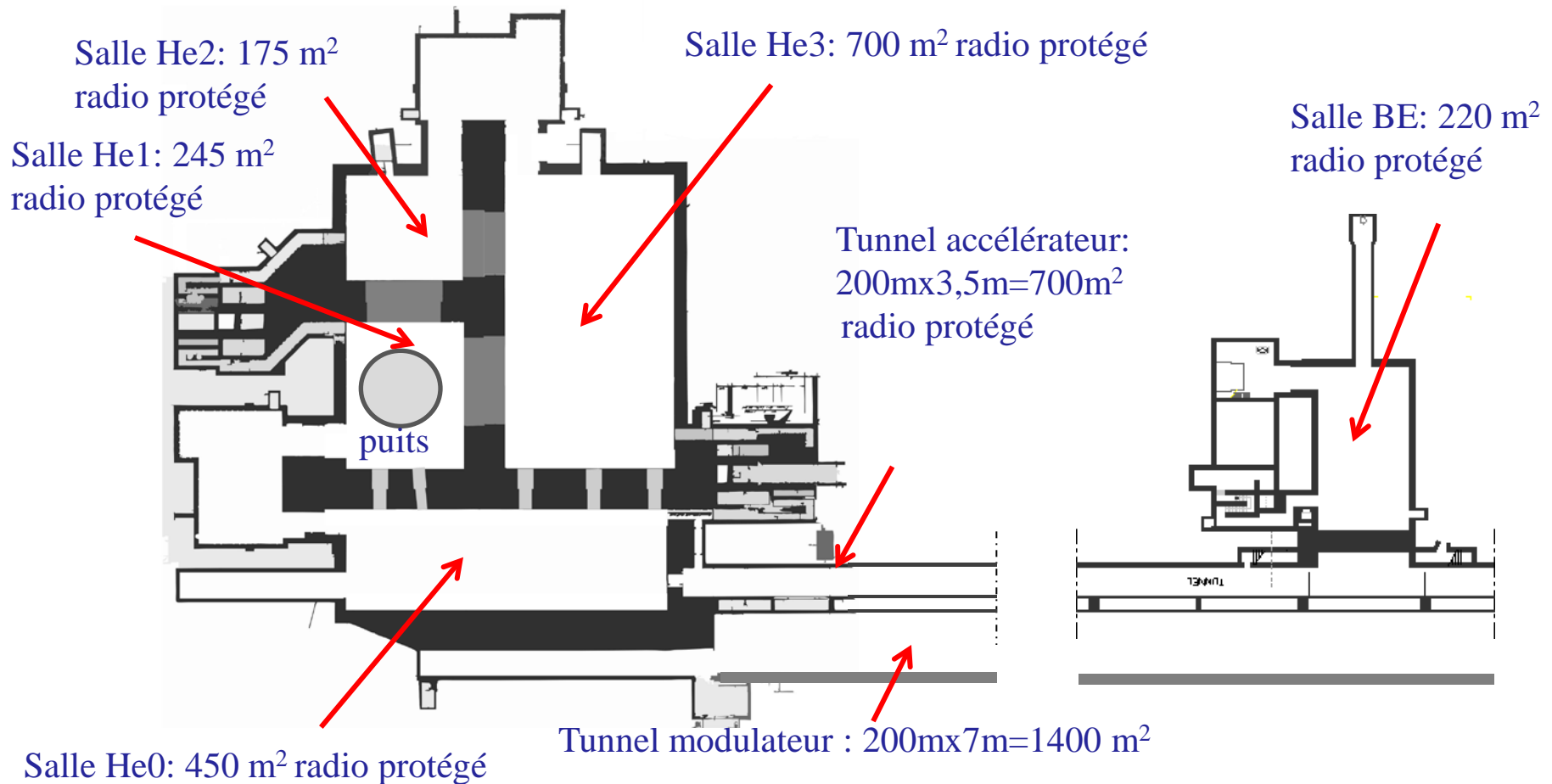
Et leurs applications

ALS : des surfaces adaptées radio-protégées



ALS : des surfaces adaptées radio-protégées

Total= 2490 m² radio protégé+ 1400 m² non radio protégé (laser...)



CILEX : Composantes de la demande

Aménagement des salles laser et expérimentales APOLLON

Mise à niveau des salles existantes ou à construire (climatisation, propreté, fluide, ...)

Distribution des faisceaux et compléments

Distribution dans 3 salles expérimentales, Ligne à retard pour 1 faisceau, Compléments d'équipement

Salle expérimentale haute intensité, ions et applications

2 enceintes équipées pour sources et applications

Salle expérimentale sources X et applications

2 enceintes équipées pour sources et applications

Salle accélération de particules

2 enceintes équipées pour accélération multi - étages
Transport et diagnostics de faisceaux d'électrons multi-GeV
Onduleur (sources X, diagnostic de faisceaux), photo-injecteur

2^{ème} faisceau LUIRE

Faisceau 100 TW couplé au faisceau 0,5 PW

Centrales de proximités

Améliorations sur UHI100, LASERIX, Salle Jaune, LULI2000

Déménagement de UHI100 et LASERIX dans le bâtiment APOLLON

Composantes de la demande CILEX

Aménagement des salles laser et expériences : 4,76 M€

Mise en conformité des salles laser et expérimentales (à préciser suivant localisation)

Laser Apollon : 2,54 M€

Distribution dans 3 salles
Ligne à retard 1 PW
Équipements complémentaires

2 salles expérimentales : 3,56 M€

1 salle haute intensité - ions
1 salle sources X

Salle accélération et équipements associés : 4,98 M€

2^{ème} faisceau LUIRE : 1,02 M€

Amélioration centrales de proximité LASERIX – Salle Jaune – UHI100 – LULI2000 : 2,34 M€

Déménagement, aménagement 2 centrales de proximité : 0,8 M€

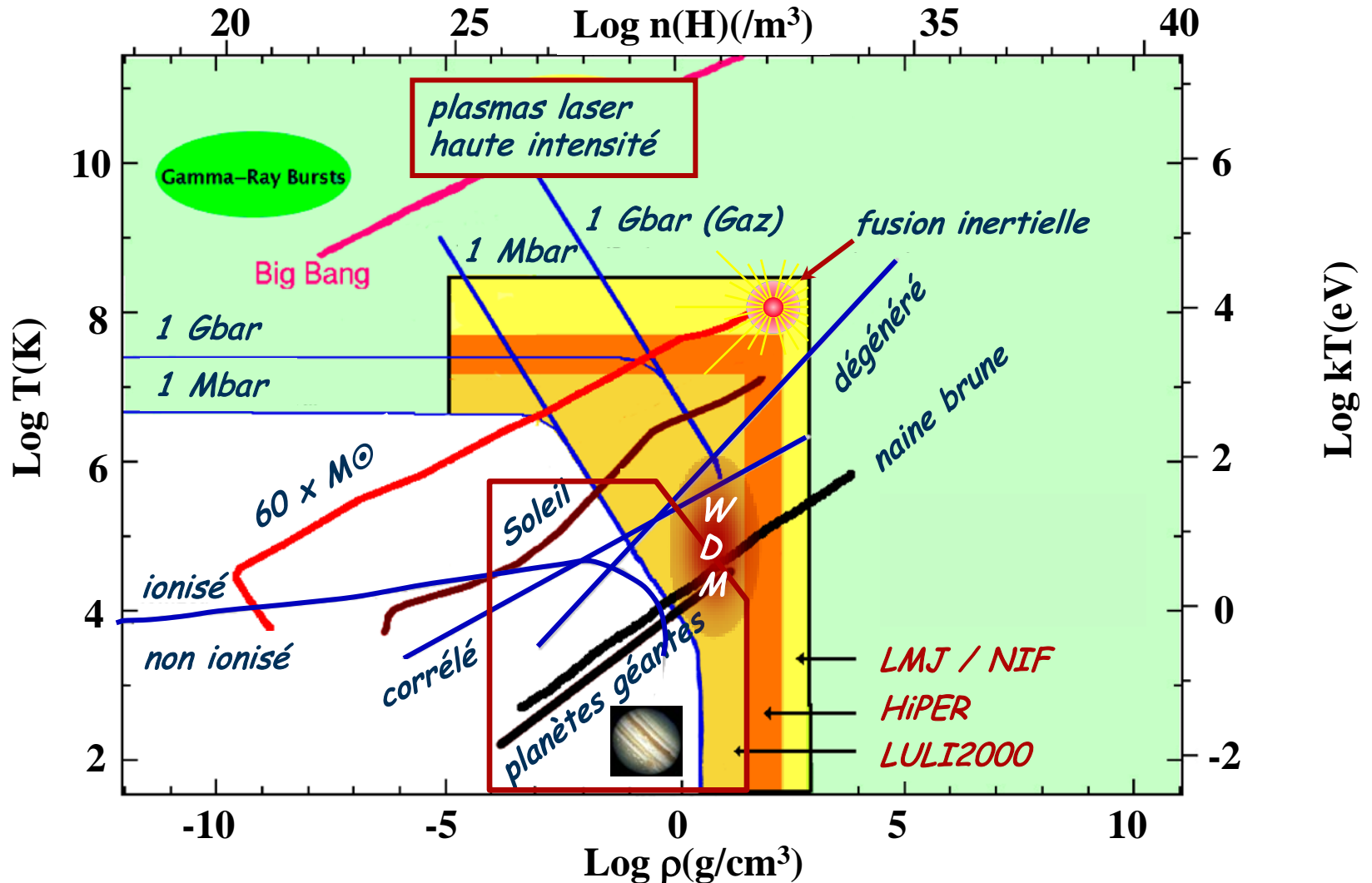
Total ci-dessus : 20 M€

Demande phase 2 : 7,6 M€

Planning prévisionnel des opérations CILEX

	2011	2012	2013	2014	2015
Préparation bâtiment Orme					
APOLLON 10PW	Préparation	Installation		Mise en service	Exploitation
Salle d'expériences ions, UHI	Préparation	Installation		Mise en service	Exploitation
Salle d'expériences sources X	Préparation	Installation		Mise en service	Exploitation
Salle d'expériences accélération d'électrons	Préparation	Installation		Mise en service	Exploitation
LUIRE 1/2 PW	Mise en service	Exploitation			
LUIRE 2 ^{ème} faisceau (100 TW)	Préparation et installation	Exploitation			
LUIRE dans bâtiment APOLLON					LUIRE
Améliorations sur centrales de proximité en 2011					
Installation de UHI100 et LASERIX dans bât. APOLLON		UHI100	LASERIX		

Les faisceaux de protons permettent de produire et sonder des milieux en conditions extrêmes



Une grande installation laser pour résoudre des défis scientifiques et sociétaux

Explorer la physique fondamentale

de l'extrême et des hautes densités d'énergie

Aborder des problèmes "sociétaux" dans les domaines
énergie, biologie, médecine, nucléaire

Si des démonstrations de principe existent
ou seront réalisées dans un proche avenir ...

énormément de travail reste à faire dans les domaines des lasers,
de la technologie expérimentale et de la science fondamentale
pour éventuellement concrétiser une partie de ces promesses

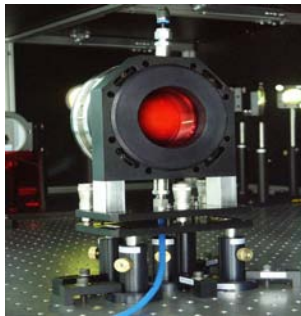
Les installations UHI en exploitation en France



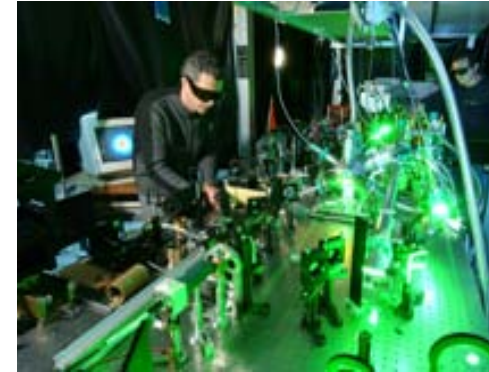
INSTITUT

LASERS ET PLASMAS

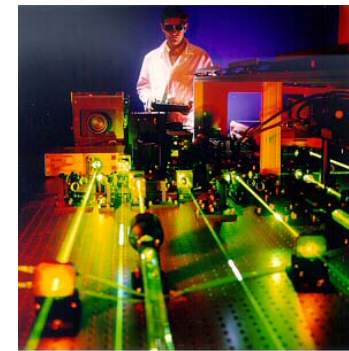
LOA (ENSTA) - Salle Jaune : 1J / 30fs



LASERIX (UPS - ENSTA) 40J / 100fs



UHI100 (IRAMIS) - : 2J / 20fs



ECLIPSE - CELIA : 200 mJ / 40fs

Les installations UHI en construction en France



INSTITUT

LASERS ET PLASMAS

LUIRE (*ILE - ENSTA*)

15J / 30fs 1 tir/min 0,5 PW

1 salle radio-protégée

APOLLON (*ILE - Orme des Merisiers*)

150J / 15fs 1 tir/min 10 PW

10^{23} W/cm²

3 salles radio-protégées

Les installations ELI



INSTITUT

LASERS ET PLASMAS

Pour l'instant : 3 projets de multi-10PW

République Tchèque

Roumanie

Hongrie

1 pilier \geq 100 PW à prévoir ?