

Perspectives d'accélération par champ de sillage au LAL

Nicolas Delerue

LAL (CNRS and Université de Paris-Sud)



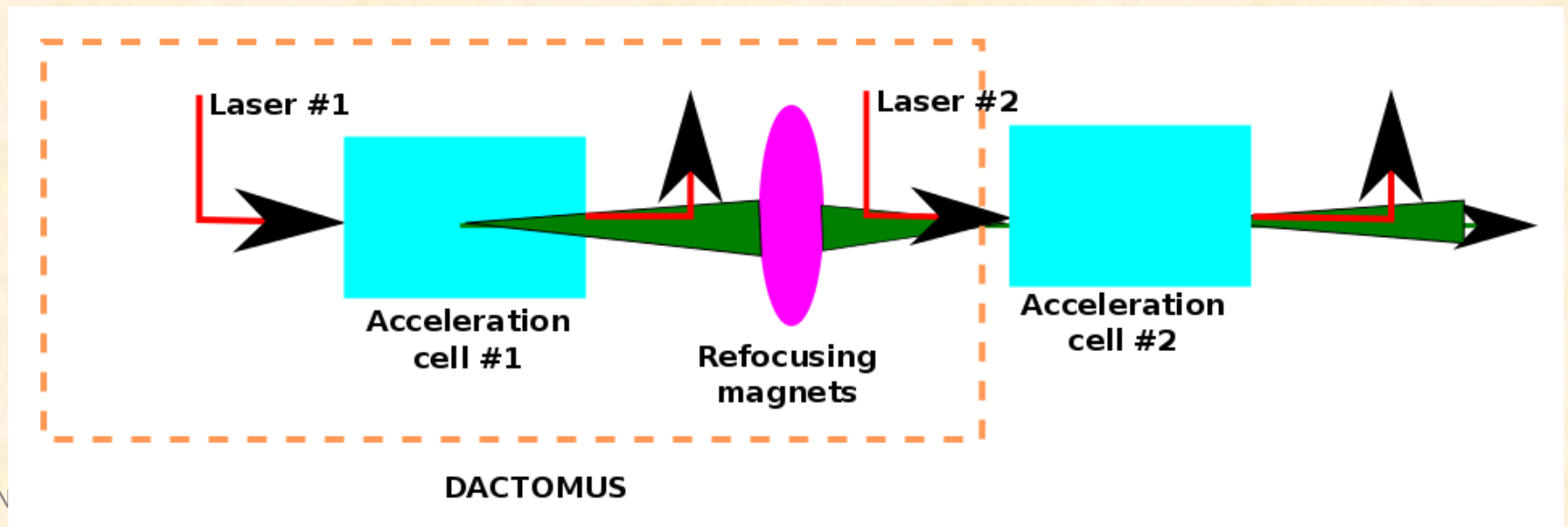
*Work supported by seed funding from Université Paris-Sud, program « Attractivité »
and by the ANR under contract ANR-12-JS05-0003-01.*

Etat des lieux: accélération laser-plasma au LAL

- Activités en cours:
 - * Projet SP: Diagnostics pour la mesure longitudinale de paquet courts, financement > 400k€ par l'ANR.
 - * DACTOMUS: Ligne de refocalisation d'un faisceau laser-plasma. Tests sur UHI-100 (CEA/IRAMIS/LIDyL). Collaboration LAL-LLR-IRFU/SACM-LPGP-IRAMIS/LIDyL. Financement P2IO, 50k€.
 - * Production de paquets courts sur PHIL pour ré-accélération.
- Activité future: PHIL+Installation laser fs Terawatt Laserix

DACTOMUS

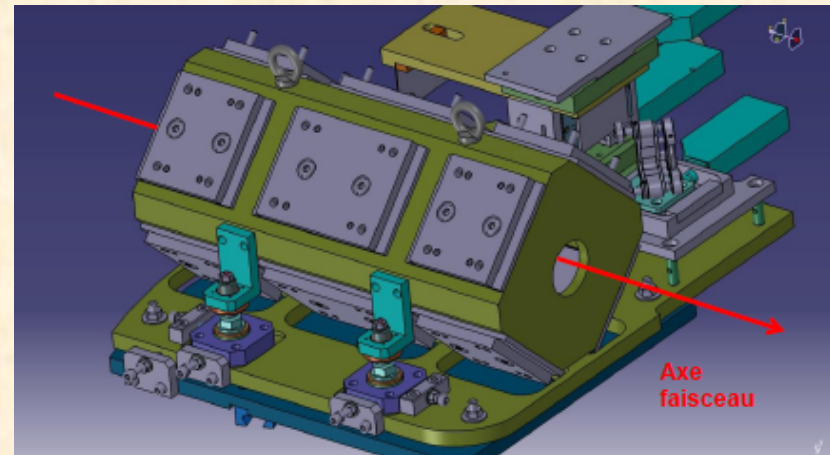
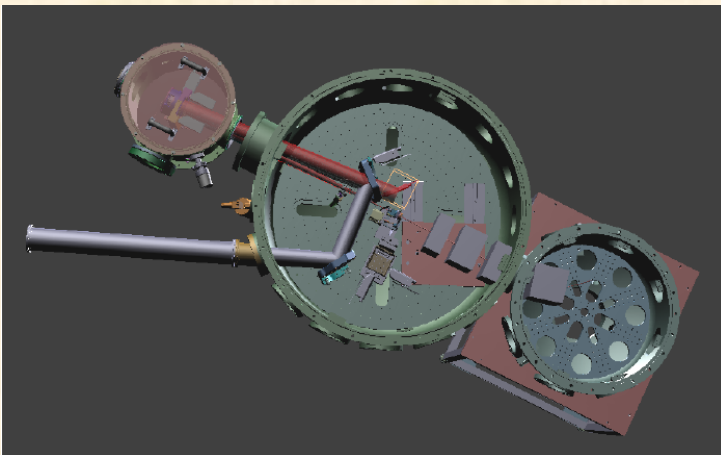
- Projet commun LAL-LLR-IRFU/SACM-LPGP-IRAMIS/LIDyL.
- But à long terme: démontrer que l'on peut combiner plusieurs cellules accélératrices.
- Première étape: montrer que l'on peut refocaliser le paquet d'électrons pour qu'il ait les dimensions permettant à sa réinjection.



DACTOMUS:

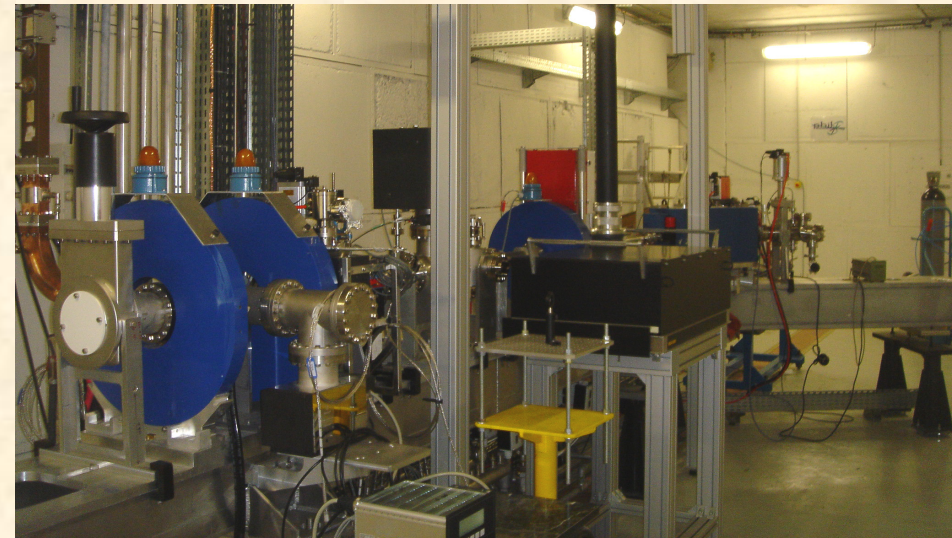
Campagne expérimentale

- Aimants en cours de caractérisation (LLR).
- Campagne expérimentale prévue pour l'été 2015 sur UHI-100 (du 7 au 24 juillet).



PHIL et Laserix

- L'hébergement de Laserix dans les locaux du LAL, à proximité de PHIL offre de nouvelles opportunités:
 - Production de paquets courts
 - Test d'injection et d'accélération de paquets produits par une photocathode.

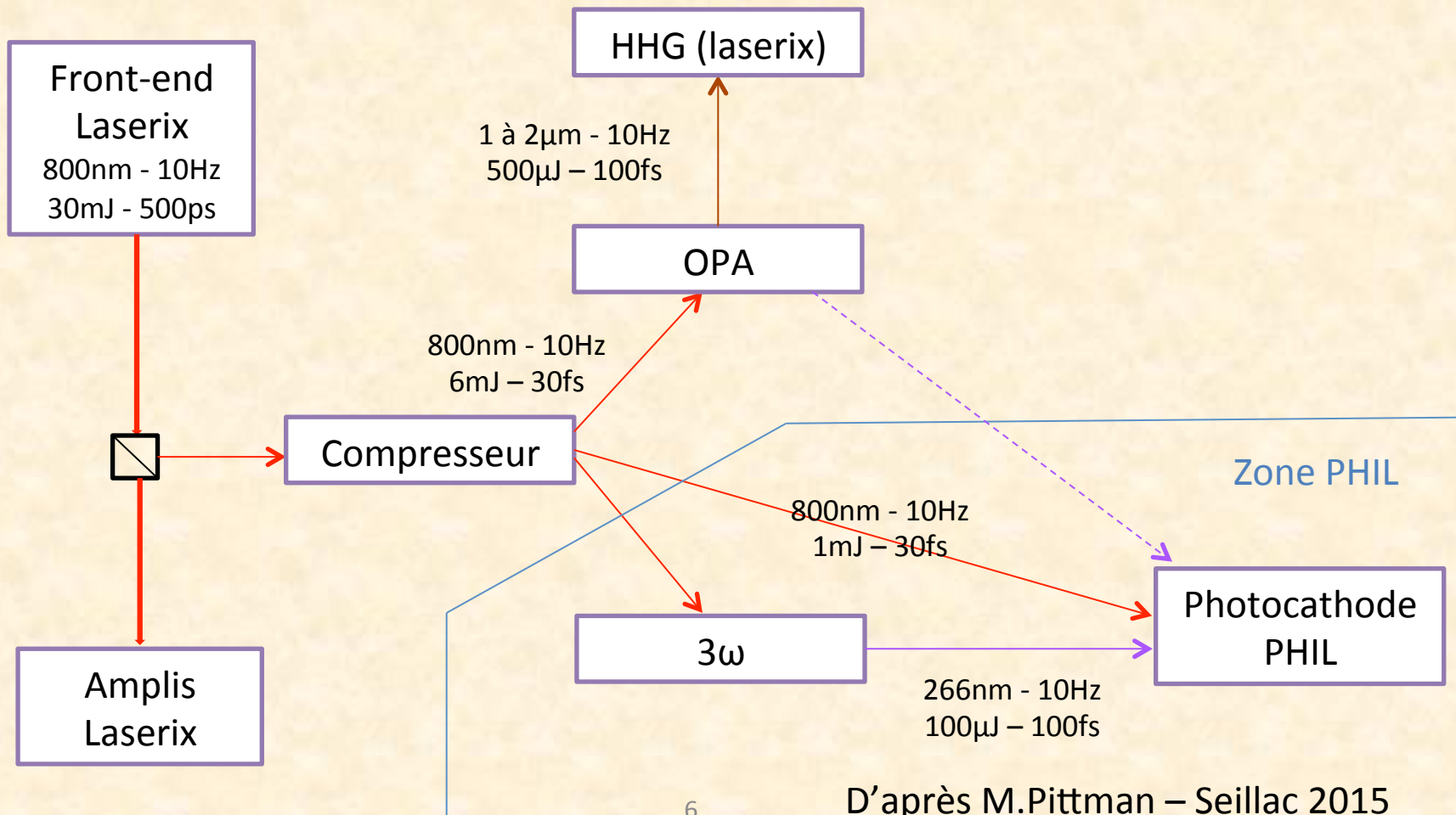


Par champ de sillage au LAL

Production de paquets courts sur PHIL

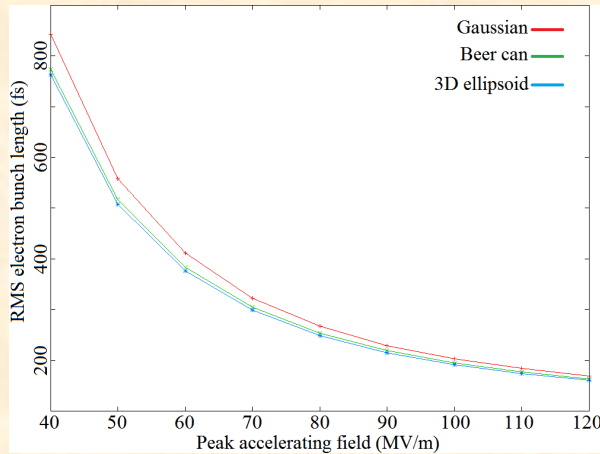
La longueur/durée des paquets produits sur PHIL dépend de la longueur de l'impulsion laser.

=> Grâce à laserix il sera possible de produire des paquets plus court O(30-100fs).

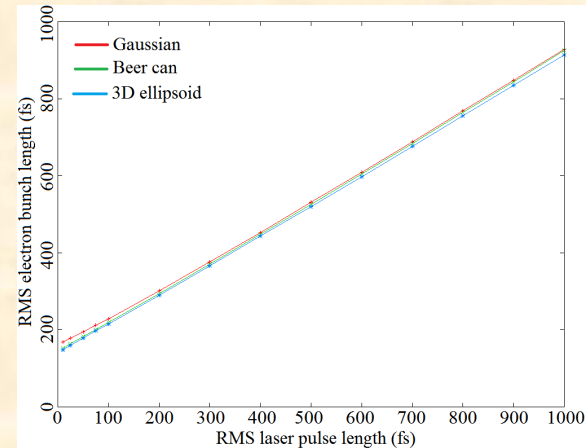


Paquets courts sur PHIL

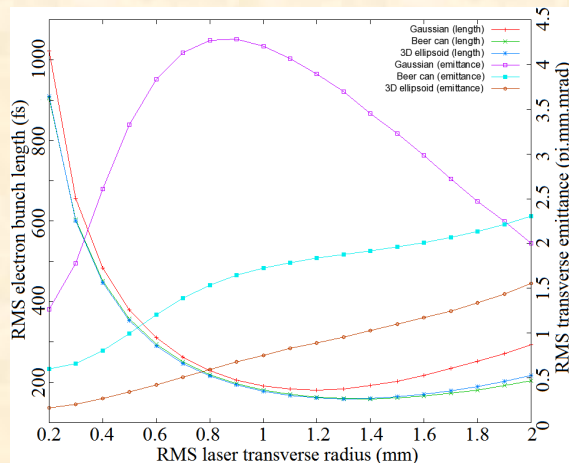
Fort gradient



Laser court dizaine de fs



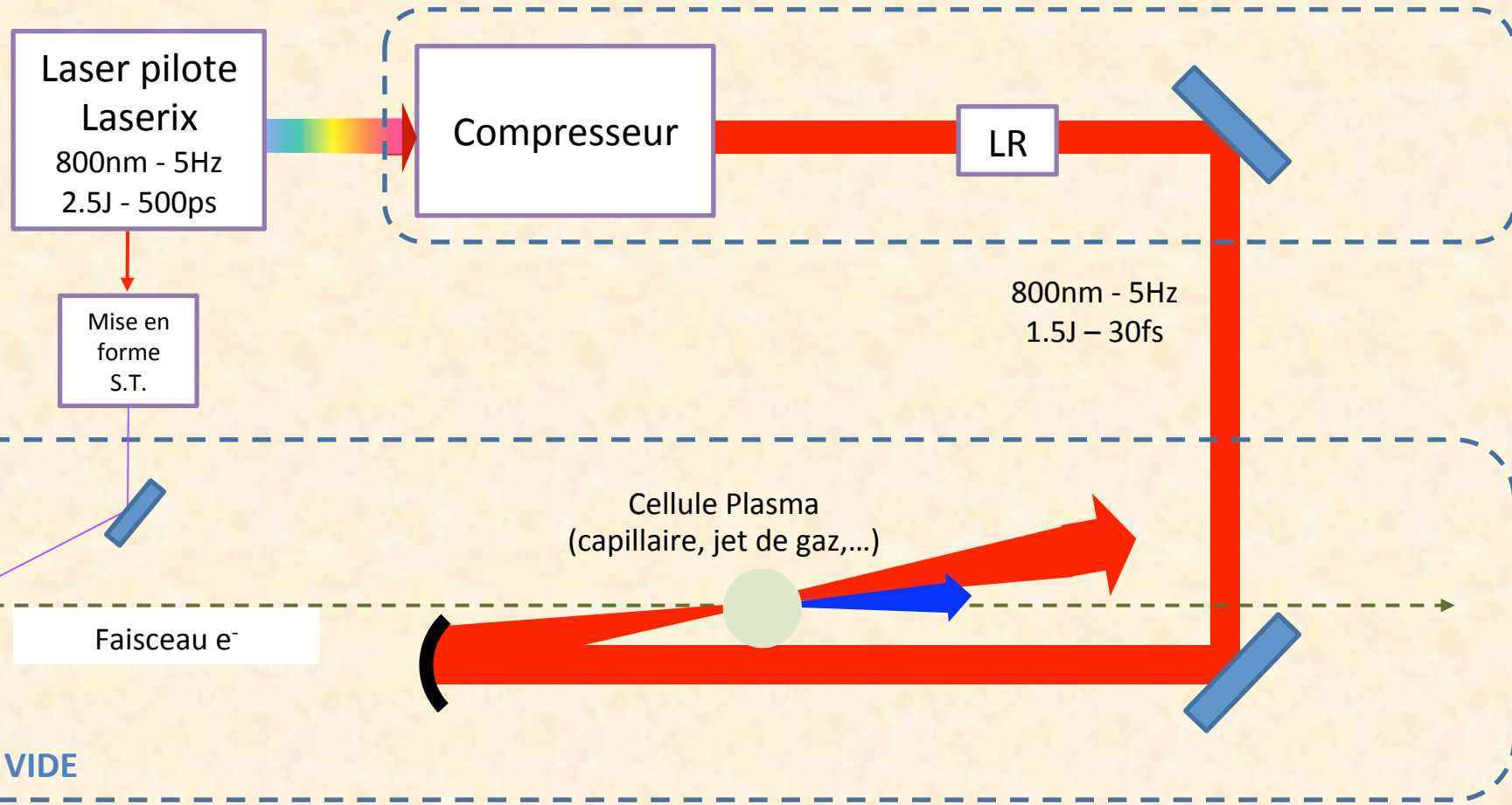
Laser mis en forme, diamètre ajusté



Laser shape	3D Gaussian	Beer can	3D ellipsoid
Rms bunch length (fs)	140	121	119
Normalized transverse emittance (π mm mrad)	3.8	2.0	1.0

D'après C.Bruni/T.Vinatier

Accélération des électrons de PHIL avec laserix



Potentiel scientifique

- L'accélération dans un plasma d'électrons de basse énergie permet de conserver leur faible dispersion en énergie.
- Si les électrons ne sont pas relativistes la première phase de l'accélération compresse le paquet d'électrons.
- Cas étudié en détails par Andreev et al.
- Contrairement à l'accélération à plus fort gradient, on peu envisager ici d'accélérer des charges importantes.
- Les gradients attendus sont de l'ordre du GeV/m mais seulement sur quelques mm.

Exemple

	Andreev	PHIL + Laserix
Charge initial (pC)	2,5-10	100
Energie (MeV)	3	3
Longueur rms paquet (um [fs])	47 [150]	30-60 [100-200]
Taille transverse rms (um)	33	1500
Emittance transverse (mm.mrad)	1	5-15
Intensité laser (W/cm ²)	3 x10 ¹⁸	1.7x10¹⁹
Energy (J)	2- 2.25	2
a ₀	1-1.5	0.5-3

Plasma: $\gamma_p = \frac{\omega_0}{\omega_p} \simeq 100$

n₀=1.12x10¹⁷cm⁻³

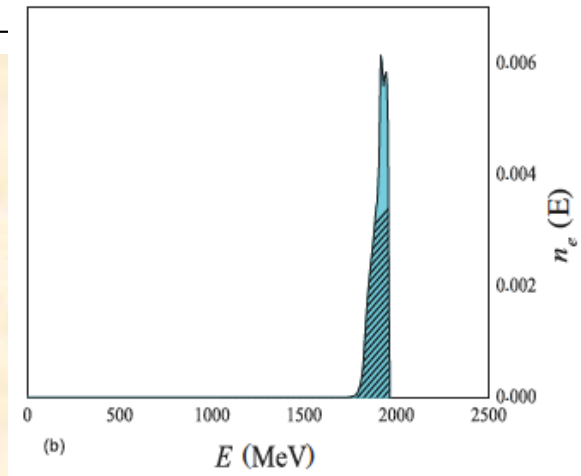
J. Plasma Physics (2013), vol. 79, part 2, pp. 143–152. doi:10.1017/S0022377812000736 Andreev et al.

Nicolas Delerue, LAL Orsay

Accélération par champ de sillage au LAL

Table 1. Final characteristics of accelerated electron bunches at different amplitudes of the driving laser pulse.

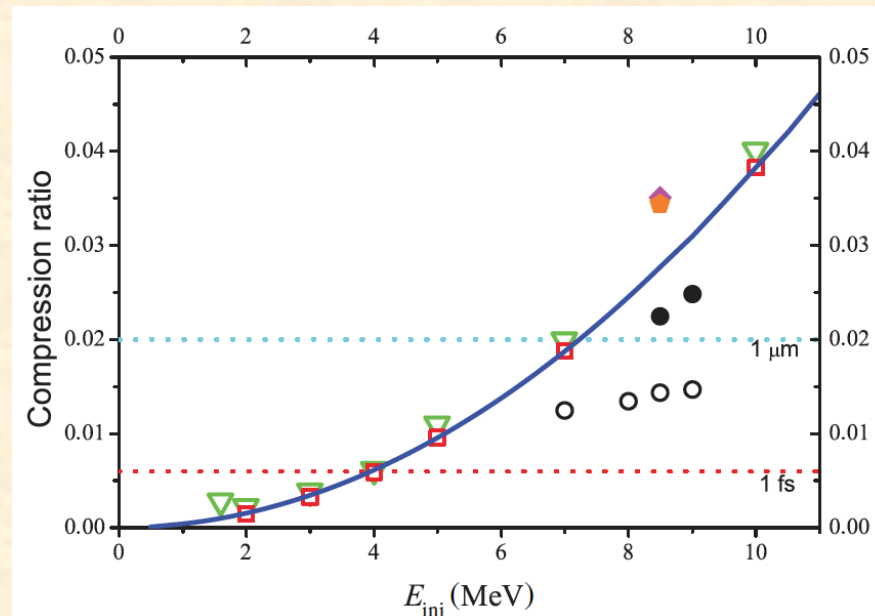
a ₀	1.0	1.2	1.4	1.4	1.5
Initial charge q _{inj} (pC)	2.5	2.5	2.5	10	2.5
Initial rms length, L _{b0} (μm)			47		
Initial rms radius, R _{b0} (μm)			33		
Compressed rms length L _b , μm	1.28	1.18	1.05	1.63	0.99
Compressed rms radius, R _b (μm)	2.01	2.08	2.06	1.61	2.14
Trapped charge, q (pC)	0.68	0.58	0.49	2.76	0.47
Final energy, E (MeV)	1069	1445	1903	1929	2180
Energy spread, ΔE/E (%)	3.4	3.6	3.9	5.5	4.9
Normalized emittance, ε _n (mm × mrad)	11.3	16.1	18.9	12.6	21.6



De nombreux paramètres proches pour accélération **> 1GeV (3% dispersion)**
Focalisation transverse nécessaire.

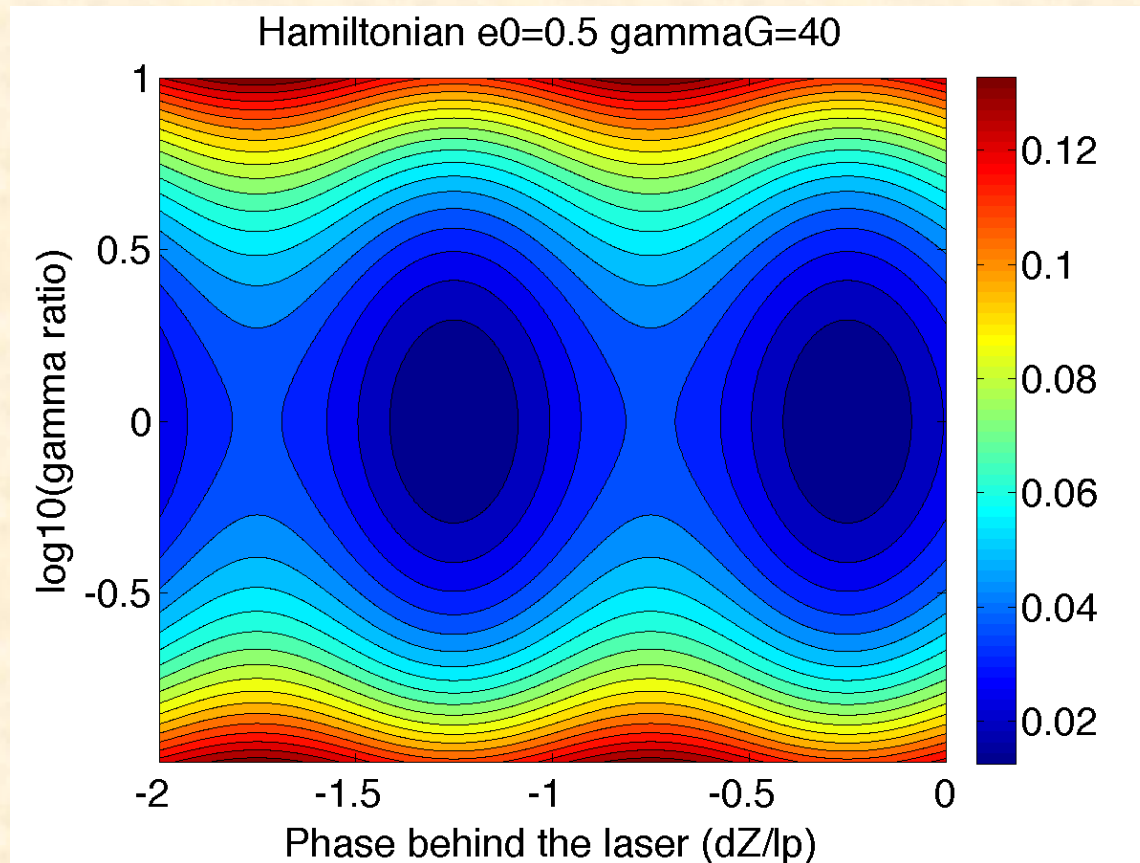
Exemple (suite)

- Grâce au nouveau canon 4,5 cellules de PHIL il sera possible d'étudier la compression et l'accélération à différentes énergies.



Autre schema

- Il y a aussi des schémas qui permettent de rester en dessous des limites imposés par l'ASN (en travaillant en régime très linéaire)

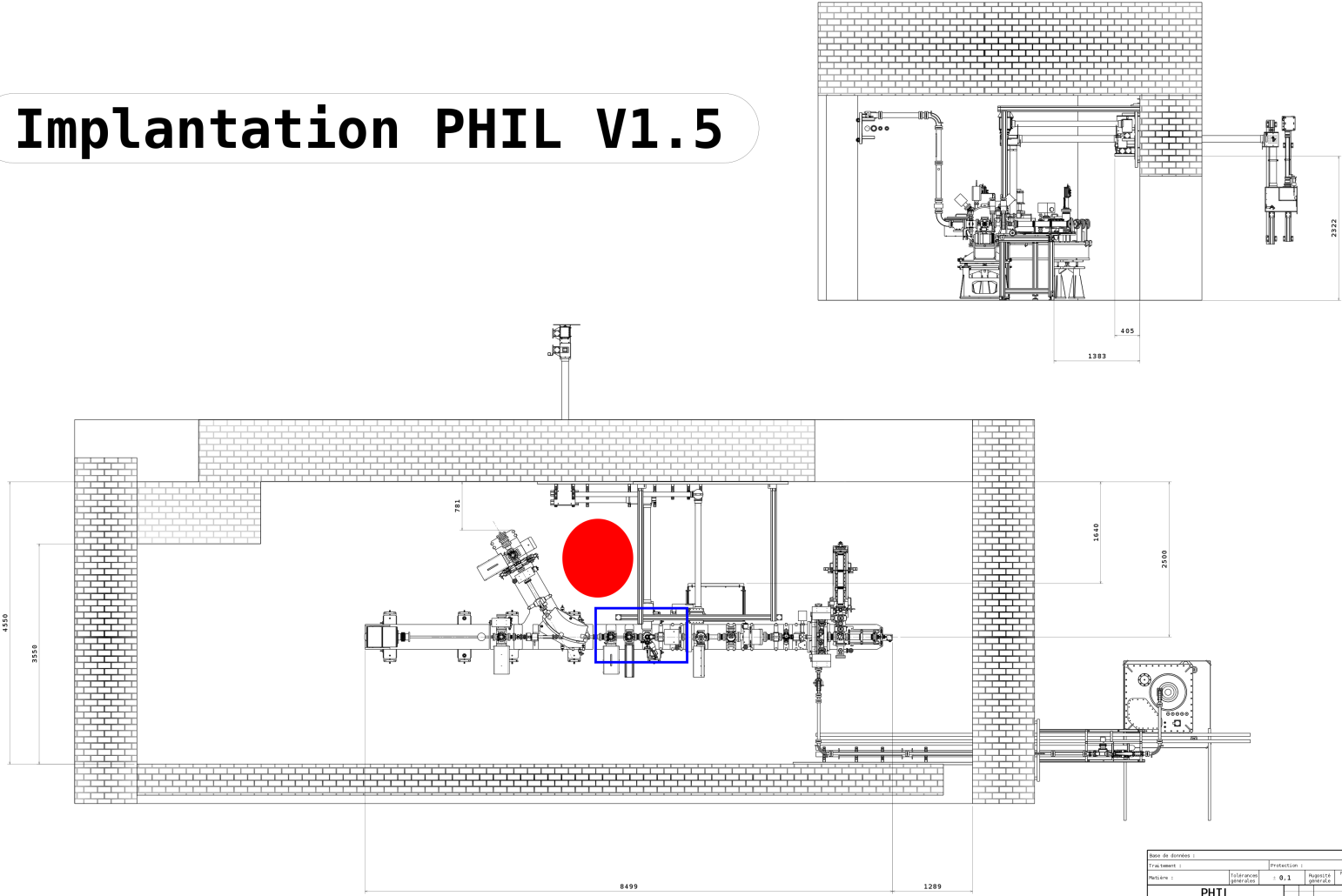


Etapes

- Il faut d'abord valider la possibilité de synchroniser PHIL et Laserix.
- Ensuite, il faudra tester la production de paquets courts avec laserix tirant sur la photocathode de PHIL.
- La focalisation sera aussi un point critique: le volume dans lequel l'accélération prends place est très petit !
(100x100um²)
- Le transport du faisceau court d'électrons jusqu'au point d'interaction va le dégrader
 - => expérience au plus proche.
 - => Effet d'un allongement tolérable (mais perte de charge).
 - => Trouver un emplacement optimal dans PHIL.

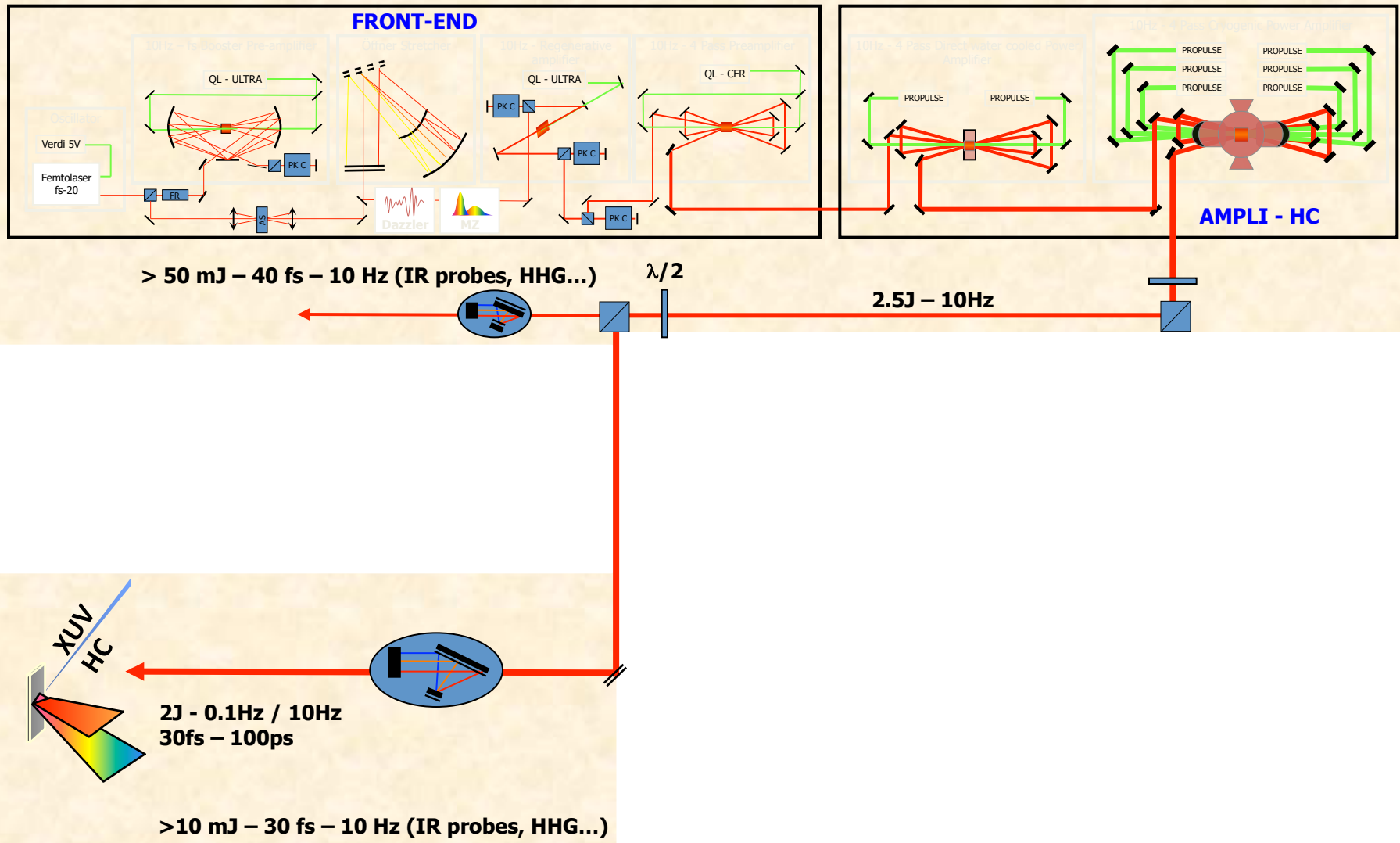
Possible emplacement dans PHIL

Implantation PHIL V1.5



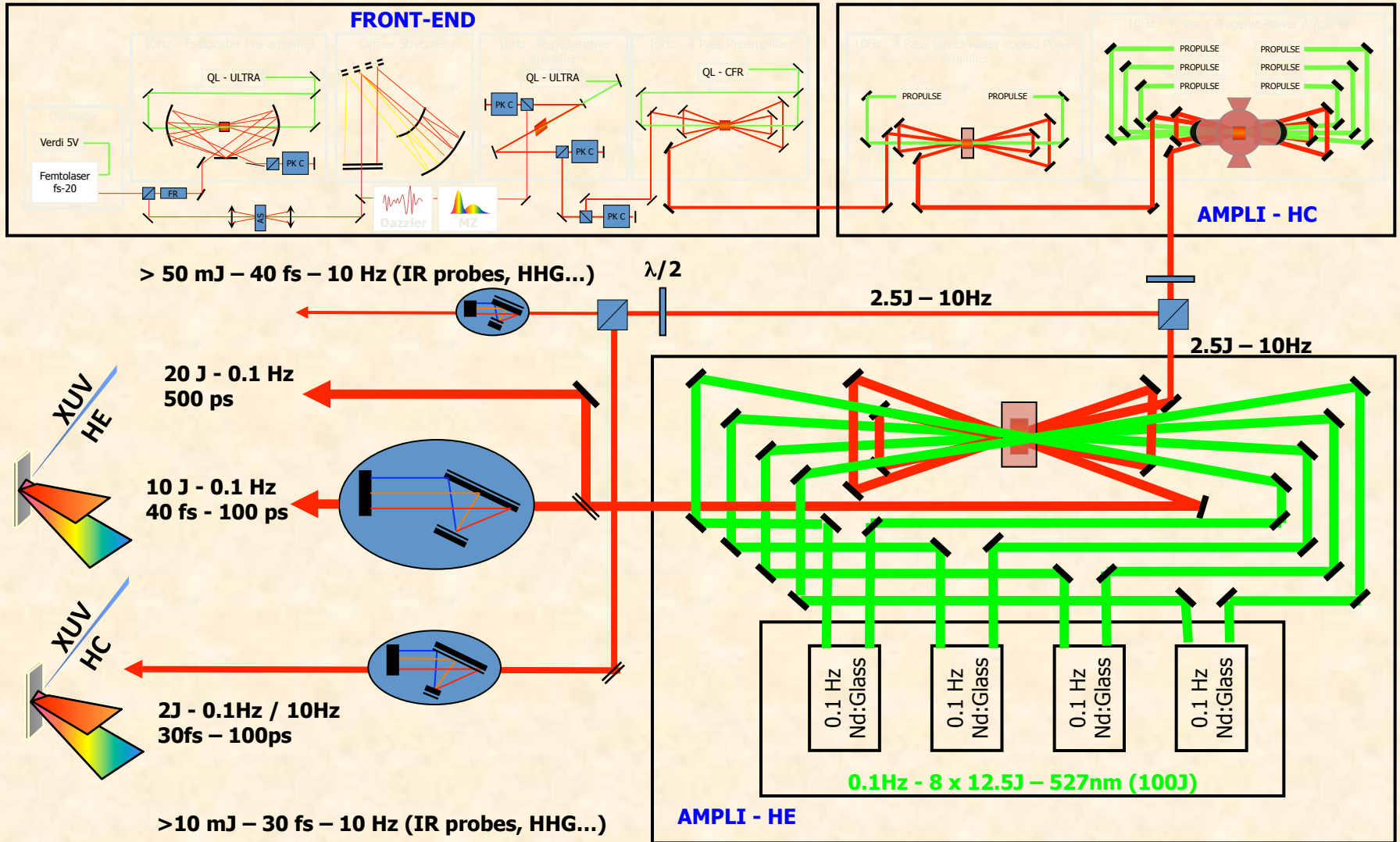
Etat de l'ouvrage :		Production :		Date :	
Travaux :	Installation générale	0.1	Reprise générale	1/24	(NB)
PHIL					
Implantation V1.5					
<small> MANUFACTURER OF A WATERBORNE LANTERN No. 100, St. 1st, 1st Floor, 1st Floor Tel: 01-46-46-46-46 - Fax: 01-46-46-46-46 </small>					
ISPOE0000 1/24				Page B	

Plus tard LASERIX : 2J => 40J



Source: M.Pittman – Seillac 2015

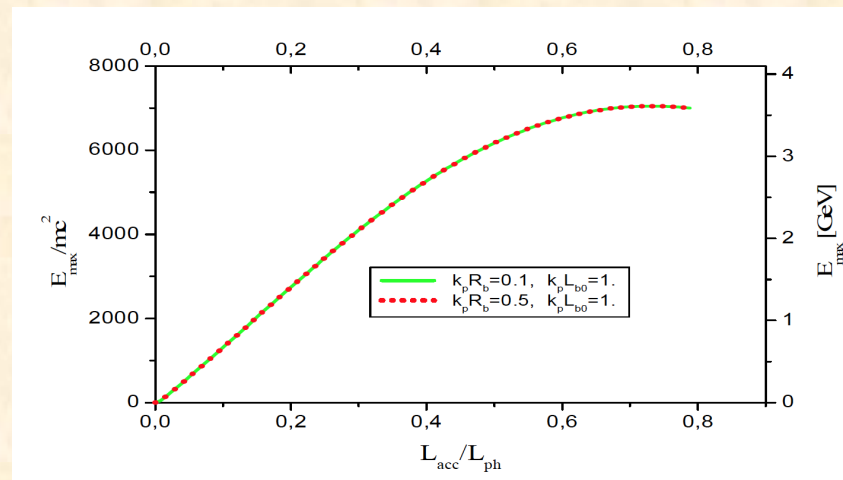
Plus tard LASERIX : 2J => 40J



Source: M.Pittman – Seillac 2015

Laserix @40J

- Avec laserix à 40J il sera possible d'envisager d'autres études:
 - Faisceau laser plus large pour accepter plus de charge
 - Accélération à plusieurs étages
- Cependant cela requiert le déploiement complet de laserix à 40J (effort de plusieurs années une fois que les locaux seront trouvés).



Andreev et al., Giens 2001

Conclusions

- Activités actuelles axée principalement sur les diagnostics.
- Potentiel scientifique très intéressant avec l'arrivée de Laserix: possibilités d'accélérer $\gg 100\text{MeV}$ avec une dispersion faible.
- Il faut prendre en compte les contraintes de radioprotection (mais la charge accélérée sera faible).