

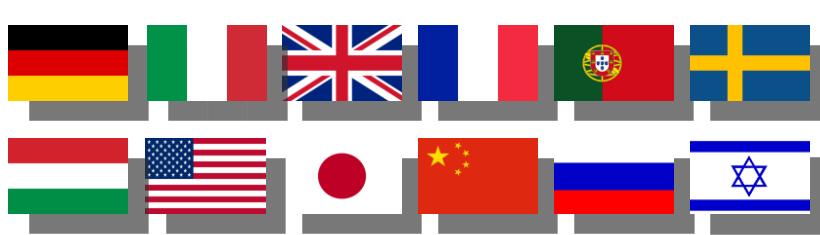
EUROPEAN
PLASMA RESEARCH
ACCELERATOR WITH
EXCELLENCE IN
APPLICATIONS



Injecteurs lasers plasma dans le cadre du projet EuPRAXIA

T. L. Audet, P. Lee, G. Maynard and B. Cros
LPGP, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay, France

Les journées accélérateurs 2017, 3-6 octobre, Roscoff

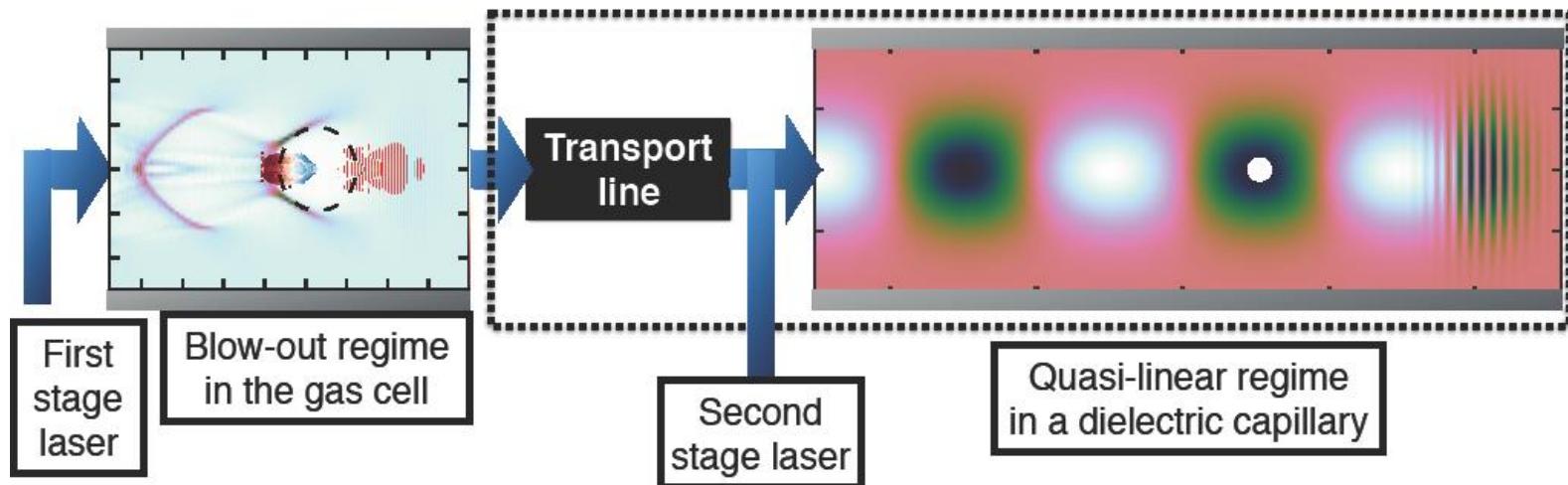


This project has received funding from the European Union's Horizon 2020
research and innovation programme under grant agreement No 653782.

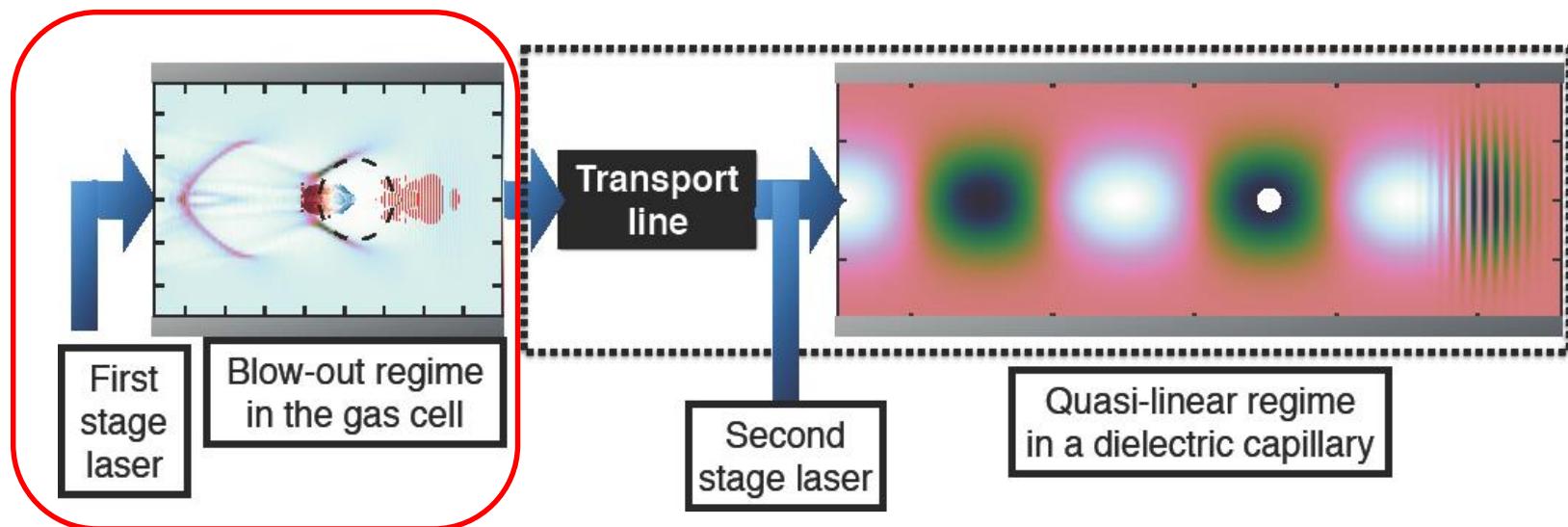
- Etude conceptuelle pour une installation accélérateur fournissant des faisceaux d'électrons de 5 GeV à deux types d'utilisateurs :
 - Laser à électrons libres
 - DéTECTEURS pour la physique haute énergie

- Etude conceptuelle pour une installation accélérateur fournissant des faisceaux d'électrons de 5 GeV à deux types d'utilisateurs :
 - Laser à électrons libres
 - DéTECTEURS pour la physique haute énergie
- Configurations étudiées :
 - Injecteurs laser plasma → Etage accélérateur plasma
 - Injecteur RF → Etage accélérateur plasma

- Etude conceptuelle pour une installation accélérateur fournissant des faisceaux d'électrons de 5 GeV à deux types d'utilisateurs :
 - Laser à électrons libres
 - DéTECTEURS pour la physique haute énergie
- Configurations étudiées :
 - Injecteurs laser plasma → Etage accélérateur plasma
 - Injecteur RF → Etage accélérateur plasma



- Etude conceptuelle pour une installation accélérateur fournissant des faisceaux d'électrons de 5 GeV à deux types d'utilisateurs :
 - Laser à électrons libres
 - DéTECTEURS pour la physique haute énergie
- Configurations étudiées :
 - Injecteurs laser plasma → Etage accélérateur plasma
 - Injecteur RF → Etage accélérateur plasma

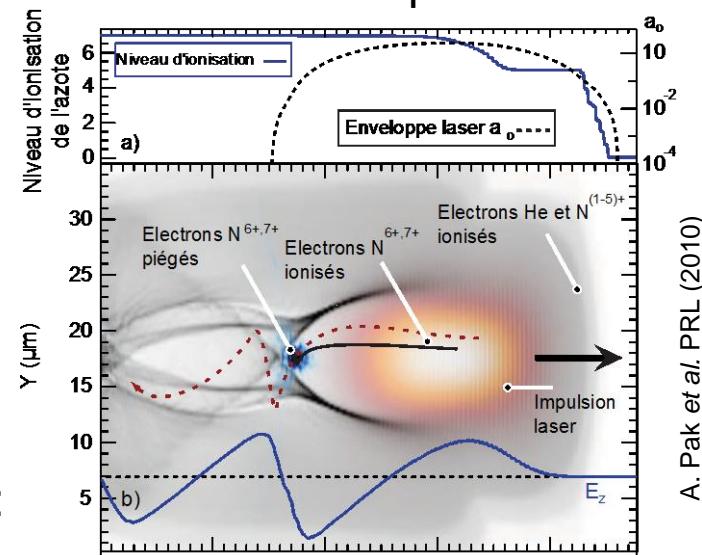


Quantité	Valeur cible
Energie	150 MeV [100 – 200 MeV]
Charge	100 pC [30 – 100 pC]
Longueur des paquets	5 fs (rms) [3 – 20 fs]
Taux de répétition	10 Hz [1 – 100 Hz]
Dispersion en énergie totale	5 % (rms) [1 – 5 %]
Emittance transverse normalisée	1 mm.mrad
Taille transverse	0.58 μ m (rms) [0.5 – 0.71 μ m]
Divergence transverse	5.8 mrad (rms) [5 – 7.1 mrad]

Quantité	Valeur cible
Energie	150 MeV [100 – 200 MeV]
Charge	100 pC [30 – 100 pC]
Longueur des paquets	5 fs (rms) [3 – 20 fs]
Taux de répétition	10 Hz [1 – 100 Hz]
Dispersion en énergie totale	5 % (rms) [1 – 5 %]
Emittance transverse normalisée	1 mm.mrad
Taille transverse	0.58 μ m (rms) [0.5 – 0.71 μ m]
Divergence transverse	5.8 mrad (rms) [5 – 7.1 mrad]

- Ces propriétés sont données à l'entrée du deuxième étage
 → Le transport aura un impact sur la charge, la longueur et les propriétés spatiales des paquets

- Etude des résultats expérimentaux publiés dans la gamme d'énergie visée par EuPRAXIA
- Restriction aux paramètres qui ne seront pas modifiés / améliorés par le transport :
 - Energie
 - Charge
 - Dispersion en énergie
- Examen de 4 différentes techniques d'injection:
 - SI : Auto-injection (self-injection)
 - CPI : Injection par collision d'impulsion (colliding pulse injection)
 - DGI : Injection dans un gradient (density gradient injection)
 - III : Injection induite par ionisation (ionization-induced injection)



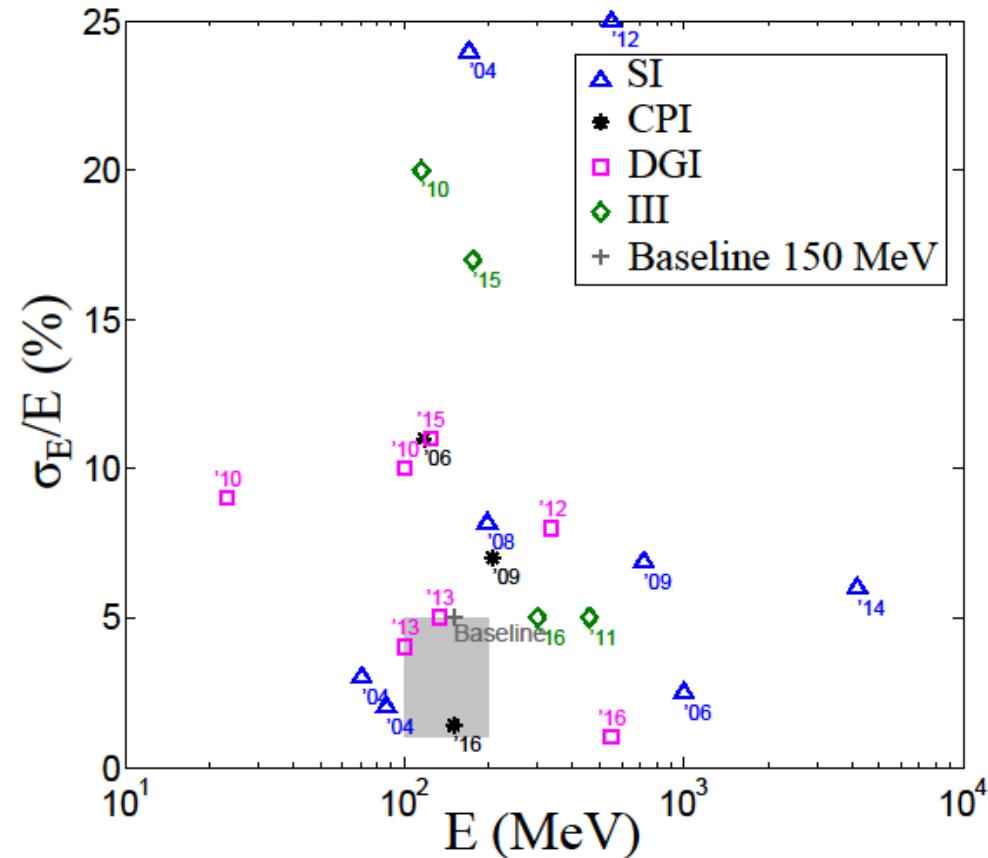
A. Pak et al. PRL (2010)

SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

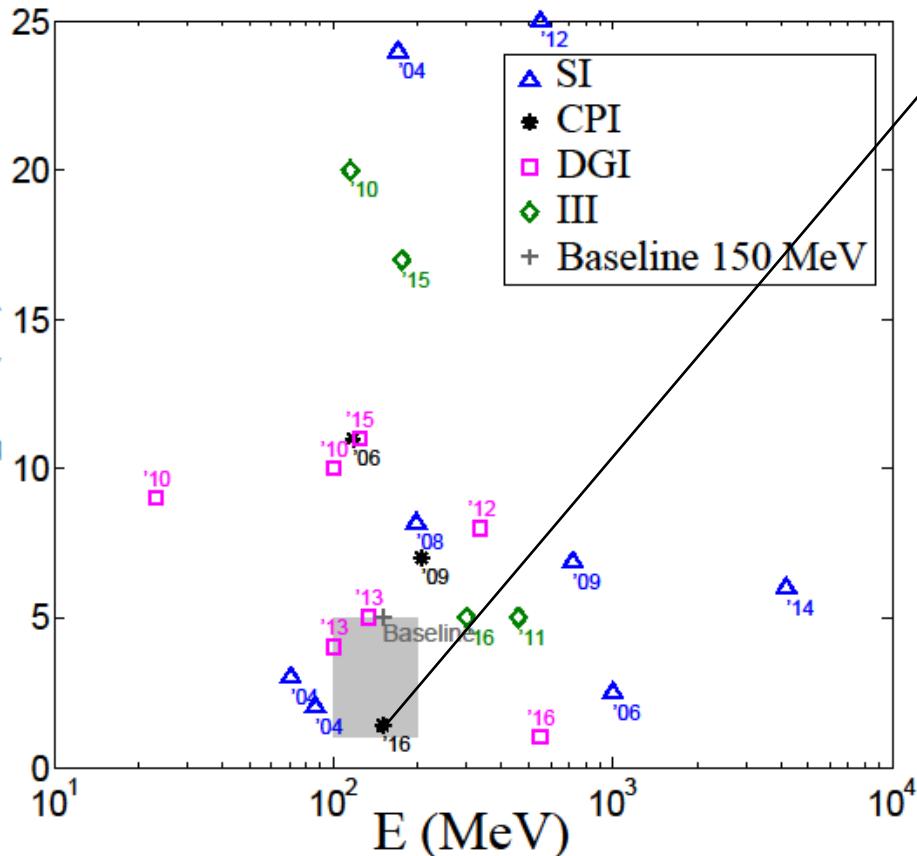


SI : Self Injection

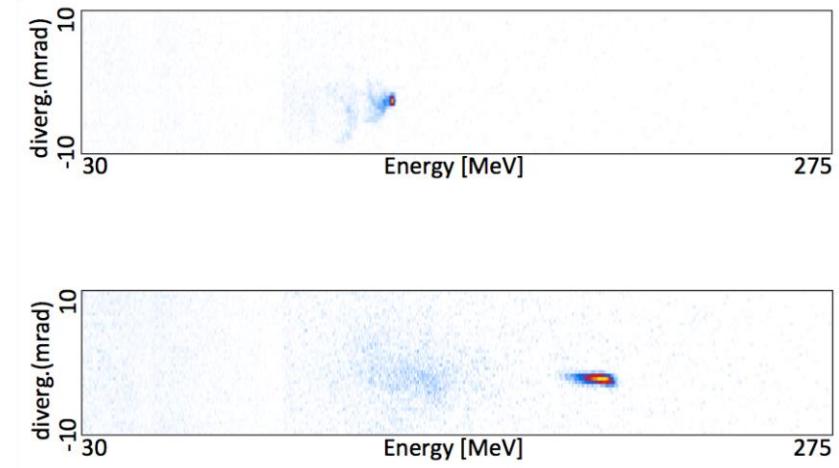
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



C.G.R. Geddes et al. AIP Conf. Proc. (2016)



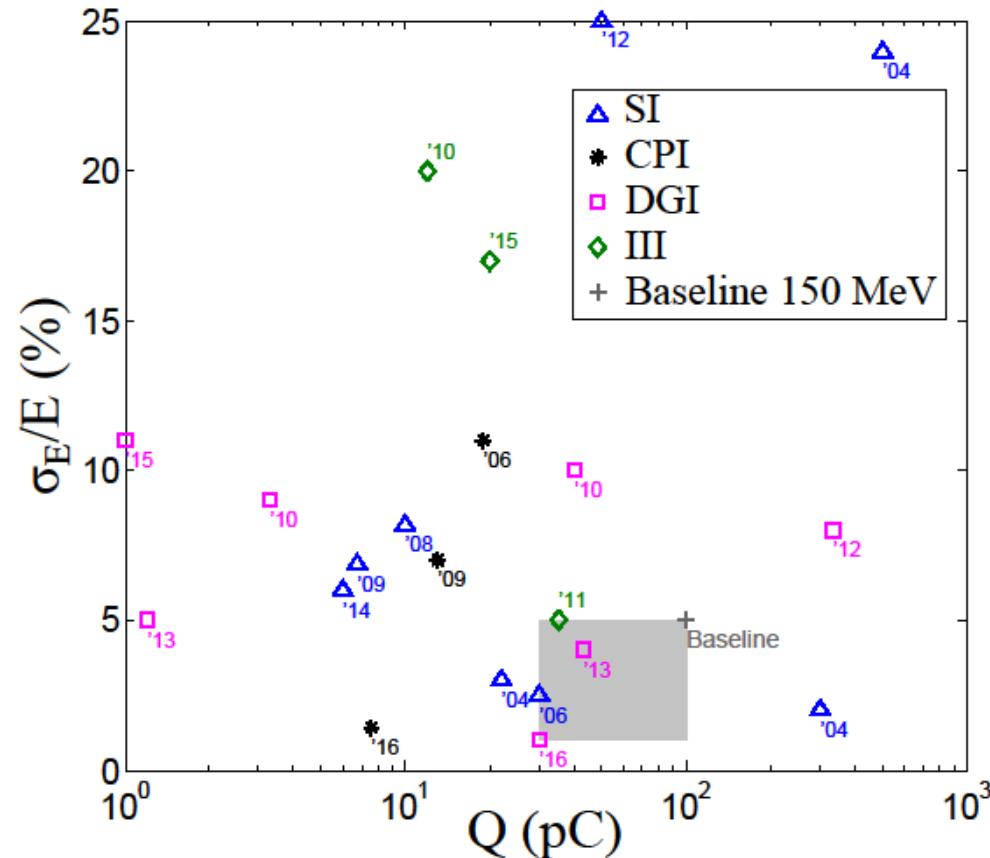
- CPI in gas jet
- $E = 150 \text{ MeV}$
- $a_0 = 1.2 \text{ \& } 0.6$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 1.4 \text{ \% (fwhm)}$
- $n_e \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
- $Q \sim 8 \text{ pC}$

SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

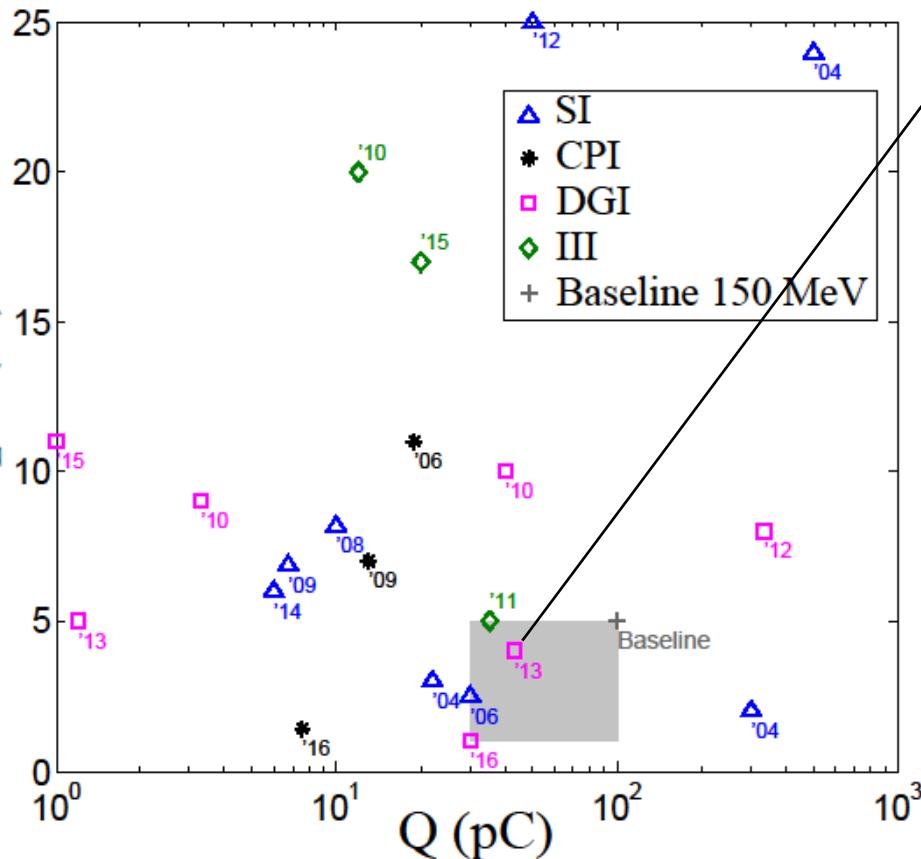


SI : Self Injection

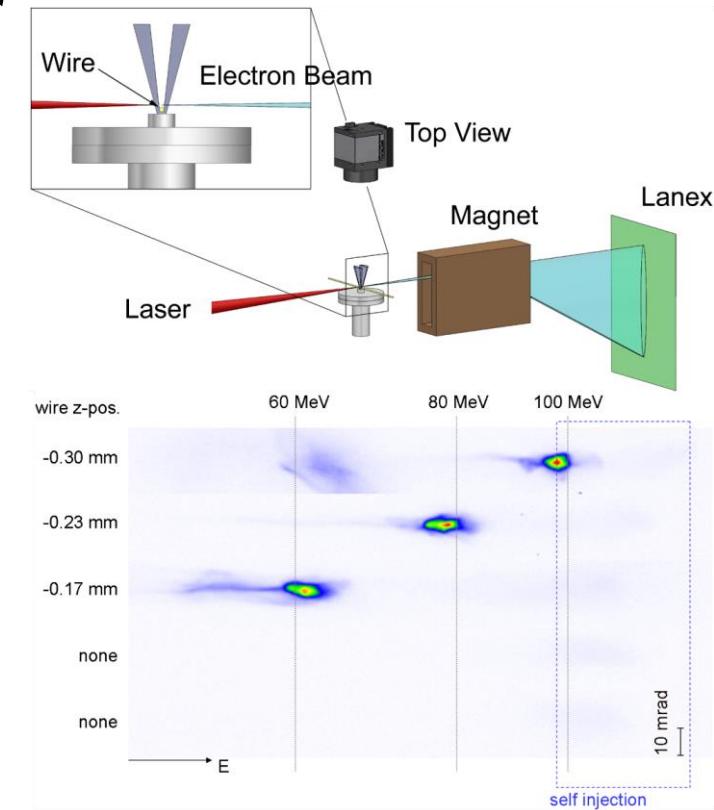
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



M. Burza et al. PRSTAB (2013)



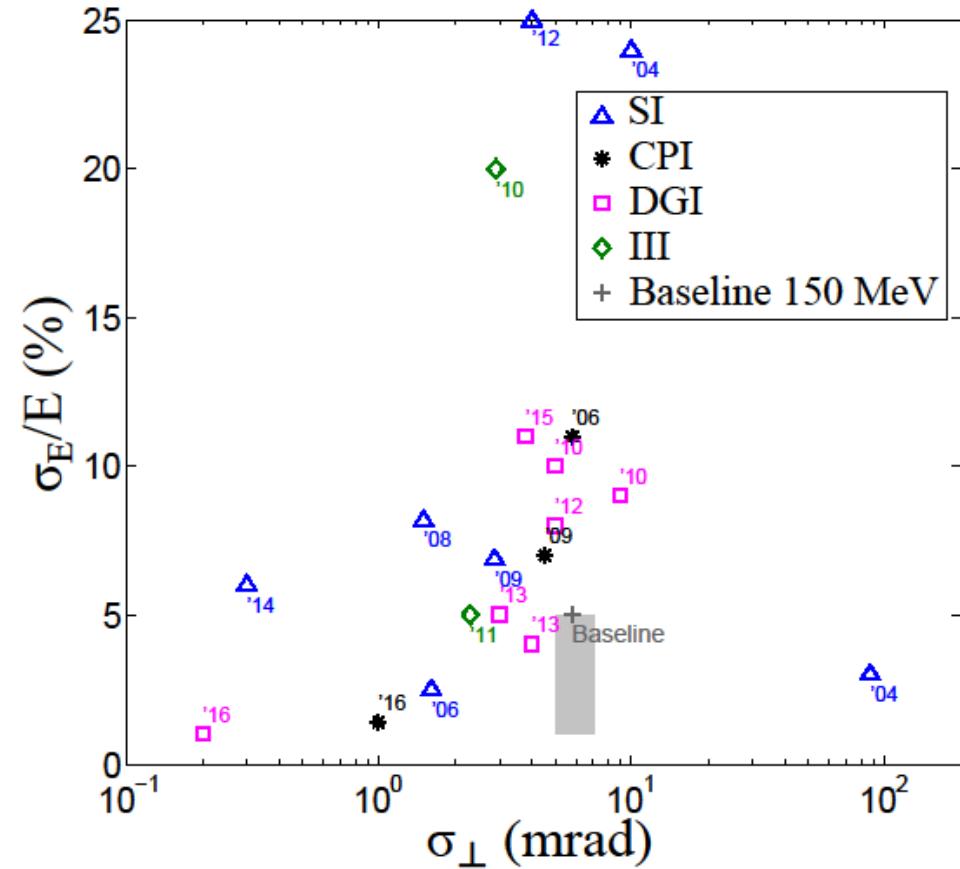
- DGI in gas jet
- $n_e \sim (6 \rightarrow 3) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
- $E = 100 \text{ MeV}$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 4 \%$ (fwhm)
- $Q \sim 43 \text{ pC}$

SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

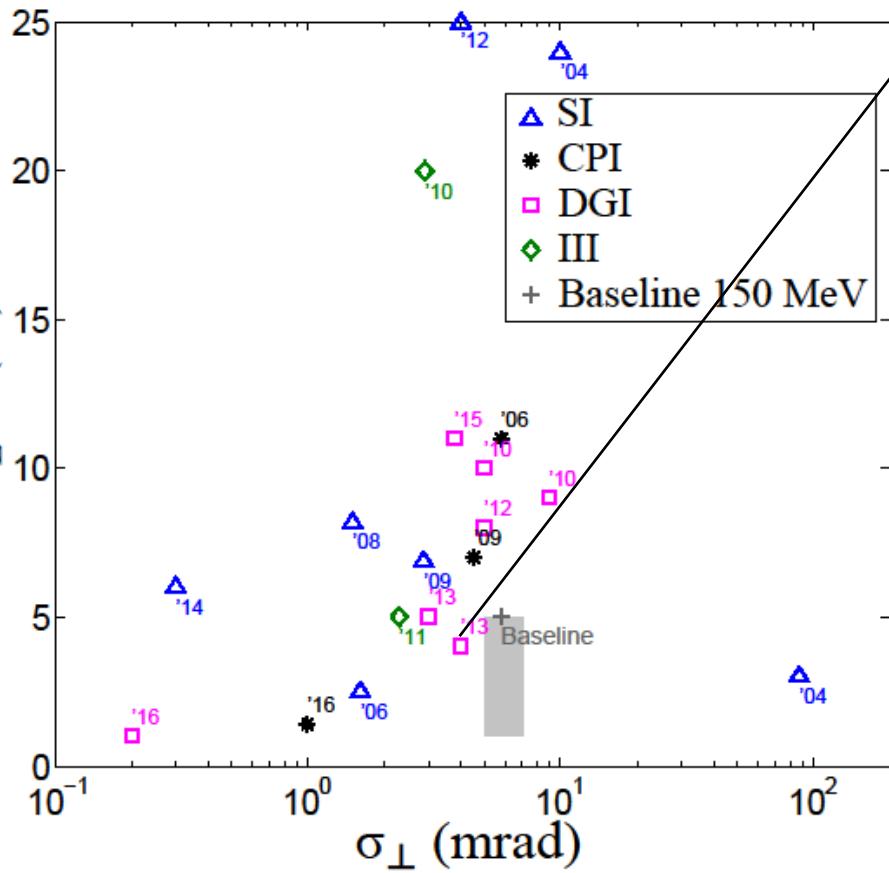


SI : Self Injection

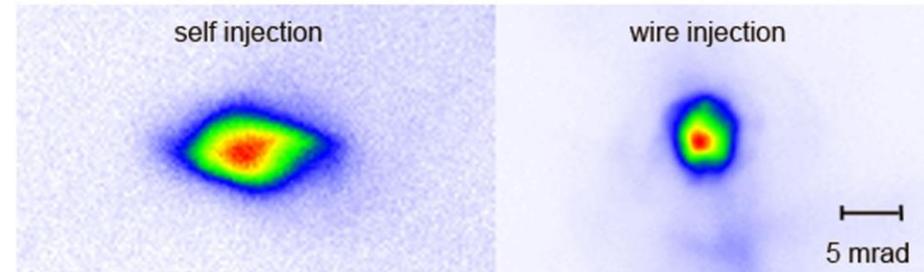
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



M. Burza et al. PRSTAB (2013)



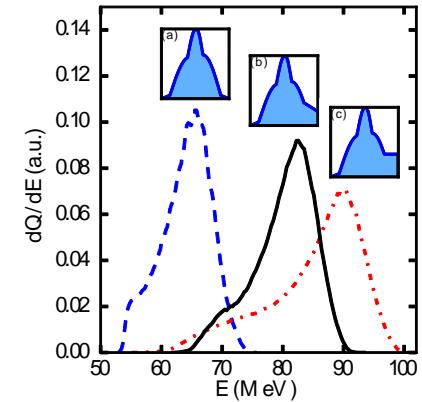
- DGI in gas jet
- $n_e \sim (6 \rightarrow 3) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
- $E = 100 \text{ MeV}$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 4 \%$ (fwhm)
- $Q \sim 43 \text{ pC}$
- $\sigma_\perp = 4 \text{ mrad}$ (fwhm)

Quantité	Valeur cible	Résultats publiés
Energie	150 MeV [100 – 200 MeV]	✓
Charge	100 pC [30 – 100 pC]	✗ ✓
Longueur des paquets	5 fs (rms) [3 – 20 fs]	✓ ✗
Taux de répétition	10 Hz [1 – 100 Hz]	✓
Dispersion en énergie totale	5 % (rms) [1 – 5 %]	✓
Emittance transverse normalisée	1 mm.mrad	✓ ✗
Taille transverse	0.58 μ m (rms) [0.5 – 0.71 μ m]	✓ ✗
Divergence transverse	5.8 mrad (rms) [5 – 7.1 mrad]	✓

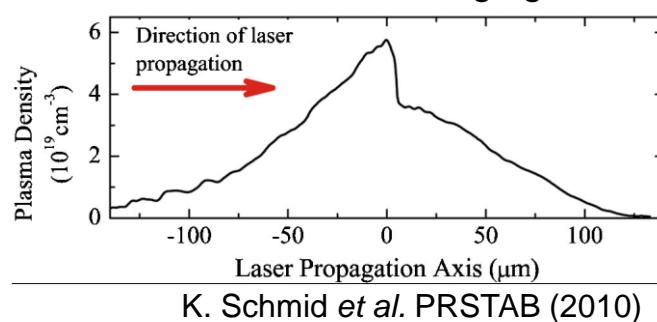
Propriétés critiques :

- Haute charge (100 pC) **combinée** avec une faible dispersion en énergie (5 % rms) et une faible émittance (1mm.mrad)

- Les résultats expérimentaux publiés ne correspondent que partiellement aux propriétés cibles d'EuPRAXIA
→ Optimisation des propriétés étudiée en simulation
- Injection induite par ionisation dans un profil contrôlé
→ Augmente la charge mais l'emittance intrinsèque peut poser problème
- Injection dans une transition de densité
→ Distributions générées intéressantes mais charge généralement faible



P. Lee *et al.* PRSTAB (2016)



K. Schmid *et al.* PRSTAB (2010)

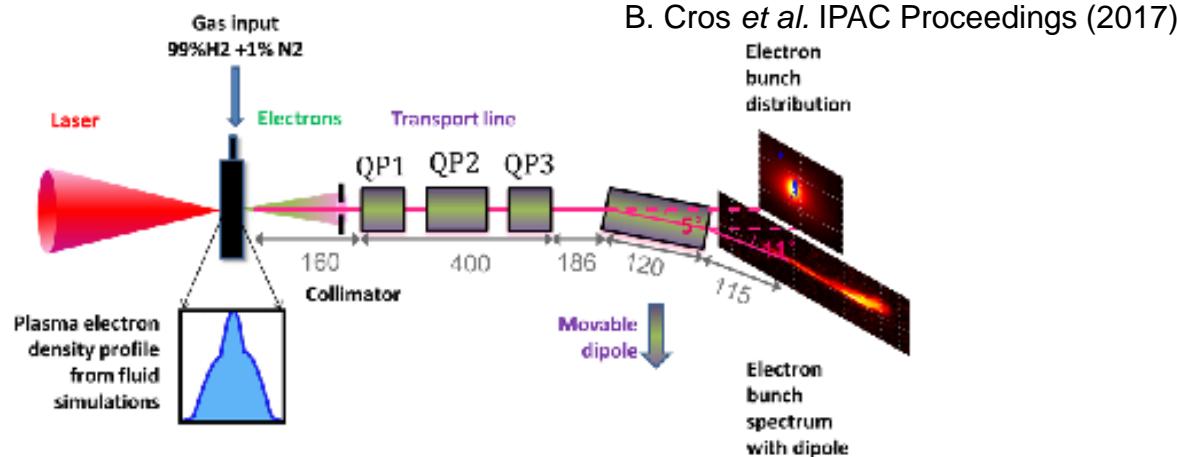
- De récents résultats utilisant l'injection induite par ionisation auto-tronquée semblent prometteurs
 - ... dans le régime quasi-linéaire

- Les résultats expérimentaux de la communauté se rapprochent de plus en plus des valeurs ciblées par EuRAXIA :

- Les résultats expérimentaux de la communauté se rapprochent de plus en plus des valeurs ciblées par EuRAXIA :
 - L'énergie, la dispersion en énergie et la divergence sont déjà réalisées
 - La charge doit être augmentée
 - L'emittance doit être réduite

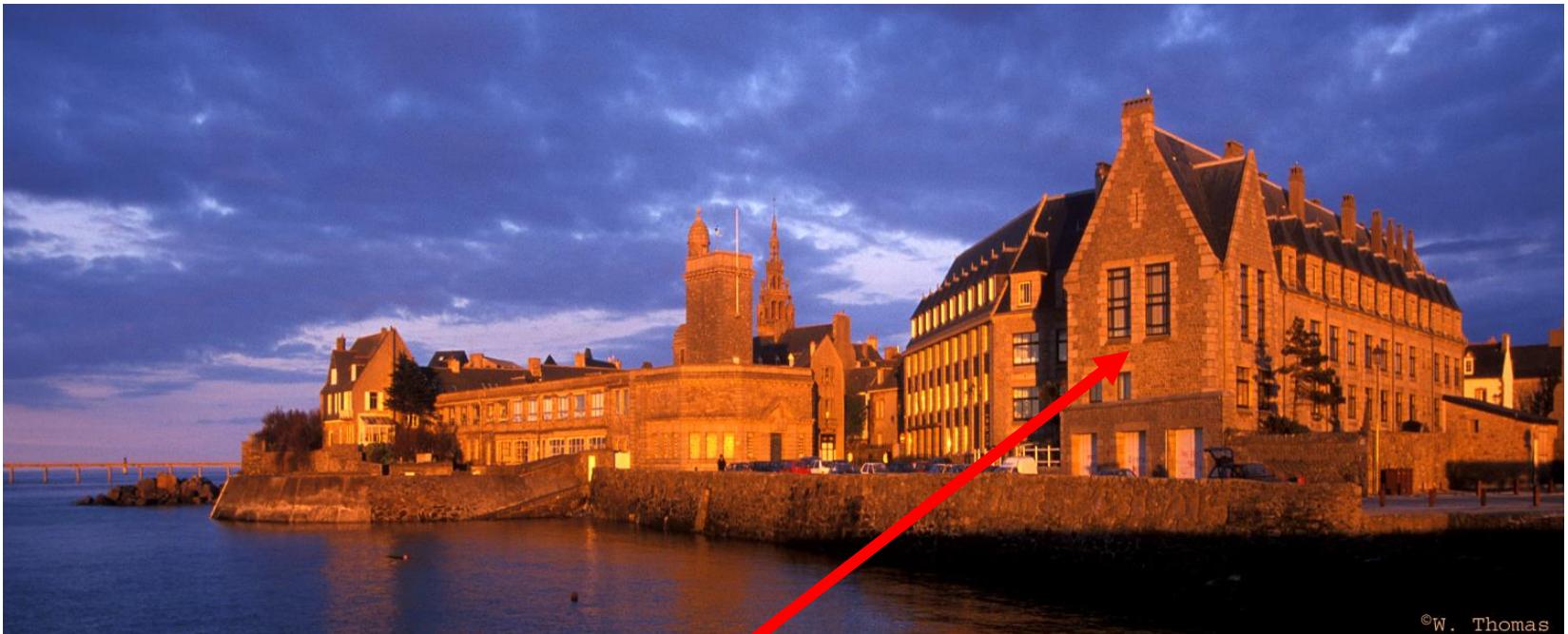
- Les résultats expérimentaux de la communauté se rapprochent de plus en plus des valeurs ciblées par EuRAXIA :
 - L'énergie, la dispersion en énergie et la divergence sont déjà réalisées
 - La charge doit être augmentée
 - L'emittance doit être réduite
- } Contrôle de la charge d'espace

- La stabilité (pointé, charge, energie ...) est cruciale pour l'injection dans un second étage plasma
 - plus de résultats sur la stabilité sont nécessaires
 - études des tolérances en simulation et tests expérimentaux du 2° étage
- Le transport aura un impact sur la stabilité et les propriétés spatiales
 - Jusqu'à un facteur ~ 10 sur la stabilité



- Un régime produisant une distribution en énergie légèrement plus large mais très stable avec une haute densité de charge est envisageable

Merci de votre attention !



Vous
êtes
ici