

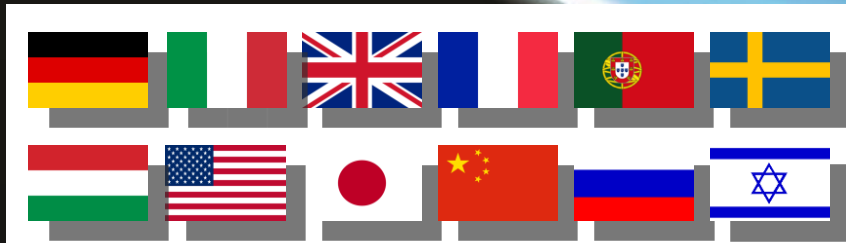
EUROPEAN  
PLASMA RESEARCH  
ACCELERATOR WITH  
EXCELLENCE IN  
APPLICATIONS



## 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

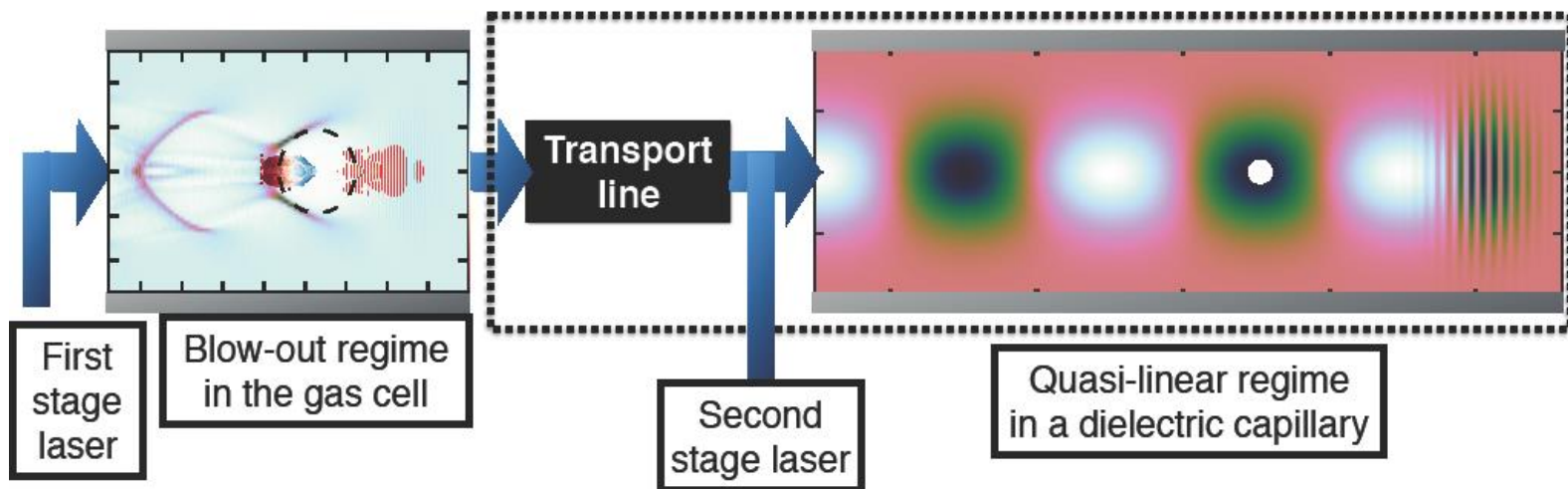


This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 653782.

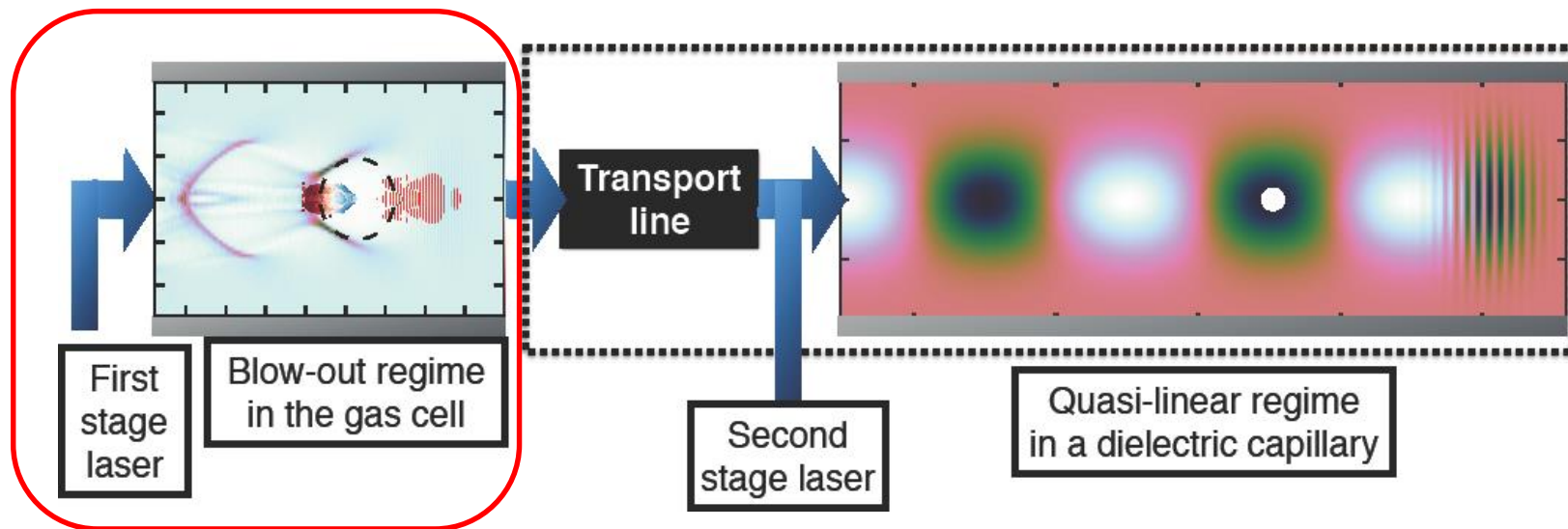
- Etude conceptuelle pour une installation accélérateur fournissant des faisceaux d'électrons de 5 GeV à deux types d'utilisateurs :
  - Laser à électrons libres
  - Détecteurs pour la physique haute énergie

- 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

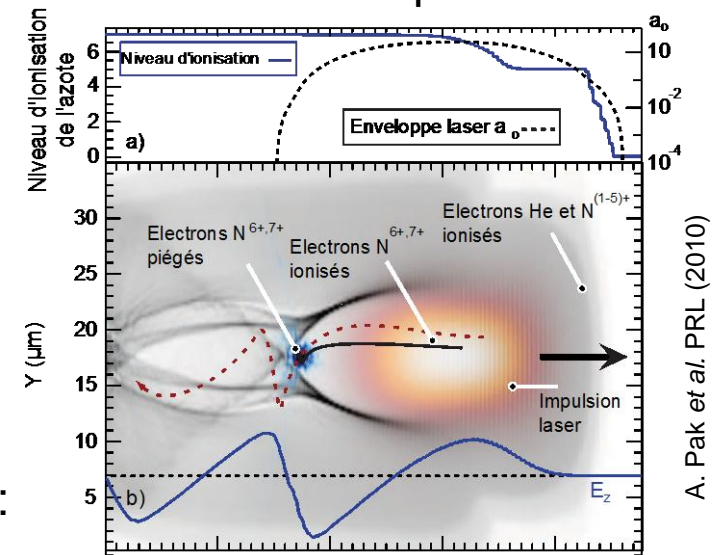


Quantité	Valeur cible
Energie	150 MeV [100 – 200 MeV]
Charge	100 pC [30 – 100 pC]
Longueur des paquets	5 fs (rms) [3 – 20 fs]
Taux de répétition	10 Hz [1 – 100 Hz]
Dispersion en énergie totale	5 % (rms) [1 – 5 %]
Emittance transverse normalisée	1 mm.mrad
Taille transverse	0.58 $\mu\text{m}$ (rms) [0.5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



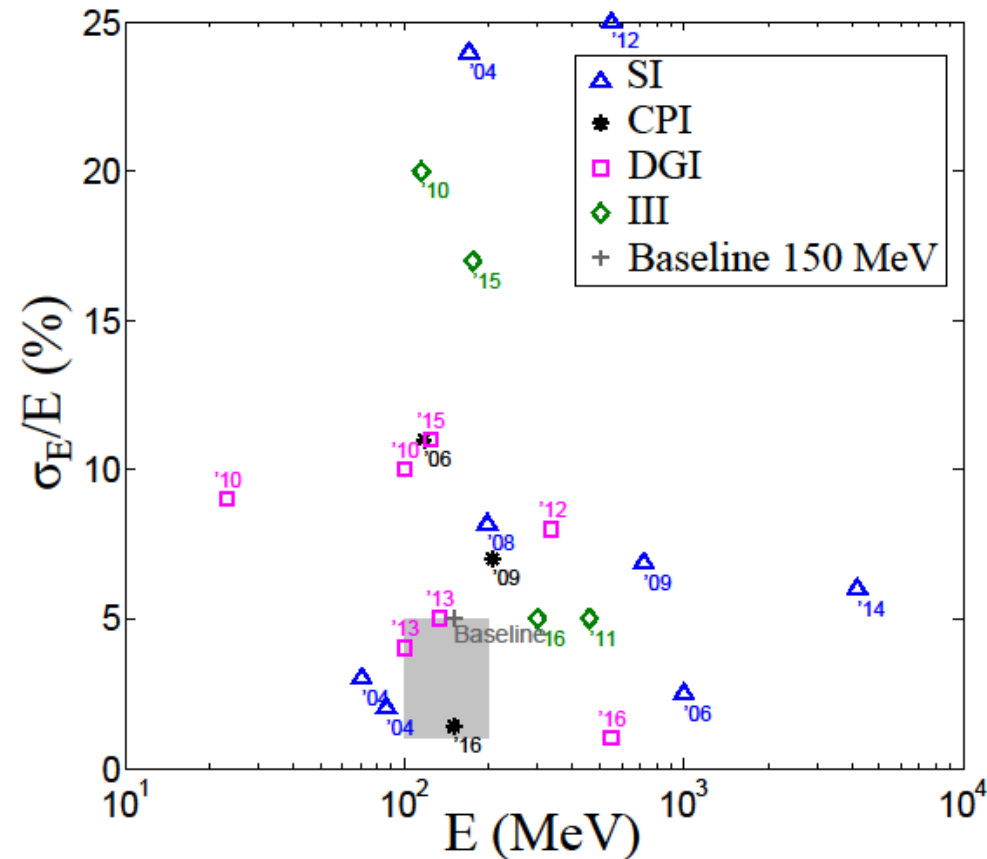


SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

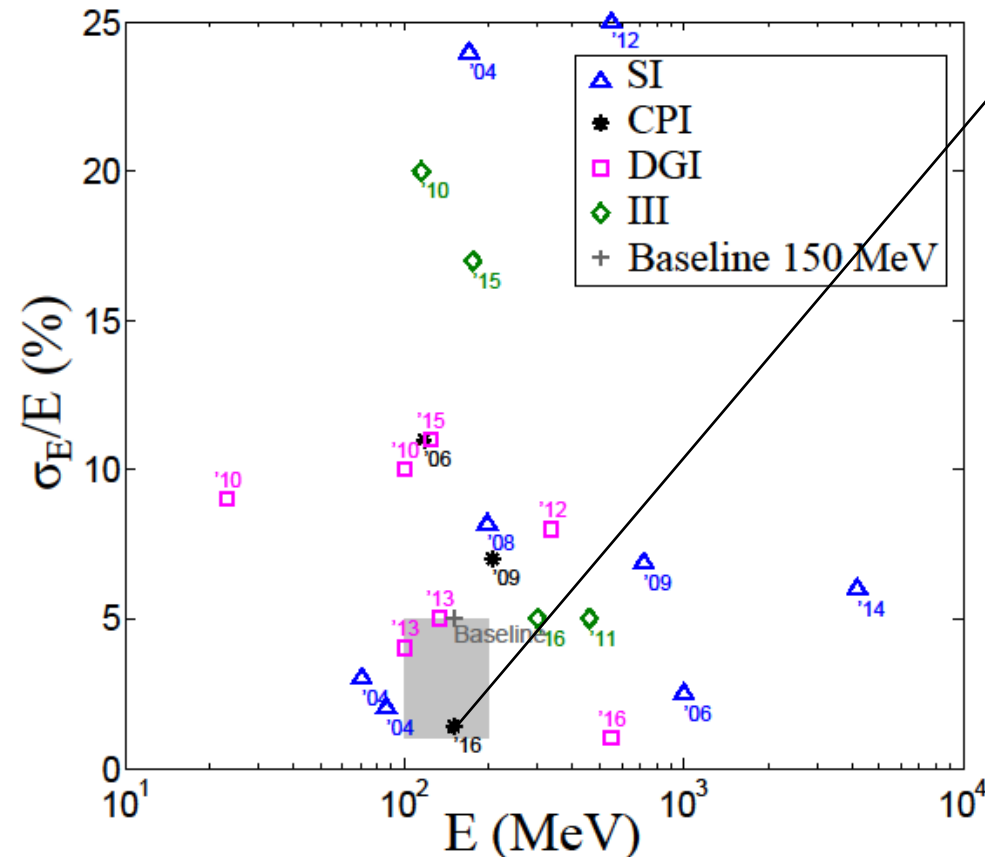


SI : Self Injection

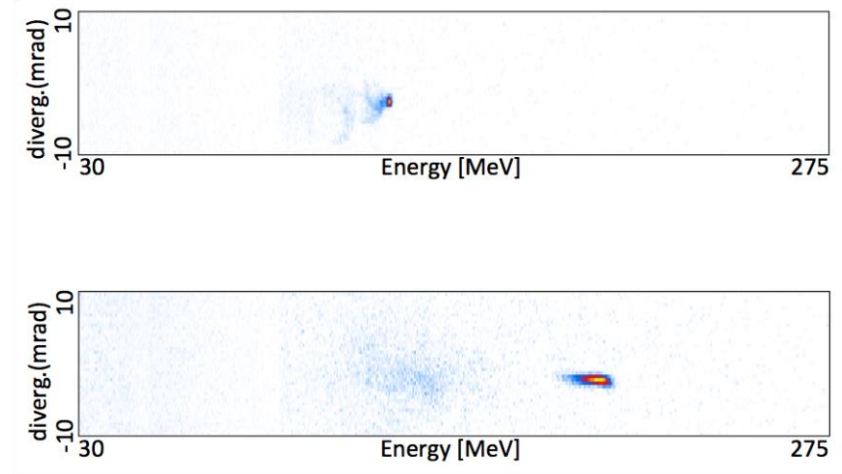
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



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



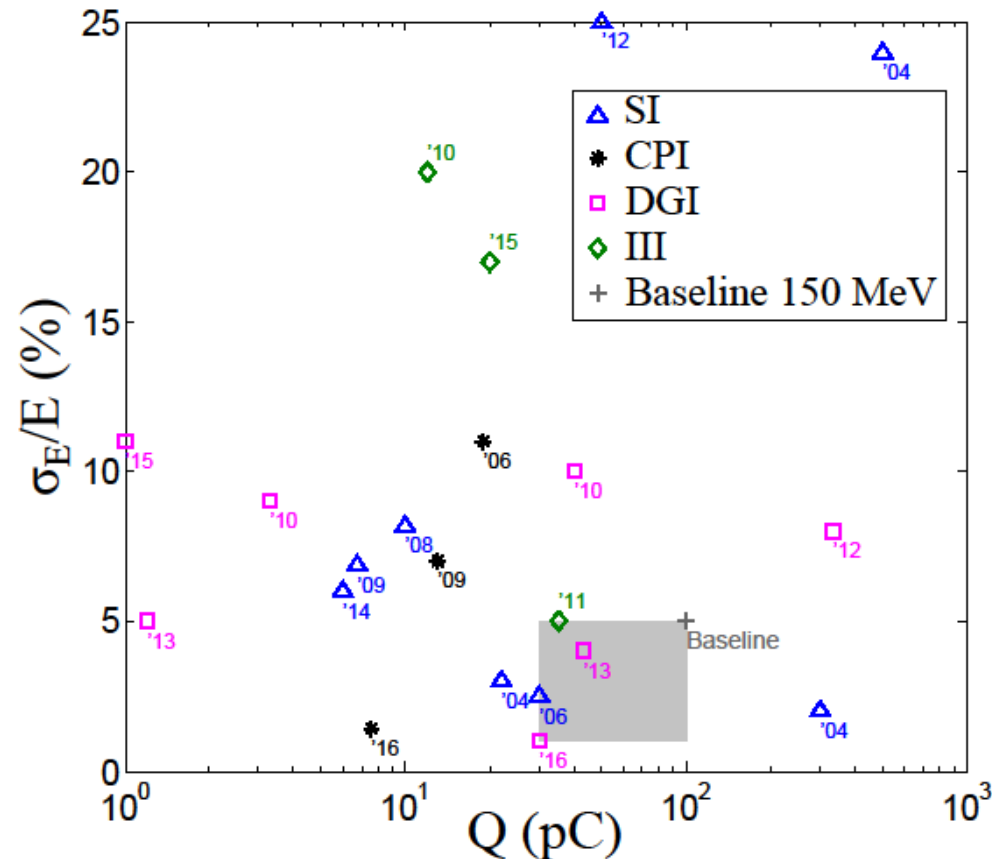
- CPI in gas jet
- $a_0 = 1.2$  &  $0.6$
- $n_e \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
- $E = 150 \text{ MeV}$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 1.4 \%$  (fwhm)
- $Q \sim 8 \text{ pC}$

SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

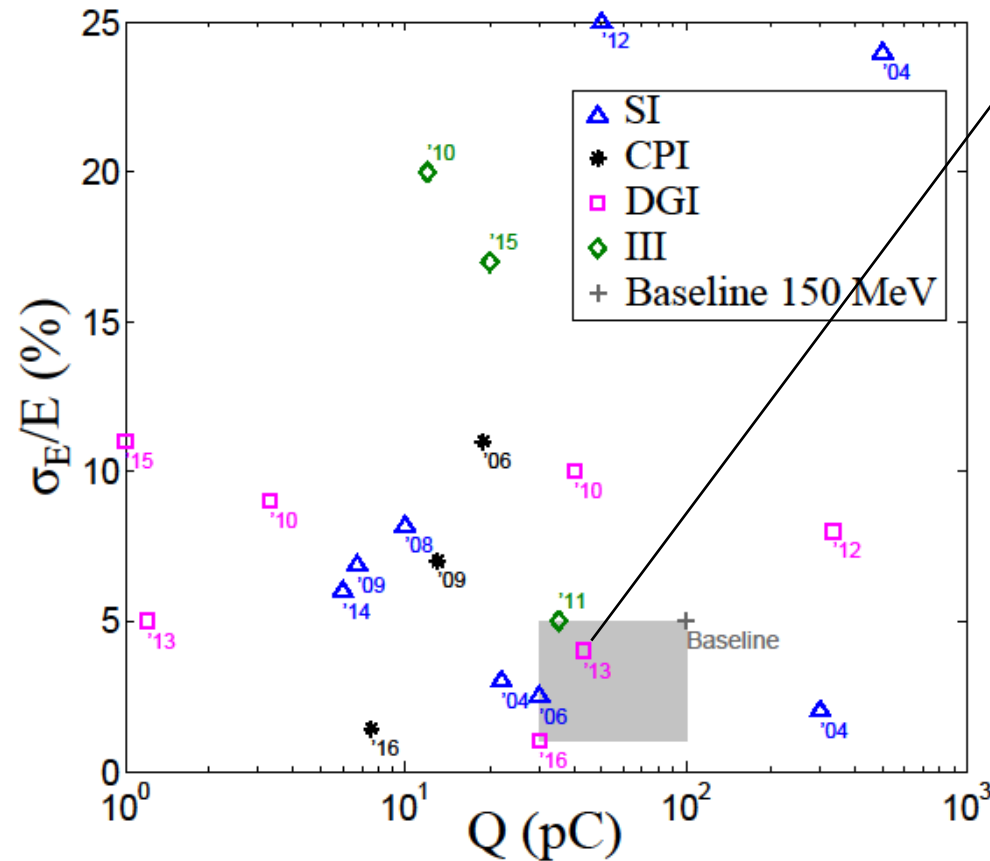


SI : Self Injection

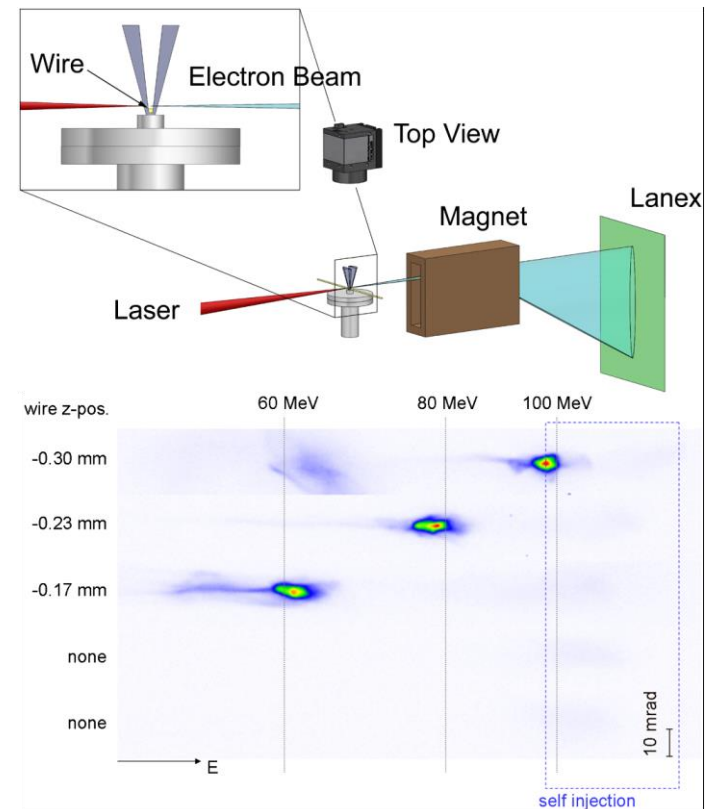
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



M. Burza et al. PRSTAB (2013)



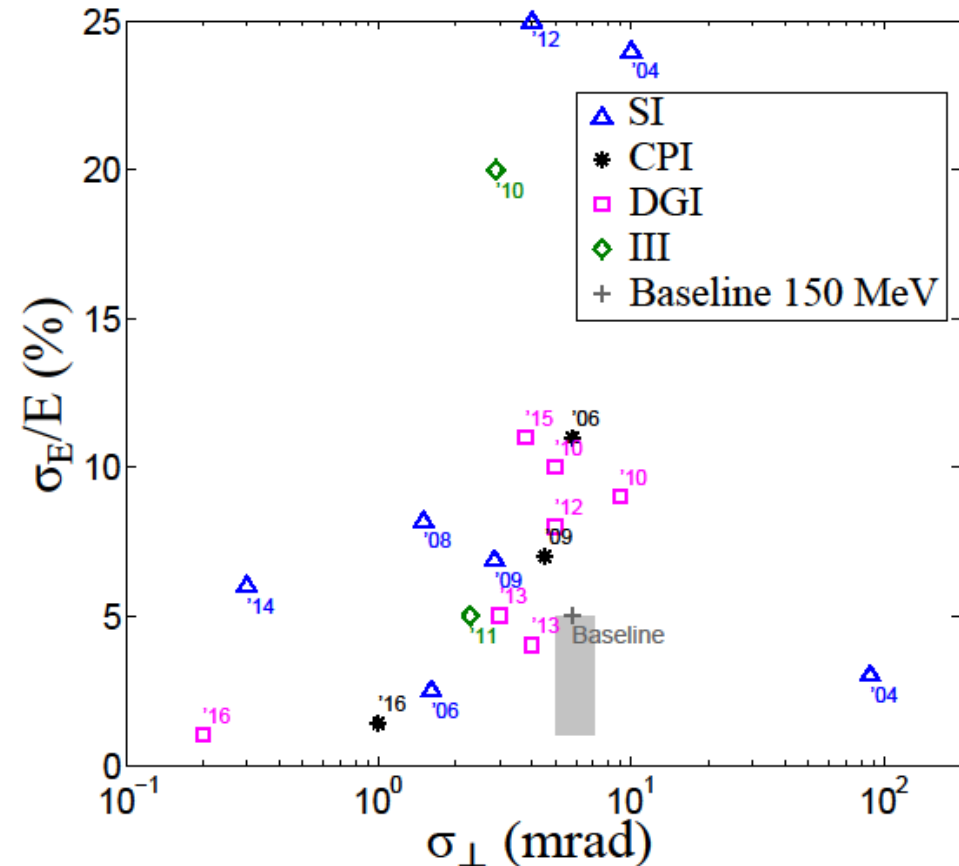
- DGI in gas jet
- $n_e \sim (6 \rightarrow 3) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
- $E = 100 \text{ MeV}$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 4 \% \text{ (fwhm)}$
- $Q \sim 43 \text{ pC}$

SI : Self Injection

DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection

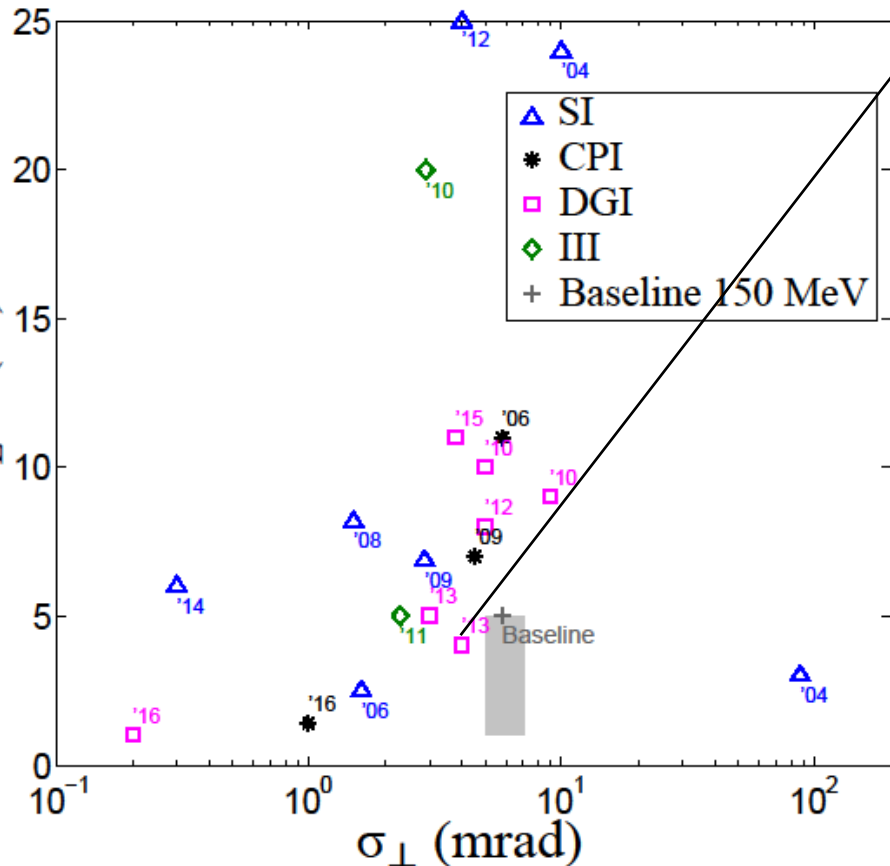


SI : Self Injection

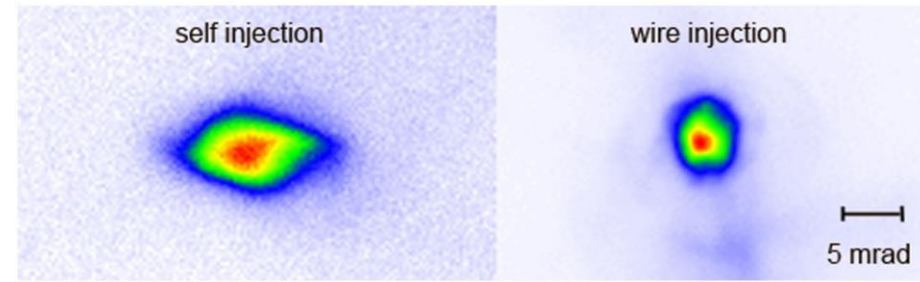
DGI : Density Gradient Injection

CPI : Colliding Pulse Injection

III : Ionization Induced Injection



M. Burza et al. PRSTAB (2013)



- DGI in gas jet
- $n_e \sim (6 \rightarrow 3) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

- $E = 100 \text{ MeV}$
- $\frac{\sigma_E}{E} = 4 \text{ \% (fwhm)}$
- $Q \sim 43 \text{ pC}$
- $\sigma_\perp = 4 \text{ mrad (fwhm)}$

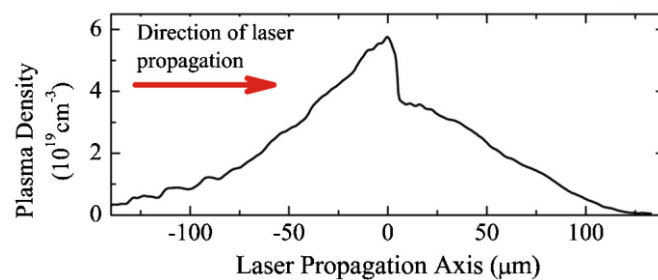
Quantité	Valeur cible	Résultats publiés
Energie	150 MeV [100 – 200 MeV]	✓
Charge	100 pC [30 – 100 pC]	✗ ✓
Longueur des paquets	5 fs (rms) [3 – 20 fs]	✓ ✗
Taux de répétition	10 Hz [1 – 100 Hz]	✓
Dispersion en énergie totale	5 % (rms) [1 – 5 %]	✓
Emittance transverse normalisée	1 mm.mrad	✓ ✗
Taille transverse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

## Propriétés critiques :

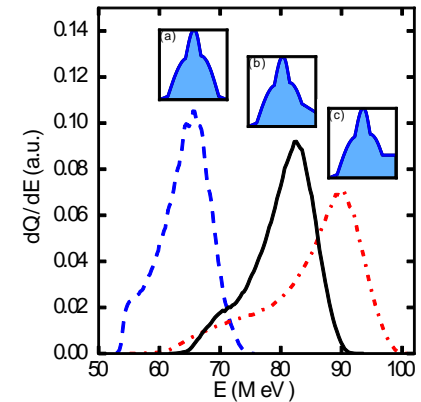
- Haute charge (100 pC) **combinée** avec une faible dispersion en énergie (5 % rms) et une faible émittance (1mm.mrad)

- 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



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



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

- De récents résultats utilisant l'injection induite par ionisation auto-tronquée semblent prometteurs

... dans le régime quasi-linéaire

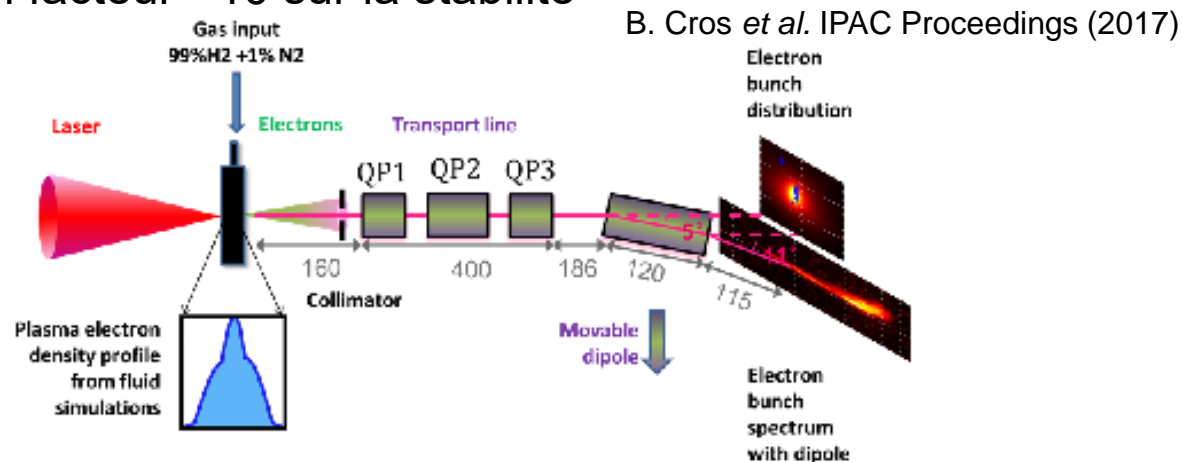


- Les résultats expérimentaux de la communauté se rapprochent de plus en plus des valeurs ciblées par EuRAXIA :

- 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

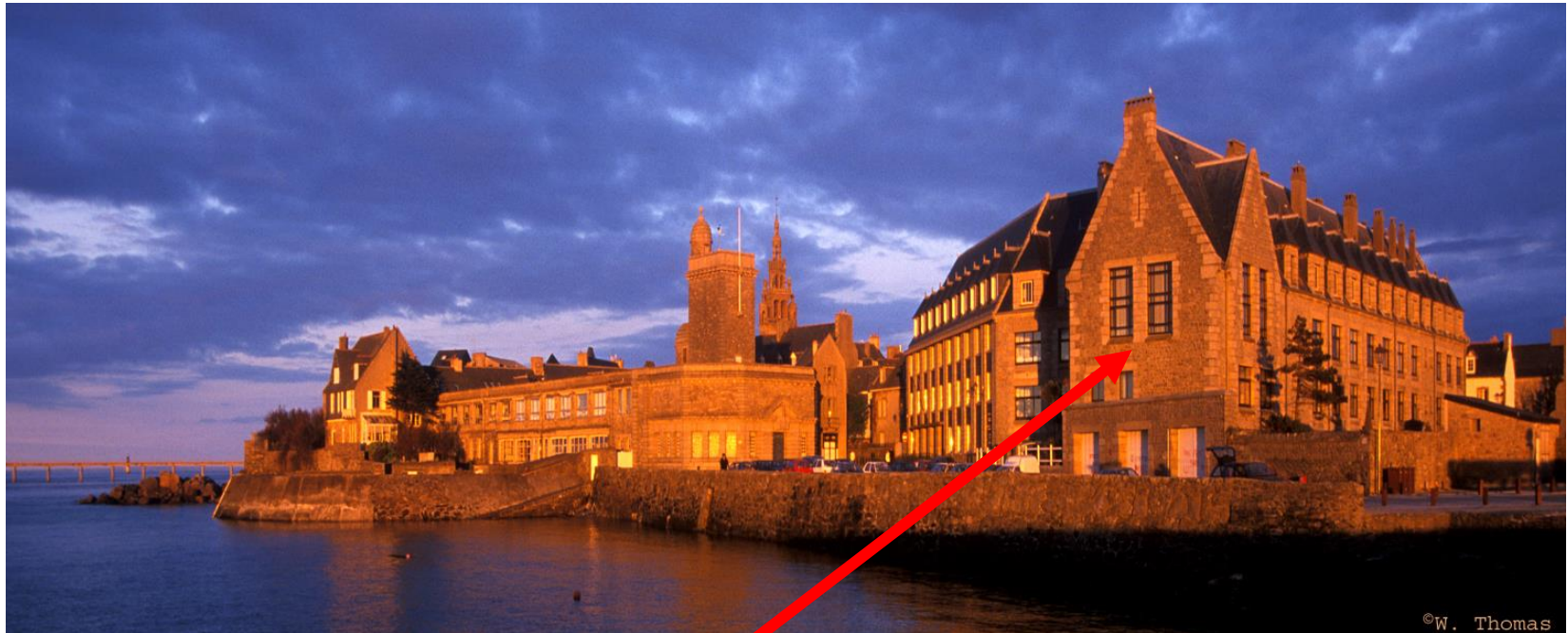
- Les résultats expérimentaux de la communauté se rapprochent de plus en plus des valeurs ciblées par EuRAXIA :
  - L'énergie, la dispersion en énergie et la divergence sont déjà réalisées
    - La charge doit être augmentée
    - L'emittance doit être réduite
- Contrôle de la charge d'espace

- La stabilité (pointé, charge, énergie ...) 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<sup>o</sup> étage
- Le transport aura un impact sur la stabilité et les propriétés spatiales
  - Jusqu'à un facteur  $\sim 10$  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