ELISA, un injecteur optimisé pour l'accélération laser plasma multi-étages

T. L. Audet[1], P. Lee[1], G. Maynard[1], A. Maitrallain[2], S. Dobosz Dufrénoy[2], M. Bougeard[2], B. Cros[1].

[1] LPGP, CNRS, Univ. Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Orsay, France.
[2] LIDYL, CEA-Saclay, CNRS, Université Paris-Saclay, Gif-Sur-Yvette, France

Forum ILP

15 Juin 2018

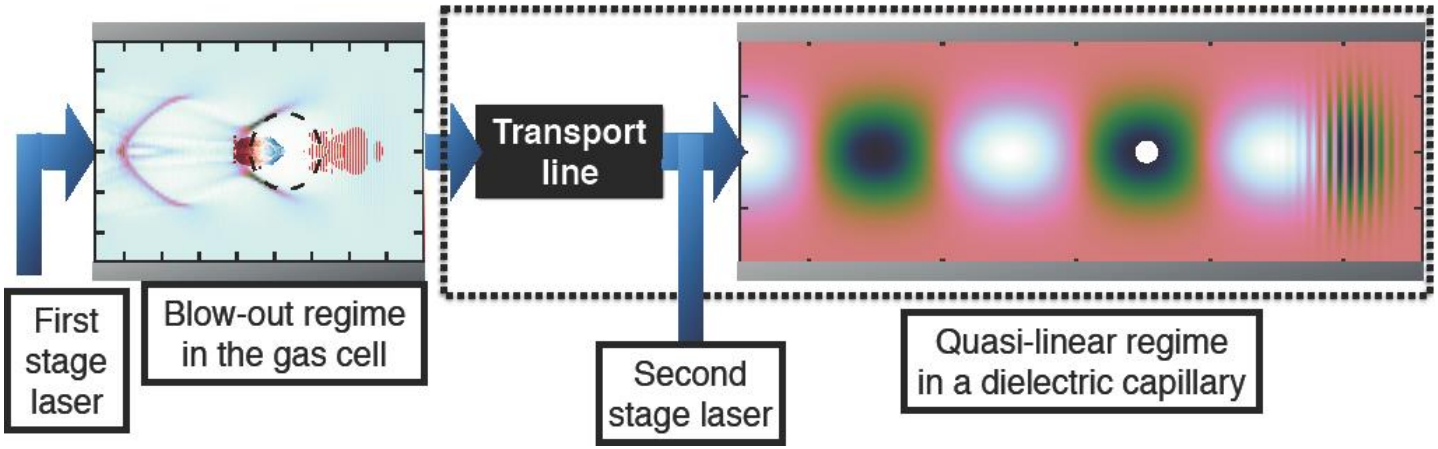
Contexte

EuPRAXIA & CileX Apollon

EuPRAXIA

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

- Configurations étudiées :
  - Injecteurs laser plasma → Etage accélérateur plasma
  - Injecteur RF → Etage accélérateur plasma



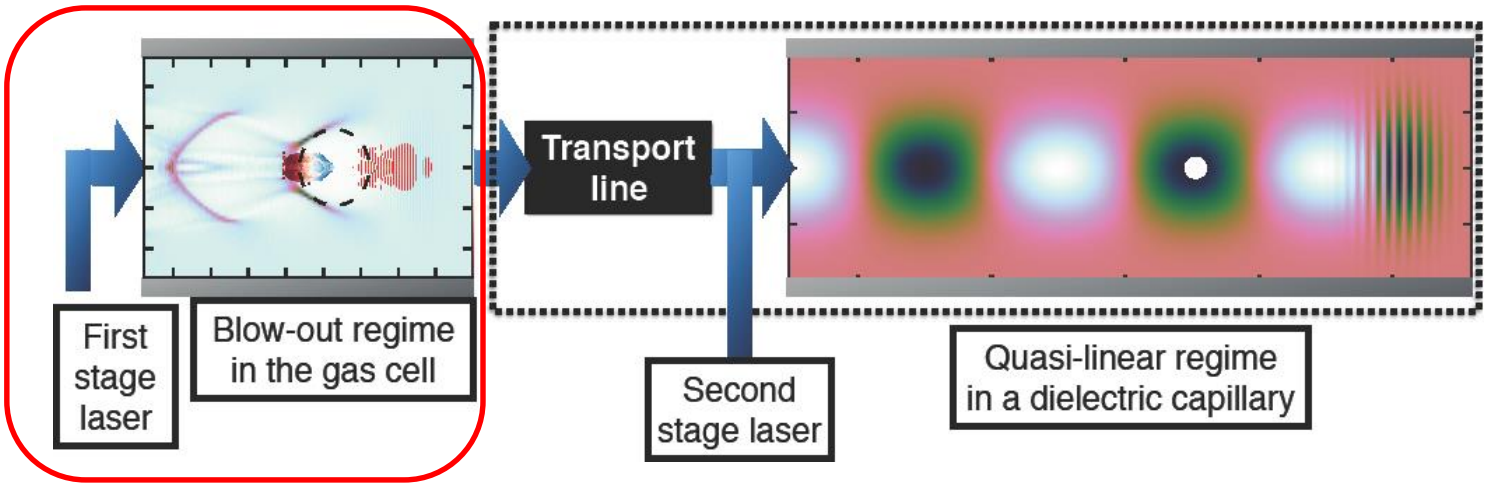
Contexte

EuPRAXIA & CileX Apollon

EuPRAXIA

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

- Configurations étudiées :
  - Injecteurs laser plasma → Etage accélérateur plasma
  - Injecteur RF → Etage accélérateur plasma

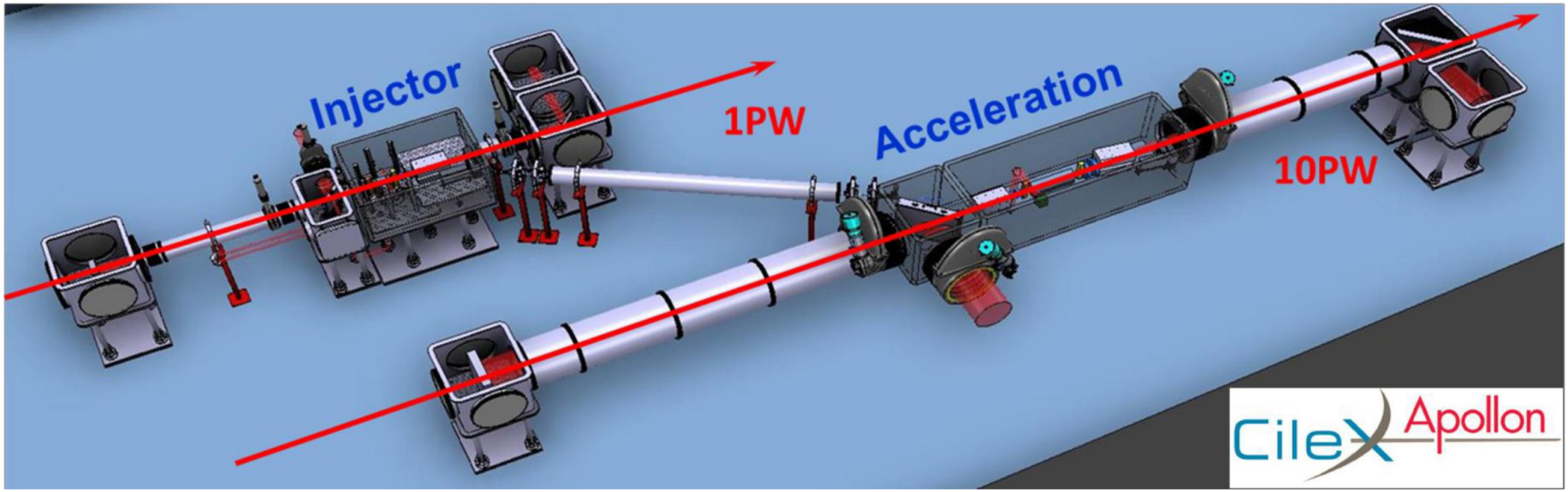


Contexte

EuPRAXIA & Cilex Apollon

Cilex Apollon

- Expériences d'accélération laser plasma multi-étages prévues sur Apollon
  - Utilisation des deux faisceaux haute puissance : 1PW+10PW



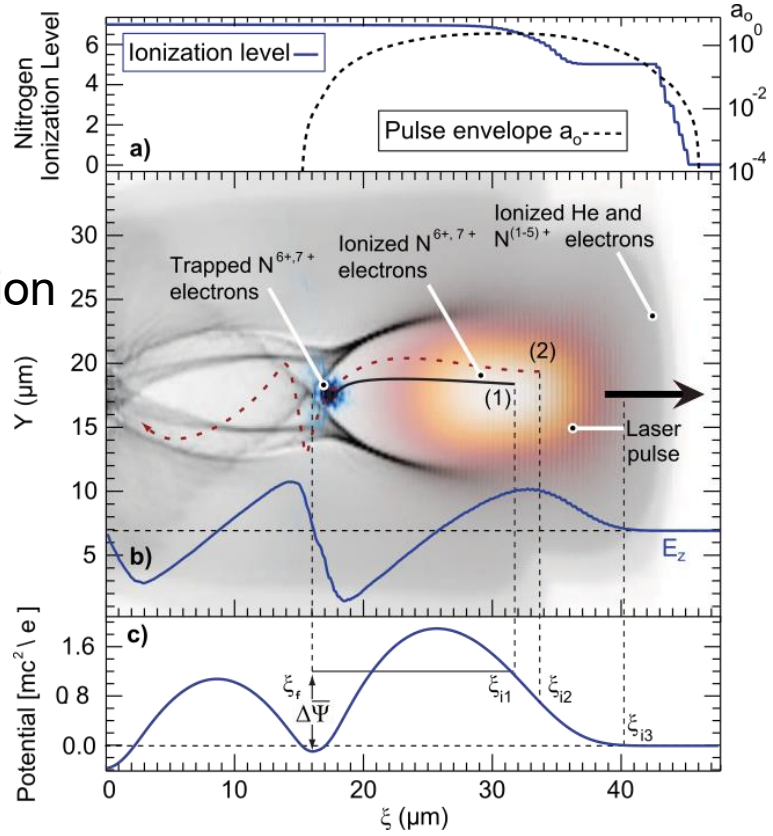
Le schéma multi-étages requiert une source de forte charge et de faible émittance

- Objectif opérationnel
  - Electrons relativistes → 100 – 200 MeV
  - Dispersion en énergie → ≤ 10 %
  - Faible émittance →≤ 1 mm.mrad
  - Charge élevée → ≥ 10 pC

L'injection par ionisation permet d'augmenter la charge piégée

- Objectif opérationnel
  - Electrons relativistes → 100 – 200 MeV
  - Dispersion en énergie → ≤ 10 %
  - Faible émittance →≤ 1 mm.mrad
  - Charge élevée → ≥ 10 pC

- Objectif scientifique
  - Physique de l'injection induite par ionisation



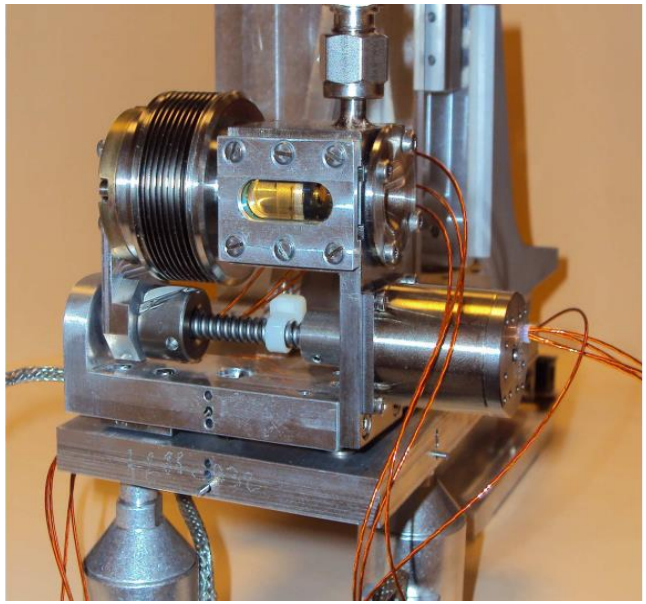
A. Pak et al. PRL 104, 025003 (2010)

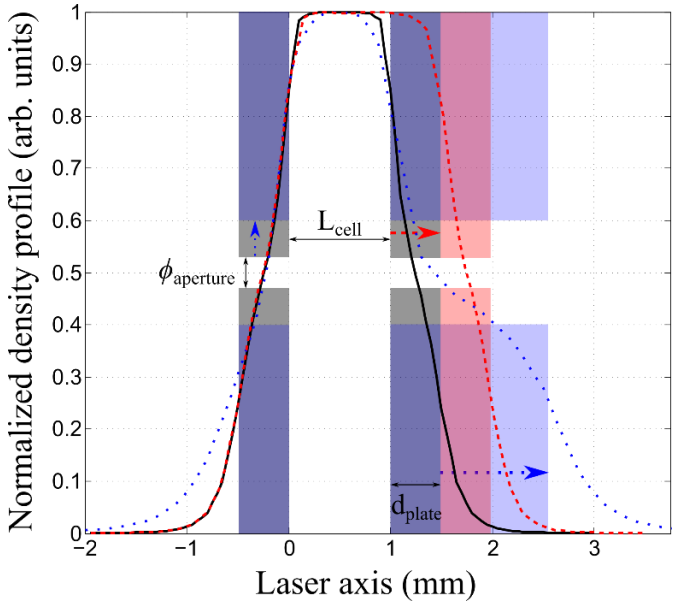
Injection par ionisation combinée avec un profil de densité

- Objectif opérationnel
  - Electrons relativistes → 100 – 200 MeV
  - Dispersion en énergie → ≤ 10 %
  - Faible émittance →≤ 1 mm.mrad
  - Charge élevée → ≥ 10 pC

- Objectif exploratoire
  - Physique de l'injection induite par ionisation

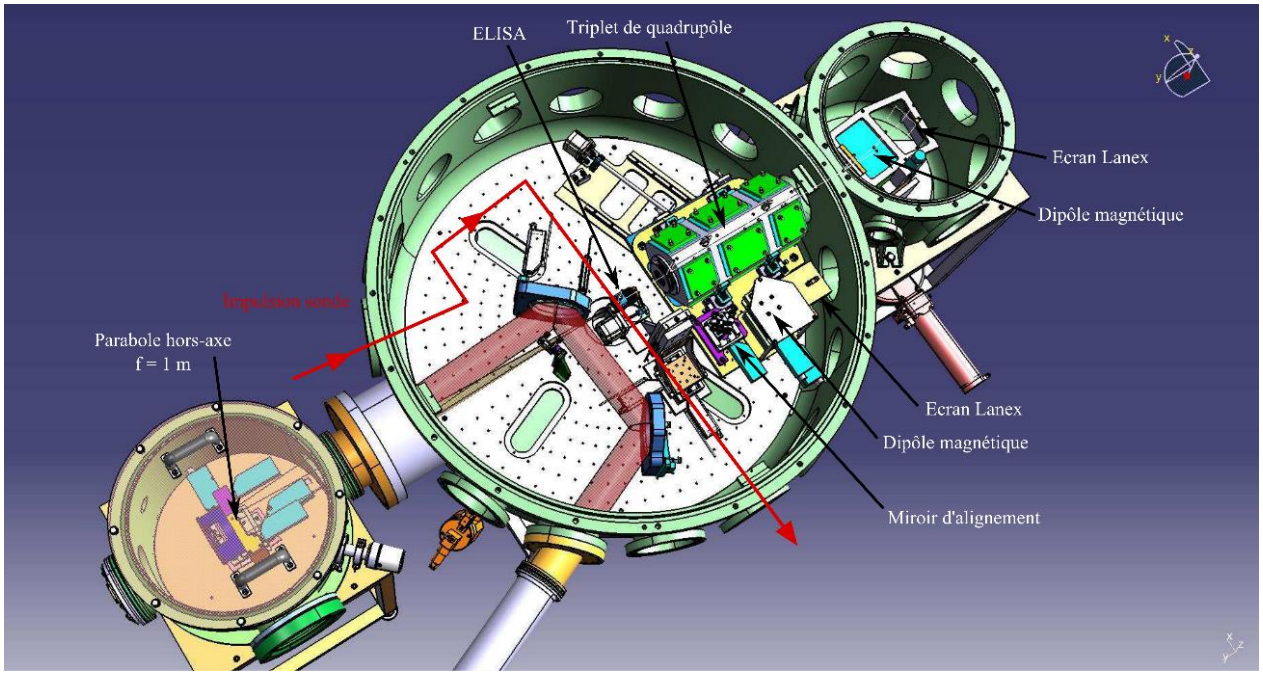
ELISA





Acclération laser plasma dans la cellule ELISA à UHI100

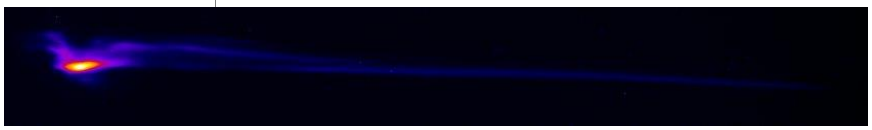
Utilisation de la cellule ELISA sur l'installation UHI100 du CEA Saclay

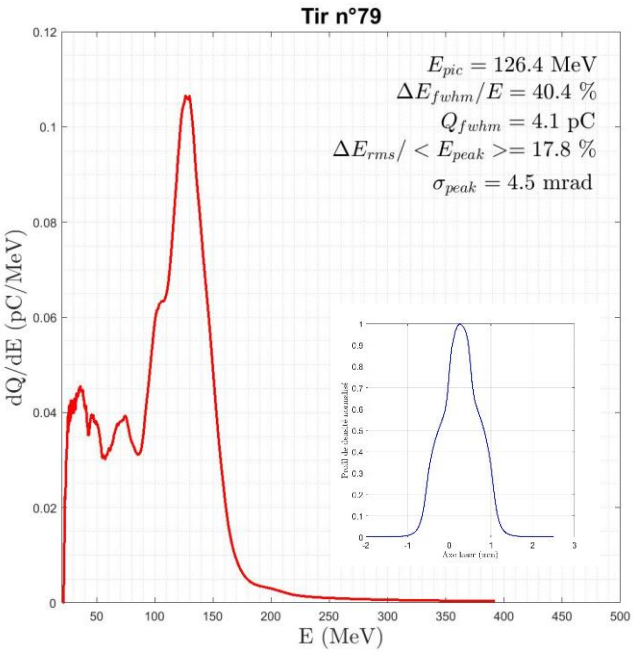


- Optimiser le profil en densité
- Optimisation de la proportion de N_2 dans le mélange de gaz
  - Etude de l'injection induite par ionisation

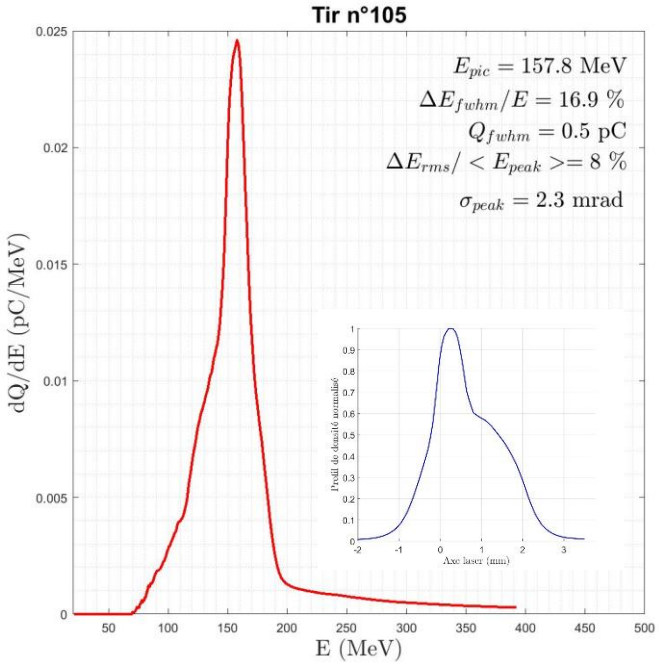
Effet du profil en densité

Distributions en énergie piquées





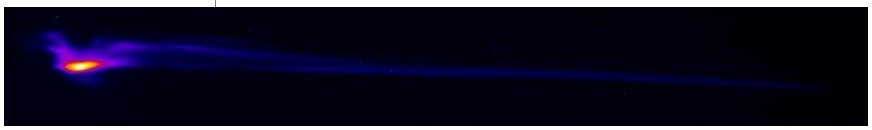
99.5 % H_2
+ 0.5 % N_2

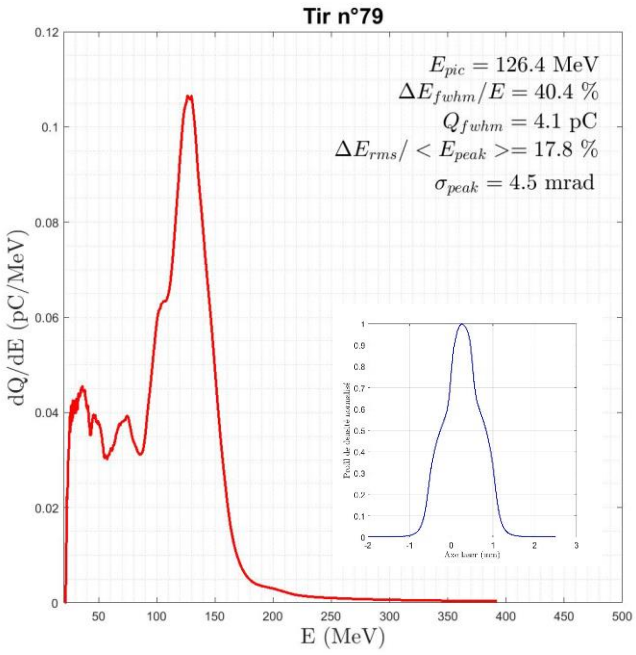


« Gradient court » → Face arrière de 500 µm d'épaisseur

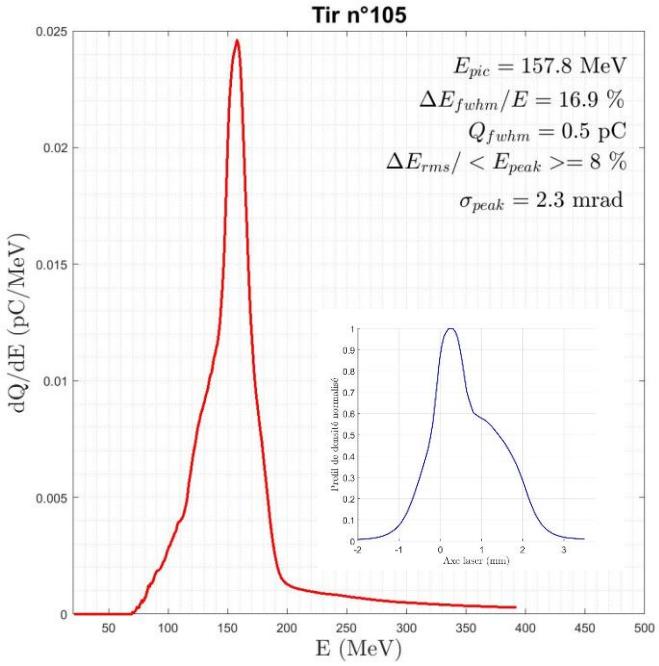
« Gradient long » → Face arrière de 1500 µm d'épaisseur

Distributions en énergie piquées





99.5 % H_2
+ 0.5 % N_2

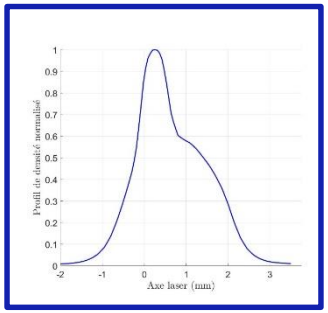


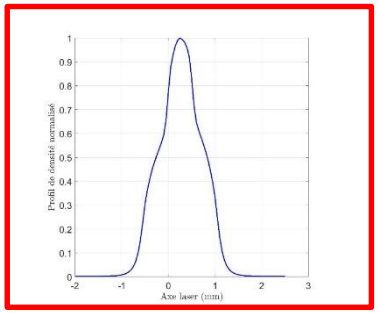
« Gradient court » → Face arrière de 500 µm d'épaisseur

« Gradient long » → Face arrière de 1500 µm d'épaisseur

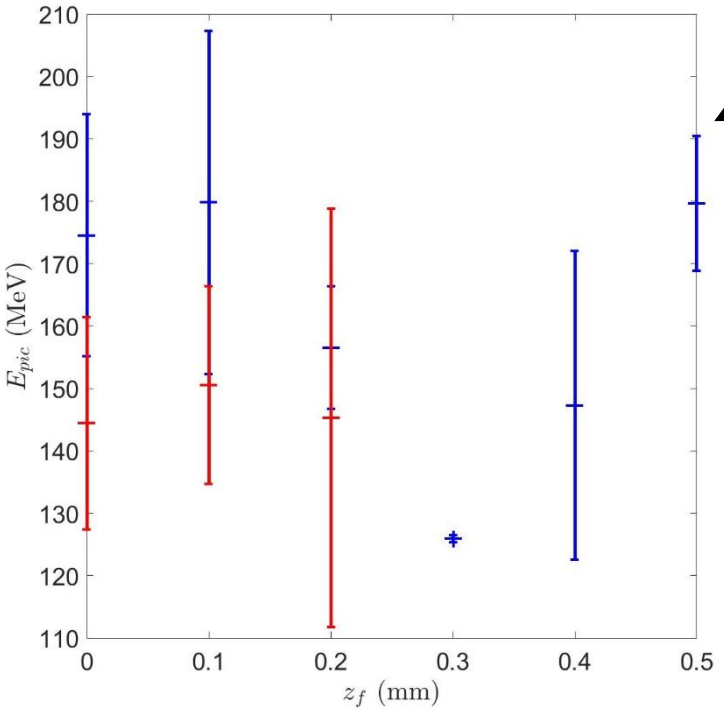
Spectres piqués dans les deux configurations

Augmentation de l'énergie pic



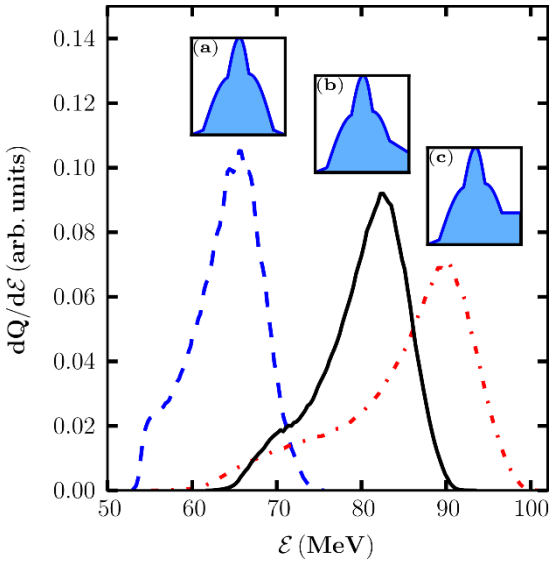


Le gradient arrière long permet d'augmenter l'énergie des électrons



Expériences

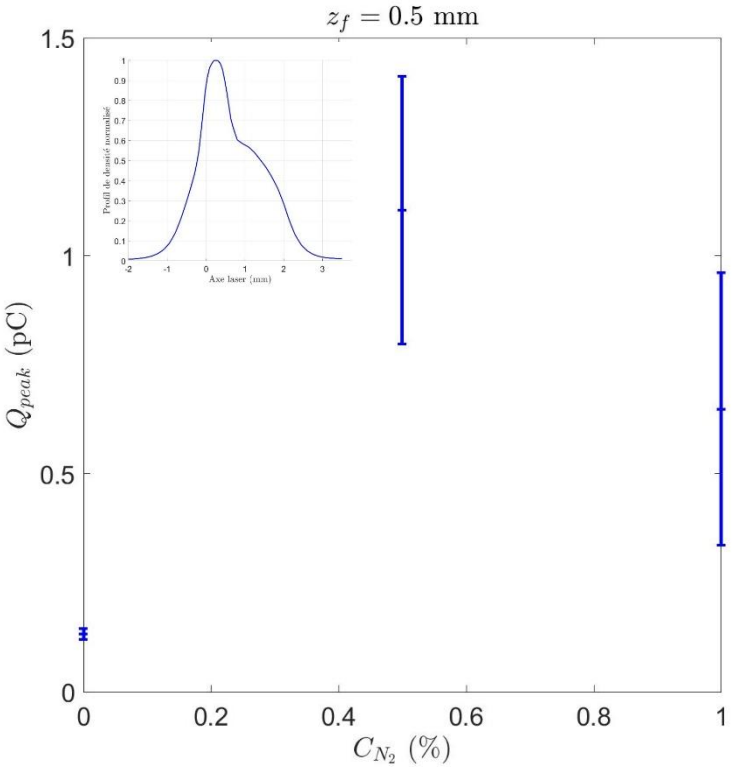
Simulations



P. Lee *et al.* PRAB 19, 112802 (2016)

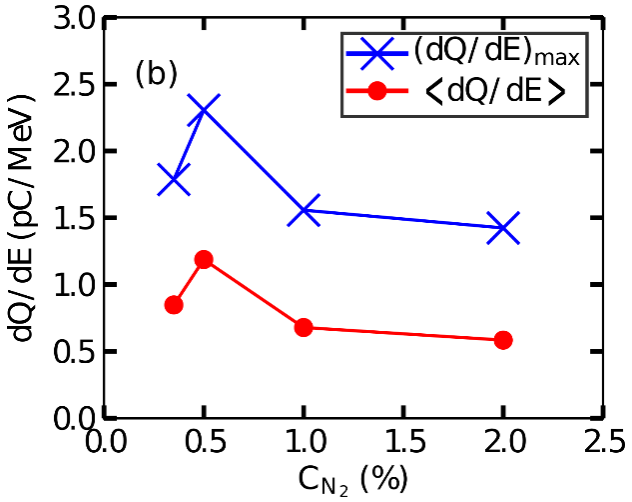
Effet de la proportion de N_2

Optimum en charge des pics pour C_{N_2} = 0.5 %



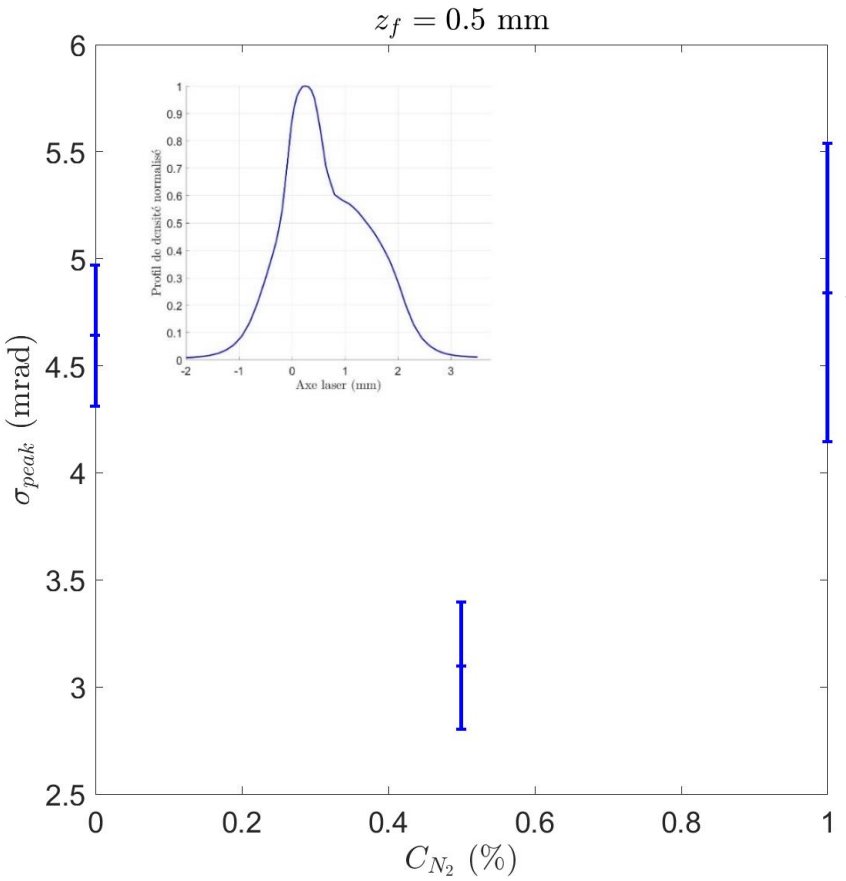
Expériences

Simulations



P. Lee *et al.* PRAB 21, 052802 (2018)

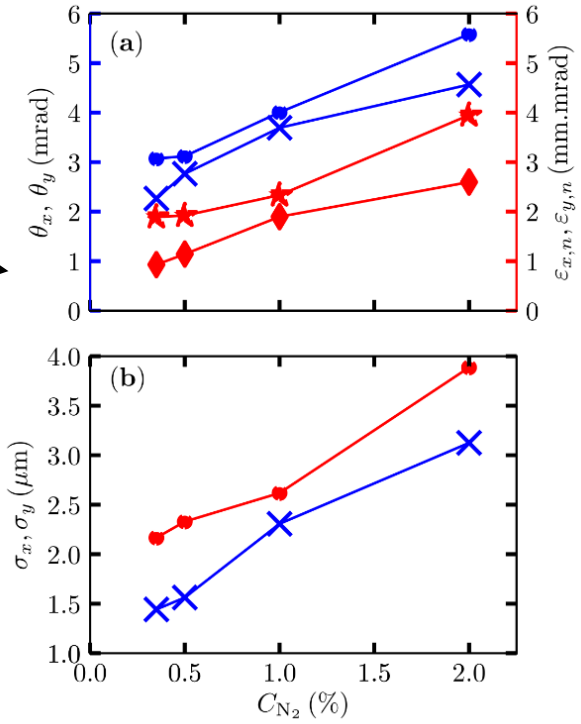
Minimum de divergence pour $C_{N_2} = 0.5\ \%$



→ divergence fwhm dans la direction de polarisation du laser

Expériences

Simulations



Divergence des pics minimale pour 0.5 % N_2 malgré la plus forte charge

P. Lee *et al.* PRAB 21, 052802 (2018)

Conclusions

- La forme de la distribution en densité peut-être ajustée pour améliorer la distribution en énergie

- La concentration en N_2 dans le mélange de gaz peut permettre :
  - de réduire la divergence des électrons
  - d'augmenter la charge contenue dans les pics de la distribution en énergie

  → d'identifier des effets de charge d'espace

- Il reste des différences de charge entre les simulations et les expériences

Perspectives

- Nouvelles simulations en incluant la profil laser mesuré grâce au diagnostic INSIGHT du CEA Saclay

- Les fluctuations de pointé restent importantes
  - Utilisation d'un collimateur en entrée du spectromètre pour une mesure plus précise de l'énergie

- Adaptation de cet injecteur sur CILEX/Appolon

Merci de votre attention !