

Etude et Conception de l'Accélérateur d'Electrons dans le cadre du Projet CILEX avec le code WARP

¹P. Lee, ¹T. L. Audet, ²R. Lehe, ²J.-L. Vay,
¹G. Maynard, ¹B. Cros

¹LPGP, CNRS, Univ Paris-Sud, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay France

²Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA

Les Journées Accélérateurs
4-7 octobre 2015, Roscoff

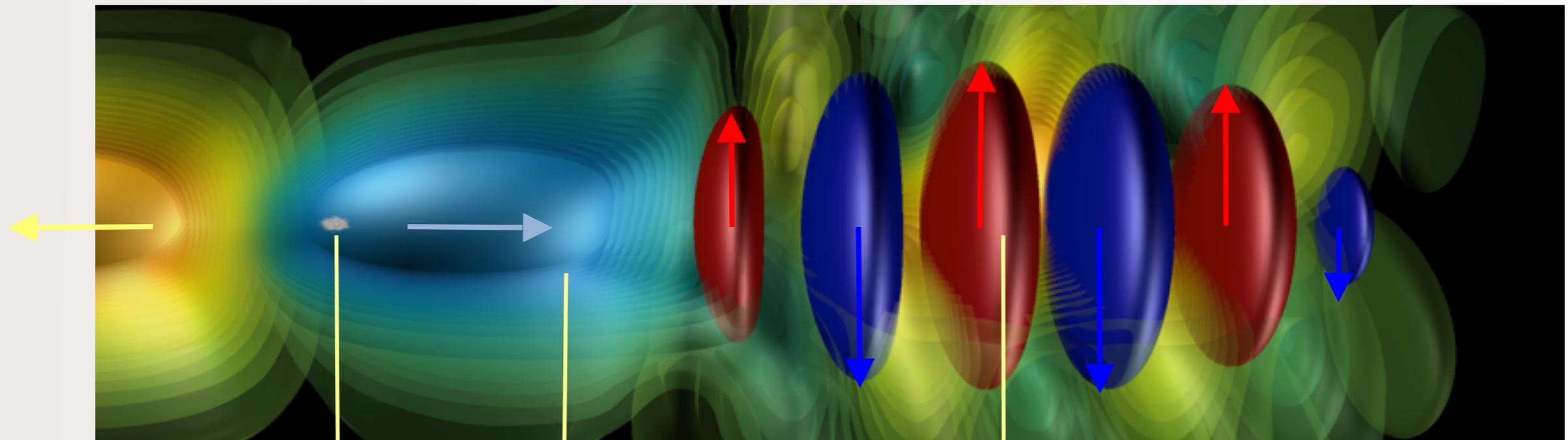
Pourquoi rester ici alors qu'on peut très bien aller faire du surf?



surfeur

sillage

bateau



paquet
d'électrons

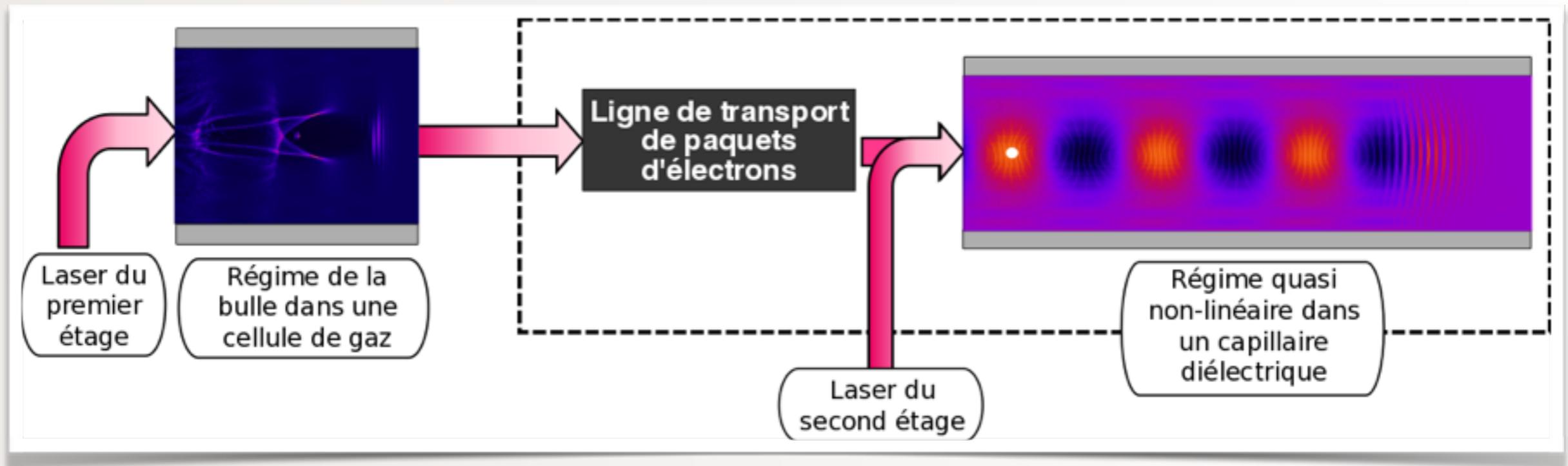
sillage

laser

Plan

- Contexte
 - Accélérateur multi étages
 - Physique de l'injecteur
- Modélisation avec WARP
 - Modules de simulation
- Résultats
 - Analyse des résultats expérimentaux
 - Prédiction des paramètres laser plasma
- Conclusion

Accélérateur d'électrons dans un schéma multi-étages dans le projet CILEX



Modélisation d'un accélérateur à deux étages:

- **un injecteur** : milieu dense, la physique est complexe, fortement non-linéaire; de l'ordre de plusieurs mm
- **une ligne de transport** : code habituel, de l'ordre du m
- **un accélérateur** : milieu moins dense, mais très longue, l'ordre de plusieurs m

L'injection induite par ionisation est étudiée pour l'optimisation de l'injecteur

Objectifs:

- comprendre la physique de l'injecteur
- faire des études paramétriques pour satisfaire les contraintes imposées

Methode d'injection:

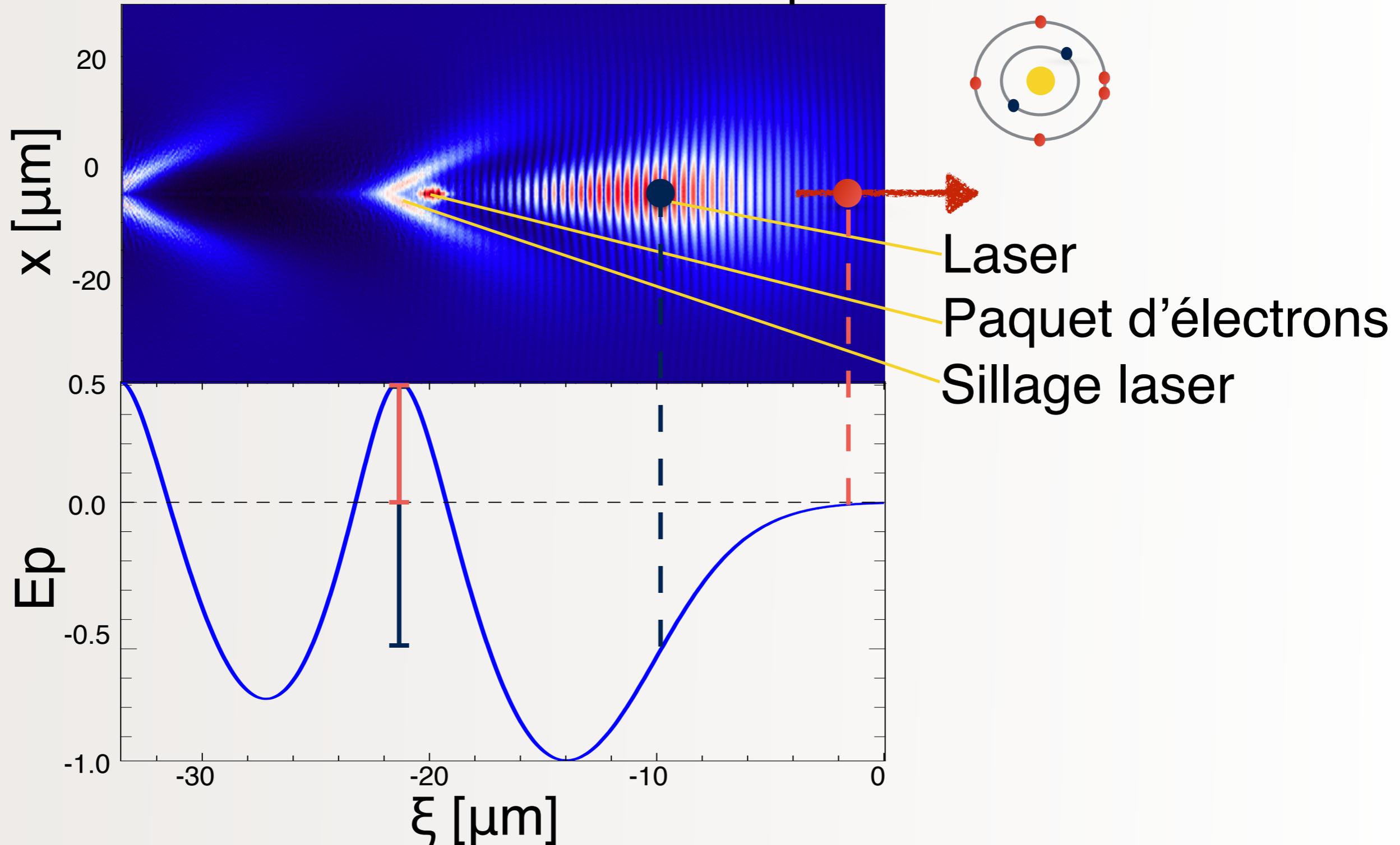
Injection induite par ionisation

Composition de gaz:

$H_2 + qq \% N_2$

Un électron sera piégé dans l'orbite à condition que $H \leq H_s$

Carte de densité électronique

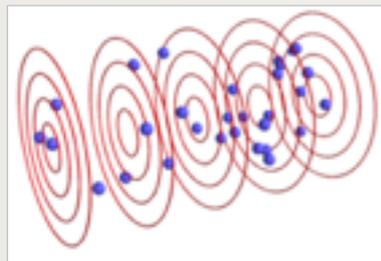


Le code WARP est adapté pour simuler l'accélération laser-plasma à multi étages

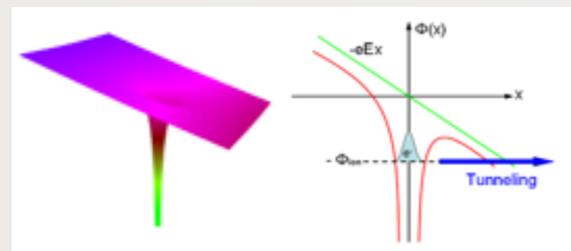
PIC: Particle-In-Cell

WARP*:

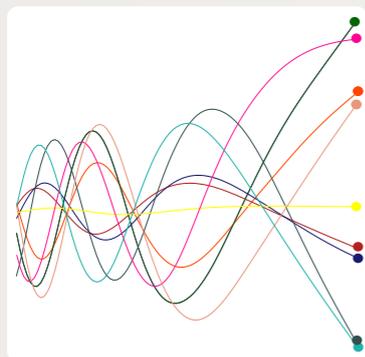
un code PIC[†] open-source co-développé à LBNL



Quasi 3D: Méthode de la décomposition Fourier dans la direction poloïdale[†]



Processus d'ionisation: Module d'ionisation qui s'appuie sur le modèle ADK



Analyse des trajectoires: Module de suivi de trajectoire des particules

Résultats des simulations avec WARP

*J.-L Vay et al. Computational Science & Discovery, 2012,5 014019.

†A. F. Lifschitz et al. Journal of Computational Physics 228, 2009, 1803-1814.

La position du plan focal du laser influence la distribution d'énergie des électrons accélérés

Paramètres de simulation:

$a_0 = 1.1$

Densité électronique, $n_e = 7,8 \cdot 10^{18} \text{cm}^{-3}$

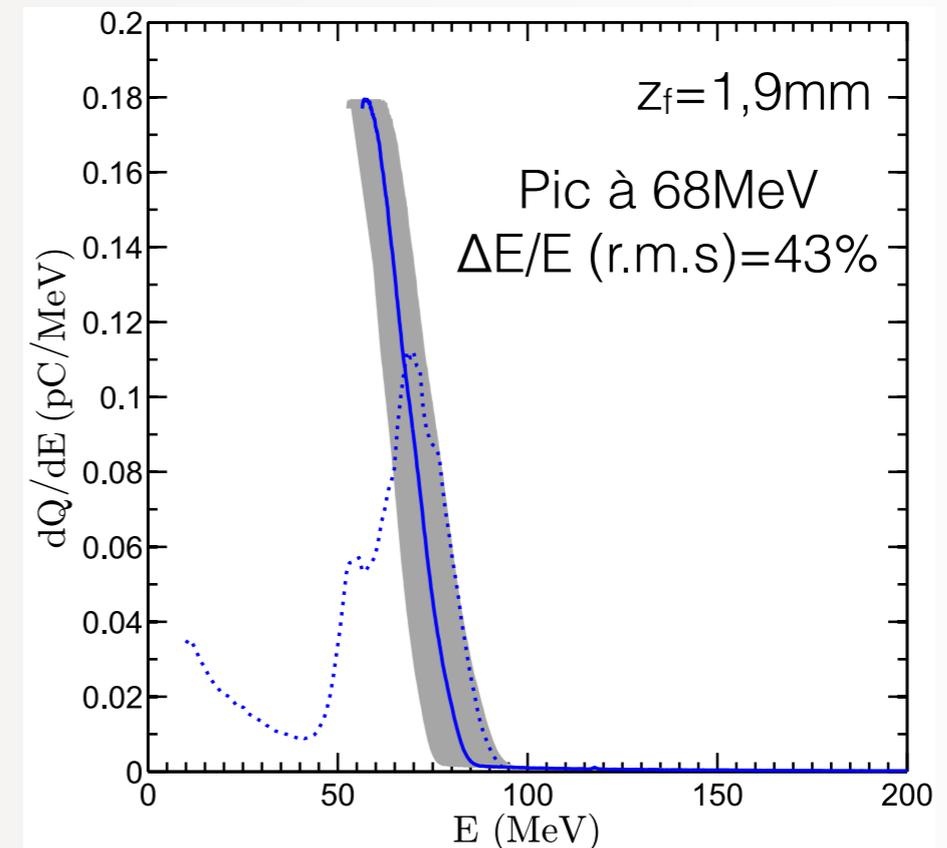
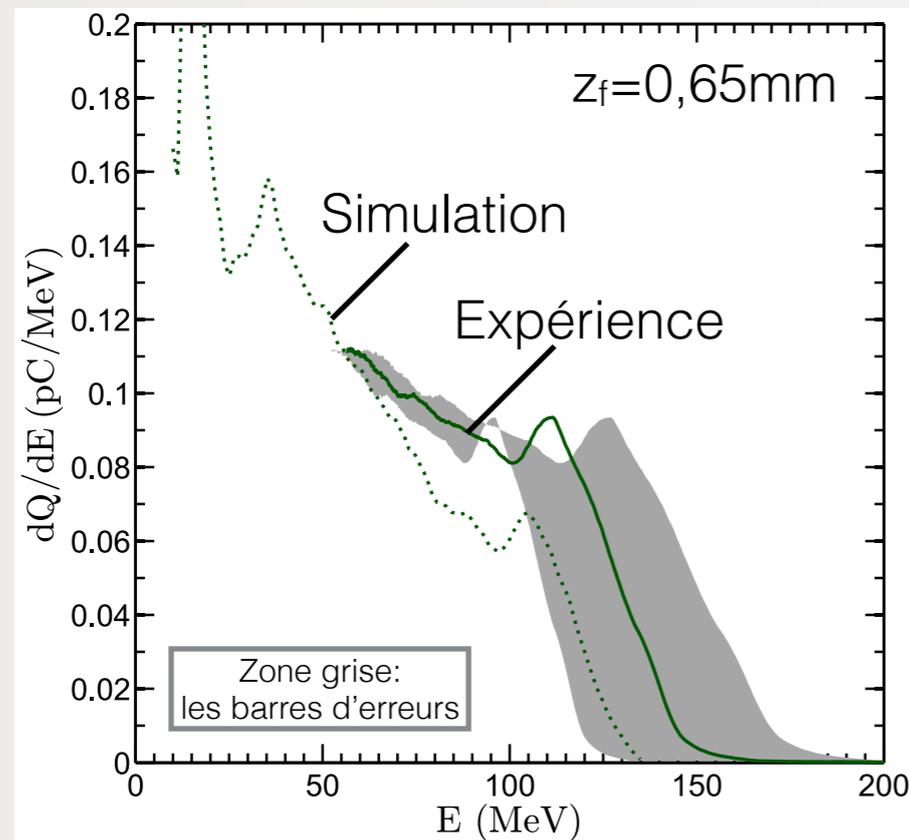
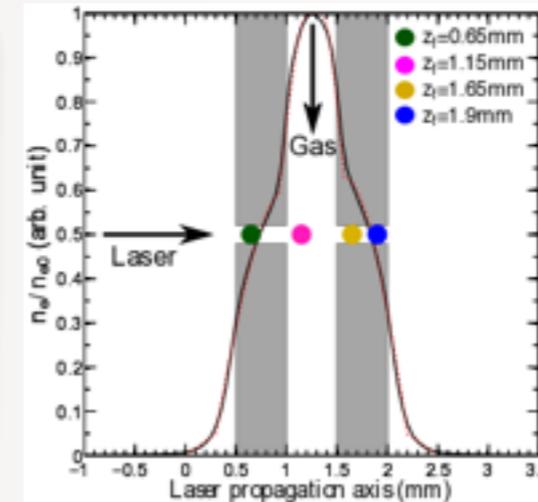
Composition de gaz: 99% H + 1% N

Longueur de la cellule, $L = 0,5 \text{mm}$

Impulsion laser: Gaussien

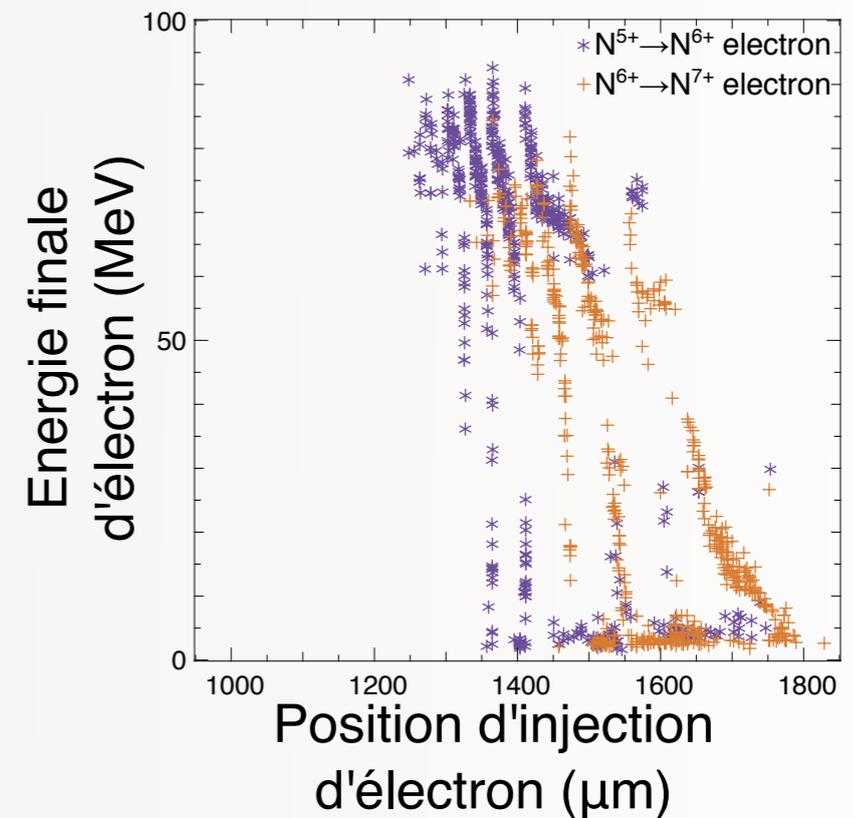
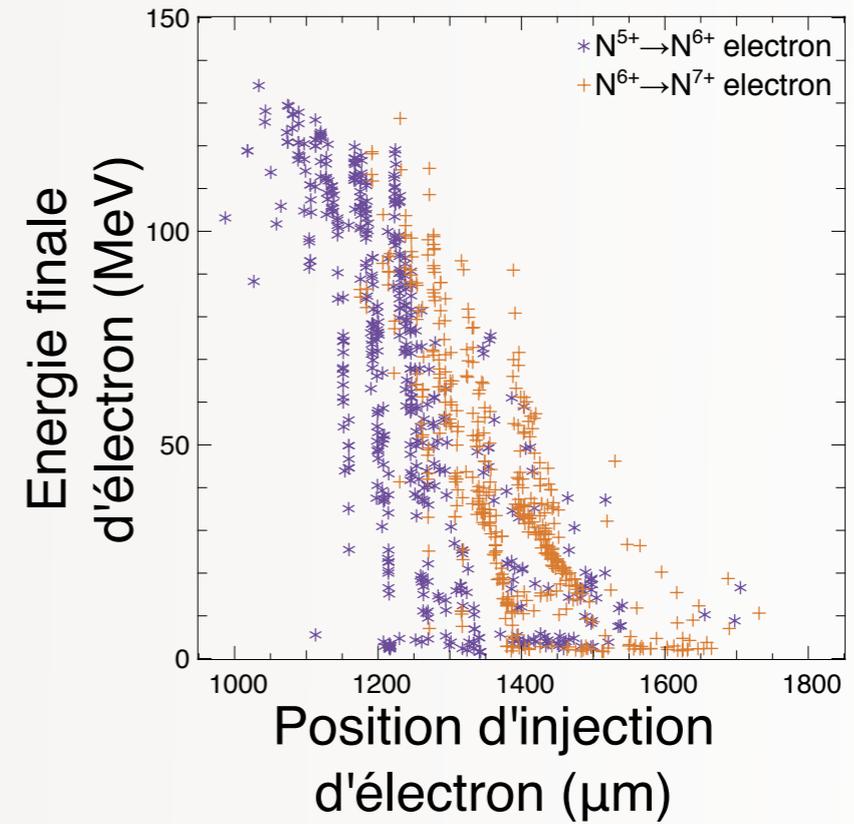
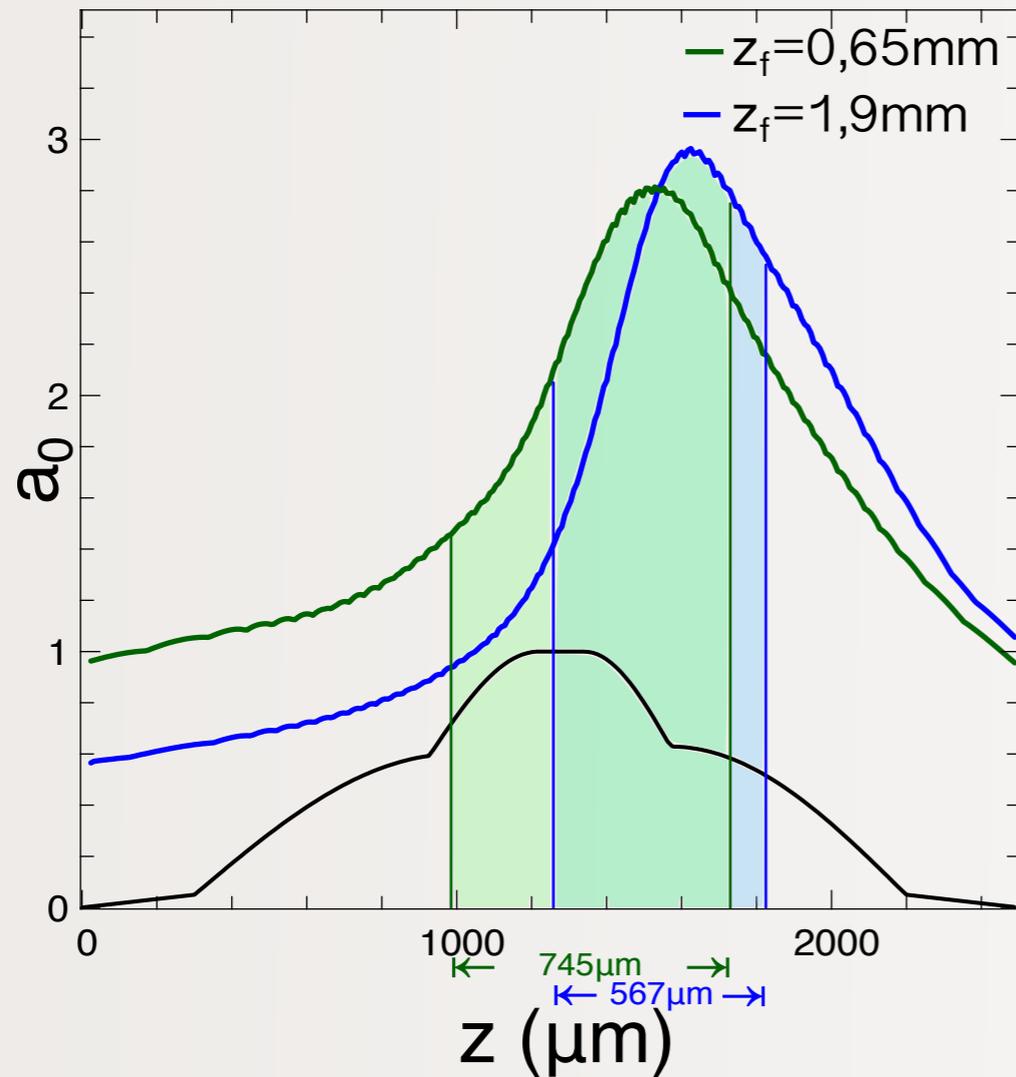
Waist de laser, $w_{\text{FWHM}} = 17 \mu\text{m}$

Durée de laser, $\tau_{\text{FWHM}} = 40 \text{fs}$



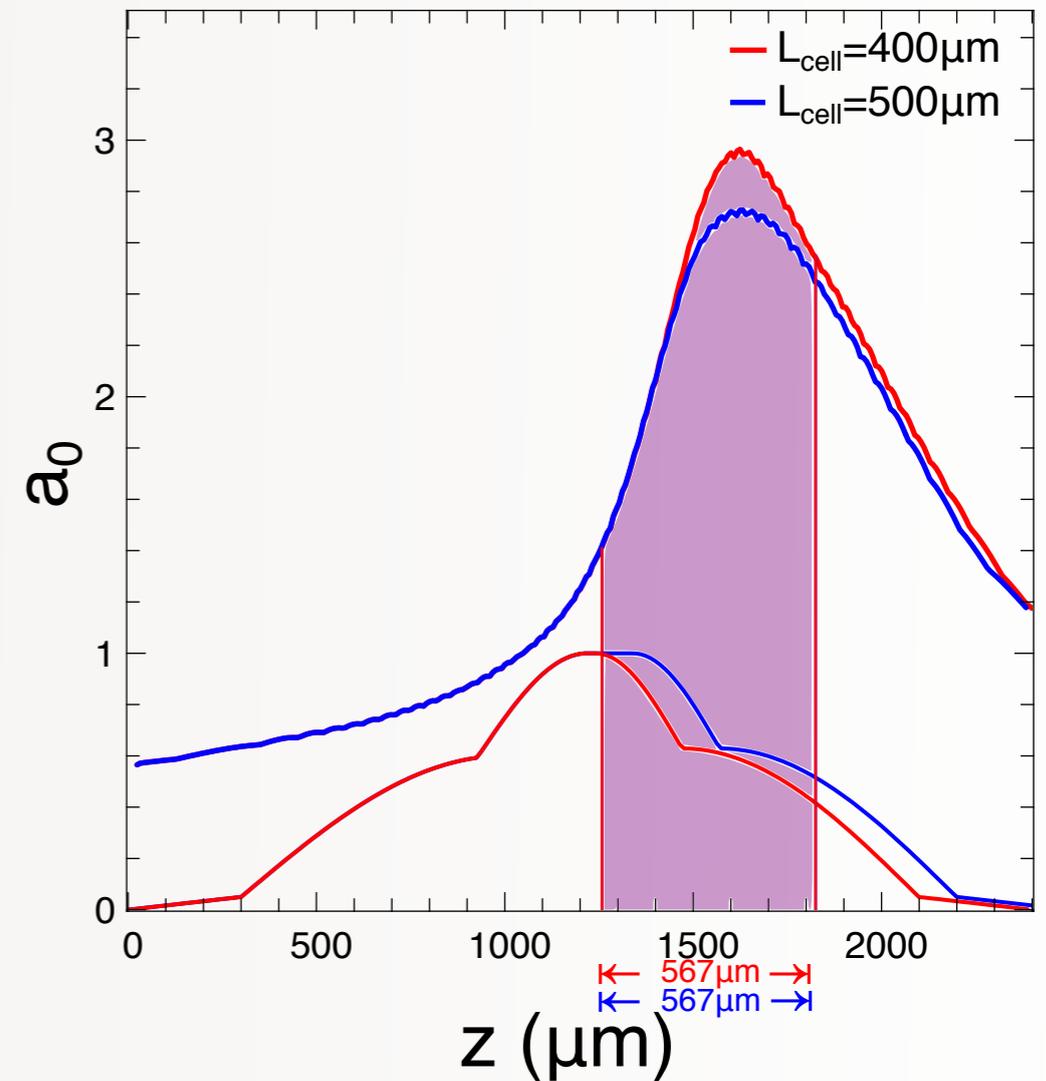
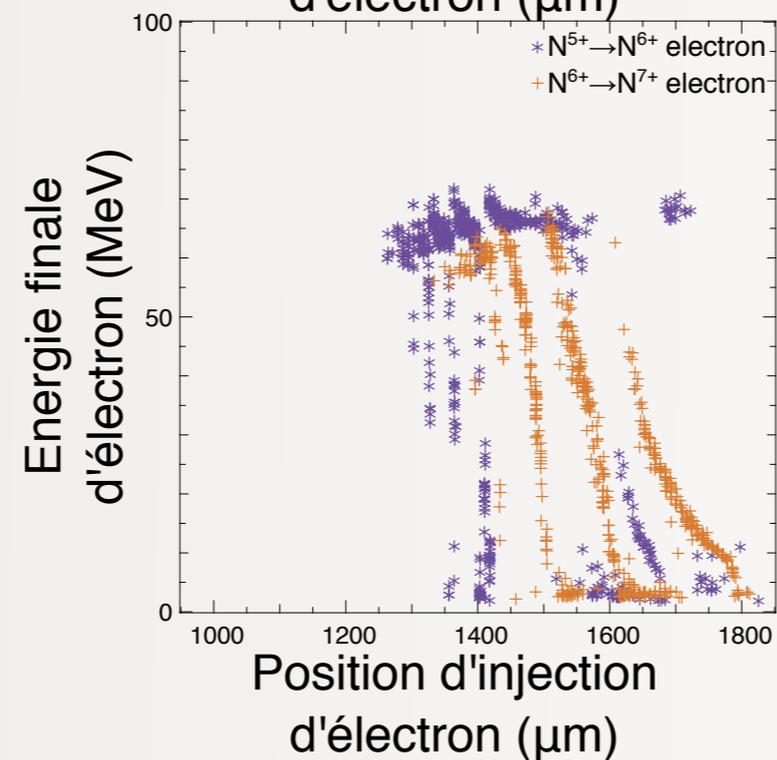
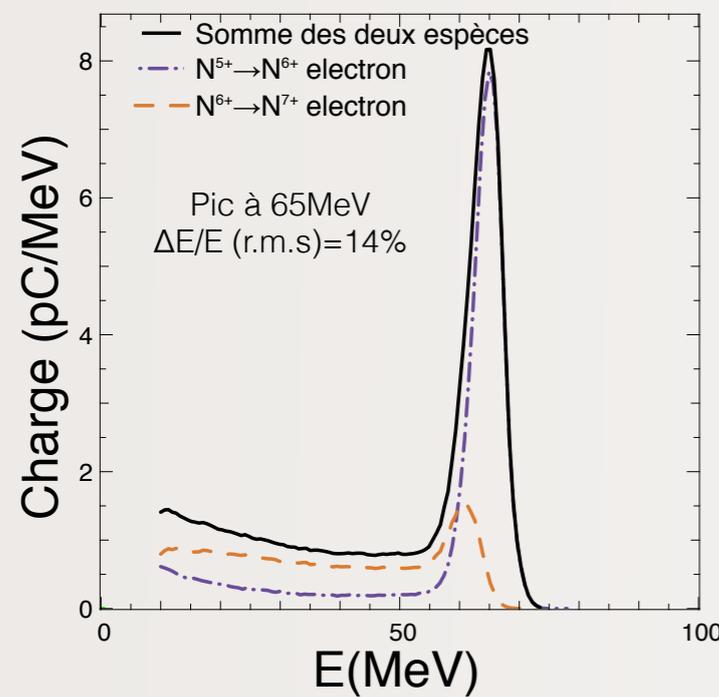
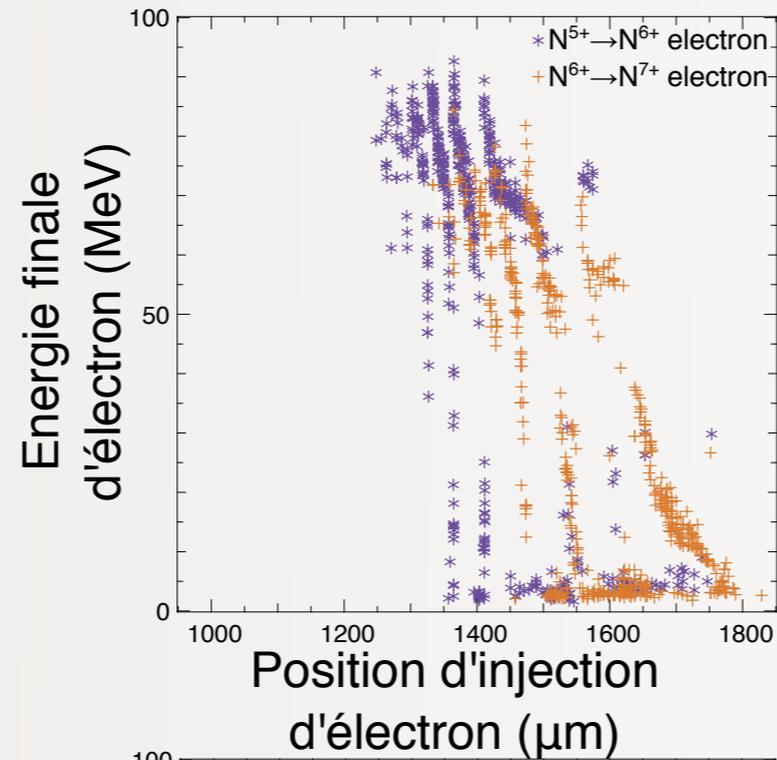
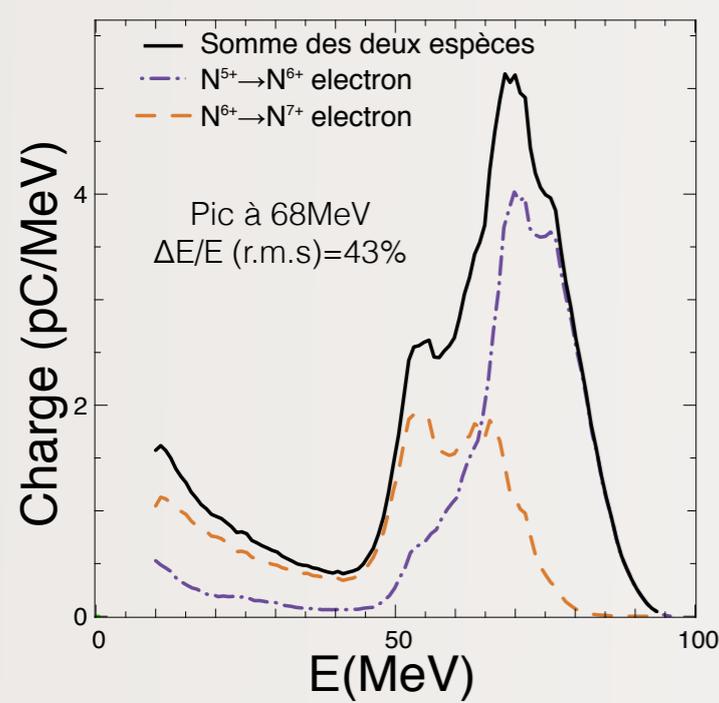
Pourquoi les spectres sont-ils aussi différents?

L'évolution du a_0 contrôle la distance d'accélération



distance d'accélération plus courte
pour $z_f = 1,9\text{mm}$

La dispersion d'énergie est améliorée en réduisant la longueur de la cellule



Accélération localisée → un spectre étroit

Conclusions et Perspective

Modélisation quasi 3D

- On dispose d'un outil de simulation opérationnel permettant:
 - d'analyser les résultats expérimentaux
 - d'optimiser les paramètres physiques pour l'injecteur

Physique de l'injecteur

- L'injection est contrôlée par l'évolution du a_0
- On met en évidence un régime particulier → compétition entre les conditions initiales et les effets non-linéaires

Perspective

- L'optimisation de l'injecteur se poursuit // les expériences

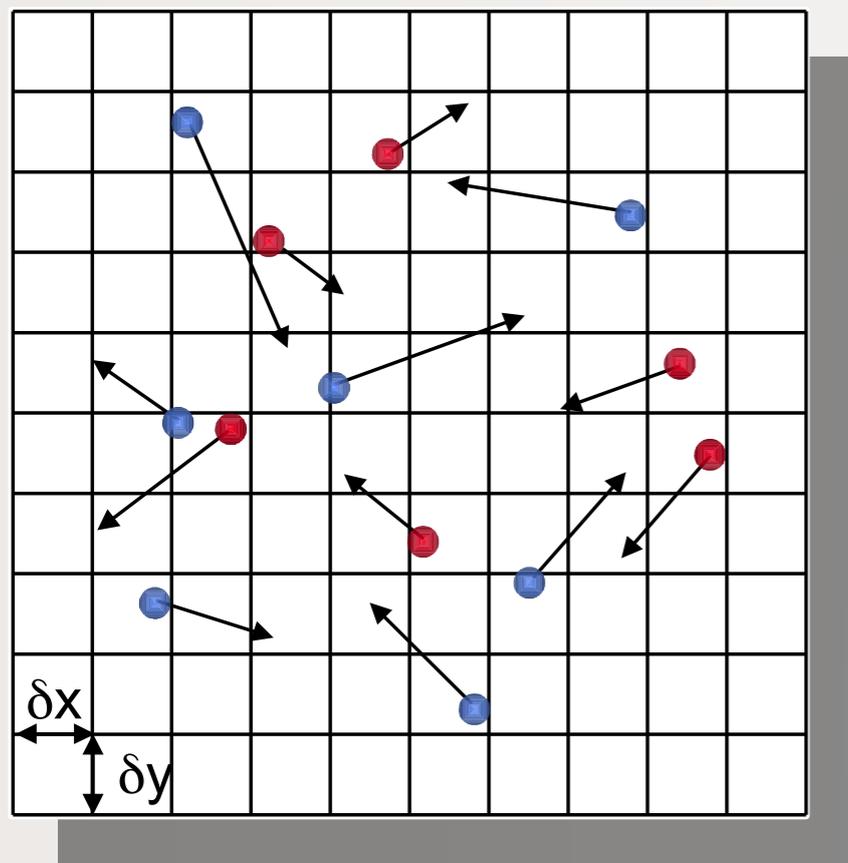
Merci de votre attention

Le code WARP est adapté pour simuler l'accélération laser-plasma à multi étages

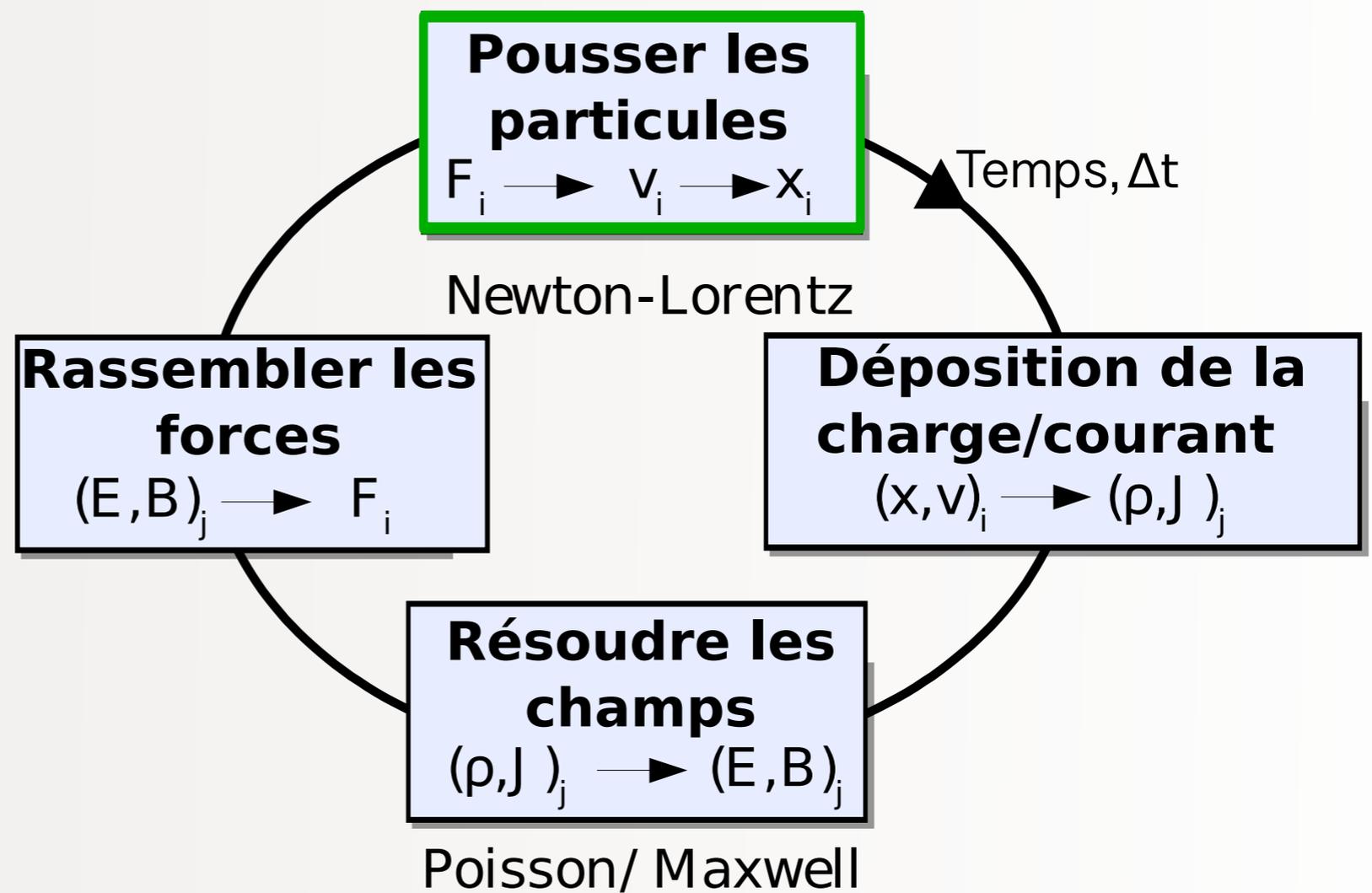
†PIC: Particle-In-Cell

WARP*:

un code PIC† open-source co-développé à LBNL



Plasma= une collection des particules chargées



i: indice de la particule
j: indice de la grille

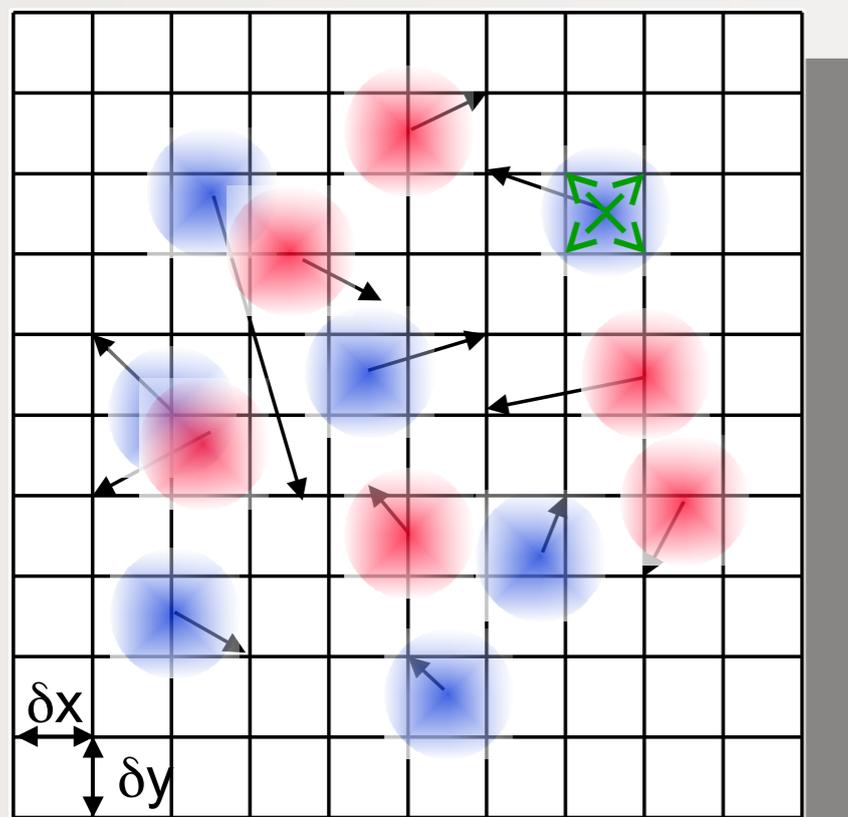
*J.-L Vay et al. Computational Science & Discovery, 2012,5 014019.

Le code WARP est adapté pour simuler l'accélération laser-plasma à multi étages

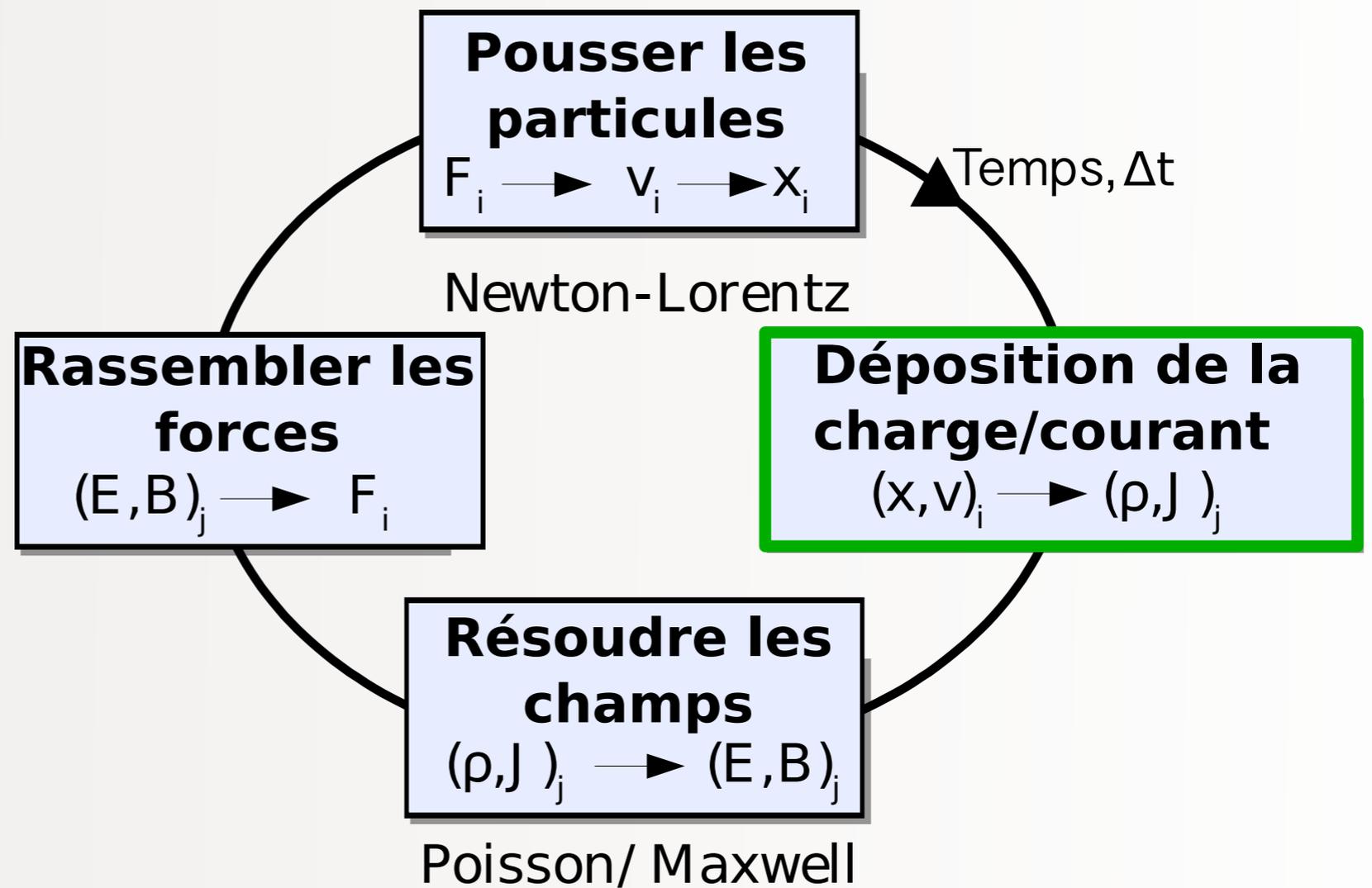
†PIC: Particle-In-Cell

WARP*:

un code PIC† open-source co-développé à LBNL



Plasma = une collection des particules chargées



i: indice de la particule
j: indice de la grille

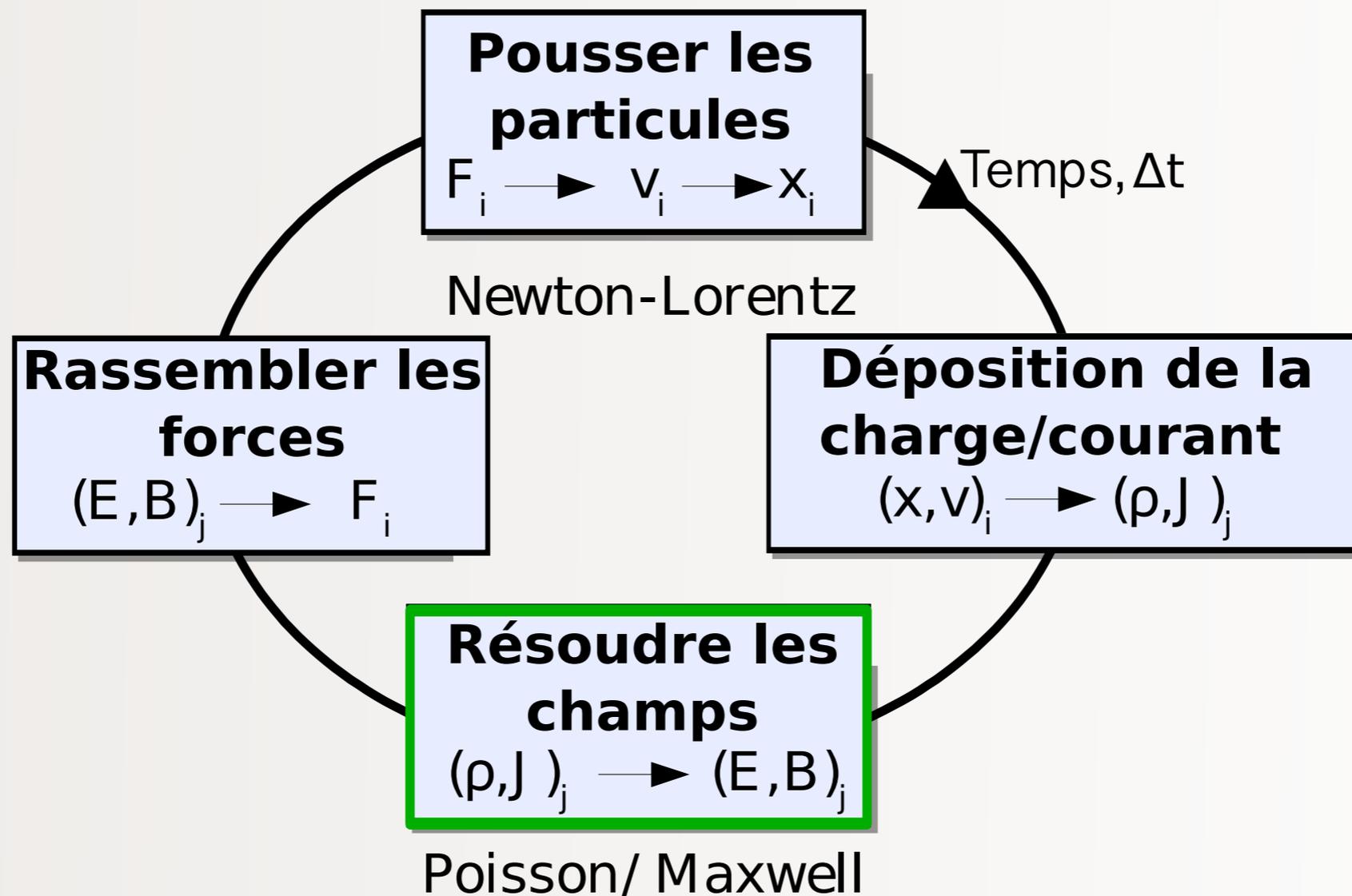
*J.-L Vay et al. Computational Science & Discovery, 2012,5 014019.

Le code WARP est adapté pour simuler l'accélération laser-plasma à multi étages

†PIC: Particle-In-Cell

WARP*:

un code PIC[†] open-source co-développé à LBNL



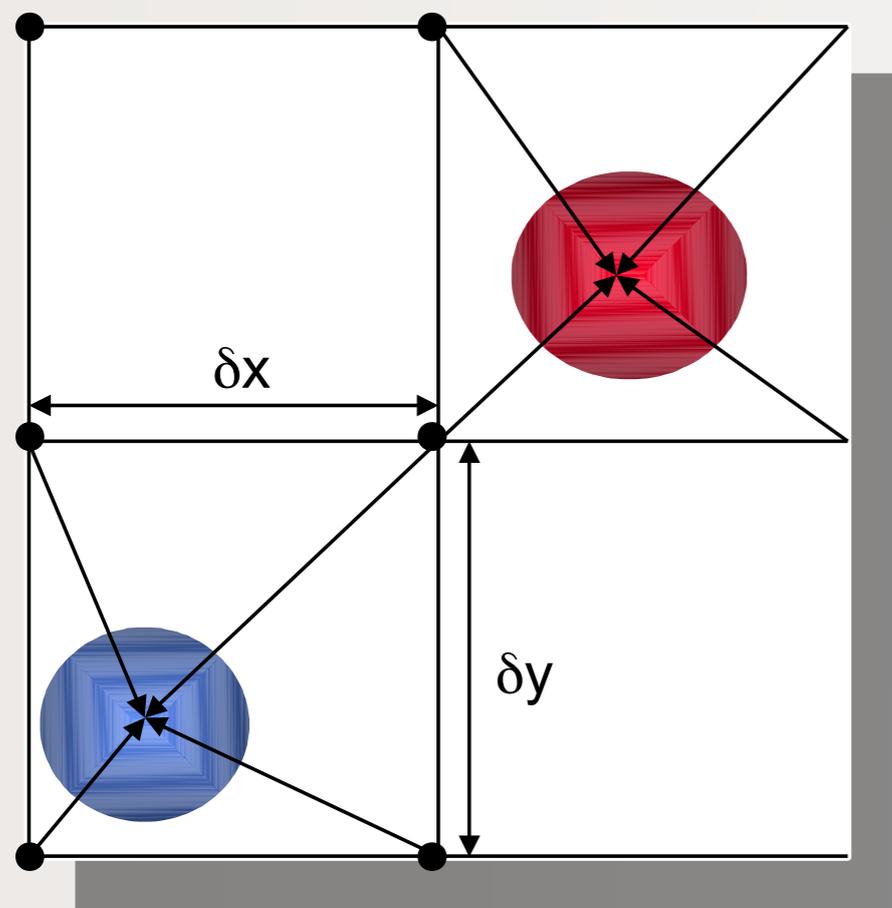
i: indice de la particule
j: indice de la grille

Le code WARP est adapté pour simuler l'accélération laser-plasma à multi étages

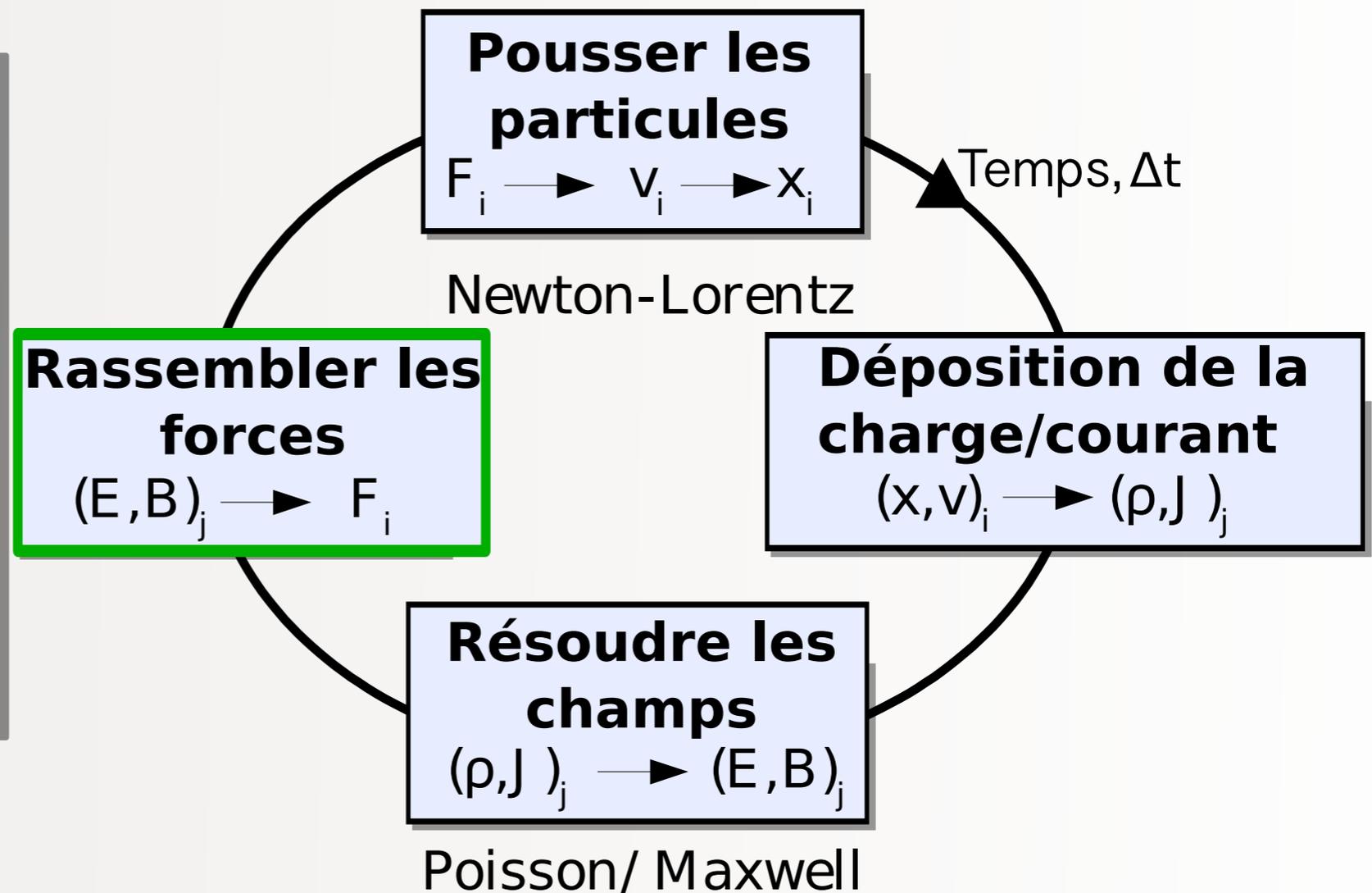
†PIC: Particle-In-Cell

WARP*:

un code PIC† open-source co-développé à LBNL



Interpolation des champs sur les particules



i: indice de la particule
j: indice de la grille