

# PALLAS une ligne de test pour l'accélération laser-plasma

Coline Guyot (Doctorante – 3<sup>ème</sup> année)

[cguyot@ijclab.in2p3.fr](mailto:cguyot@ijclab.in2p3.fr)

Supervision: Christelle Bruni

**PALLAS** = Ligne Compacte de test pour Injecteur Laser-Plasma pour des faisceaux d'électrons



## Axes de Recherche Principaux

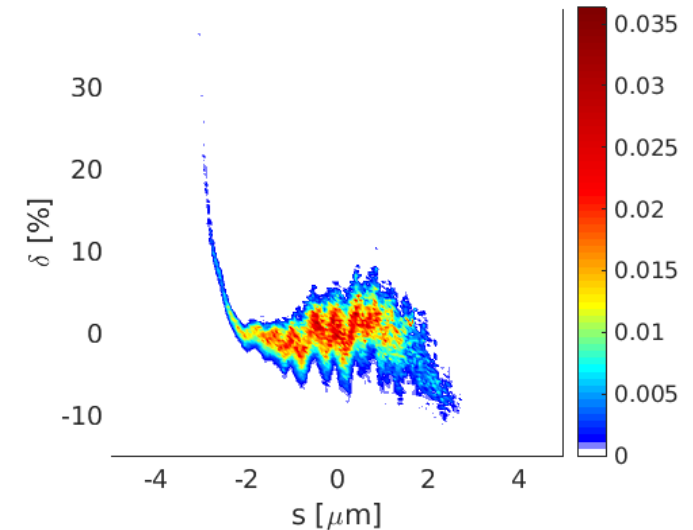
- Contrôle Laser Avancé
- Cible Plasma
- Ligne de Capture et Caractérisation d'électrons

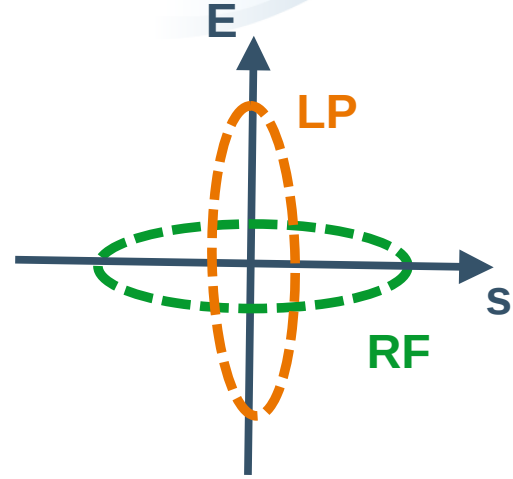


**Simulations d'accélération Laser-Plasma [2] avec Smilei [3]** *'Particle\_in\_Cell' (PIC)*

Sorties = Inputs: **Simulations 'Start-to-End'**  
→ Corrélations et Non-Linearités

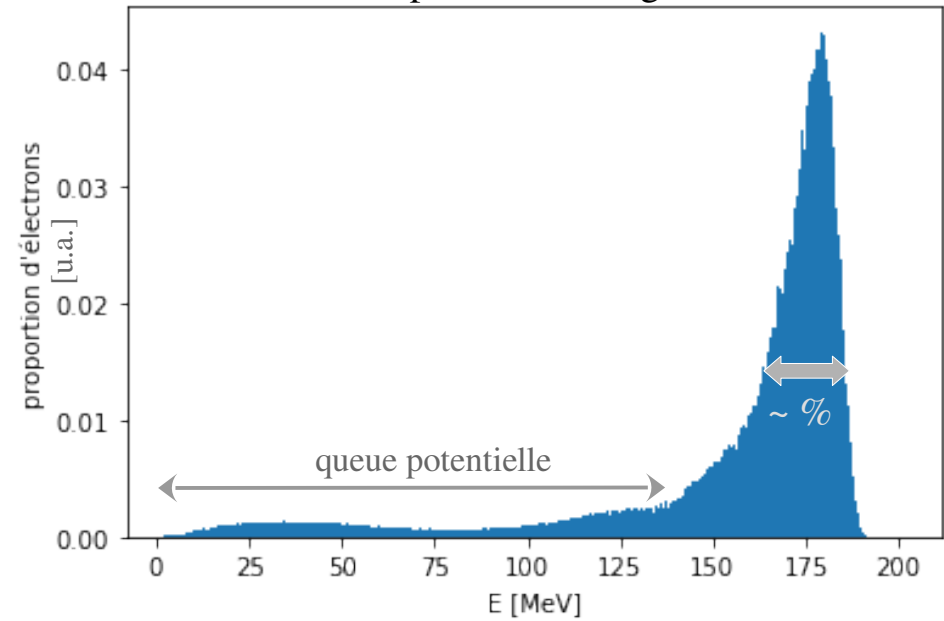
	Unité	Paramètre Ciblé	Gamme
Charge	pC	$\geq 30$	5 - 150 pC
Energie	MeV	200	150 - 250
Dispersion Energie	%	$\leq 5$	$\leq 10$
Divergence	mrad	$\leq 1$	$\leq 6$

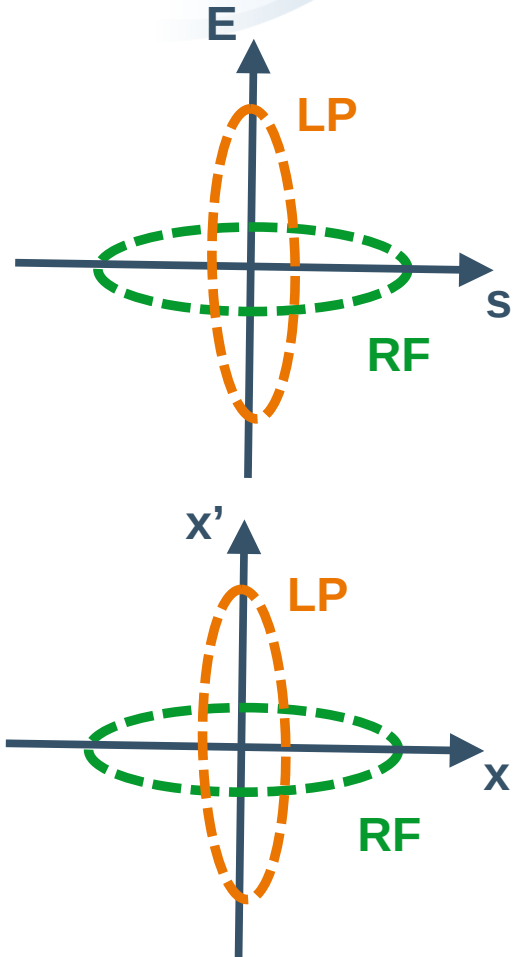




- Ultra-Courts :  
~ 1s - 10 de fs (RF  $\geq$  ps)
- Forte Dispersion en Energie :  
~ quelques % (RF  $\sim$  0.1s %)
- Charges: ~ 10 - 100s pC

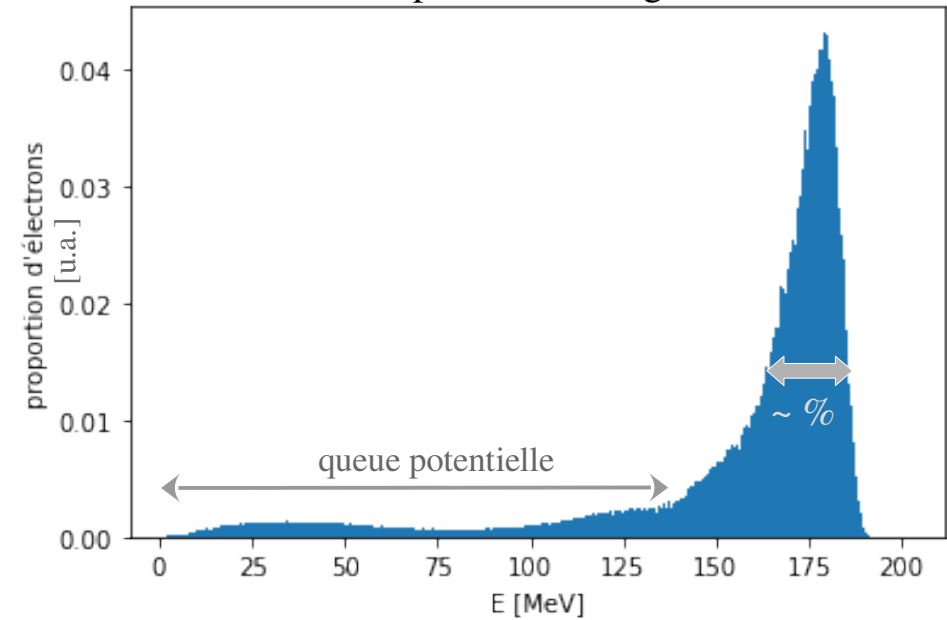
### Spectre en Énergie

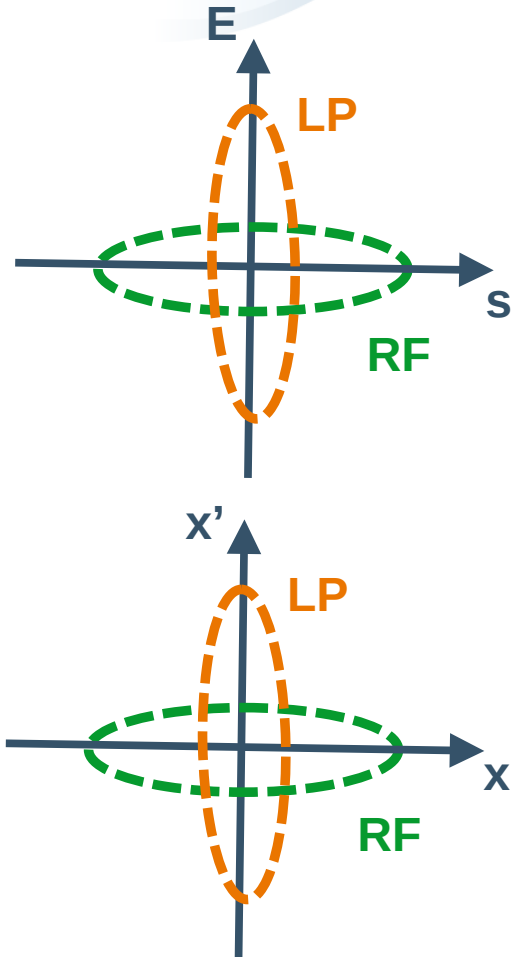




- Ultra-Courts :  
~ 1s - 10 de fs ( $RF \geq ps$ )
- Forte Dispersion en Energie :  
~ quelques % ( $RF \sim 0.1s \%$ )
- Charges: ~ 10 - 100s pC
- Petite Taille Transverse :  
~ quelques microns ( $RF \geq mm$ )
- Forte Divergence :  
~ quelques mrad ( $RF \sim 0.1s \text{ mrad}$ )

Spectre en Énergie

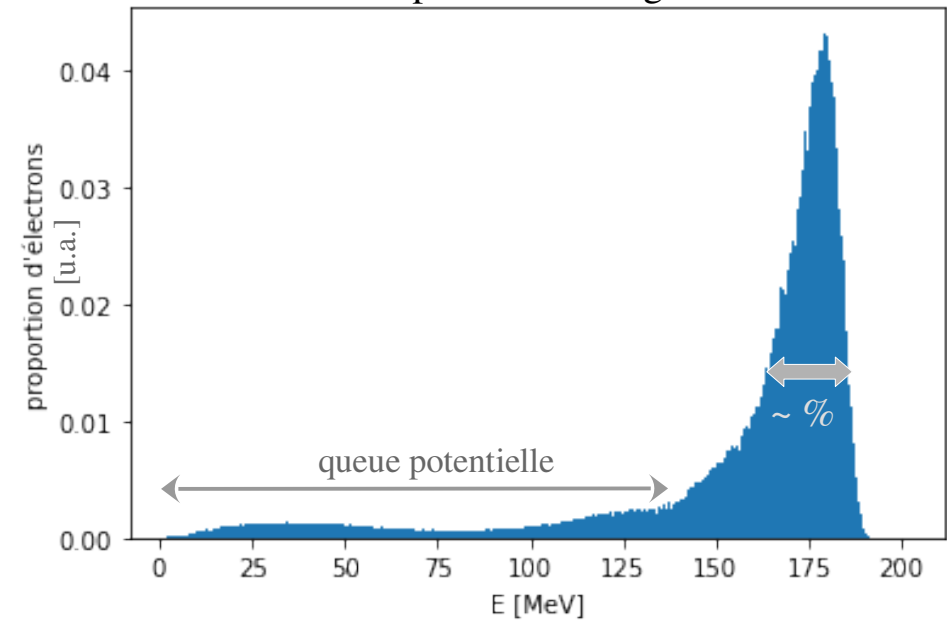




- Ultra-Courts :  
~ 1s - 10 de fs ( $RF \geq ps$ )
- Forte Dispersion en Energie :  
~ quelques % ( $RF \sim 0.1s \%$ )
- Charges: ~ 10 - 100s pC

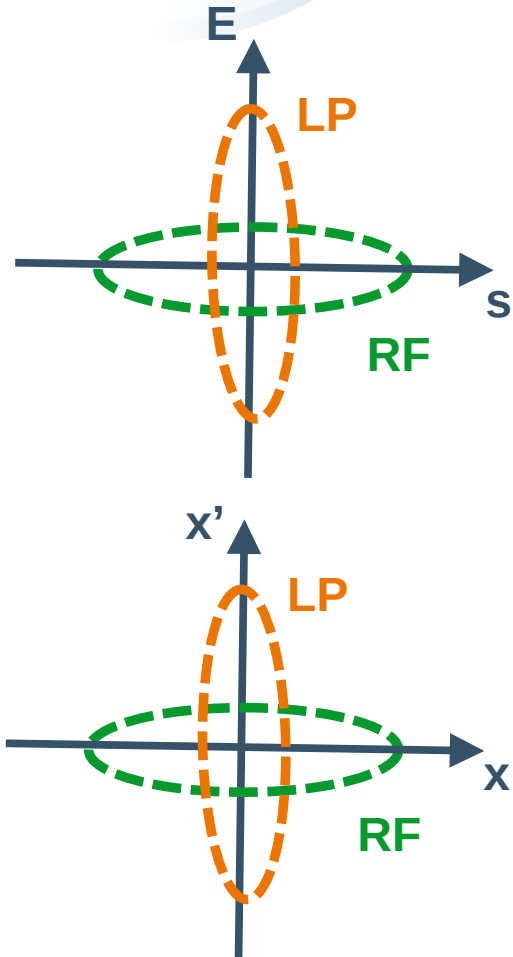
- Petite Taille Transverse :  
~ quelques microns ( $RF \geq mm$ )
- Forte Divergence :  
~ quelques mrad ( $RF \sim 0.1s mrad$ )

## Spectre en Énergie



## Tracking

- Vérification validité pour effets hors-axes et off-momentum importants (cf. Comparaison CODAL avec TraceWin [4])
- Vérification validité pour paquets courts / à fort courant crête

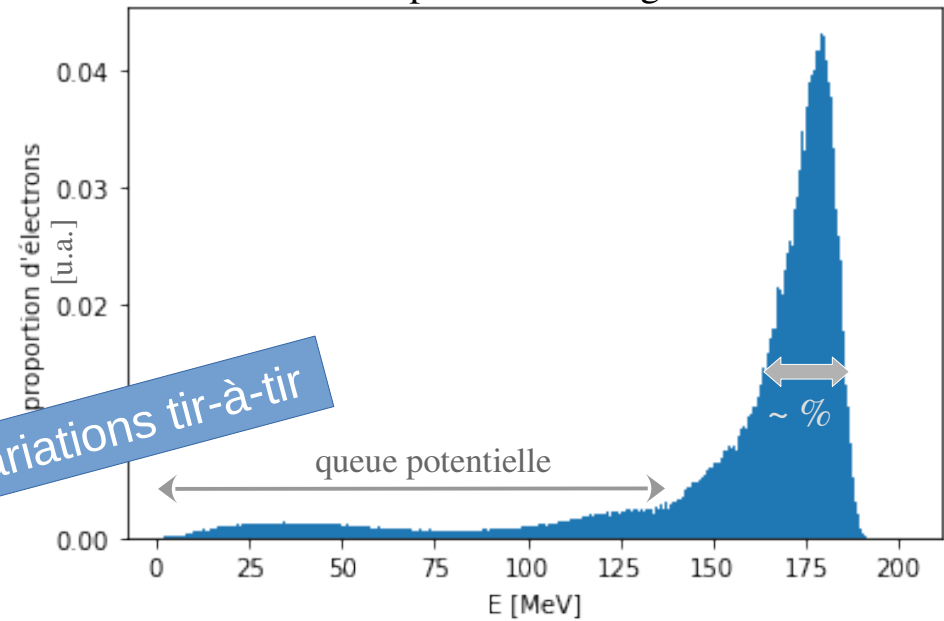


- Ultra-Courts :  
~ 1s - 10 de fs ( $RF \geq ps$ )
- Forte Dispersion en Energie :  
~ quelques % ( $RF \sim 0.1s$  %)
- Charges: ~ 10 - 100

Problème de Stabilité : Variations tir-à-tir

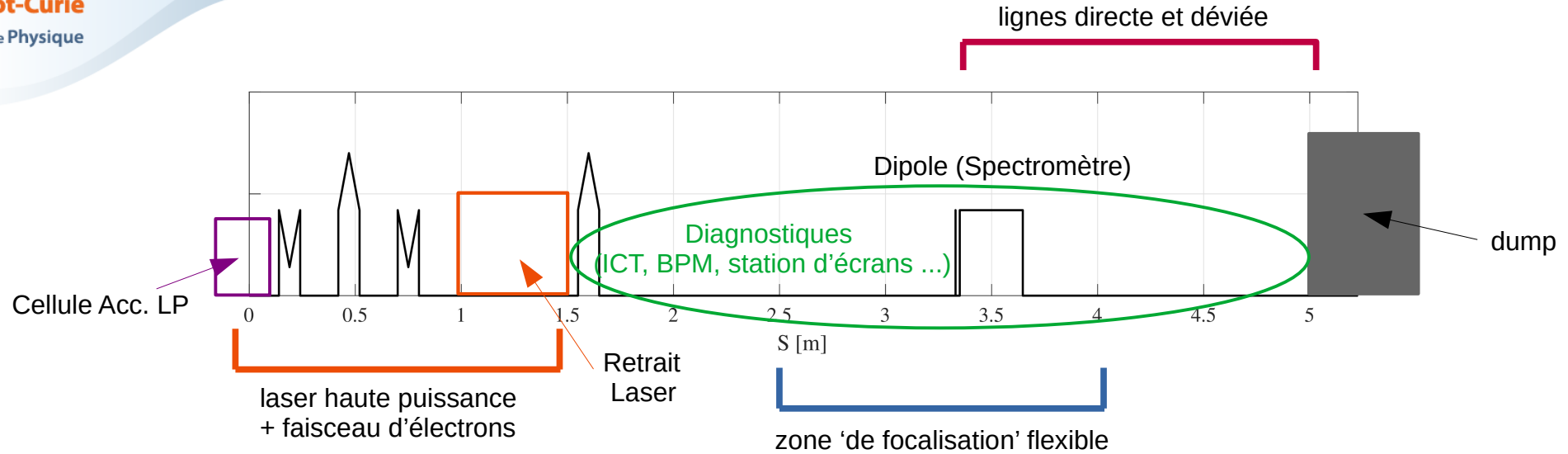
- Petite Taille Transverse :  
~ quelques microns ( $RF \geq mm$ )
- Forte Divergence :  
~ quelques mrad ( $RF \sim 0.1s$  mrad)

Spectre en Énergie



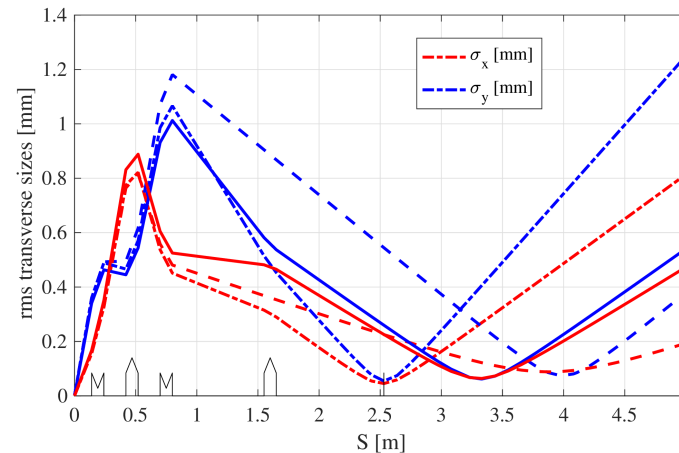
## Tracking

- Vérification validité pour effets hors-axes et off-momentum importants (cf. Comparaison CODAL avec TraceWin [4])
- Vérification validité pour paquets courts / à fort courant crête

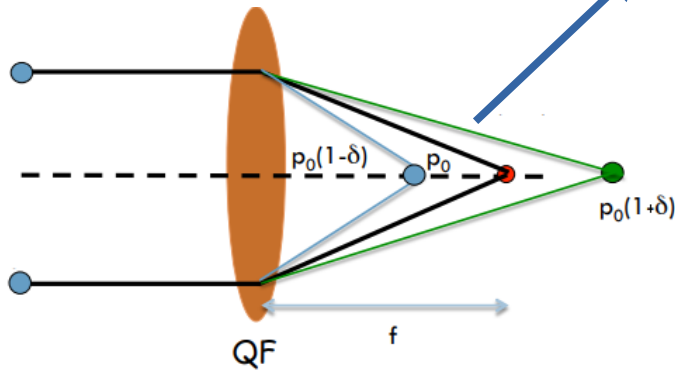
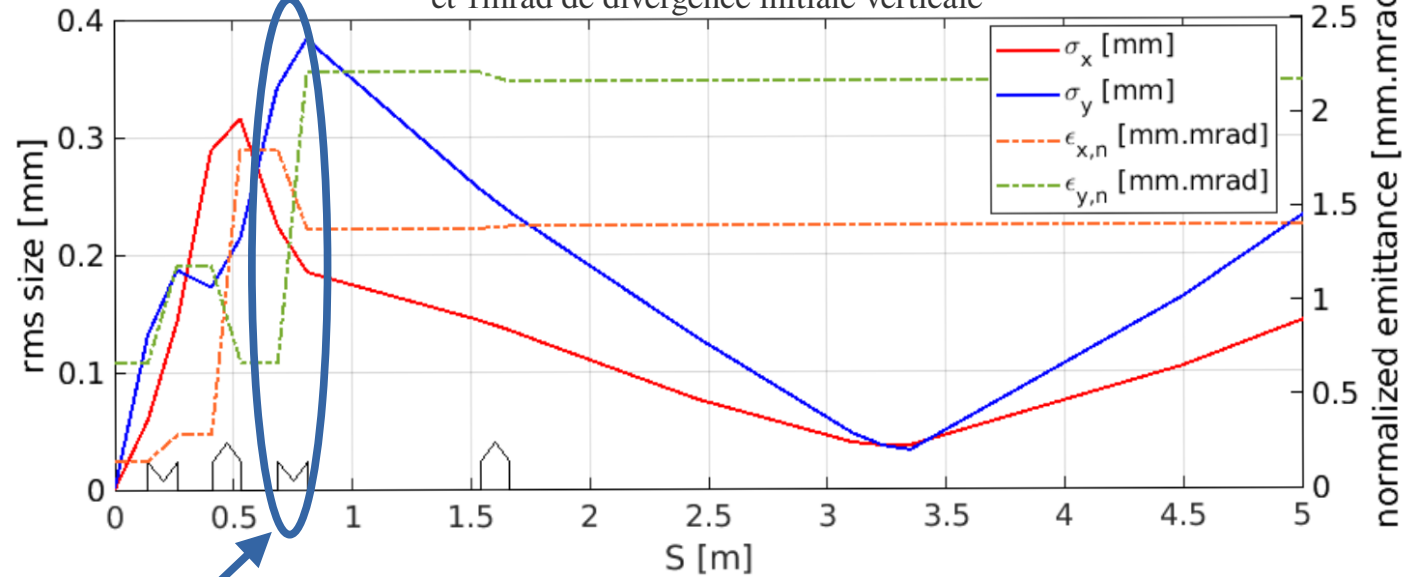


## Compacte & Flexible:

- 5m entre la sortie de la cellule et le dump
- Favorisé les composants et diagnostics 'accélérateurs' traditionnels
- Electro-Aimants, 'Zone de focalisation' flexible
- Transport d'une large 'gamme de faisceaux'



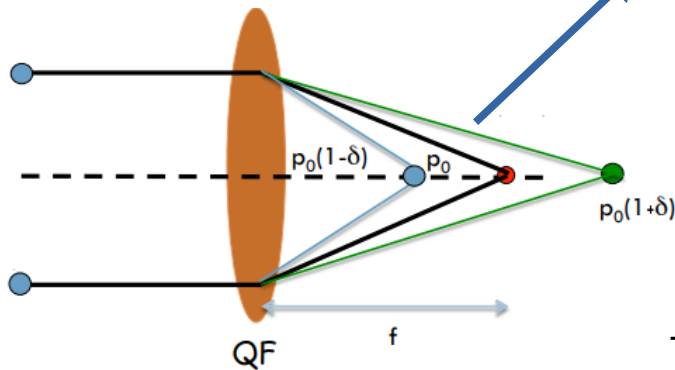
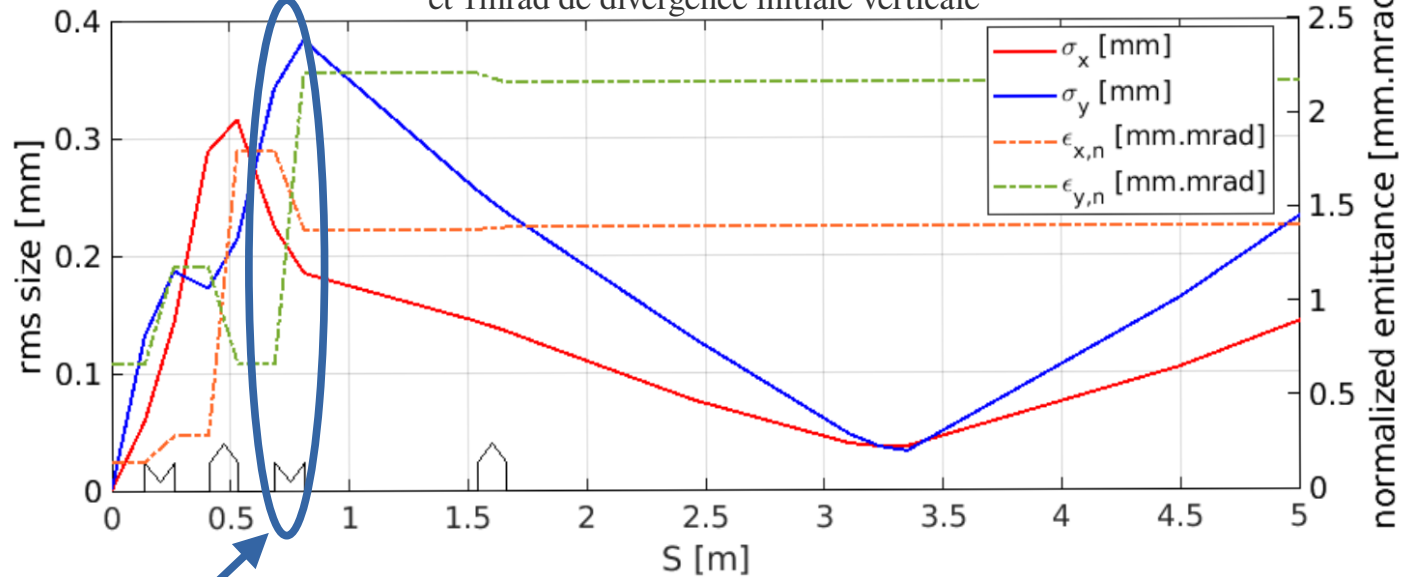
Exemple d'évolution de valeurs transverses pour une tranche en énergie de 1 % et 1mrad de divergence initiale verticale



forte **dispersion en énergie** :  
 ~ quelques % (RF ~ 0.1s %)  
 → **effets chromatiques importants**



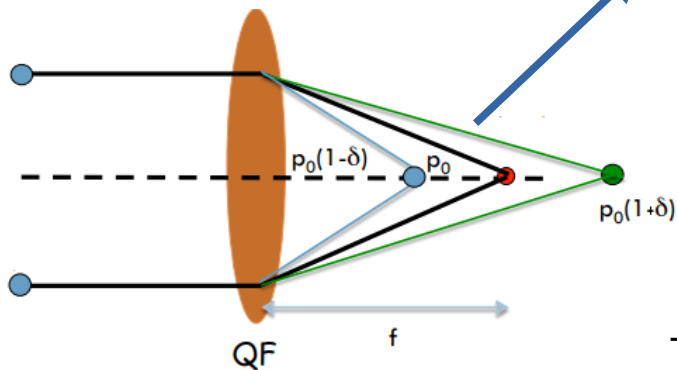
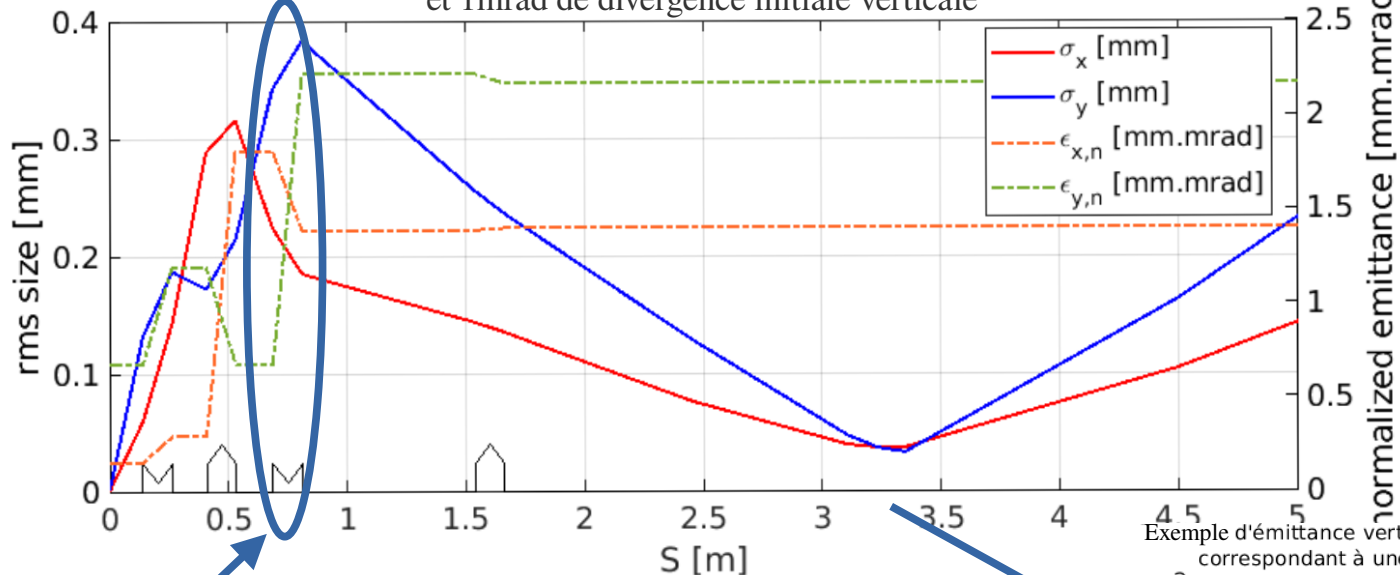
Exemple d'évolution de valeurs transverses pour une tranche en énergie de 1 %  
 et 1mrad de divergence initiale verticale



forte **dispersion en énergie** :  
 ~ quelques % (RF ~ 0.1s %)  
 → **effets chromatiques** importants

+ forte **divergence** initiale  
 → **effets hors-axe**  
 → **amplification** des effets chromatiques

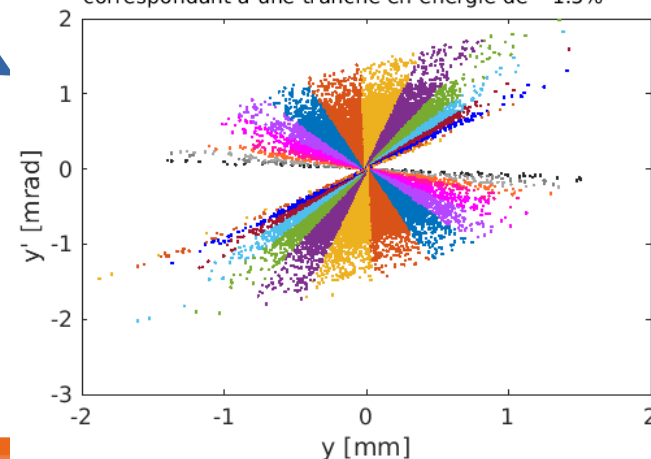
Exemple d'évolution de valeurs transverses pour une tranche en énergie de 1 %  
et 1mrad de divergence initiale verticale



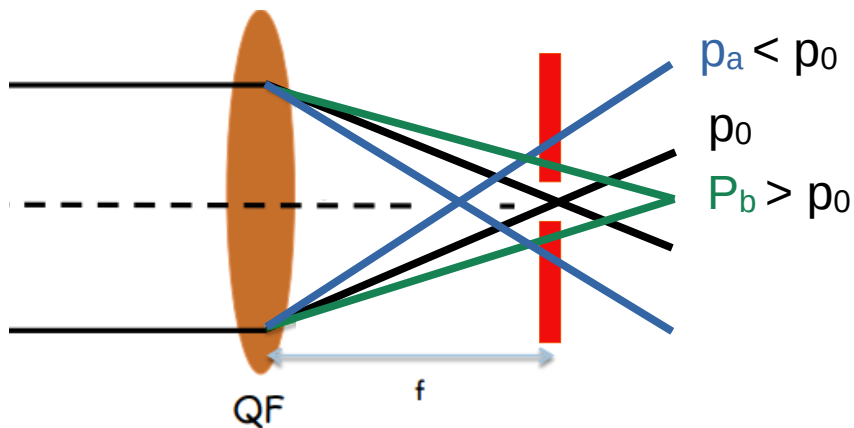
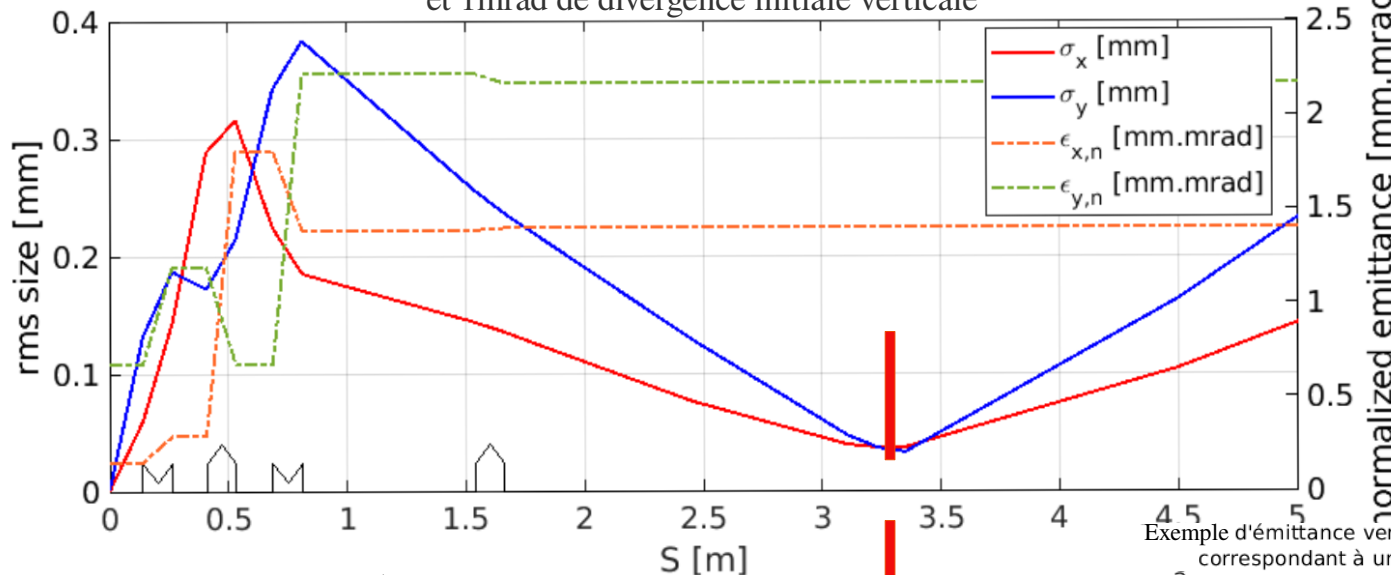
forte **dispersion en énergie** :  
~ quelques % (RF ~ 0.1s %)  
→ **effets chromatiques** importants

+ forte **divergence** initiale  
→ **effets hors-axe**  
→ **amplification** des effets chromatiques

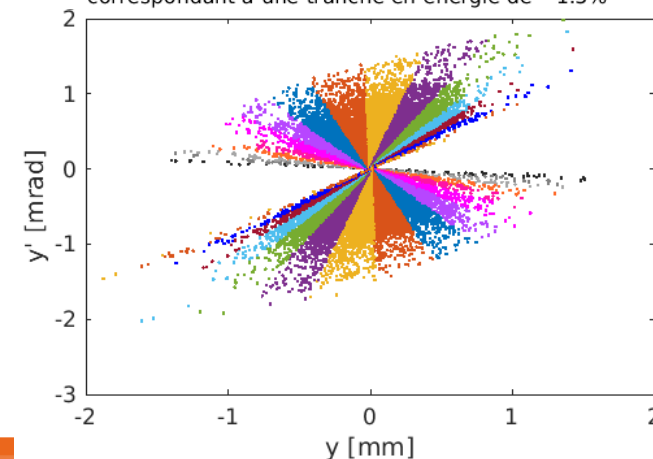
Exemple d'émission verticale au point focal. Chaque couleur correspondant à une tranche en énergie de ~1.5%



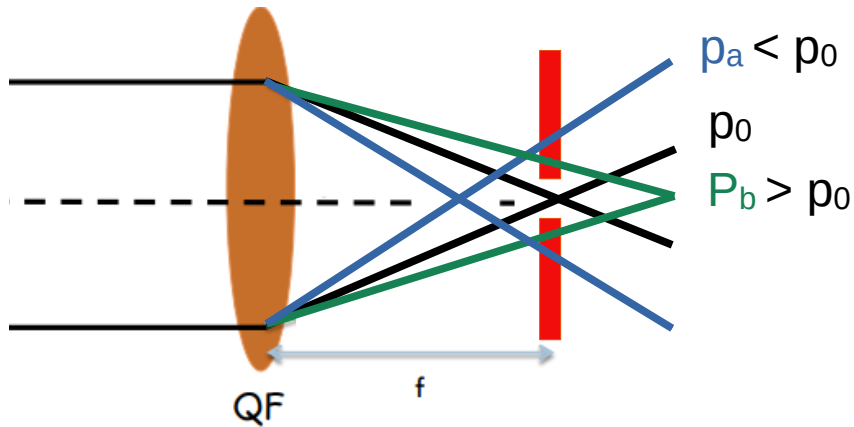
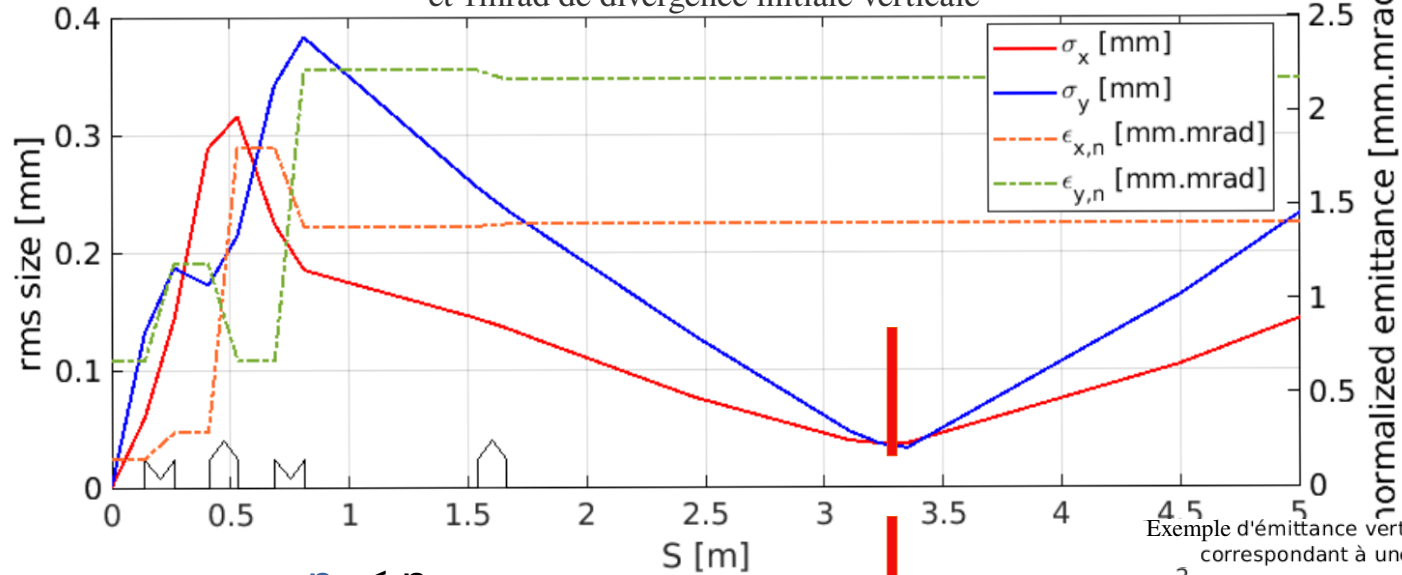
Exemple d'évolution de valeurs transverses pour une tranche en énergie de 1 %  
 et 1mrad de divergence initiale verticale



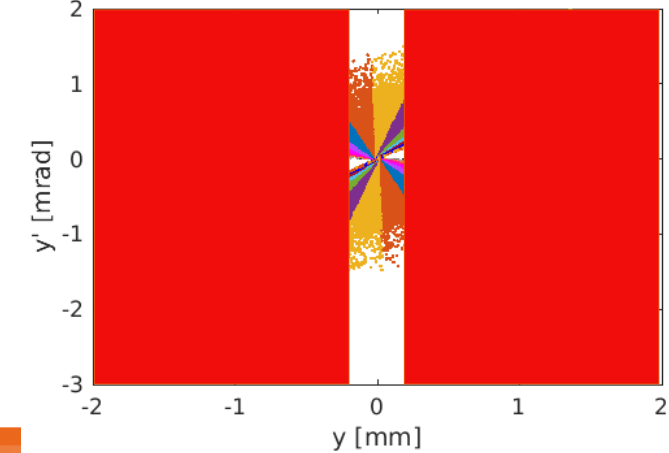
Exemple d'émission verticale au point focal. Chaque couleur correspondant à une tranche en énergie de ~1.5%

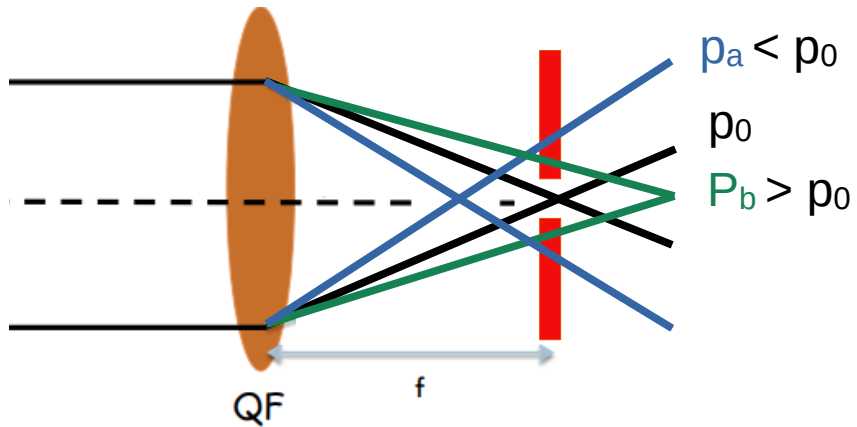
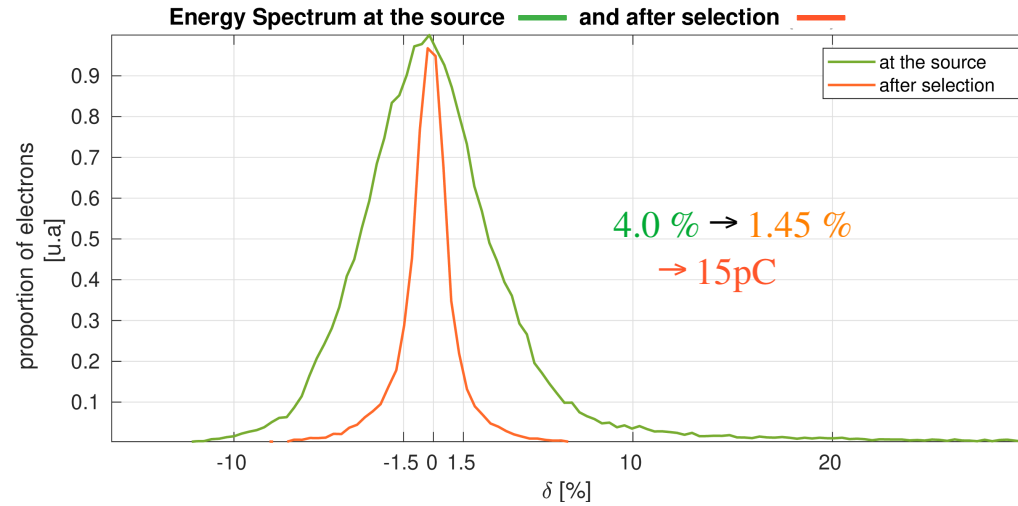


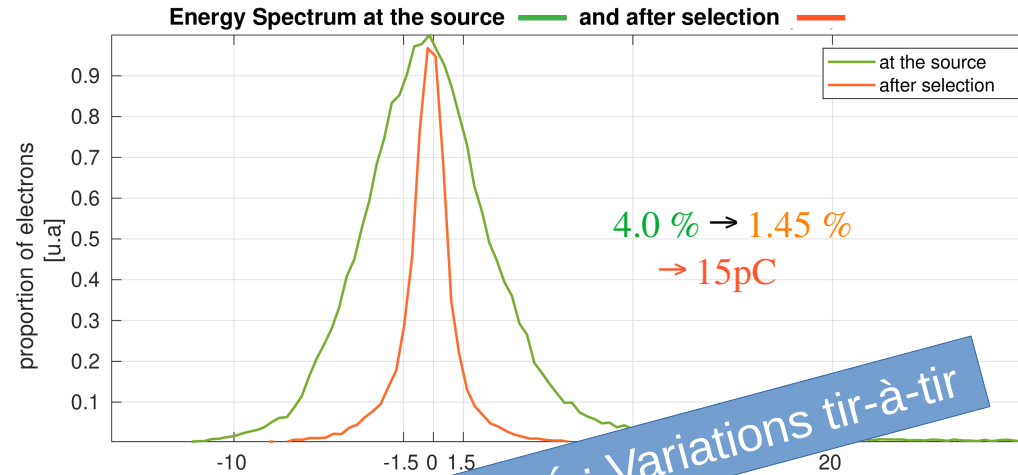
Exemple d'évolution de valeurs transverses pour une tranche en énergie de 1 %  
 et 1mrad de divergence initiale verticale



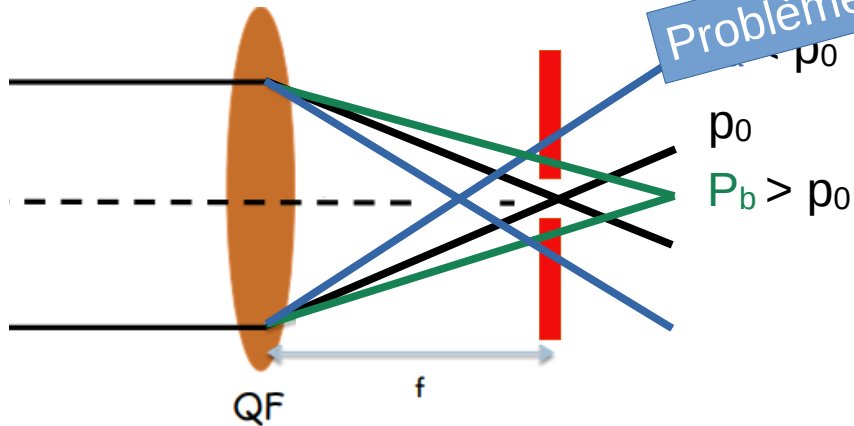
Exemple d'émission verticale au point focal. Chaque couleur correspondant à une tranche en énergie de ~1.5%







Problème de Stabilité : Variations tir-à-tir

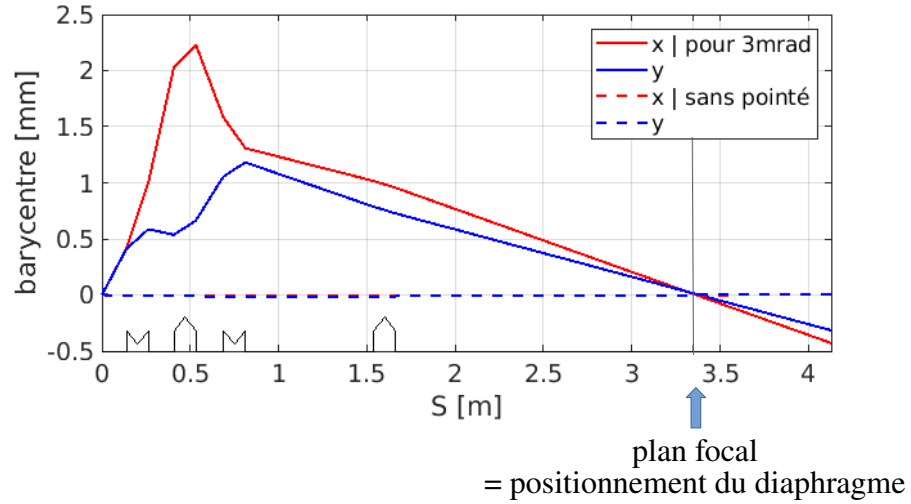


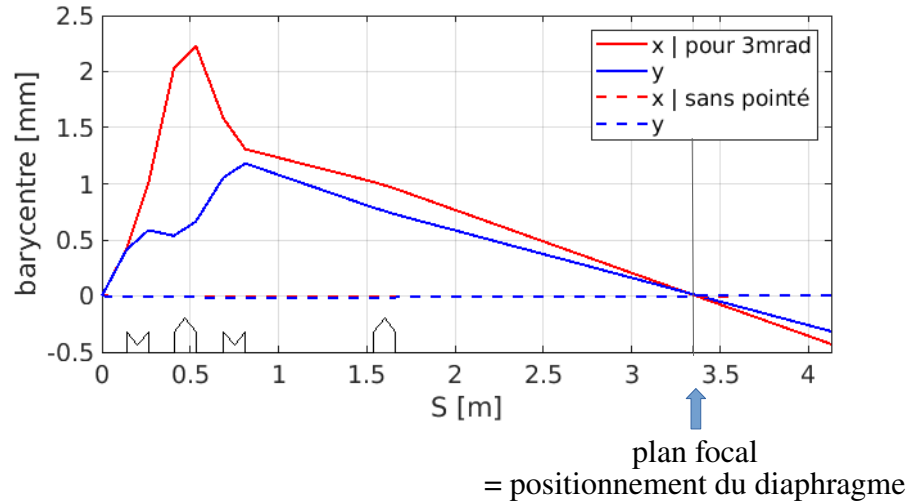
Variations :

- Énergie nominale
- Charge
- Dispersion en énergie
- Pointés d'angle

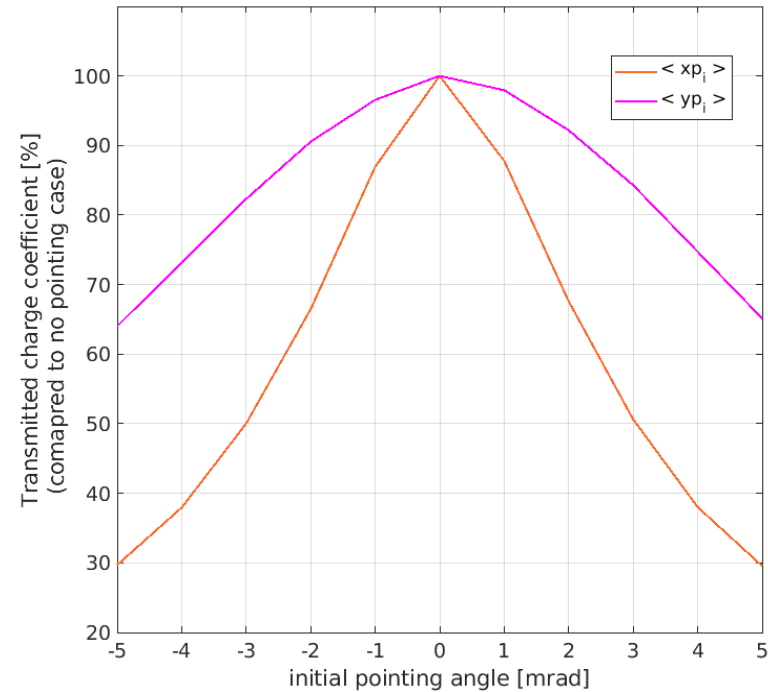
...

→ Quels impacts ?

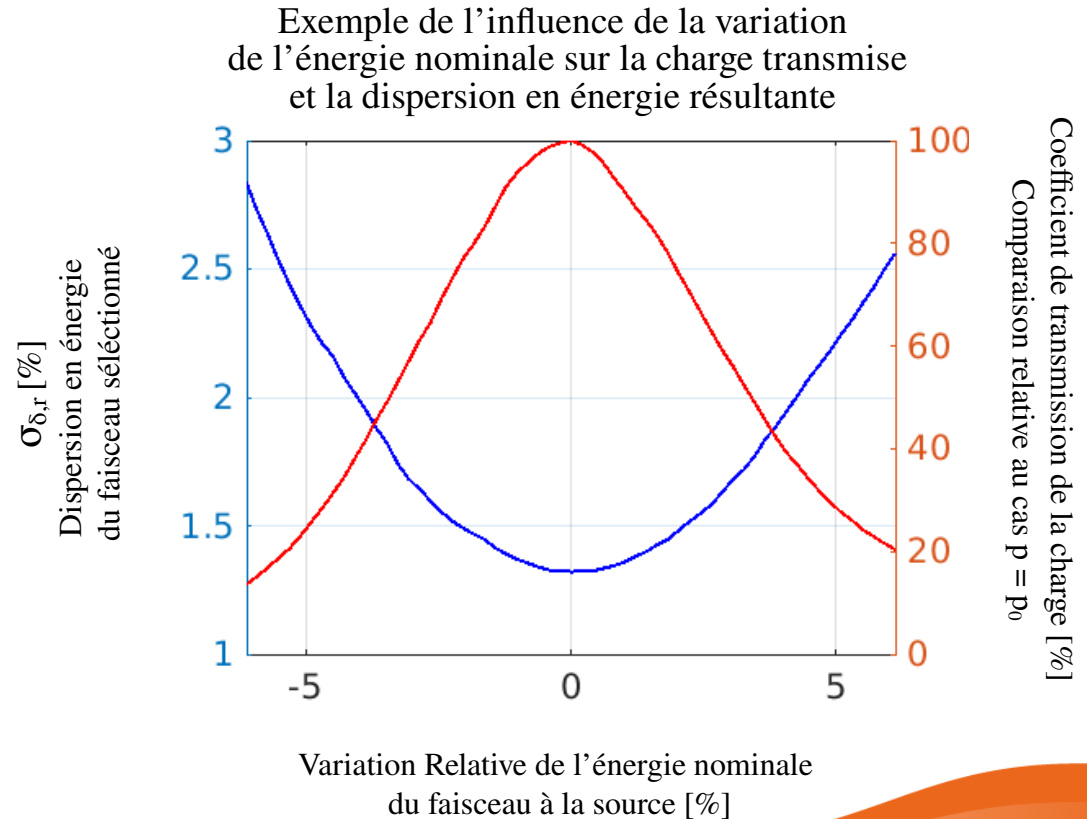
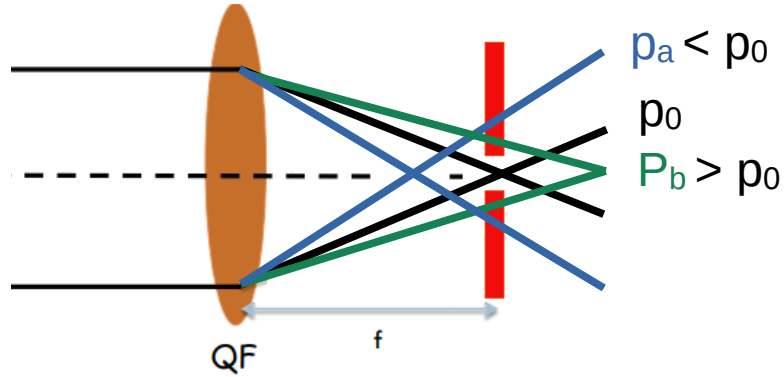




Exemple de l'influence du pointé d'angle sur la charge transmise





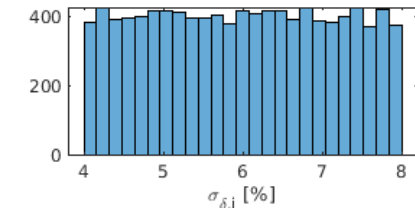
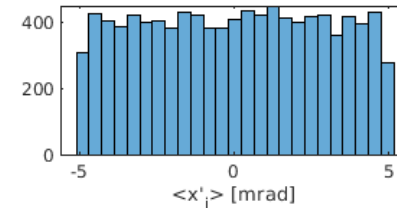


= variations des caractéristiques du faisceau d'électrons à la source

→ Variations de nombreux paramètres dans de larges gammes

Grandeurs Initiales (Source)	Gamme des Variations
Charge $Q_i$	-
Energie $E_0$	$\pm 5 \%$
Pointé d'angle $\langle y'_i \rangle$ et $\langle x'_i \rangle$	$\pm 5$ mrad = $[-5,5]$ mrad
Dispersion Energie $\sigma_{\delta,i}$	$\pm 2 \%$
Divergence $\sigma_{y',i}$	$\pm 2$ mrad
Divergence $\sigma_{x',i}$	$\sigma_{y',i} / \sigma_{x',i} = \text{constante}$
Offset de position $\langle y_i \rangle$ et $\langle x_i \rangle$	$\pm 20 \mu\text{m}$ = $[-20,20] \mu\text{m}$

Tirages aléatoires  
suivant une loi de probabilité uniforme

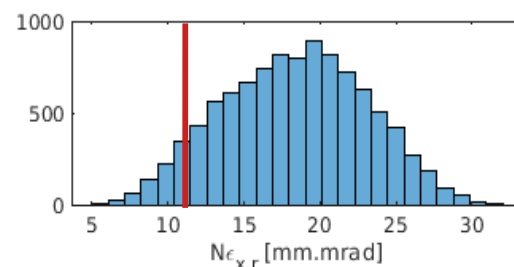
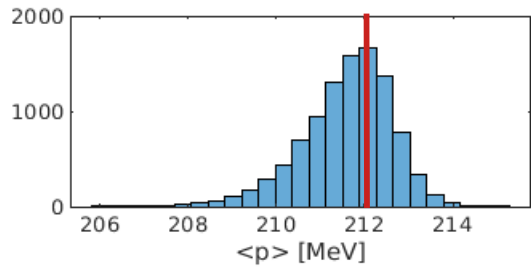
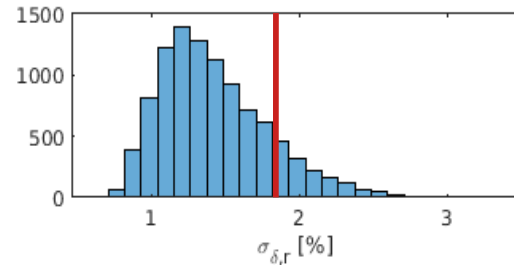
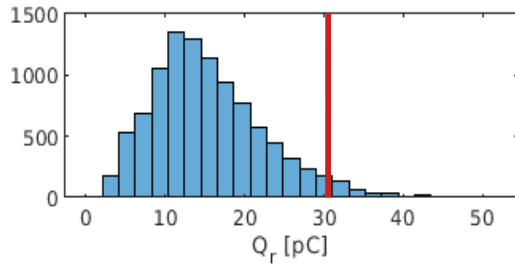


→ Quelques exceptions:

- [divergence horizontale]: corrélation  $\sigma_{y',i} / \sigma_{x',i} = \text{constante}$
- [tailles]:  $\sigma_y, \sigma_x$  et  $\sigma_s$  constants
- [charge]:  $Q_i$ , constant

## Après Sélection

Propriétés du faisceau sélectionné passant dans un diaphragme de 400  $\mu\text{m}$  de diamètre pour 10 000 tirs suivant des lois de probabilité uniformes

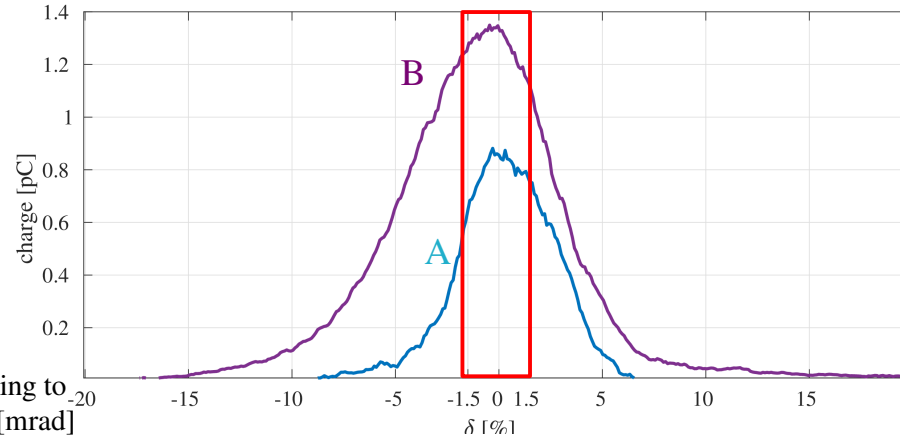
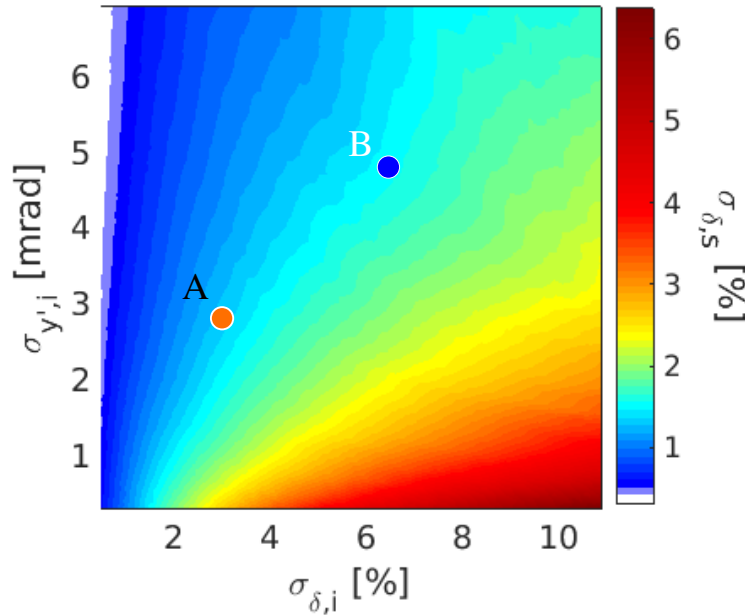


## À la Source

Grandeurs Initiales (Source)	Paramètres nominaux	Gamme des Variations
Charge $Q_i$	125 pC	
Energie $E_0$	212 MeV	$\pm 5 \%$ = [201,4,222,6] MeV
Pointé d'angle $\langle y'_i \rangle$ et $\langle x'_i \rangle$	0 mrad	$\pm 5$ mrad = [-5,5] mrad
Dispersion Energie $\sigma_{\delta,i}$	6 %	$\pm 2 \%$ = [4,8] %
Divergence $\sigma_{y',i}$	5 mrad	$\pm 2$ mrad = [3,7] mrad
Divergence $\sigma_{x',i}$	3.4 mrad	$\sigma_{y',i} / \sigma_{x',i} = \text{cst}$
Offset de position $\langle y_i \rangle$ et $\langle x_i \rangle$	0 $\mu\text{m}$	$\pm 20 \mu\text{m}$ = [-20,20] $\mu\text{m}$

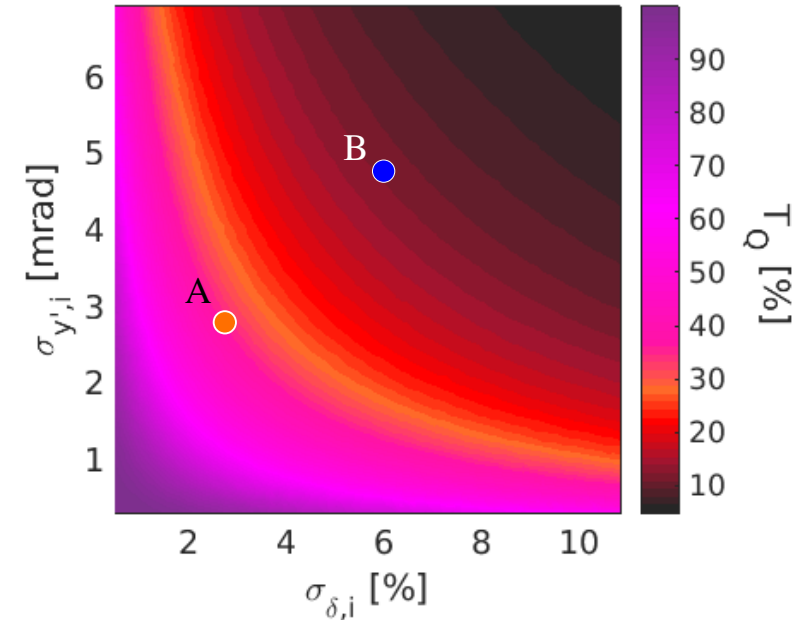
→ Objectif :  
 1-2 % dispersion en énergie

Simulated selected energy spread [%] according to the initial energy spread [%] and divergence [mrad]



→ Objectif :  
 > dizaine(s) pC

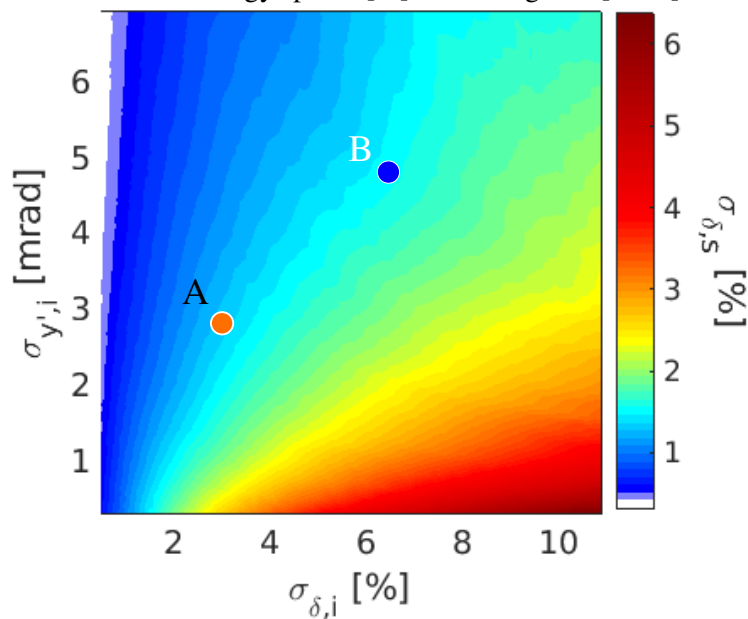
Simulated charge transmission [%] according to the initial energy spread [%] and divergence [mrad]



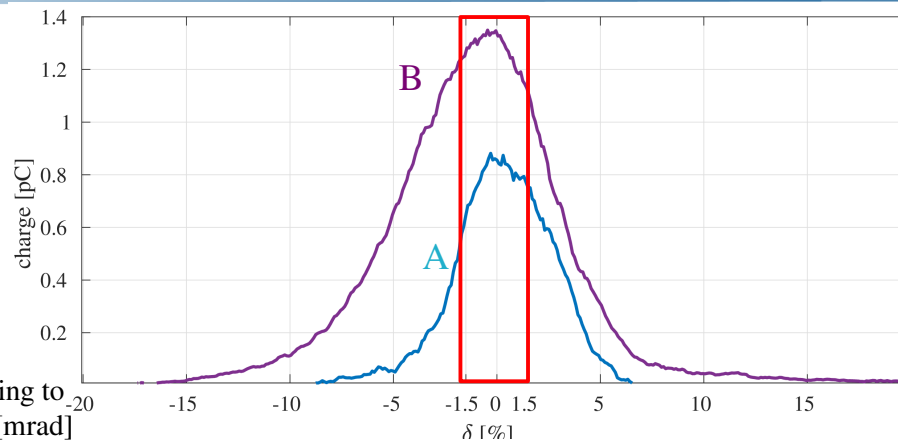
Corrélations importantes  
 entre la charge initiale  
 et les autres paramètres  
 du faisceau à la source

→ Objectif :  
 1-2 % dispersion en énergie

Simulated selected energy spread [%] according to the initial energy spread [%] and divergence [mrad]

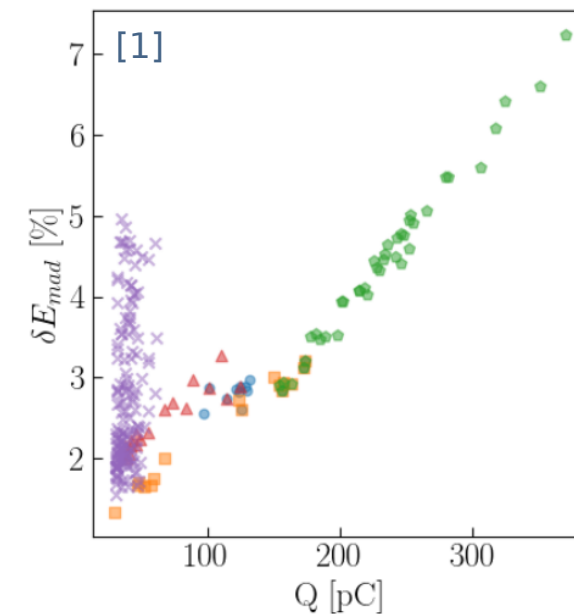


Corrélations importantes  
 entre la charge initiale  
 et les autres paramètres  
 du faisceau à la source

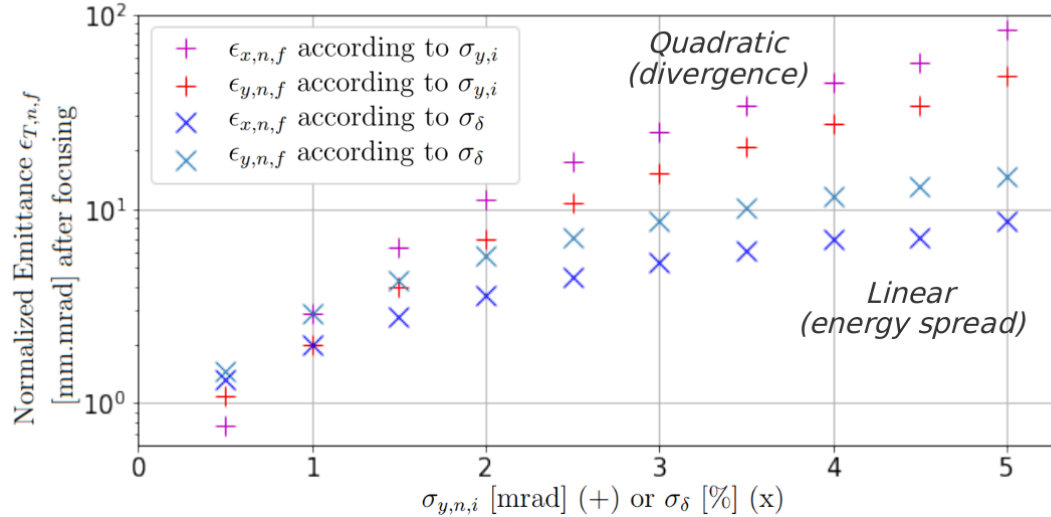


→ Objectif :  
 > dizaine(s) pC

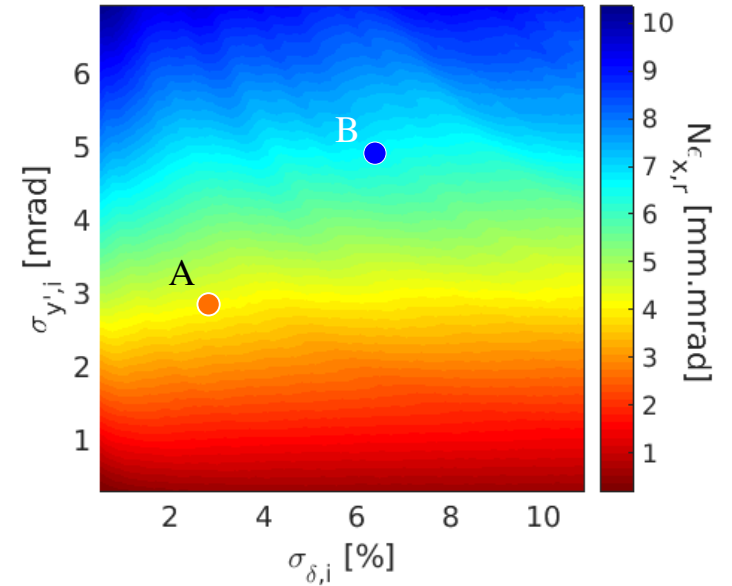
Energy spread [%] as function of the injected charge Q [pC] at the source. Selected simulation results obtained from several massive random scans.



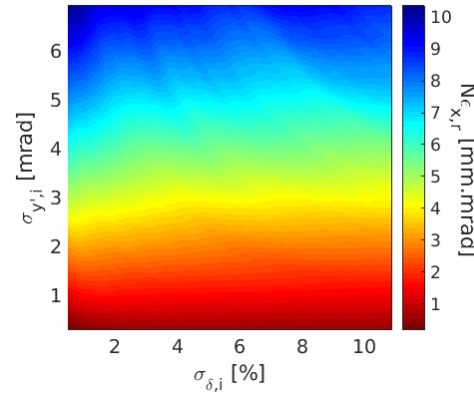
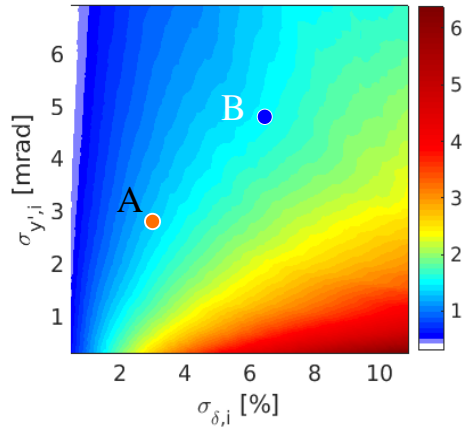
Evolution of the Normalized Emittance [mm.mrad] after the focusing as a function of either the y Initial Divergence [mrad] (+) or the Normalized Energy Spread [%] (x)



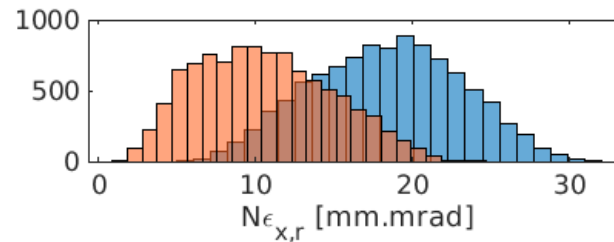
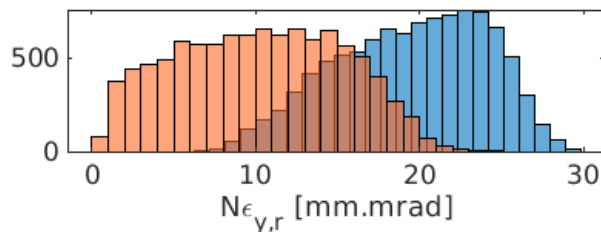
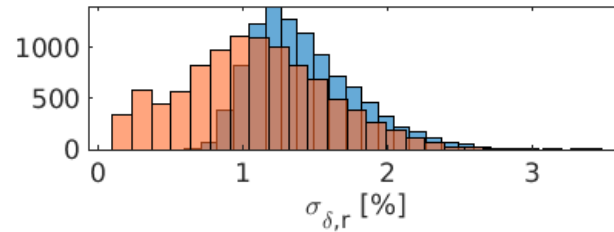
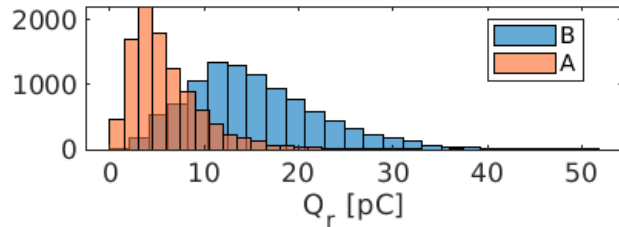
Simulated resulting normalized emittance [mm.mrad] according to the initial energy spread [%] and divergence [mrad]



→ Après collimateur, l'émittance dominé par les effets hors-axes

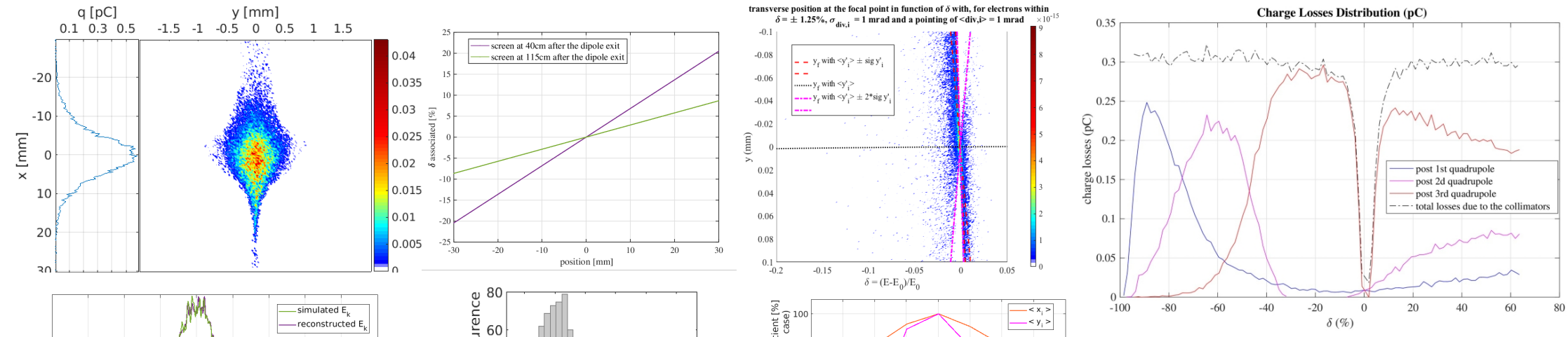


## Après Sélection



## À la Source

Grandeurs Initiales (Source)	Gamme des Variations
Charge $Q_i$	-
Energie $E_0$	$\pm 5 \%$
Pointé d'angle $\langle y'_i \rangle$ et $\langle x'_i \rangle$	$\pm 5$ mrad $= [-5,5]$ mrad
Dispersion Energie $\sigma_{\delta,i}$	$\pm 2 \%$
Divergence $\sigma_{y',i}$	$\pm 2$ mrad
Divergence $\sigma_{x',i}$	$\sigma_{y',i} / \sigma_{x',i} = \text{constante}$
Offset de position $\langle y_i \rangle$ et $\langle x_i \rangle$	$\pm 20 \mu\text{m}$ $= [-20,20] \mu\text{m}$



# Merci de votre attention

