

Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB

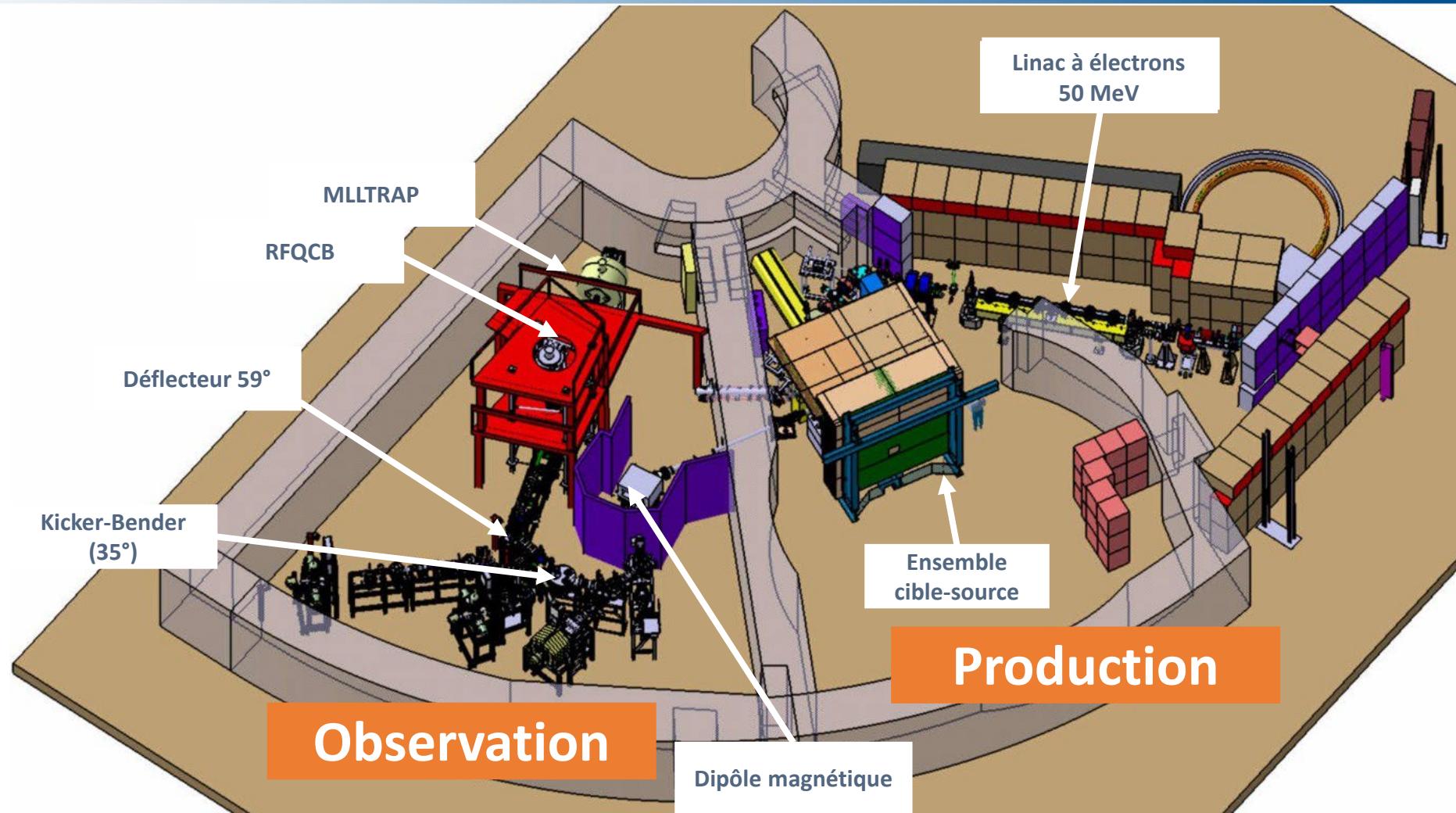
Sophie Morard
Laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot Curie

Encadrants :
Luc Perrot & Enrique Minaya Ramirez



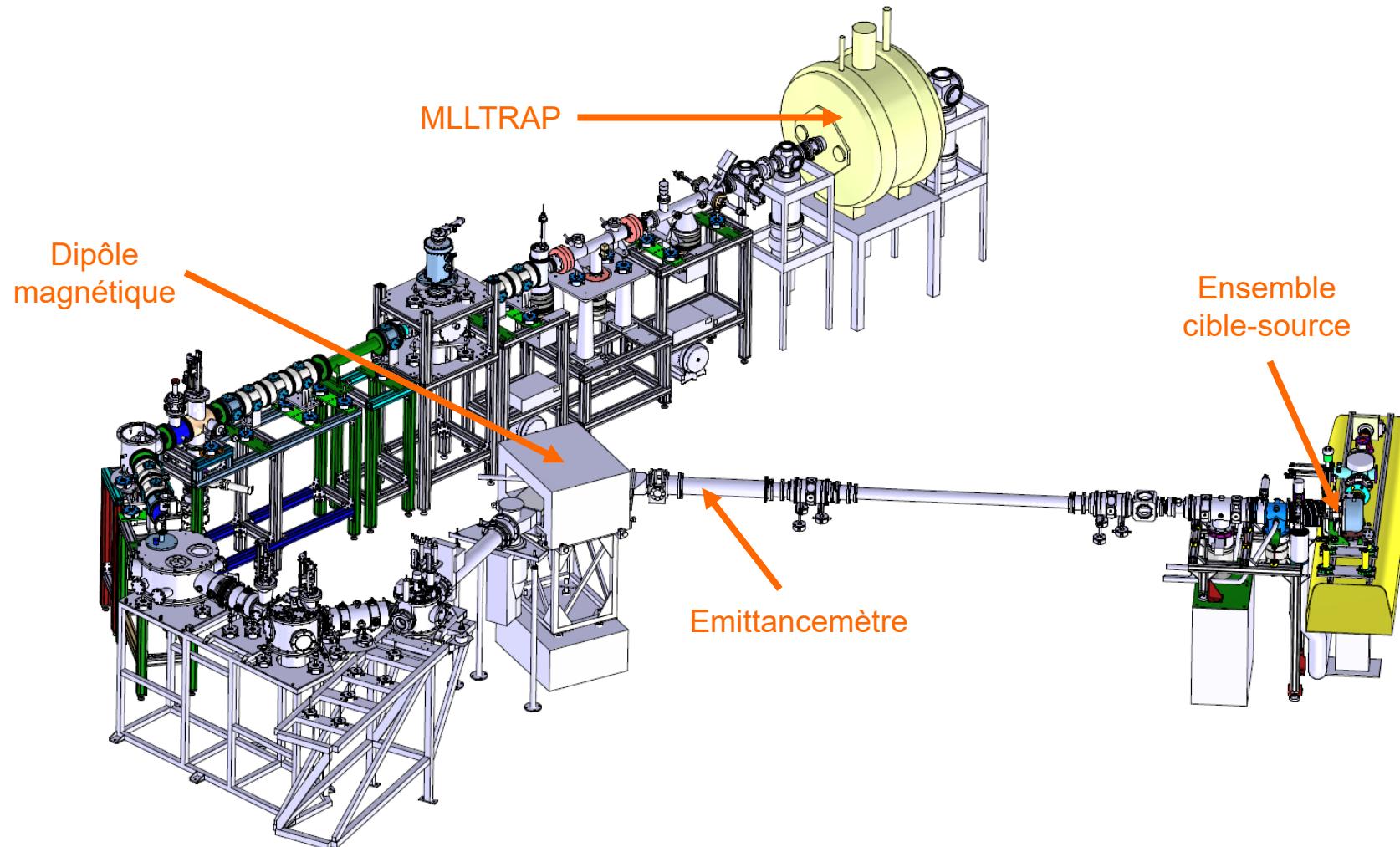


ALTO-LEB : Accélérateur Linéaire & Tandem d'Orsay – Low Energy Beam





ALTO-LEB : Accélérateur Linéaire & Tandem d'Orsay – Low Energy Beam

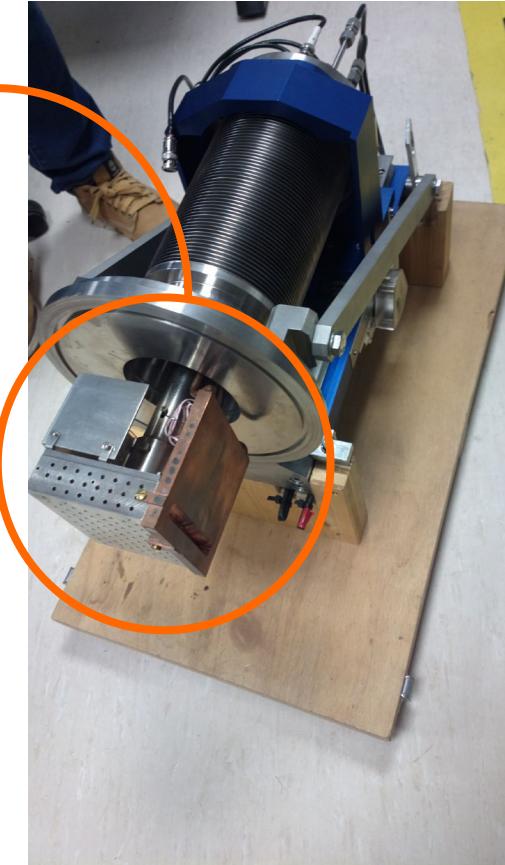
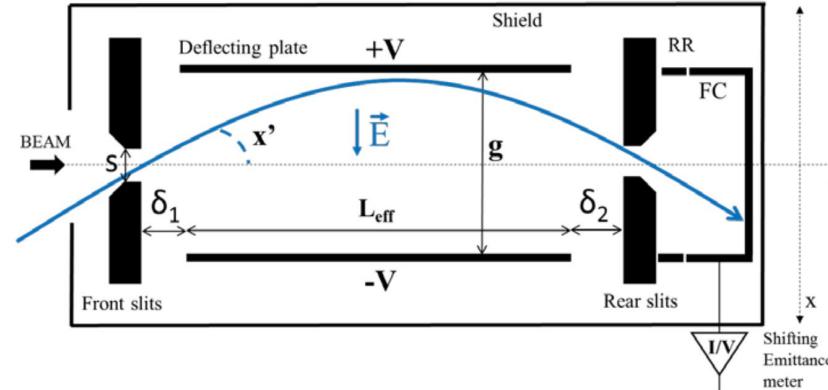




Emittancemètre Allison



$$x' = \frac{\Delta V L_{eff}}{4gU} \times \frac{L_{eff} + 2\delta_2}{L_{eff} + \delta_1 + \delta_2}$$



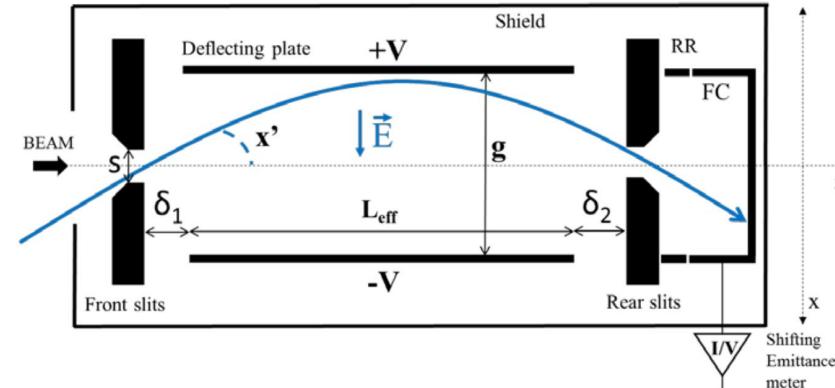
- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position x et angulaire x', et pour chaque couple (x,x') leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électrique



Emittancemètre Allison

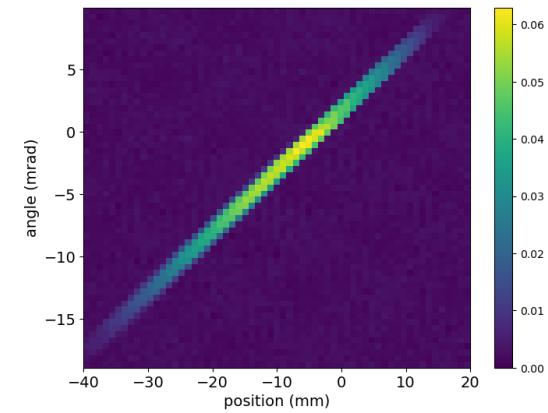


$$x' = \frac{\Delta V L_{eff}}{4gU} \times \frac{L_{eff} + 2\delta_2}{L_{eff} + \delta_1 + \delta_2}$$

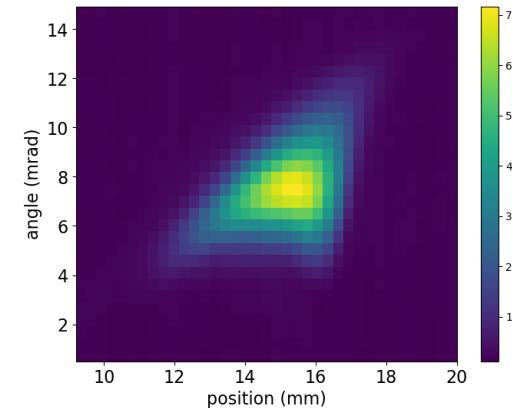


- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position x et angulaire x', et pour chaque couple (x,x') leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électrique

Mesure de l'espace de phase horizontal



Mesure de l'espace de phase vertical

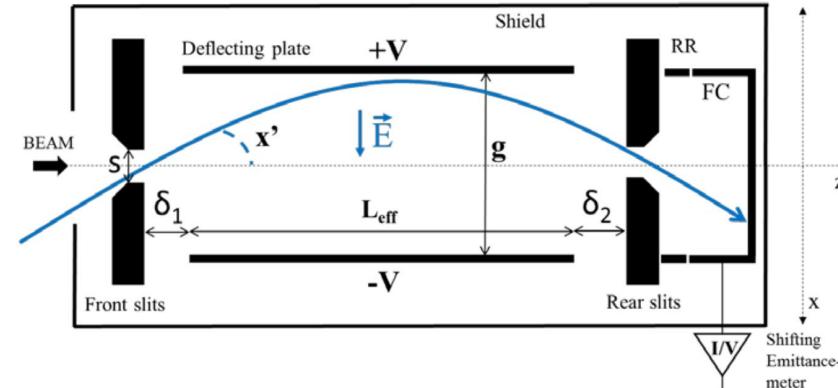




Emittancemètre Allison

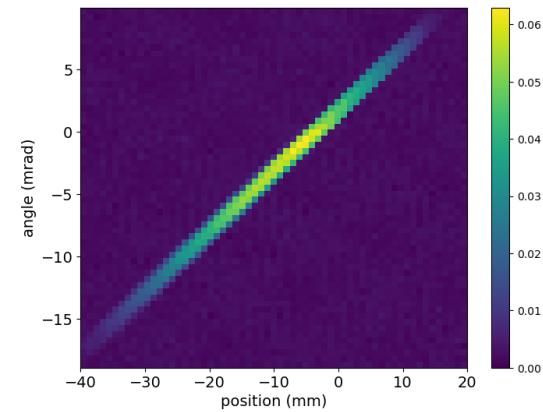


$$x' = \frac{\Delta V L_{eff}}{4gU} \times \frac{L_{eff} + 2\delta_2}{L_{eff} + \delta_1 + \delta_2}$$

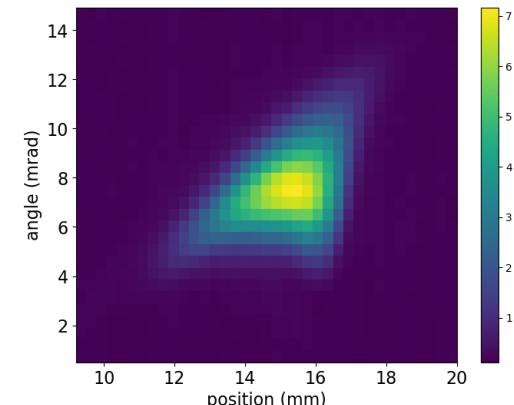


- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position x et angulaire x' , et pour chaque couple (x, x') leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électronique
- Etude paramétrique :
 - Effet de la focalisation : Tensions des quadrupôles
 - Sensibilité de l'ensemble cible-source : Température du tube d'ionisation et position de l'électrode d'extraction

Mesure de l'espace de phase horizontal



Mesure de l'espace de phase vertical





Définitions utilisées :

$$\epsilon_{rms} = \sqrt{\sigma_x^2 \sigma_{x'}^2 - \sigma_{xx'}^2}$$

$$\sigma_x = \sqrt{w(x^2) - w(x)^2}$$

$$\sigma_{x'} = \sqrt{w(x'^2) - w(x')^2}$$

$$\sigma_{xx'} = w([x - w(x)][x' - w(x')])$$

$$w(x) = \frac{\sum_i x_i I_i}{\sum_i I_i}$$

Calculs d'erreurs associés:

$$\delta\epsilon = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x \sigma_{x'}^2}{\epsilon}\right)^2 \delta\sigma_x^2 + \left(\frac{\sigma_{x'} \sigma_x^2}{\epsilon}\right)^2 \delta\sigma_{x'}^2 + \left(\frac{\sigma_{xx'}}{\epsilon}\right)^2 \delta\sigma_{xx'}^2}$$

$$\delta\sigma_{xx'} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial\sigma_{xx'}}{\partial x_i}\right)^2 \delta x_i^2 + \sum_i \left(\frac{\partial\sigma_{xx'}}{\partial x'_i}\right)^2 \delta x'_i^2 + \sum_i \left(\frac{\partial\sigma_{xx'}}{\partial I_i}\right)^2 \delta I_i^2}$$

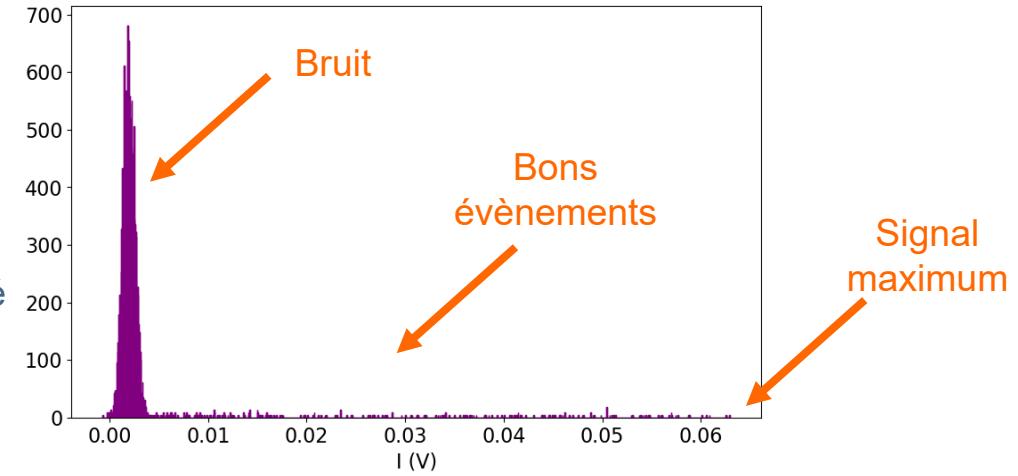
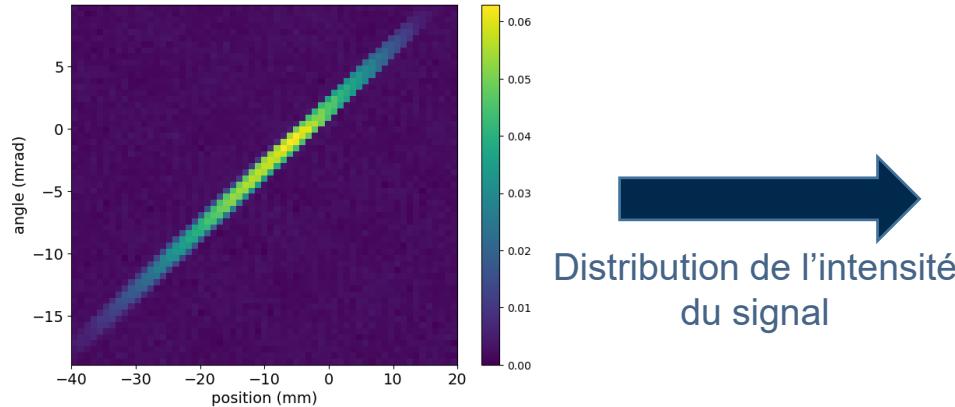
$$\delta\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{1}{2\sigma_x}\right)^2 \delta w^2(x^2) + \left(\frac{w(x)}{\sigma_x}\right)^2 \delta w^2(x)}$$

$$\delta w = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial x_i}\right)^2 \delta x_i^2 + \sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial I_i}\right)^2 \delta I_i^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} \delta x = 10 \text{ } \mu\text{m} \\ \delta x' = 0,025 \text{ mrad} \\ \delta I = 9 \cdot 10^{-6} \text{ V} \end{array} \right\}$$

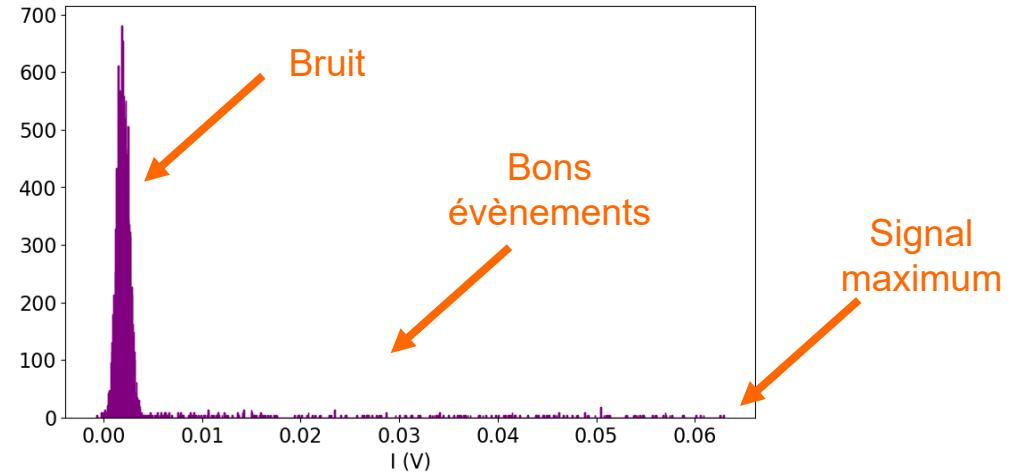
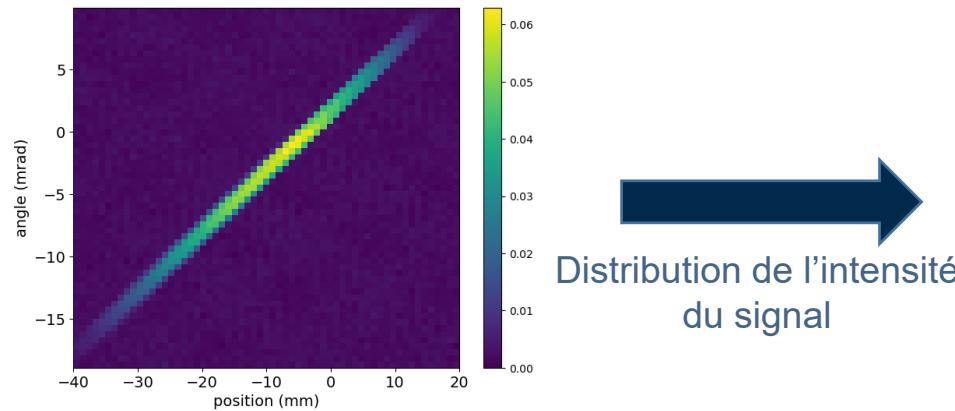


Analyse des mesures d'émittance





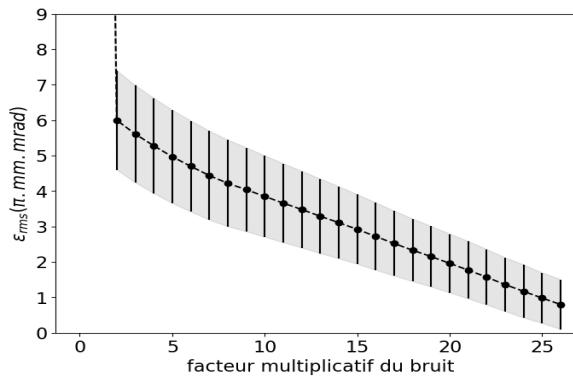
Analyse des mesures d'émittance



Soustraction du bruit de fond :

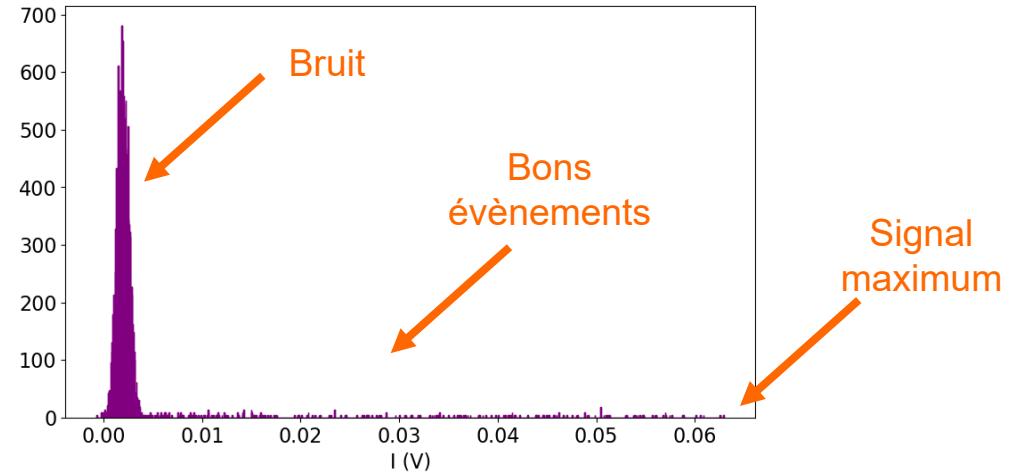
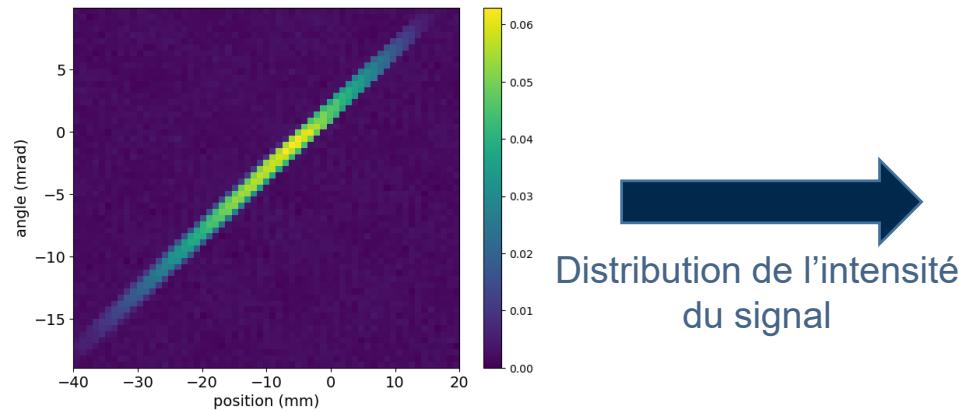
Soustraction du bruit moyen :

$$I = I_{mes} - nI_{moy}$$





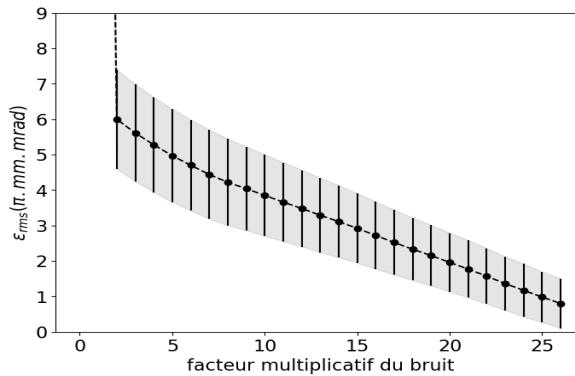
Analyse des mesures d'émittance



Soustraction du bruit de fond :

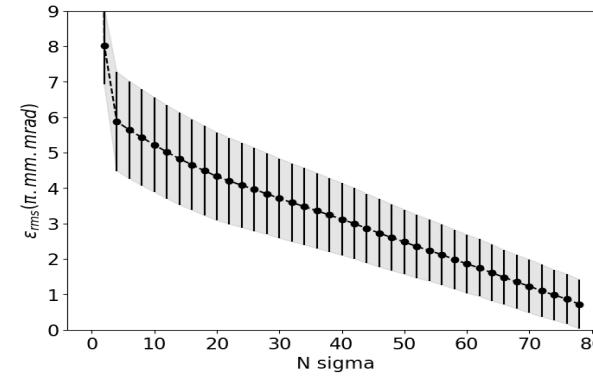
Soustraction du bruit moyen :

$$I = I_{mes} - nI_{moy}$$



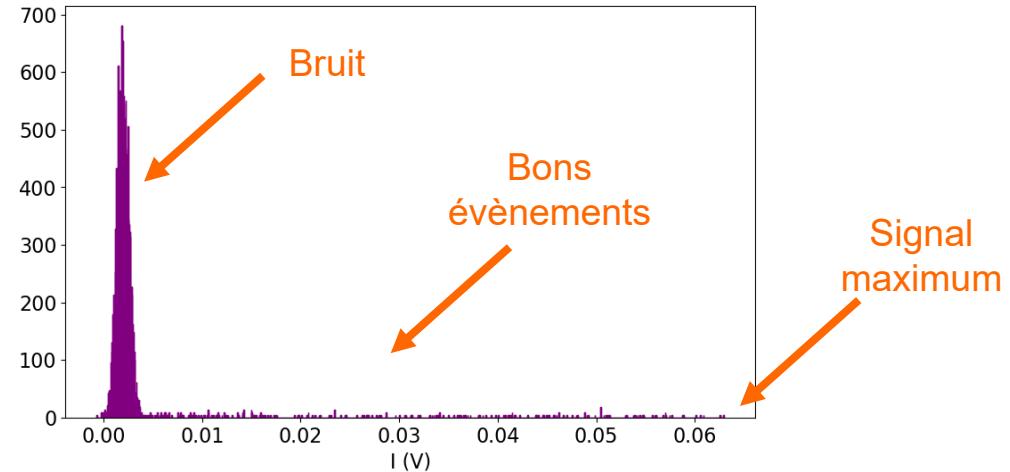
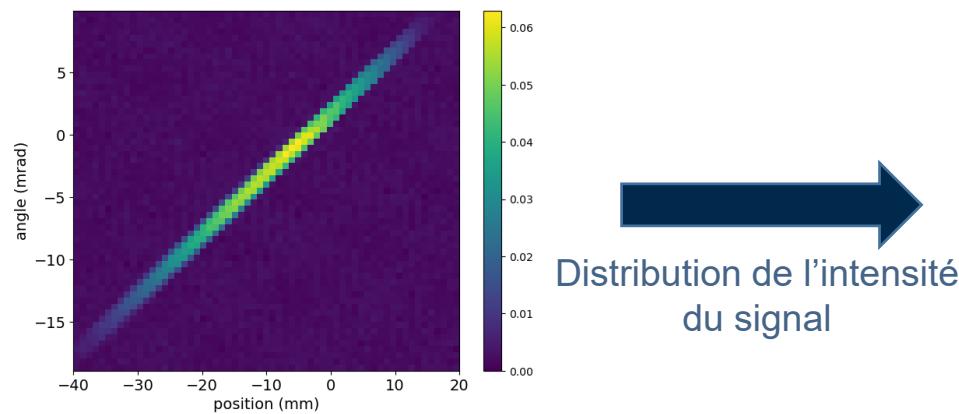
Gaussienne du signal mesuré :

$$I = I_{mes} - (\mu + n\sigma)$$





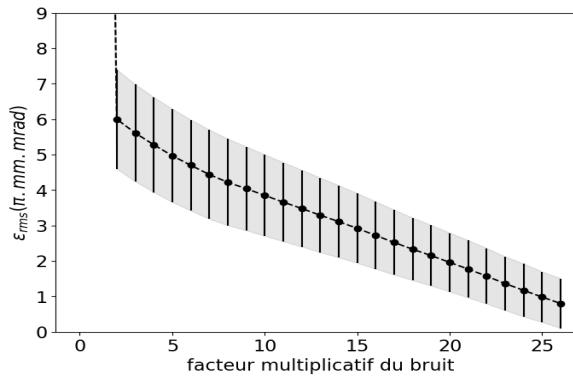
Analyse des mesures d'émittance



Soustraction du bruit de fond :

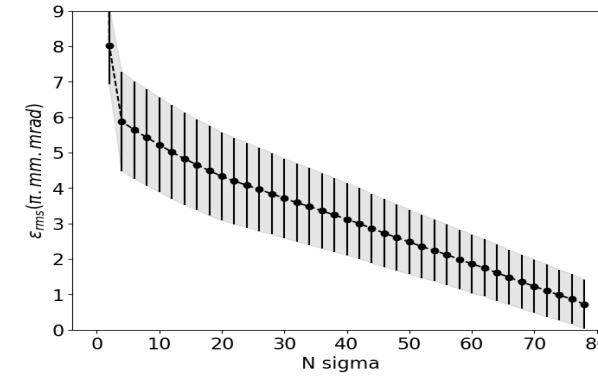
Soustraction du bruit moyen :

$$I = I_{mes} - nI_{moy}$$



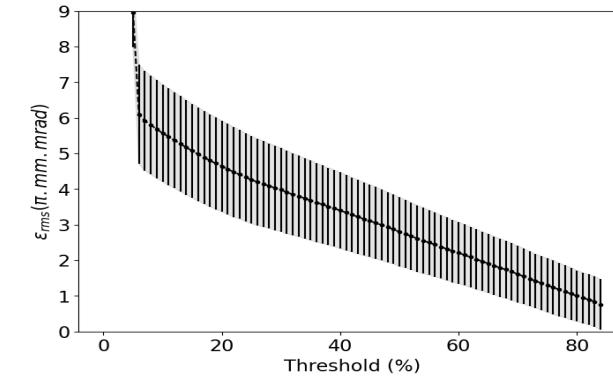
Gaussienne du signal mesuré :

$$I = I_{mes} - (\mu + n\sigma)$$



Seuil sur signal maximum:

$$I = I_{mes} - nI_{max}/100$$



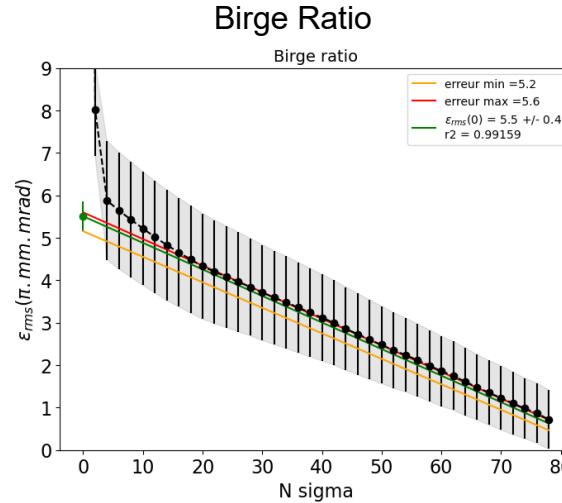


Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



Analyse des mesures d'émittance

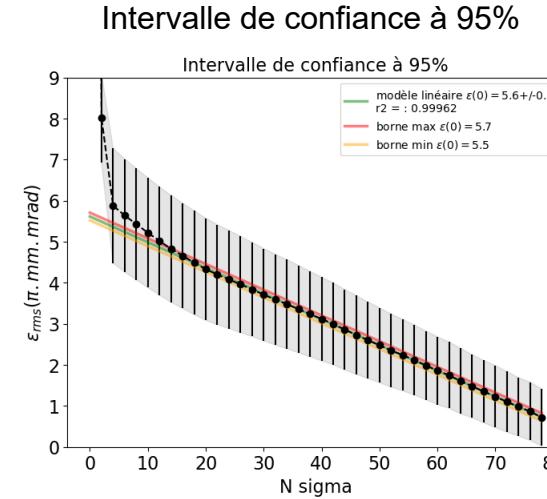
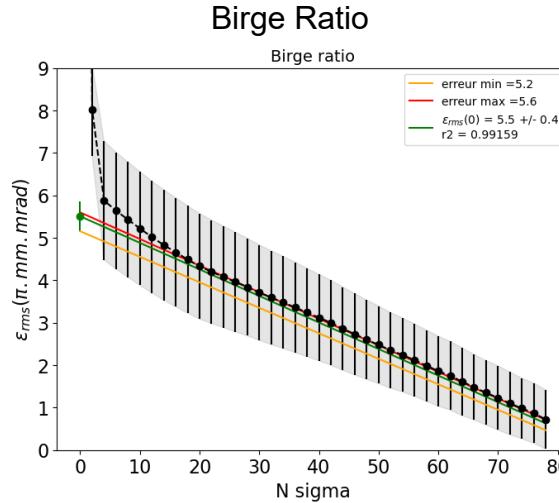
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:





Analyse des mesures d'émittance

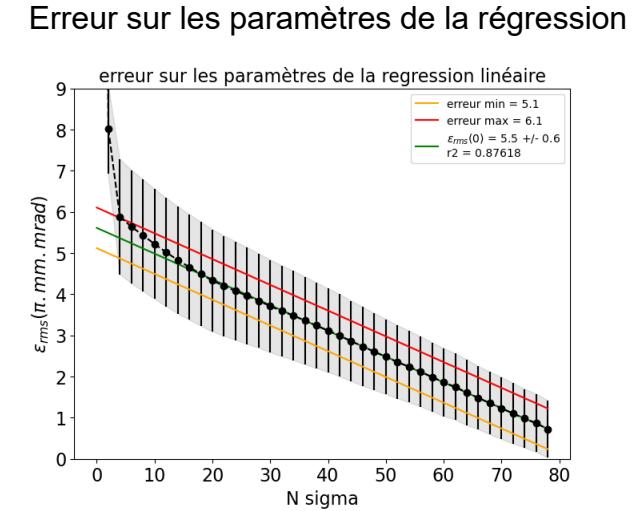
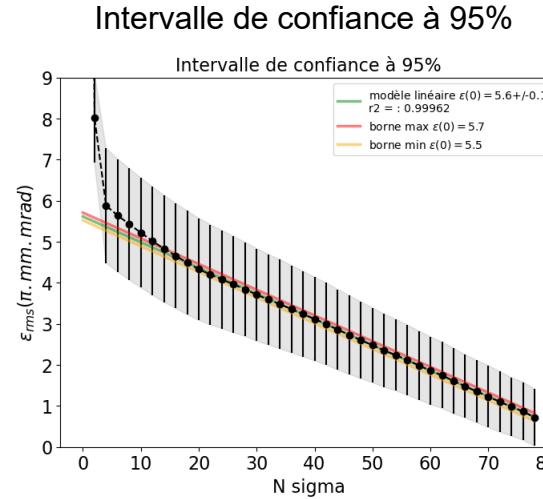
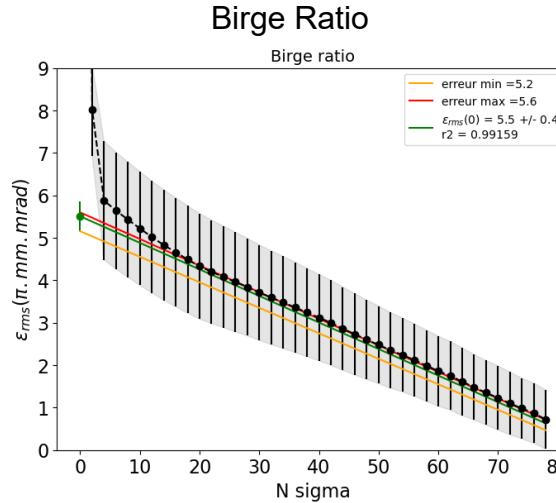
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:





Analyse des mesures d'émittance

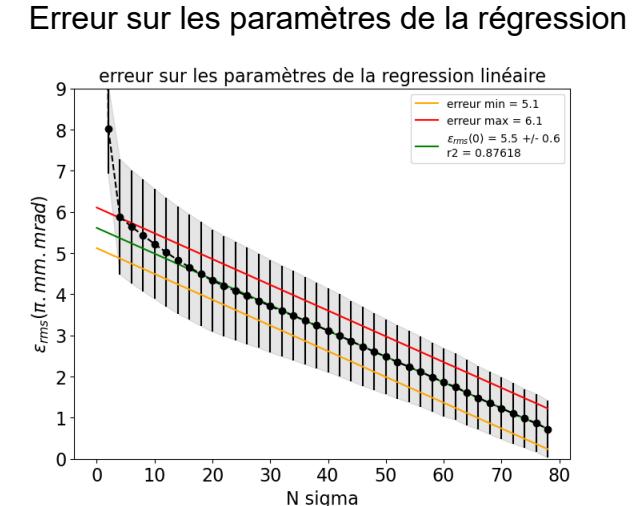
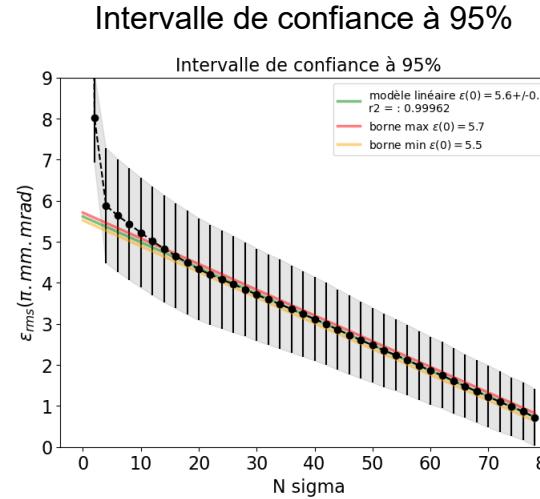
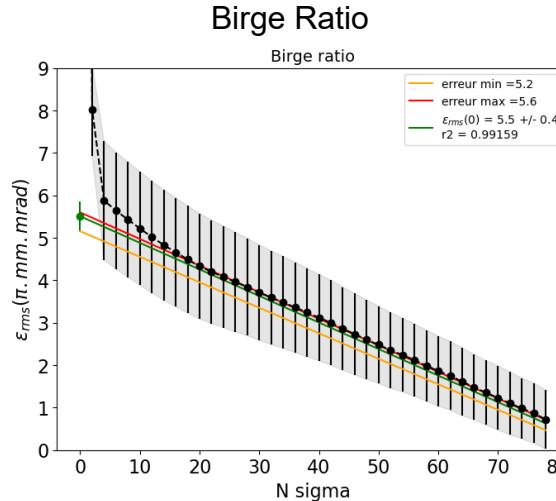
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:





Analyse des mesures d'émittance

Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:

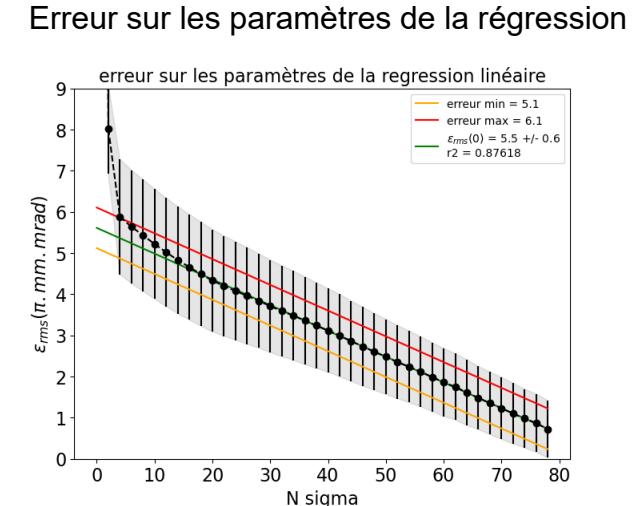
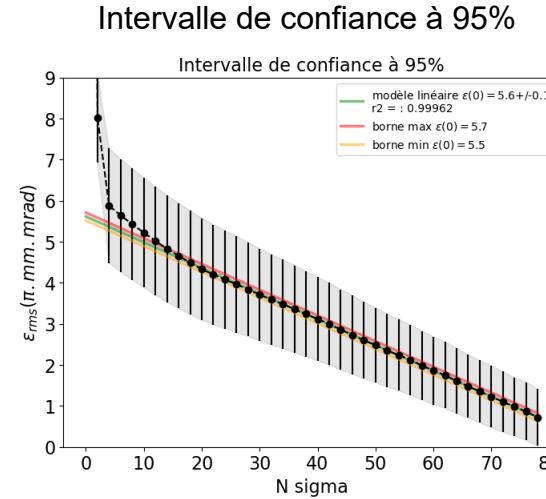
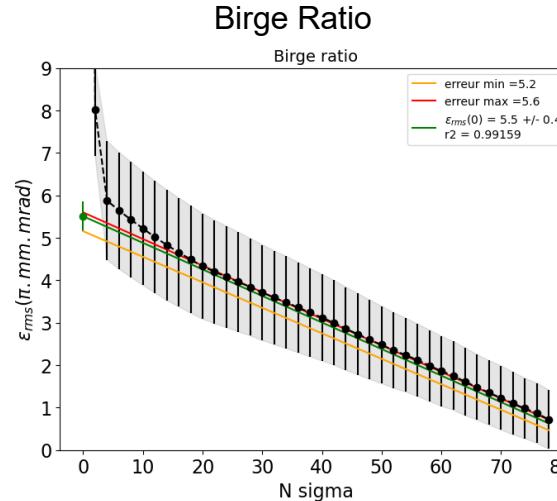


Reconstitution de l'ellipse de phase (6 ε_{rms}):

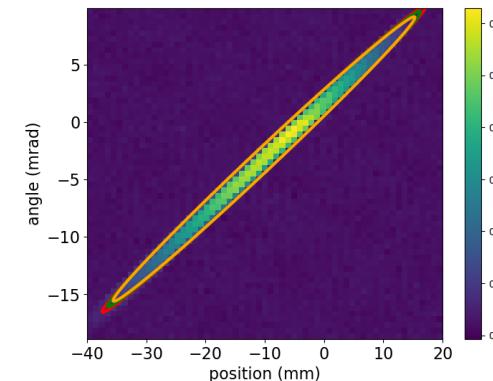
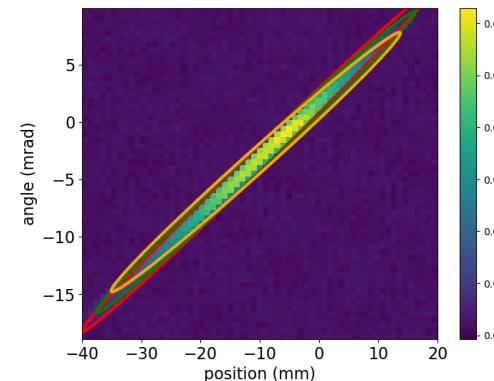
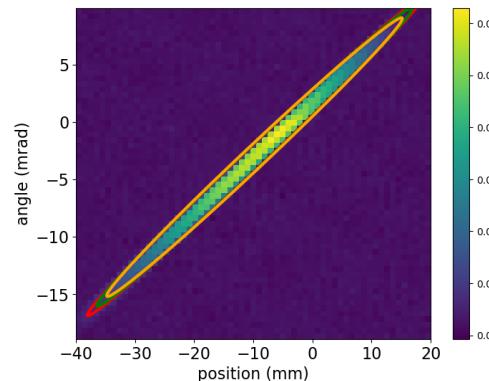


Analyse des mesures d'émittance

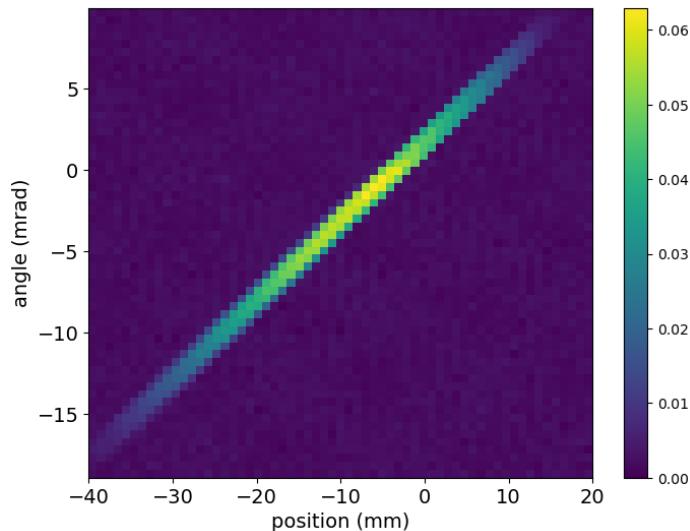
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



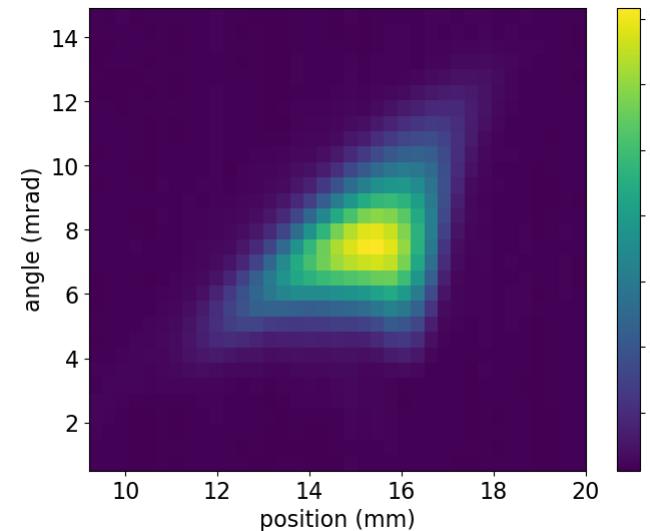
Reconstitution de l'ellipse de phase (6 ε_{rms}):



Mesure de l'espace de phase horizontal



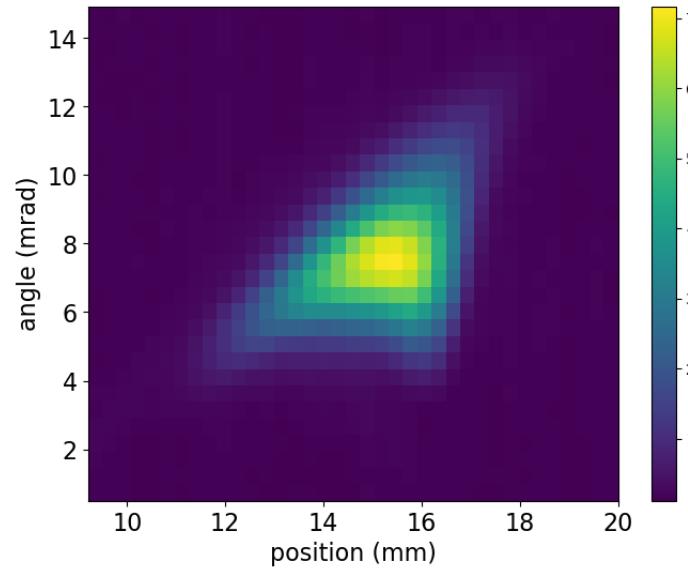
Mesure de l'espace de phase vertical



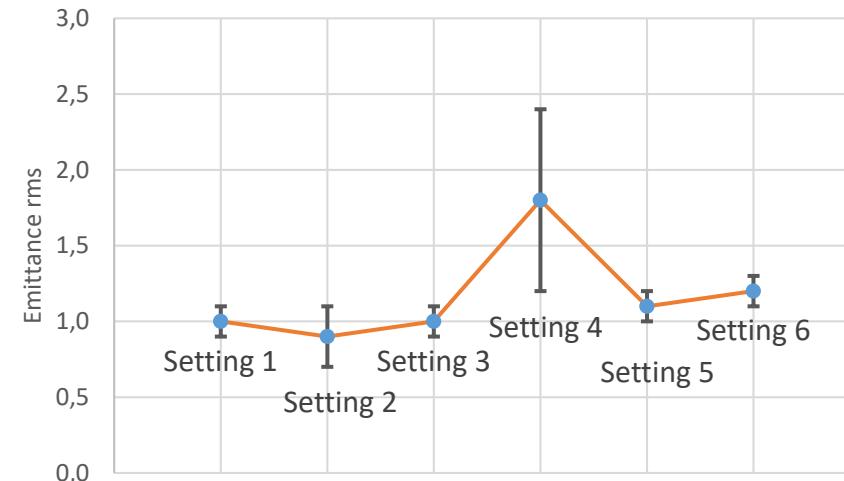
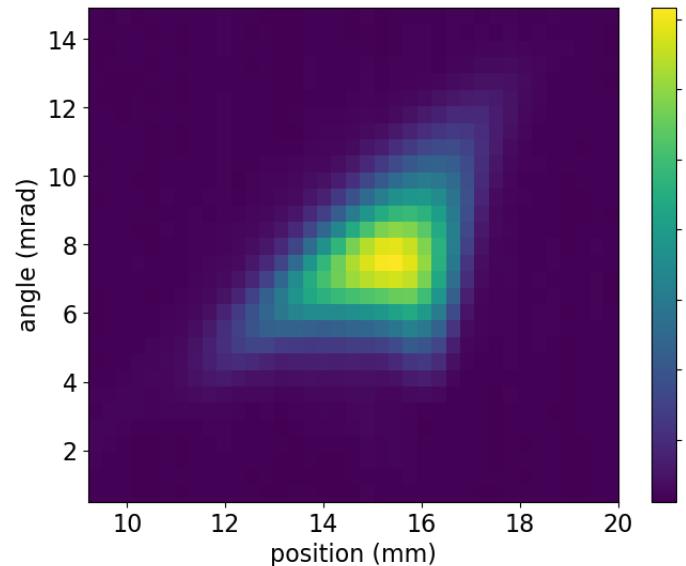
Emittance = $5,7 \pm 0,7 \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$ (géométrique rms)

Emittance = $1,1 \pm 0,1 \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$ (géométrique rms)

Hypothèse : conservation de l'émittance dans le plan vertical



Hypothèse : conservation de l'émittance dans le plan vertical

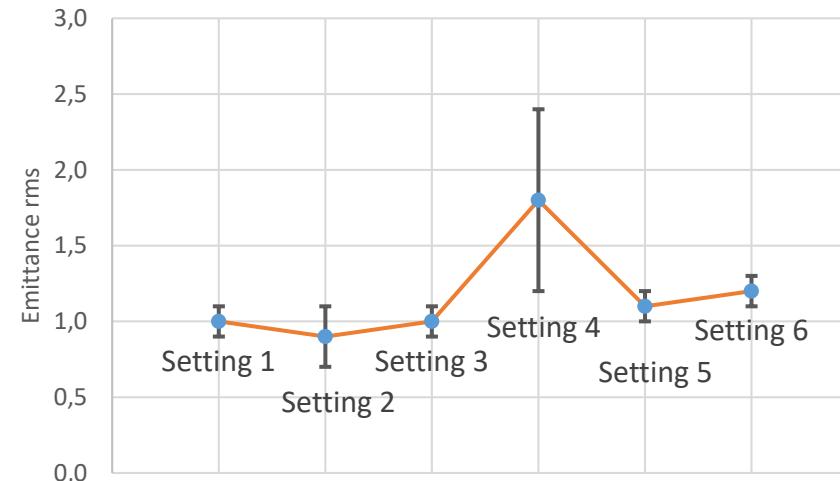
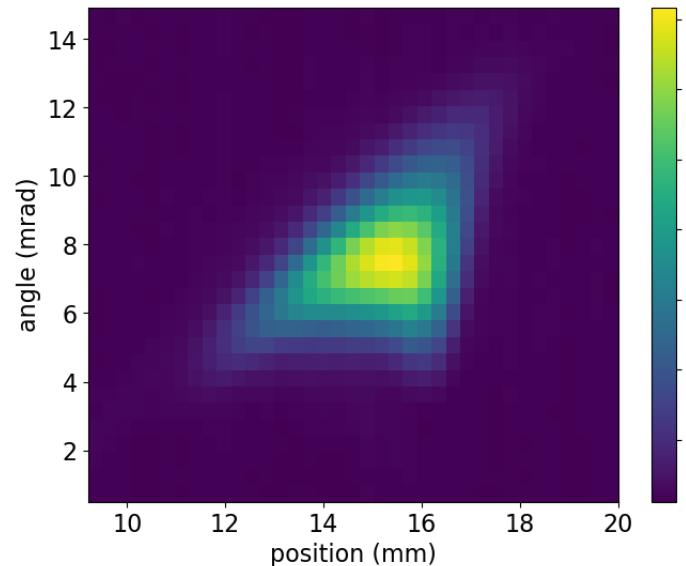


	Methode 1 BR	Methode 1 IC	Methode 1 PR	Methode 2 BR	Methode 2 IC	Methode PR	Methode 3 BR	Methode 3 IC	Methode 3 PR
BR	1,84	1,98	1,06	1,81	1,81	1,43	1,80	1,80	1,37

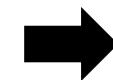


Analyse des mesures d'émittance

Hypothèse : conservation de l'émittance dans le plan vertical



	Methode 1 BR	Methode 1 IC	Methode 1 PR	Methode 2 BR	Methode 2 IC	Methode PR	Methode 3 BR	Methode 3 IC	Methode 3 PR
BR	1,84	1,98	1,06	1,81	1,81	1,43	1,80	1,80	1,37



Possible sous-estimation des erreurs



Deuxième vérification avec le plan horizontal :

- Mesure dans conditions identiques faite à 1 mois d'intervalle et avec un binning différent



Deuxième vérification avec le plan horizontal :

- Mesure dans conditions identiques faite à 1 mois d'intervalle et avec un binning différent

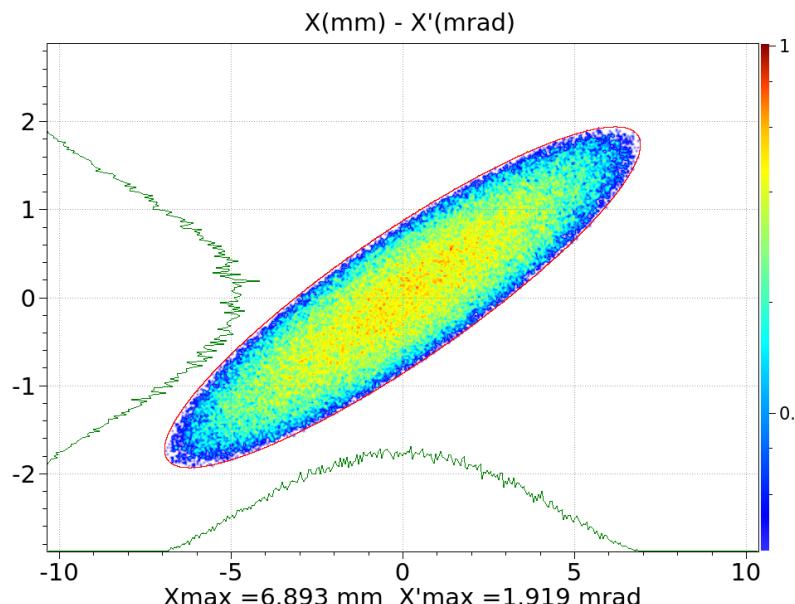


Différence notable sur la valeur d'émittance

Deuxième vérification avec le plan horizontal :

- Mesure dans conditions identiques faite à 1 mois d'intervalle et avec un binning différent
- Différence notable sur la valeur d'émittance

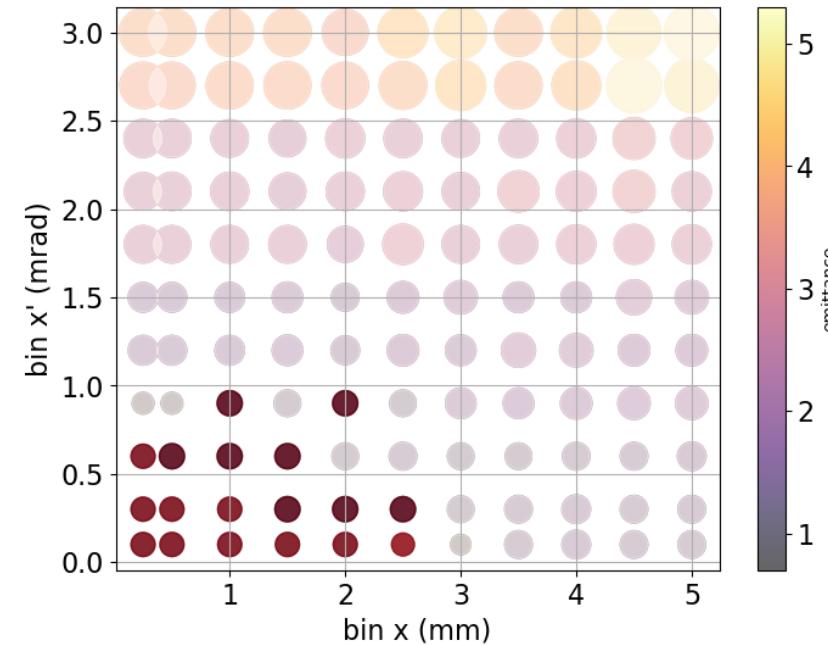
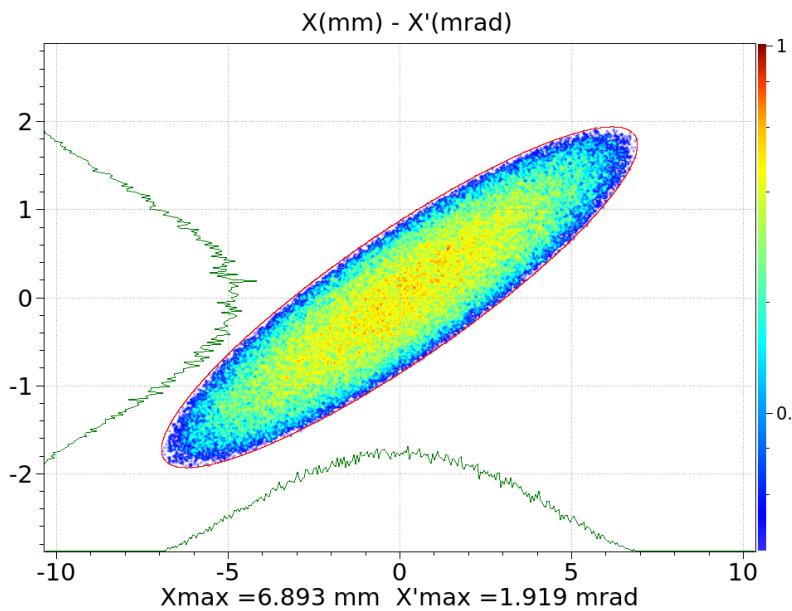
Influence du binning sur la reconstruction d'émittance :



Deuxième vérification avec le plan horizontal :

- Mesure dans conditions identiques faite à 1 mois d'intervalle et avec un binning différent
- Différence notable sur la valeur d'émittance

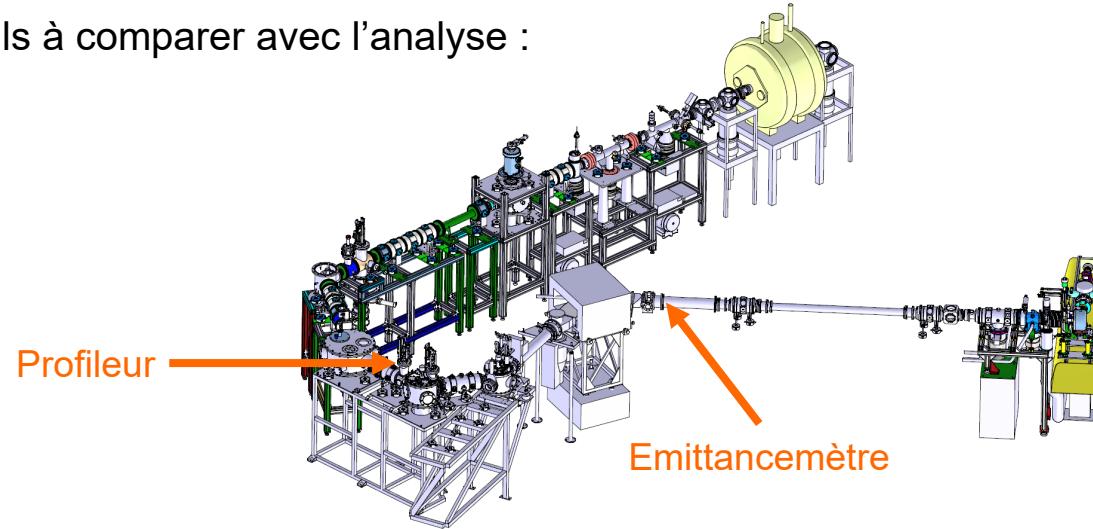
Influence du binning sur la reconstruction d'émittance :





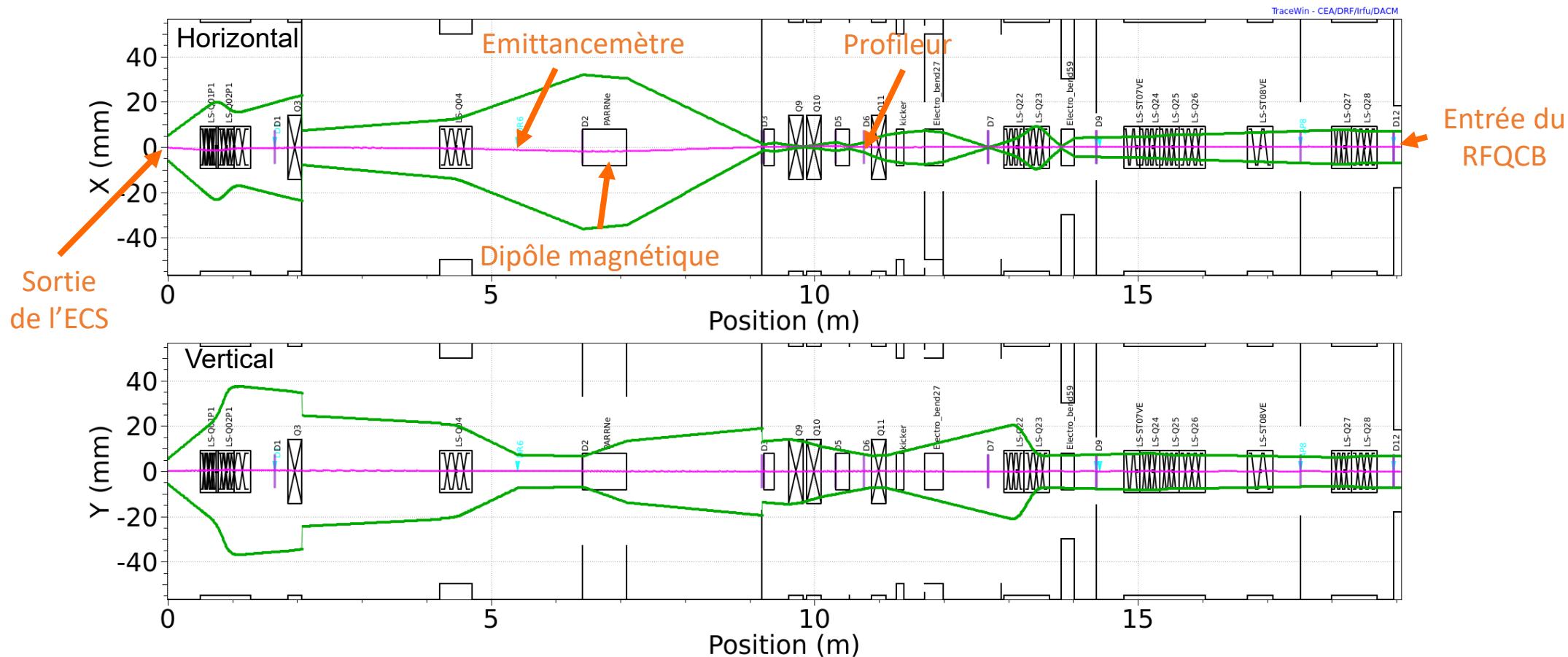
Crosscheck analyse d'émittance avec l'expérience

- Mesures de profils à comparer avec l'analyse :

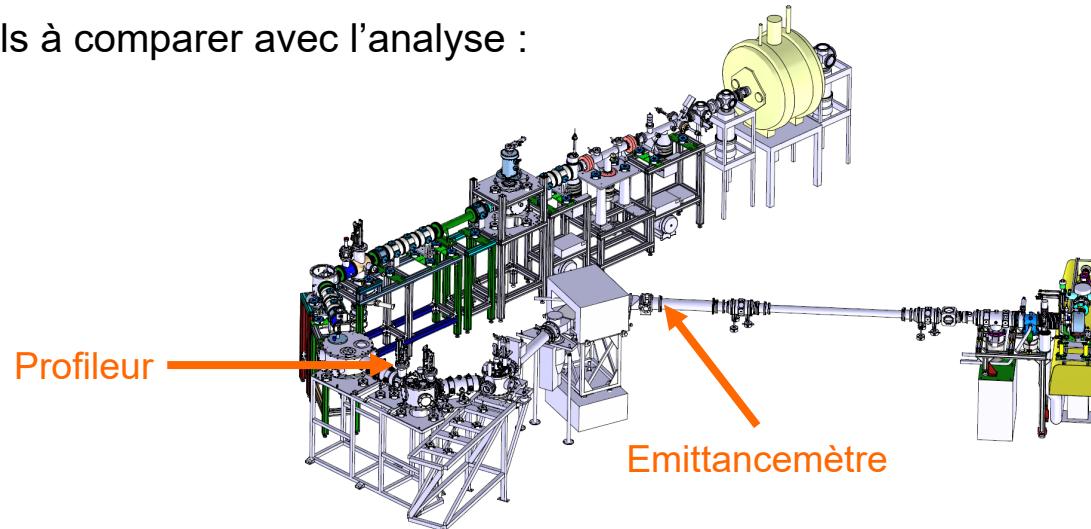


Crosscheck analyse d'émittance avec l'expérience

Etude du transport avec TraceWin :

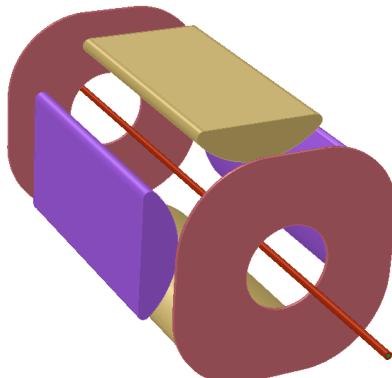


- Mesures de profils à comparer avec l'analyse :

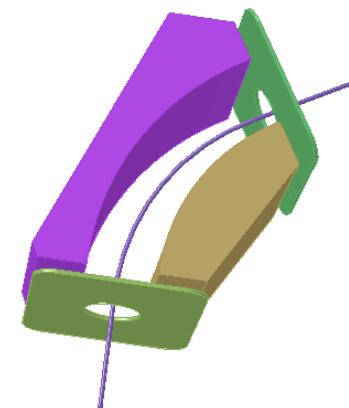


- Etude cartes de champs avec OPERA 3D pour l'étude du transport avec Tracewin :

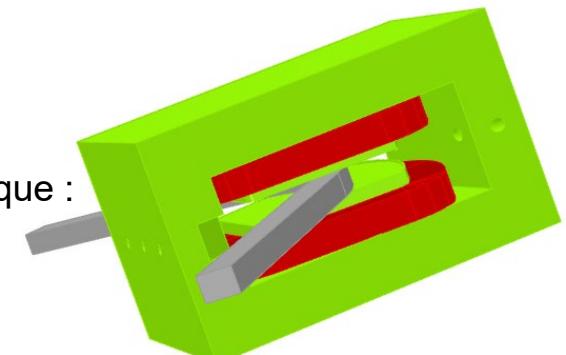
Quadrupôles électrostatiques :



Déflecteurs 60° & 45° :



Dipôle magnétique :





Conclusion

- Analyse de données toujours en cours
- Très bon accord entre les différentes méthodes d'analyse
- Différence notable d'émittance à 30 keV entre les plans
 - Plan horizontal : $5,7 \pm 0,7 \pi.\text{mm.mrad}$ (géométrique rms)
 - Plan vertical : $1,0 \pm 0,1 \pi.\text{mm.mrad}$ (géométrique rms)
- Erreur du binning à quantifier
- **Perspectives :**
 - Etude du binning à poursuivre
 - Retour de l'émittancemètre début 2024
 - Comparaison entre simulation de transport et mesures expérimentales de profils
 - Remonter par transport inverse à l'émittance en sortie de source



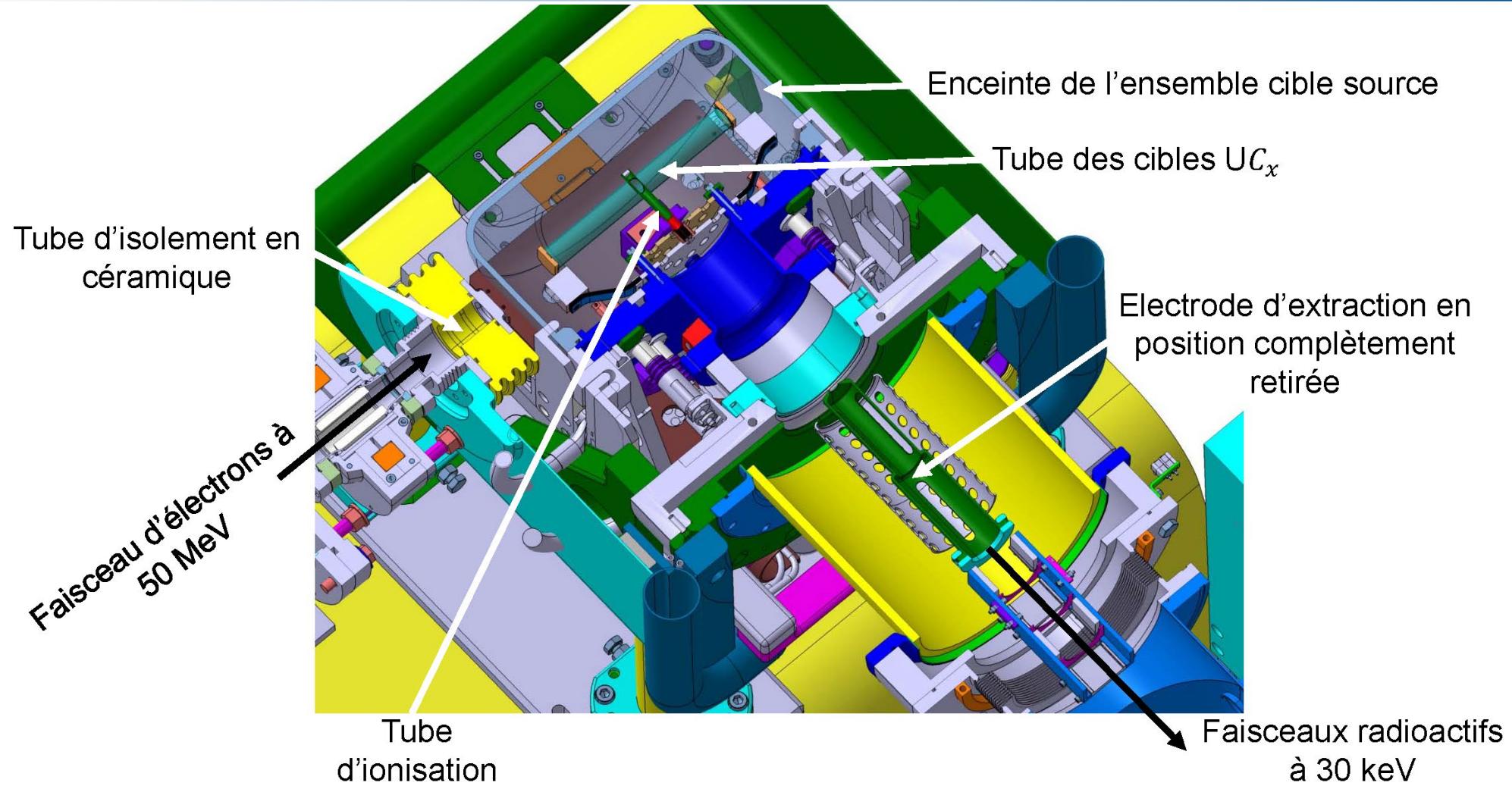
Conclusion

- Analyse de données toujours en cours
- Très bon accord entre les différentes méthodes d'analyse
- Différence notable d'émittance à 30 keV entre les plans
 - Plan horizontal : $5,7 \pm 0,7 \pi.\text{mm.mrad}$ (géométrique rms)
 - Plan vertical : $1,0 \pm 0,1 \pi.\text{mm.mrad}$ (géométrique rms)
- Erreur du binning à quantifier
- **Perspectives :**
 - Etude du binning à poursuivre
 - Retour de l'émittancemètre début 2024
 - Comparaison entre simulation de transport et mesures expérimentales de profils
 - Remonter par transport inverse à l'émittance en sortie de source

Merci pour votre attention

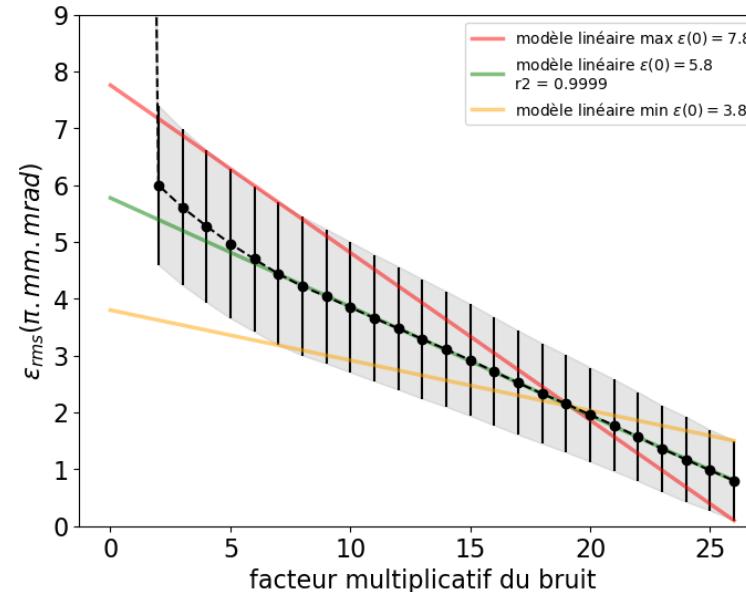


Ensemble cible-source d'ALTO-LEB



Régression linéaire :

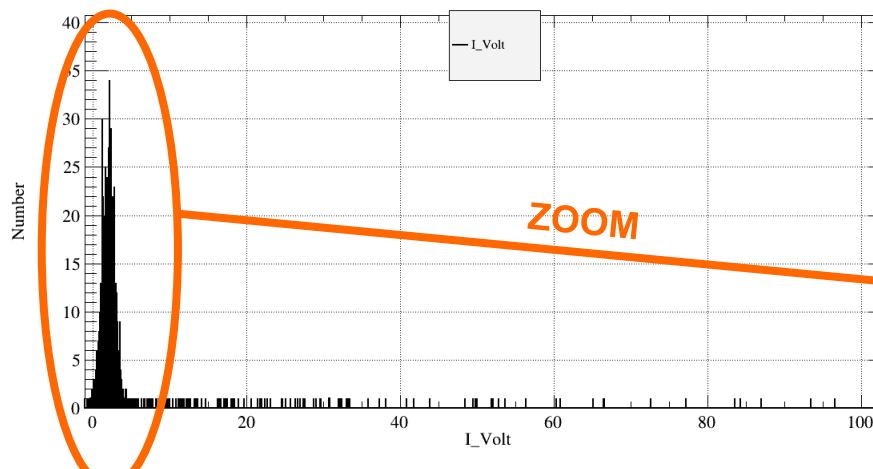
- Maximum : condition d'arrêt $\epsilon \pm \delta\epsilon \leq 0$
- Minimum : recherche des pentes extrémales dans la zone d'erreurs





Erreurs sur les mesures de l'émittancemètre

- Erreur en position : précision du moteur pas à pas
→ $\delta x = 10 \mu\text{m}$
- Erreur sur la divergence : précision des alims de tensions
→ $\delta x' = 0,025 \text{ mrad}$
- Erreur sur l'intensité mesurée : précision chaîne électronique



$$\rightarrow \delta I = 3 \times 3.10^{-6} \text{ V}$$

