

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

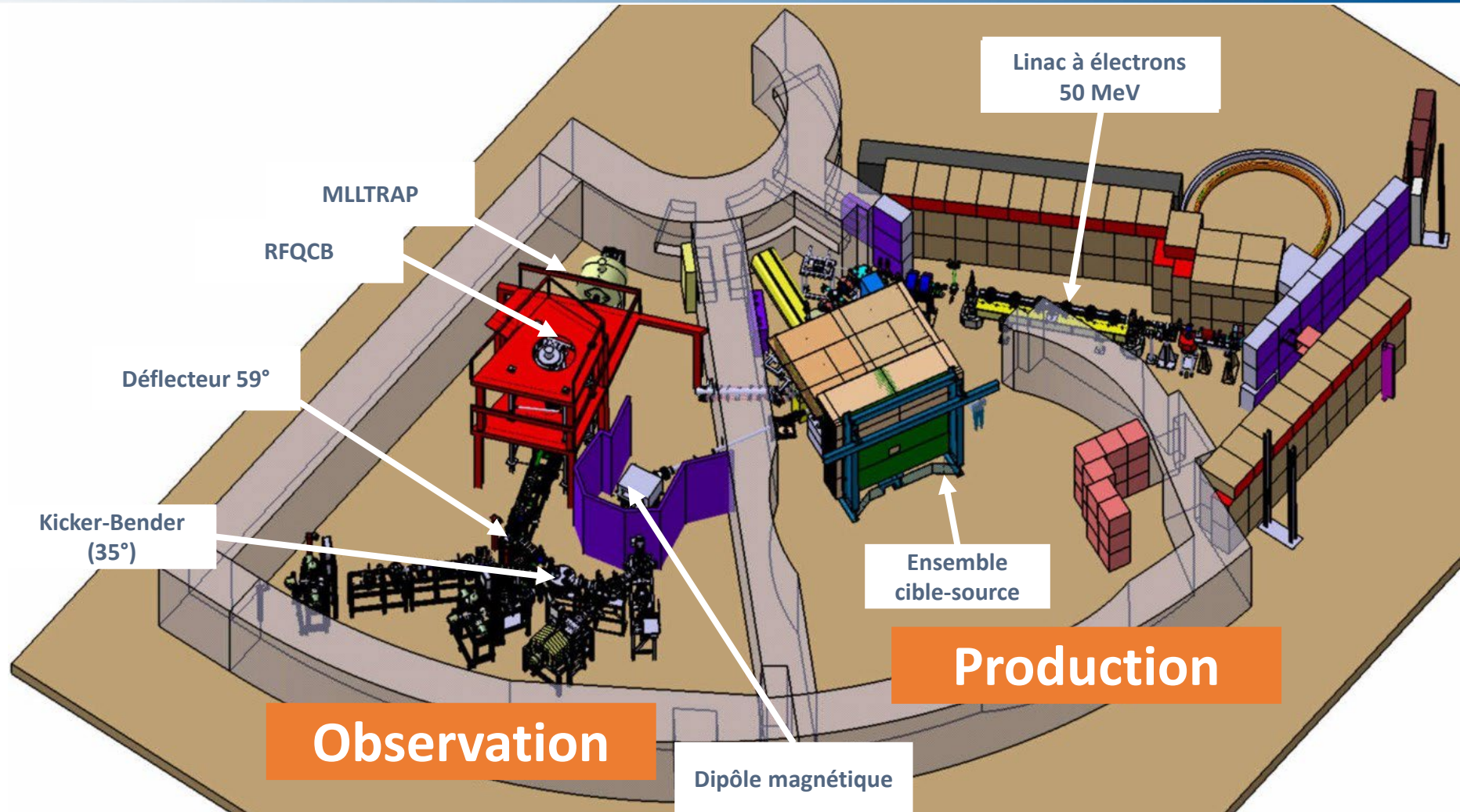
Sophie Morard
Laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot Curie

Encadrants :
Luc Perrot & Enrique Minaya Ramirez

ALTO
Accélérateur Linéaire et Tandem à Orsay

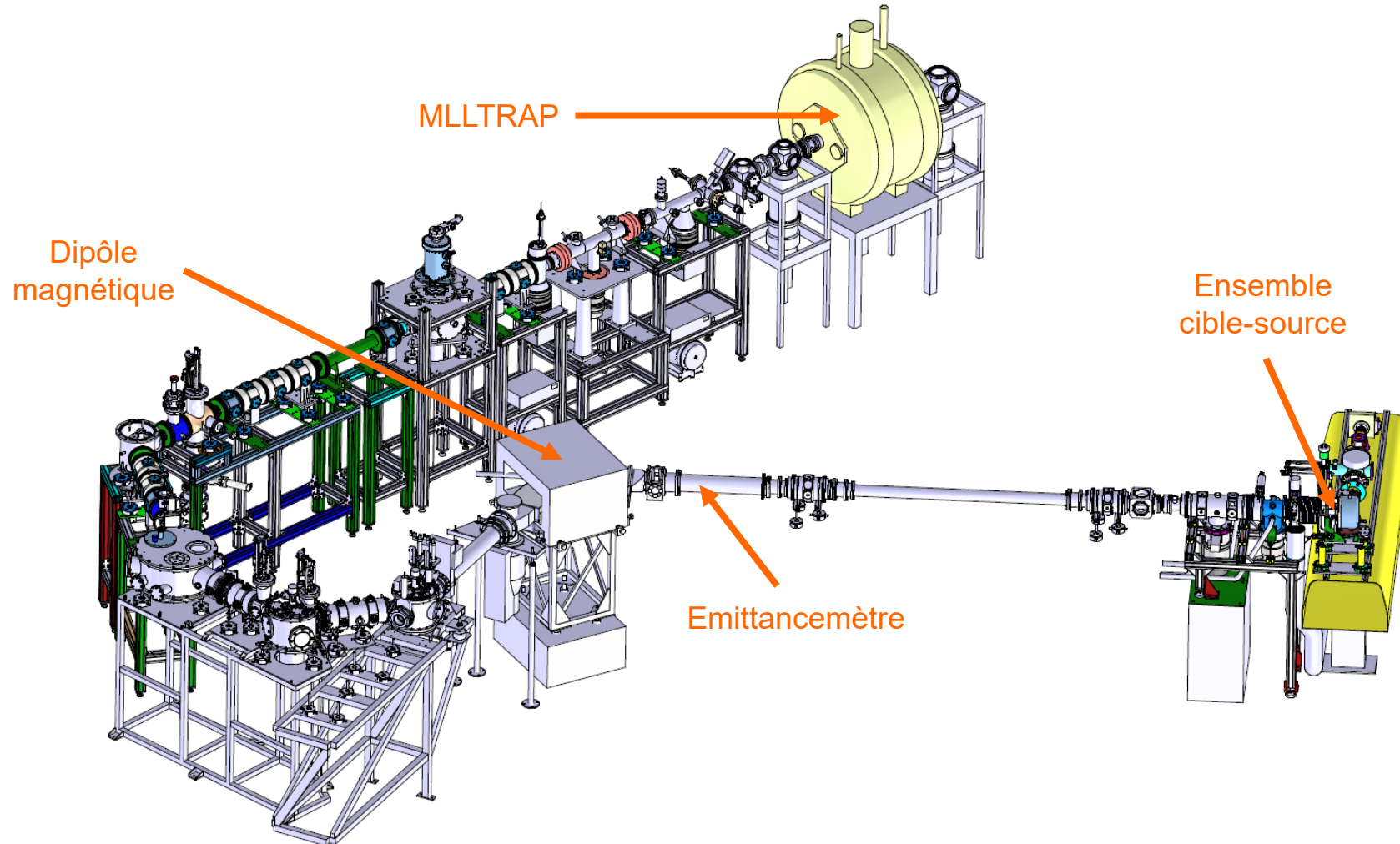


ALTO-LEB : Accélérateur Linéaire & Tandem d'Orsay – Low Energy Beam





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

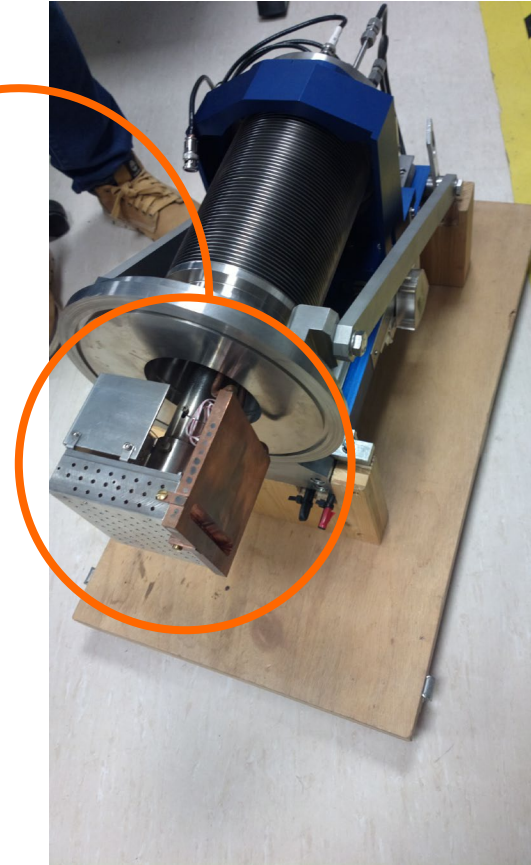
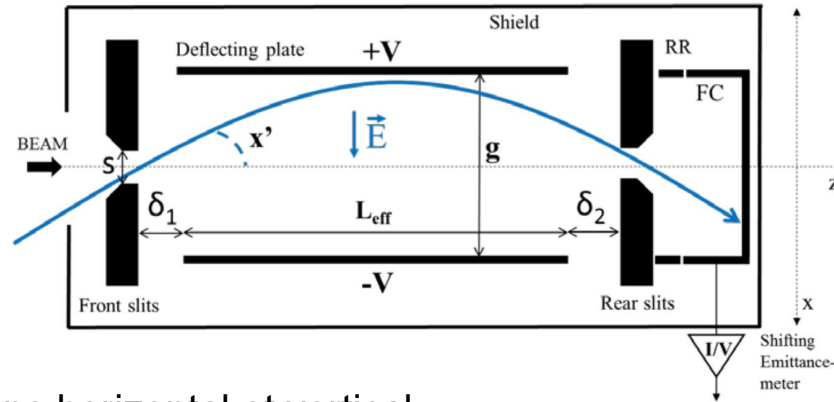




Emittancemètre Allison



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



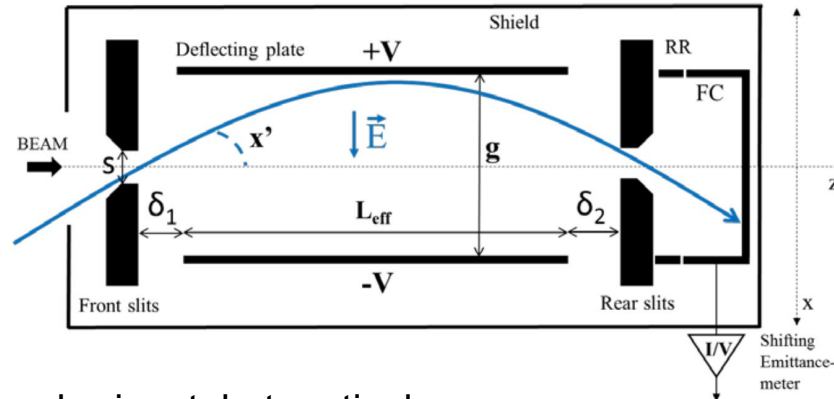
- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position x et angulaire x' , et pour chaque couple (x, x') leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électronique



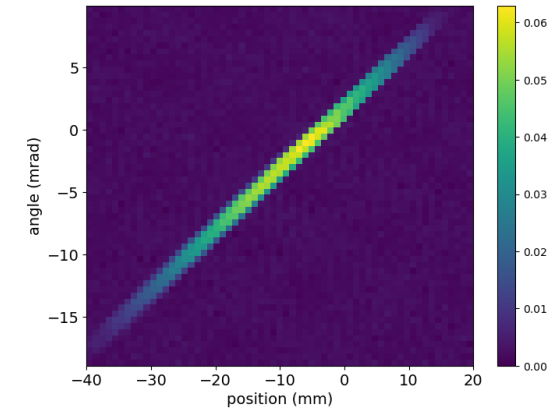
Emittancemètre Allison



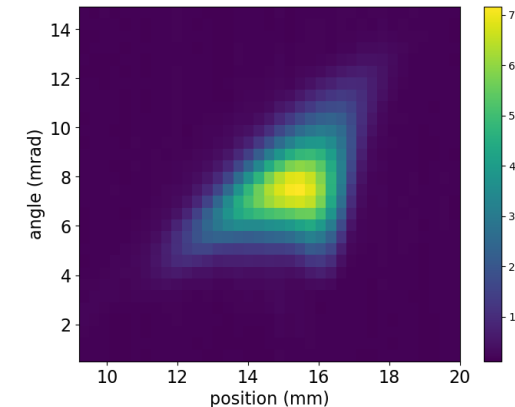
$$x' = \frac{\Delta V L_{eff}}{4gU} \times \frac{L_{eff} + 2\delta_2}{L_{eff} + \delta_1 + \delta_2}$$



Mesure de l'espace de phase horizontal



Mesure de l'espace de phase vertical



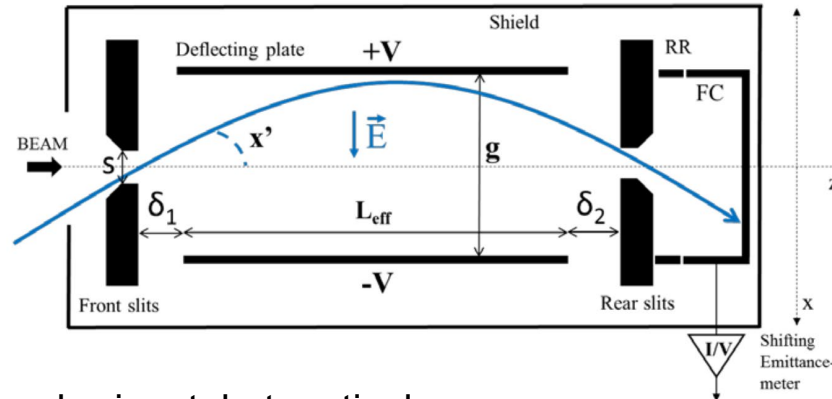
- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position x et angulaire x' , et pour chaque couple (x, x') leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électronique



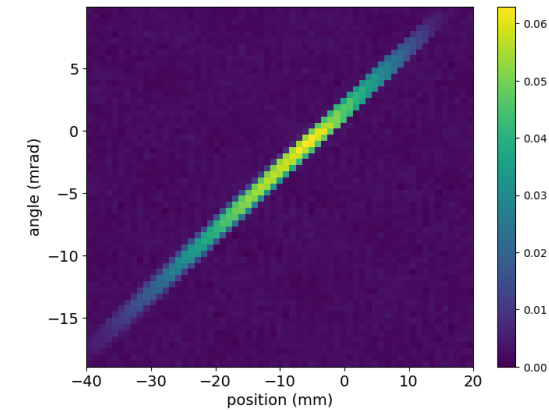
Emittancemètre Allison



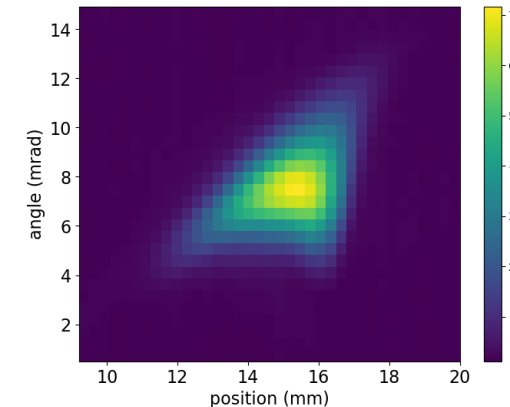
$$x' = \frac{\Delta V L_{eff}}{4gU} \times \frac{L_{eff} + 2\delta_2}{L_{eff} + \delta_1 + \delta_2}$$



Mesure de l'espace de phase horizontal



Mesure de l'espace de phase vertical



- 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 quadropôles
 - Sensibilité de l'ensemble cible-source : Température du tube d'ionisation et position de l'électrode d'extraction



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:

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

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

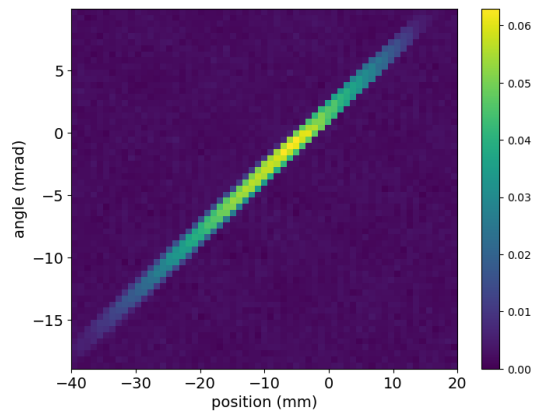
$$\delta\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{1}{2\sigma_x}\right)^2 \delta w^2(x^2) + \left(\frac{w(x)}{\sigma_x}\right)^2 \delta w^2(x)}$$

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

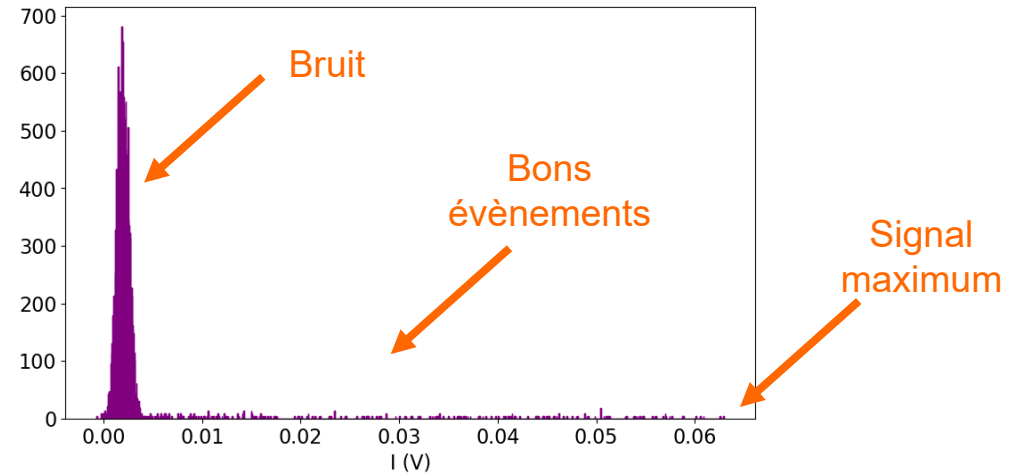
$$\begin{aligned}\delta x &= 10 \mu\text{m} \\ \delta x' &= 0,025 \text{ mrad} \\ \delta I &= 9 \cdot 10^{-6} \text{ V}\end{aligned}$$



Analyse des mesures d'émittance

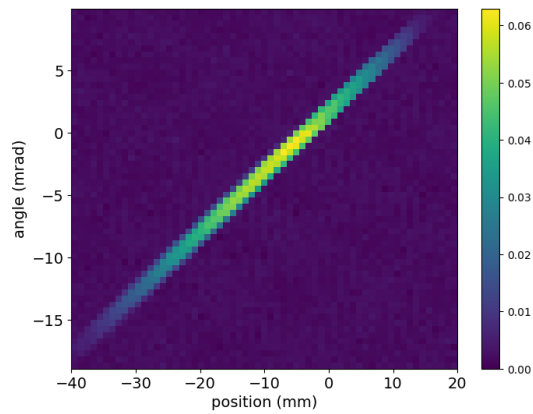


Distribution de l'intensité
du signal

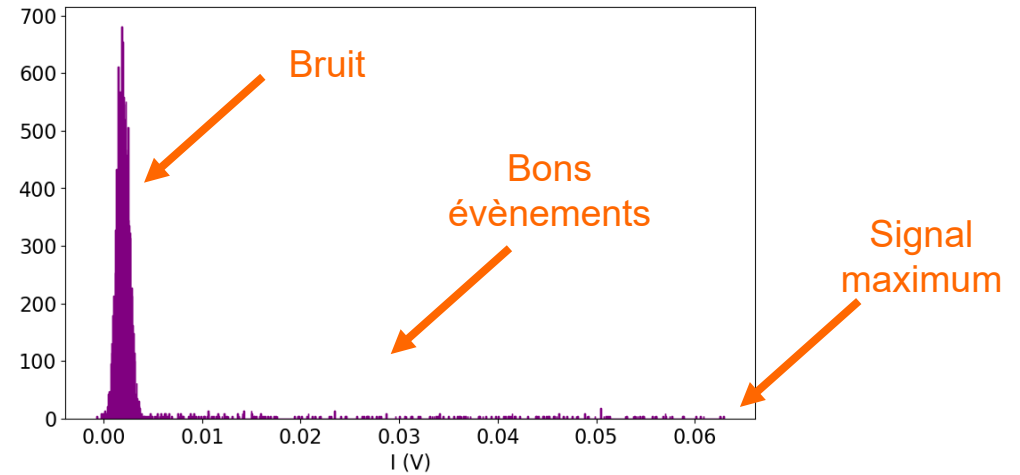




Analyse des mesures d'émittance



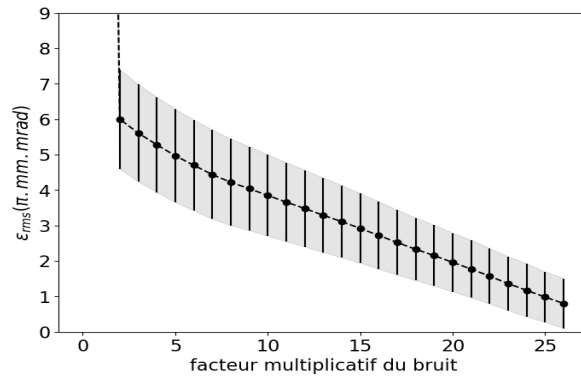
Distribution de l'intensité
du signal



Soustraction du bruit de fond :

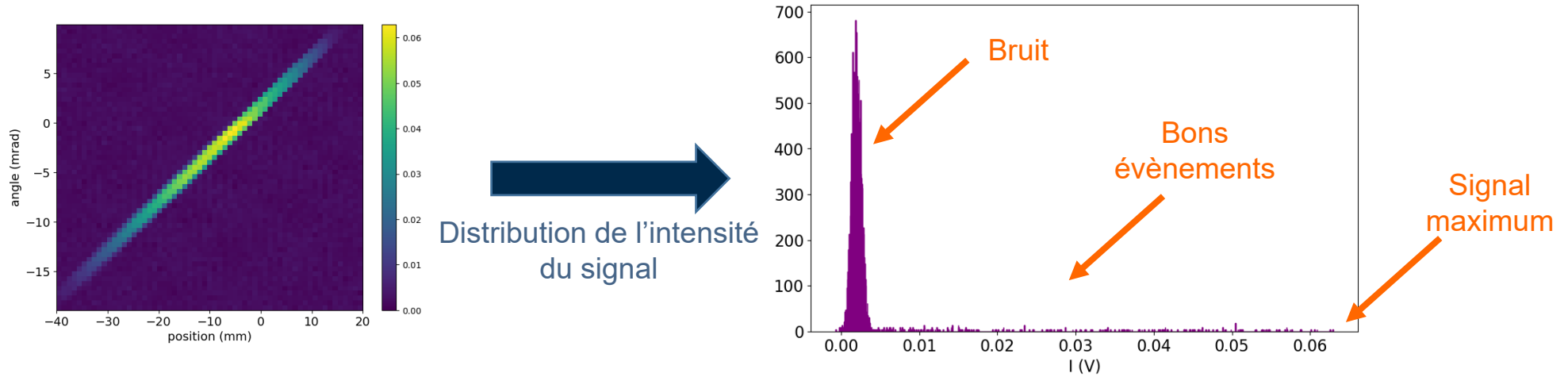
Soustraction du bruit moyen :

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





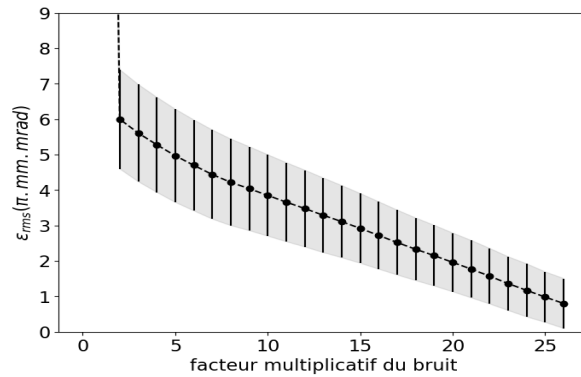
Analyse des mesures d'émittance



Soustraction du bruit de fond :

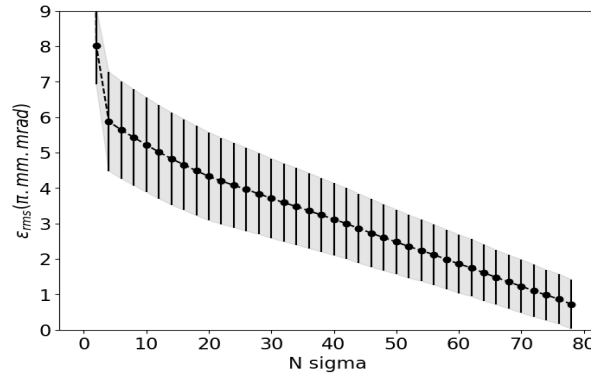
Soustraction du bruit moyen :

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



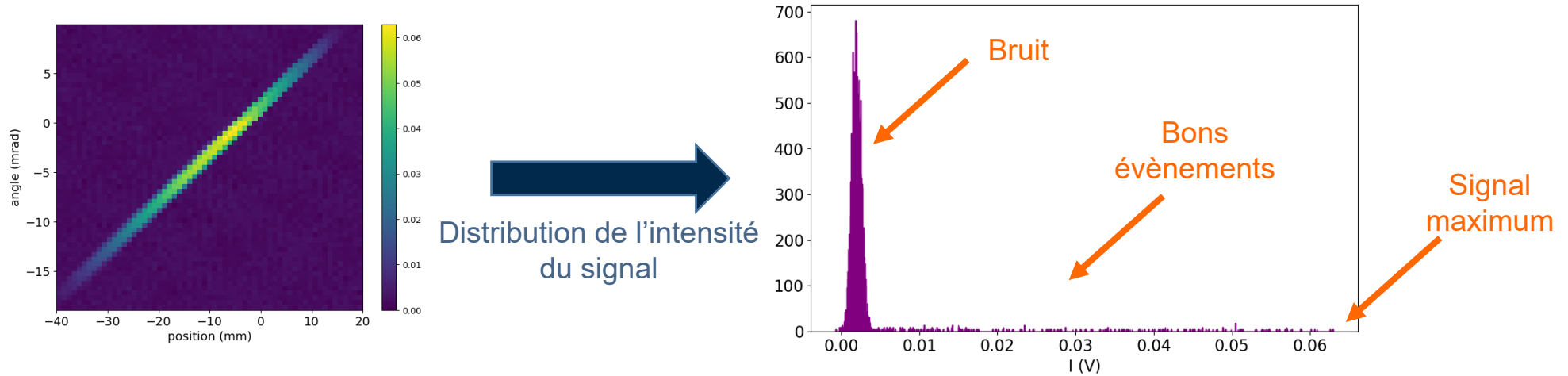
Gaussienne du signal mesuré :

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





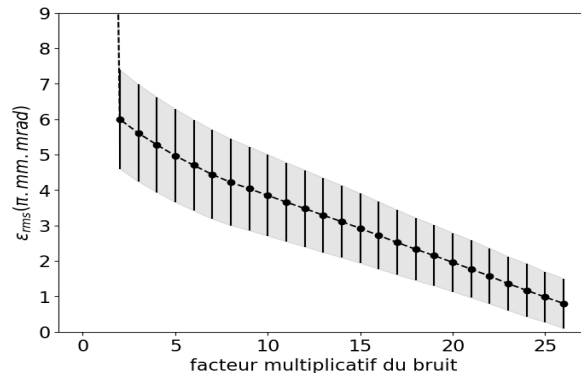
Analyse des mesures d'émittance



Soustraction du bruit de fond :

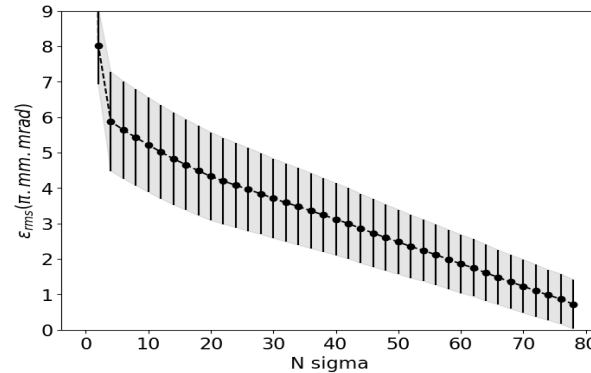
Soustraction du bruit moyen :

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



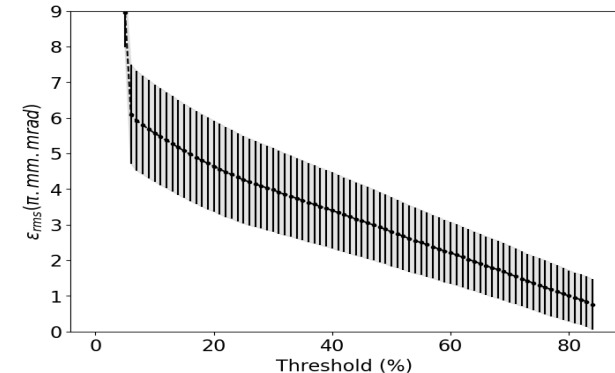
Gaussienne du signal mesuré :

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



Seuil sur signal maximum:

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

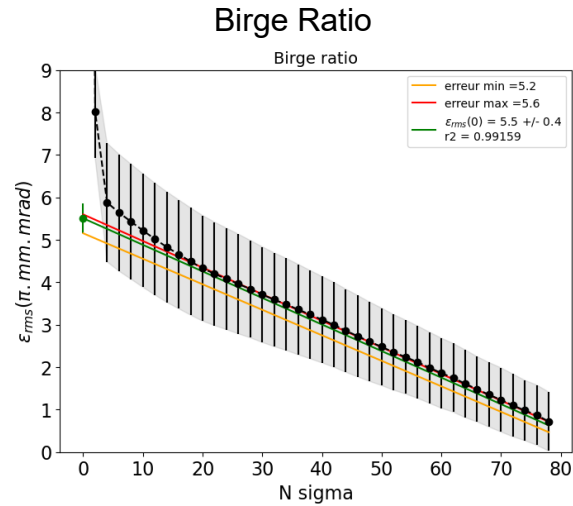




Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



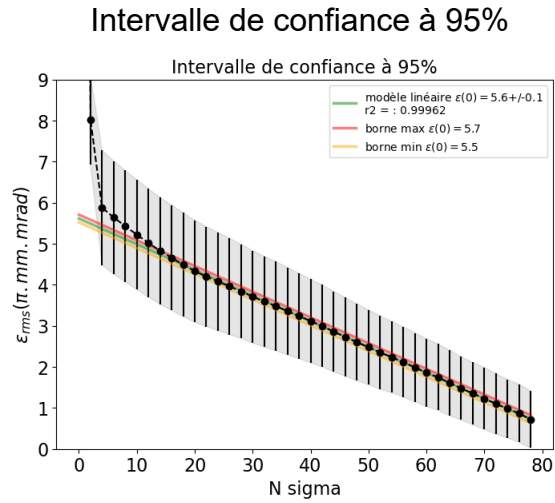
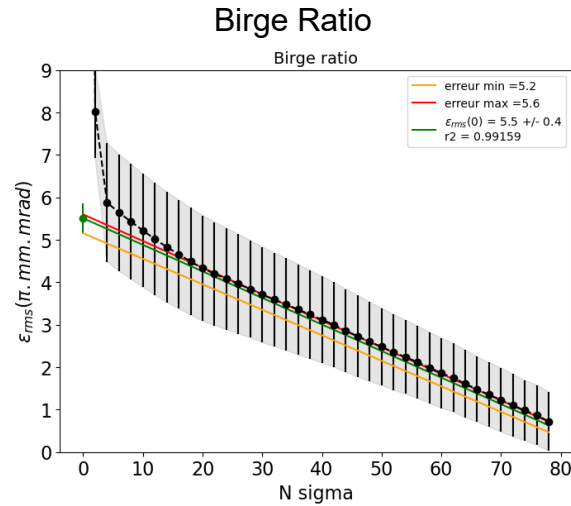
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:





Analyse des mesures d'émittance

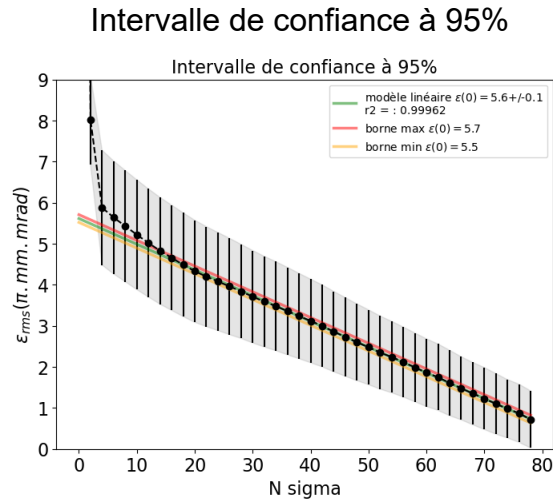
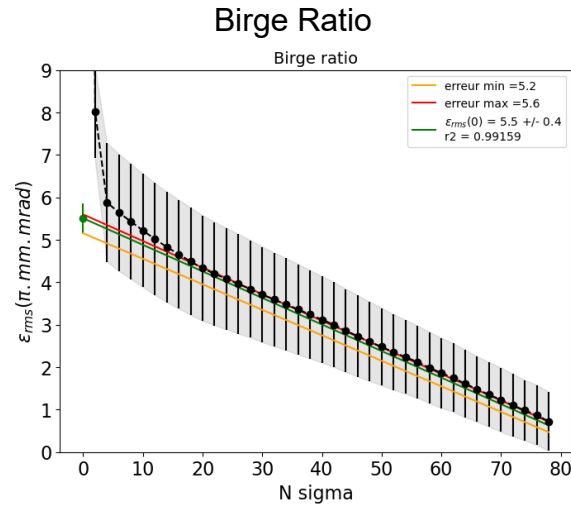
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



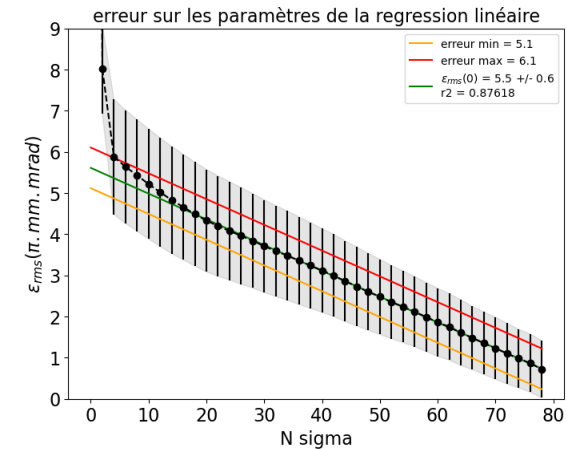


Analyse des mesures d'émittance

Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



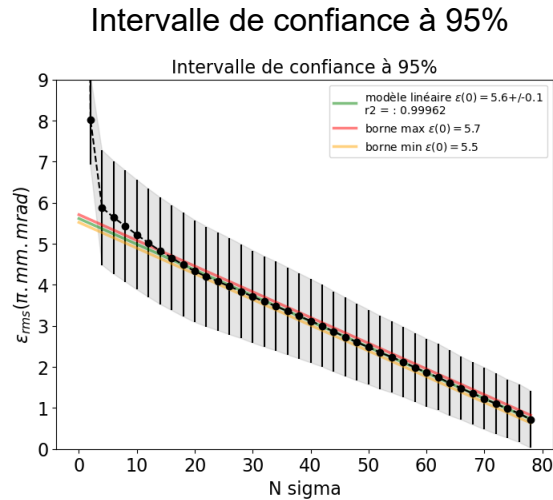
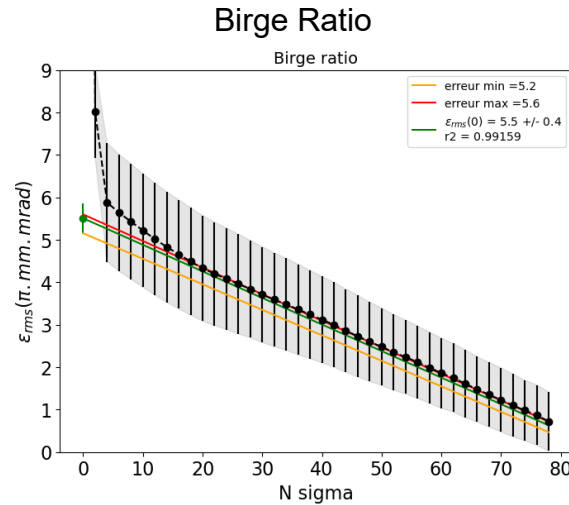
Erreur sur les paramètres de la régression



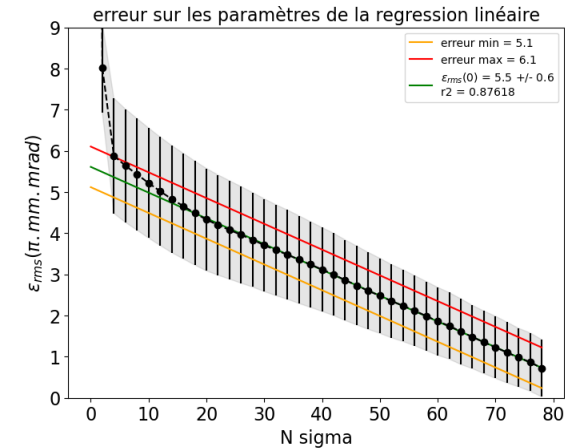


Analyse des mesures d'émittance

Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



Erreur sur les paramètres de la régression

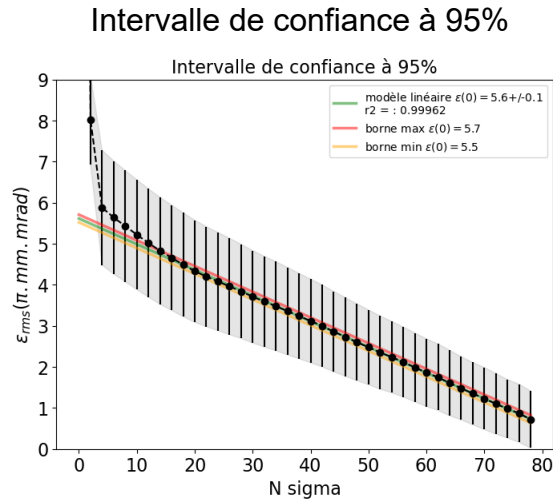
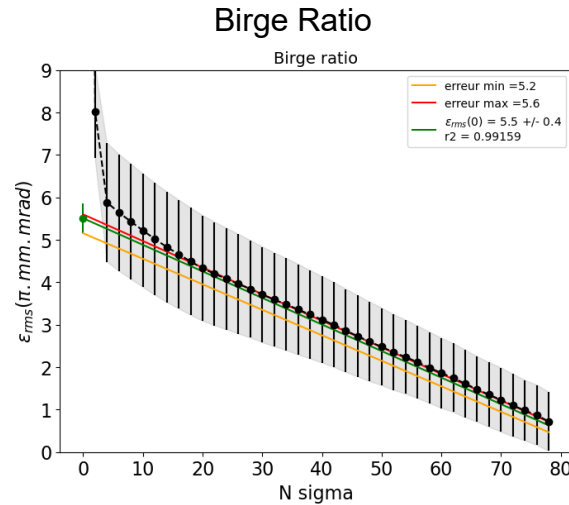


Reconstitution de l'ellipse de phase (6 ϵ_{rms}):

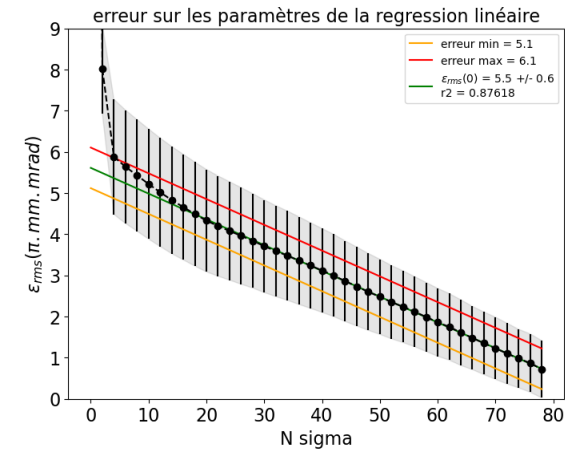


Analyse des mesures d'émittance

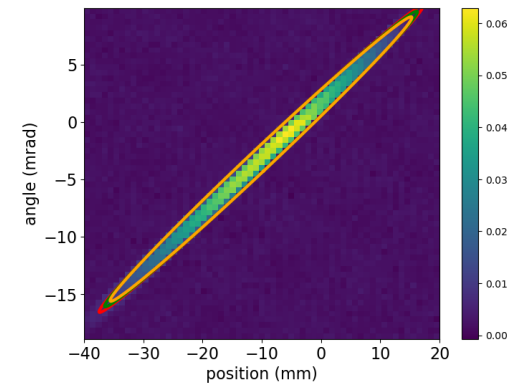
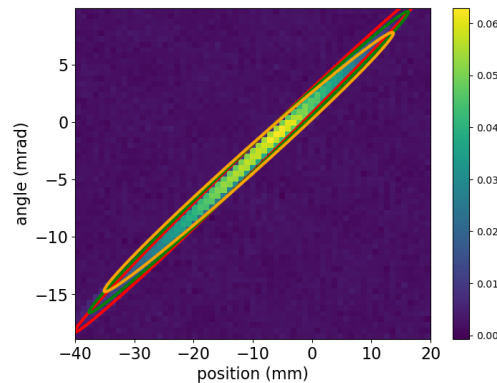
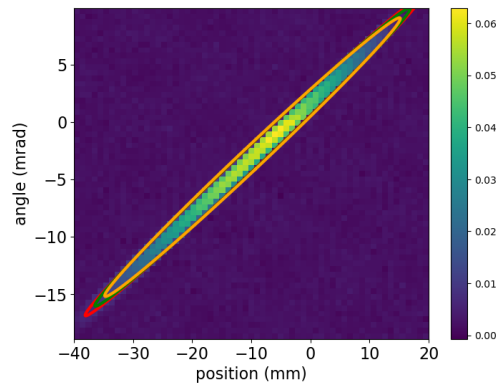
Régression linéaire et détermination de l'erreur finale:



Erreur sur les paramètres de la régression

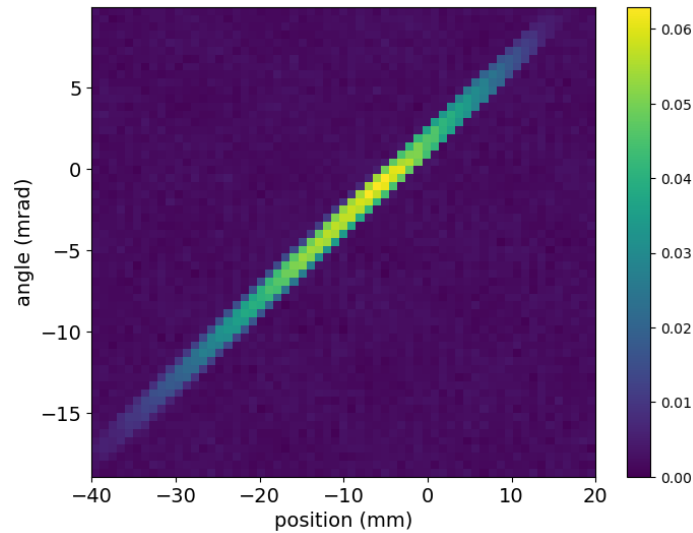


Reconstitution de l'ellipse de phase (6 ϵ_{rms}):

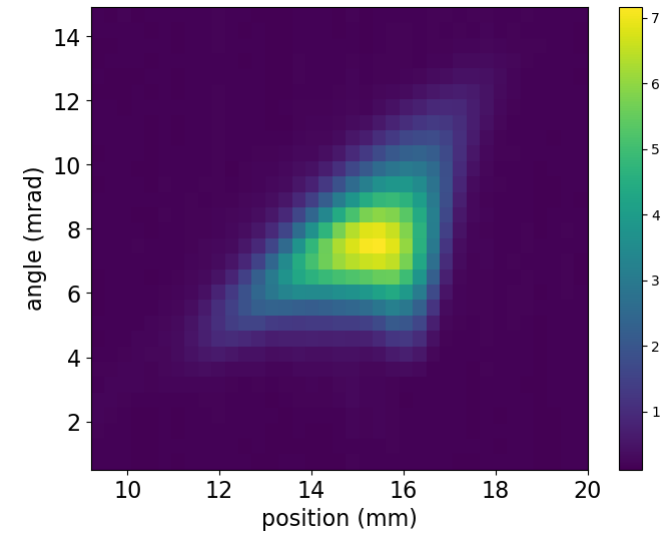




Mesure de l'espace de phase horizontal



Mesure de l'espace de phase vertical

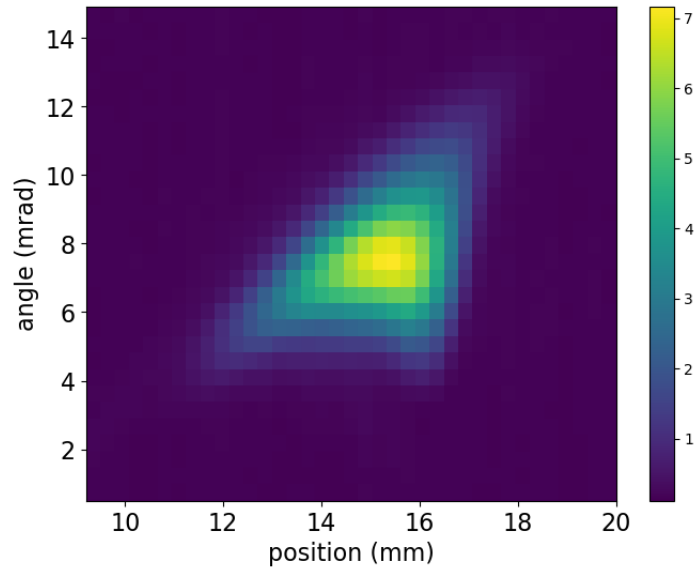


Emittance = $5,7 \pm 0,7 \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$ (géométrique rms)

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



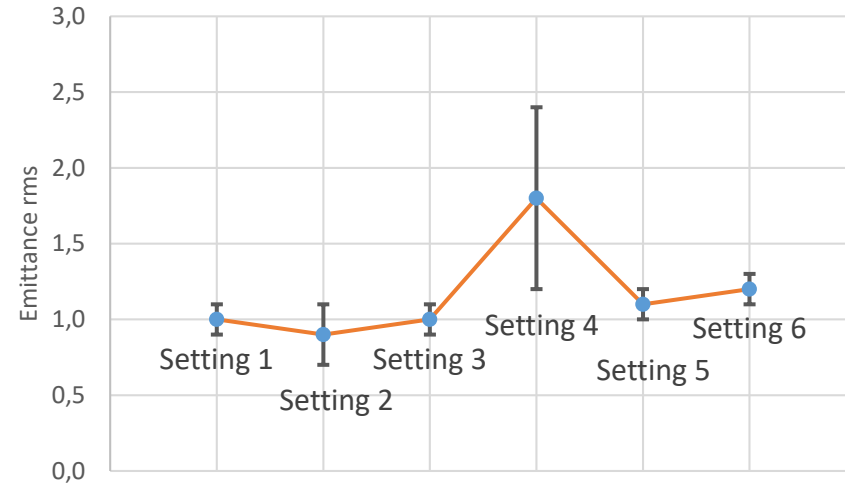
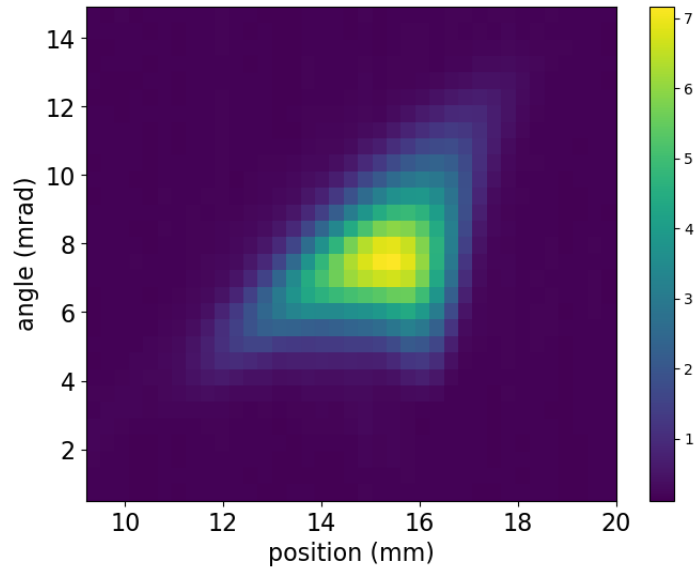
Hypothèse : conservation de l'émittance dans le plan vertical





Analyse des mesures d'émittance

Hypothèse : conservation de l'émittance dans le plan vertical

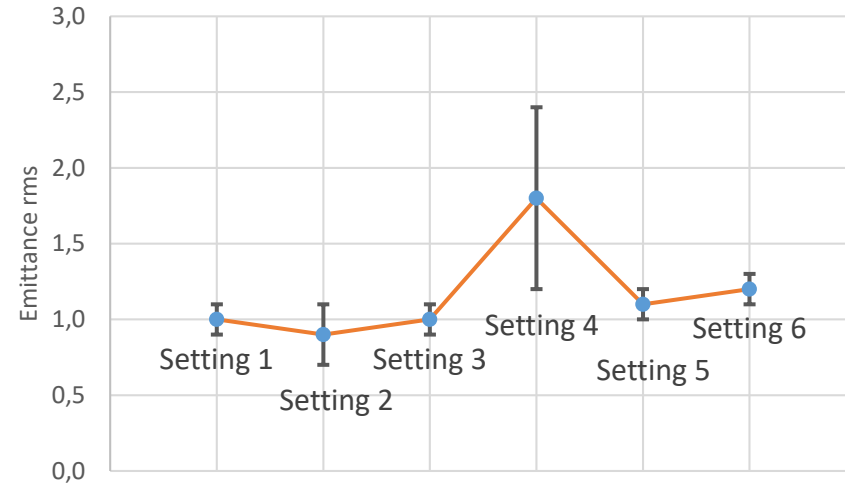
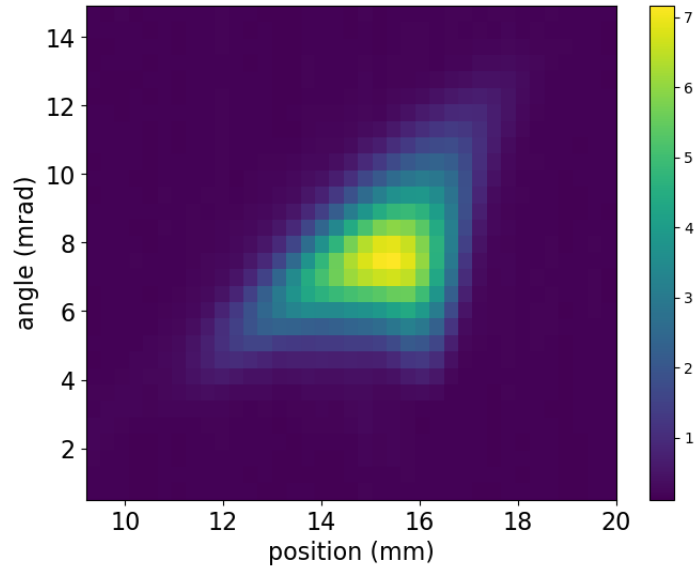


	Methode 1 BR	Methode 1 IC	Methode 1 PR	Methode 2 BR	Methode 2 IC	Methode PR	Methode 3 BR	Methode 3 IC	Methode 3 PR
BR	1,84	1,98	1,06	1,81	1,81	1,43	1,80	1,80	1,37



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



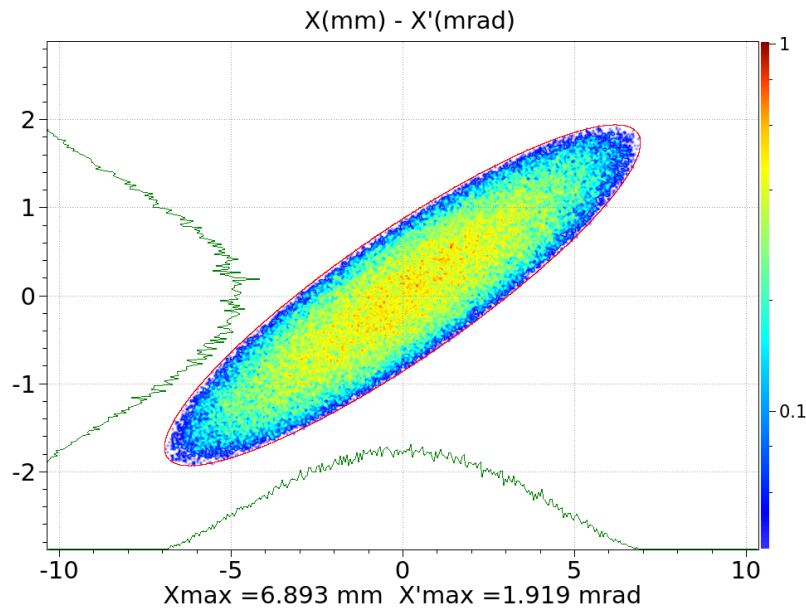
Deuxième vérification avec le plan horizontal :

- 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 :





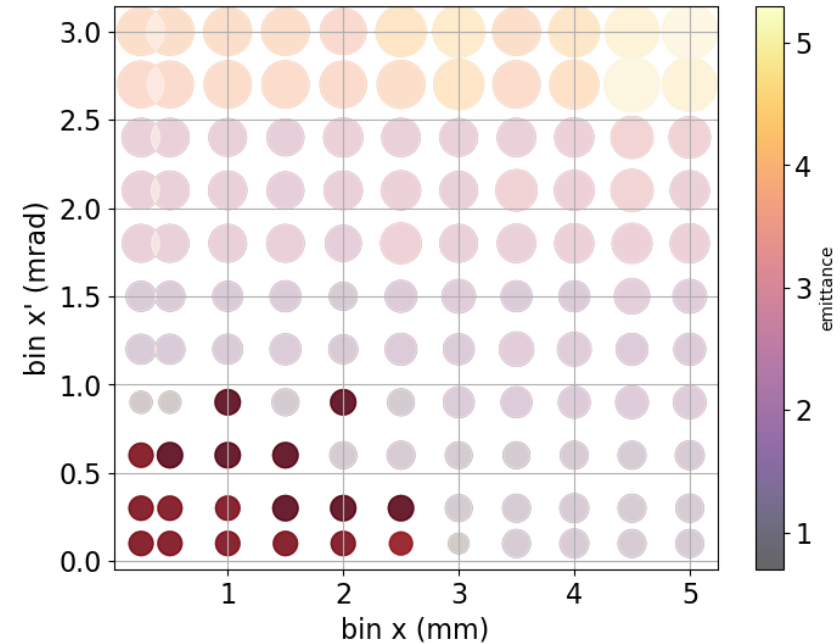
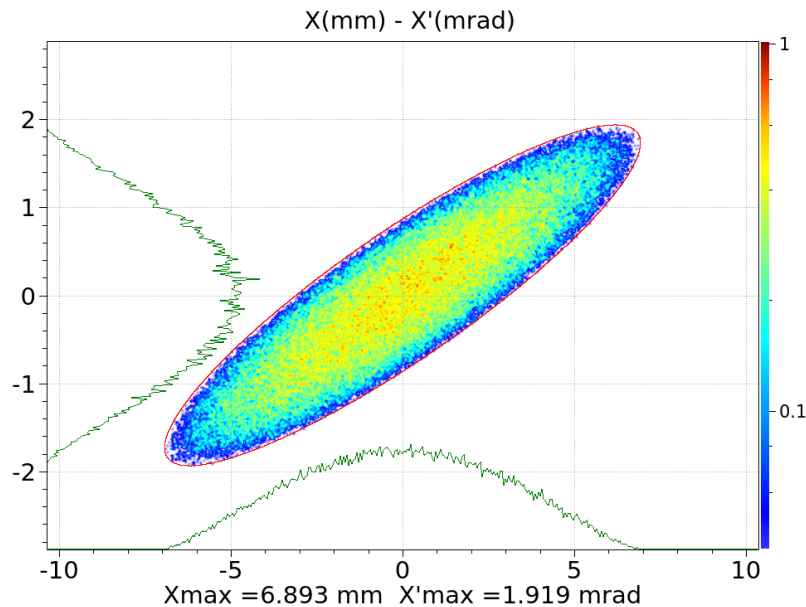
Deuxième vérification avec le plan horizontal :

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



Différence notable sur la valeur d'émittance

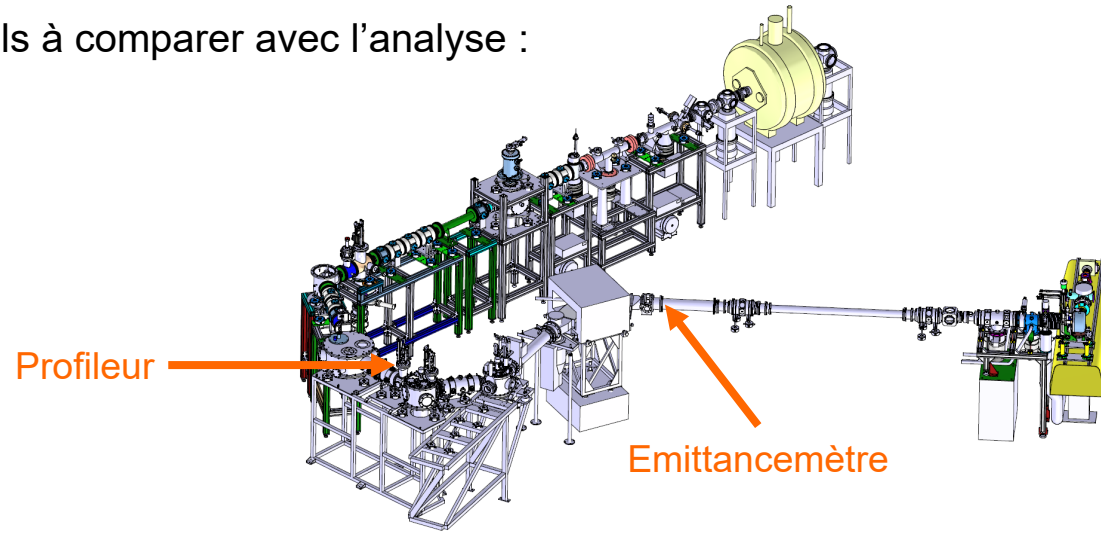
Influence du binning sur la reconstruction d'émittance :





Crosscheck analyse d'émittance avec l'expérience

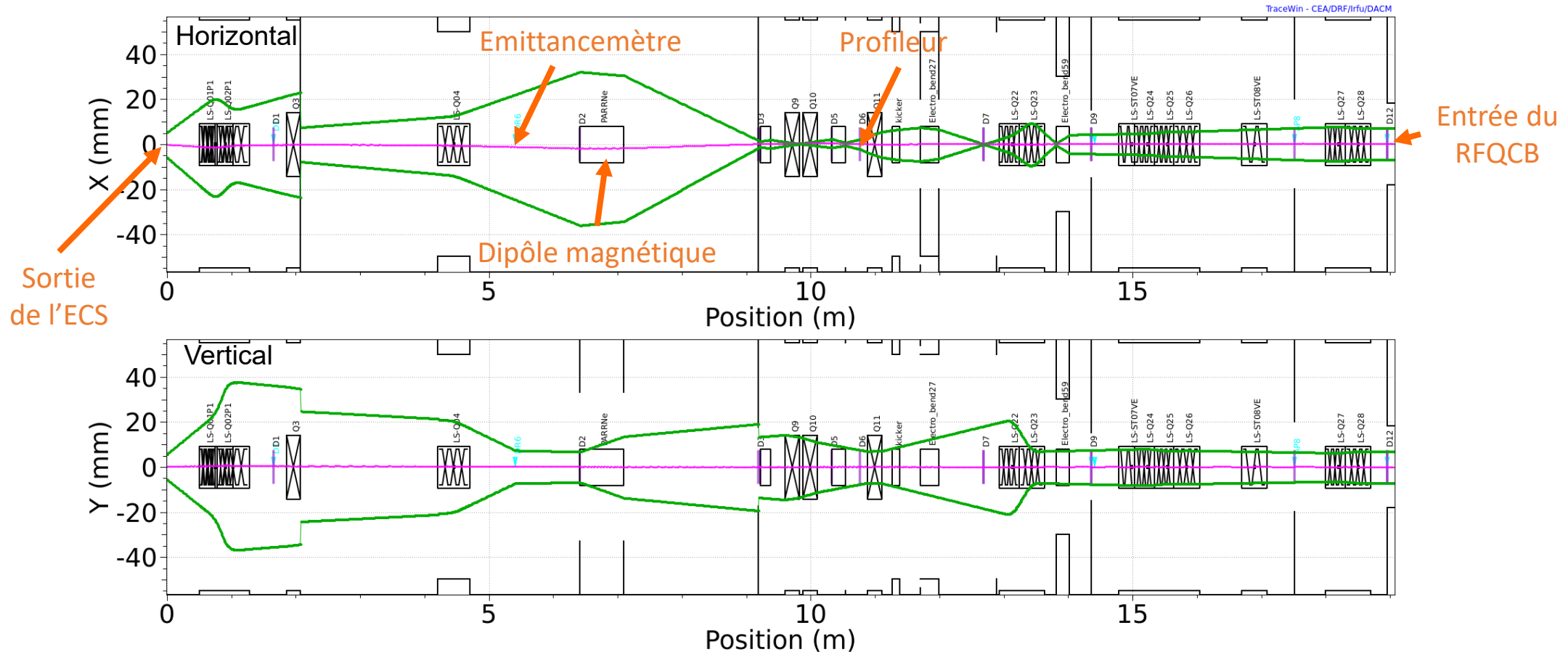
- Mesures de profils à comparer avec l'analyse :





Crosscheck analyse d'émittance avec l'expérience

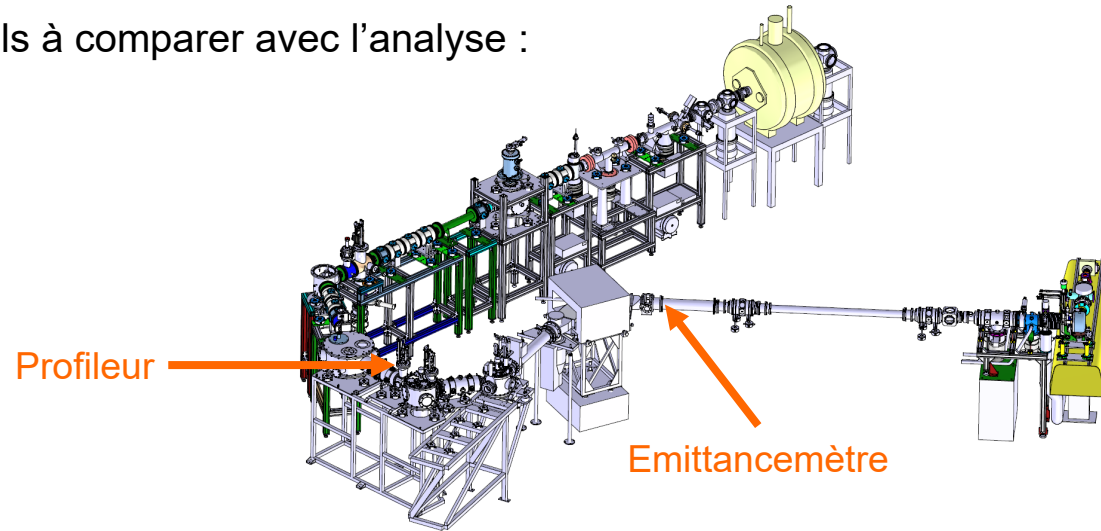
Etude du transport avec TraceWin :





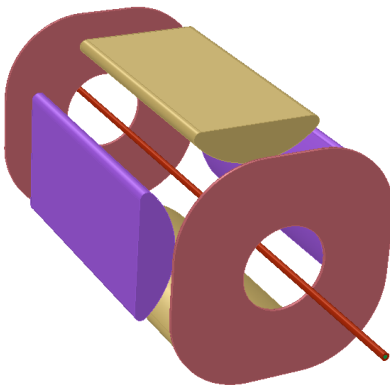
Crosscheck analyse d'émittance avec l'expérience

- Mesures de profils à comparer avec l'analyse :

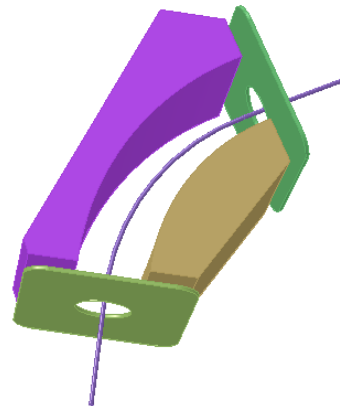


- Etude cartes de champs avec OPERA 3D pour l'étude du transport avec Tracewin :

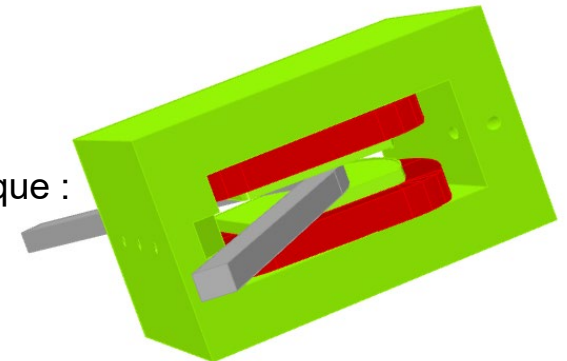
Quadrupôles
électrostatiques :



Défecteurs
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



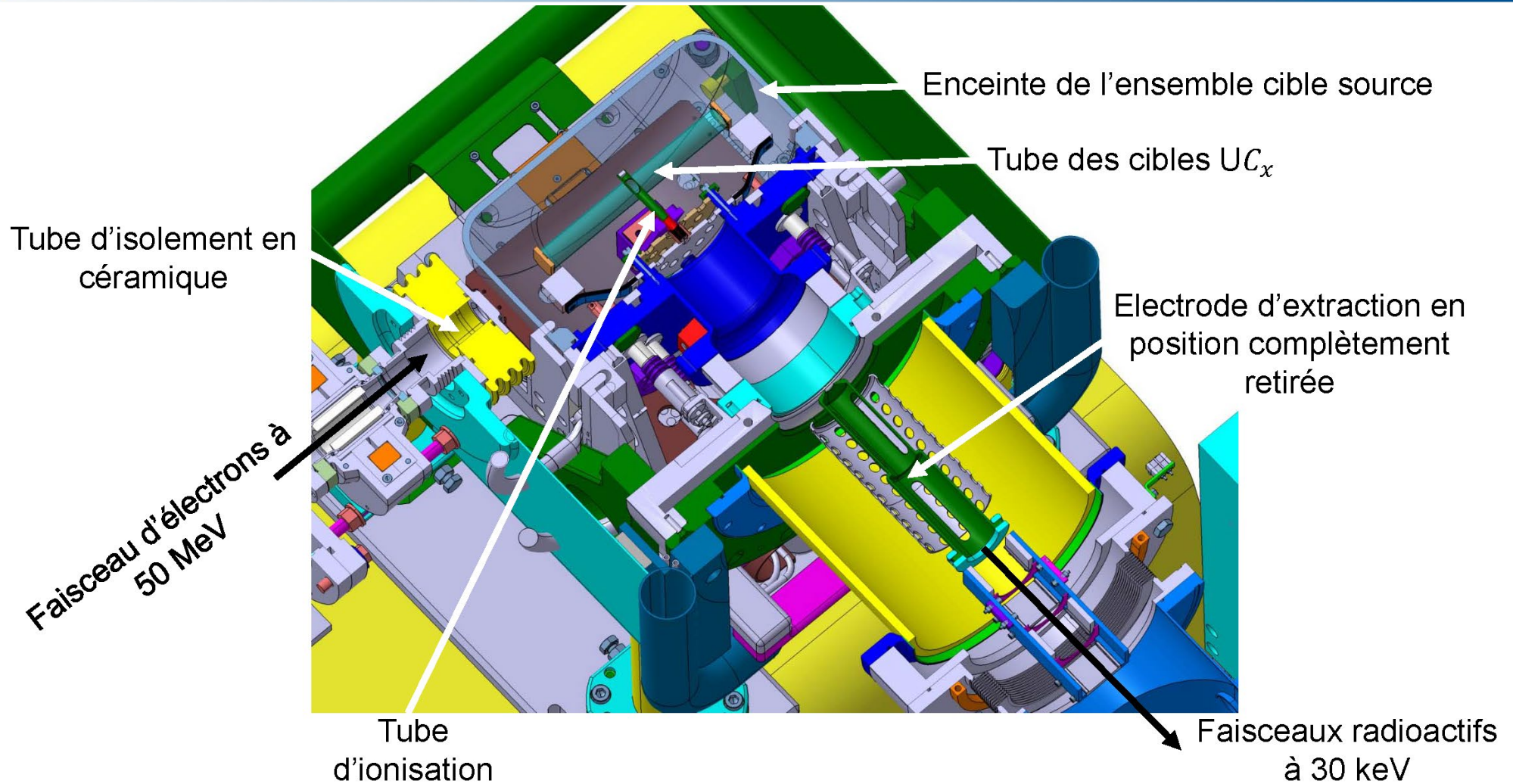
Conclusion

- 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



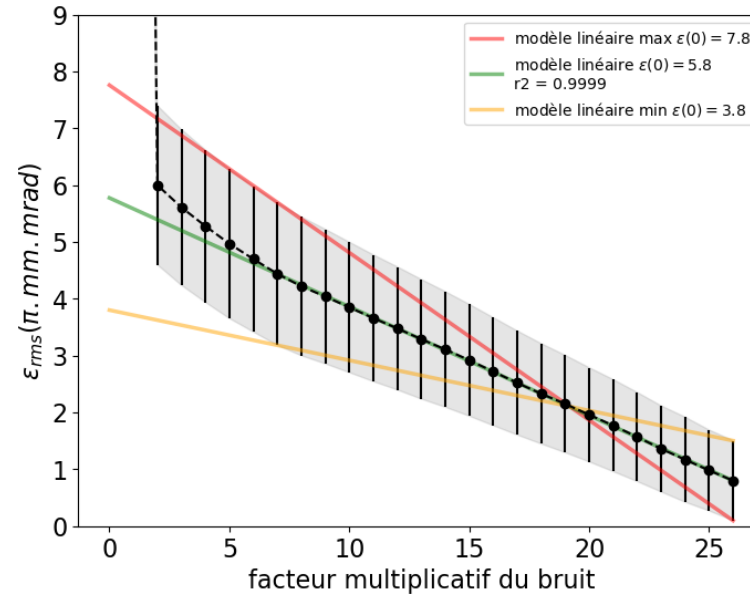
Ensemble cible-source d'ALTO-LEB





Régression linéaire :

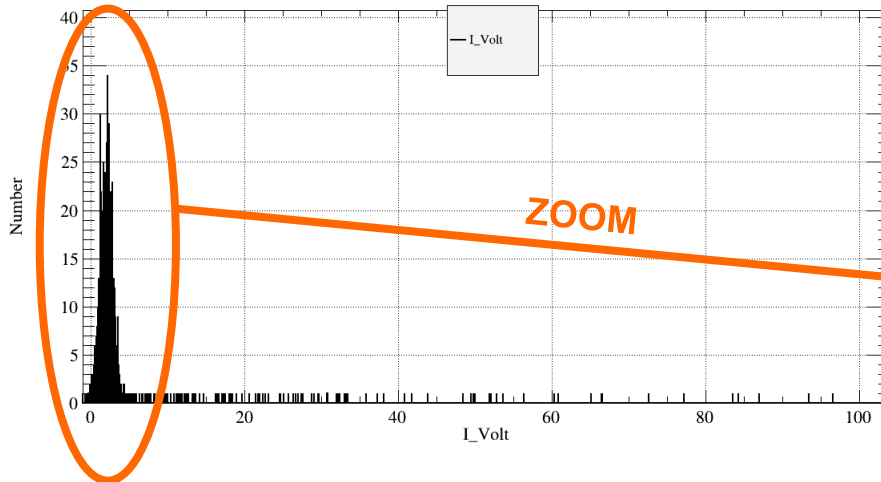
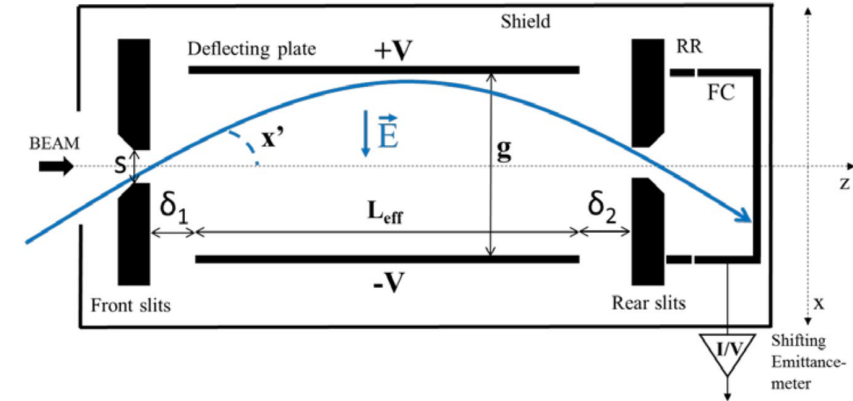
- Maximum : condition d'arrêt $\varepsilon \pm \delta\varepsilon \leq 0$
- Minimum : recherche des pentes extrémales dans la zone d'erreurs





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



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

