

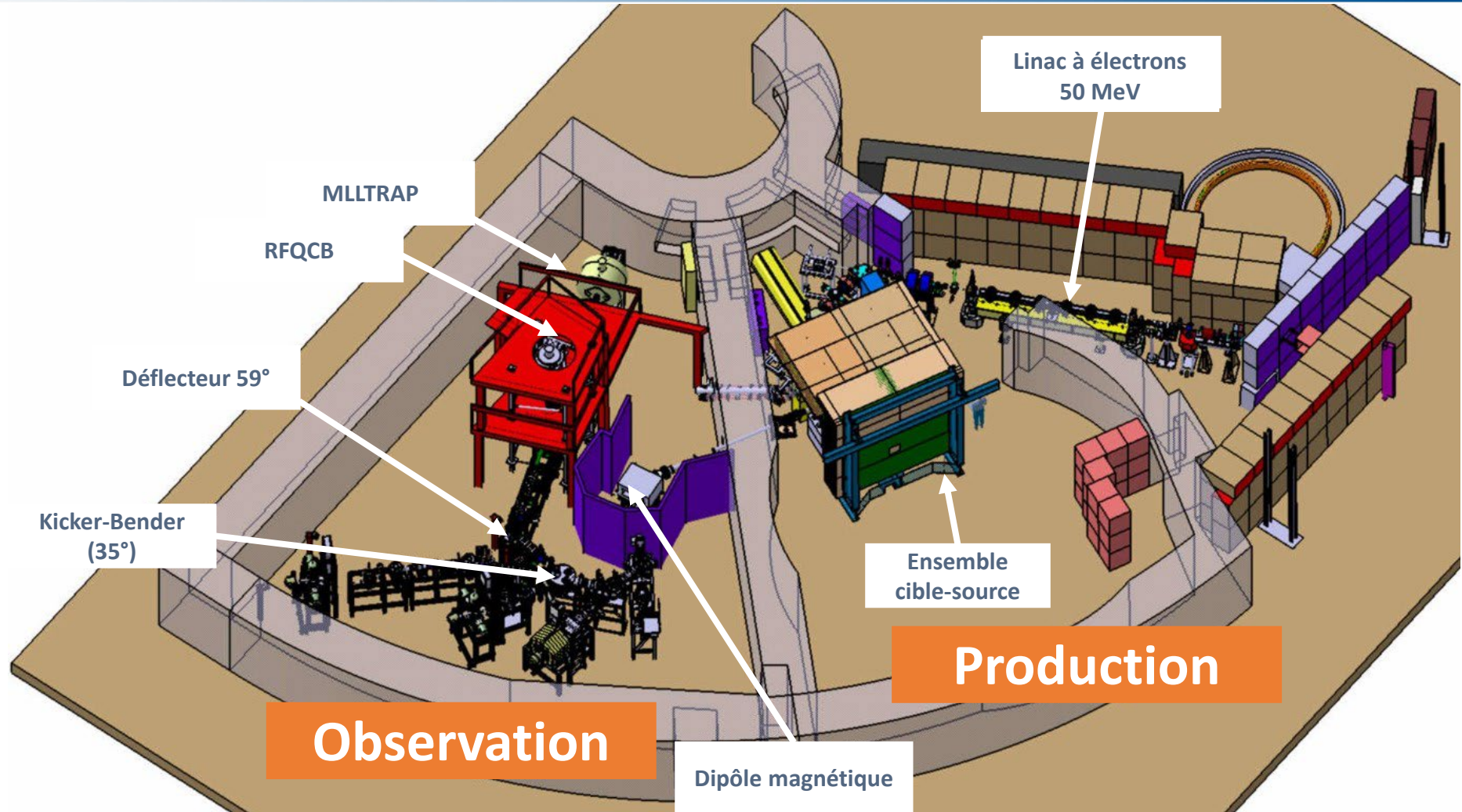
# Mesures d'émittance d'un faisceau stable de basse énergie produit à ALTO-LEB

Sophie Morard  
Laboratoire de physique des 2 infinis Irène Joliot Curie

Encadrants :  
Luc Perrot & Enrique Minaya Ramirez

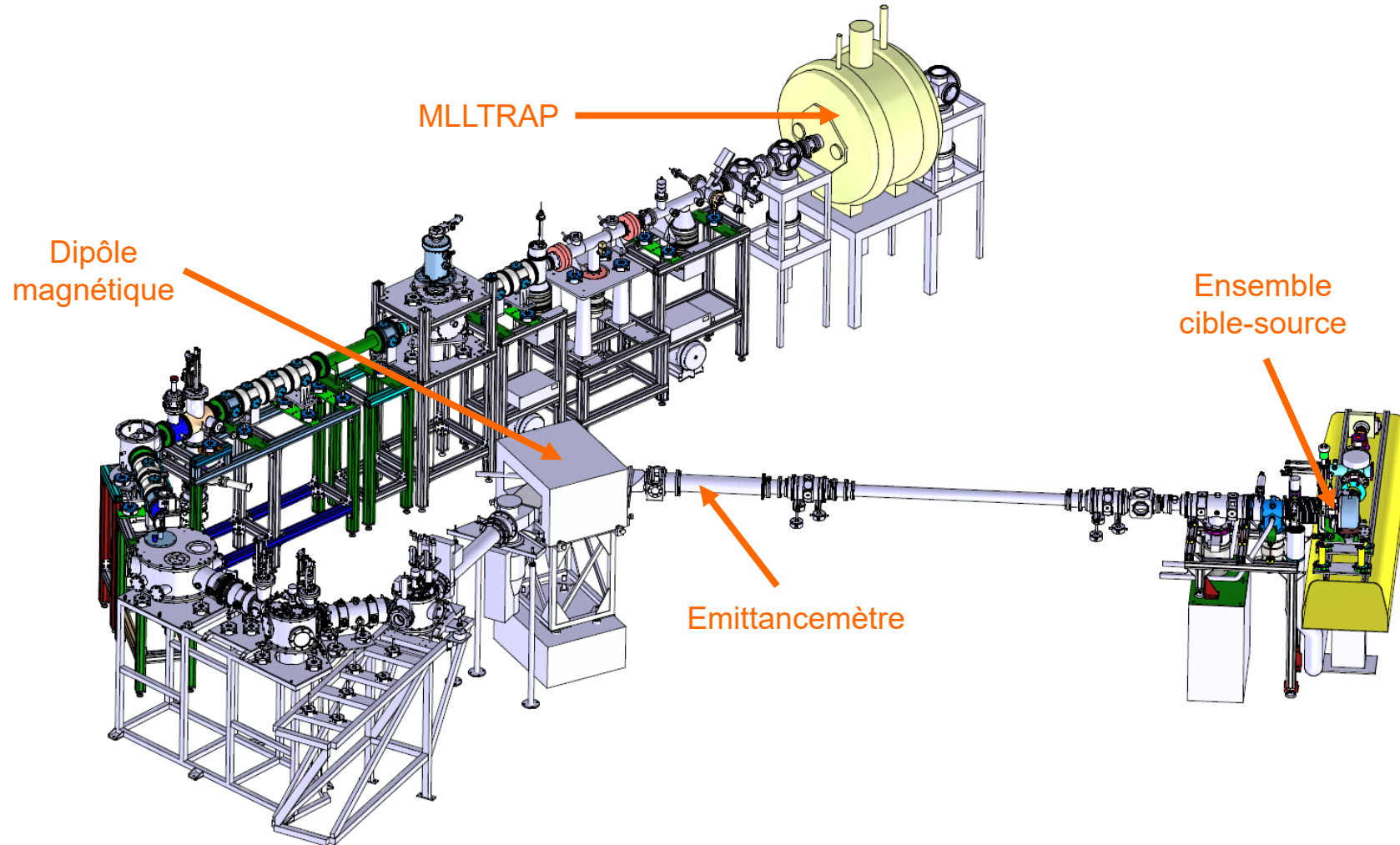


# ALTO-LEB : Accélérateur Linéaire & Tandem d'Orsay – Low Energy Beam



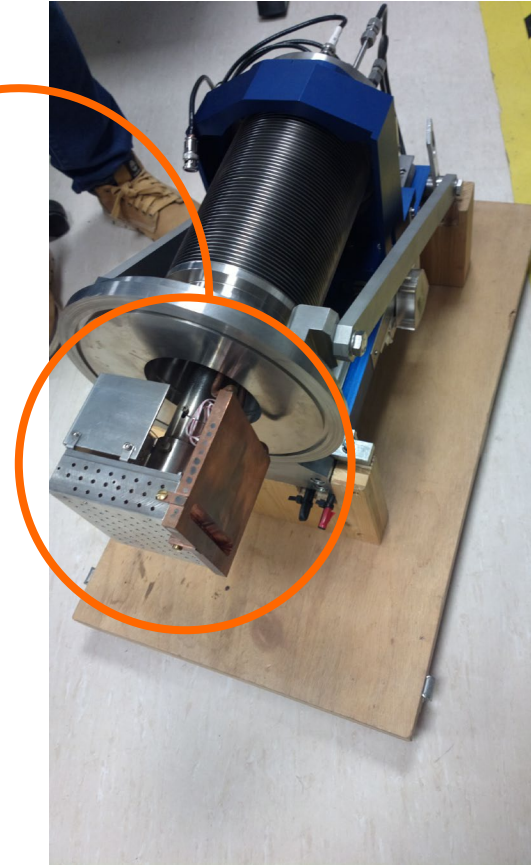
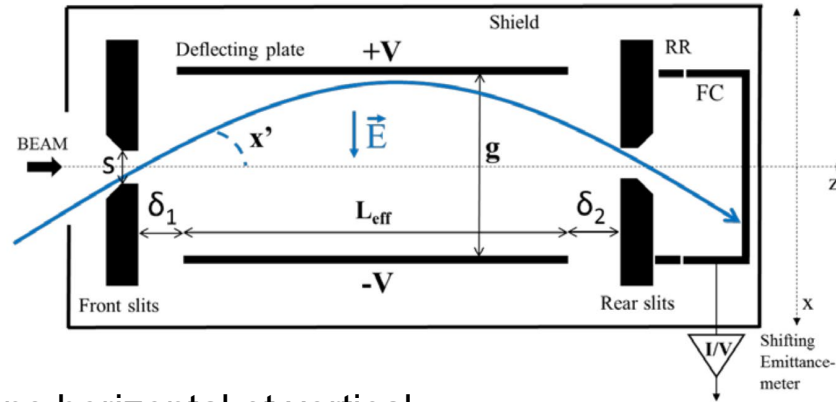


# ALTO-LEB : Accélérateur Linéaire & Tandem d'Orsay – Low Energy Beam





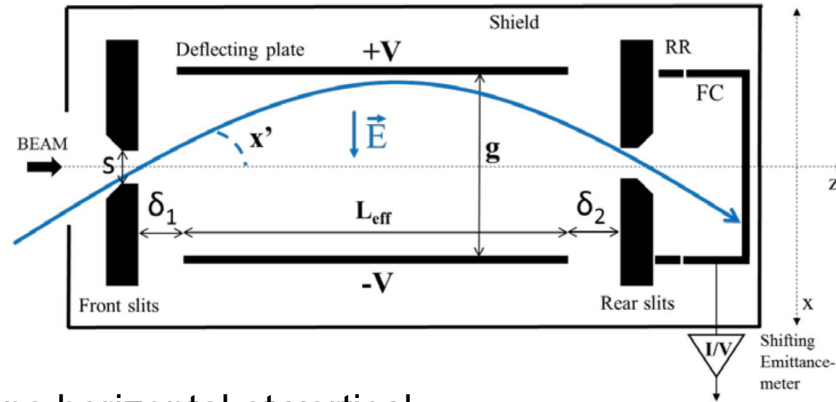
# Emittancemètre Allison



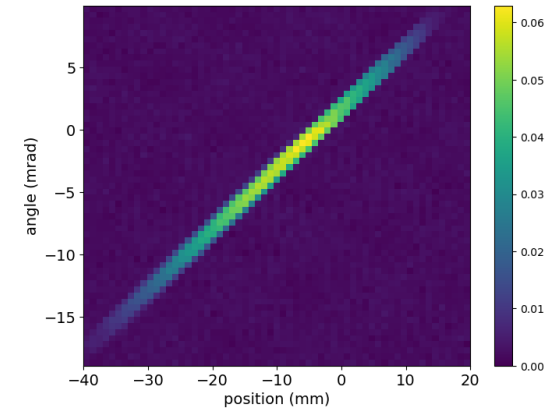
- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position  $x$  et angulaire  $x'$ , et pour chaque couple  $(x, x')$  leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électronique



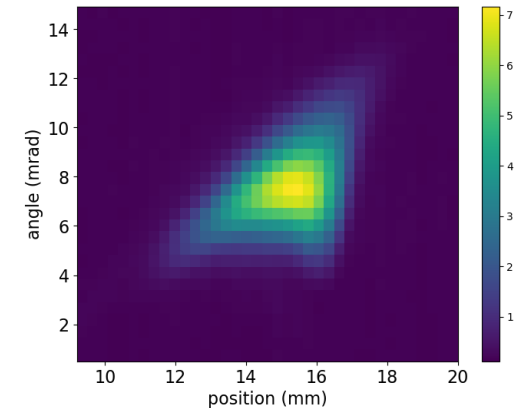
# Emittancemètre Allison



Mesure de l'espace de phase horizontal



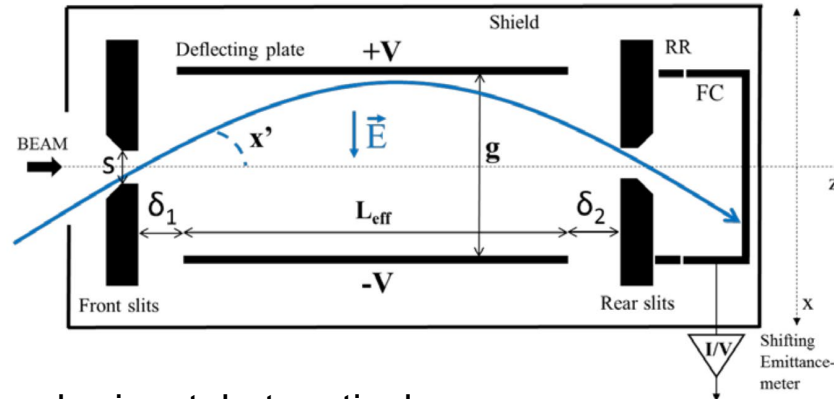
Mesure de l'espace de phase vertical



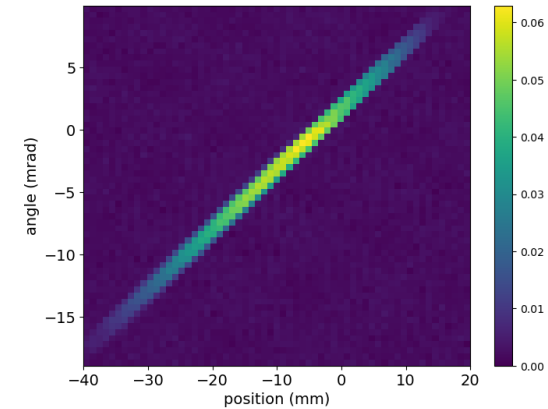
- Mesures 2D dans les plans horizontal et vertical
- Mesures des distributions en position  $x$  et angulaire  $x'$ , et pour chaque couple  $(x, x')$  leur intensité, amplifiée, et convertie en tension par la chaîne électronique



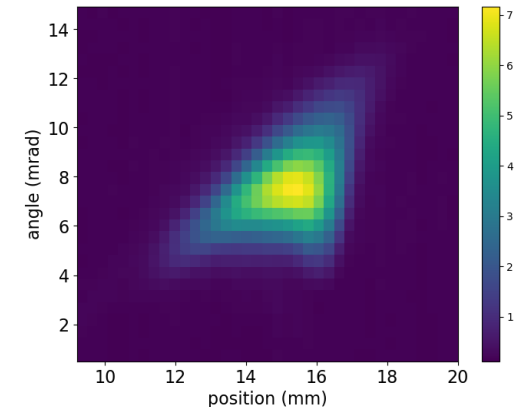
# Emittancemètre Allison



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:

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

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

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

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

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



## 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:

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

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

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

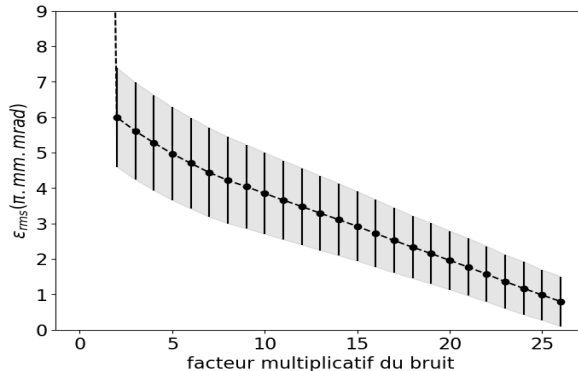
$$\delta w = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial x_i}\right)^2 \delta x_i^2 + \sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial I_i}\right)^2 \delta I_i^2}$$

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

## Soustraction de bruit :

Soustraction de bruit moyen :

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







# Analyse des mesures d'émittance

## 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:

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

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

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

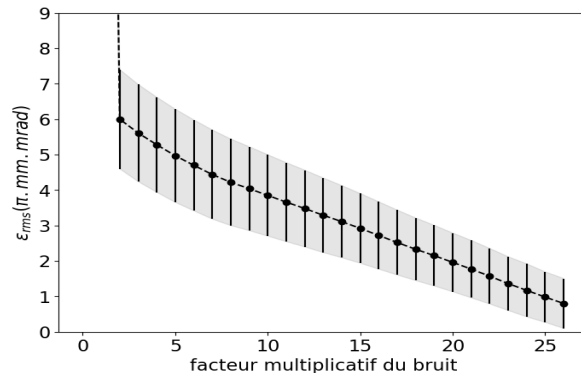
$$\delta w = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial x_i}\right)^2 \delta x_i^2 + \sum_i \left(\frac{\partial w}{\partial I_i}\right)^2 \delta I_i^2}$$

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

## Soustraction de bruit :

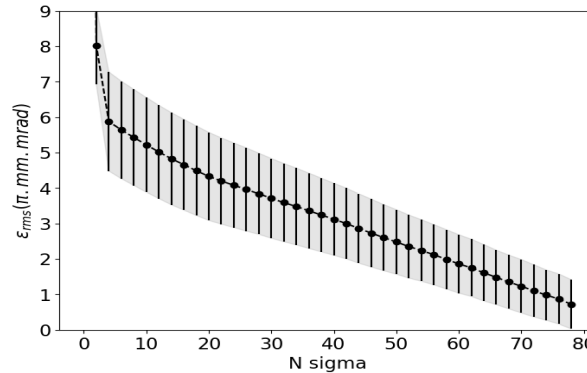
Soustraction de bruit moyen :

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



Gaussienne du signal mesuré:

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





# Analyse des mesures d'émittance

## 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:

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

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

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

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

$$\delta x = 10 \mu\text{m}$$

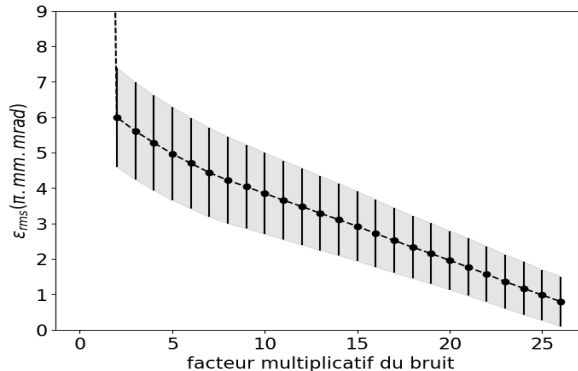
$$\delta x' = 0,025 \text{ mrad}$$

$$\delta I = 9 \cdot 10^{-6} \text{ V}$$

## Soustraction de bruit :

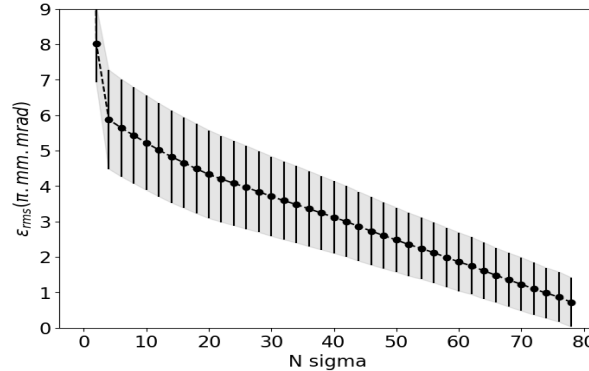
Soustraction de bruit moyen :

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



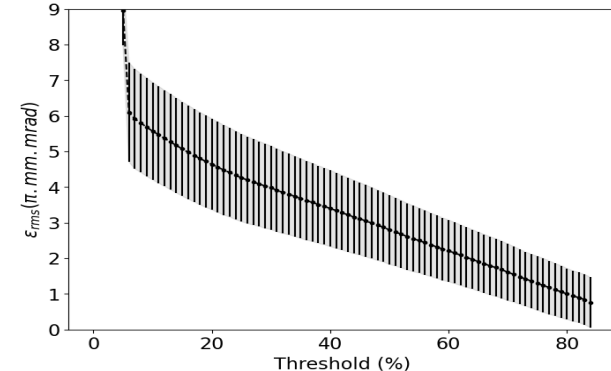
Gaussienne du signal mesuré:

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



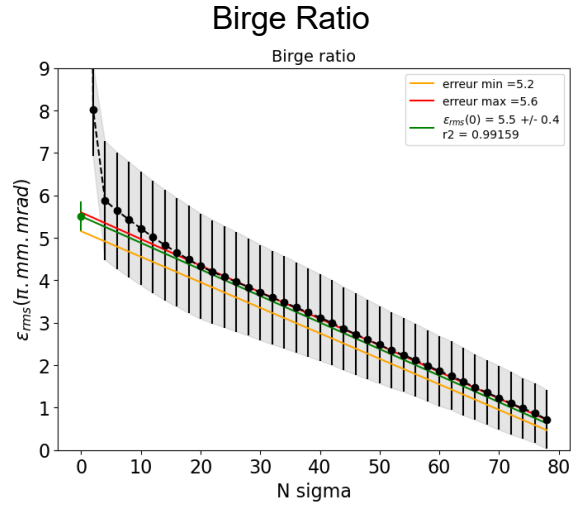
Seuil sur signal maximum :

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



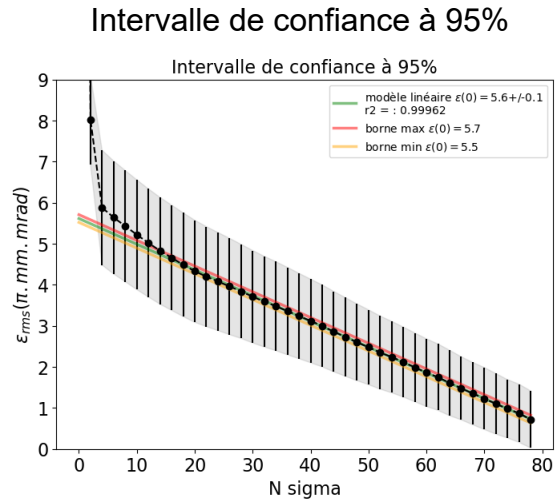
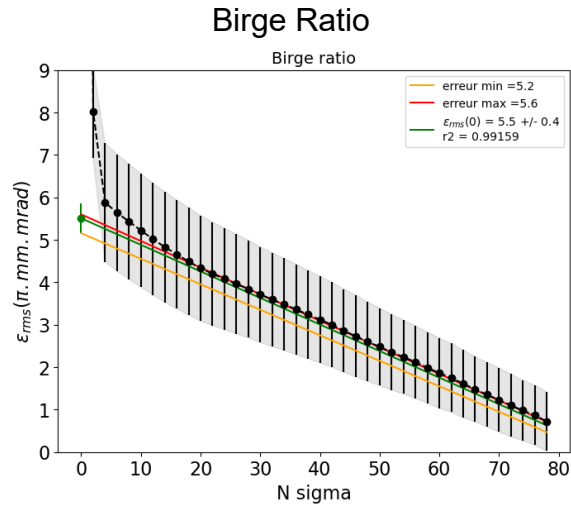


## Régression linéaire et détermination de l'erreur finale :





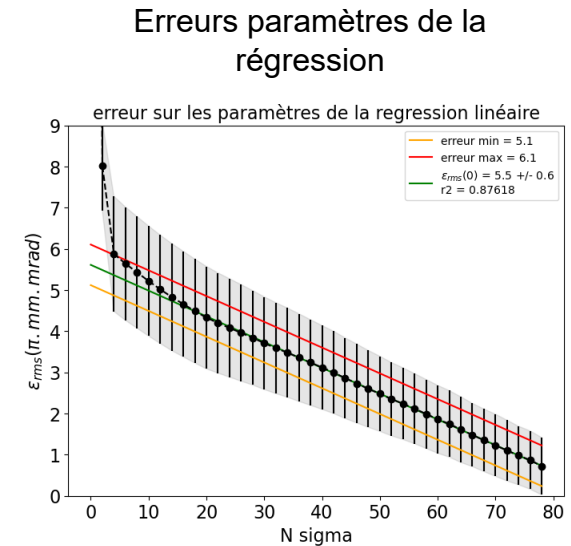
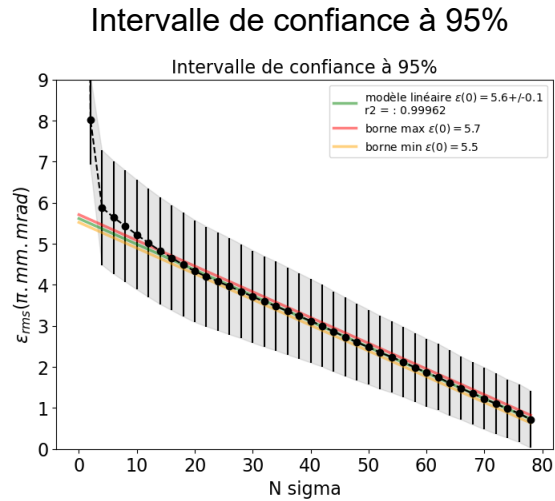
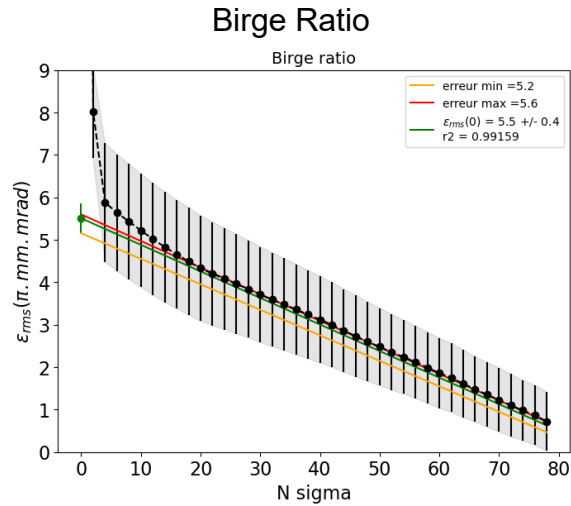
## Régression linéaire et détermination de l'erreur finale :





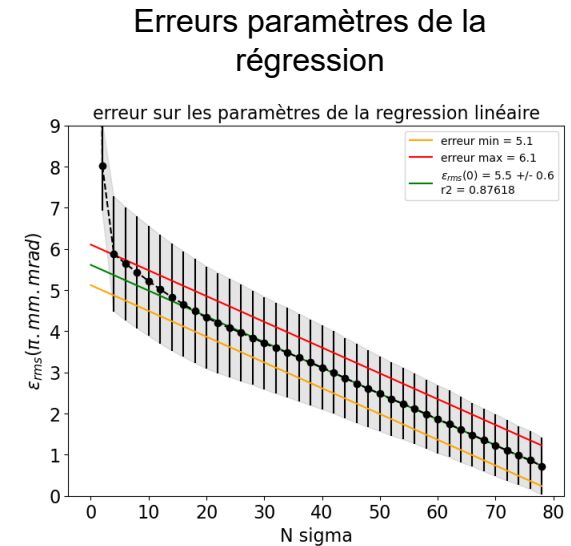
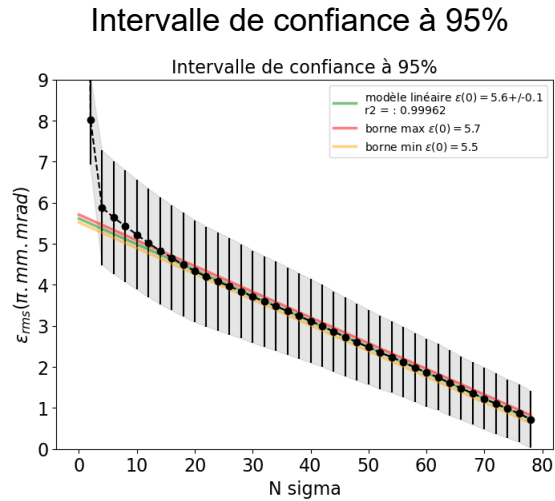
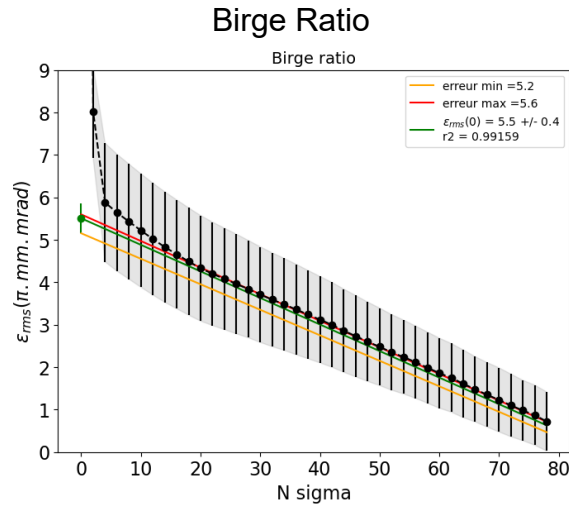
# Analyse des mesures d'émittance

## Régression linéaire et détermination de l'erreur finale :





## Régression linéaire et détermination de l'erreur finale :

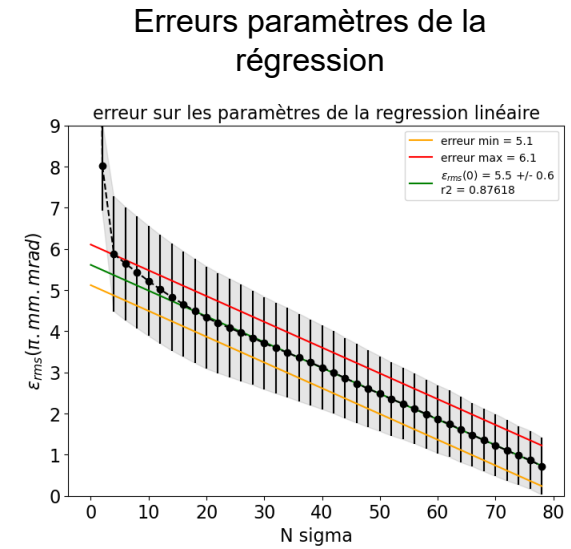
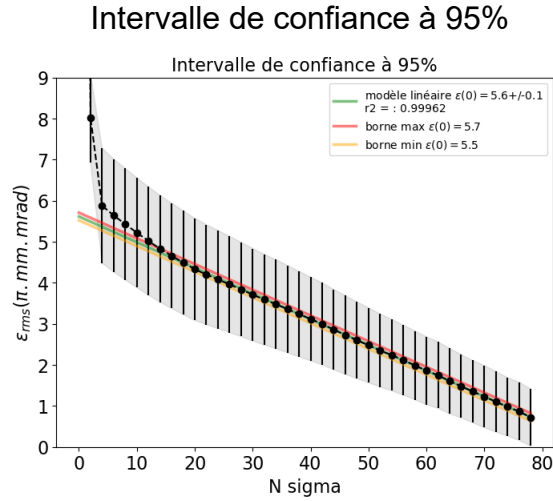
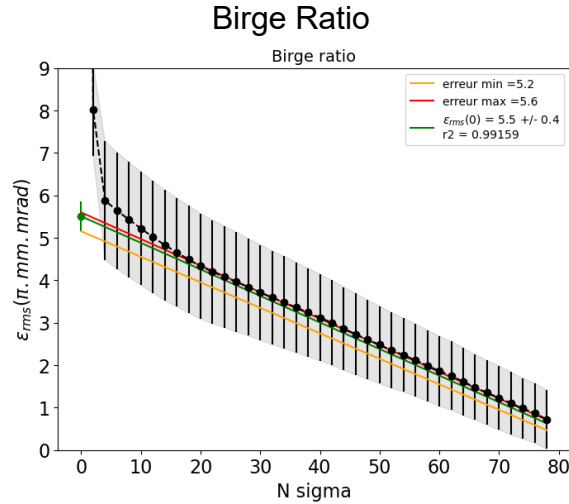


## Reconstitution de l'ellipse de phase ( $6 \epsilon_{rms}$ ):

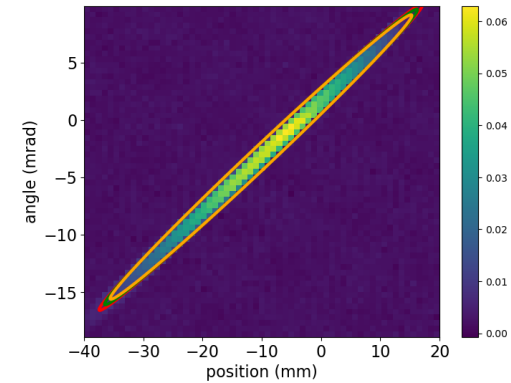
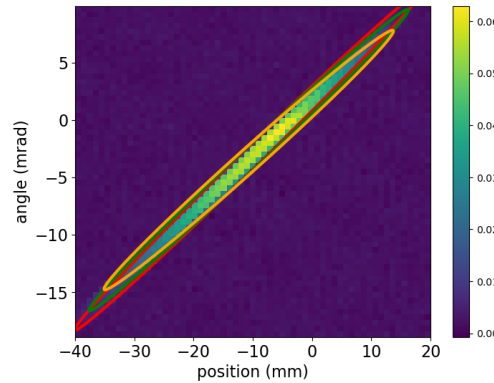
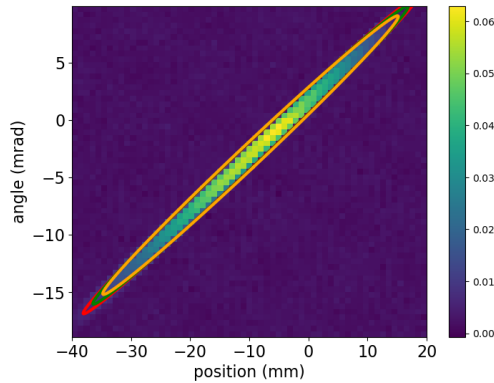


# Analyse des mesures d'émittance

## Régression linéaire et détermination de l'erreur finale :



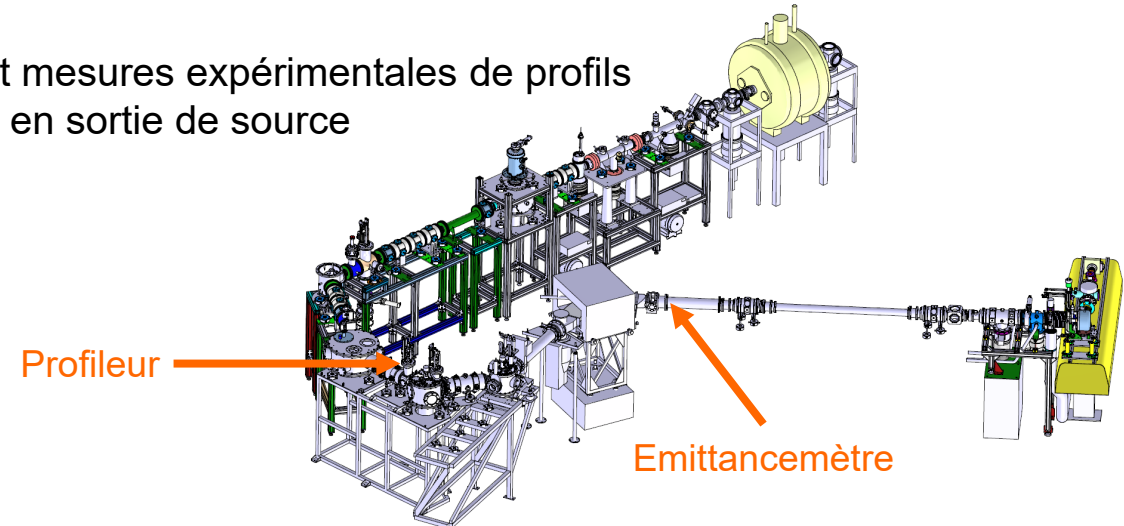
## Reconstitution de l'ellipse de phase ( $6 \epsilon_{rms}$ ):





## 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 :  $5,7 \pm 0,7 \pi.\text{mm.mrad}$  (géométrie rms)
  - Plan vertical :  $1,0 \pm 0,1 \pi.\text{mm.mrad}$  (géométrie rms)
- Perspectives :
  - Comparaison entre simulation de transport et mesures expérimentales de profils
  - Remonter par transport inverse à l'émittance en sortie de source



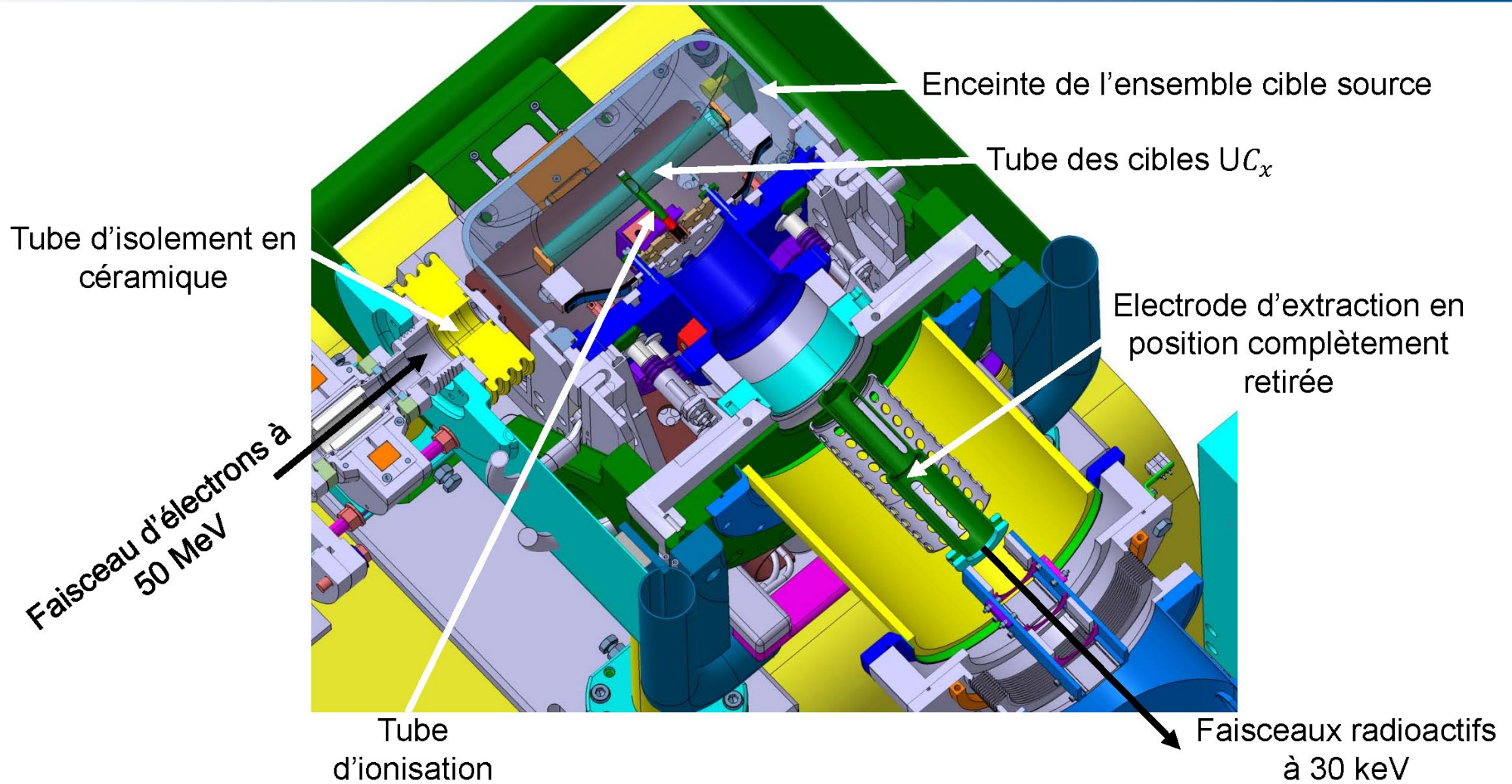




**Merci pour votre attention**



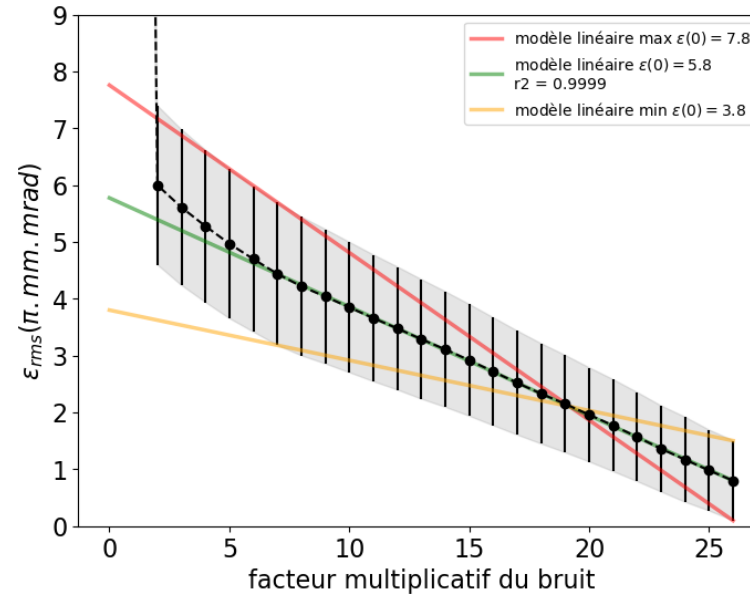
## Ensemble cible-source d'ALTO-LEB





## Bornes de la régression linéaire

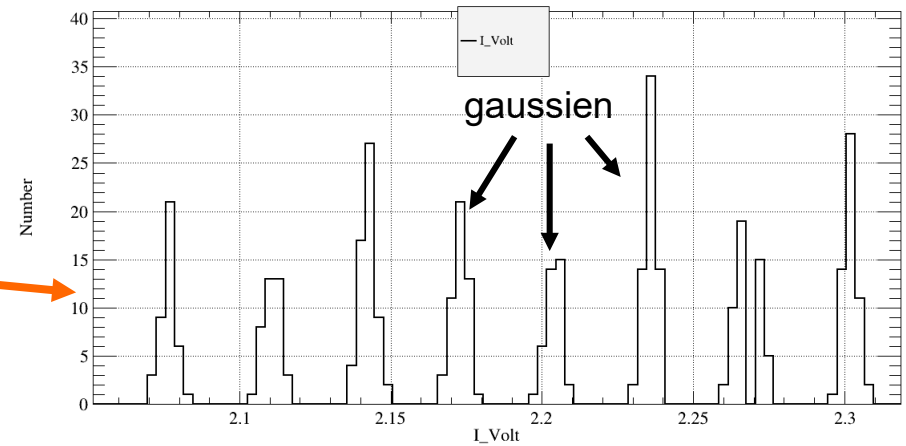
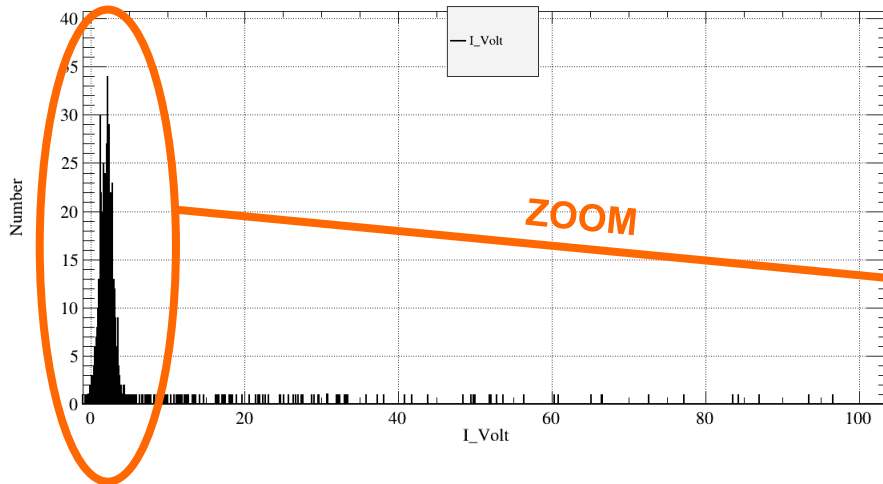
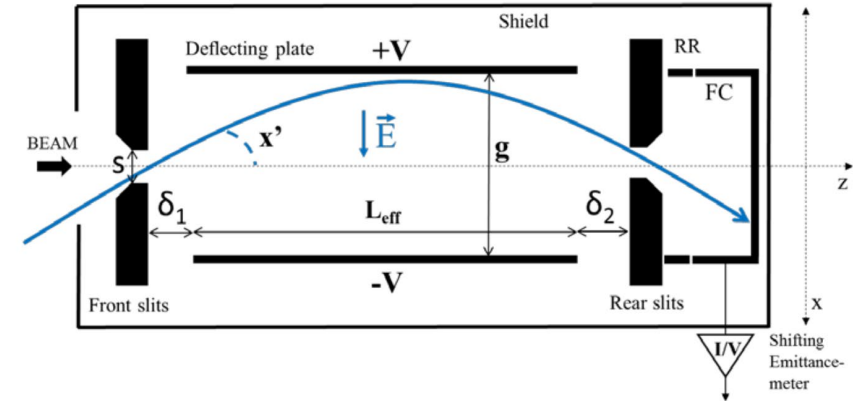
- Borne maximale : condition d'arrêt  $\varepsilon \pm \delta\varepsilon \leq 0$
- Borne minimale : recherche des pentes extrémales dans la zone des erreurs





# 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



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