

Séparateur de haute résolution pour DESIR

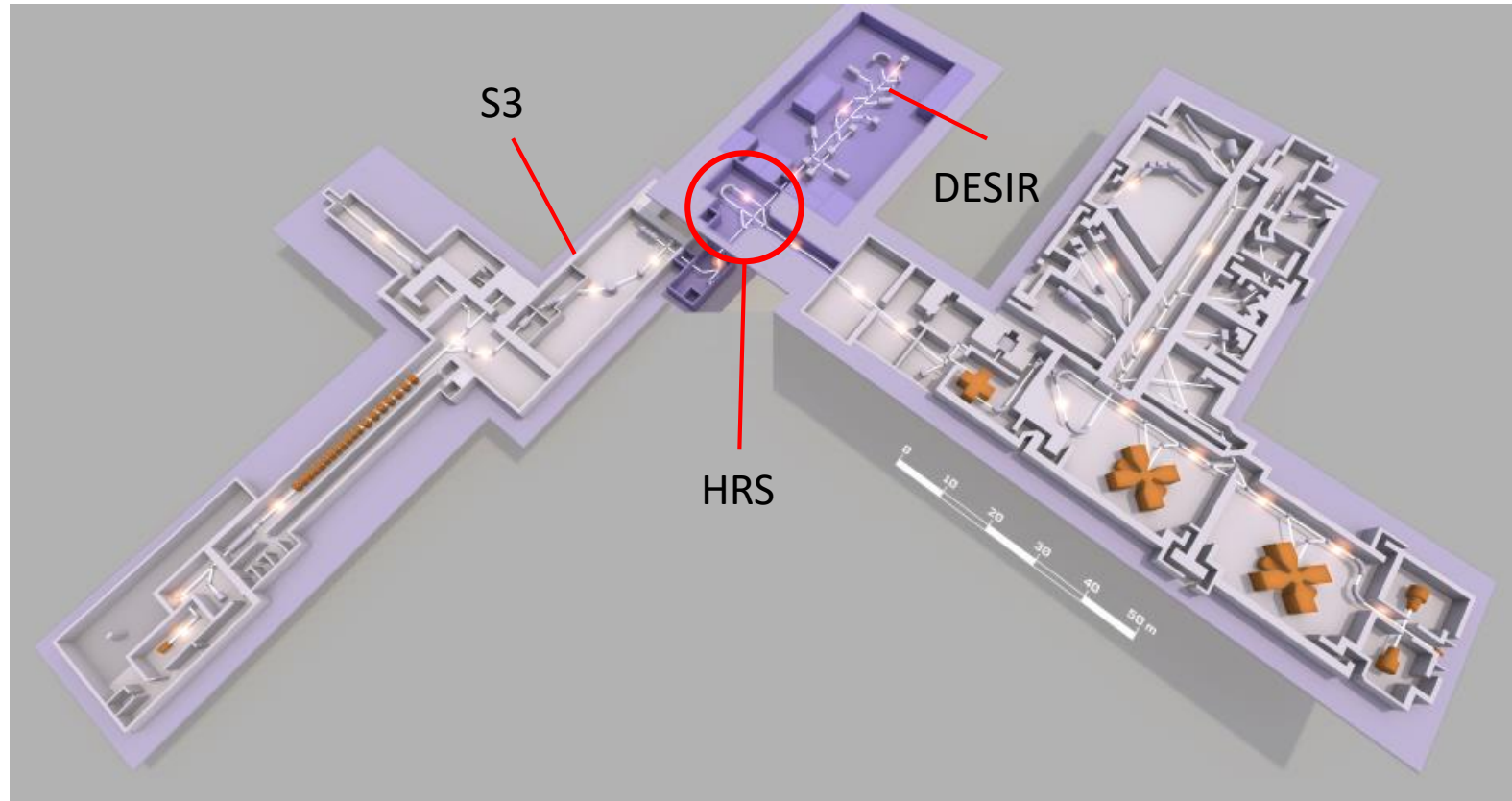
Mise en service et développements

16/12/2021

Julien Michaud

1. **Présentation du HRS**
2. Développements techniques
3. Résultats, conclusion

Pourquoi un HRS ?



- Purification de faisceaux pour la physique de DESIR
 - Séparation d'isobars
 - Moins de radioactivité transportée à DESIR (zone verte)
- Faisceaux provenant de :
 - SPIRAL1
 - SPIRAL2 / S3

Dans le monde

ISOLDE (CERN)	Triumf	SPES Argonne	DESIR (GANIL/CENBG)
$R_{max} = 5000$	$R_{max} = 10000$	$R_{théorique} = 20000$	$12500 < R_{max} < 20000$
Année de construction : 1992	1 ^{er} faisceau en 2019	?	• $\epsilon = 3 - 4 \pi . mm . mrad$ • $E = 25keV$ • Transmission = 100% • Faisceau de $1mm^2$ • $\frac{\Delta E}{E} < 10^{-5}$
<i>Nouvel HRS en phase de design/construction</i>			<i>Fin commissioning et envoi à DESIR en 2023</i>

Le HRS de DESIR

HRS : High Resolution mass Separator

Structure générale :

D : Deux dipôles magnétiques (90° chacun)

MQ : Matching quadrupoles

FQ : Focusing quadrupoles

FS : Focusing sextupoles

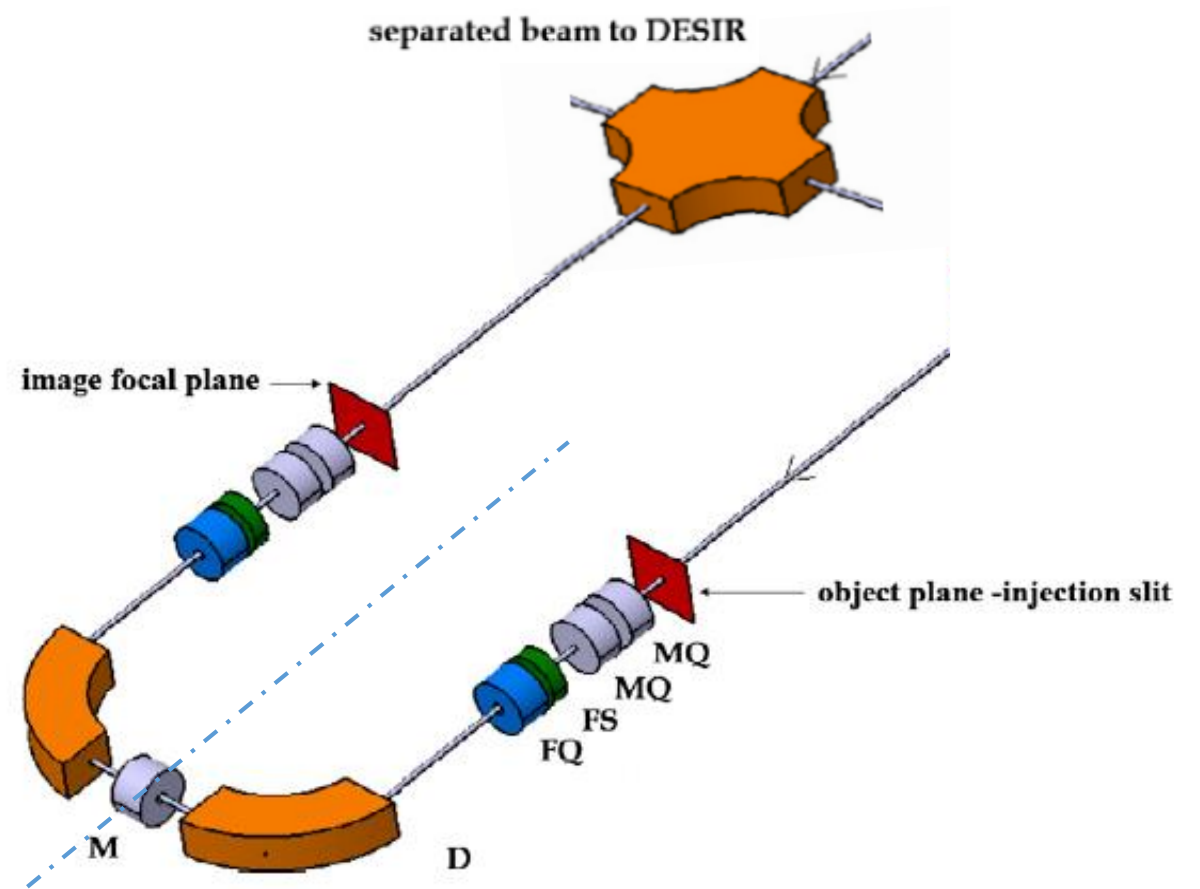
M : Multipole (ordre 5)

Electrostatique

Configuration: MQ-MQ-FS-FQ-D-M-D-FQ-FS-MQ-MQ

La symétrie miroir permet de minimiser les aberrations

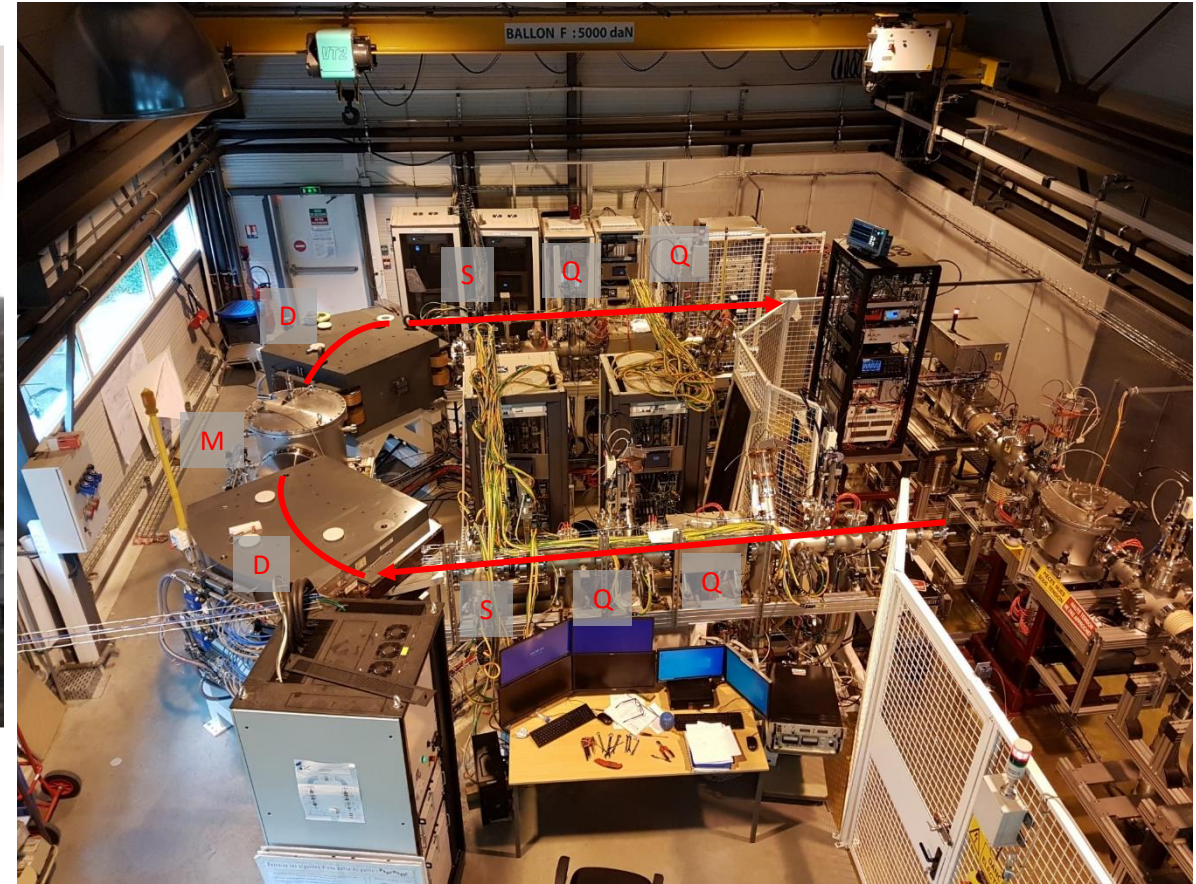
$$\text{Résolution en } \frac{\Delta M}{M} = 20000$$



Le HRS de DESIR au CENBG

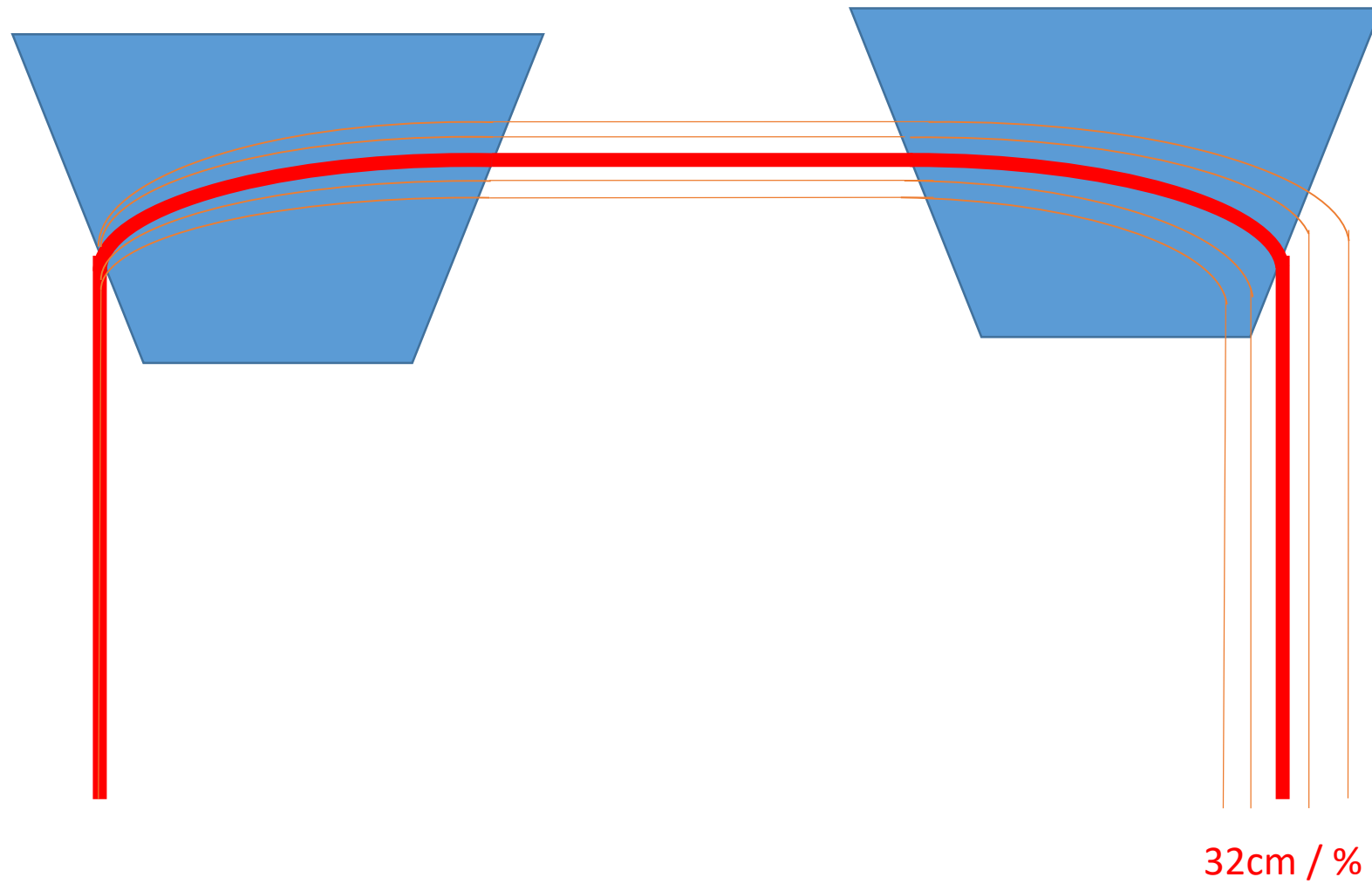


Hall de montage



HRS

Principe de la séparation magnétique



Principe de la séparation magnétique

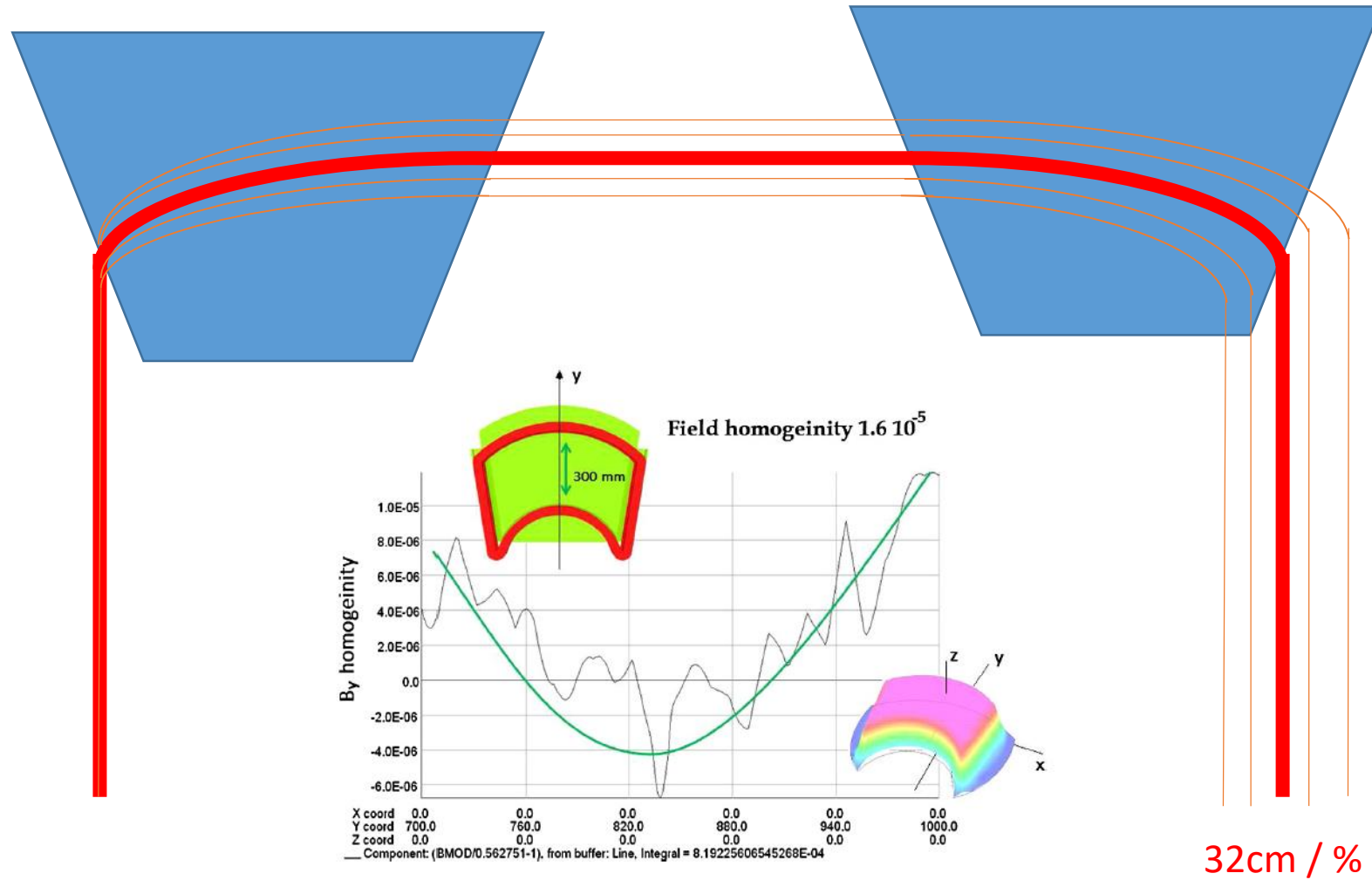


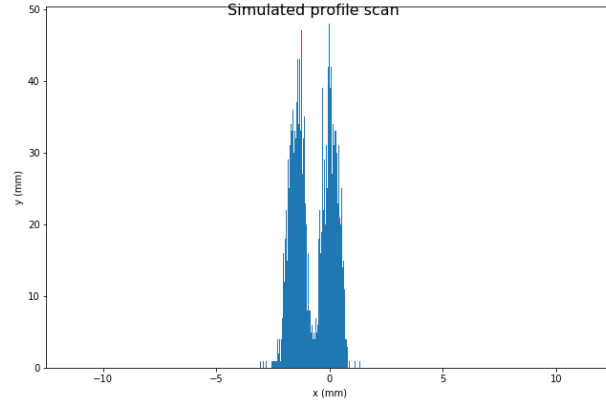
Table 3

Positioning precision tolerances for the DESIR-HRS.

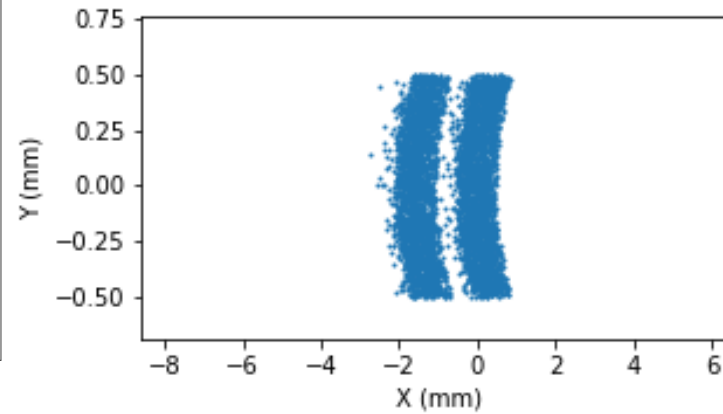
	X shift (mm)	Y shift (mm)	X tilt (mrad)	Y tilt (mrad)	θ (mrad)
MQ	± 0.1	± 0.1	± 3.5	± 3.5	± 3.5
FS	± 0.1	± 0.1	± 0.35	± 3.5	± 3.5
FQ	± 0.1	± 0.1	± 0.35	± 3.5	± 3.5
D	± 0.1	± 0.1	± 0.35	± 3.5	± 3.5
M	± 0.1	± 0.1	± 3.5	± 3.5	± 3.5

Effet des aberrations sur la séparation de faisceau : $\frac{\Delta M}{M} = \frac{1}{20000}$

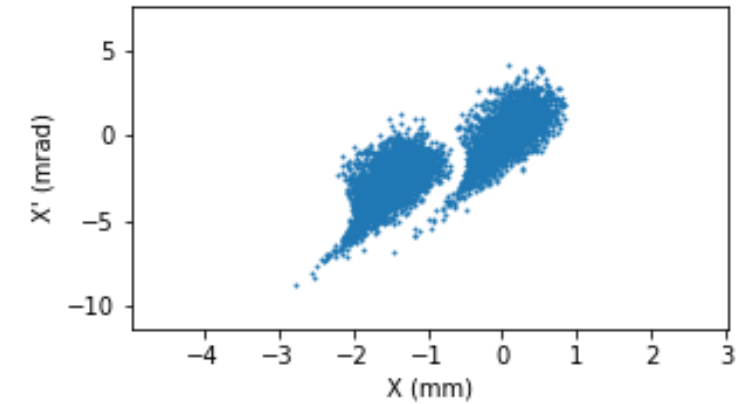
Spectre en position



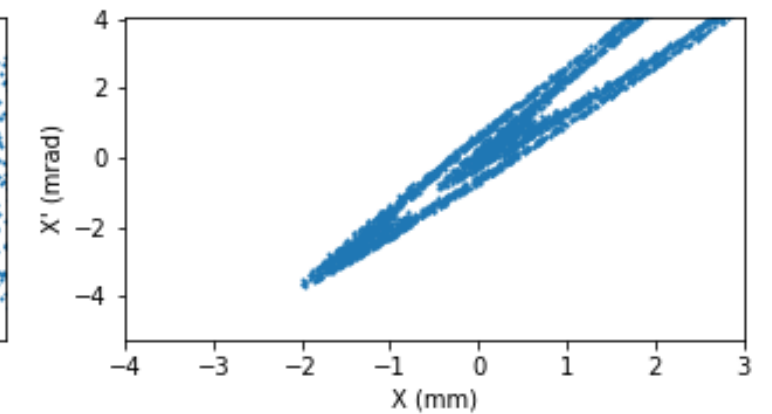
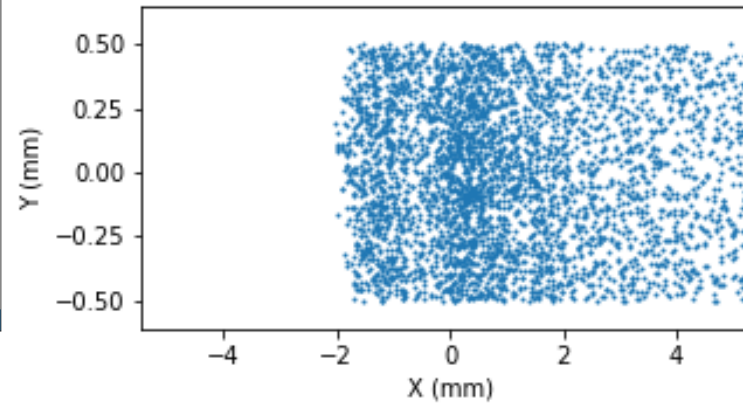
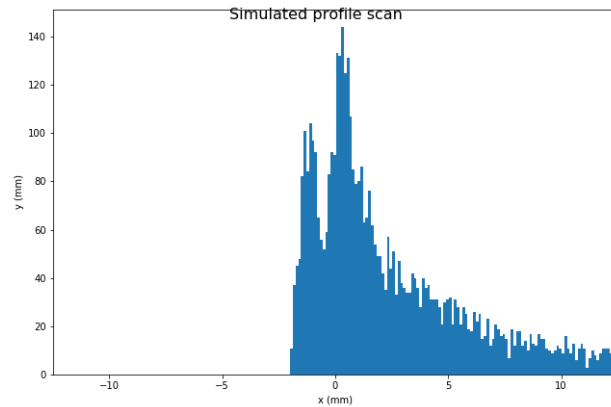
Profil en position
(vue de face)



Profil d'émittance (XX')



Faisceau
corrigé (peu
d'aberrations)



Aberrations
non
corrigées

Outils pour améliorer la résolution

La correction des aberrations passe par deux principales étapes :

1. Détecter + quantifier les aberrations : émittance-mètre

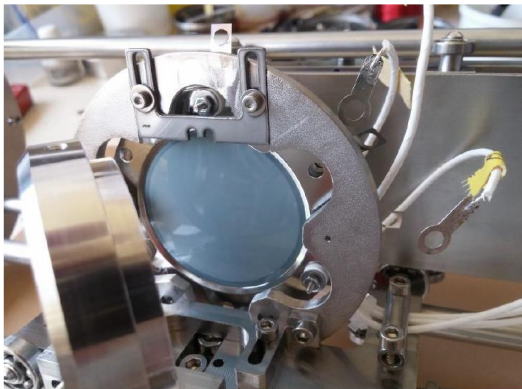


2. Corriger les aberrations : multipole

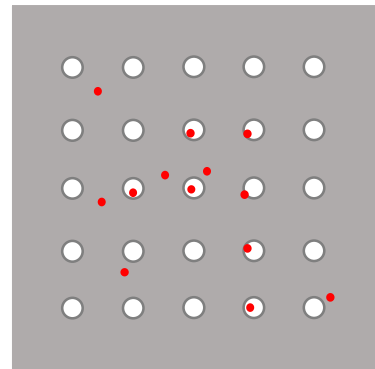


1. Présentation du HRS
- 2. Développements techniques**
3. Résultats / conclusion

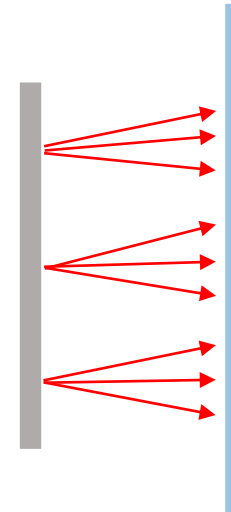
Emittance-mètre – fonctionnement général



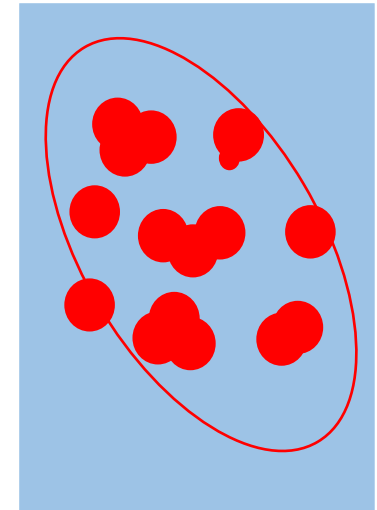
Emittance-mètre: pepperpot
- 40x21 holes
- 20 μm holes



Vue de face -
Masque



Vue de
profil

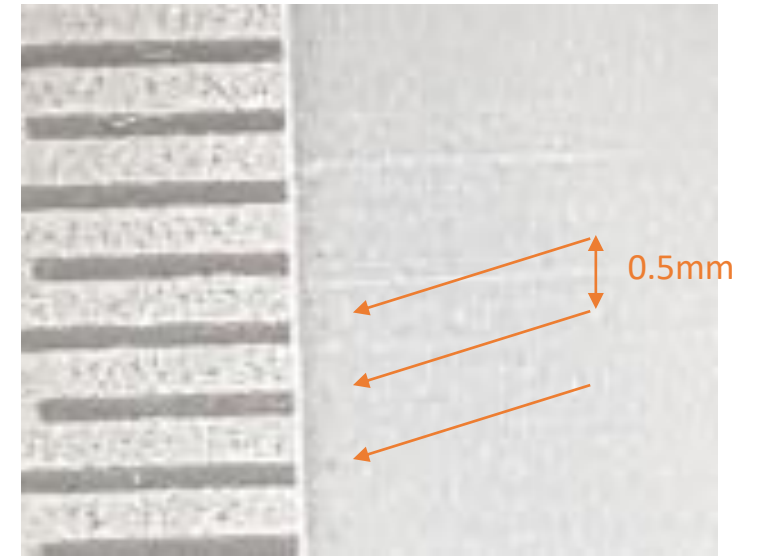


Vue de face -
Caméra

Specifications de l'émittance-mètre

1. Masque de l'émittance-mètre :

- Structure en tantale de 200um d'épaisseur
- Trous de 20um percés au laser
- Set de masques dispo en spare avec inter-trous de 0.5/1/2mm



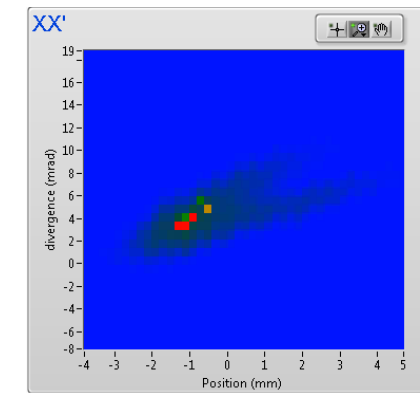
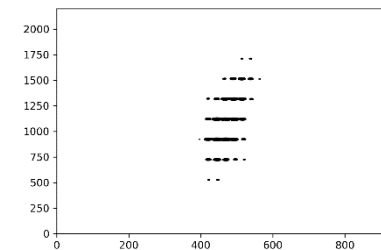
2. Visualisation du faisceau :

- Couple de Micro-Channel Plates
- Ecran phosphore
- Camera CCD



3. Analyse des données :

- Logiciel Pantechnik
- Codes python (J. Michaud)
- Logiciel CorrAb (A. Balana)



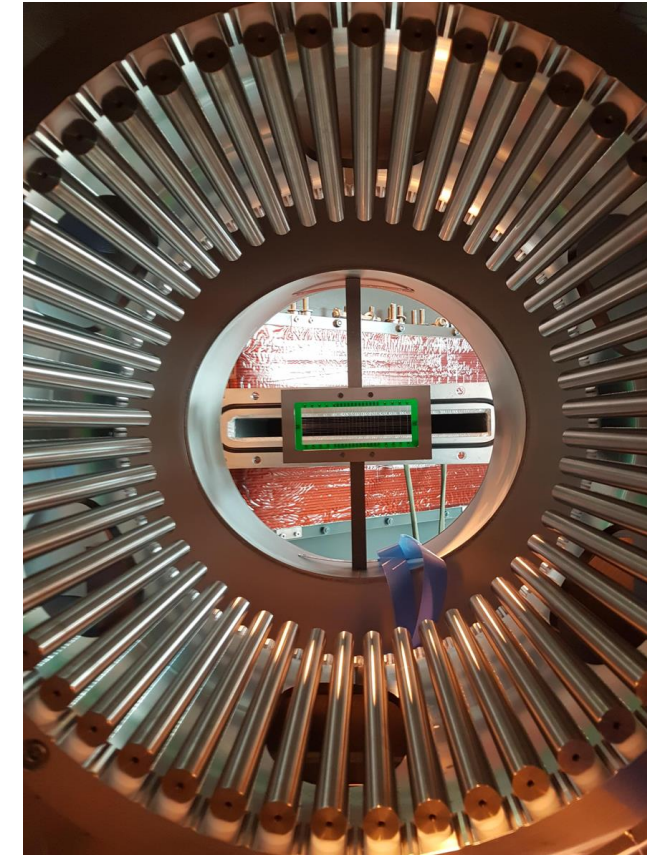
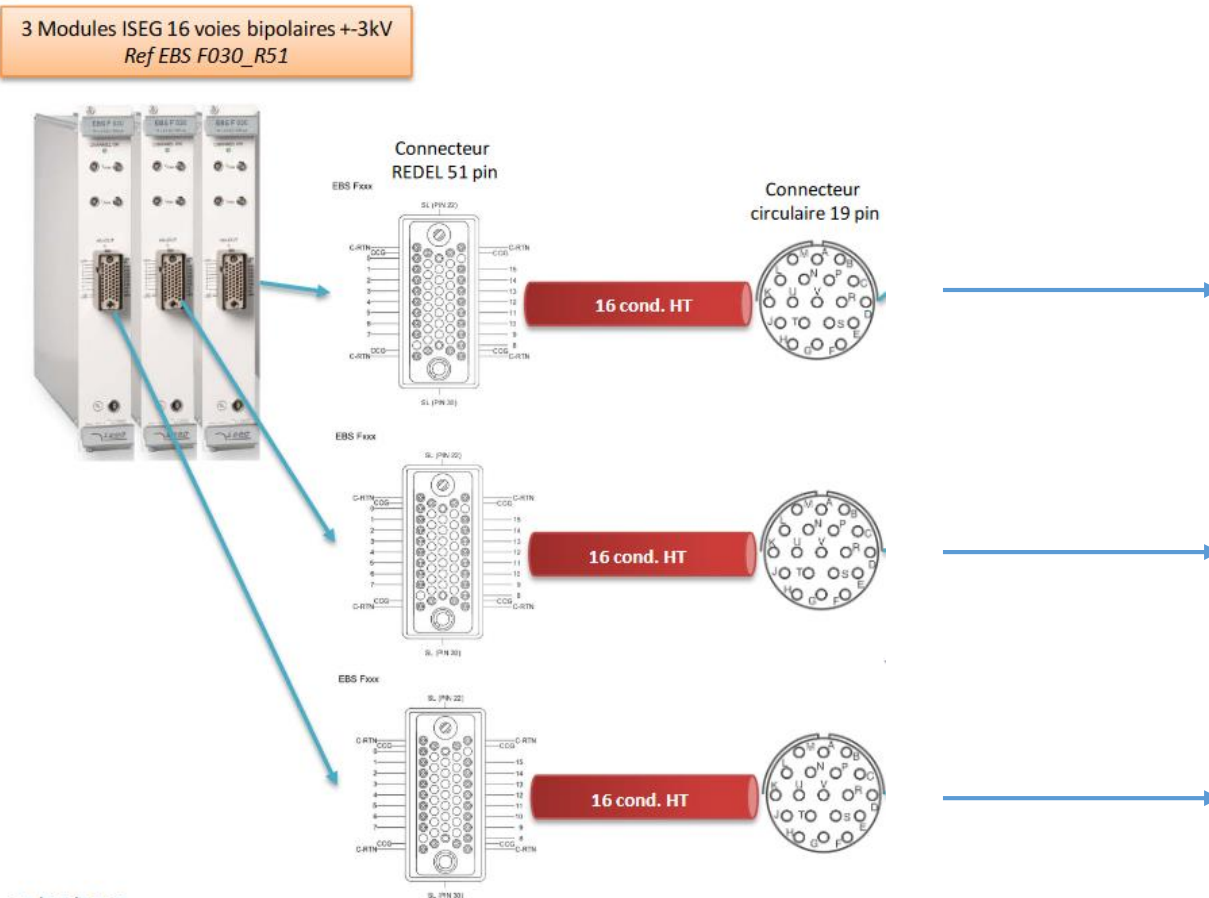
- Manque de précision, ne permet pas de voir les aberrations faisceau aussi bien que souhaité
- Acquisitions longues => pas de réglage « dynamique »
- Traitement d'image difficile (problème de mémoire) => Limité en points de mesure

Projet de développement d'un émittancemètre au CENBG

- Masque 2D permettant un scan rapide pour réglages dynamiques
- Logiciel d'acquisition et contrôle commande « faits maison », pas limité en mémoire
- Masque déplaçable pour un échantillonnage plus fin (mais plus long)
- Analyse en direct des figures d'émittances en passant par un logiciel unique (CC + analyse)
- Emittancemètre interfacé avec le multipôle

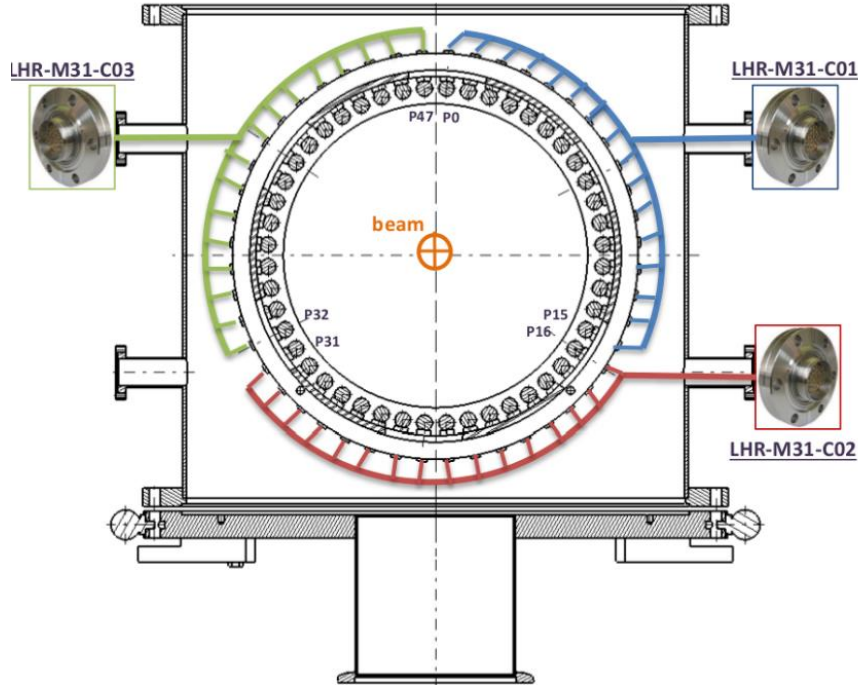
Multipôle électrostatique

Le HRS est équipé d'un multipôle électrostatique qui permet de corriger les aberrations du faisceau

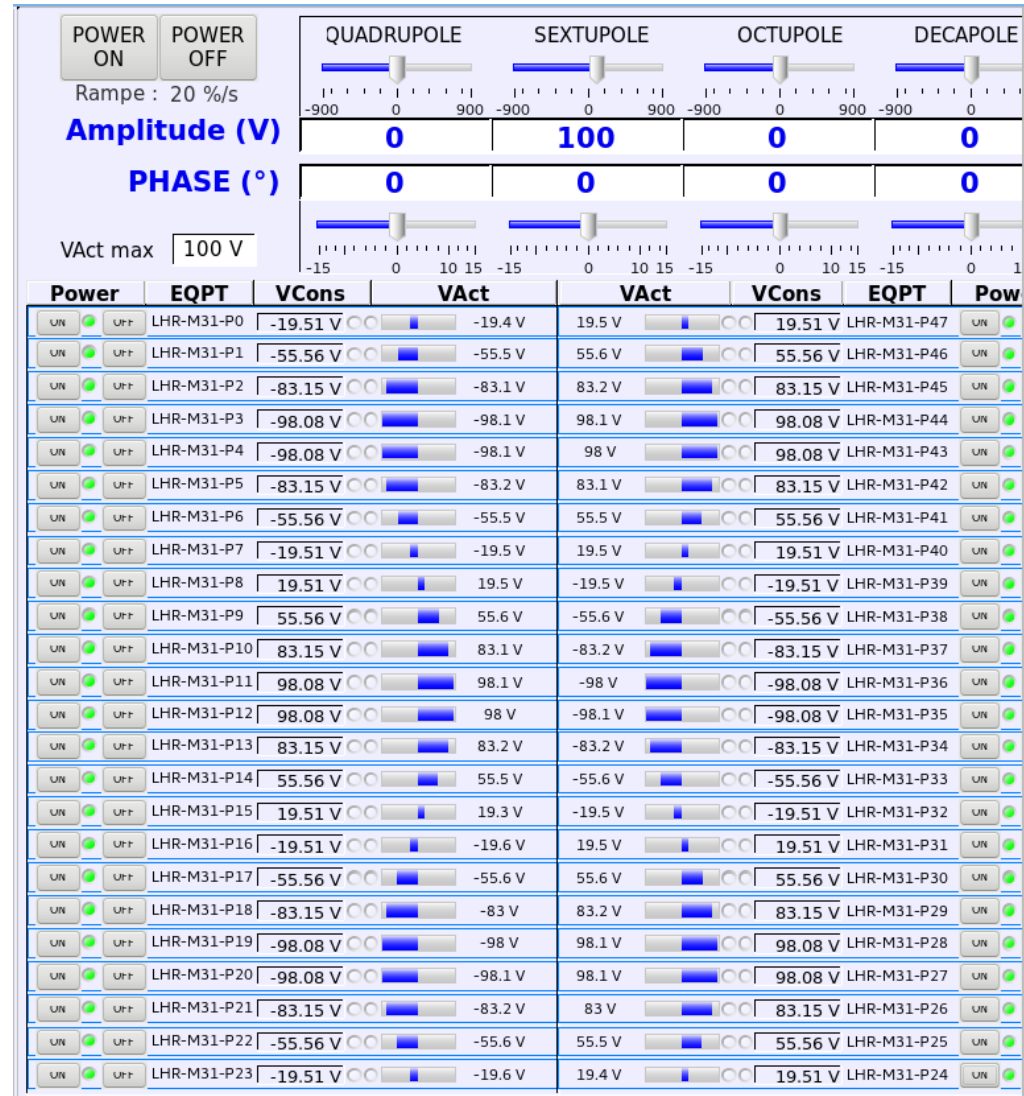


48 pôles !

Multipôle électrostatique



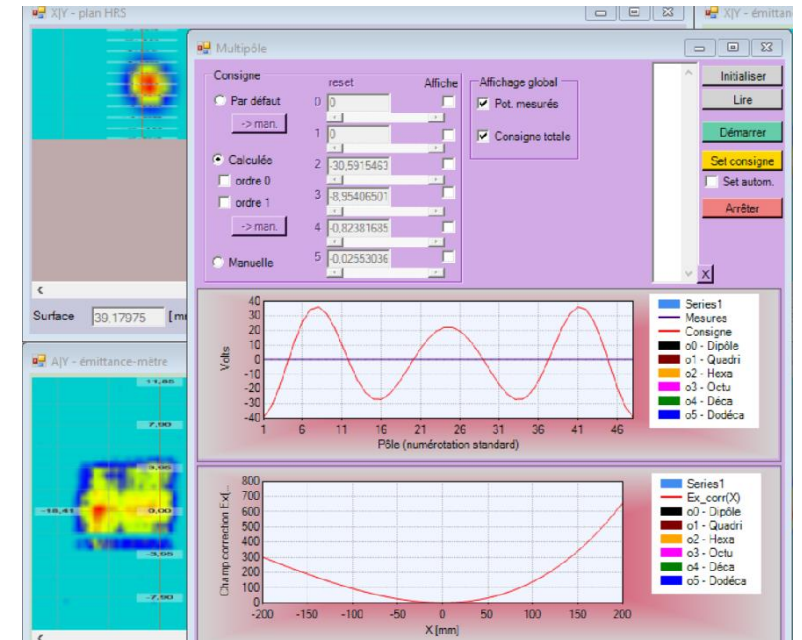
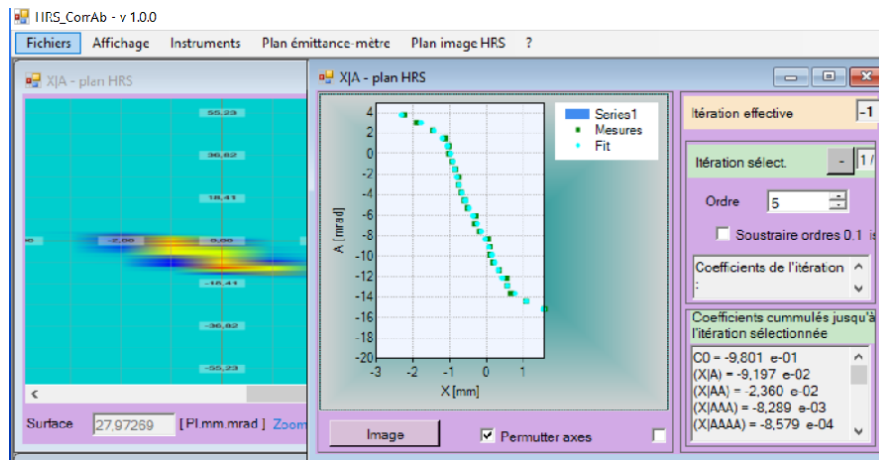
$$V(P) = \sum_{n=2}^n V_n \cdot \cos \left(n * \frac{2\pi(P - 12 + 0.5)}{48} + \phi \right)$$



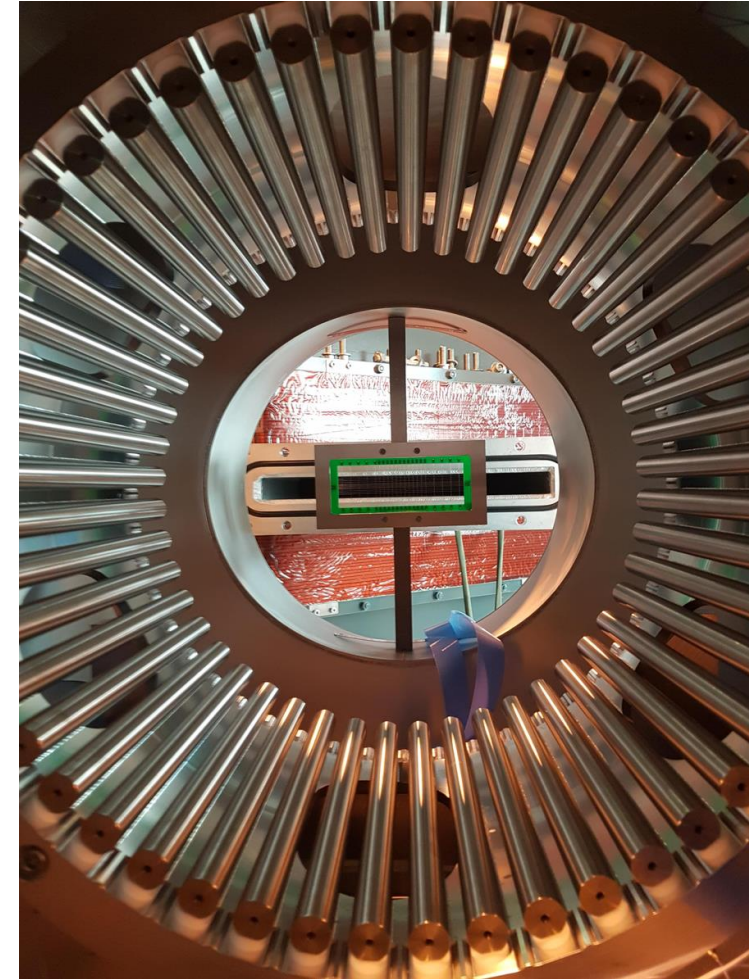
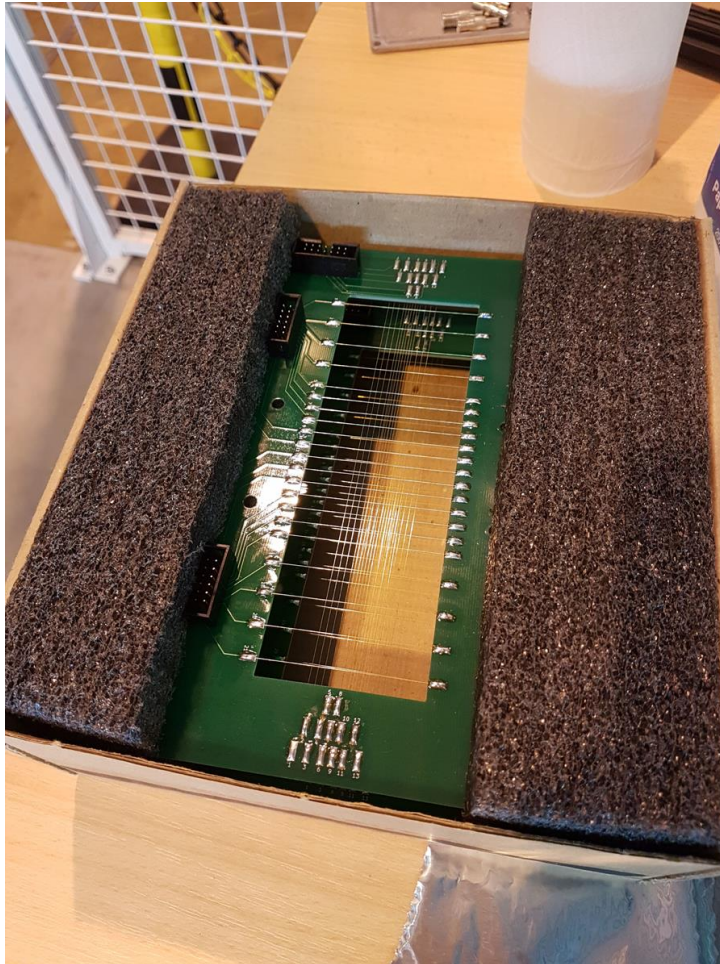
CorrAb permet d'analyser les données de la caméra de l'émittancemètre :

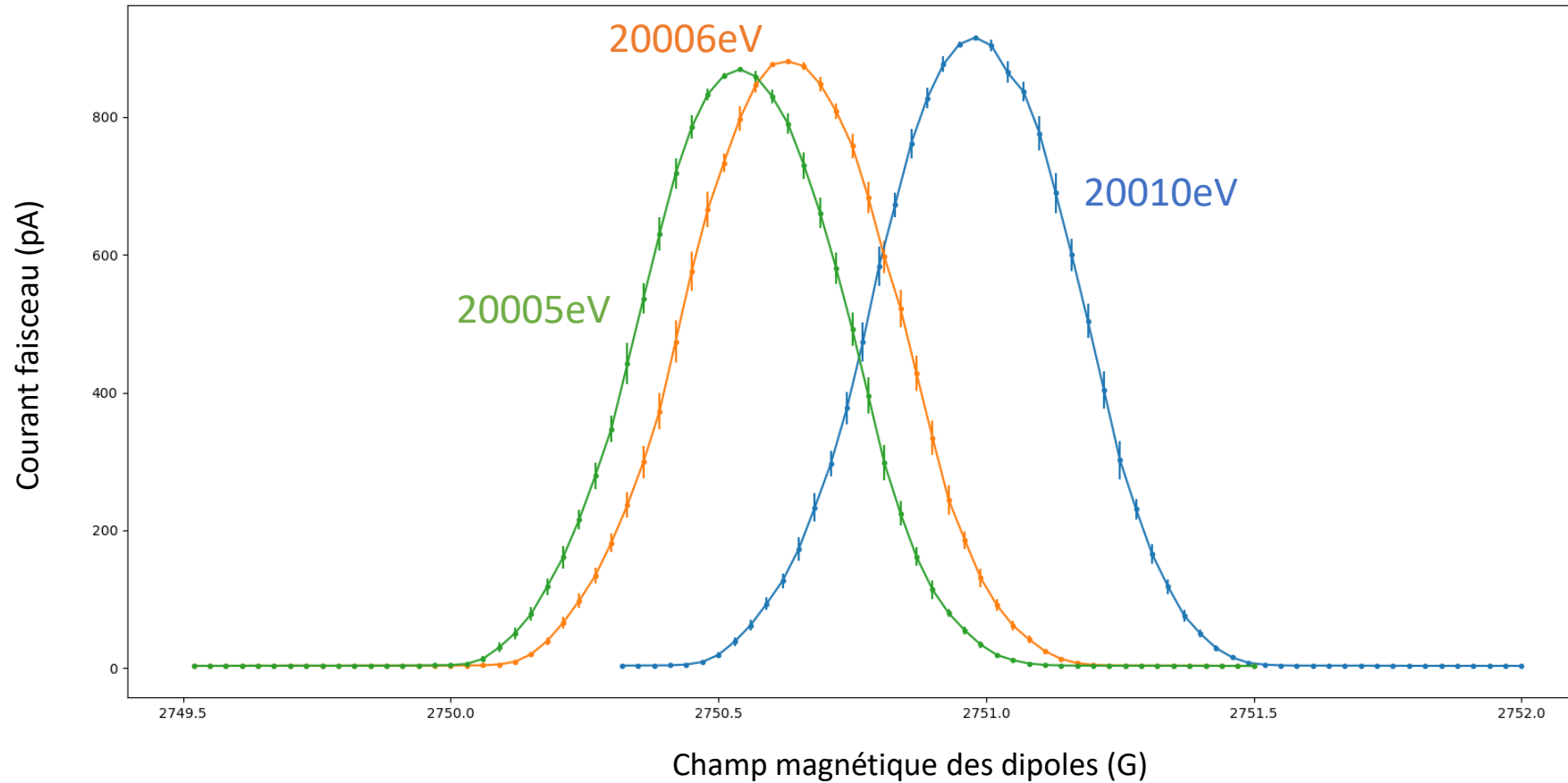
- Figures d'émittances au niveau de l'émittancemètre
- Figures d'émittances propagées au point image du HRS
- Analyse automatique de la figure d'émittance
- Envoi de commandes de tension au multipôle
- Processus itératif pour corriger les aberrations

En développement !



Développement de profileurs spécifiques (B. Lachacinski)

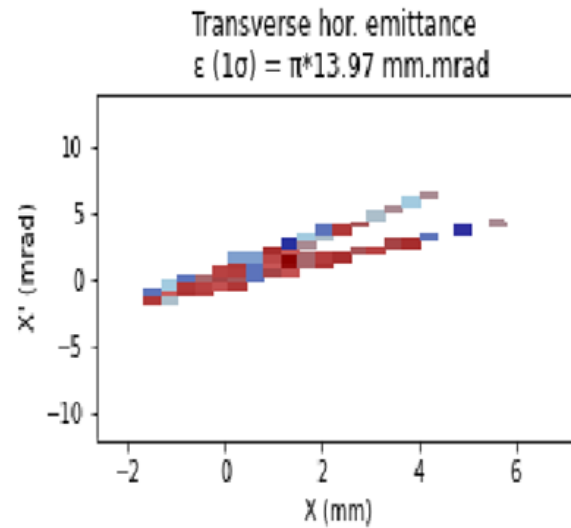
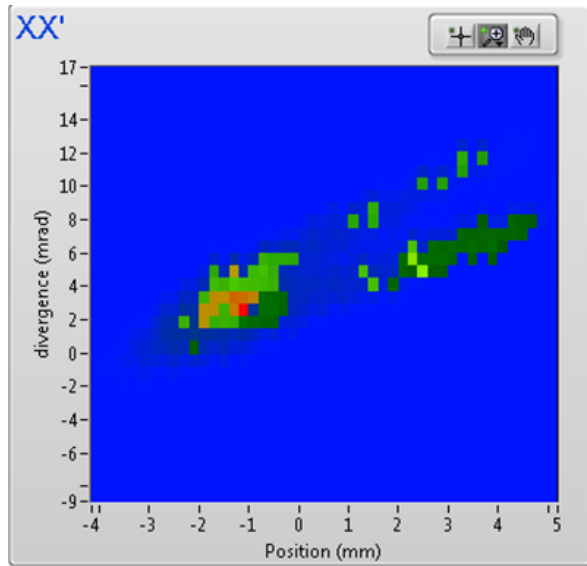




Besoin de diagnostics précis pour le champ magnétique : sondes RMN

-
1. Présentation du HRS
 2. Développements techniques
 - 3. Conclusion/résultats**

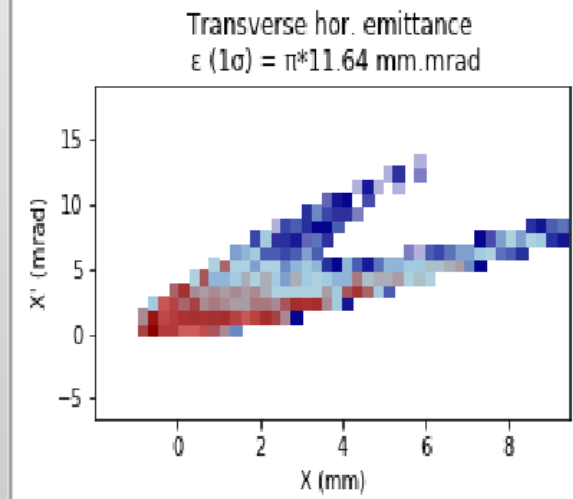
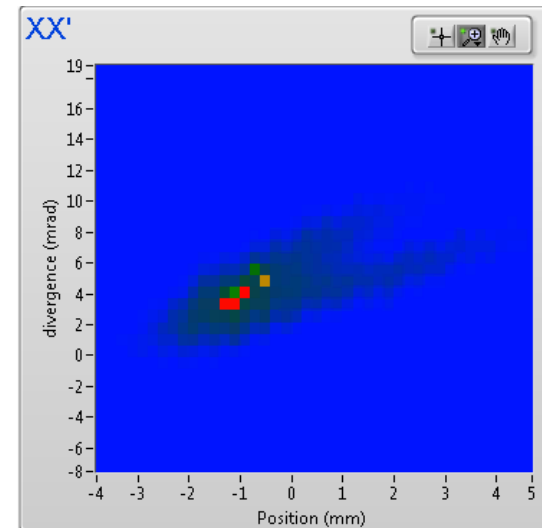
Figures d'émittance

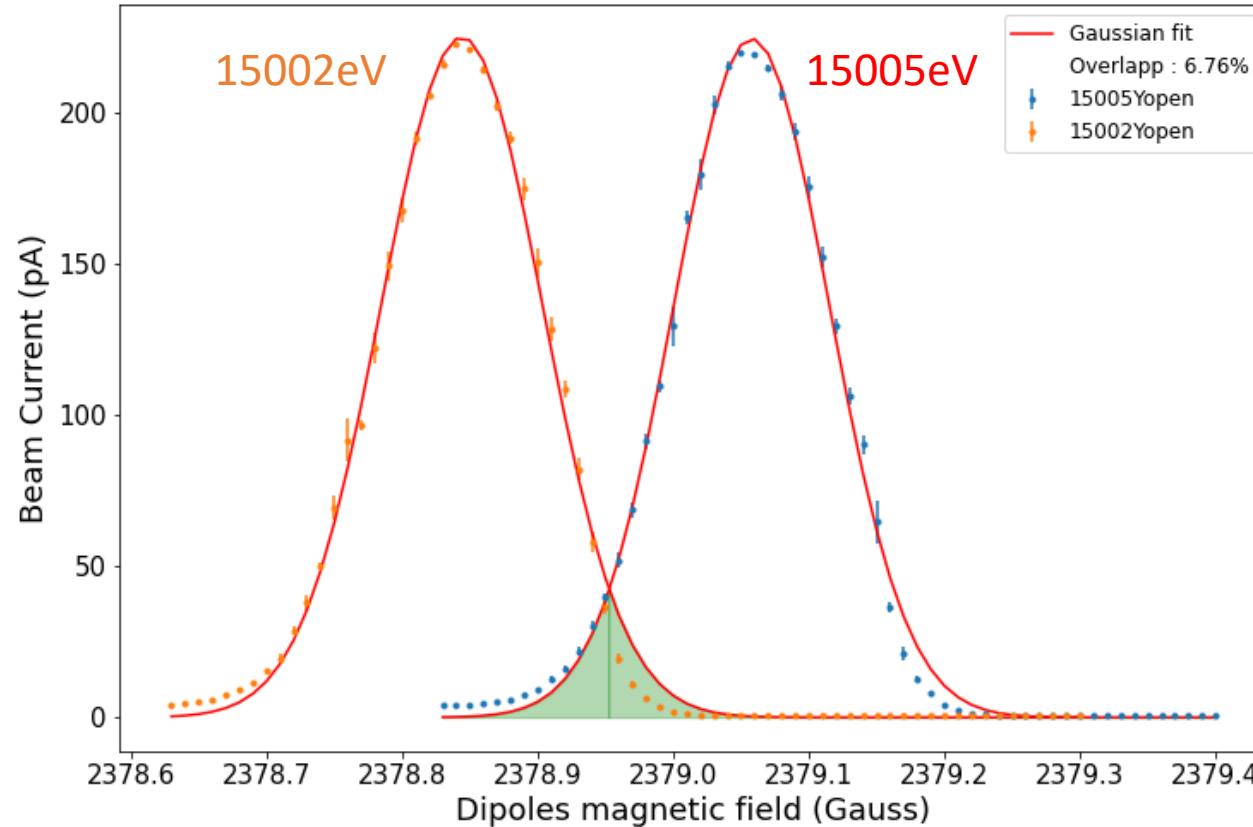


Résultats très concordants avec les simulations

Résolution de l'émittance-mètre semble suffisant (limite?) pour voir l'ordre 2.

➔ Ordre 3 ???





$$R = 12500 !! (FWHM)$$

- $\epsilon = 3 - 4 \pi . mm . mrad$
- $E = 25keV$
- Transmission > 95%
- Faisceau de $1mm^2$
- $\frac{\Delta E}{E} < 10^{-5}$

Conclusion

- Séparation de manière opérationnelle de $R = 10000$.
- Dans des cas spécifiques, une résolution meilleure peut être atteinte (HRS n'est non plus un outil, mais un instrument/detecteur d'expérience) avec un réglage plus fin fait par des experts + CorrAb.
- Résolution $R \geq 12500$ à 20-25 keV → on devrait atteindre $R = 20000$ aux 60keV prévus pour DESIR.
- Transmission point-point $> 90\%$ pour le HRS. On peut alors sacrifier la transmission pour booster la résolution. Exemple : Triumf $R = 20000$ pour fentes à 0.1mm .
- La résolution finale dépendra :
 - De l'émittance d'entrée
 - De l'énergie du faisceau
 - De la dispersion en énergie du faisceau
 - De l'ouverture des fentes / de la transmission tolérée
 - Du degré de correction (+ de correction => plus de temps de réglages)

($R = 12500$)
($\epsilon \sim 4 \pi. mm. mrad$)
($E = 25keV$)
($< 10^{-5}$)
(1mm / $> 90\%$)
(2nd ordre)