

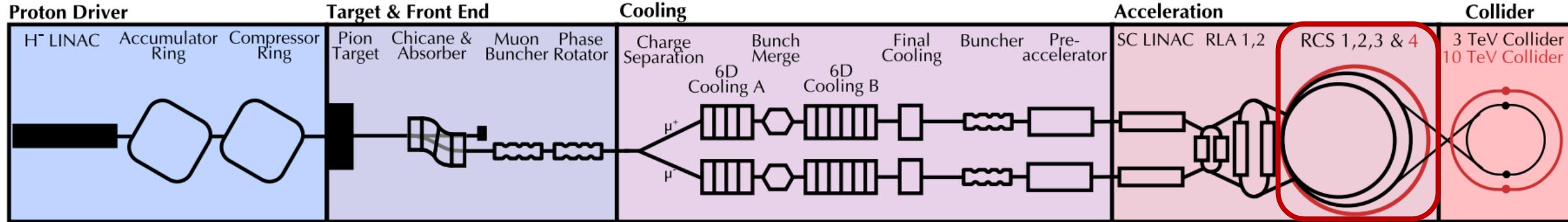
Design de synchrotrons pulsés pour la chaîne d'accélération de haute énergie d'un collisionneur à muons

Lisa Soubirou – CEA IRFU / DACM / LEDA

Journées Accélérateurs 2025 de la SFP – 7 au 10 octobre 2025

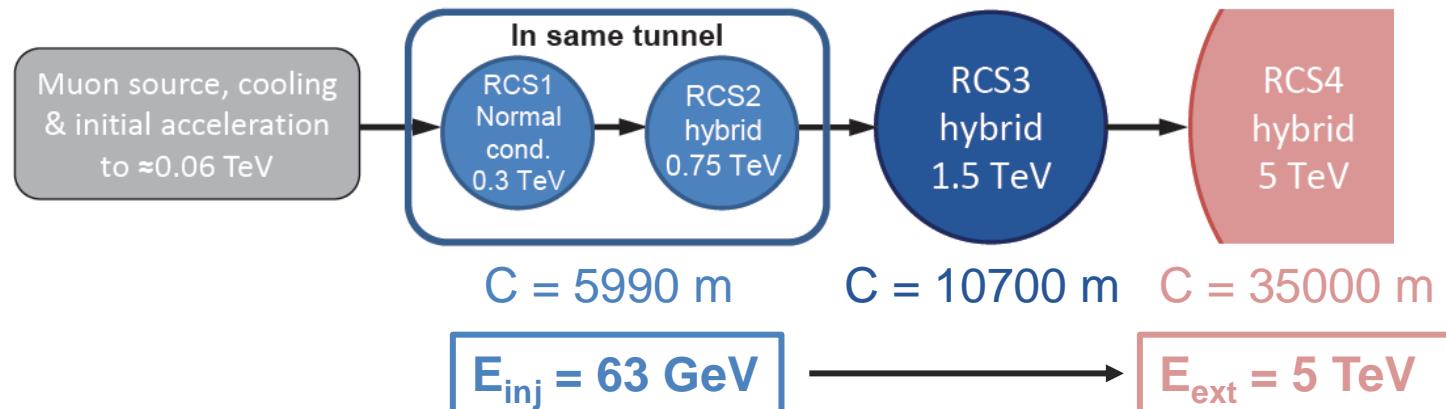


Collisionneur à muons et chaîne de synchrotrons pulsés



Chaîne de synchrotrons pulsés (RCS): 1 RCS normal et 3 RCS hybrides.

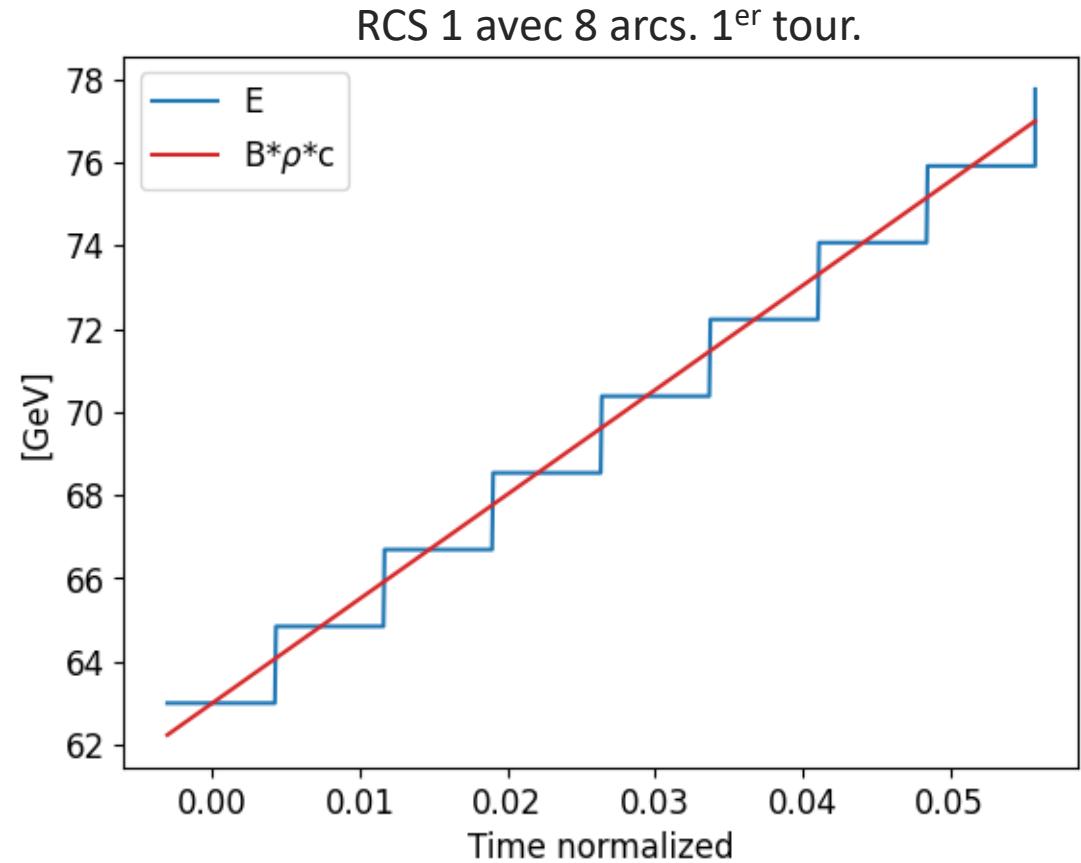
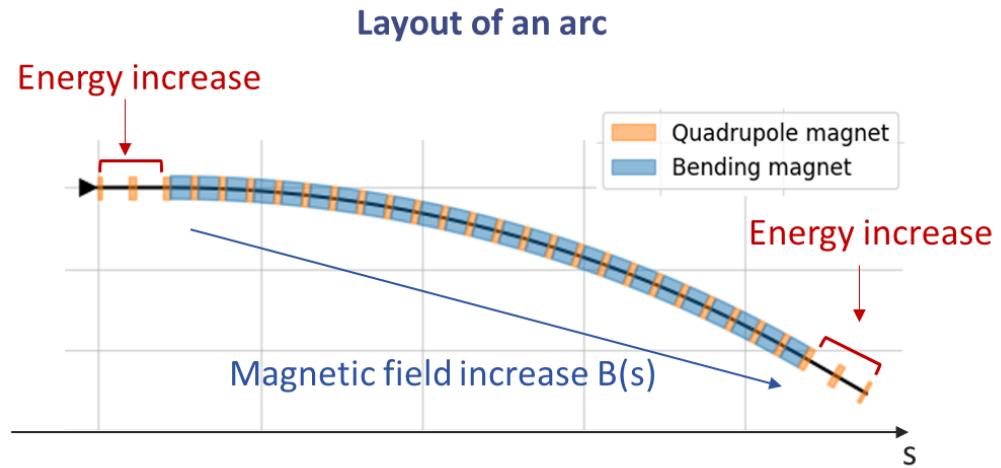
- Défis principaux :
- Durée de vie des muons $\propto \gamma * 2.2 \mu\text{s}$.
 - Beaucoup de R&D + démonstrateurs.



Accélération sur la chaîne en moins de 10 ms !

Écart entre l'énergie et la rampe des aimants

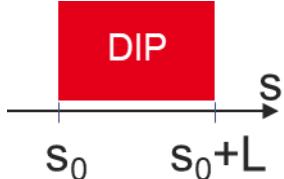
- Accélération très rapide : en **moins de 10 ms.**
- Pour une machine conventionnelle, la variation de $B(t)$ dans les dipôles des arcs est négligeable.
- Pour **8 arcs** dans le **RCS 1**, l'erreur sur le champ s'élève à **3%** sur le premier arc.



Modèle analytique et simulations

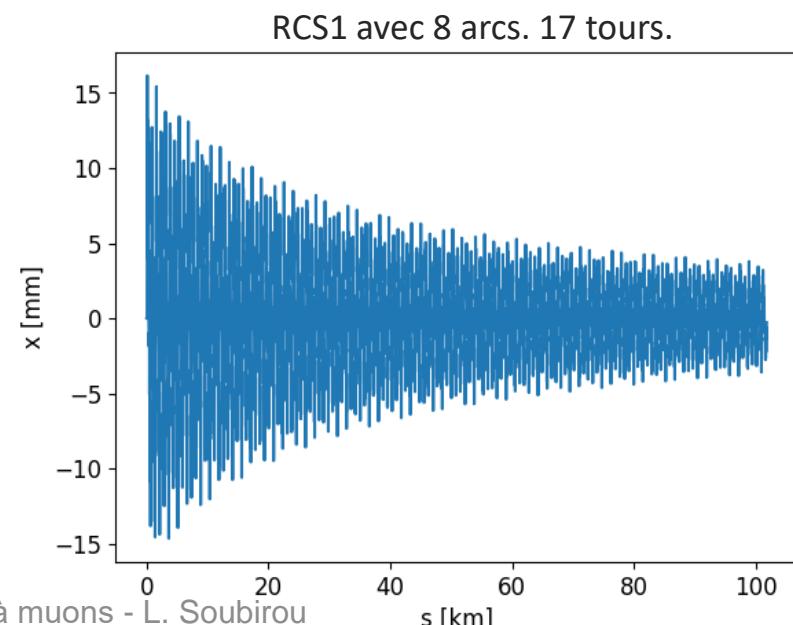
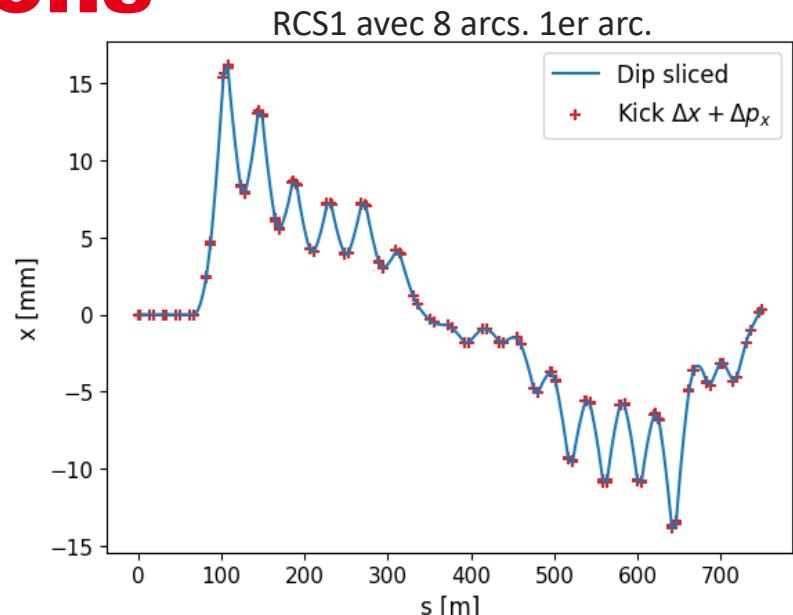
- Développement d'un **modèle analytique** pour calculer l'erreur de trajectoire créée dans un dipôle.
- Pour un dipôle de longueur L dont la face d'entrée est en s_0 :

$$\Delta x(L, s_0) = \frac{1}{2} \frac{\dot{B}}{(B\rho)} L^2 \left(\frac{L}{3} + s_0 - s^* \right)$$



$\begin{cases} \dot{B} : \text{rampe du champ magnétique [T/m]} \\ B\rho = \frac{E_{\text{ref}}}{c} : \text{rigidité magnétique [Tm]} \\ s^* : s \text{ tel que } B(s^*) = B^* \text{ (référence magnétique) [m]} \end{cases}$

- Implémentation sur un arc : **modèle et simulations** (Xsuite) en accord !

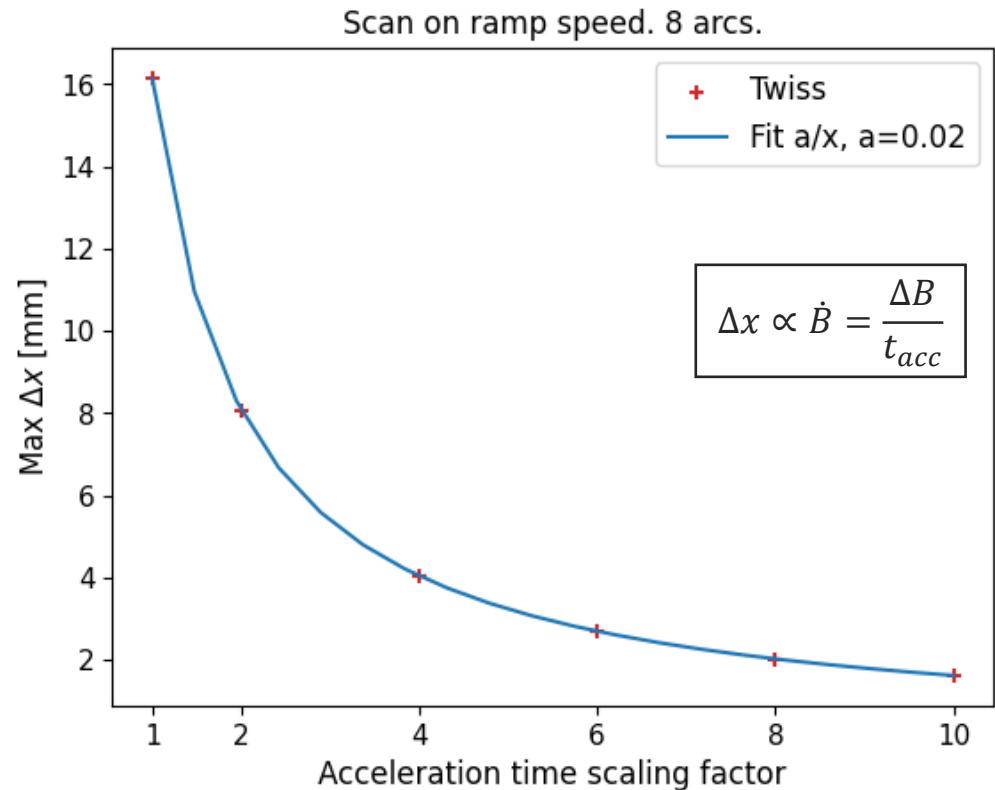


Loi d'échelle

$$\Delta x(L, s_0) = \frac{1}{2} \frac{\dot{B}}{(B\rho)} L^2 \left(\frac{L}{3} + s_0 - s^* \right)$$

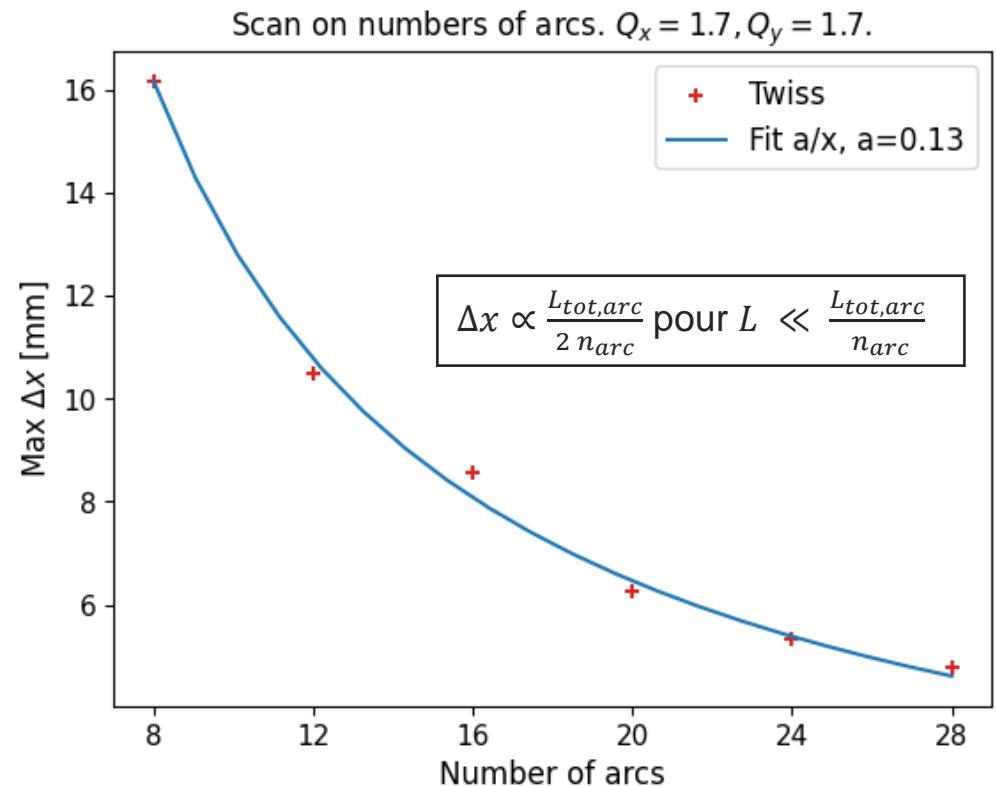
Rampe \dot{B} ou vitesse d'accélération.

Scan sur un temps d'accélération plus long : $t = t_{acc} * f$.



Répartition de la RF sur n_{arc} sections.

Homogénéisation des optiques en imposant Q_x et Q_y .

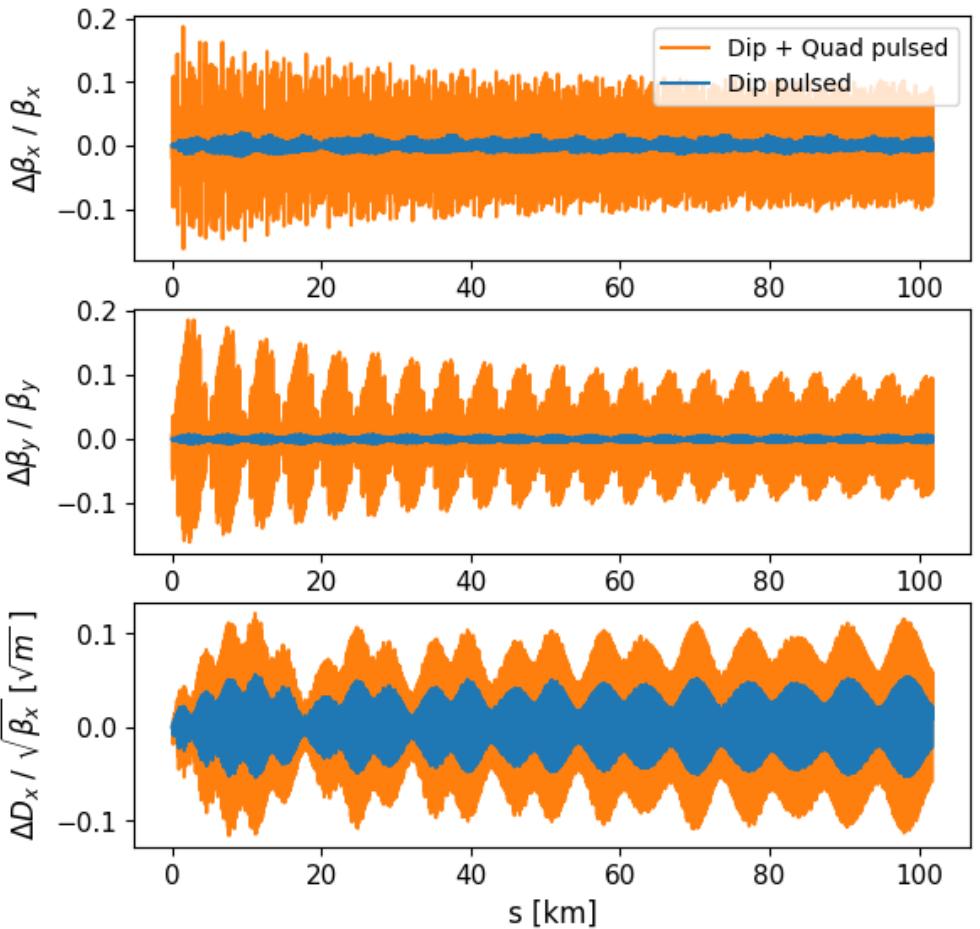


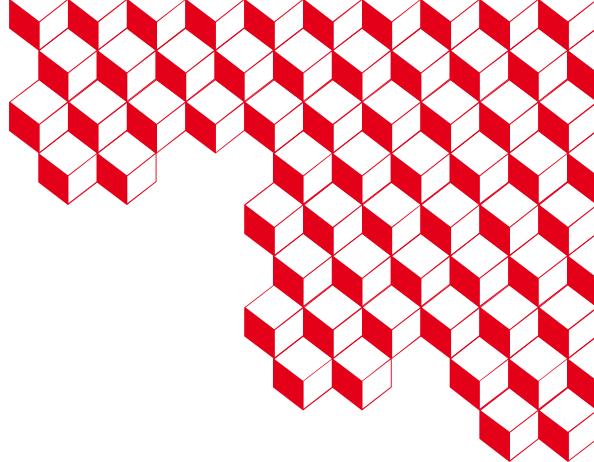
Impact sur les fonctions optiques

- Les **quadripôles** sont aussi **pulsés** : erreur de focalisation !
- Comparaison de l'optique avec et sans erreur sur les dipôles et quadripôles :
 - **Dipôles pulsés** : erreur sur k_0 .
 - **Dipôles + Quadripôles pulsés** : erreur sur k_0 et k_1 .
- Perturbation sur la **dispersion normalisée jusqu'à $0.1 \sqrt{m}$** .
- **Beta-beating à 20%** lorsque les quadripôles sont pulsés.

En cours :

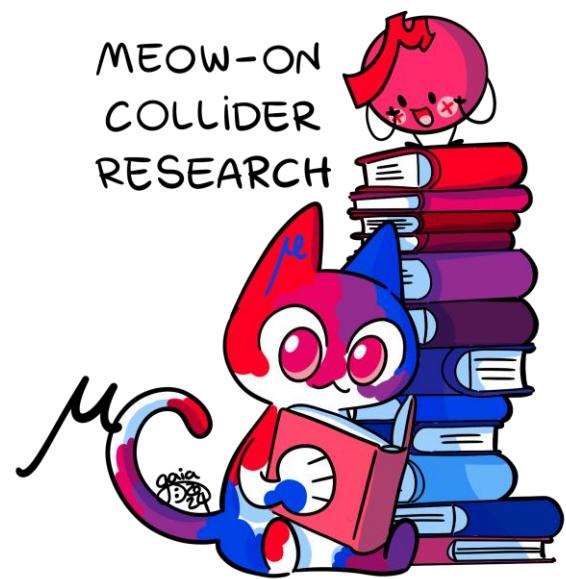
- Développement d'un modèle analytique pour prédire la perturbation créée sur les fonctions optiques.
- Études de transport à suivre pour quantifier **l'augmentation d'émittance**.





Merci pour votre attention !

Contact : lisa.soubirou@cea.fr



* Artwork from Gaia Fontana @qftoons