

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Valette Matthieu

ENSTA ParisTech - Modélisation des systèmes

INSTN - Master Modélisation & Simulation

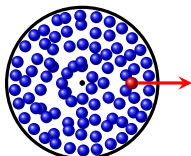
Contact pour la thèse : Thèse proposée suite au stage effectué dans le cadre du même projet. Stage trouvé sur le site de l'INSTN.

Motivations : Volonté de poursuivre le parcours académique, de se former et de travailler dans la recherche scientifique. Attrait des thématiques scientifiques théoriques et expérimentales liées aux accélérateurs. Participer à l'effort pour parvenir à la production d'énergie par fusion nucléaire.

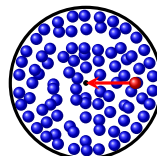
- **Études de dynamique faisceau pour l'accélérateur IFMIF :**

Dans le cadre de la Broader Approach, le projet IFMIF vise à tester, en les irradiant, de potentiels nouveaux matériaux pour les futurs Tokamaks de fusion. Ce projet prévoit le déploiement de deux accélérateurs de Deutéron à 40 MeV et 125 mA pour une puissance totale de 10 MW. Ces puissances et intensités faisceaux sans précédent nécessitent des études approfondies de la dynamique du faisceau en fort régime de charge d'espace.

- **Charge d'espace :** force d'auto-répulsion d'un faisceau de particules chargées et de même signe.



Force Électrique repoussant les
particules



Direction
Faisceau

$$I = \sum_i q_i v$$

Force Magnétique de direction opposée

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

- 1 Broader Approach et Projet IFMIF
- 2 Simulations, Mesures et Commissioning
- 3 Halo et Instabilités dans les Accélérateurs Linéaires
- 4 Conclusion

Broader Approach

L'Approche Élargie est une collaboration signée entre l'Europe et le Japon pour soutenir la recherche sur ITER et la génération d'énergie par fusion nucléaire. Elle consiste en :

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Broader Approach

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

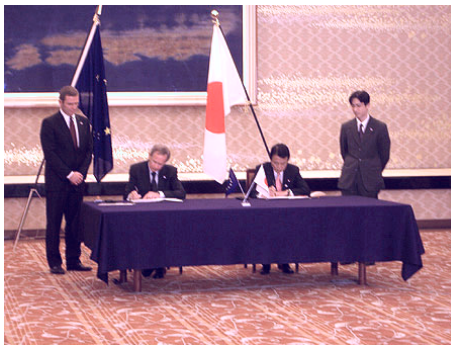
Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

L'Approche Élargie est une collaboration signée entre l'Europe et le Japon pour soutenir la recherche sur ITER et la génération d'énergie par fusion nucléaire. Elle consiste en :

- IFERC, un centre de calcul pour les simulations de plasma.



Broader Approach

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

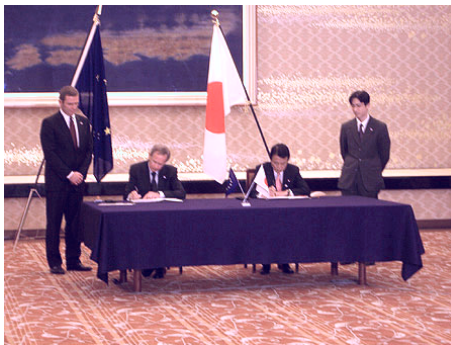
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

L'Approche Élargie est une collaboration signée entre l'Europe et le Japon pour soutenir la recherche sur ITER et la génération d'énergie par fusion nucléaire.

Elle consiste en :

- IFERC, un centre de calcul pour les simulations de plasma.
- JT-60SA, un tokamak simulant les conditions des réacteurs de fusion du futur.



Broader Approach

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

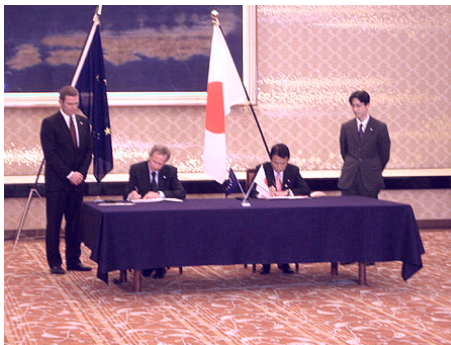
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

L'Approche Élargie est une collaboration signée entre l'Europe et le Japon pour soutenir la recherche sur ITER et la génération d'énergie par fusion nucléaire.

Elle consiste en :

- IFERC, un centre de calcul pour les simulations de plasma.
- JT-60SA, un tokamak simulant les conditions des réacteurs de fusion du futur.
- IFMIF, une installation d'irradiation de matériaux.



IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) sera composée de :

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

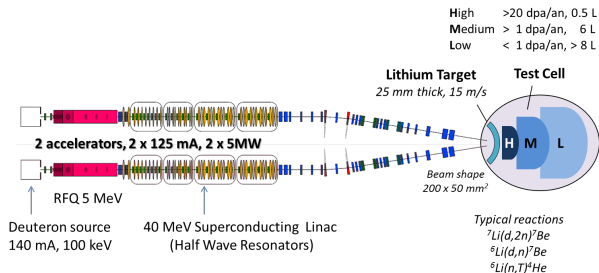
Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

le projet IFMIF

IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) sera composée de :



JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

le projet IFMIF

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

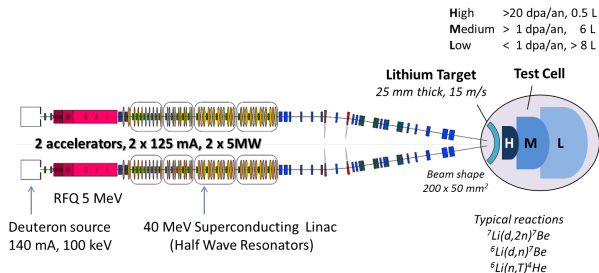
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

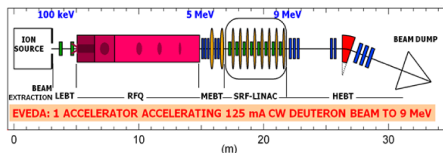
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) sera composée de :



Des prototypes de la cible (à l'échelle 1/3) et de l'accélérateur (LIPAc jusqu'à 9 MeV) ce dernier est en construction en Europe pour être installé au Japon.



Charge d'Espace

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

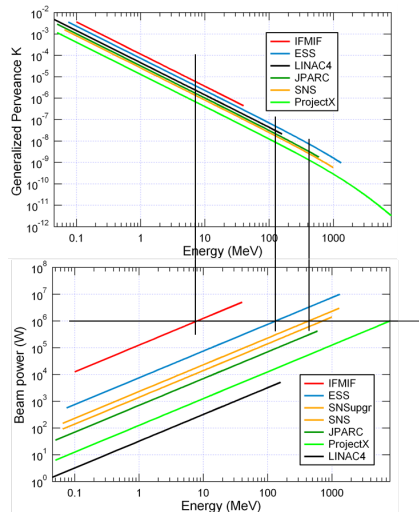
L'intensité mise en œuvre dans le projet serait la plus importante jamais déployée en régime continu cela implique une puissance très élevée et une charge d'espace importante.

Celle-ci est évaluée par la Pervéance K :

$$K = \frac{q \cdot I}{2\pi\epsilon_0 m_0 \cdot (c\beta\gamma)^3} \quad (1)$$

Elle a surtout des conséquences sur les faisceaux de basse énergie.

A puissance égale la pervéance d'IFMIF est plusieurs ordres de grandeur au dessus de projets comparables.



JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

Les paramètres de l'accélérateur font du Commissioning faisceau une phase particulièrement critique :

- La puissance sans précédent fait qu'on peut endommager gravement l'accélérateur à tout moment.

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

Les paramètres de l'accélérateur font du Commissioning faisceau une phase particulièrement critique :

- La puissance sans précédent fait qu'on peut endommager gravement l'accélérateur à tout moment.
- La charge d'espace importante fait qu'il n'y a pas d'autre machine à qui se référer pour les méthodes et avoir des retours d'expérience.

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

Les paramètres de l'accélérateur font du Commissioning faisceau une phase particulièrement critique :

- La puissance sans précédent fait qu'on peut endommager gravement l'accélérateur à tout moment.
- La charge d'espace importante fait qu'il n'y a pas d'autre machine à qui se référer pour les méthodes et avoir des retours d'expérience.

Le Commissioning faisceau (mise en service) a deux objectifs :

- Obtenir un faisceau avec les paramètres requis.
- Rendre le modèles théorique de l'accélérateur le plus proche possible de la machine réelle.

Les paramètres de l'accélérateur font du Commissioning faisceau une phase particulièrement critique :

- La puissance sans précédent fait qu'on peut endommager gravement l'accélérateur à tout moment.
- La charge d'espace importante fait qu'il n'y a pas d'autre machine à qui se référer pour les méthodes et avoir des retours d'expérience.

Il faut donc mener des études détaillées afin de prévoir les paramètres de fonctionnement de l'accélérateur, les marges d'exploration et d'erreur de réglage ainsi que les pertes faisceau possibles.

Simulations pour le Commissioning faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

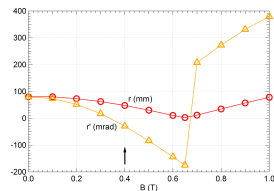
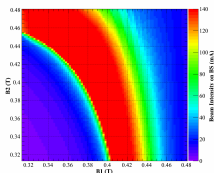
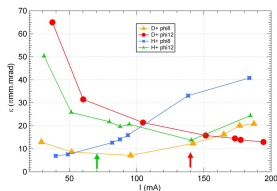
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le caractère inédit des conditions de cet accélérateur font qu'il est difficile d'être certains que le faisceau se comportera comme prévu par le modèle théorique utilisé en simulation.



Il est nécessaire de connaître la variation des paramètres mesurables autour des points de fonctionnement pour pouvoir s'y ramener => réalisation d'abaques en étudiant et optimisant les différents paramètres possibles du faisceau. jpg

Commissioning faisceau à Saclay

Un premier Commissioning de l'injecteur (partie fabriquée par le CEA) a eu lieu à Saclay en 2012-2013.



JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Commissioning faisceau à Saclay

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

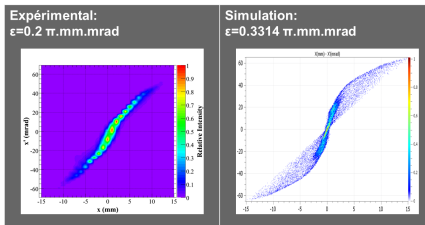
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Un premier Commissioning de l'injecteur (partie fabriquée par le CEA) a eu lieu à Saclay en 2012-2013.



Le faisceau a obtenu les paramètres requis mais certaines tendances de variation ne correspondaient pas à ce qui a été prévu.



Simulations pour le Commissioning faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une nouvelle série d'études a donc été menée afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques impliqués (compensation de charge d'espace, ...) et de mettre à jour le modèle théorique de l'accélérateur.

Simulations pour le Commissioning faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

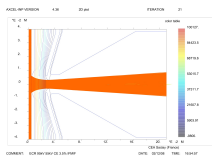
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une nouvelle série d'études a donc été menée afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques impliqués (compensation de charge d'espace, ...) et de mettre à jour le modèle théorique de l'accélérateur.

Les simulations réalisées avec TraceWin (code de l'Irfu) dépendent d'autres codes, notamment au niveau de l'extraction du faisceau d'ions depuis le plasma de la source. Plusieurs codes ont été testés et benchmarkés afin d'améliorer ce point :

- AXEL, originellement utilisé mais vétuste



Simulations pour le Commissioning faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

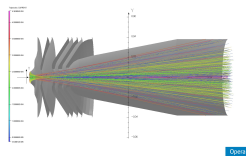
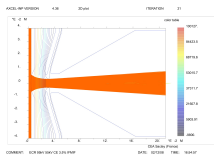
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une nouvelle série d'études a donc été menée afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques impliqués (compensation de charge d'espace, ...) et de mettre à jour le modèle théorique de l'accélérateur.

Les simulations réalisées avec TraceWin (code de l'Irfu) dépendent d'autres codes, notamment au niveau de l'extraction du faisceau d'ions depuis le plasma de la source. Plusieurs codes ont été testés et benchmarkés afin d'améliorer ce point :

- AXEL, originellement utilisé mais vétuste
- OPERA3D, qui ne s'est pas révélé satisfaisant



Simulations pour le Commissioning faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

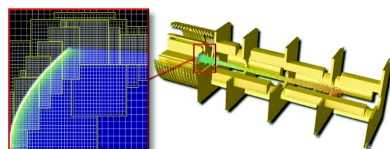
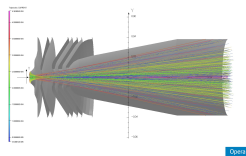
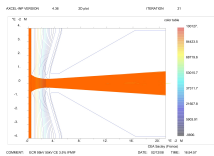
Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une nouvelle série d'études a donc été menée afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques impliqués (compensation de charge d'espace, ...) et de mettre à jour le modèle théorique de l'accélérateur.

Les simulations réalisées avec TraceWin (code de l'Irfu) dépendent d'autres codes, notamment au niveau de l'extraction du faisceau d'ions depuis le plasma de la source. Plusieurs codes ont été testés et benchmarkés afin d'améliorer ce point :

- AXEL, originellement utilisé mais vétuste
- OPERA3D, qui ne s'est pas révélé satisfaisant
- WARP, un code open-source de Berkeley prometteur avec lequel des études sont en cours



Mesures magnétiques

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une autre donnée importante de ces simulations sont les cartes de champs des différents éléments de focalisation et d'accélération.

Mesures magnétiques

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

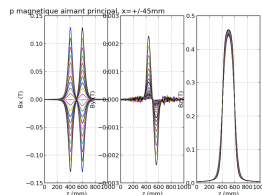
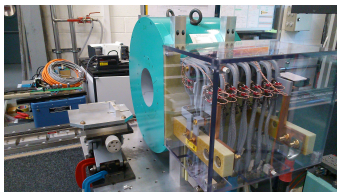
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une autre donnée importante de ces simulations sont les cartes de champs des différents éléments de focalisation et d'accélération.



Une campagne de mesures en partenariat avec SOLEIL a été menée pour mesurer les champs magnétiques des Solénoïdes de l'injecteur.

Mesures magnétiques

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

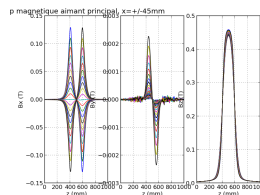
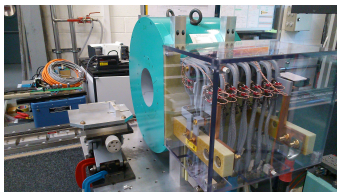
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Une autre donnée importante de ces simulations sont les cartes de champs des différents éléments de focalisation et d'accélération.



Une campagne de mesures en partenariat avec SOLEIL a été menée pour mesurer les champs magnétiques des Solénoïdes de l'injecteur.

Des différences avec les cartes employées jusqu'à présent ont été mesurées et vont être introduites.

L'influence sur le comportement du faisceau va être étudiée. L'objectif est d'être prêts pour le re-démarrage du Commissioning à Rokkasho au Japon en fin d'année.

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Il a été décidé de maintenir un niveau de pertes routinières en deçà de $1W.m^{-1}$ dans la partie haute énergie.

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Il a été décidé de maintenir un niveau de pertes routinières en deçà de $1W.m^{-1}$ dans la partie haute énergie.

Les particules qui sont perdues sont celles avec des orbites les plus externes qui proviennent du "Halo" du faisceau, qu'il est nécessaire de maîtriser.

On cherche donc à comprendre et maîtriser :

- la formation de Halo

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Il a été décidé de maintenir un niveau de pertes routinières en deçà de $1W.m^{-1}$ dans la partie haute énergie.

Les particules qui sont perdues sont celles avec des orbites les plus externes qui proviennent du "Halo" du faisceau, qu'il est nécessaire de maîtriser.

On cherche donc à comprendre et maîtriser :

- la formation de Halo
- la croissance du Halo

Conséquences des pertes faisceau

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les pertes de particules sur les parois de l'accélérateur ont des conséquences graves :

- Endommagement de la machine (avec $1MW$ de puissance, on vaporise du cuivre en quelques μs).
- Activations des matériaux par les pertes routinières (besoin d'attendre le refroidissement de la machine avant d'intervenir pour maintenance et réparations).

Il a été décidé de maintenir un niveau de pertes routinières en deçà de $1W.m^{-1}$ dans la partie haute énergie.

Les particules qui sont perdues sont celles avec des orbites les plus externes qui proviennent du "Halo" du faisceau, qu'il est nécessaire de maîtriser.

On cherche donc à comprendre et maîtriser :

- la formation de Halo
- la croissance du Halo
- les interactions entre le Halo et le "cœur" du faisceau

Caractérisation du Halo

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

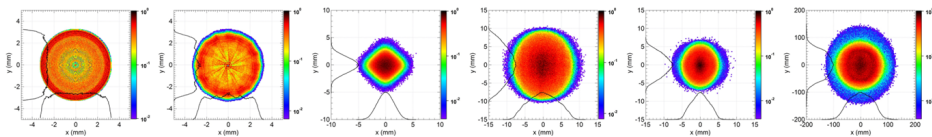
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les distributions de particules observées le long d'un accélérateur linéaires sont très diverses.



Caractérisation du Halo

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

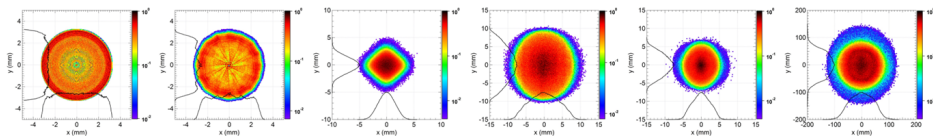
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les distributions de particules observées le long d'un accélérateur linéaires sont très diverses.



Plusieurs critères existent pour définir le Halo, ou la quantité de Halo d'une distribution, notamment $h = \frac{\langle x^4 \rangle}{\langle x^2 \rangle^2} - 1$ (Wangler et al. 2001).

Caractérisation du Halo

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

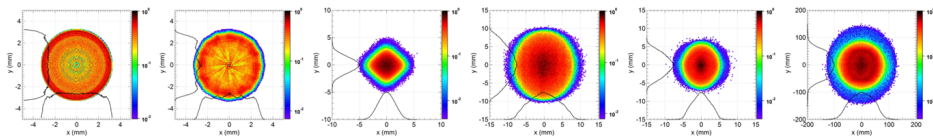
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les distributions de particules observées le long d'un accélérateur linéaires sont très diverses.



Plusieurs critères existent pour définir le Halo, ou la quantité de Halo d'une distribution, notamment $h = \frac{\langle x^4 \rangle}{\langle x^2 \rangle^2} - 1$ (Wangler et al. 2001).

Cependant aucun ne propose une détermination précise de la limite entre le cœur et le Halo.

Nouveau critère

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Ce que nous proposons :

- le coeur : partie dense et uniforme avec des bords francs

Nouveau critère

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Ce que nous proposons :

- le coeur : partie dense et uniforme avec des bords francs
- la halo : partie ténue et avec des gradients plus faibles

Nouveau critère

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Ce que nous proposons :

- le coeur : partie dense et uniforme avec des bords francs
- la halo : partie ténue et avec des gradients plus faibles

Nouveau critère

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Ce que nous proposons :

- le coeur : partie dense et uniforme avec des bords francs
- la halo : partie ténue et avec des gradients plus faibles

La limite se situe donc :

- En deçà d'une certaine densité (50-60 du maximum, à définir)

Nouveau critère

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

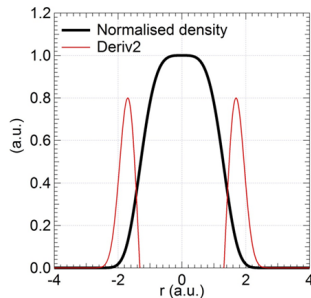
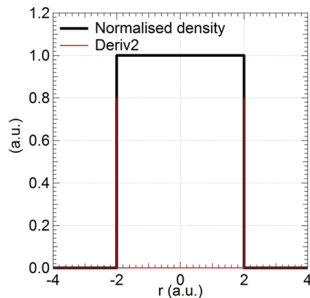
Conclusion

Ce que nous proposons :

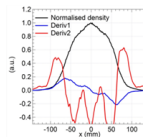
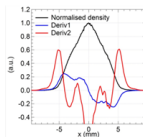
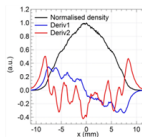
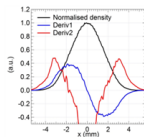
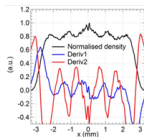
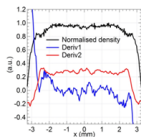
- le coeur : partie dense et uniforme avec des bords francs
- la halo : partie ténue et avec des gradients plus faibles

La limite se situe donc :

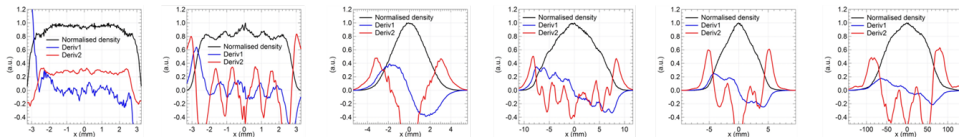
- En deçà d'une certaine densité (50-60 du maximum, à définir)
- Là où on observe un fort contraste de gradient de densité (maximum de dérivée seconde de la densité en 1D).



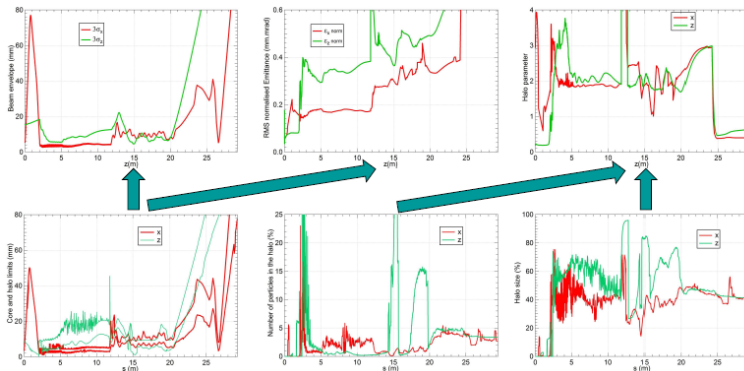
Pour les faisceaux précédents :



Pour les faisceaux précédents :



On peut donc étudier les tailles et populations relatives du cœur et du halo (PHP, PHS) le long d'un accélérateur linéaire.



Halo, à venir

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les distributions de particules sont cependant en six dimensions (x, x', y, y', p, E) , il faut donc généraliser ce type de critère à 2, puis 4 puis 6 dimensions afin de pouvoir observer les effets dans le plan de phase ainsi que les couplages entre les dimensions.

Halo, à venir

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

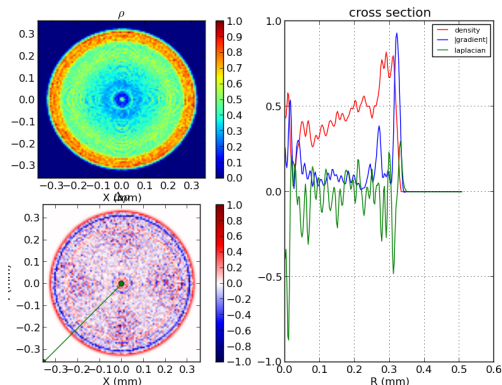
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Les distributions de particules sont cependant en six dimensions (x, x', y, y', p, E), il faut donc généraliser ce type de critère à 2, puis 4 puis 6 dimensions afin de pouvoir observer les effets dans le plan de phase ainsi que les couplages entre les dimensions.



Passer à deux dimensions permet d'étudier les propriétés statistiques ($\alpha, \beta, \gamma, \epsilon, \dots$) du cœur et du halo séparément pour suivre leurs deux dynamiques différentes.

Conclusion

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

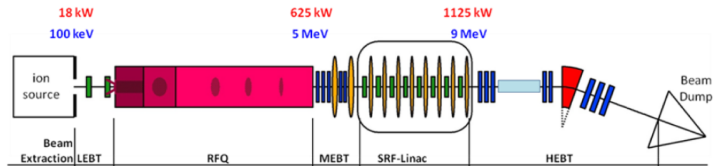
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Conclusion

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

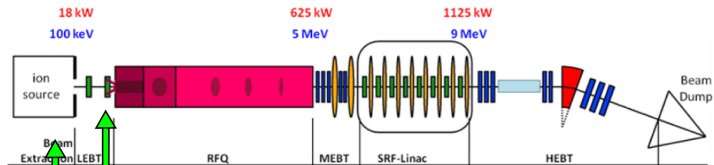
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Cartes de champ
Commissioning

Conclusion

JDD - Ifru

Matthieu
Valette

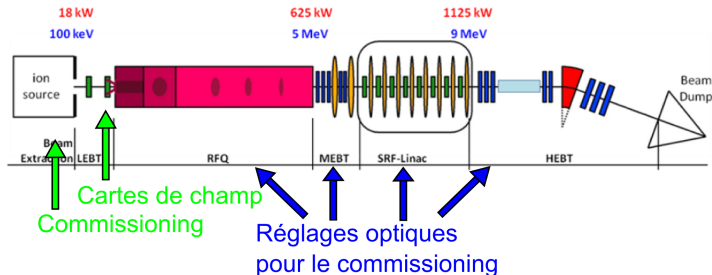
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:

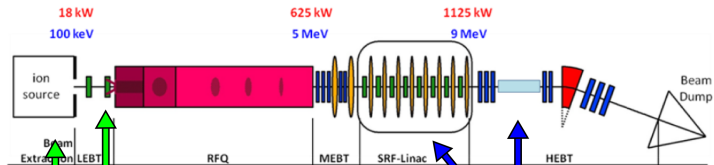


Conclusion

JDD - Irfu

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Cartes de champ
Commissioning

Réglages optiques pour le commissioning

Spécifications détecteurs

Conclusion

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

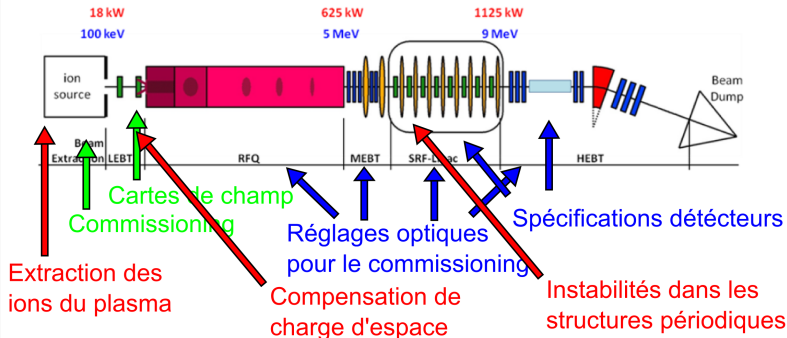
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Conclusion

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

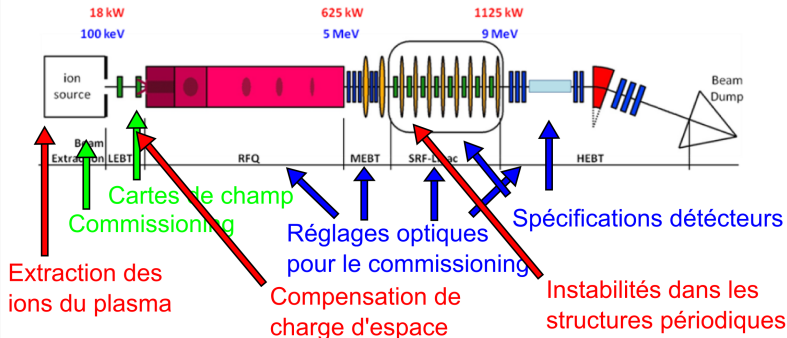
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Au cours de la vie d'un accélérateur :

Design

Fabrication

Commissioning

Fonctionnement

Conclusion

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

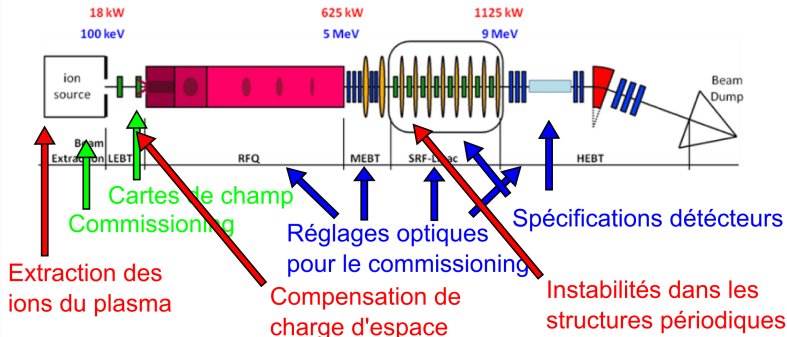
Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

Le long d'un accélérateur:



Au cours de la vie d'un accélérateur :

Design

Déjà fait

Fabrication

En cours

Commissioning

Fonctionnement

} A venir et à définir.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.
- Cela me permet d'être utile au projet.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.
- Cela me permet d'être utile au projet.
- Très formateur sur toutes les problématiques liées aux accélérateurs.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.
- Cela me permet d'être utile au projet.
- Très formateur sur toutes les problématiques liées aux accélérateurs.
- C'est un projet ambitieux qui soulève des problématiques fondamentales intéressantes.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.
- Cela me permet d'être utile au projet.
- Très formateur sur toutes les problématiques liées aux accélérateurs.
- C'est un projet ambitieux qui soulève des problématiques fondamentales intéressantes.

JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

La thèse arrive au bon moment du projet :

- Des opportunités pour faire des expériences.
- Des études et calculs à réaliser pour la réussite du projet.
- Cela me permet d'être utile au projet.
- Très formateur sur toutes les problématiques liées aux accélérateurs.
- C'est un projet ambitieux qui soulève des problématiques fondamentales intéressantes.

Merci de votre attention !

JDD - Irfu

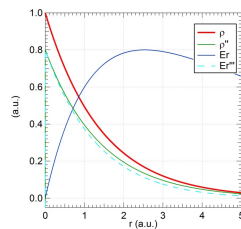
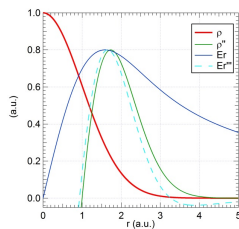
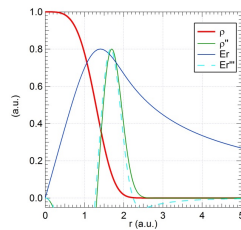
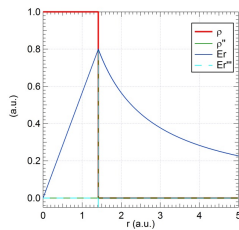
Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion



JDD - Irfu

Matthieu
Valette

Broader
Approach et
Projet IFMIF

Simulations,
Mesures et
Commissioning

Halo et
Instabilités
dans les
Accélérateurs
Linéaires

Conclusion

