

# CONCEPTION ET REALISATION D'UN EMITTANCEMETRE 4D

## DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Les accélérateurs linéaires (linac) de forte intensité et haute énergie, pouvant atteindre 1 GeV et quelques dizaines de milliampères en continu, trouvent de nombreuses applications en physique nucléaire, physique des particules ou encore en physique de la matière condensée.

Quelle que soit l'application, la partie critique qui définit in fine la qualité du faisceau dans l'accélérateur est la partie basse énergie allant de quelques dizaines de keV jusqu'à quelques MeV, appelée injecteur. Celui-ci est constitué d'une source ECR suivie d'une ligne basse énergie permettant l'adaptation du faisceau vers une cavité de type RFQ ou Radio Frequency Quadrupole, (figure 1). Ce schéma est par exemple celui de l'injecteur du projet de démonstrateur ADS MYRRHA, mais aussi celui des injecteurs développés par le CEA/IRFU et le CNRS/IN2P3 pour les projets IPHI au CEA Saclay, SPIRAL-2 à GANIL, FAIR à GSI (Allemagne), ESS à Lund (Suède) ou IFMIF-EVEDA à Rokkasho (Japon).

L'ensemble de ces projets s'appuient donc sur notre capacité à concevoir, réaliser, mettre en œuvre et qualifier des injecteurs à haute intensité.

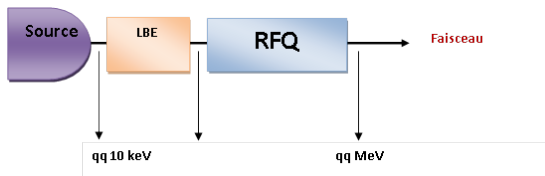


Figure 1 : Schéma de principe d'un injecteur de faisceau de haute intensité.

La mise au point et la validation des modèles théoriques de la dynamique des faisceaux de particules, des codes de simulation associés, des choix techniques, de la R&D sur les sources d'ions de type ECR et du développement de cavités accélératrices telles que les RFQs, nécessitent des diagnostics de faisceau à la mesure de ces défis. L'instrumentation est donc un axe d'étude essentiel aux programmes théoriques et expérimentaux menés sur les injecteurs de faisceau de haute intensité.

La caractérisation des faisceaux, et en particulier la mesure de leur émittance (taille, divergence angulaire), est donc un point clef, aussi bien dans

la compréhension des phénomènes physiques mis en jeu, tels que la compensation de charge d'espace, l'interaction avec le gaz résiduel, ou l'interaction avec les interfaces solides, que dans la validation de la conception des accélérateurs.

La thèse que nous proposons devra aboutir au développement d'un émittancemètre 4D de large acceptation capable de mesurer un faisceau de faible énergie (qq KeV) et d'énergie intermédiaire (qq MeV). La conception de cet instrument résolument innovant, devra nécessairement s'appuyer sur des études théoriques et de la R&D dans de nombreux domaines tels la conception mécanique, l'optique de précision, la conception, le refroidissement et le choix des matériaux, le choix et l'analyse des performances du scintillateur, et des caméras numériques, le programme d'analyse des données recueillies, la mise en œuvre et la comparaison avec d'autres instruments tels qu'un émittancemètre classique de type Allison-scanner.

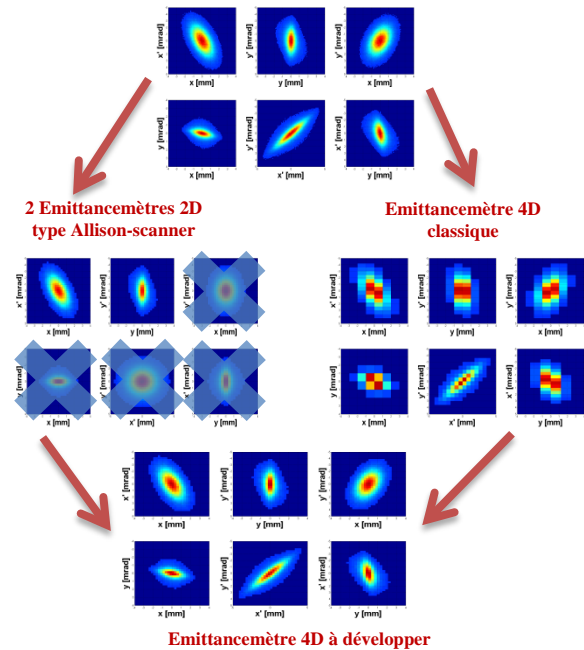


Figure 2 : En haut, les 6 projections constituant un faisceau de particules. A gauche, seules les projections  $XX'$  et  $YY'$  sont correctement restituées. A droite, toutes les projections sont correctes mais la mesure est grossière. En bas, le nouvel instrument devra permettre d'obtenir toutes les projections avec une bonne résolution.

L'émittancemètre 4D permettra de mesurer la distribution du faisceau dans l'espace des phases transverse ( $X, X', Y, Y'$ ) avec une précision

inégalée. Il apportera un progrès significatif dans notre compréhension des phénomènes physiques complexes, présents en particulier dans les lignes basse énergie. La figure 2 montre l'amélioration attendue sur la caractérisation d'un faisceau de particules.

### GROUPE/LABO/ENCADREMENT

Le travail de thèse s'effectuera au sein du Service des Accélérateurs, de Cryogénie et de Magnétisme de l'Irfu, dans le Laboratoire d'études et développements des accélérateurs (Léda) qui possède des compétences reconnues en simulation, conception, réalisation et tests de systèmes de production, de transport et d'accélération de faisceaux de particules chargées.

Le/la doctorant/e sera principalement encadré/e par Franck Senée, ingénieur spécialiste des diagnostics et des sources d'ions. Il/Elle sera en outre entouré/e d'équipes scientifiques et techniques spécialisées en dynamique des faisceaux, conception d'accélérateur ainsi qu'en conception et réalisation de diagnostics.

### TRAVAIL PROPOSE

Le/a doctorant/e étudiera un émittancemètre 4D de la conception à la réalisation jusqu'aux tests finaux sur faisceaux. Il/Elle sera donc amené/e à spécifier les cahiers des charges, à conduire des études de R&D sur les aspects techniques bloquants en intégrant des simulations numériques sur les aspects thermiques en particulier, mais également sur le comportement en faisceau. Le/la candidat/e aura également en charge la réalisation et son suivi industriel. Il/Elle devra également développer les programmes de contrôles et de traitement numériques nécessaires. Finalement, un important travail expérimental devra être conduit en présence de faisceau afin de valider la conception finale de ces instruments de mesure et quantifier leurs performances. Ces tests expérimentaux amèneront l'étudiant/e à se déplacer sur des installations extérieures au CEA.

### FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Le/la candidat/e devra être titulaire d'un master ou d'un diplôme d'ingénieur ou de physique. Il devra dans tous les cas avoir un excellent niveau général en physique afin d'être en mesure de répondre à l'ensemble des problématiques liées au sujet (optique, thermique, mécanique, étude des matériaux, traitement numérique/d'images, analyse de données, contrôle-commande, physique des faisceaux...).

### COMPETENCES ACQUISES

A travers les multiples activités nécessaires à la conception et la réalisation de ces instruments, le/la doctorant/e apprendra à exploiter des codes de calculs existants. Il/elle sera également appelé/e à développer des programmes d'analyse de données. Ce sujet, par son côté multidisciplinaire, permettra au/à la candidat/e d'acquérir une vision interdisciplinaire de l'instrumentation mais aussi du fonctionnement des accélérateurs de particules de haute intensités.

Le/la doctorant/e participera activement à un programme expérimental et analysera des données issues de l'instrument. En définitive, au cours de sa thèse, le/la candidat/e assimilera des connaissances spécifiques à la physique des diagnostics et des accélérateurs qui lui permettront, s'il/elle le souhaite, de poursuivre une carrière dans ce domaine de recherche. Mais surtout, il/elle acquerra des compétences génériques et transversales dans le domaine de l'instrumentation qui pourront être par la suite valorisées dans d'autres domaines de recherche ou dans l'industrie.

### COLLABORATIONS/PARTENARIATS

La thèse s'insère dans le cadre d'une collaboration entre le CEA et le CNRS/IN2P3 à travers le projet IPHI. Ces études sont également en partie financées par le projet MYRTE dans le cadre du programme européen H2020.

### CONTACTS

Mr. Franck Senée, Ingénieur

✉ : [franck.senee@cea.fr](mailto:franck.senee@cea.fr)

☎ : 00 33 1 69 08 7611