

# PICS IN2P3-CNSTN

Le projet de collaboration entre le Centre National des Sciences et Technologies Nucléaires (CNSTN) en Tunisie et l'Institut de Physique Nucléaire et Physique des Particules (IN2P3) a pour objectif premier de promouvoir l'activité dans le domaine des accélérateurs de particules et l'instrumentation associée en Tunisie. Ce projet est piloté par l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (IPNO) et associe deux autres laboratoires le GANIL (Grand Accélérateurs National d'Ions Lourds) et le LPC-Caen (Laboratoire de Physique Corpusculaire). Le CNSTN possède un accélérateur linéaire d'électrons de type CIRCE-III fourni par un industriel français (Linac Technologies). Il devrait être utilisé principalement comme un irradiateur de produits industriels, pharmaceutiques et agricoles. Le projet de collaboration ouvrira des perspectives au CNSTN pour se doter de moyens autour de cette installation permettant de développer des thématiques de recherche tant sur le plan fondamental que sur le plan appliqué. Les chercheurs du CNSTN ont manifesté aussi un intérêt particulier pour l'étude et le développement de composants d'accélérateurs et d'instrumentation associée. Les axes de collaboration identifiés dans le projet s'articulent autour de trois thèmes principaux qui sont l'expertise scientifique et technique pour le développement de nouveaux projets au CNSTN, la formation du personnel sur les accélérateurs et l'assistance technique pour l'instruction des dossiers de sûreté. Plusieurs projets sont en phase de réflexion au CNSTN ; trois parmi eux sont actuellement à l'étude. Il s'agit de la réalisation d'une ligne supplémentaire de faisceaux d'électrons et l'étude de faisabilité d'une ligne basse énergie de faisceaux d'ions multichargée. Dans le cadre du présent projet de collaboration, trois sujets sont considérés.

## I. Etude et conception d'une ligne de faisceau d'électrons

La disponibilité d'un accélérateur linéaire au CNSTN permettant de fournir un faisceau d'électrons pulsé à une énergie allant jusqu'à 10 MeV ouvre une opportunité pour développer un programme de recherche couvrant plusieurs domaines :

- Etude des modifications des propriétés physico-chimiques des matériaux irradiés sous faisceaux d'électrons de 10 MeV en particulier les polymères et les isolants.
- Expérimentation de plusieurs types de cibles pour le développement de nouveaux matériaux pour la dosimétrie.
- Test de la résistance des équipements électroniques au rayonnement.

L'accélérateur de type industriel est équipé d'un aimant permettant de balayer le faisceau sur une cible avec une fréquence variable de 5 Hz à 40 Hz. Ce mode opératoire de l'accélérateur en tant qu'irradiateur n'est pas compatible avec une application nécessitant un faisceau ayant de très bonne qualité optique (émittance, dispersion en énergie, position...). Il est donc indispensable d'étudier et réaliser une ligne de faisceau émergente au niveau du cornet de balayage. Il serait par ailleurs préférable de faire fonctionner le canon à électrons à une fréquence de répétition de 80 Hz pour réduire l'échauffement de la fenêtre de sortie et limiter l'activation de certains composants de l'accélérateur.

Avec cette configuration la puissance maximale du faisceau d'électrons à la sortie de la ligne serait limitée à 1.5 kW. Les caractéristiques du faisceau attendu sont résumées ci-dessous :

- Energie maximale                      10 MeV

- Courant moyen maximum      150  $\mu$ A
- Fréquence de répétition      80 Hz
- Fréquence RF                    3 GHz
- Durée de l'impulsion          12.5  $\mu$ s

L'objectif dans le cadre du projet PICS est de réaliser un avant projet détaillé pour la construction de la ligne expérimentale. Le programme de travail porte sur plusieurs aspects :

- Etude de l'implantation dans le bâtiment accélérateur existant ;
- Calcul détaillé de l'optique de transport ;
- Définition des besoins en pompage et en servitudes ;
- Calcul de radioprotection pour définir les blindages ;
- Instruction du dossier de sureté.

## II. Etude d'une ligne basse énergie d'ions multichargés

Les faisceaux d'ions à basse énergie ont acquis ces dernières années une importance majeure pour différentes disciplines scientifiques. Ils représentent un domaine de recherche novateur et offrent plusieurs applications selon le type de faisceau d'ions, l'énergie et le courant. Les domaines d'application incluent essentiellement la physique, chimie, biologie moléculaire et même l'astrobiologie. Des applications industrielles sont aussi possibles comme l'implantation ionique ou l'irradiation des composants électroniques à basse énergie. Actuellement, plusieurs installations existent dans plusieurs pays notamment en Europe comme ARIBE (France), ECRIS (Hongrie) et ELISA (Danemark) et les Etats-Unis comme l'installation MIRF du laboratoire ORNL. Le choix du projet a été motivé par quatre raisons essentielles :

1. La richesse des applications scientifiques et pratiques qui touchent à plusieurs domaines,
2. Le cout relativement moindre par comparaison à d'autres installations,
3. L'expertise technique et scientifique déjà existante et acquise dans plusieurs laboratoires de l'IN2P3 notamment GANIL, IPNO et LPSC,
4. La nouveauté par rapport à d'autres installations déjà existantes au CNSTN comme l'irradiateur d'électron industriel.

Le projet consiste à étudier la faisabilité d'une ligne faisceau d'ions multichargés basse et moyenne énergie de quelques keV à quelques MeV et de courant allant jusqu'à quelques dizaines de microampère. Cette ligne faisceau servira essentiellement pour effectuer de la recherche en science des matériaux, physique moléculaire et biophysique en plus de la mise en place d'applications industrielles. Dans un premier temps, la ligne sera composé principalement d'une source d'ions multichargés de type ECR, un aimant d'analyse, des quadripôles de focalisation et des instruments de diagnostic faisceau comme une coupelle de Faraday, Beam Position Monitor. Au bout de cette ligne une chambre à vide expérimentale sera installée pour réaliser des expériences dédiées. Dans un deuxième temps, la ligne de faisceau pourrait se prolonger par une petite section accélératrice électrostatique pour accroître l'énergie du faisceau.

L'objectif dans le cadre du projet PICS est de lancer l'avant projet scientifique pour étudier la faisabilité d'une telle installation au CNSTN:

- Etude et comparaison des différentes options envisagées de la ligne basse énergie ;
- Proposition d'applications scientifiques concrètes et adaptées au contexte ;
- Etude de la faisabilité technique et technologique pour la mise en place de l'installation ;

- Evaluation financière et optimisation des couts ;
- Recherche de pistes pour l'étude approfondie, le financement et la réalisation

### **III. Assistance technique et formation du personnel**

Les laboratoires de l'IN2P3 possèdent une longue expérience riche et diverse pour le développement des accélérateurs et de l'instrumentation associée. Différents domaines d'expertise sont concernés : canons à électrons, sources d'ions, cavités accélératrices supraconductrices, modélisation, radioprotection et dosimétrie.

La disponibilité de ses compétences et des outils de pointe permet de concevoir plusieurs composantes de l'accélérateur comme les sources d'ions, cavités accélératrices supraconductrices, lignes de faisceaux et équipements pour les diagnostics. L'assistance technique de l'IN2P3 pour l'étude ou le démarrage de des projets du CNSTN sera d'une grande utilité pour assurer un avancement efficace. Le CNSTN possède des installations scientifiques qui nécessitent l'élaboration de rapports de sûreté radiologique et le personnel du centre demande une assistance et une expertise technique pour la rédaction de ces rapports et l'étude radiologique de ces installations. Dans le domaine de la radioprotection, l'IPNO peut également apporter son soutien dans l'étude des blindages radio-biologiques par des simulations utilisant le code Fluka. Par ailleurs le service de protection et de radioprotection peut aussi apporter un soutien fort dans l'élaboration des dossiers de sûreté.

Concernant la dosimétrie, le service de dosimétrie de l'IPNO est équipé d'une plateforme technique accréditée ISO 17025 dédiée au suivi de l'exposition externe aux rayonnements ionisants des travailleurs. Les systèmes de détection se constituent de verres radiophotoluminescents, détecteurs solides de traces nucléaires et détecteurs thermoluminescents adaptés à la mesure des équivalents de dose individuels en champs de rayonnement bêta, photons et neutrons. Dans ce domaine, le service propose d'échanger les bonnes pratiques de laboratoire et retours d'expérience acquis par le biais de formation et/ou d'études comparatives. L'IPNO pourra ainsi accompagner le projet de mise en place d'un Laboratoire National de Référence pour la dosimétrie Haute Dose en collaboration avec l'Agence Nationale de Métrologie (ANM, Tunisie) et l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). L'amélioration ou le développement des systèmes de détection émergeant de cette collaboration pourrait être réalisé via l'accueil de stagiaires ou d'un doctorant.

Au niveau de la formation sur les accélérateurs, un programme est envisagé pour que les agents du CNSTN maîtrisent et approfondissent les aspects techniques de fonctionnement et de maintenance des accélérateurs et des équipements associés.

### **IV. Plan de travail**

#### **Année 2013**

Etude détaillée de la ligne expérimentale électrons 10 MeV

Etude préparatoire pour réaliser les tests de matériaux pour dosimétrie

#### **Année 2014**

Lancement de la construction de la ligne expérimentale électrons 10 MeV (Sous réserve d'obtention de financement) ;

Etude de faisabilité de la ligne basse énergie d'ions multichargés

Participation aux tests sources d'ions et canon à électrons à l'IPNO ;

Expériences sur l'irradiation de matériaux pour la dosimétrie au CNSTN.

### **Année 2015**

Commissioning de la ligne de faisceau électrons 10 MeV (en cas de réalisation) ;

Etude détaillée de la ligne basse énergie d'ions multichargés ;

Poursuite des développements autour des matériaux pour la dosimétrie.

*Pendant toute la période 2013-2015, des chercheurs, ingénieurs et techniciens seront accueillis à l'IPNO pour participer aux expériences à ALTO. Ils suivront des formations sur la simulation (faisceau, blindages radiobiologiques...) et la conduite de faisceau. Une formation parallèle sera menée sur la maintenance des accélérateurs. Chaque année, un workshop sera organisé en Tunisie pour faire le bilan des activités et le point sur l'avancement des projets au CNSTN.*

## **V. Travaux réalisés ou déjà engagés au sein de la collaboration**

Concernant l'étude d'une ligne expérimentale, un travail préliminaire a été effectué pour définir le cahier des charges de la ligne et l'implantation de la ligne auprès de l'accélérateur existant. Un ingénieur du CNSTN a réalisé les premiers calculs d'enveloppe à partir de l'émittance du canon à électron donnée par le fabricant de l'accélérateur. La ligne de transport se compose d'un dipôle de déviation de 90°, deux solénoïdes de focalisation et quatre steerers. Elle est équipée de diagnostics comme les moniteurs de position de faisceau (BPM), les transformateurs d'intensité (TI) et un bloc d'arrêt. Une autre étude préliminaire a permis de définir les besoins en termes de pompage et servitudes.

### **• Echanges scientifiques et formation en 2011**

- *Organisation par le CNSTN et l'IN2P3 de la première école des accélérateurs en Tunisie "Ecole IN2P3 Pays-Méditerranéens des accélérateurs des particules du 9 au 14 mai 2011 à Gammarth-Tunis"*  
*Une dizaine de chercheurs et ingénieurs de l'IN2P3 sont intervenus dans cette école en donnant des cours ou séminaires sur la technologie accélérateurs et l'instrumentation associée.*
- Une première réunion pour amorcer la collaboration s'est tenue au mois de mai 2011 pendant l'école des accélérateurs à Tunis organisée conjointement entre l'IN2P3 et le CNSTN.
- *Mission de quelques jours de trois ingénieurs de l'IPNO au CNSTN pour une expertise dans les domaines de la radiofréquence, dosimétrie et radioprotection*
- *Formation de deux ingénieurs du CNSTN au cours d'un stage de 2 semaines à l'IPNO*  
*Objet de la formation : opération et maintenance de l'accélérateur linéaire d'électron 50 MeV.*

- *Réunion entre le Directeur Général du CNSTN (M. Telmini) et les responsables de l'IPNO (F. Azaiez, S. Essabaa) à Orsay pour faire le point sur la collaboration entre les deux institutions (Décembre 2011).*
  
- ***Echanges scientifiques en 2012***
- *Formation d'un ingénieur CNSTN planifiée au mois d'avril*  
*"Participation à la préparation et conduite de faisceau d'ions pour une expérience en ligne auprès de l'accélérateur Tandem 15MV"*
- *Séjour d'un ingénieur du CNSTN à l'IPNO*  
*Objet : Calculs préliminaires de la ligne CNESTEN-IPNO (vérifier, affiner et compléter les résultats de l'étude).*

## VI. Moyens mis à disposition par les laboratoires participants

### Moyens en équipement mis à l'IPNO

Installation ALTO:

*Accélérateur d'électrons 50 MeV*

*Accélérateur d'ions de type Tandem-MP 15 MV*

*Bancs de tests de canon à électrons et source d'ions*

Laboratoire de dosimétrie

### Moyens en équipement au CNSTN

Accélérateur d'électrons 10 MeV

Laboratoire de dosimétrie

## VII. Financement

Financement	Année	2013	2014	2015	TOTAL
IPNO	ACCUEIL	3000	4000	3000	
	VOYAGE	5000	5000	5000	
	TOTAL /AN	8000	9000	8000	25000
CNSTN					
	ACCUEIL	3500	3500	3500	
	VOYAGE	2000	2000	2000	
	TOTAL /AN	5500	5500	5500	16500

**Participants au PICS en France :****Total ETP/IN2P3 : 1.3**

Prénom/Nom	Titre	ETP (%)
Saïd Essabaa	IRHC	10
Faiçal Azaiez	DR1	10
Jean Lesrel	IR2	10
Bernard Launé	IP1	10
Maher Cheikh Mhamed	IR2	20
Mehdi Souli	IR2	10
Gilles Ban	Professeur	10
Isabelle Vabre	IE2	10
J. F. Le Du	IR1	10
A. Saïd	IR2	20
C. Lau	IR2	10
P. Blache	IE1	10

Porteur du PICS

**Participants au PICS dans le pays partenaire****Total ETP/CNSTN : 3.4**

Prénom/Nom	Titre	ETP (%)
Mourad Telmini	Professeur	
Slah M'garrech	Maitre Assistant	50
Ahmed Ben Ismail	Maitre Assistant	50
Haikel Jelassi	Maitre Assistant	20
Haifa Abdelwahed	Maitre Assistant	30
Arbi Mejri	Ingénieur,	30
Mohamed Hèdi Trabelssi	Ingénieur	50
Mokhtar Kraiem	Ingénieur	50
Zied Trabelssi	Technicien Supérieur	30
Jallel Chatti	Technicien Supérieur	30

Porteur du projet en Tunisie