

# Sources d'ions

*P. Sortais, J.-L. Bouly, J.-C. Curdy, R. Geller, T. Lamy, P. Sole, T. Thuillier, J.-L. Vieux-Rochaz, D. Voulot, C. Fourel*

*The Ion Source Service has opened a new experimental hall for the ion source development. Two fully equipped beam lines have been installed for high current and charge breeding tests. On the high current beam line pulsed lead ions current up to 0.6 mAe of lead 25 times ionized have been obtained. High CW intensity, Q/A 1/3, ion currents will be developed for the SPIRAL II project. The charge breeding beam line is equipped with two ECR ions sources. The first one, called MicroPHOENIX produces singly charged ions at low or high currents. Beams up to 5 mAe of Deuteron or 8 mAe of  $H^+$  have been obtained at 40 kV. This source is also used for injection of low intensity beams into the PHOENIX booster source where the charge state is breed up to the Q/A suitable for post acceleration purpose and with efficiency up to 6 % per charge state. This source is now used at TRIUMF (Canada) and ISOLDE (CERN) for experiments with radioactive ions. A strong work of beam characterization is now underway for the implantation of PHOENIX on the future SPIRAL II accelerator at GANIL.*

## ► Un nouveau laboratoire

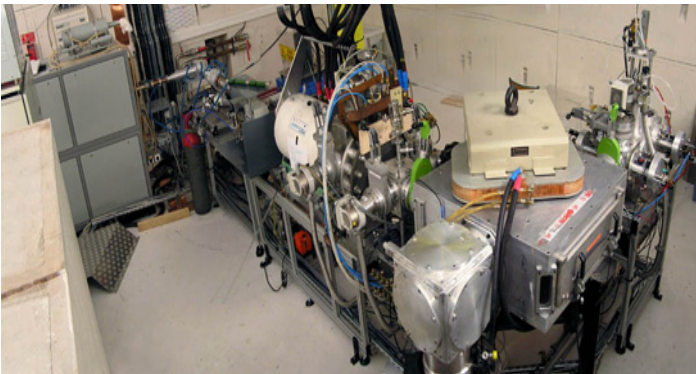


Figure 1 : La ligne PHOENIX 28 GHz.

Grâce au soutien des programmes immobiliers du CNRS, le réaménagement des aires expérimentales de SARA a pu se faire au bénéfice du Service des Sources d'Ions. Les travaux de génie civil ont eu lieu durant l'année 2001-2002 et un gros travail de réinstallation des lignes de faisceaux a pu commencer. Après révision, les alimentations électriques des deux bancs du SSI ont été regroupées au sous-sol, ce qui a permis

de rationaliser toute la distribution de puissance et de prendre en compte les problèmes de CEM.

Sur les lignes de faisceaux, de nombreux éléments ont été améliorés : les châssis, leurs alignements, les systèmes de contrôle et la qualité du câblage. La mise en place de ces nouveaux bancs a été l'occasion d'installer deux équipements majeurs, l'émetteur à gyrotron 28 GHz « russe » sur le banc fort courant et l'aimant à 120° de l'ex voie C de SARA sur le banc 1+/n+. Des émittancemètres compacts permettant de caractériser systématiquement les faisceaux pour les applications accélérateurs vont être installés sur les deux bancs.

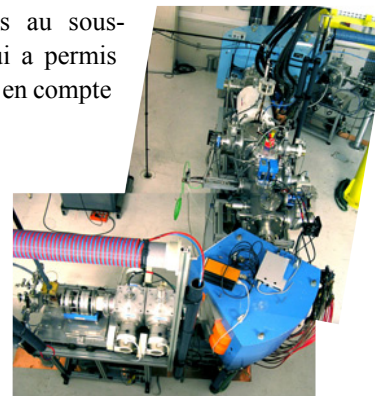


Figure 2 : La ligne PHOENIX « Booster » 1+/n+.

## ► PHOENIX 28 GHz : Développement forts courants/ fortes charges pour cyclotrons et synchrotrons

Dans le cadre du contrat CERN/GSI/CEA/LPSC, la mise en œuvre de la source PHOENIX 28 GHz a été faite de manière à explorer la possibilité de produire des faisceaux de plomb pulsés 25 fois ionisés dans le domaine du milliampère, en vue de leur application sur l'injecteur du LHC pour les expériences en ions lourds. Des expériences préliminaires, menées en 2001 avaient produit des faisceaux de Xénon, plus faciles à produire que ceux de plomb. Courant 2002 un nombre restreint de tests avec le plomb ont pu être menés à bien malgré de grosses lacunes de fiabilité de l'émetteur à gyrotron prêté par le CEA-G. Un test très satisfaisant a permis d'atteindre des intensités de 0,6 mA électrique crête de plomb 25 fois ionisés, extraits à la tension de 55 kV, ce qui constitue une première tant du point de vue de l'intensité que de la tension d'extraction sur une source ECR d'ions multichargés.

Les années 2002-2003 ont été consacrées, d'une part au remplacement de l'émetteur à gyrotron par un ensemble 28 GHz acheté clés en main en Russie (société GYCOM, Nizhny Novgorod) et d'autre part au déménagement de la ligne de faisceau dans le nouveau hall expérimental. L'achat du gyrotron a fait l'objet d'un appel d'offre international, suivi de mesures de réception en usine puis d'une installation par les spécialistes russes au LPSC. L'ensemble du nouvel émetteur a donc été livré dans les temps et avec les caractéristiques prévues.

Le nouveau banc a fourni ses premiers faisceaux fin 2003 et est donc prêt pour une nouvelle série de mesures en ions lourds pour le CERN ou SPIRAL II.

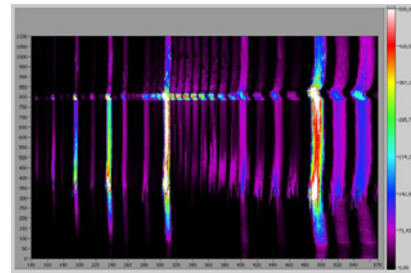


Figure 3 : Spectre en états de charge et en temps, des ions plomb multichargés extraits de PHOENIX 28 GHz : La série de pics sur la ligne horizontale correspond au déconfinement brutal du plasma à l'interruption du chauffage hyperfréquence du plasma (« afterglow »).

## ► PHOENIX Booster : Un multiplicateur de charge pour les projets d'ions radioactifs en ligne

En 2001-2002 de nombreux tests ont été faits sur l'ancien banc 1+ /n+ dans le cadre du contrat LPSC/TRIUMF (Canada) dans le but de caractériser des faisceaux 1+ issus de sources de production des casemates d'ISAC (le système d'accélération en ligne de TRIUMF). La réussite de ces tests a décidé TRIUMF à s'équiper d'une source PHOENIX « Booster » pour l'augmentation de charge des ions radioactifs.

Un nouveau corps de source a été construit par la société Pantechnik sur les plans du SSI et livré au printemps 2003, puis des tests préliminaires « hors-ligne » ont eu lieu à TRIUMF à l'automne 2003 avec l'aide d'un ingénieur du SSI.

La nouvelle source MicroPHOENIX 10 GHz « universelle » a été installée à la place de MicroGAN 1+. Elle peut fonctionner à très haute tension d'extraction et de surcroît produire des ions multichargés à haute intensité. Dans un premier temps, elle a fourni les faisceaux de deutons haute intensité pour SPIRAL II, mais par la suite elle devrait nous permettre d'effectuer des tests d'injection haute intensité et des tests d'accumulation de charges.

Un nouvel aimant 120° à grande acceptation et grande sélectivité sur la ligne n+, va permettre de caractériser avec précision les impuretés produites par les sources qui pourraient dégrader la pureté des faisceaux d'ions radioactifs destinés à la post accélération.

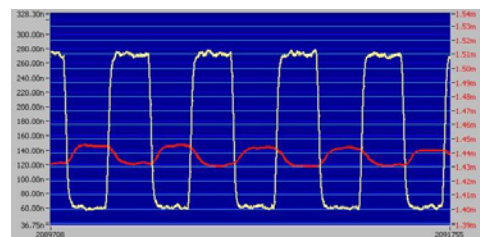


Figure 4 : En blanc : Variation du courant d'ions  $Ag^{19+}$  de 60 à 280 nA avec et sans injection d'ions primaires  $Ag^{1+}$ .

Les premiers tests  $1+/n+$  ont eu lieu à l'automne 2003 et ont rapidement confirmé les efficacités de multiplication en charge allant jusqu'à 6 % sur des ions comme  $\text{Ag}^{1+}$  « boosté » en  $\text{Ag}^{19+}$ .

Une troisième source PHOENIX « booster » acquise par le laboratoire de DARESBUY a été installée sur le séparateur d'isotope en ligne ISOLDE au CERN, dans le cadre du 5<sup>e</sup> PCRD. Des tests préliminaires sont en cours pour évaluer la multiplication de charges avec des ions radioactifs issus de la source de production.

## ► SPIRAL 2

Dans le cadre du projet SPIRAL 2 le SSI a engagé de nombreux développements pour les différentes sources prévues.

Les faisceaux de deutons et d'ions de Q/A 1/3 concernent les injecteurs de l'accélérateur linéaire, la caractérisation d'un « booster » de charge concerne l'injection de faisceaux hautement radioactifs dans le post accélérateur CIME.

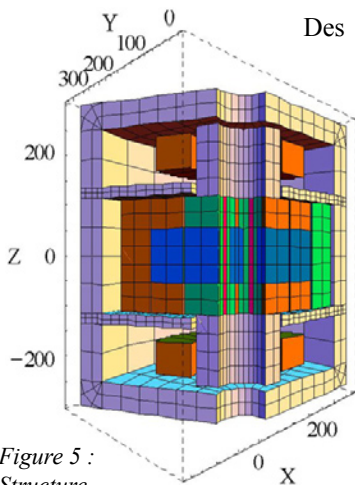


Figure 5 :  
Structure  
magnétique  
de la source  
PHOENIX HTS.

Des études préliminaires sur la source compacte à aimants permanents, MICROPHOENIX 10 GHz, initialement injecteur universel pour PHOENIX « Booster », ont montré qu'il était possible de produire un faisceau nominal de deutons en termes d'intensité et d'émission. Ces résultats montrent que des sources dites « d'ions lourds » peuvent aussi délivrer des faisceaux hautes intensités d'ions « légers » sans modification de leur environnement.

Une source de type PHOENIX a été retenue comme injecteur de faisceaux intenses au Q/A 1/3, à la tension de 60 kV. La version actuelle, en bobines classiques et dans un fonctionnement préliminaire à 28 ou 18 GHz, devra fournir 1 mA électrique d' $^{18}\text{O}^{6+}$  et 0,3 mA électrique d' $^{36}\text{Ar}^{12+}$  en mode continu. Dans un second temps une version améliorée (PHOENIX HTS) utilisant des bobines supraconductrices à haute température (27 K) a été développée et est en cours de réalisation, elle devra « upgrader » les intensités d'Argon jusqu'à 1 mAe.

Une campagne de mesures va débuter en 2004 sur le nouveau banc de test au laboratoire afin de définir les caractéristiques d'injections nécessaires pour les faisceaux radioactifs  $1+$  en provenance de la casemate de production en vue de la multiplication de leur état de charge. Des échanges approfondis sont en cours avec le groupe projet afin d'intégrer les contraintes de faisceologie et de sûreté nucléaire dans un seul et même système de production d'ions radioactifs.

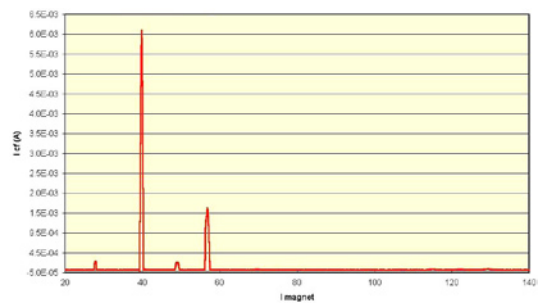


Figure 6 : Spectre de la source Micro PHOENIX 10 GHz en deutons.