**Contribution aux exercices de prospective 2020-2030**

***Contribution to the 2020-2030 prospective reflection***

**Sciences Nucléaires et Vivant**

*Nuclear Science and Health*

**Description détaillée de la contribution**

*Detailed description of contribution*

**Titre** : Séparation en Masse couplée à l’Ionisation Laser

**Prénom et nom de l’auteur principal ou correspondant** : Nathalie Michel, Férid Haddad

**Affiliation de l’auteur principal ou correspondant** : Laboratoire Subatech

**E-mail de l’auteur principal ou correspondant** : michel@subatech.in2p3.fr

**Prénoms, noms et affiliations des co-auteurs :**

Charles Olivier Bacri, CSNSM

Nathalie Lecesne, GANIL

Collaboration CERN-MEDICIS et Université de Mayence

Collaboration OSUNA

**Indiquer les objectifs scientifiques (2 pages max. avec figures)**

***Please indicate science objectives (2 pages max. including figures)***

Merci de préciser le positionnement des objectifs dans l’état de l’art (échelle internationale) ainsi que les liens avec des projets existants et/ou futurs.

*Please include description of motivation against (international) state-of-the-art, as well as links to other projects (existing or foreseen).*

Ce projet vise à mettre en place, au sein du laboratoire SUBATECH UMR 6457, la technique d’ionisation laser couplée à la séparation en masse afin de quantifier, purifier ou séparer des isotopes. Les applications visées sont la santé et l’environnement. A moyen terme l’objectif est d’utiliser cette technique pour purifier des radionucléides d’intérêt médical produits avec des accélérateurs ou des réacteurs nucléaires

L’ionisation résonante par faisceau laser, démontrée et expérimentée pour la première fois au LNPI (Leningrad Nuclear Physics Institute) en 1988, promeut sélectivement et efficacement les atomes dans leurs états excités et ionisés par photoionisation. Ainsi, en complant cette technique avec la séparation en masse, on peut isoler un isotope d’un élément avec une grande précision. En effet, l’ionisation est sélective selon Z tandis que l’application d’un champ électromagnétique assure la séparation des isotopes selon leur masse A. Il existe plusieurs installations utilisant ce procédé dans le monde. Au sein d’ISOLDE@CERN, RIALTO@IPN d’Orsay ou GISELE@GANIL, des faisceaux purs de noyaux exotiques sont obtenus pour des applications en physique nucléaire.

**Le premier objectif** de notre projet consiste à désolidariser la première étape de production des isotopes du reste du procédé. Cela nous permet une grande variété dans la forme initiale de l’échantillon que l’on peut utiliser (chimique, géométrique, …) libérant ainsi des contraintes sur la conception de l’instrument. Le dispositif construit permettra des expériences sur des isotopes stables ou des radio-isotopes avec de très faibles activités. Actuellement, la majorité des sources d’ions utilisées sont dérivées de la source RILIS@ISOLDE. L’ionisation laser est alors effectuée dans une cavité métallique chaude où pénètrent les atomes de l’échantillon. La haute température de la cavité limite l’adsorption des espèces ionisées sur les parois et favorise l’expansion des neutres mais génère également un phénomène concurrent d’ionisation de surface. Une des limitations des systèmes actuels est la contamination ionique générée par cette ionisation de surface qui réduit les rendements d’extraction des espèces d’intérêt. Un travail original utilisant la désorption laser sera effectué sur la source d’ions pour circonvenir ces problèmes.

**Le second objectif** de notre projet réside dans l’ouverture de cette technique à de nouveaux champs d’applications. En effet, ce dispositif évite les contaminations isobariques. Les domaines d’applications envisagés sont :

* **La médecine nucléaire qui** devient un nouveau terrain d’investigation de ces instruments comme à MEDICIS@CERN (Medical Isotopes Collected from ISOLDE) puisque ce type d’installation permet la purification de radionucléides avec une grande pureté (grande activité spécifique) mais aussi l’enrichissement isotopique de cibles pour la production de ces radio-isotopes par des voies plus conventionnelles.
* Cette technique permettra d’analyser des éléments à l'échelle des ultra-traces et déterminer des rapports isotopiques pour des **applications environnementales et en géochimie** isotopique (détermination et suivi d’espèces afin de caractériser l’origine des polluants). En effet, la grande sensibilité et les basses limites de détection de cette installation viendront compléter et rivaliser avec l’AMS (spectrométrie de masse par accélérateur), seul présent au CEREGE (Centre Européen de Recherche en Géoscience et en Environnement, Aix en Provence) en France.

Les premières applications de notre dispositif seront dédiées à la quantification des isotopes du cuivre. En effet, le rapport isotopique précis des isotopes stables du cuivre (masses 63 et 65) est un *traceur géochimique et biogéochimique* très utile dans le continuum Terre-Mer. De plus, des mesures de sections efficaces de production des atomes stables du cuivre pourront être obtenues, précieuses données pour contraindre les codes nucléaires et étudier les modes de production de la *paire théranostique Cu 64/Cu 67* qui a un potentiel fort en médecine nucléaire.

Par la suite, d’autres éléments seront étudiés comme les isotopes de l’uranium ou du plutonium qu’il est intéressant de pouvoir tracer dans l’environnement.

Enfin, un transfert de cette technologie pour la séparation d’autres isotopes d’intérêts médicaux sera étudié. Il sera nécessaire d’inclure à ce moment-là les contraintes de radioprotection et de décommissionnement.

Ce projet s’inscrit donc à la fois dans les axes de **Sciences Nucléaires et Vivant** et **Sciences Nucléaires et Environnement** et de par son caractère pluridisciplinaire, il agrège l’intérêt de nombreux laboratoires. On peut citer au niveau local l’OSUNA (Observatoire des Sciences de l’Univers de Nantes Atlantique), ARRONAX, au niveau national le GANIL et le CSNSM et au niveau international l’Université de Mayence, l’université de Leuven et le CERN. Ce projet structurant pour le laboratoire SUBATECH permettra à terme la réalisation d’un nouvel équipement scientifique de pointe complémentaire de la plateforme analytique déjà existante. Plusieurs groupes de recherche du laboratoire bénéficieront du développement et de la construction de cet équipement. Ce travail se fera en collaboration avec des laboratoires extérieurs déjà pourvus d’équipements en lien avec cette thématique (à MEDICIS@CERN, à LARISSA@JGU, à SIDONIE@CSNSM d’Orsay ou à KU LEUVEN) et qui ont donc déjà développé des expertises dans les domaines étudiés. Nous pourrons tester des sources au sein de ces installations et travailler sur de nouveaux designs de sources, les schémas laser et le transport faisceau. L’OSUNA participera au cahier des charges de l’équipement à partir des échantillons d’intérêt. Le cyclotron ARRONAX sera également impliqué en tant que producteur de radionucléides pour la médecine. Ce projet a fait l’objet d’une demande de financement dans le cadre du CPER 2021-2027 (Projet SMILES).

**Merci de renvoyer ce document à** [PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR](mailto:PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR) **avant le -  
1er novembre 2019**

**Please send this document to** [PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR](mailto:PROSP2020-GT10-COPIL-L@IN2P3.FR) **before   
november 1st, 2019**