



Journées Scientifiques

Edition 2022 – vendredi 3 juin



Projet SMILES: un séparateur en masse couplé à l'ionisation laser de haute sélectivité en construction au laboratoire SUBATECH



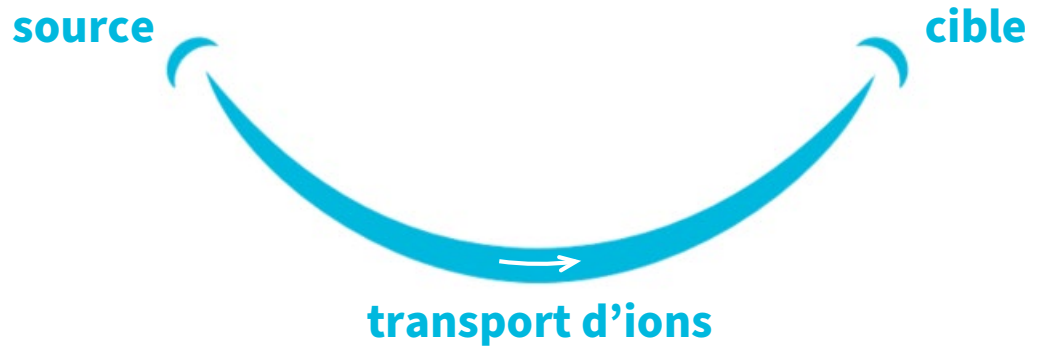
Nathalie Michel - Equipe PRISMA SUBATECH



JOURNÉES SCIENTIFIQUES



Séparation en Masse
couplée à l'ionisation Laser
pour des applications
Environnementales
et en Santé

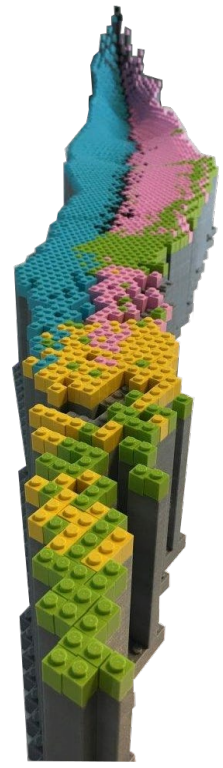




Intérêt du dispositif



explorer la carte des noyaux...

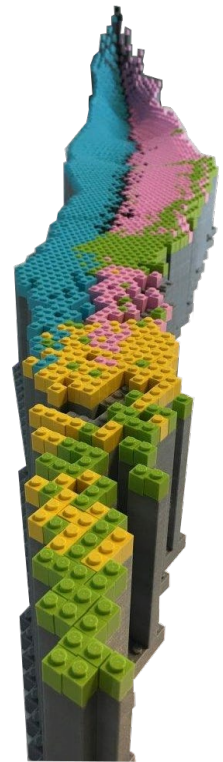


Comment ?

Séparation en masse

Ionisation sélective

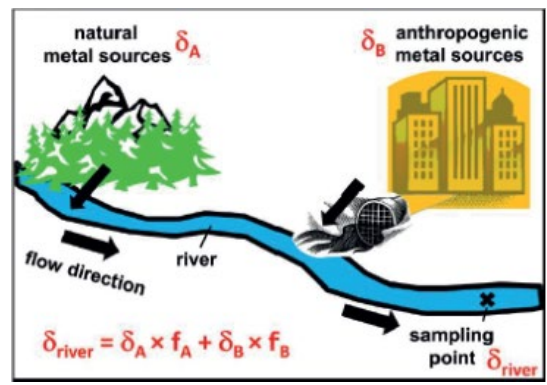
63Ge	64Ge	65Ge	66Ge	67Ge	68Ge	69Ge	70Ge
62Ga	63Ga	64Ga	65Ga	66Ga	67Ga	68Ga	69Ga
61Zn	62Zn	63Zn	64Zn	65Zn	66Zn	67Zn	68Zn
60Cu	61Cu	62Cu	63Cu	64Cu	65Cu	66Cu	67Cu
59Ni	60Ni	61Ni	62Ni	63Ni	64Ni	65Ni	66Ni
58Co	59Co	60Co	61Co	62Co	63Co	64Co	65Co
57Fe	58Fe	59Fe	60Fe	61Fe	62Fe	63Fe	64Fe





Pour ?

analyser, purifier et enrichir



pour des applications en environnement, santé,...

Une première liste d'éléments et d'autres à venir



Éléments :

Cu stable (63/65) : applications médicales et environnementales, analyses isotopiques, mesure des sections efficaces des stables

Er : applications médicales

Pb : analyses isotopiques

Radioéléments (et radionucléides associés) dans échantillons environnementaux :

Am : ultra-traces et analyses isotopiques

Pu : ultra-traces et analyses isotopiques

Ra : analyses isotopiques Ra 226/Ra 228 et intérêt pour source de Ra 228

Radionucléides dans échantillons environnementaux :

Pb-210 limité en spectrométrie gamma

Th-230 analyses ultra traces

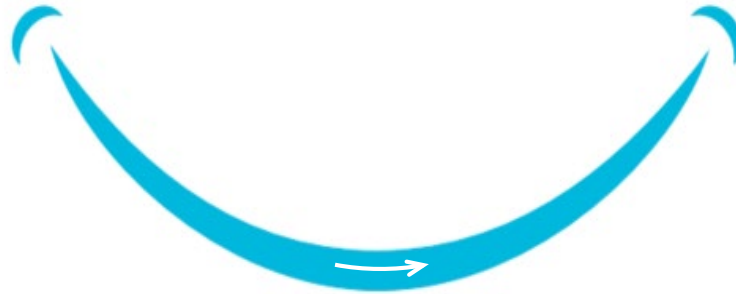
U-236 analyses ultra traces

Un concept décliné en 2/2/2



2 types de sources

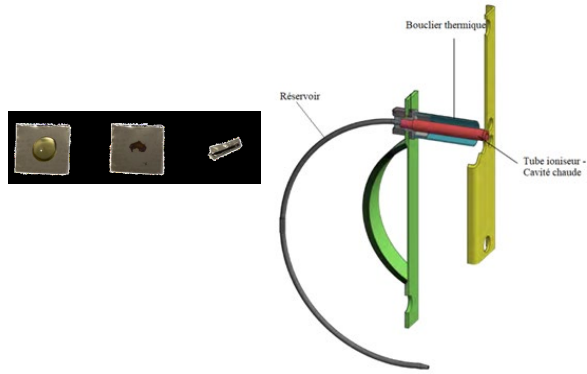
2 types de cibles



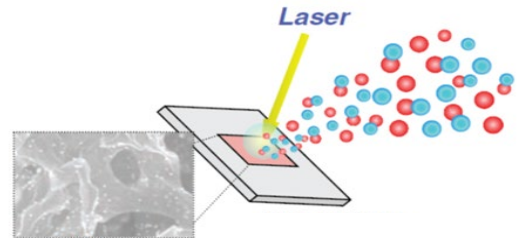
2 types de transport et séparation de faisceaux d'ions

2 types de sources d'ions

smiles

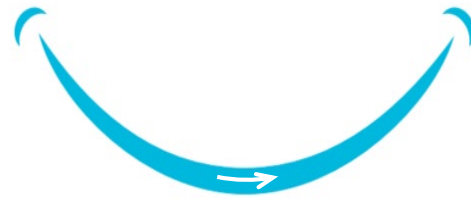


Source thermique



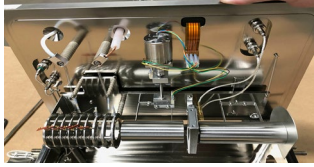
Source par désorption Laser couplée à cartographie

2 sources

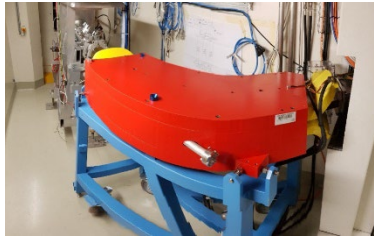
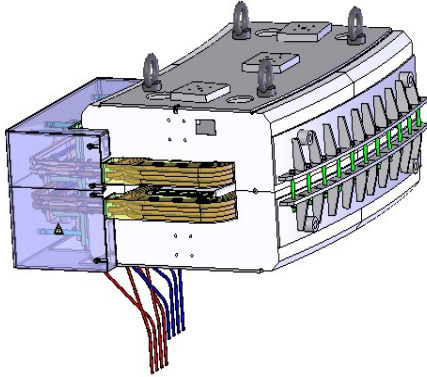


2 types de lignes de faisceaux d'ions

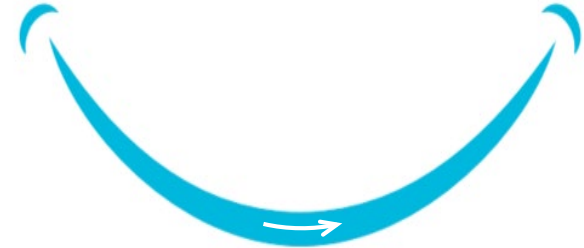
smiles



Séparateur avec champ électrique type Time of Flight (TOF)



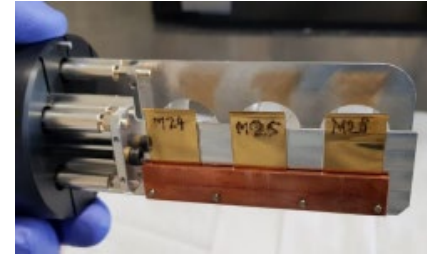
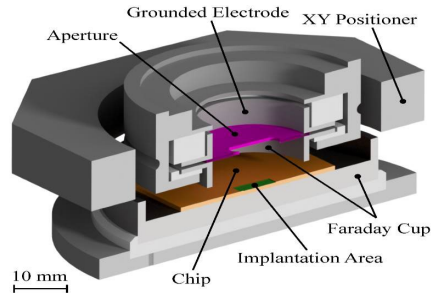
CERN-MEDICIS



2 types faisceaux d'ions

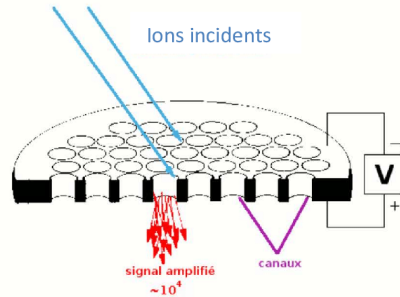
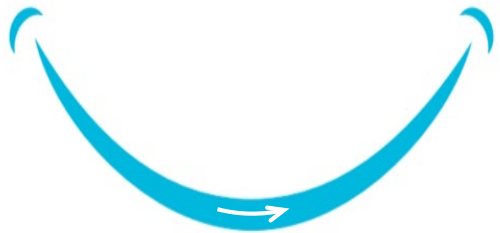
Séparateur avec champ magnétique

2 types de collections



T. Kieckel et al., NIM A 945, 162602 (2019)

Implantation

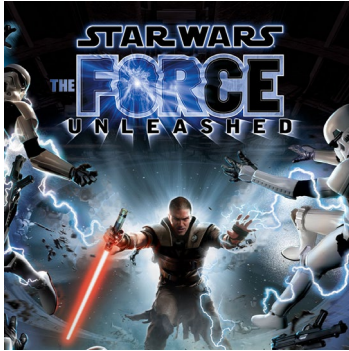


Hamamatsu F4655-10

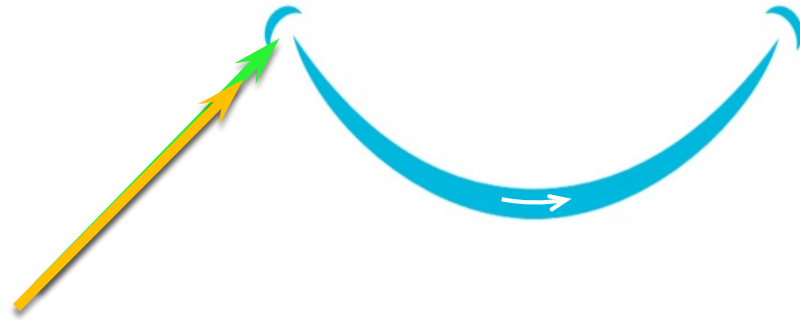
Analyse

Quelle est la force de SMILES ?

smiles



2 sources

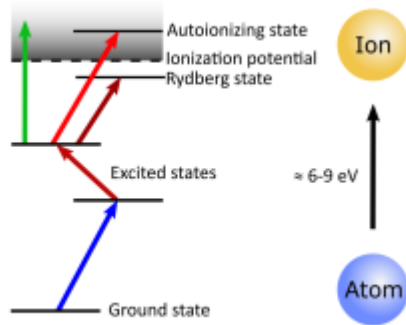


L'ionisation sélective par faisceaux Laser !

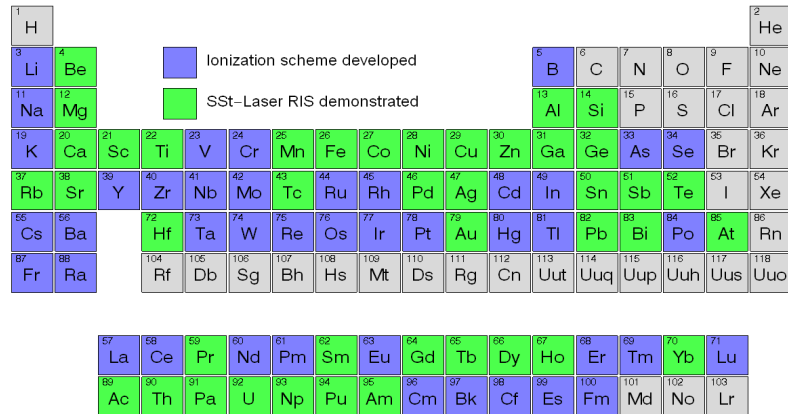
Quelle est la force de SMILES ?

L'ionisation sélective par faisceaux Laser

Sélectivité Multi-pas



Schémas développables pour de nombreux éléments





Quelle est la force de SMILES ?

L'ionisation sélective par faisceaux Laser !

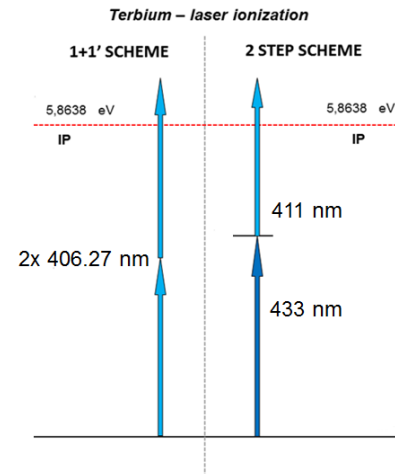
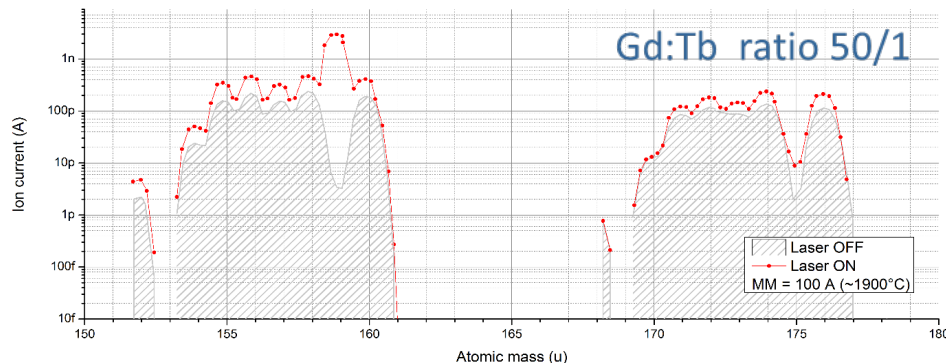
Ex: Cuivre

ou



Exemple : collaboration MEDICIS/CERN

Extraction sélective du  réalisée à JGU Mainz (LARISSA)



Chauffage à 1900 ° C avec schéma à deux étapes

Laser ON/OFF rapport 1000

Efficacité de rendement augmente de 1,4 à 53 %

Thèse R. Formento (PhD 2019) Collaborations : AAA, Arronax/SUBATECH , Mayence (Allemagne), CERN (MEDICIS)

Performances atteintes sur instruments utilisant l'ionisation laser résonante



Haute sélectivité

suppression isobarique $> 10^8$, **uniquement grâce aux transitions optiques** à plusieurs pas
 $> 10^{13}$ **en combinant avec la séparation en masse**

Efficacité ionisation

10^{-3} - 10^{-1} **due aux grandes valeurs des sections efficaces optiques** qui génèrent des probabilités d'ionisation et d'excitation élevées

Grande Sensibilité

avec des limites de détection depuis le **fg** voir **l'ag**



Deux exemples de configuration possibles:

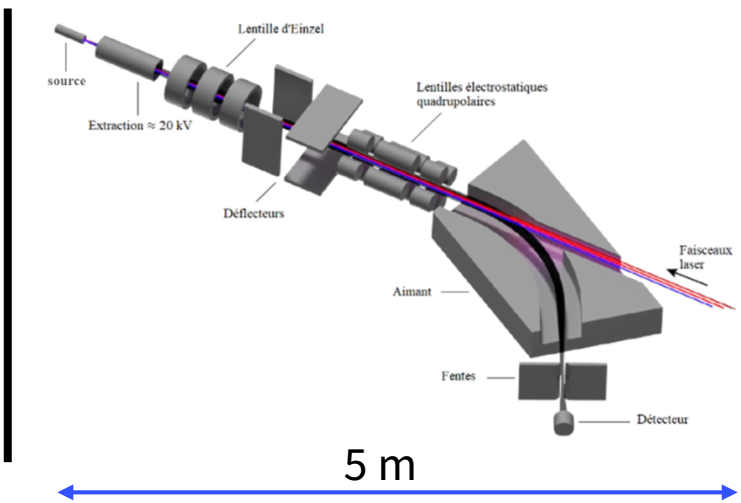
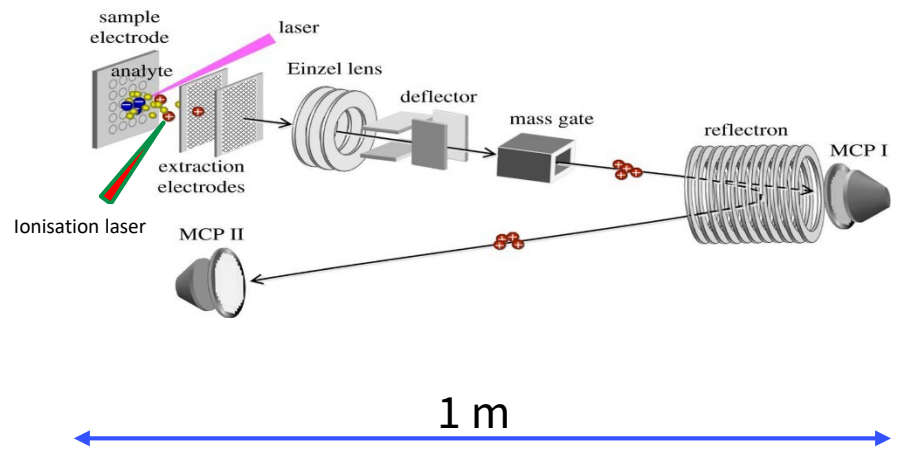


Schéma du séparateur en masse RISIKO [Tom Kieck et al; arXiv:1809.01358v2]

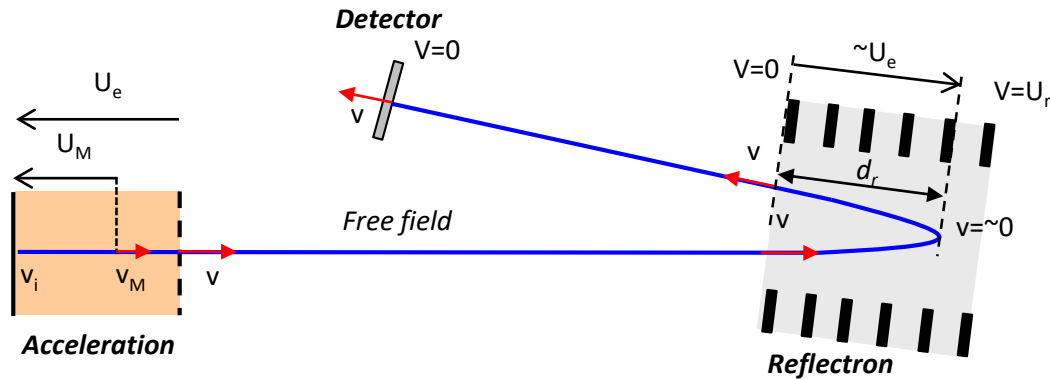


Configuration spectrometre de masse DESI [Chia-Chen Wang et al; R. Soc. A374: 20150371]



Premiers pas...

Dimensionnement du TOF -rélectron par un modèle numérique



Estimation temps de vol entre deux ions

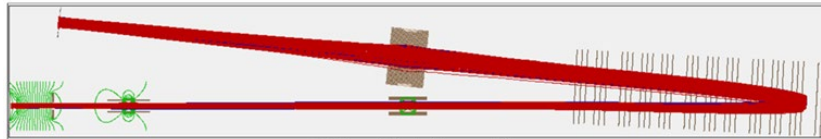
$$\Delta t = \frac{\partial t}{\partial m} \Delta m + \frac{\partial t}{\partial v} \Delta v = \Delta t_m + \Delta t_v$$

En fonction de la masse et des écarts de vitesse initiale

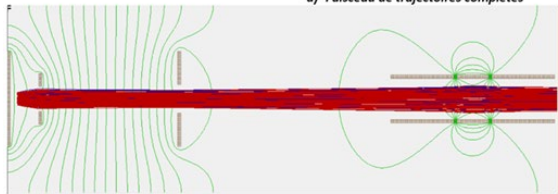


Premiers pas...

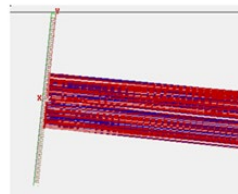
Dimensionnement du TOF - réflectron par simulations SIMION



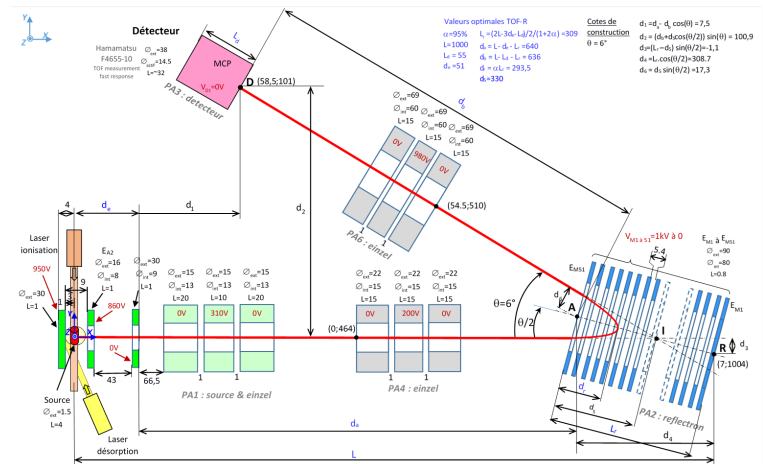
a)- Faisceau de trajectoires complètes



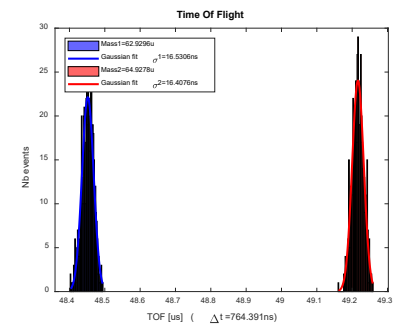
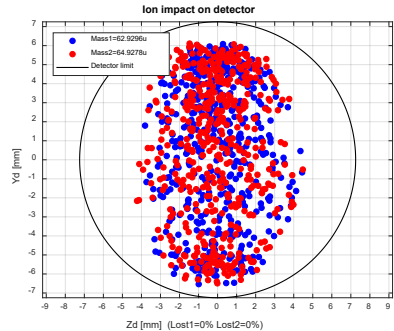
b)- Zoom sur zone extraction-accelération



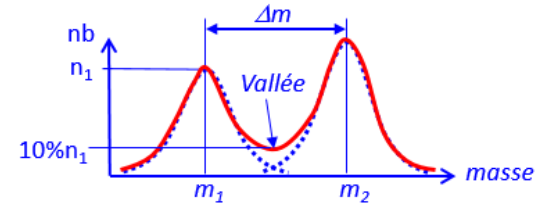
c)- Zoom sur zone détecteur



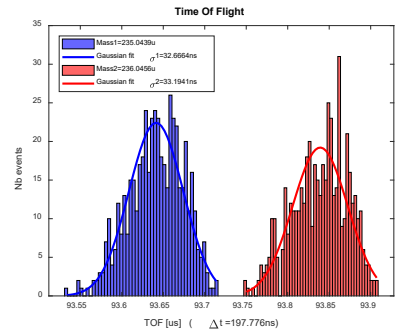
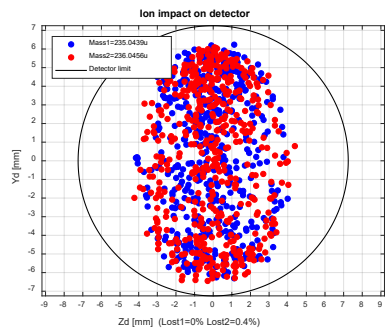
Premiers pas...



$$R_2 = \frac{m_2}{\Delta m}$$



isotopes $^{63-65}\text{Cu}^+$ (2x500ions, $E_{i2}=0.65\text{eV}$, $\sigma_{i2}=0.065\text{eV}$)



Référence vallée 10%
Résolution > 400

isotopes $^{235-236}\text{U}^+$ (2x500ions, $E_{i2}=0.65\text{eV}$, $\sigma_{i2}=0.065\text{eV}$)

Premiers pas...



Simulations signaux sur détecteurs

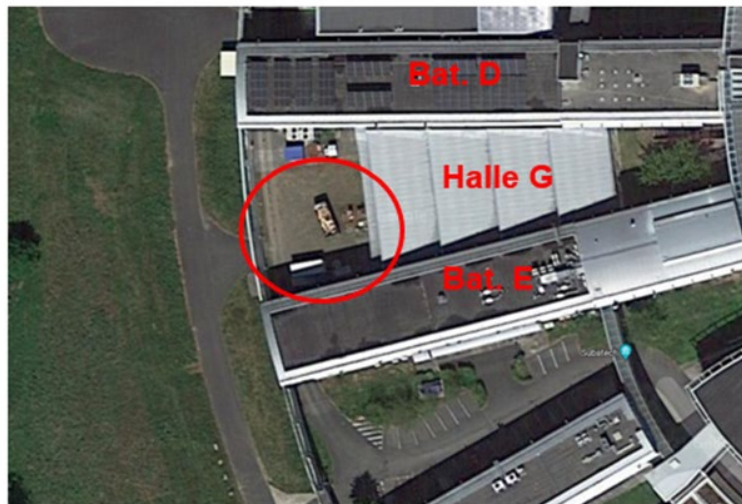


Enceinte expérimentation



Banc optique

Et la suite: le bâtiment à venir



La recherche et le développement



Obtenir la sélectivité laser pour tous les éléments:

- Etudier la désorption laser sélective
- Développement de schémas d'ionisation sélectifs multi pas

Développements techniques :

- Optimisation de la résolution
- Efficacité d'ionisation pour faisceaux ioniques de hautes intensités
- Cartographie d'échantillons biologiques avec résolution spatiale $<10 \mu\text{m}$



MERCI

Romain Berny, Arnaud Cadiou, Arnaud Guertin, Mériadeg Guillamet, Férid Haddad, Keerthana Kamalakannan, Frédéric Lefevre, Stéphane Martinez, Vincent Métivier, Nathalie Michel, Anne Piscitelli, Noël Servagent

Et nos collaborateurs extérieurs