

# Développement d'un profileur transparent à électrons secondaires pour faisceaux de particules chargées

M. Verderi<sup>1</sup>, G. Blain<sup>2</sup>, B. Boyer<sup>1</sup>, E. Delagnes<sup>3</sup>, Y. Geerebaert<sup>1</sup>, O. Gevin<sup>3</sup>, F. Haddad<sup>2,4</sup>, C. Koumeir<sup>4</sup>, F. Magniette<sup>1</sup>, P. Manigot<sup>1</sup>, N. Michel<sup>2</sup>, F. Poirier<sup>4</sup>, N. Servagent<sup>2</sup>, T. Sounalet<sup>2</sup>, C. Thiebaut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Leprince-Ringuet, CNRS/IN2P3, Ecole Polytechnique, Institut Polytechnique de Paris, <sup>2</sup>Laboratoire SUBATECH, IMT Atlantique CNRS-Université de Nantes/Nantes/France, <sup>3</sup>IRFU, CEA Université Paris-Saclay/Saclay/France, <sup>4</sup>GIP ARRONAX/Saint-Herblain/France

## Contexte

La délivrance de doses en hadronthérapie requiert une mesure continue et précise des propriétés du faisceau -intensité, position et profil- tout en le perturbant aussi peu que possible. Le projet PEPITES vise à développer un nouveau profileur ultra-mince et offrant une bonne résistance aux radiations. Il fonctionne dans le vide de la ligne de faisceau.

## Besoins

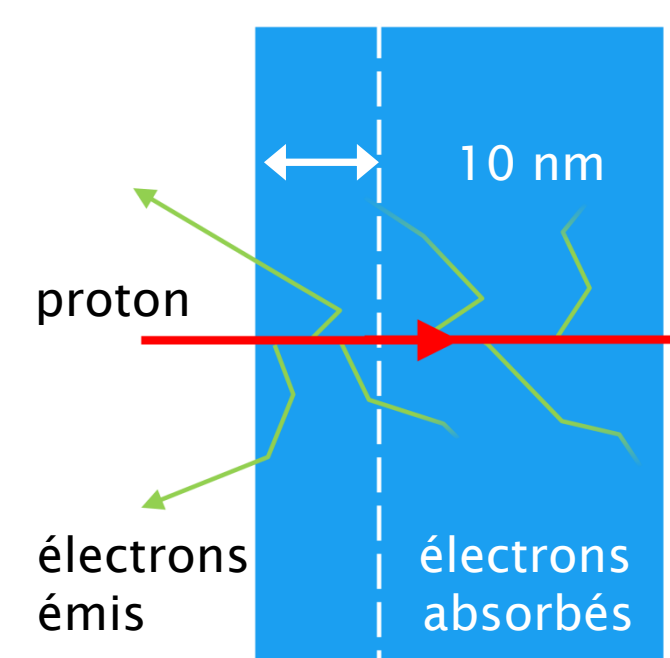
- Surveillance continue du faisceau pendant le traitement
- Longue durée de vie du détecteur
- Utilisation simple

## Challenges

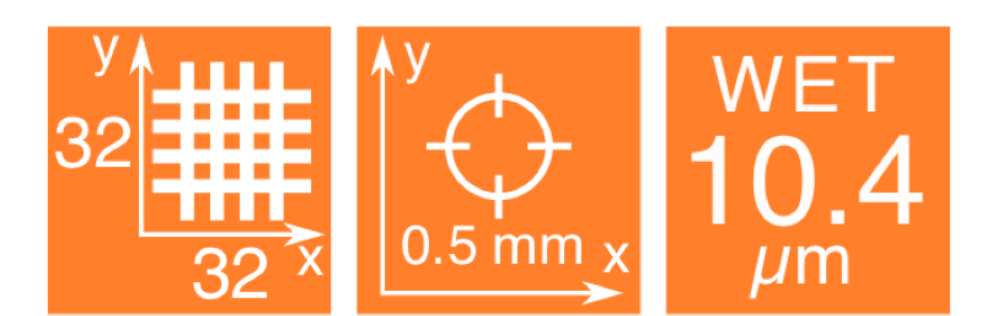
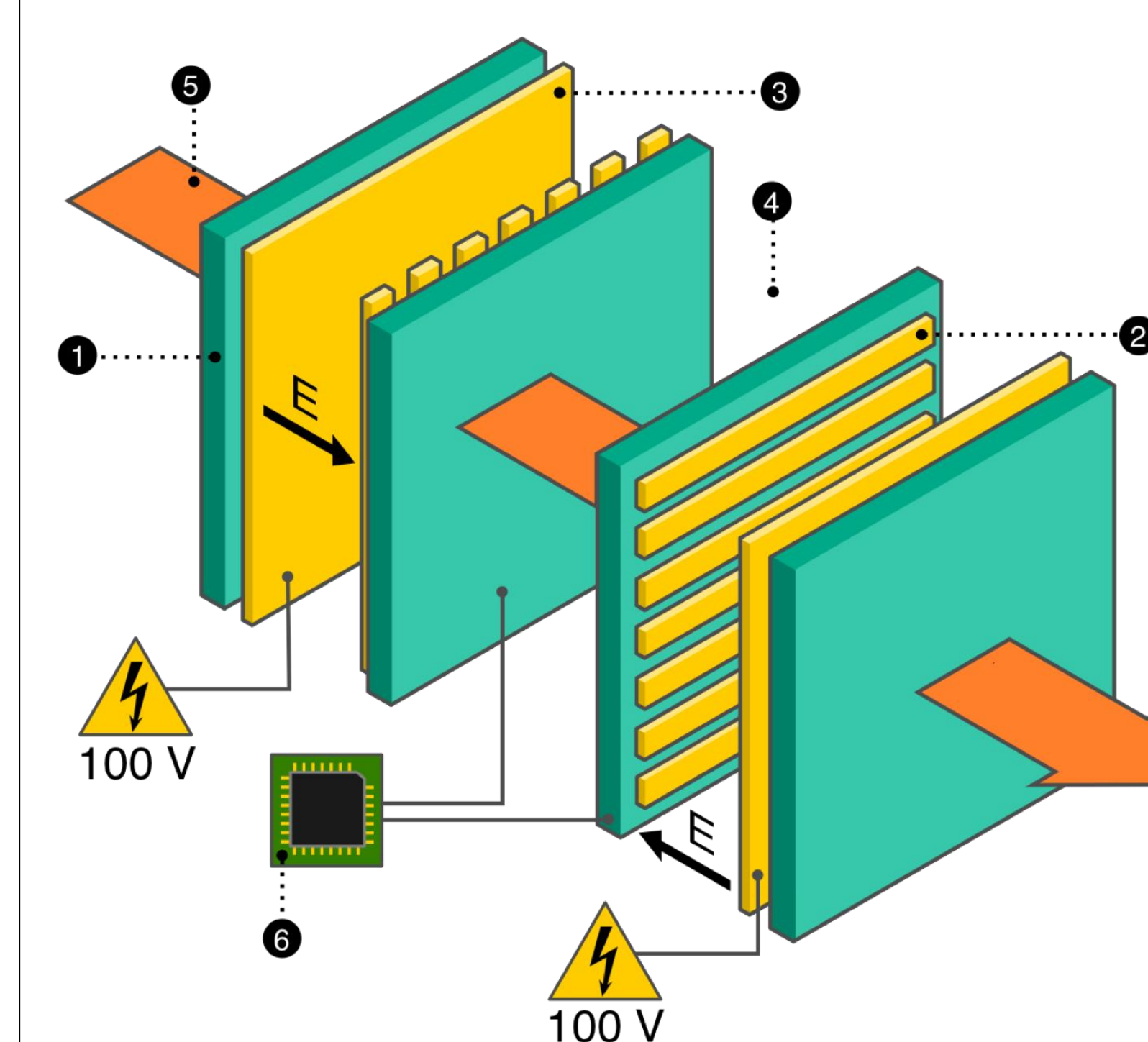
- Perturbation < 1 mm au niveau du patient (à ~2m)
  - Budget matière < 15  $\mu\text{m}$  WET
- Présence en continu dans le faisceau
  - Bonne radiorésistance (jusqu'à  $10^8$  Gy/year)

## Solution

- Secondary Electron Emission (SEE) pour le signal
  - Phénomène de quasi-surface (~10 nm)
- Zone sensible = électrode segmentée
  - Pistes d'or de 50 nm
  - émettrices électrons,
  - émis puis collectés dans le vide
  - Déposées sur membrane polymère de 1.5  $\mu\text{m}$
- Construction par techniques de couches minces



## Schéma détecteur

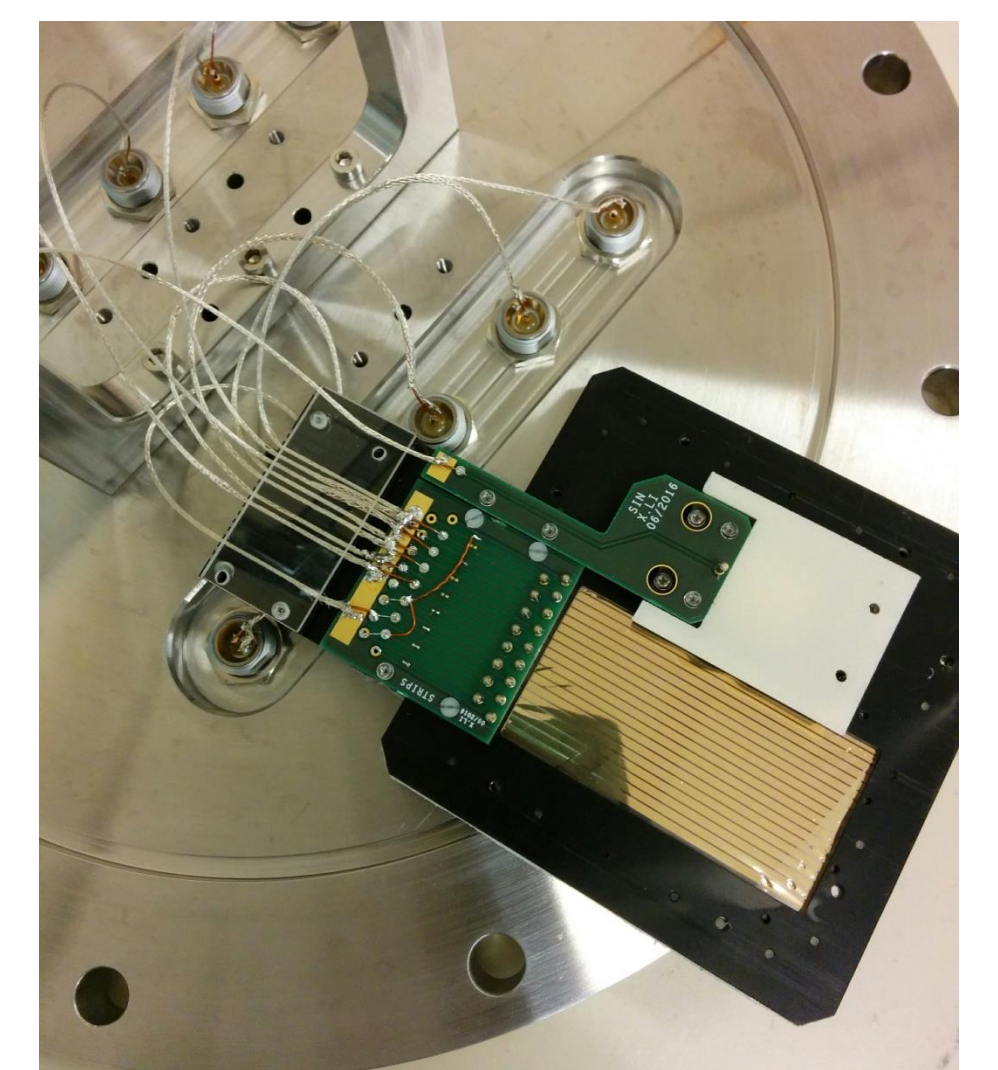
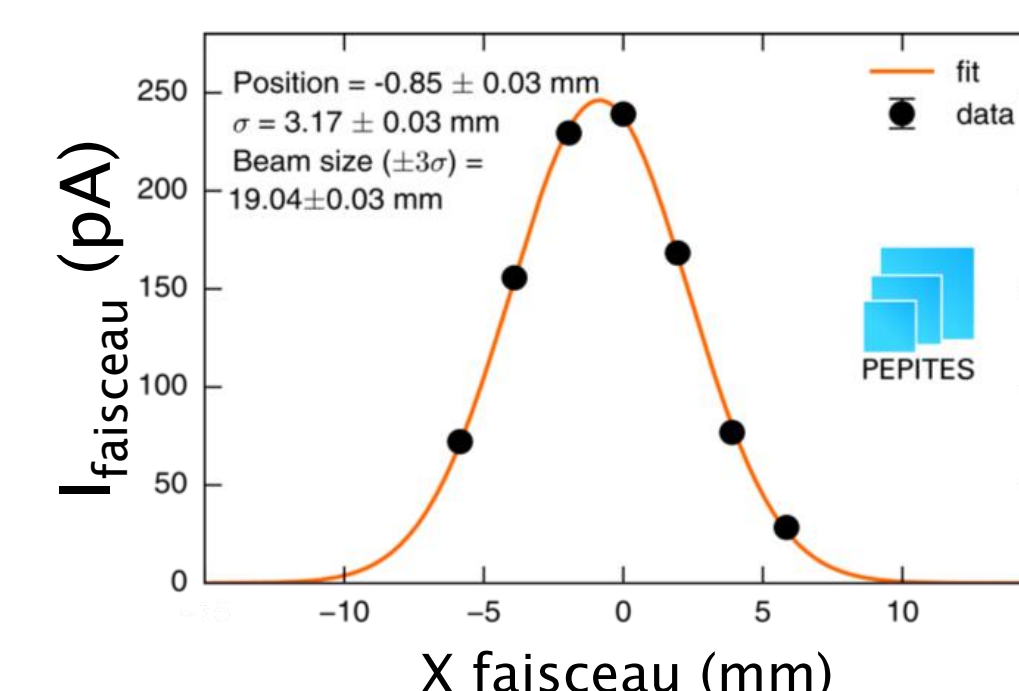


1. 1.5  $\mu\text{m}$  CP1™
2. pistes (or 50 nm)
3. anode (or 50 nm)
4. vide de la ligne
5. faisceau
6. électronique de lecture

CP1™ : polyimide de [www.nexolve.com](http://www.nexolve.com)

## Réalisations

- Preuves de concept @ ARRONAX
  - avec un premier prototype
  - protons de 68 MeV
  - profils de 200 fA à 10 nA

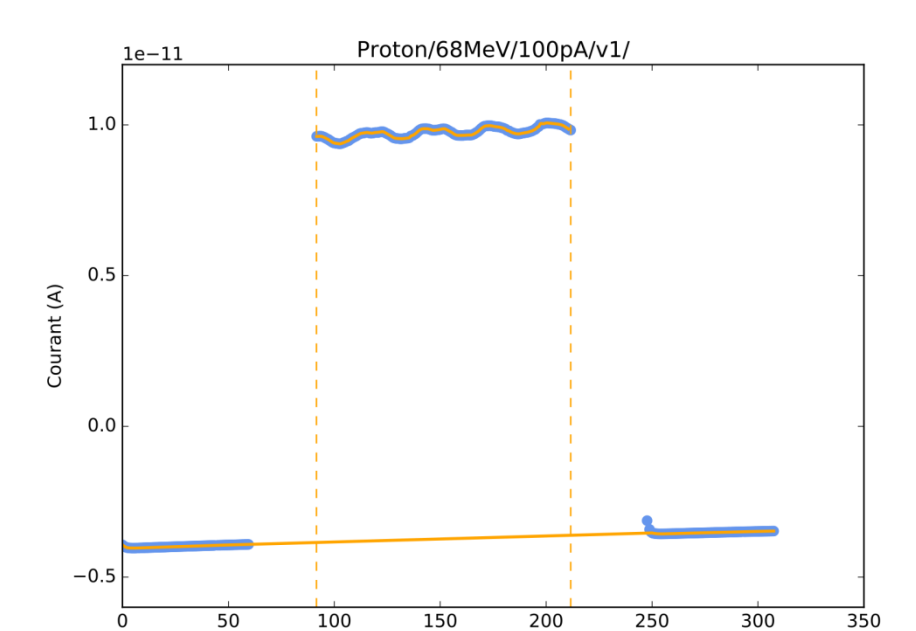


- Etudes dommages/tenue aux radiations
  - Proton, source gamma @ ARRONAX
  - Proton @ CSNSM
  - Électron @ LSI
  - Pas de dommages critiques aux électrodes jusqu'à  $10^9$  Gy



Electrode irradiée en  $e^-$  à 2 MeV au LSI : 25  $\mu\text{A}$  pendant 25 h,  $10^9$  Gy

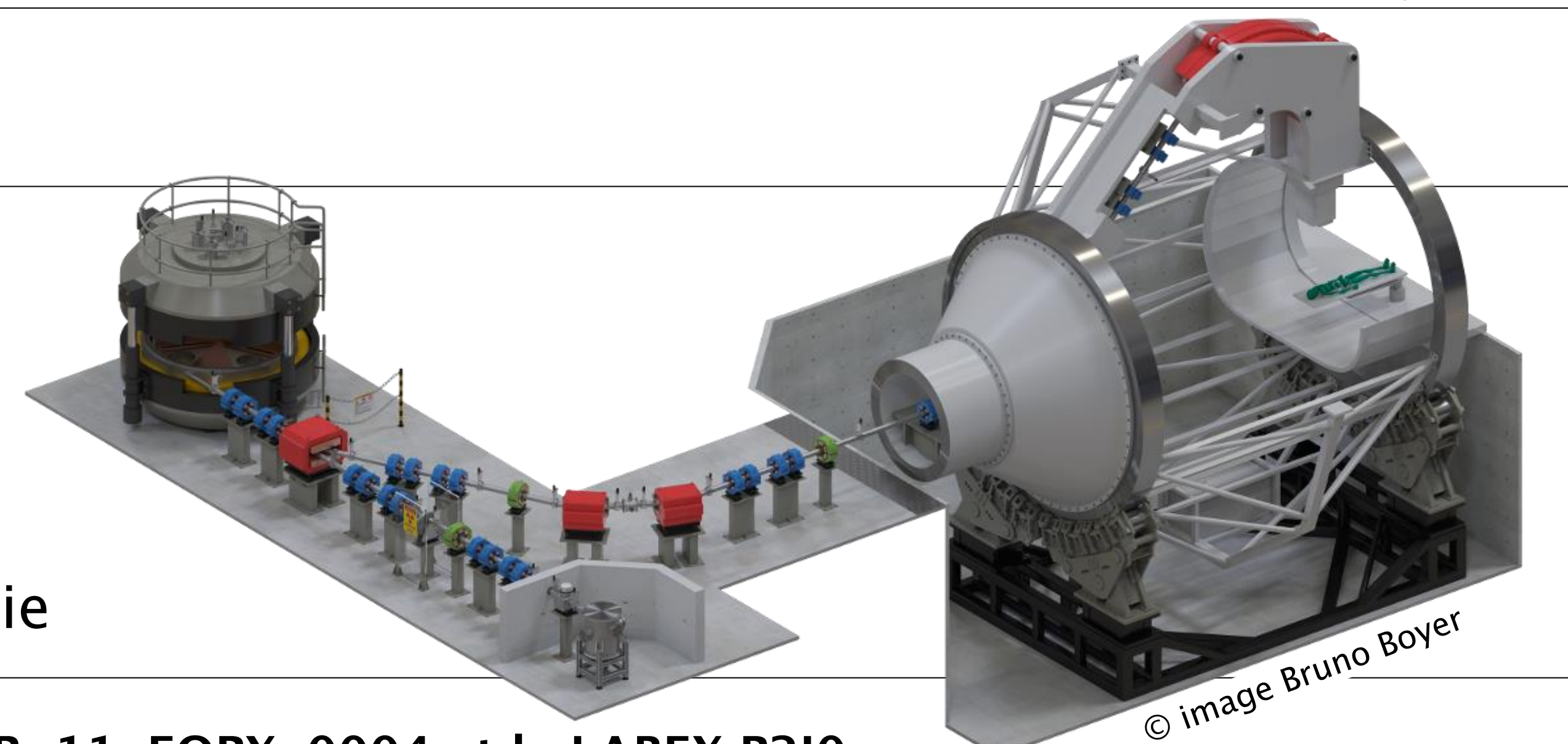
- Mesures taux SEE
  - faisceaux protons (30-68 MeV) et alphas @ ARRONAX
  - 1 pA à 100 nA
  - protons (100-230 MeV) @ CPO
  - O(nA)



Exemple de courant de SEE lors d'une mesure on/off

## Futures étapes

- mi-2020 ASIC de lecture bas bruit dédié (CEA DEDIP)
- fin 2020 Mise en œuvre d'un prototype complet à ARRONAX
  - Utilisation en routine pour retour d'expérience
- 2021 Maturation en vue du portage de la technique en protonthérapie



© image Bruno Boyer