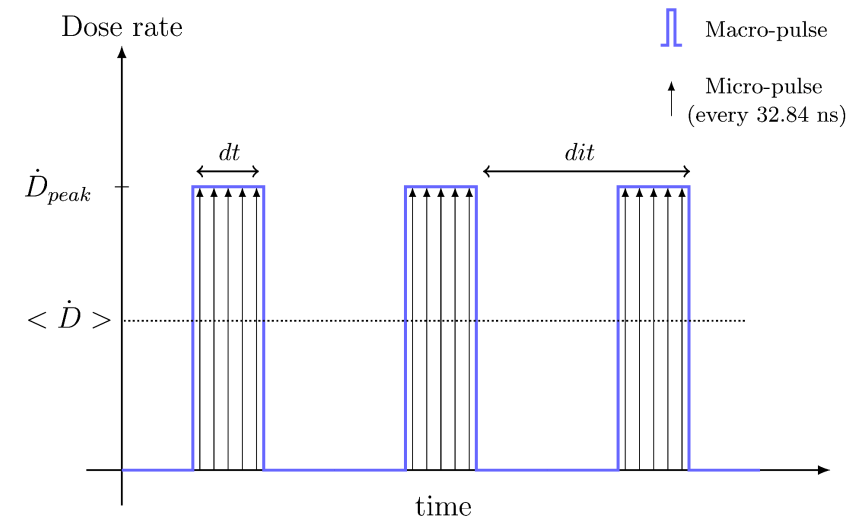


Utilisation de la fluorescence de l'air pour le contrôle en ligne des faisceaux d'ions sur une large gamme d'intensité ($< 1 \text{ nA} \dots > 1 \mu\text{A}$)

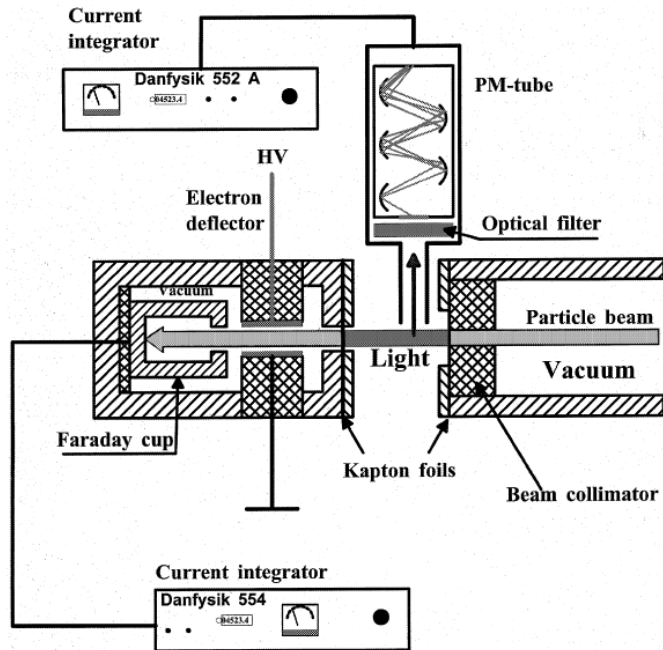


- Objectifs :

- Développement d'un moniteur faisceau non perturbatif
 - Adapté pour les faibles/moyennes énergies (qqs MeV – qqs 10aines MeV)
 - Monitoring de la structure temporelle du faisceau
 - Monitoring du nombre de particules incidentes
 - Monitoring de la structure géométrique du faisceau

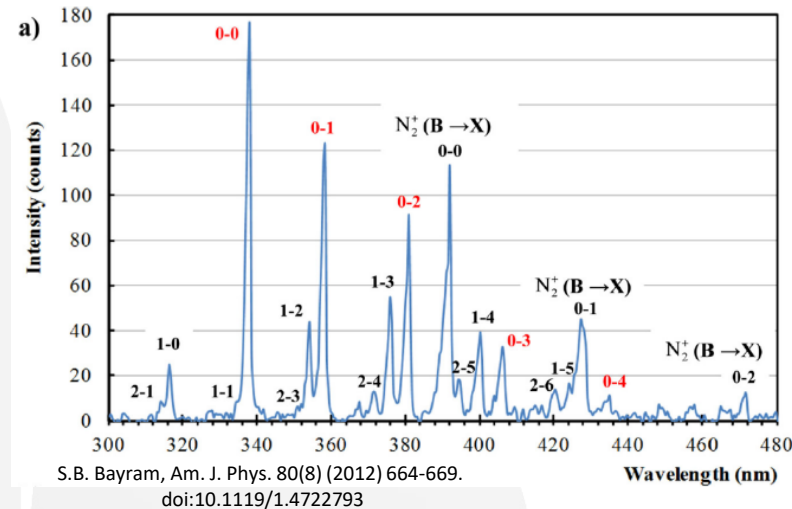


Monitoring du faisceau à l'aide de la fluorescence de l'air

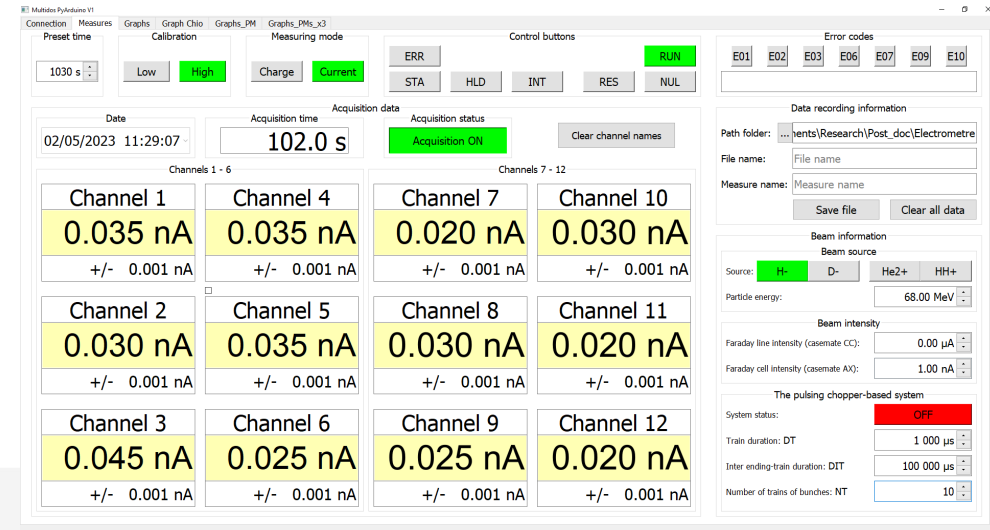


J. -O. Lill, Nucl. Instr. And Meth. In Phys. Res. B 150 (1999) 114-117

- Méthode développée pour l'analyse par faisceaux d'ions
- Lumière émise par les molécules d'azote de l'air, excitées par le faisceau
- Longueur d'onde émise est dans le domaine de l'UV : autour de 337 nm



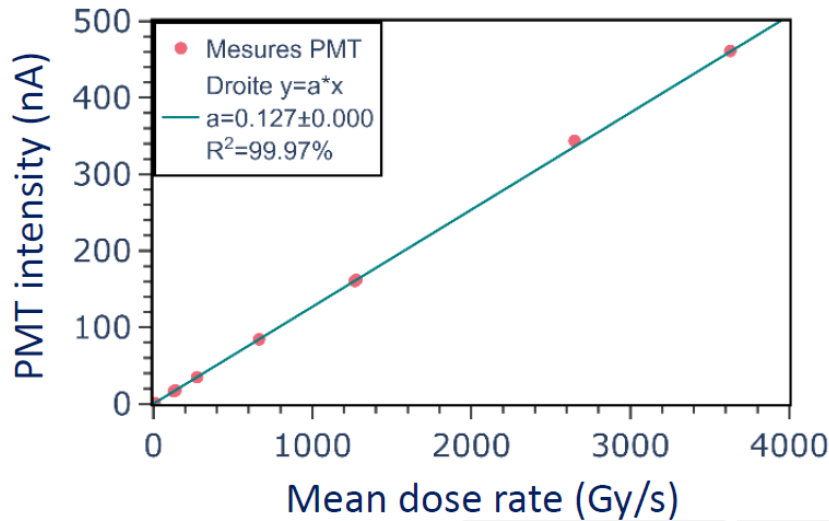
Monitorage du faisceau Protocole expérimental



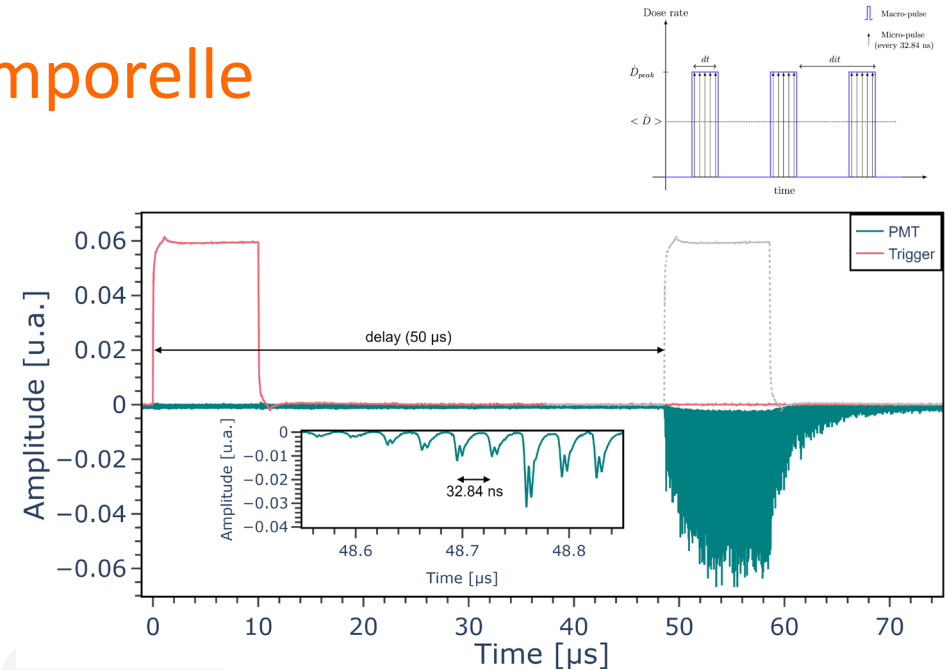
- Mesure de référence : Faraday cup
- Electromètre PTW MULTIDOS (12 voies)

Monitoring du faisceau

Nombre de particules & Structure temporelle



M. Evin et al., Journées scientifiques SFPM (2023).
Hal : hal-04246385

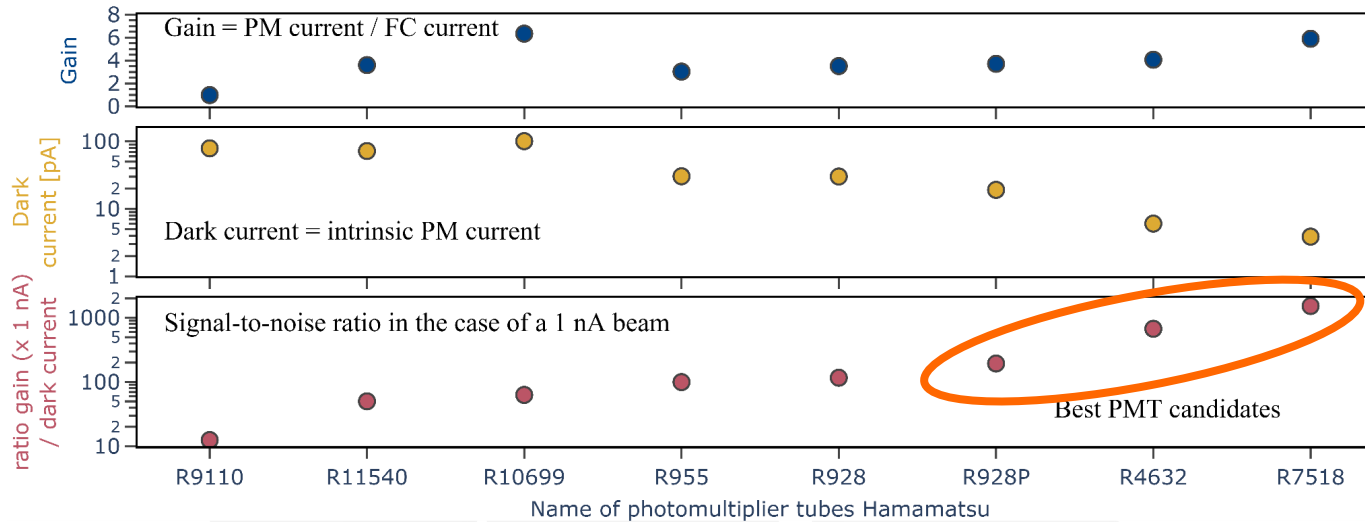


M. Evin et al., Journées scientifiques SFPM (2023).
Hal : hal-04246385

- Linéarité réponse PMT vs fluence/dose sur une large gamme de débit de dose
- Monitoring de la structure temporelle (identifications des trains et des bunchs)

Etude de la stabilité

Comparaison de différents PMTs

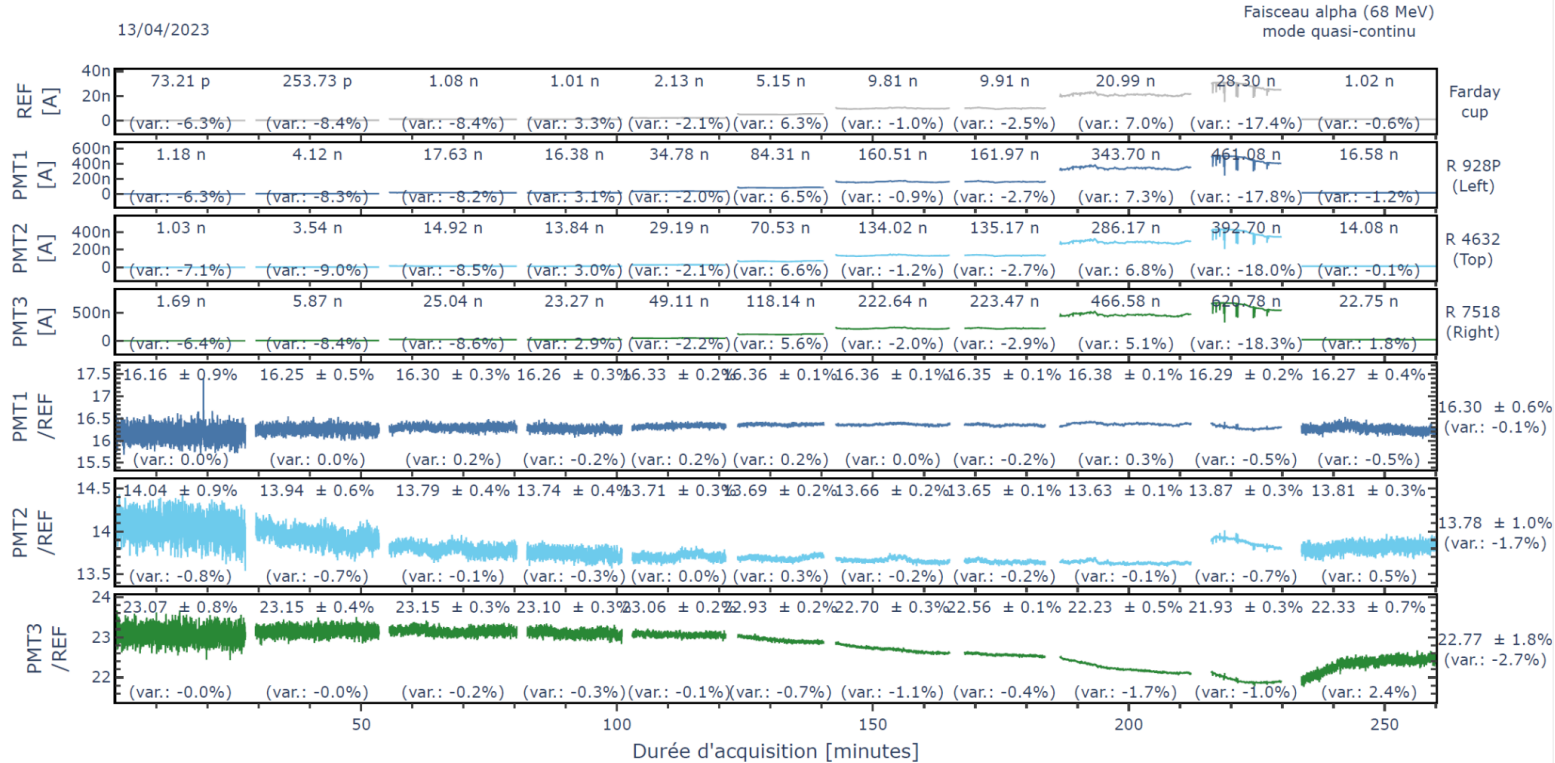


➤ Sélection PMTs en fonction de :

- SNR
- Bruit noir
- Gain
- Prix raisonnable

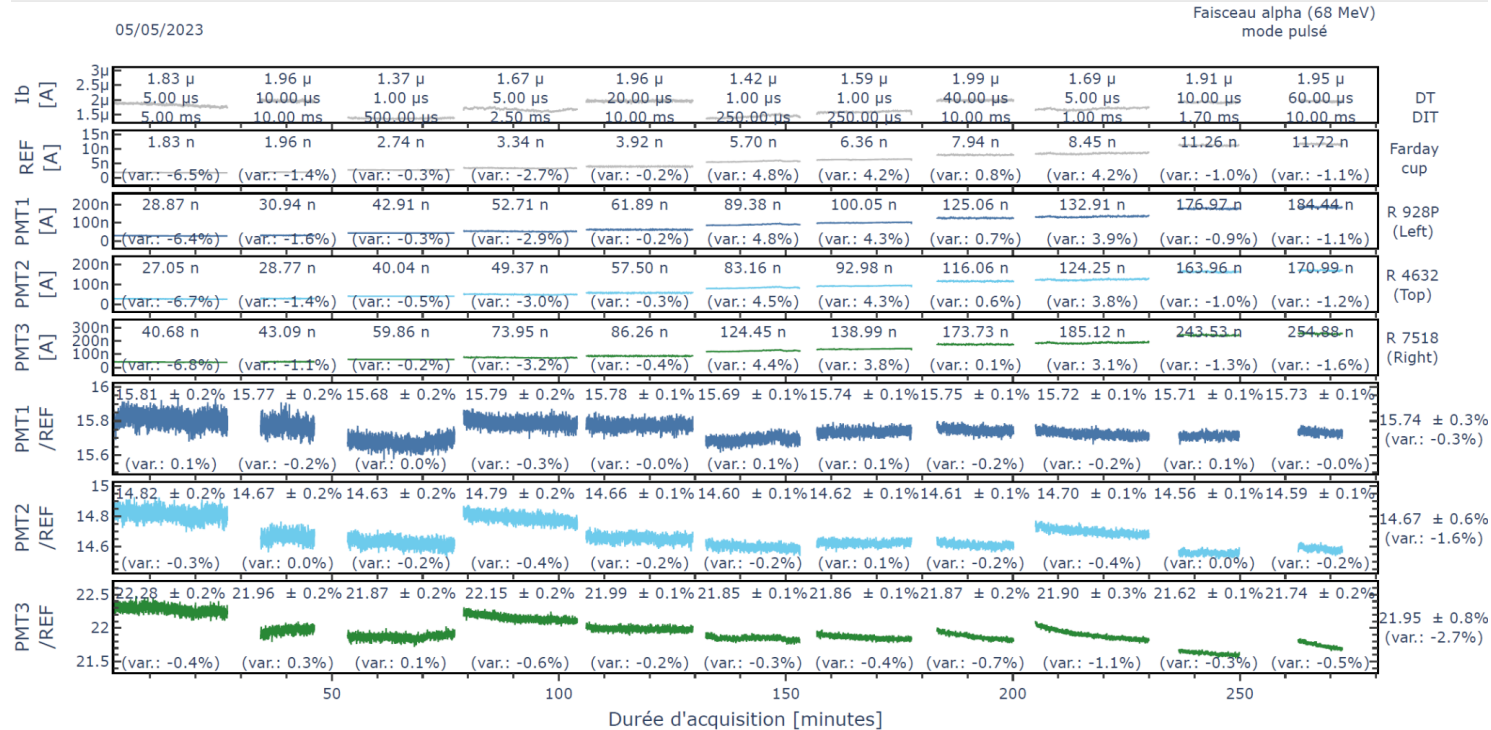
➤ Amélioration de la sensibilité (adapté pour les intensités lumineuses faibles)

Etude de la stabilité en fonction du courant de sortie PMTs



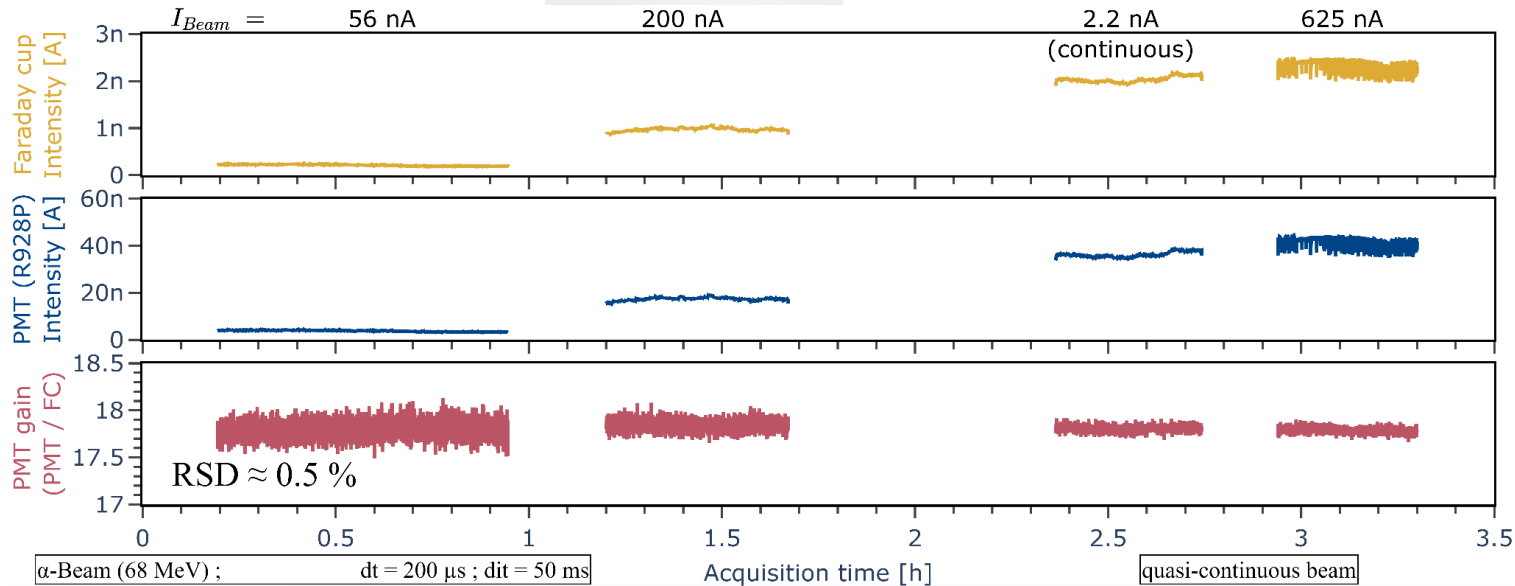
➤ Courant sortie PMTs > 100nA → dégradation de la stabilité pour certains PMTs

Etude de la stabilité en fonction du courant de sortie PMTs



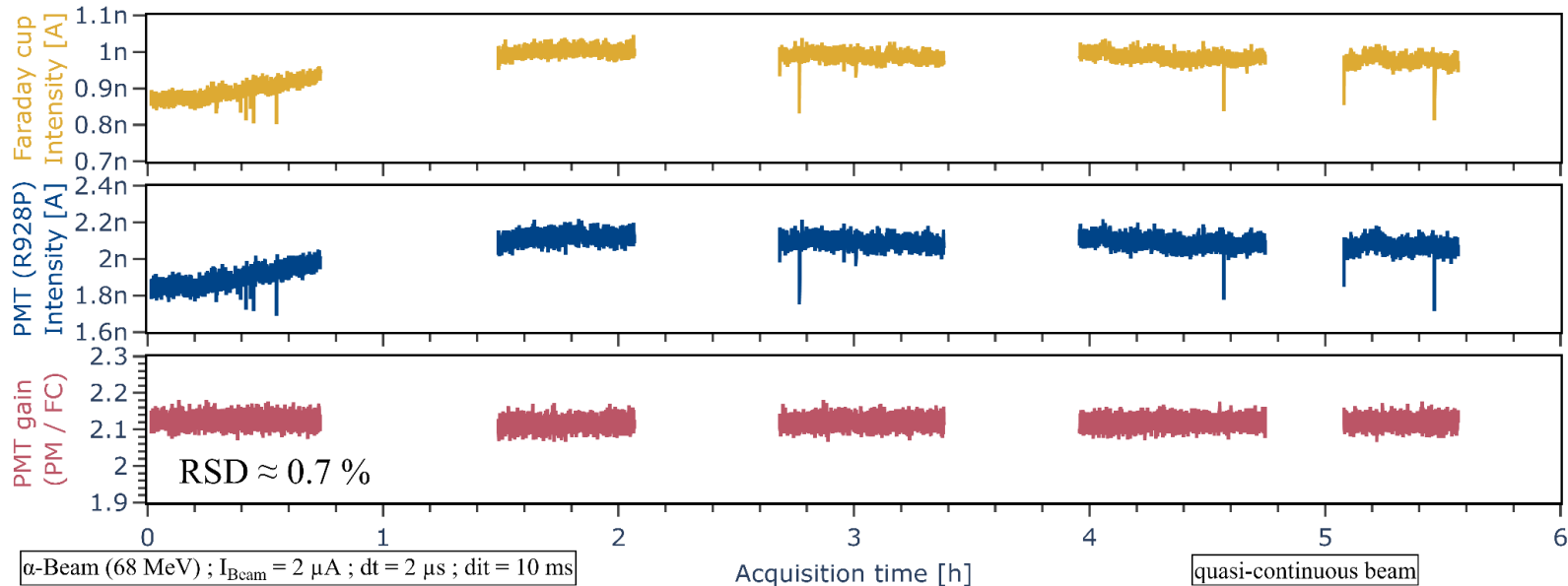
➤ Courant sortie PMTs > 100nA → dégradation de la stabilité pour certains PMTs

Etude de la stabilité en fonction du courant faisceau (bunch)



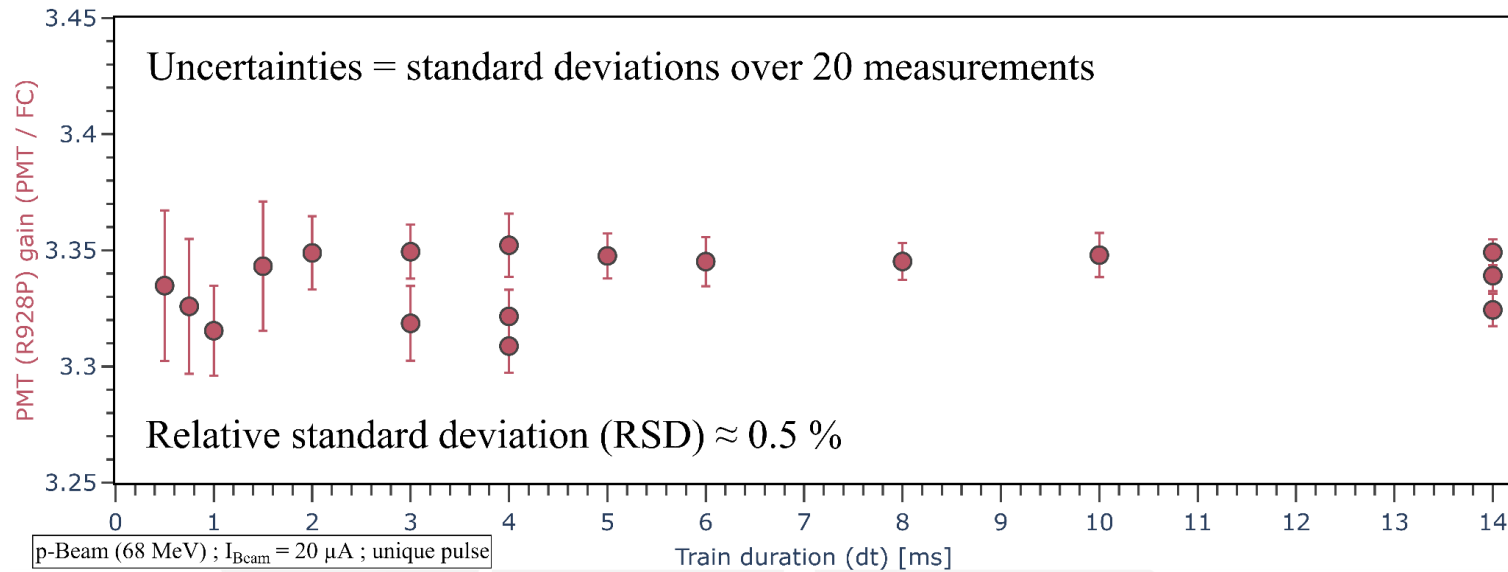
- Stabilité du gain pour des courants de qq nA à 1 μA

Etude de la stabilité en fonction du temps avec un courant faisceau maximal



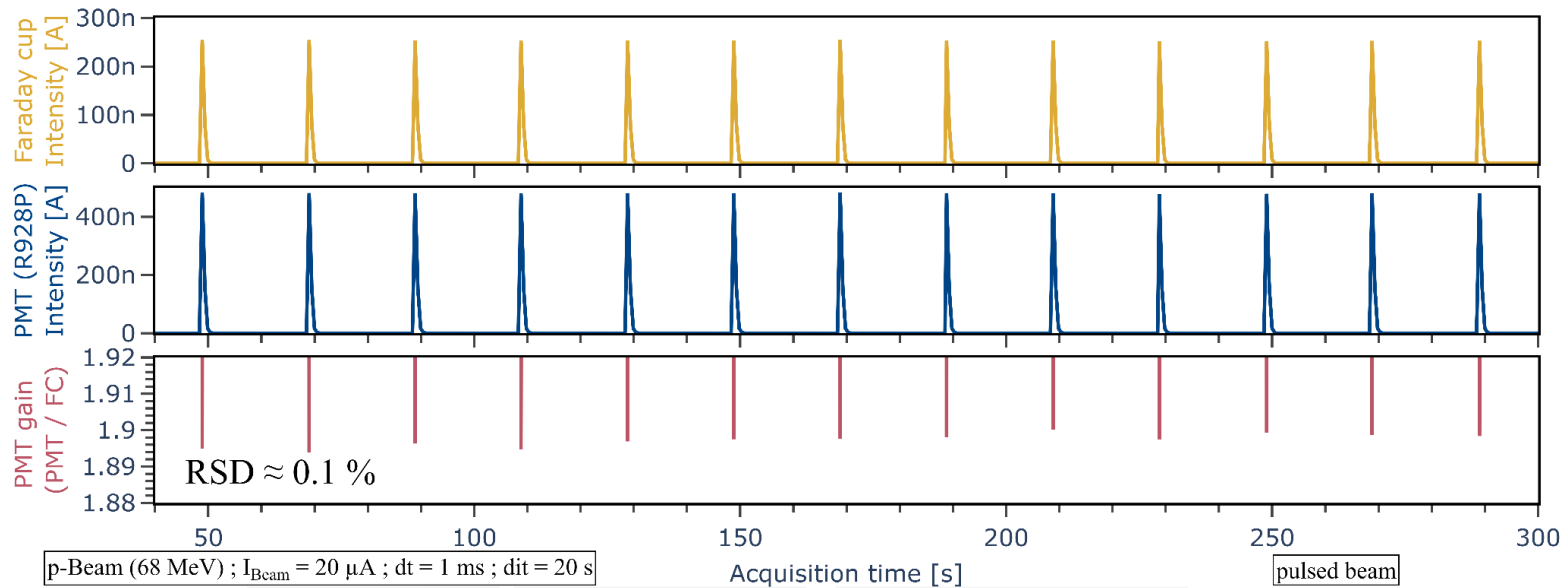
- Correlation $I_{PMT} \propto I_{FC}$
- Stabilité gain PMT en fonction du temps

Etude de la stabilité en fonction de la largeur du train



- Stabilité gain PMT en fonction de la largeur du train

Etude de la stabilité dans les conditions d'irradiation radiobiologique @ARRONAX



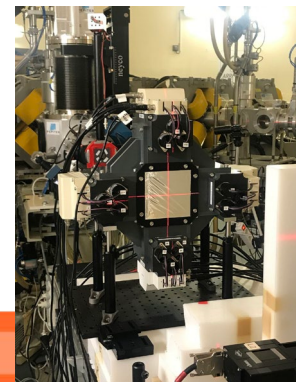
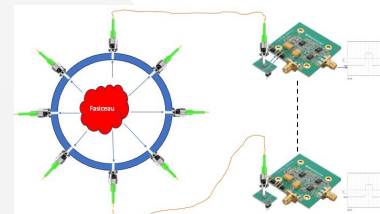
- Stabilité gain PMT dans le temps avec un faisceau pulsé UHDD

Conclusions :

- Stabilité du gain en fonction du temps, dans le cas d'un faisceau quasi-continu et pulsé → **robustesse des PMTs**
- PMTs permet le monitoring du faisceau **en débit conventionnel et à ultra haut débit de dose**
 - Même protocole dosimétrique pour les différentes structures de faisceau et de débit de dose

Perspectives :

- Comparaison d'utilisation d'un système avec **SiPM vs PMT** → **présenté par Louis Hardouin**
- **Évaluation du rendement de fluorescence** en fonction de l'énergie (qq MeV à qq 10aines de MeV) et des particules (protons, alpha, lithium, carbone, ...)
- **Développement de moniteur profileur de faisceau** → monitoring de la structure géométrique du faisceau
 - Moniteur profileur PAF @ARRONAX/SUBATECH : conception finalisée, test prochainement
 - Moniteur profiler PROFIL @BioALTO/IJCLab : étude faisabilité en cours



Collaborations



Noël Servagent
Rania Jbara
Guillaume Blain
Arnaud Guertin
Manon Evin
Vincent Métivier



Charbel Koumeir
François Bulteau-Harel
Emeline Craff
Teddy Durand
Ferid Haddad
Freddy Poirier



Louis Hardouin
Quentin Mouchard
Denis Douillet
Thierry Hourat
Nabil Karkour
Philippe Lanièce
Amélia Maia Leite
Laurent Ménard
Christian Olivetto
Marc-Antoine Verdier



Sylvain Deffet
Rudi Labarbe
Stéphane Lucas
Séverine Rossomme



Sophie Chiavassa
Grégory Delpon
Vincent Fiegel



This work has been in part supported by a grant from the French National Agency for Research called "Investissements d'Avenir", Equipex ArronaxPlus (ANR-11-EQPX-0004), ISITE NEXt (ANR-16-IDEX-0007), by the Walloon Region of Belgium through technology innovation partnership no. 8341 (EPT-1 – Emerging Proton Therapies Phase 1) co-led by MecaTech and BioWin clusters and with financial support from Inserm Cancer.

This work has been in part supported by a grant from the Région Ile-de-France called "SESAME BioALTO 2025", by the Université Paris Saclay and the Université Paris cité