

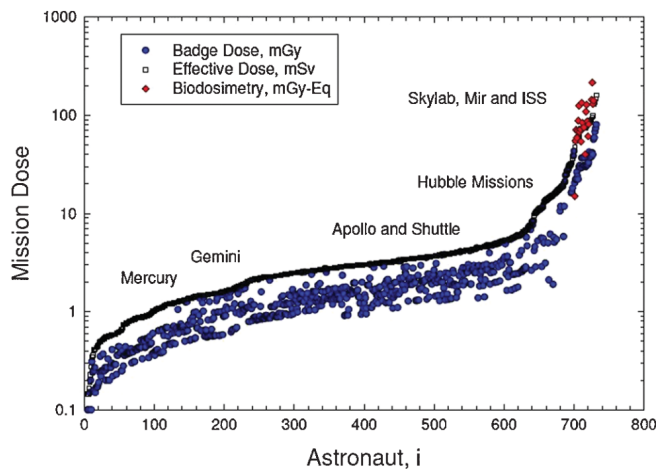
Mesures des particules secondaires de rayonnements cosmiques (GCR) et de leur impact sur des biomolécules en solution

M. Vanstalle, Q. Raffy, N. Arbor, Ch. Finck, C. Galindo, P. Peaupardin, S. Higuere, D. Husson, A. Sécher, C. Corneille

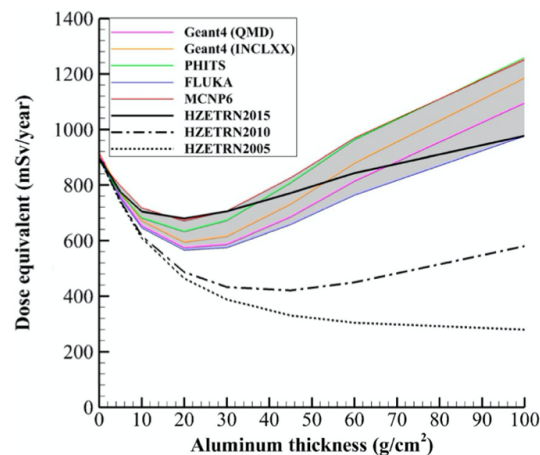
Contexte de l'étude

- ▶ Rayonnements cosmiques et particules secondaires produites → principal obstacle pour les missions spatiales longue durée (lointaines)
- ▶ Manque de données de fragmentation de 100 MeV/n à 10 GeV/n
- ▶ Désaccord données exp./simulations

Norbury et al. 2019: « *the biggest gaps are precisely for the most important particles - neutrons and light ions!* »)



Cucinotta et al., "Physical and Biological organ dosimetry analysis for International Space Station Astronauts", Radiat. Res. (2008).



Norbury et al., "Advances in space radiation physics and transport at NASA", Life Sciences in Space Research (2019).

But: caractérisation des particules secondaires (chargées et neutres) et étude de leur impact sur la radiolyse de biomolécules,

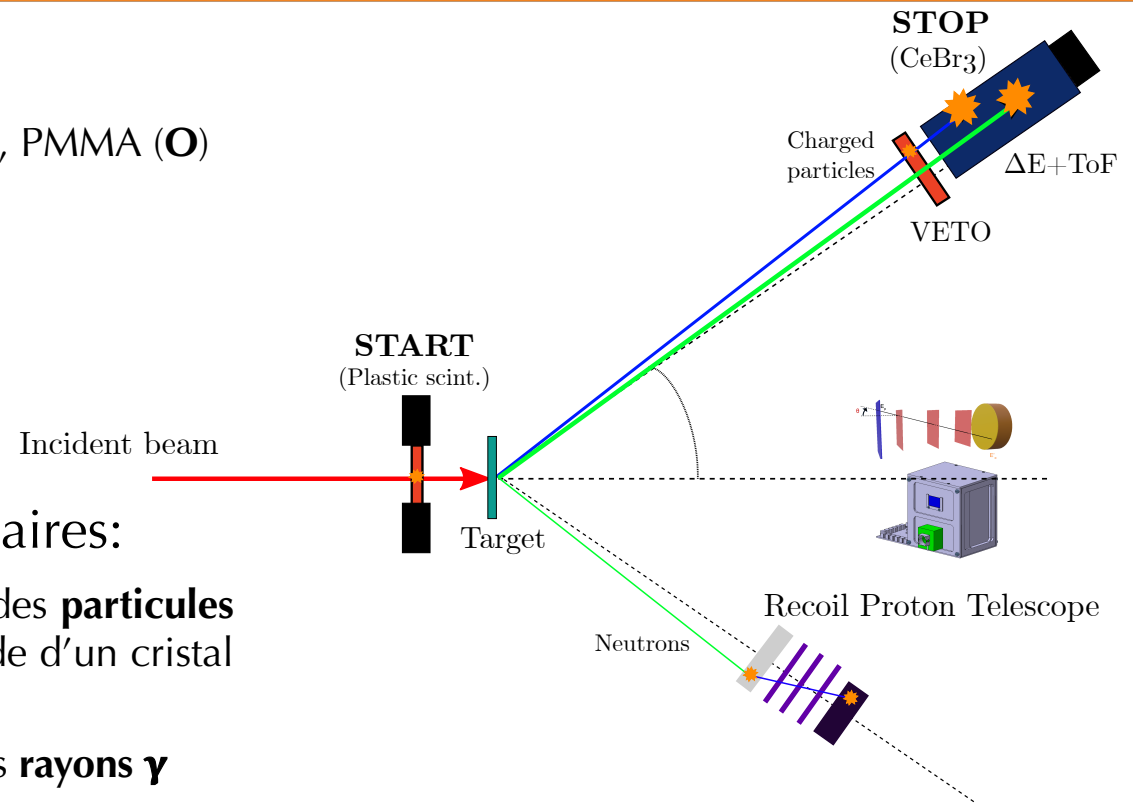
Expériences proposées

► Cibles

- ❖ Tissus biologiques: ^{12}C , polyéthylène C_2H_4 , PMMA (O)
- ❖ Blindage: polyéthylène C_2H_4 , aluminium
- ❖ Epaisseur: 15 mm

► Caractérisation des particules secondaires:

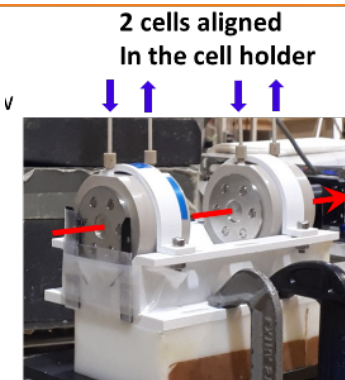
- ❖ $\Delta\text{E-ToF}$ (Time-of-Flight) pour l'identification des **particules** chargée et la mesure de leur célérité, à l'aide d'un cristal CeBr_3
- ❖ Cristal scintillant (CeBr_3) aussi utilisé pour les **rayons γ**
- ❖ Téléscope à protons de recul (TPR) pour les **neutrons**



Expériences proposées

▶ Etude des biomolécules/radiolyse de l'eau:

- ❖ Cellules à circulation (\varnothing 8 ou 15 mm, 5 cm épaisseur, 7-10 mL)
- ❖ Doses nécessaires: $\sim 100\text{Gy}$
- ❖ Mesure simultanée du radical HO^\bullet et des produits de radiolyse de biomolécules. Mesure H_2O_2 et e^-_{aq} possible



Prélèvement automatisé

▶ Géométrie:

Mesure dans le faisceau \rightarrow 2 cellules en série (faible perte d'énergie et variation de TEL)

Particules secondaires: à $+ \text{ et } - 3^\circ$ et 2 m des cibles (Simulations MC (Geant4 10.05))

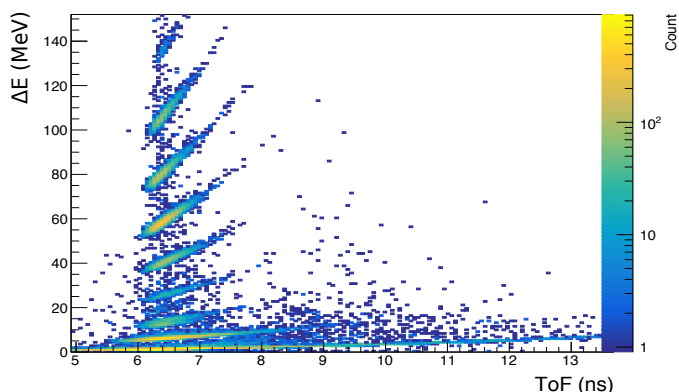
▶ Détermination des rendements:

Analyses UV-Vis et HPLC / fluo.

UV-Vis, sur place (appareil IPHC). HPLC, sur place si possible. Sinon, échantillons congelés et analysés à l'IPHC

Résultats préliminaires et but de l'étude

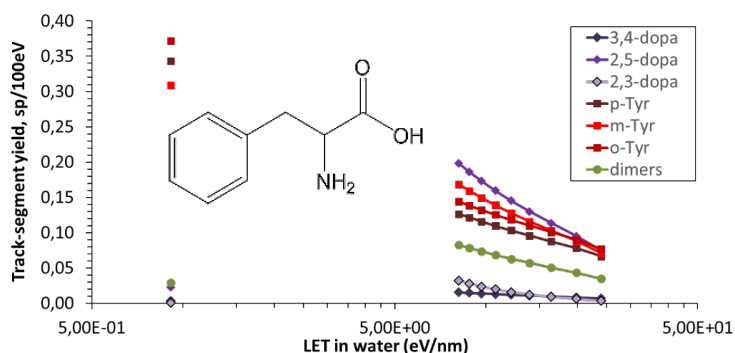
Particules secondaires



Détermination de la nature (Z, β ..) des particules secondaires formées (ions, neutrons, gamma) sous irradiation de cibles d'intérêt (C, H, O, Al)

Carte bidimensionnelle ΔE -ToF obtenue par impact d'ions ^{16}O ions sur une cible ^{12}C @400 MeV/u

Biomolécules



Rendements des produits de radiolyse de la phénylalanine

- Radiolyse d'acides aminés (phénylalanine), peptides et protéines sous irradiation par des ions. **Identification et quantification des produits de radiolyse**
- Cinétique des rendements du radical $\text{HO}\cdot$ à l'aide de sondes chimiques
→ détermination sous irradiation par des ions de basses (< MeV/u) et hautes énergies (230-400 MeV/u) au HIMAC (QTS, Chiba, Japon)

But: estimer l'impact des fragments sur la radiolyse.

Biomolécules / $\text{HO}\cdot$ / e_{aq}^- / H_2O_2

TEL plus faibles → plus d'effets indirects

Demande de faisceau

▶ Ions

- ❖ ^4He @400 MeV/u
- ❖ ^{12}C @400 MeV/u

▶ Intensités

Min. **10^5 ions/s** \Rightarrow $>10^6$ particules secondaires chargées mesurées ΔE -ToF en 1h (calcul Geant4)

Max. **$5 \cdot 10^8$ ions/s** \Rightarrow 150 Gy en 30 minutes dans les solutions biomolécules (MC)

▶ Programme proposé

Possibilité de supprimer des cibles si nécessaire, sans remettre en cause l'étude.

Un run:

Mesures de particules secondaires

Irradiation de biomolécules

Tâche	Temps (heures)
Réglage du faisceau	1
Cible ^{12}C , full setup	1.75
C_2H_4 target, full setup	1
PMMA target, full setup	1
Al_2O_3 target, full setup	1
Main beam, biomolécule irradiation	0.25
^{12}C target, biomolécule irradiation	0.5
C_2H_4 target, biomolécule irradiation	0.5
PMMA target, biomolécule irradiation	0.5
Al_2O_3 target, biomolécule irradiation	0.5
Total	8

Gris : si possible dans le temps de faisceau