

Génération de sources de neutrons pilotées par le laser PETAL à partir de convertisseurs double-couche

Lucas Ribotte^{1,2}, R. Lelièvre³, G. Boutoux¹,
C. Rousseaux¹, X. Davoine^{1,4}, L. Gremillet^{1,4},
I. Lantuéjoul¹, B. Vauzour¹, V. Hénot¹, O. Landoas¹,
T. Ferraro¹, V. Mary¹, P. Romain¹, N. Blanchot⁵,
C. Chappuis⁵, R. du Jeu⁵, B. Etchessahar⁵, B.
Mahieu¹, M. Bardon², D. Raffestin², P. Nicolaï², E.
d'Humières², and J. Fuchs³

¹CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France

²CELIA, Université de Bordeaux-CNRS-CEA, UMR 5107, 33405 Talence,
France

³LULI, F-91128 Palaiseau, France

⁴Université Paris-Saclay, CEA, LMCE, 91680 Bruyères-le-Châtel, France

⁵CEA, DAM, CESTA, F-33116 Le Barp, France





1 ■ Introduction

Sources de neutrons pilotées par laser



Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)



Cible fine (nm, μ m)

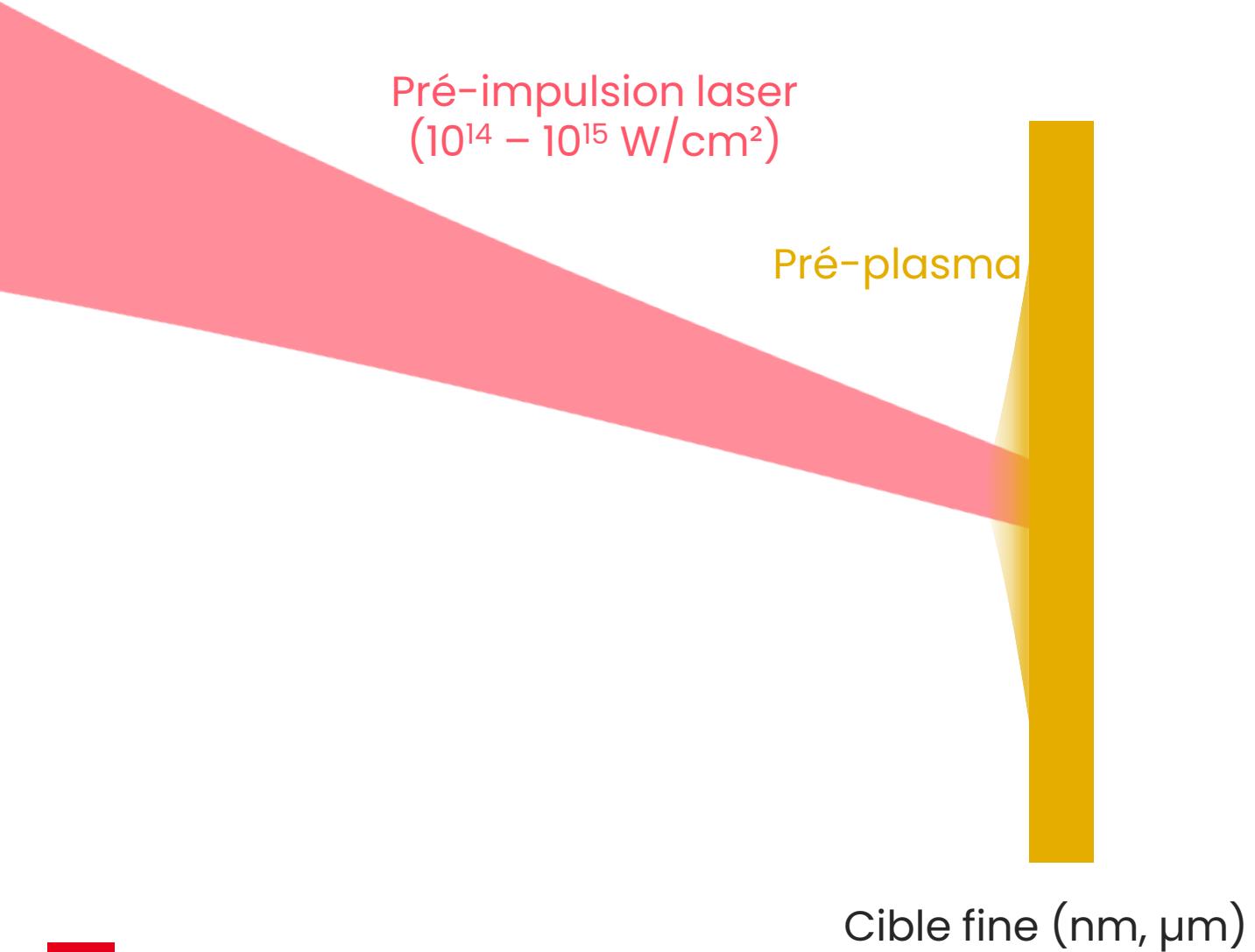
Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)

Pré-impulsion laser
($10^{14} - 10^{15}$ W/cm²)

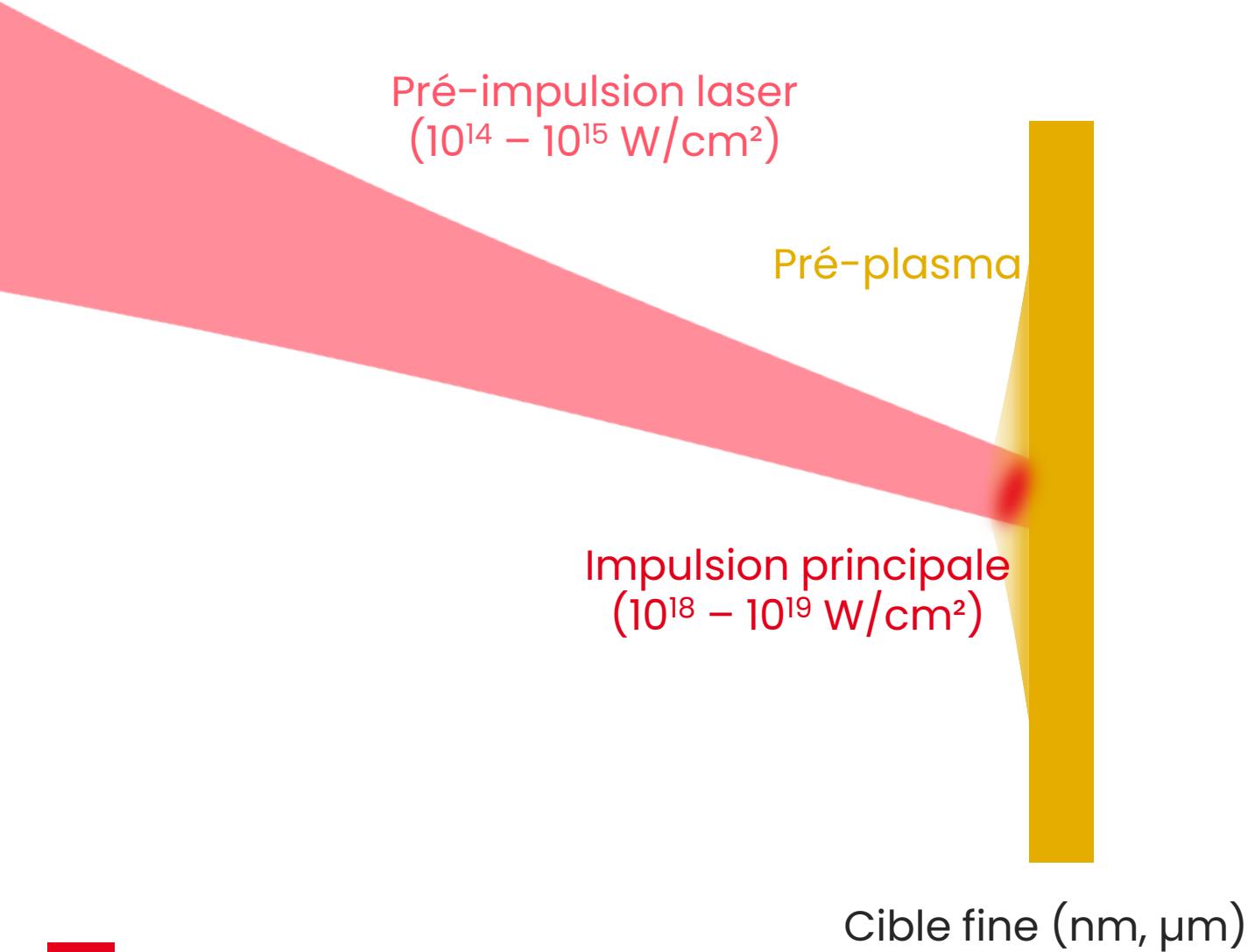


Cible fine (nm, µm)

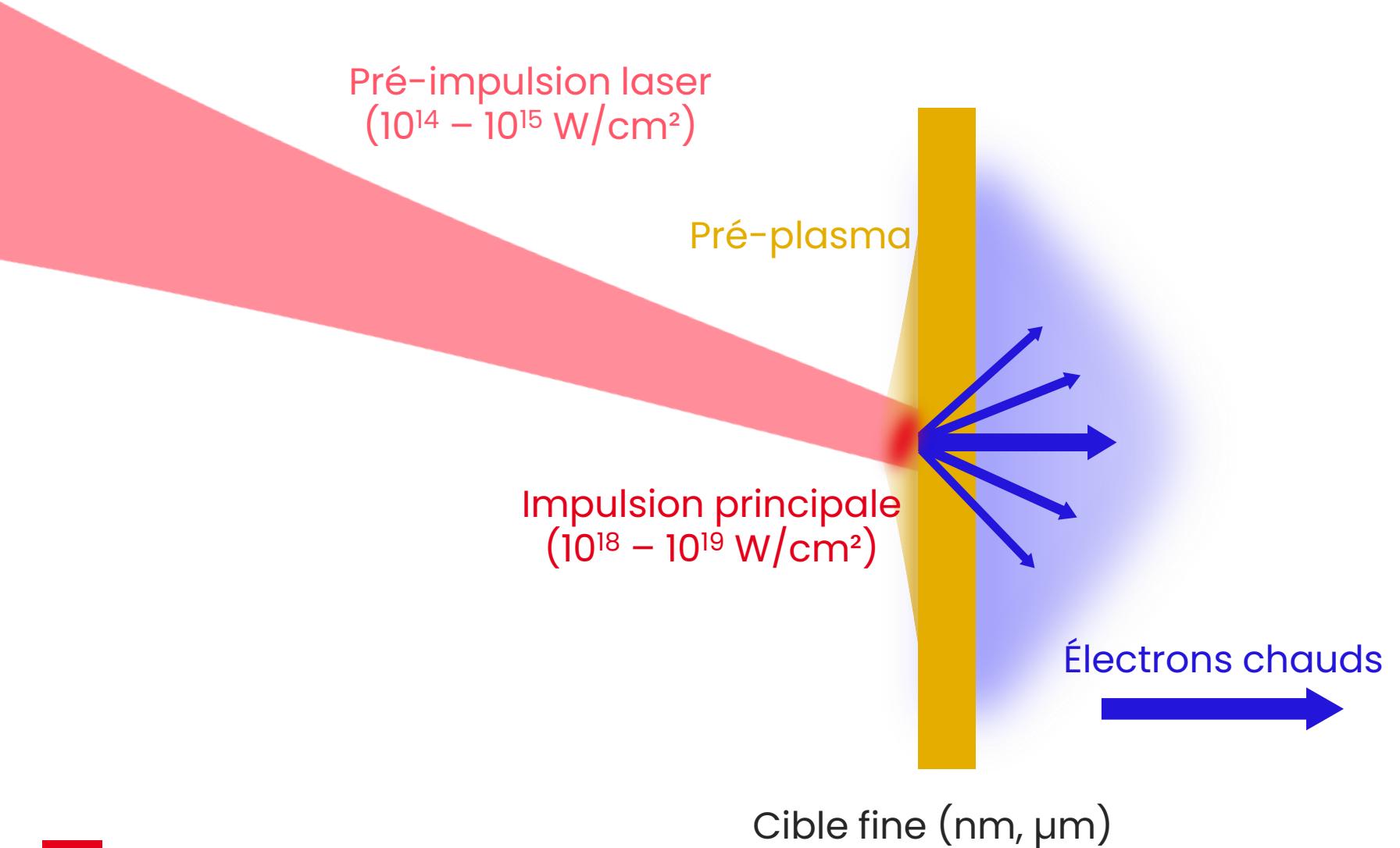
Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)



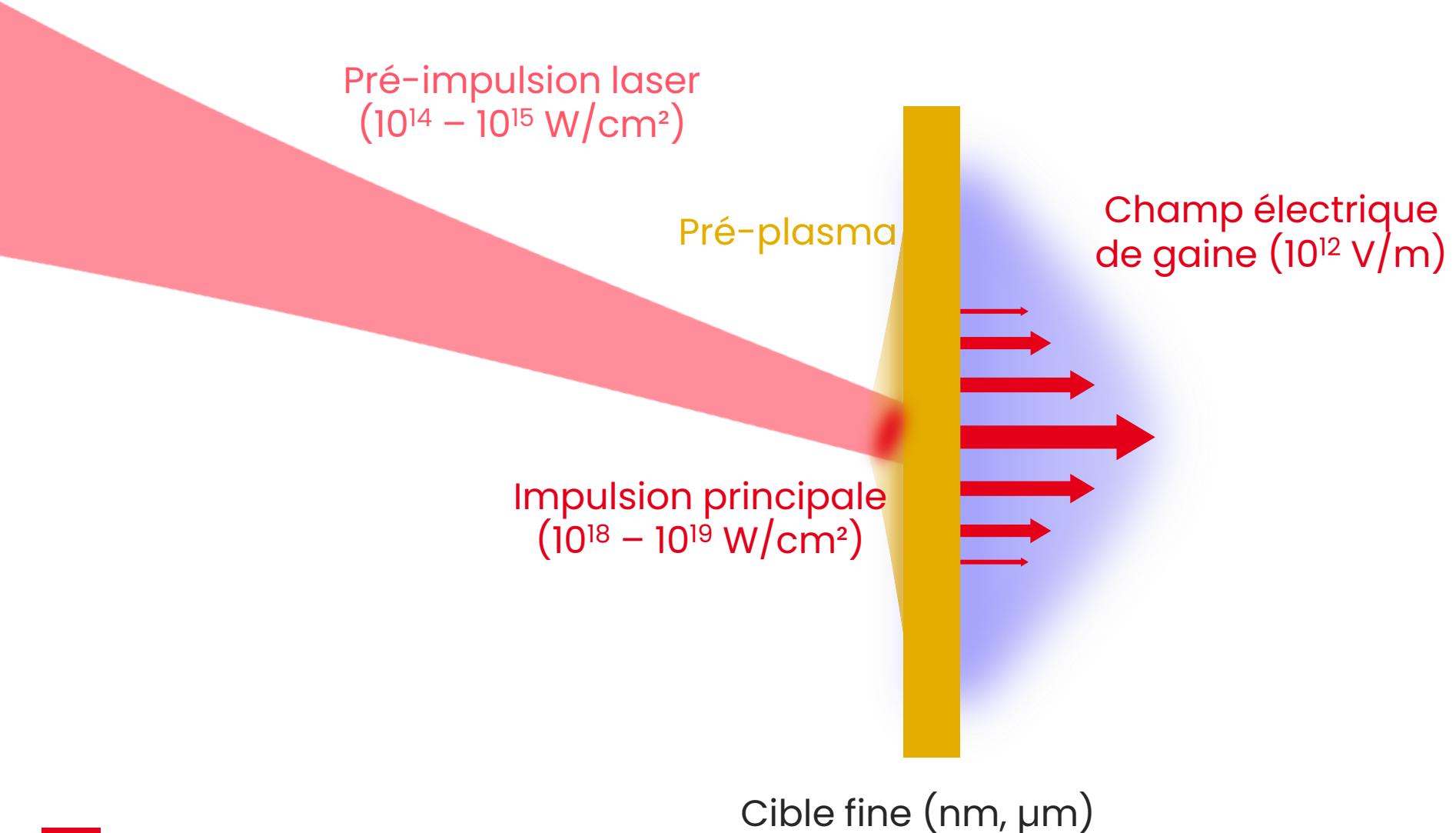
Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)



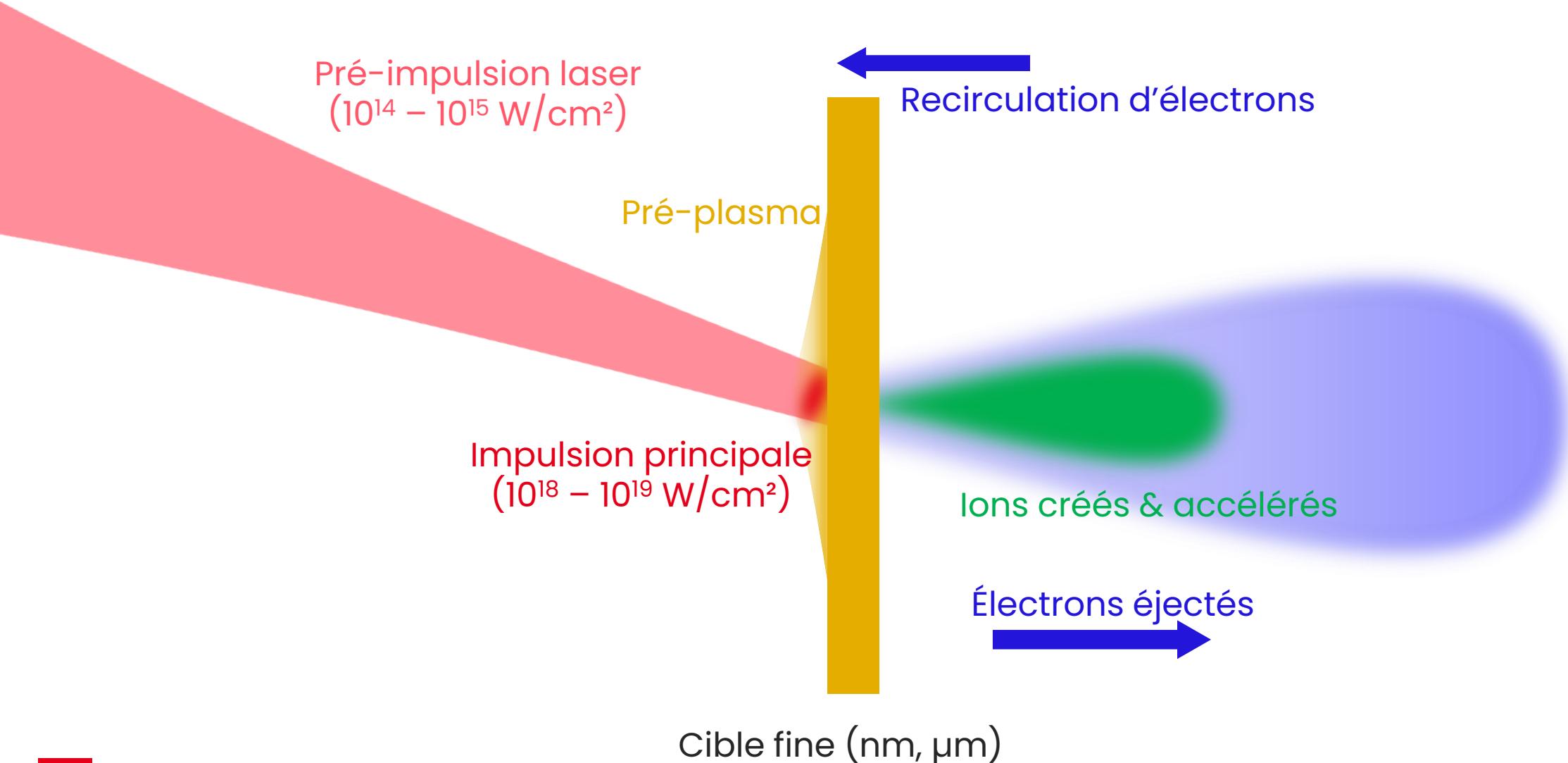
Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)



Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)



Target Normal Sheath Acceleration (TNSA)

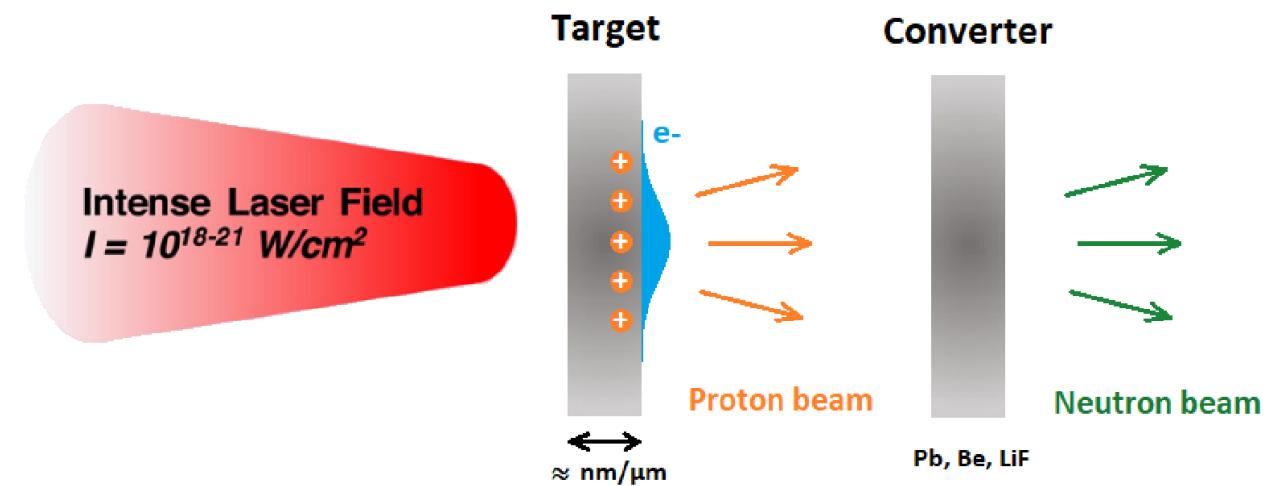


Sources de neutrons secondaires

Convertisseurs classiques: Be, LiF, Pb ou plastique deutéré

Spectres TNSA: 0 – \approx 50 MeV

- Au-delà de \approx 10 MeV, LiF/Be ne sont plus efficaces
 - Au-delà de \approx 10 MeV, Pb est efficace
- **Convertisseurs double-couches (LiF + Pb)** pour augmenter le nombre de neutrons produits [2,3]



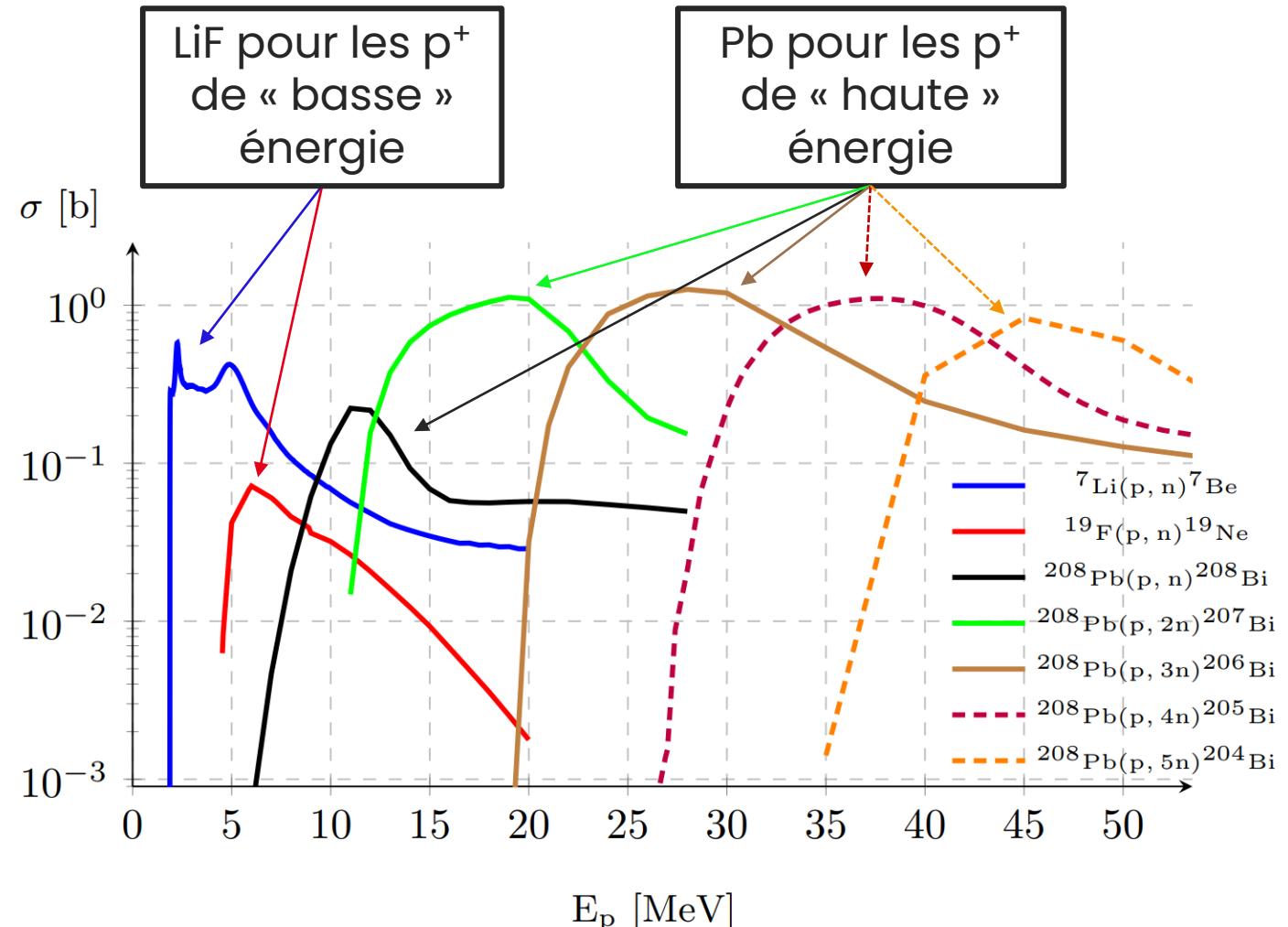
[2] M. Zimmer et al, « Demonstration of non-destructive and isotope-sensitive material analysis using a short-pulsed laser-driven epi-thermal neutron source », *Nature Communications* 13, 1173 (2022)
 [3] B. Martinez et al, « Numerical investigation of spallation neutrons generated from petawatt-scale laser-driven proton beams », *Matter Radiat. Extremes* 7, 024404 (2022), doi: 10.1063/5.0060582

Sources de neutrons secondaires

Convertisseurs classiques: Be, LiF, Pb ou plastique deutéré

Spectres TNSA: 0 – \approx 50 MeV

- Au-delà de \approx 10 MeV, LiF/Be ne sont plus efficaces
- Au-delà de \approx 10 MeV, Pb est efficace
- **Convertisseurs double-couches (LiF + Pb)** pour augmenter le nombre de neutrons produits [2,3]



[2] M. Zimmer et al, « Demonstration of non-destructive and isotope-sensitive material analysis using a short-pulsed laser-driven epi-thermal neutron source », *Nature Communications* 13, 1173 (2022)

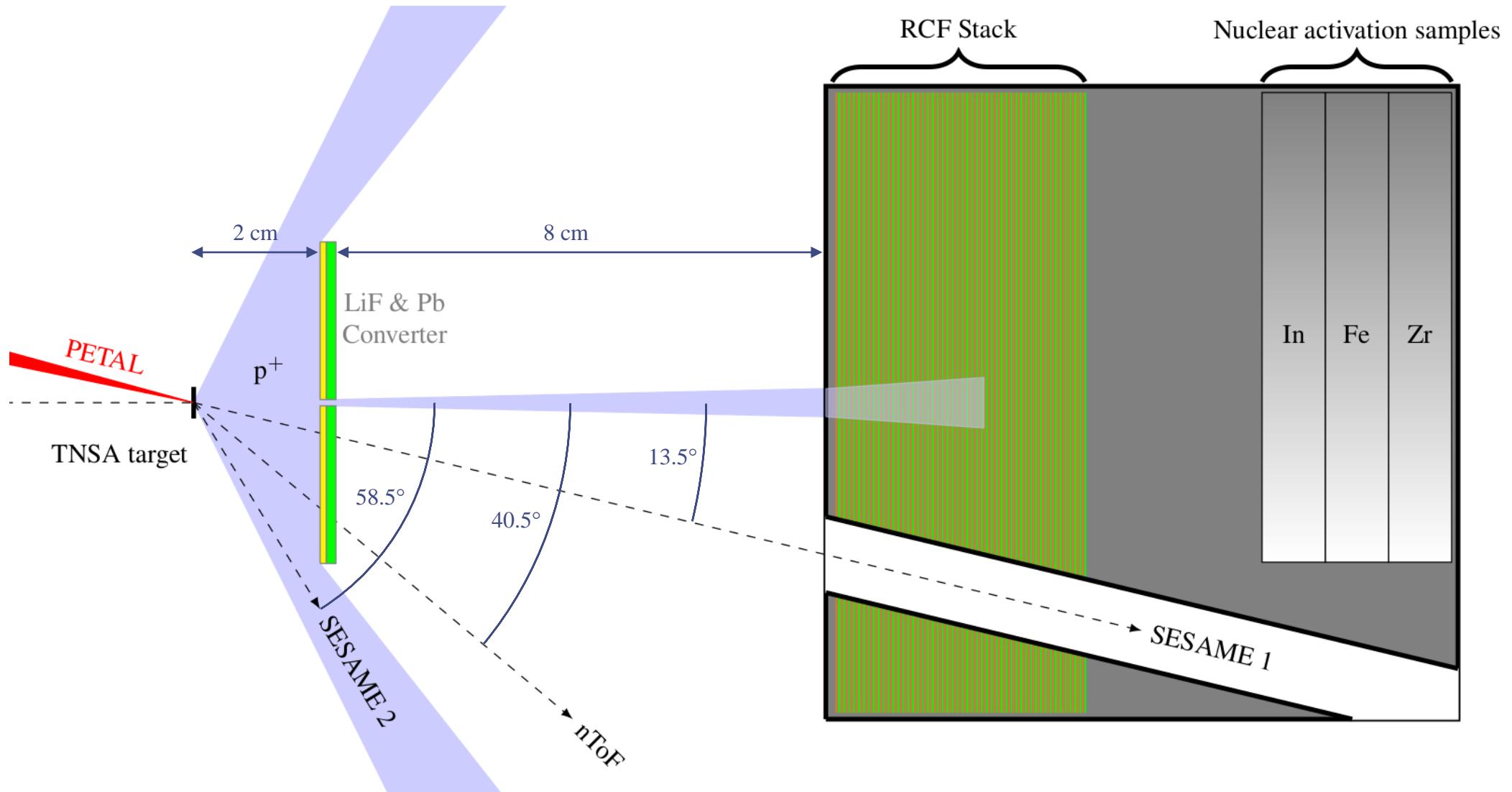
[3] B. Martinez et al, « Numerical investigation of spallation neutrons generated from petawatt-scale laser-driven proton beams », *Matter Radiat. Extremes* 7, 024404 (2022), doi: 10.1063/5.0060582



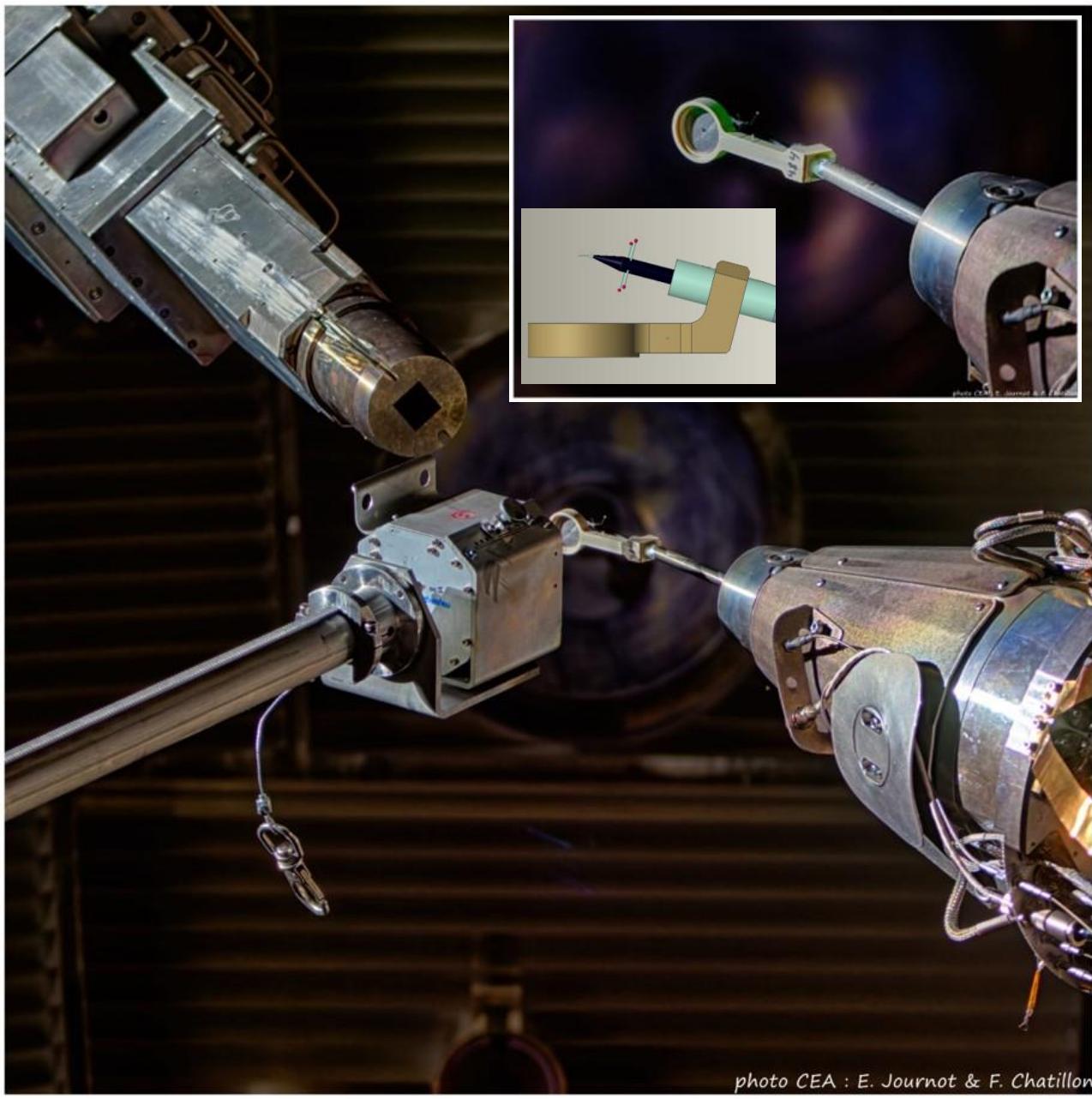
2. Implémentation

Sur l'installation LMJ-PETAL

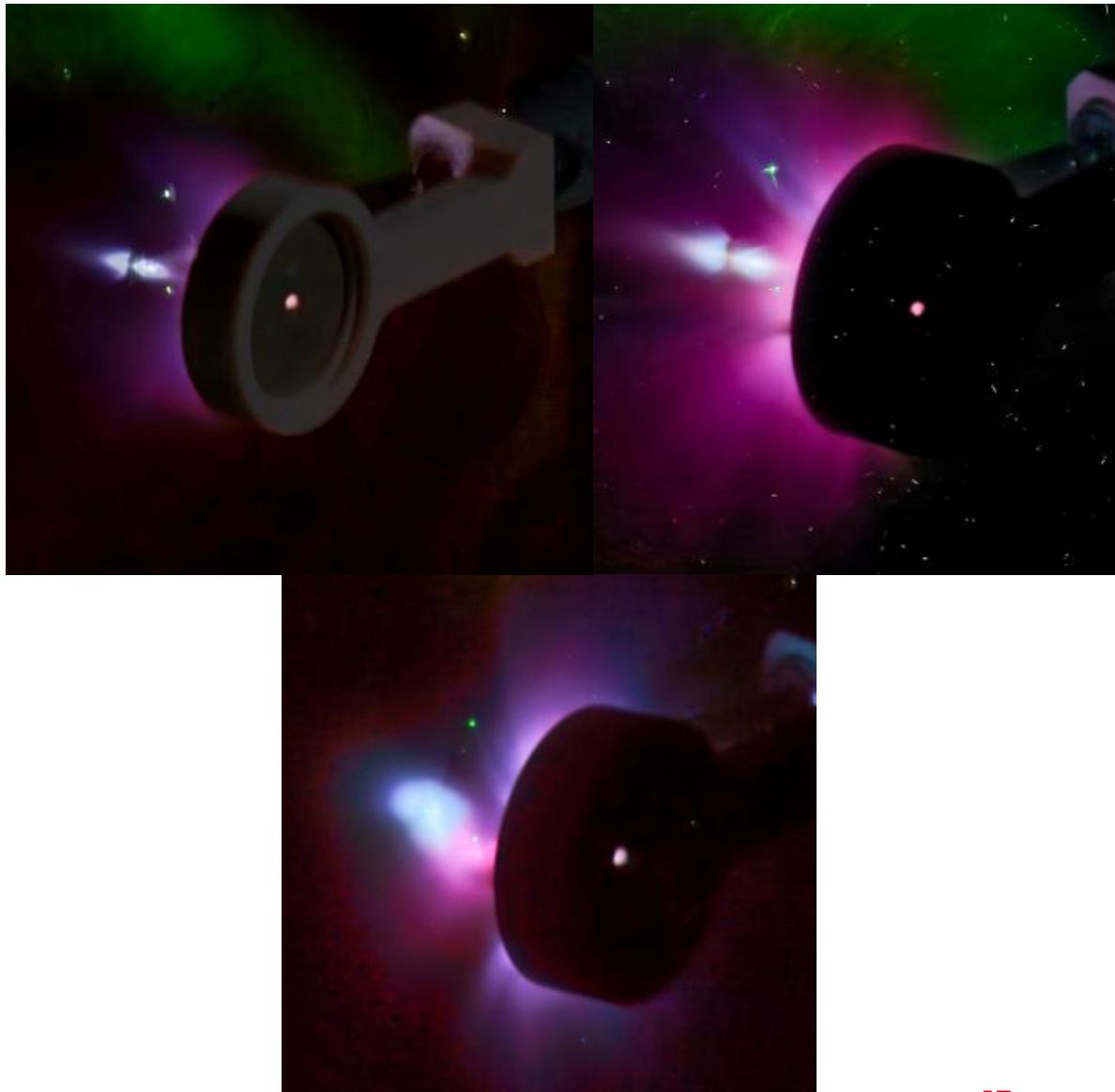
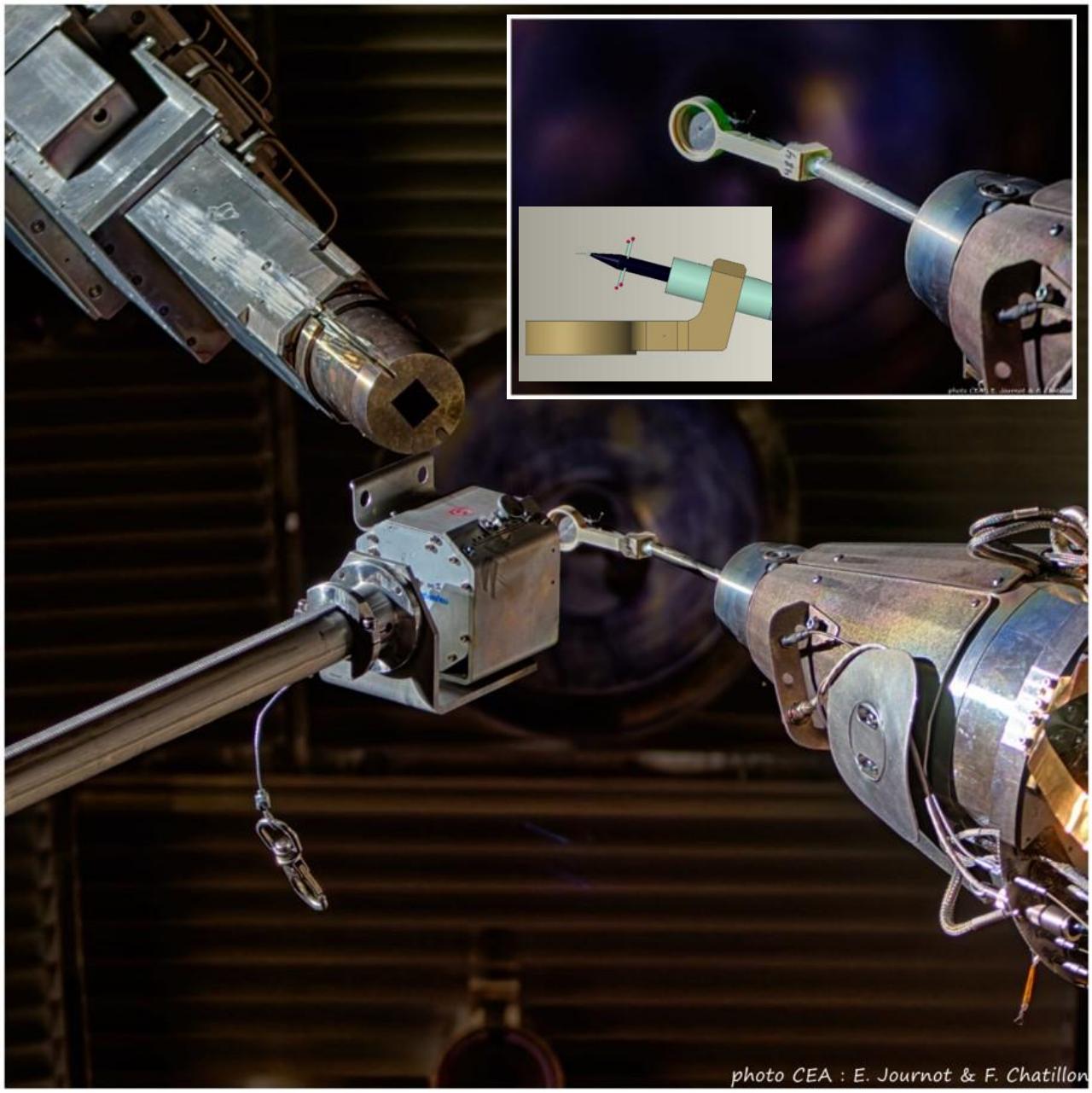
Configuration expérimentale



Configuration expérimentale



Configuration expérimentale

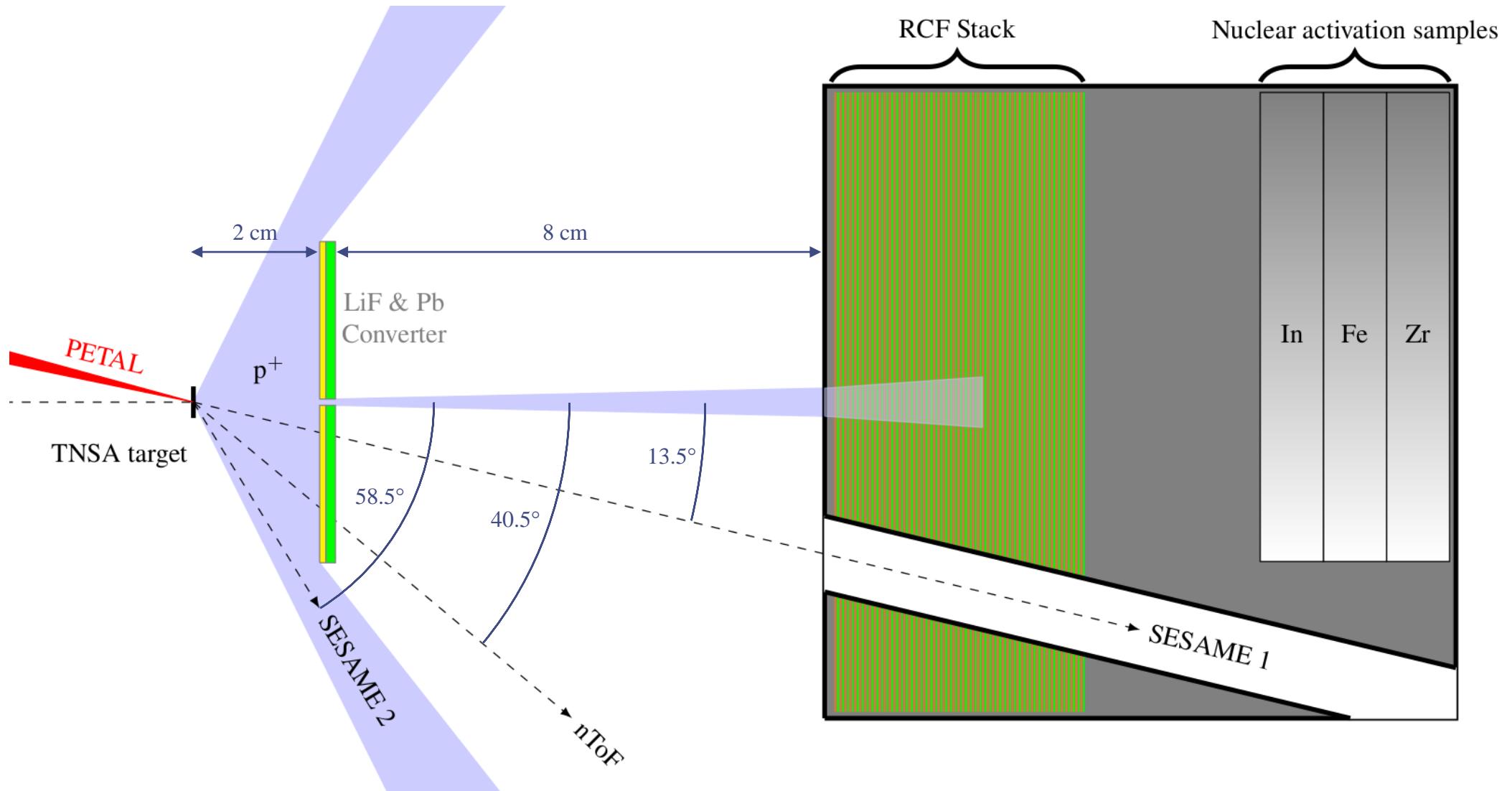




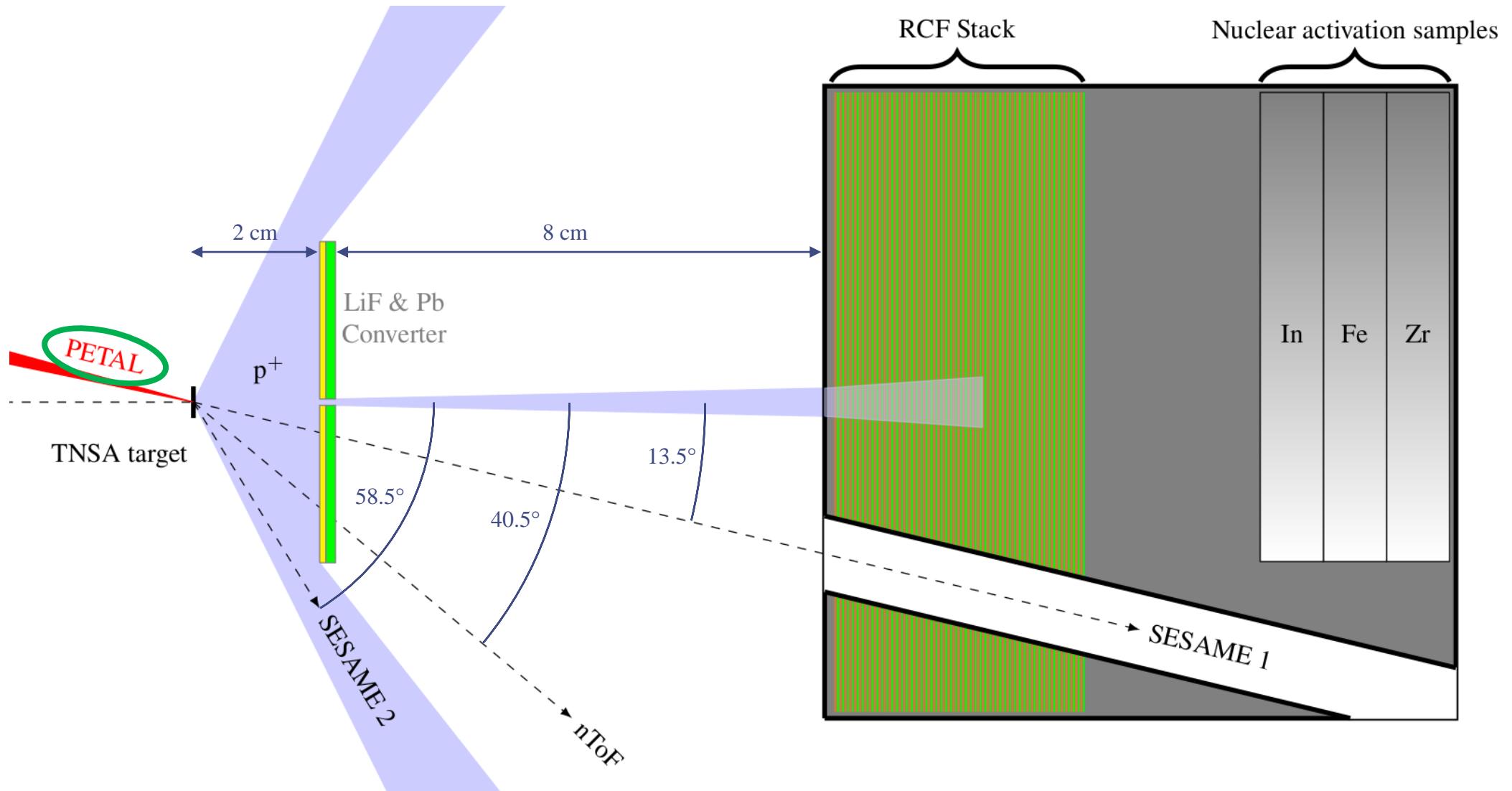
3 ■ Résultats

Propriétés des termes sources générés

Paramètres laser

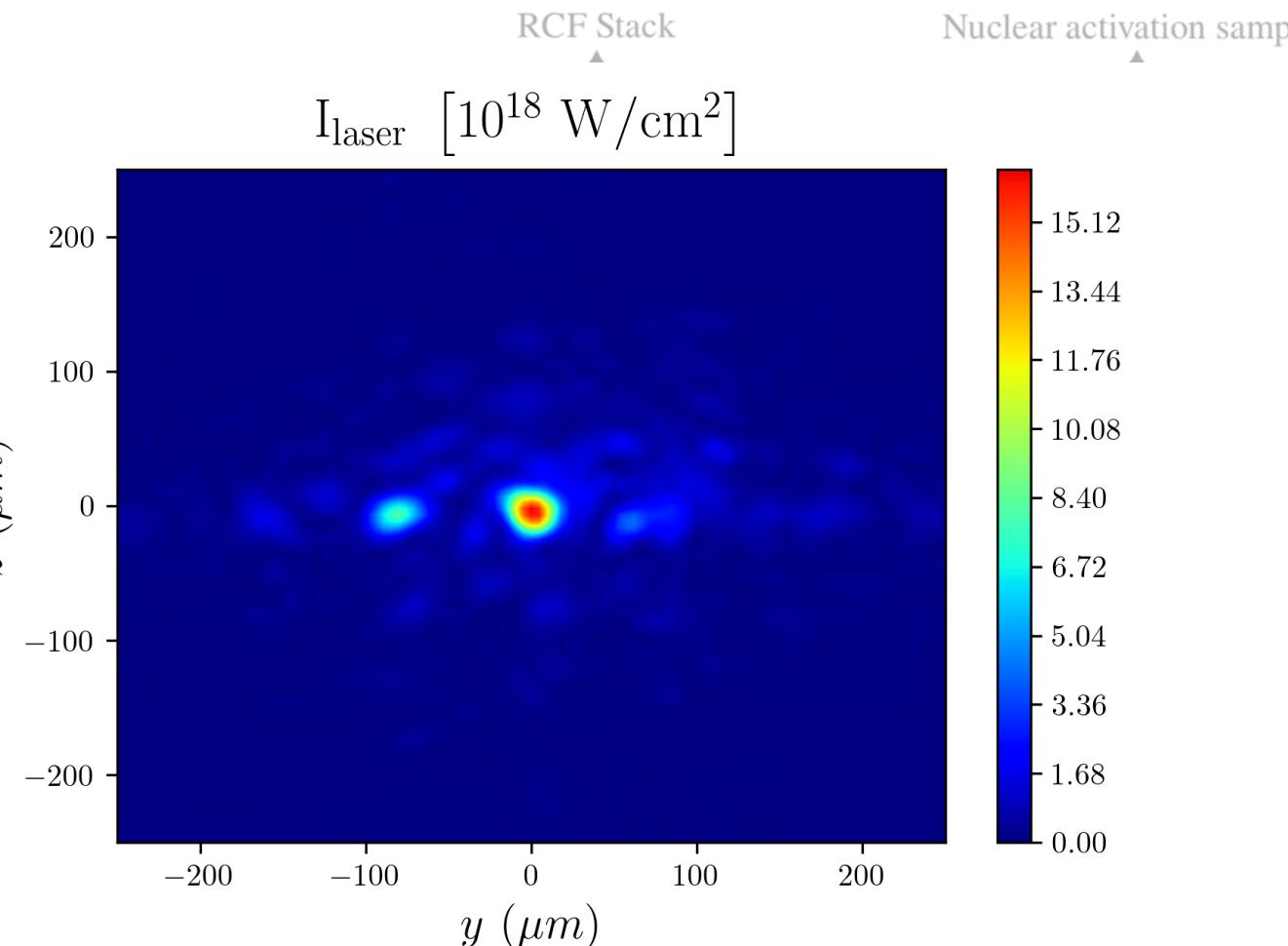
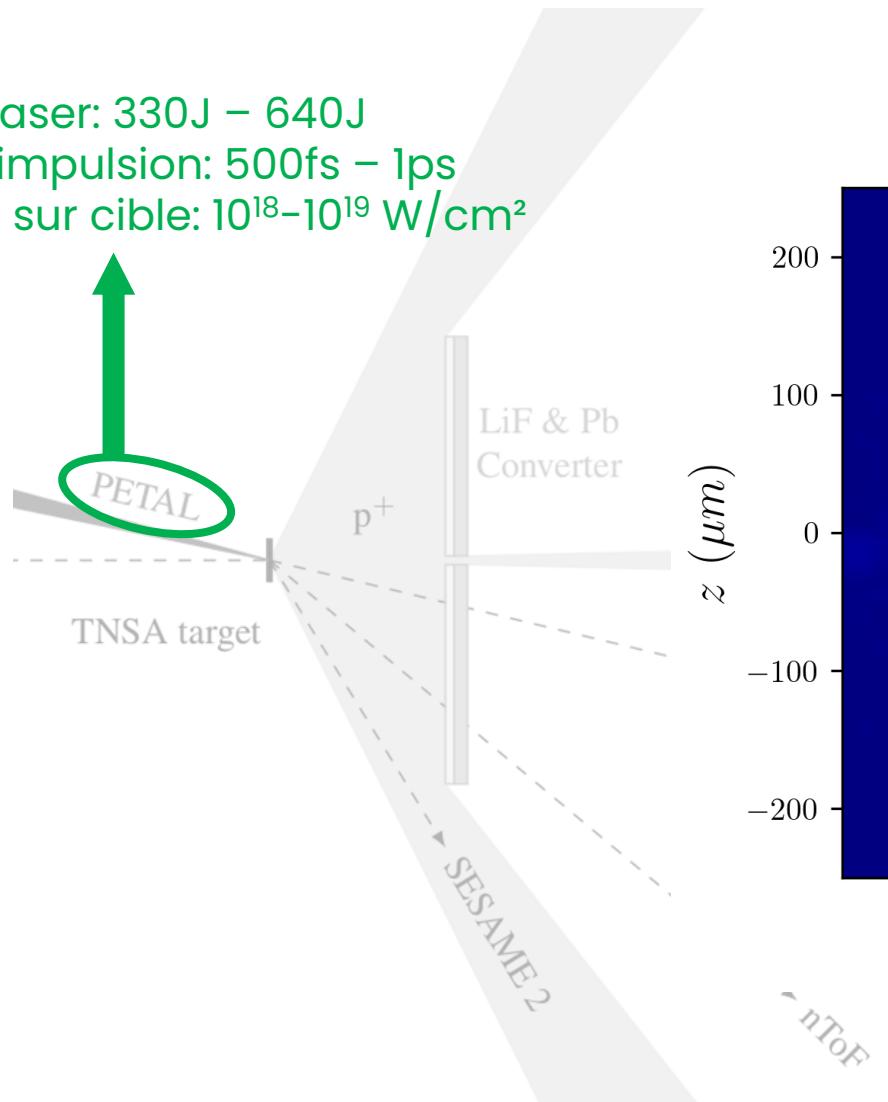


Paramètres laser

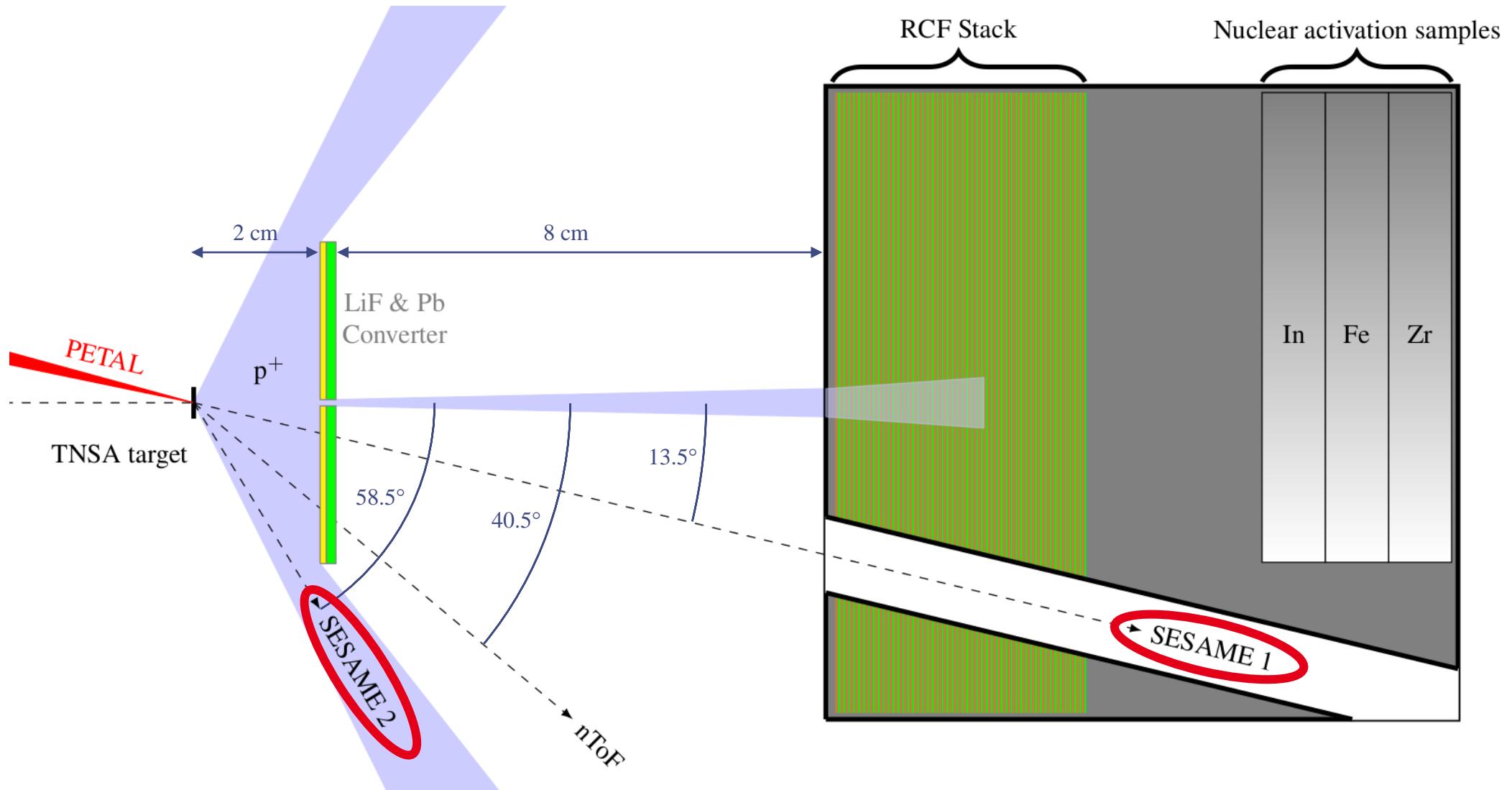


Paramètres laser

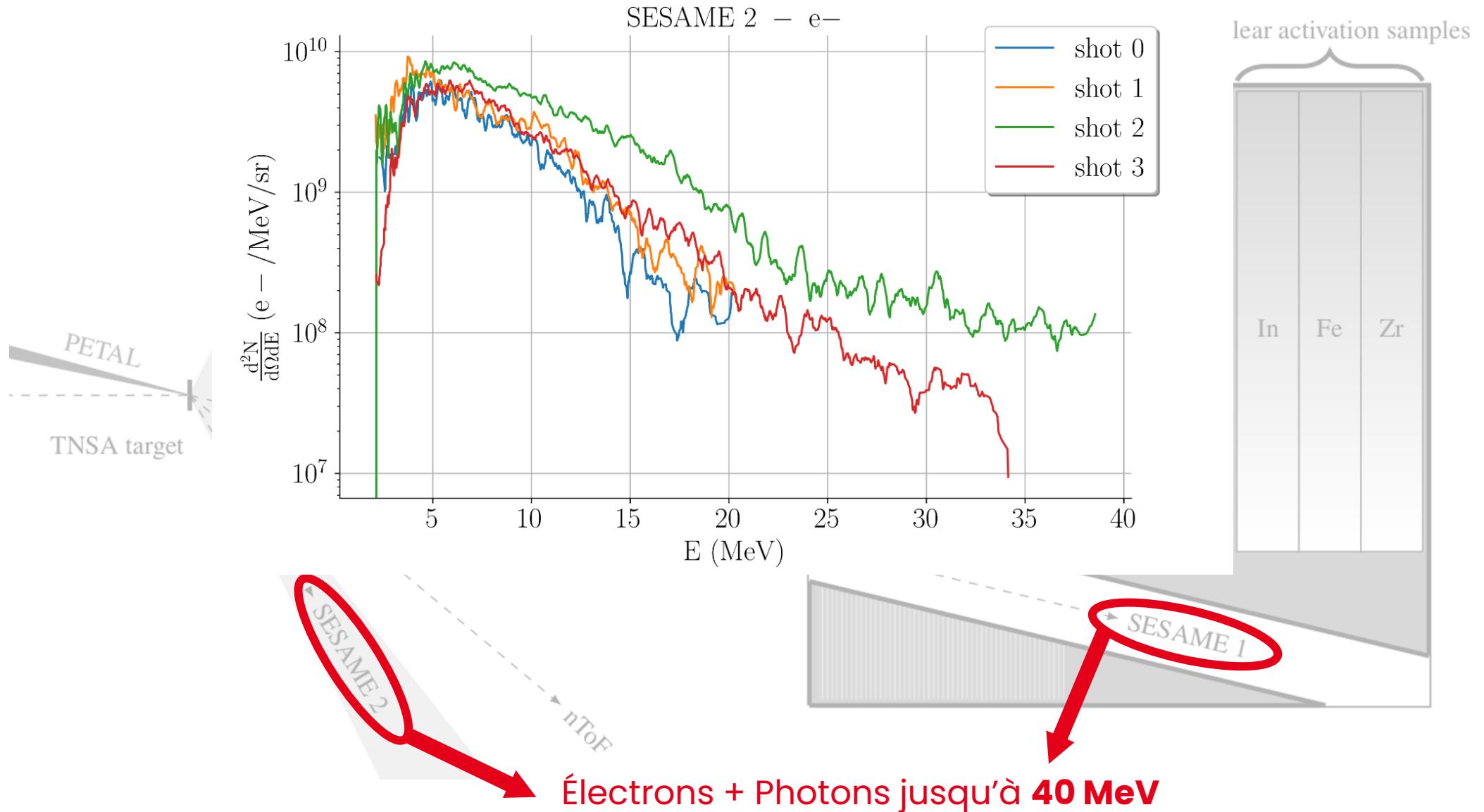
Énergie laser: 330J – 640J
 Durée d'impulsion: 500fs – 1ps
 Intensité sur cible: 10^{18} – 10^{19} W/cm²



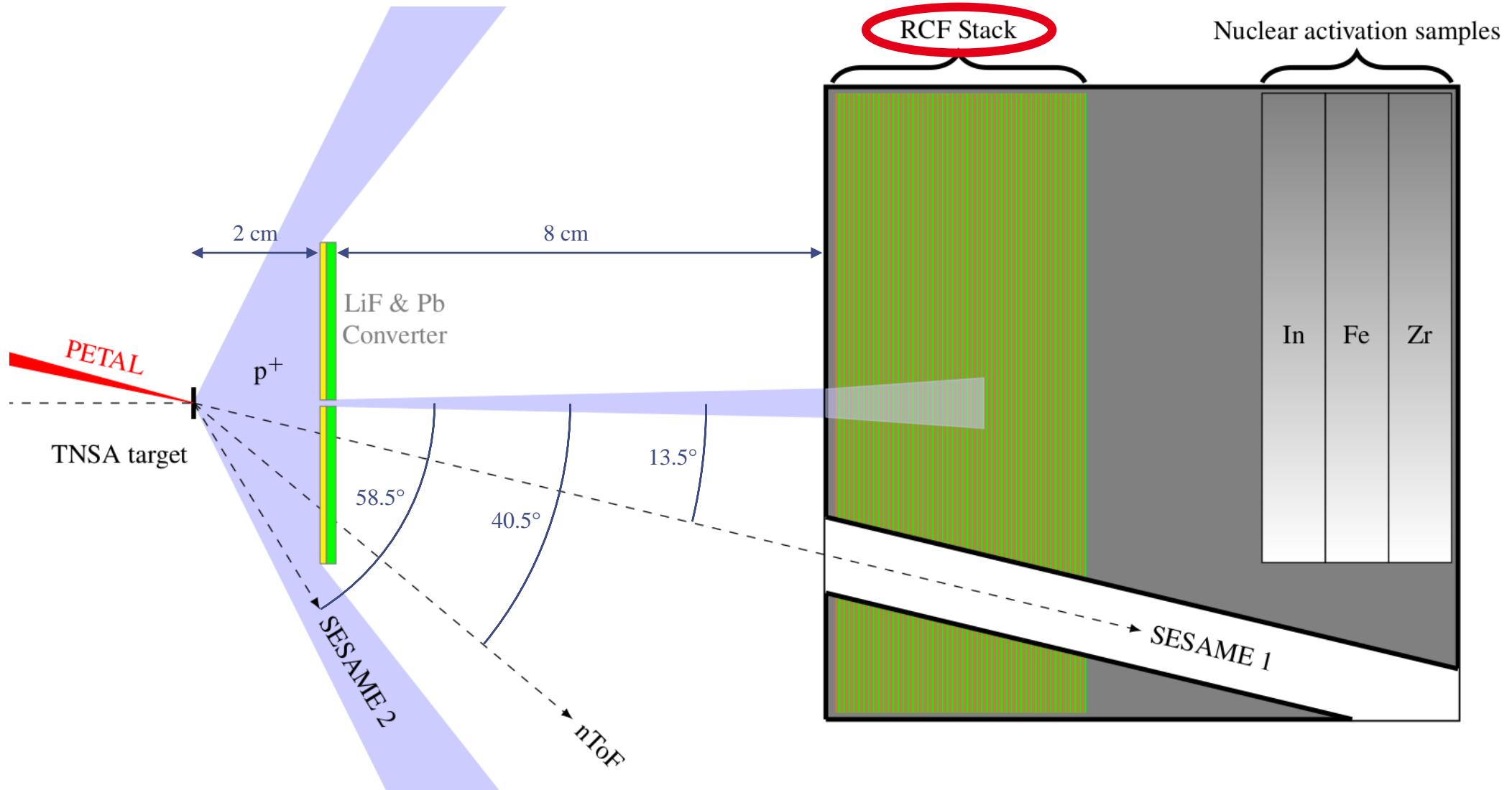
Spectromètres magnétiques



Spectromètres magnétiques



Empilements de films radiochromiques (RCFs)

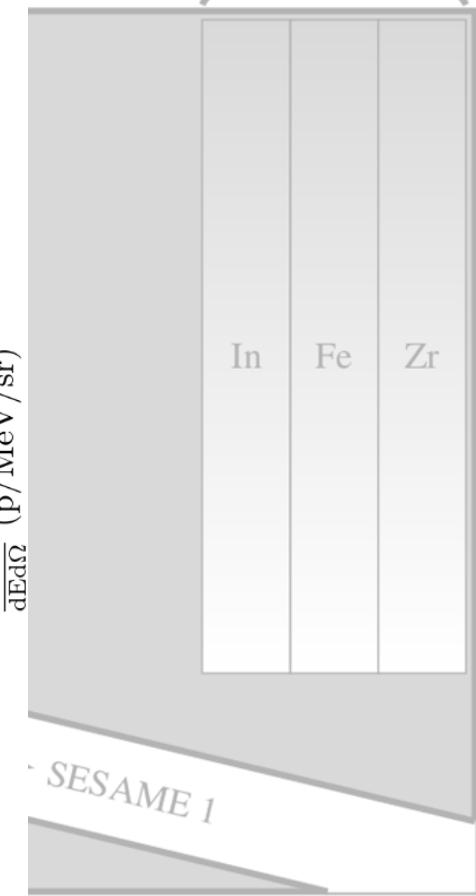
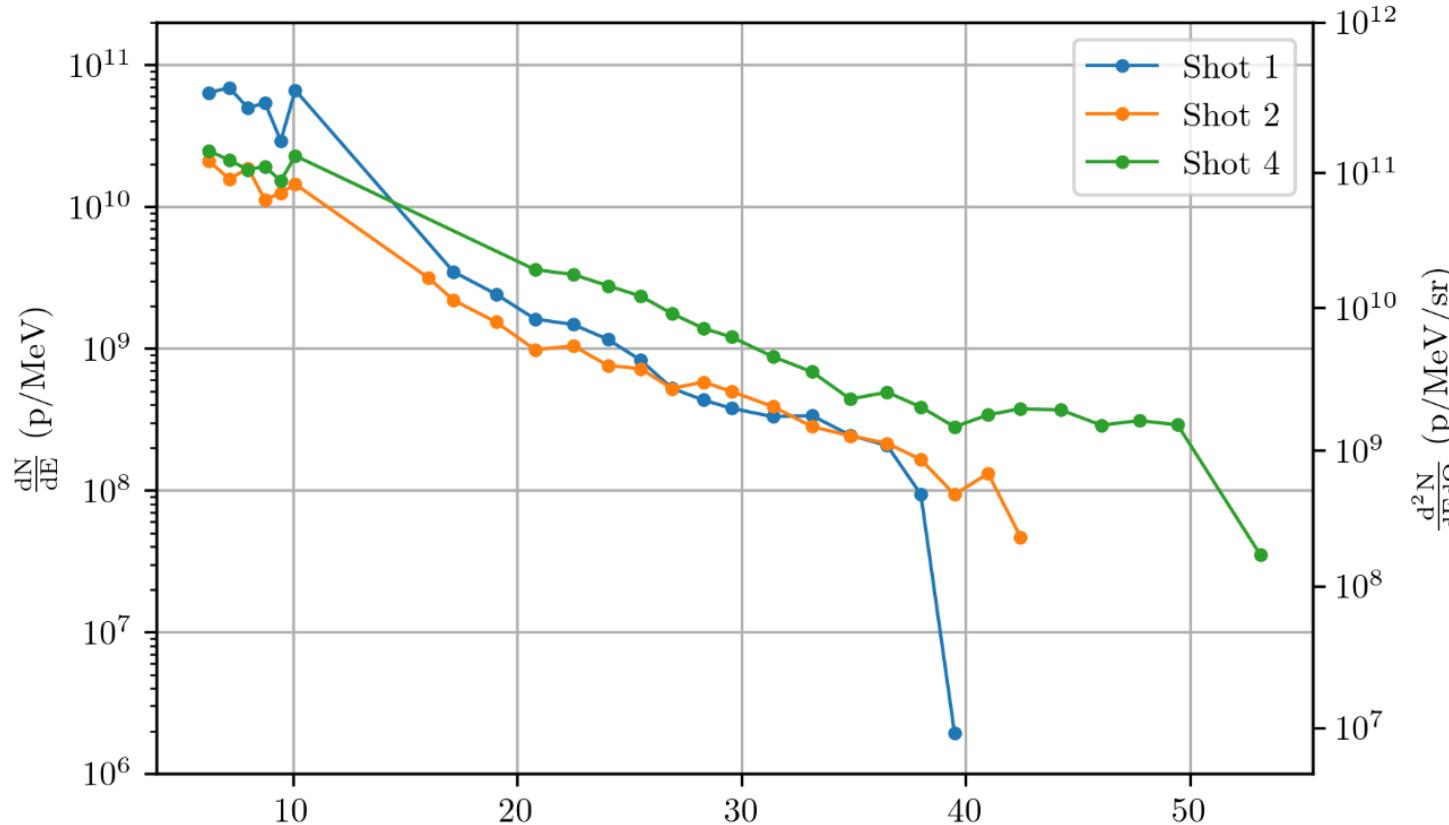


Empilements de films radiochromiques (RCFs)

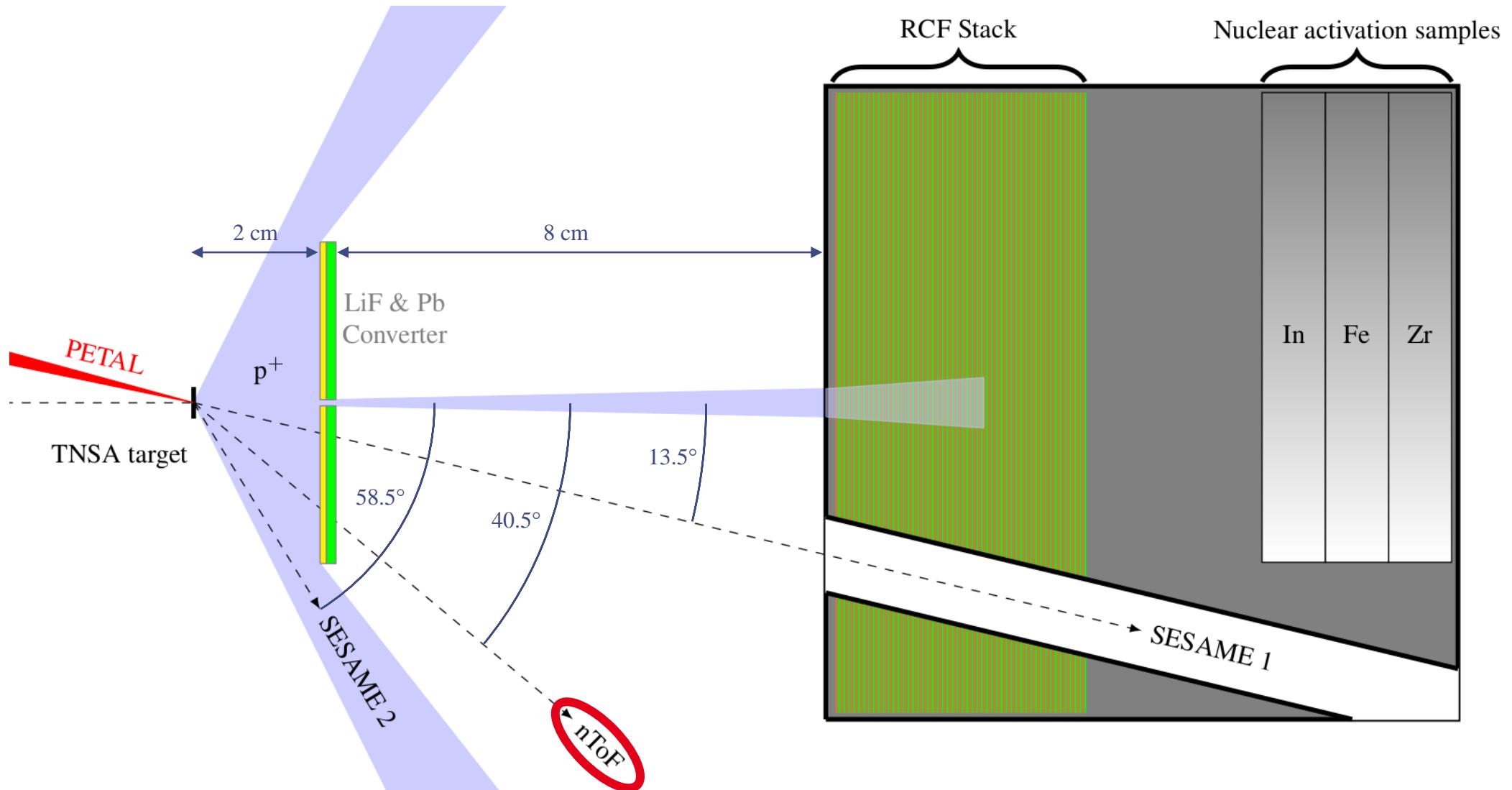
Jusqu'à **10¹⁴** protons (> 2 MeV)
 Énergie maximale: **53 MeV**



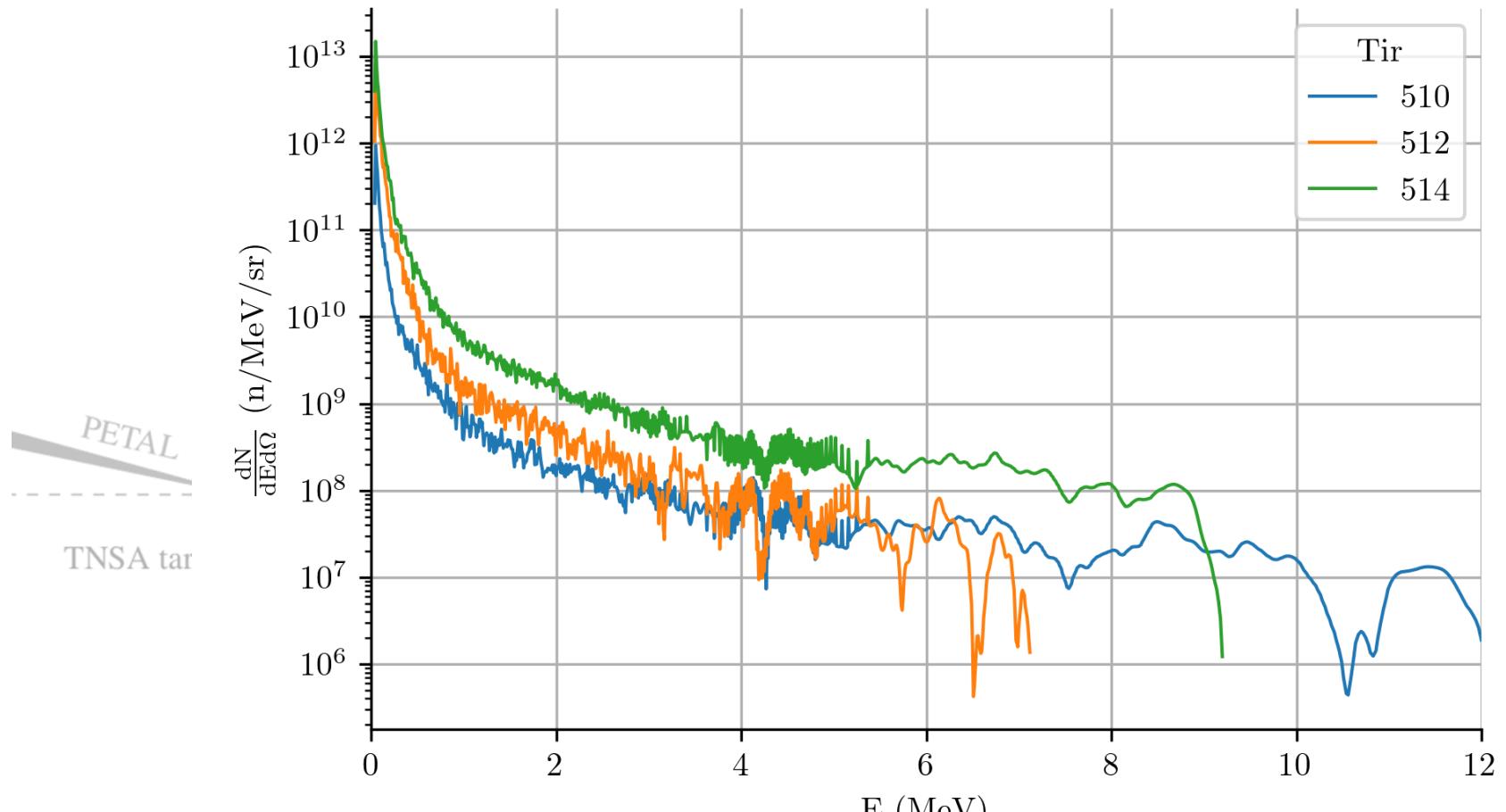
Nuclear activation samples



DéTECTEURS TEMPS DE VOL NEUTRONS (nToFs)



DéTECTEURS TEMPS DE VOL NEUTRONS (nToFs)



activation samples



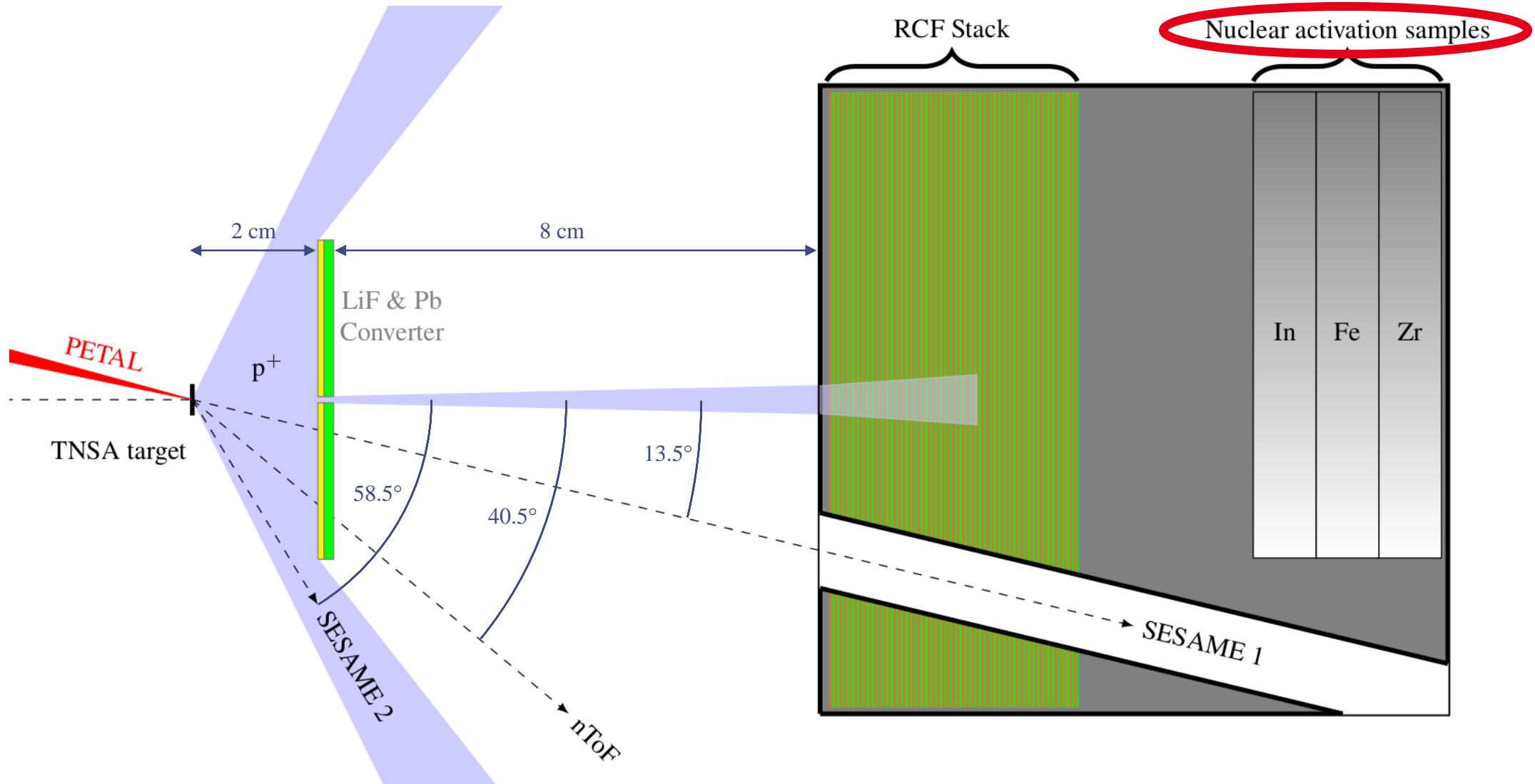
PETAL

TNSA tar



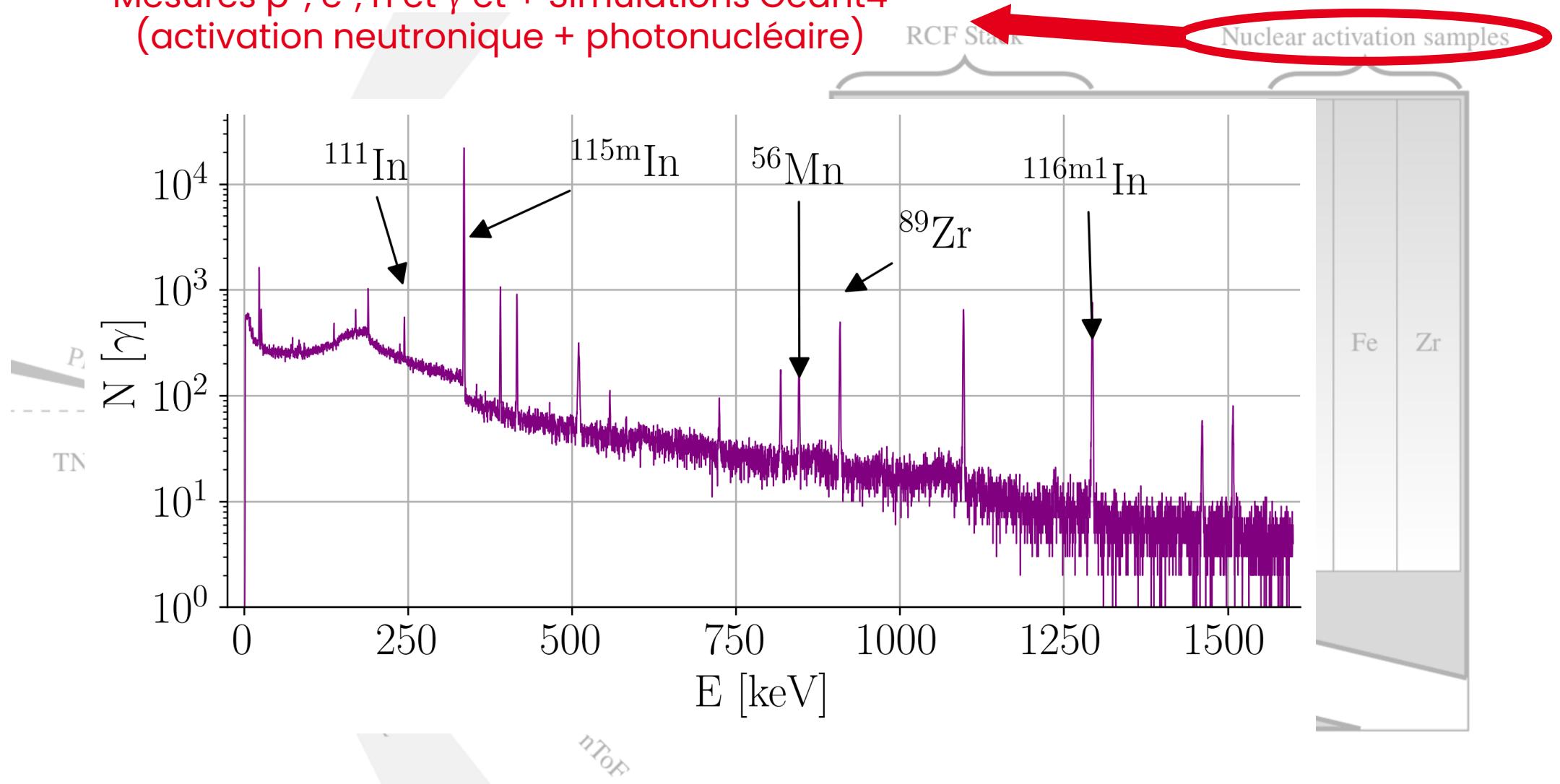
Jusqu'à **5.55×10^{10}** neutrons rapides (> 1 MeV)
Énergie maximale: **30 MeV**

Pastilles d'activation nucléaire



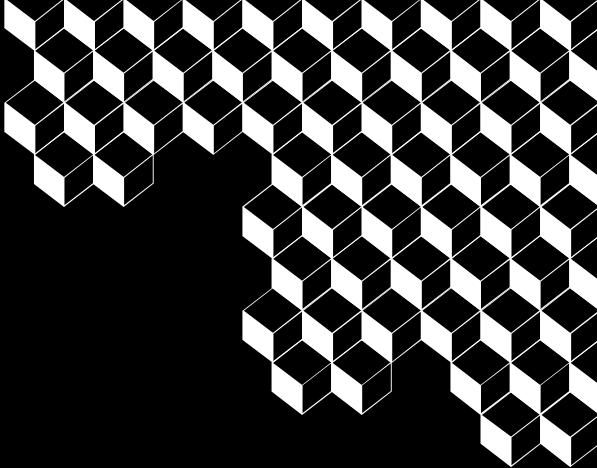
Pastilles d'activation nucléaire

Mesures p^+ , e^- , n et γ et + Simulations Geant4
(activation neutronique + photonucléaire)





Merci de votre attention



Mail: lucas.ribotte@cea.fr

Soutiens PETAL:



Le projet PETAL a été mis en œuvre par le CEA grâce aux financements de la région Nouvelle-Aquitaine (maître d'ouvrage), du gouvernement français et de l'Union Européenne. Ce travail est soutenu par la région Nouvelle-Aquitaine dans le cadre du projet PETAL-Upgrade (contrats #13532820, #22577420 et #42979220).