

Statistical Noise Removal Method for the Mass Spectrum Analyzer onboard BepiColombo/Mio

S. Verkercke, L. Z. Hadid, S. Aizawa, D. Delcourt, J. Raines, M. Franz, Y. Saito, S. Yokota, M. Rojo, Y. Harada, D. Fontaine et al.

CNES, Laboratoire de Physique des Plasmas



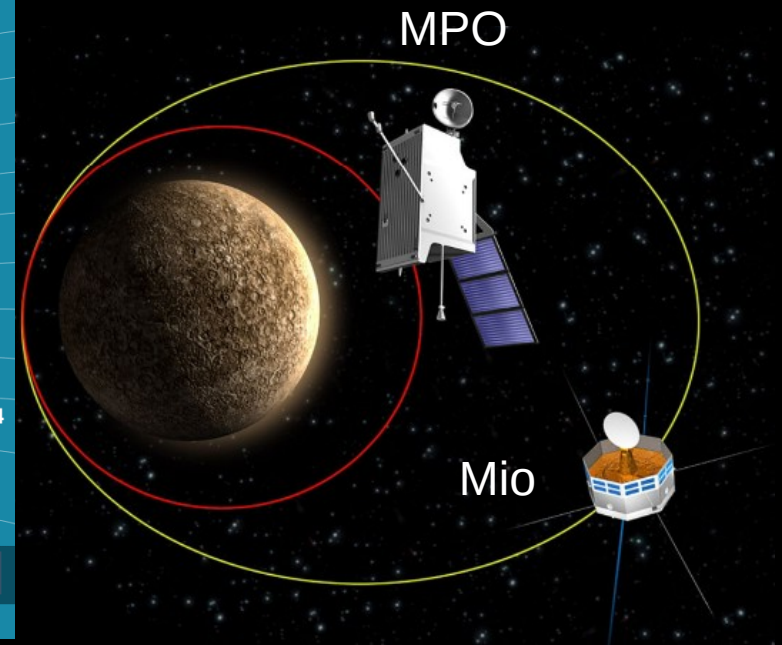


Lancement de BepiColombo
en 2018

Arrivée prévue en novembre
2026

Deux sondes orbitant
Mercure : MPO et Mio

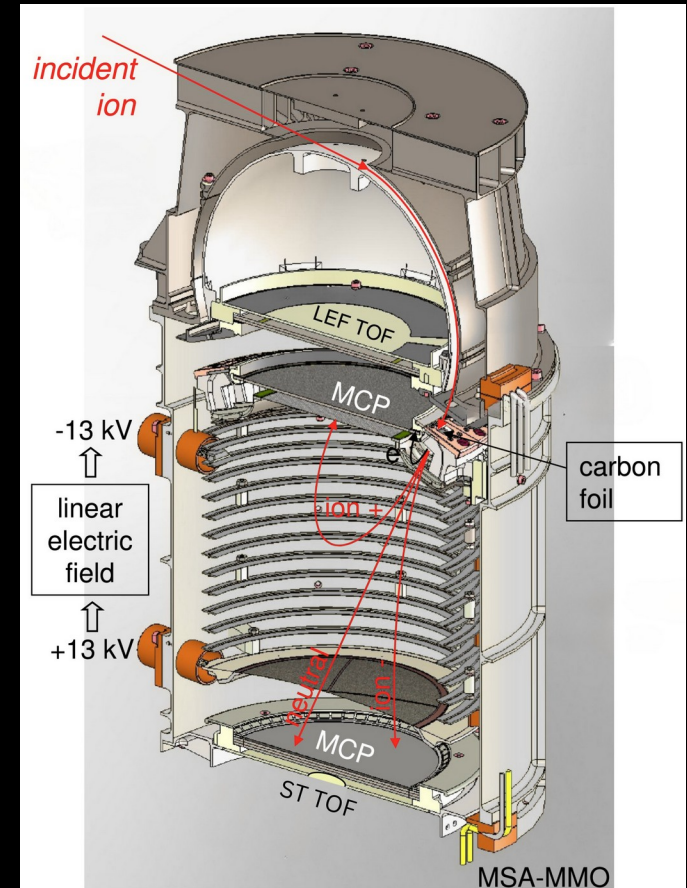
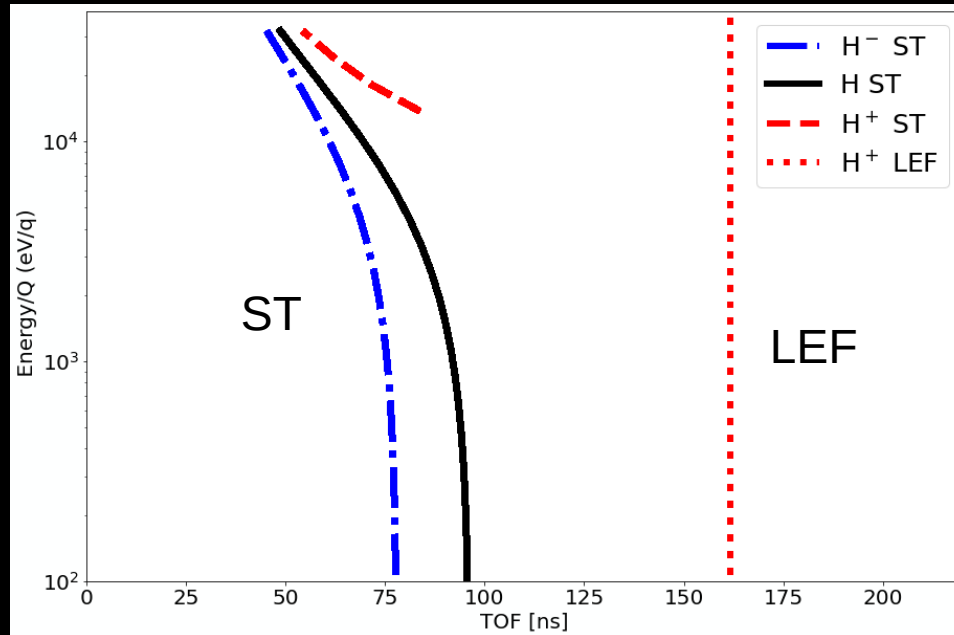
Opportunité unique pour de
l'observation multi-points





Mass Spectrum Analyzer (MSA) : spectromètre de masse ionique

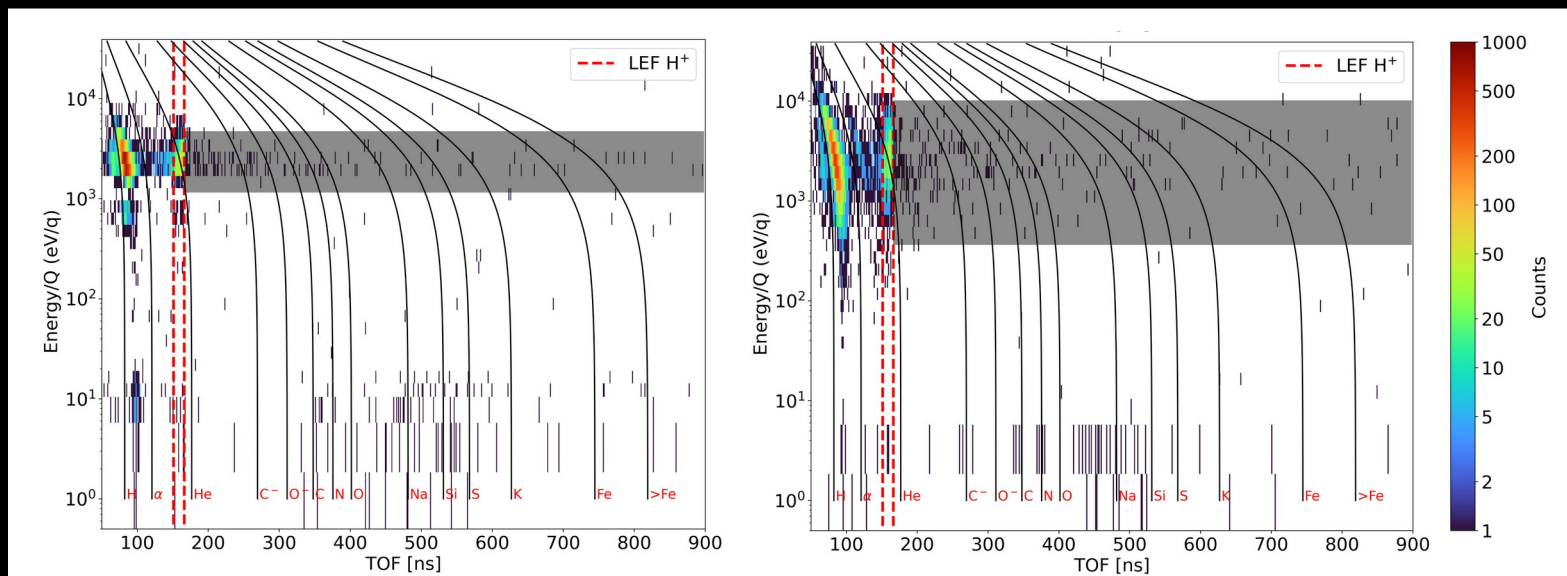
Champ électrique linéaire sépare les ions + des neutres et des ions - (deux produits : ST et LEF)





Données MSA sous forme de spectre énergie-temps de vol – Lors de la phase de croisière MSA a mesuré le vent solaire

Coups parasites observés lorsque le flux de H^+ est intense : saturation de MSA et straggling

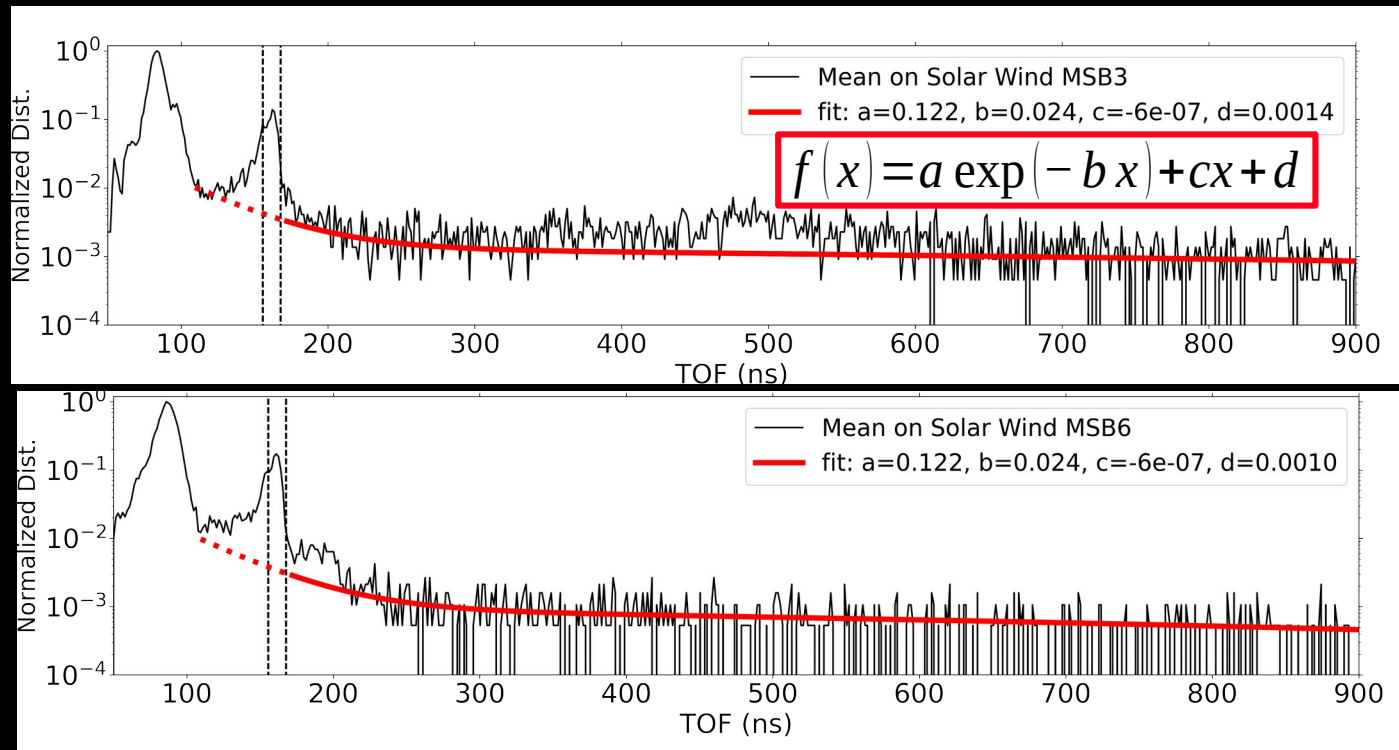


Moyenne des données dans le vent solaire pour le 3ème et 6ème survols

« Fit » sur les coups parasites dans le vent solaire

Dérivation d'une fonction caractérisant les coups parasites

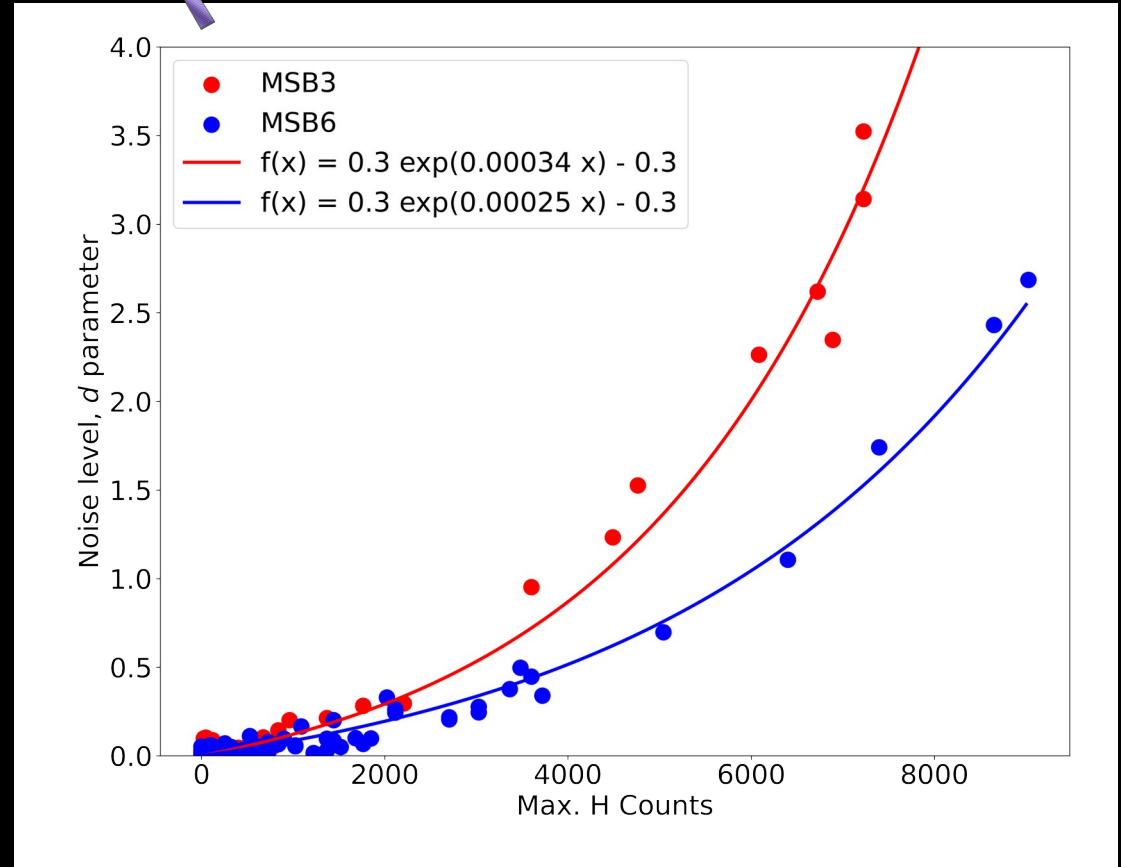
(d) - niveau du bruit



d augmente exponentiellement avec le maxima de H^+

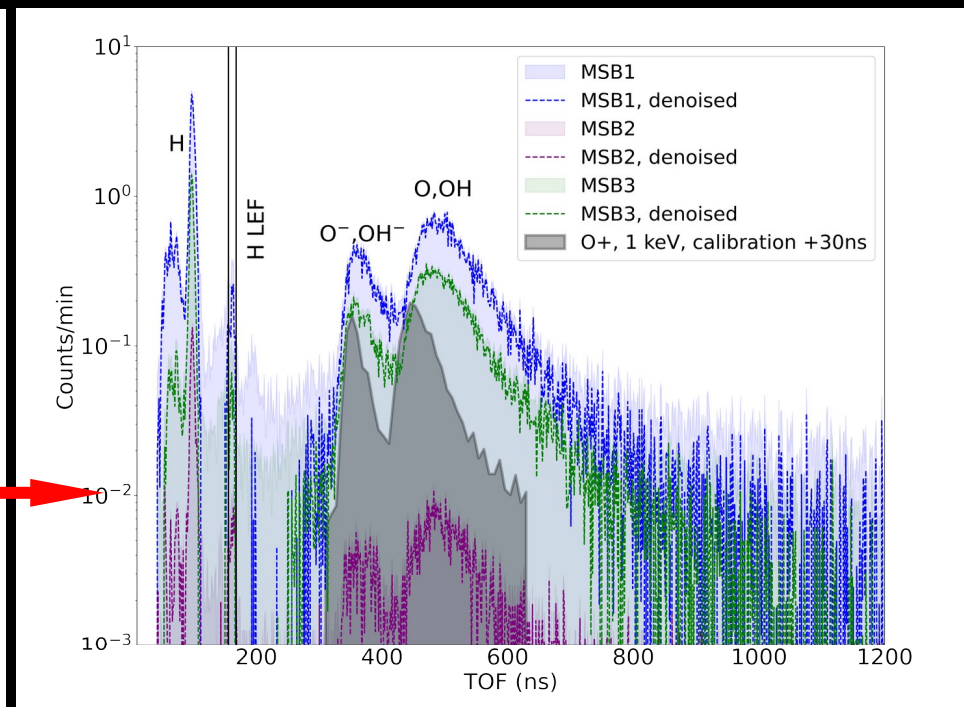
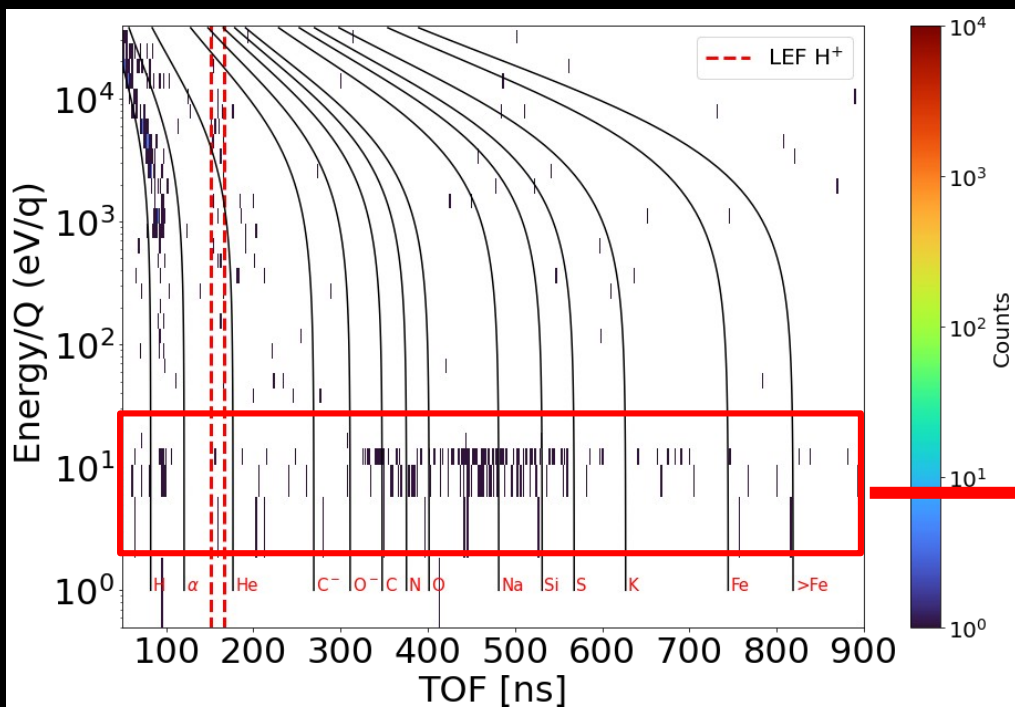
Saturation de MSA suit une statistique Poissonienne

Bruit plus faible pour le MSB6 comparé au MSB3 : Changement de potentiel électrique dans MSA



Application : Dégazage du satellite

Spectre énergie-temps de vol montre du dégazage du satellite (Franz et al. 2024)

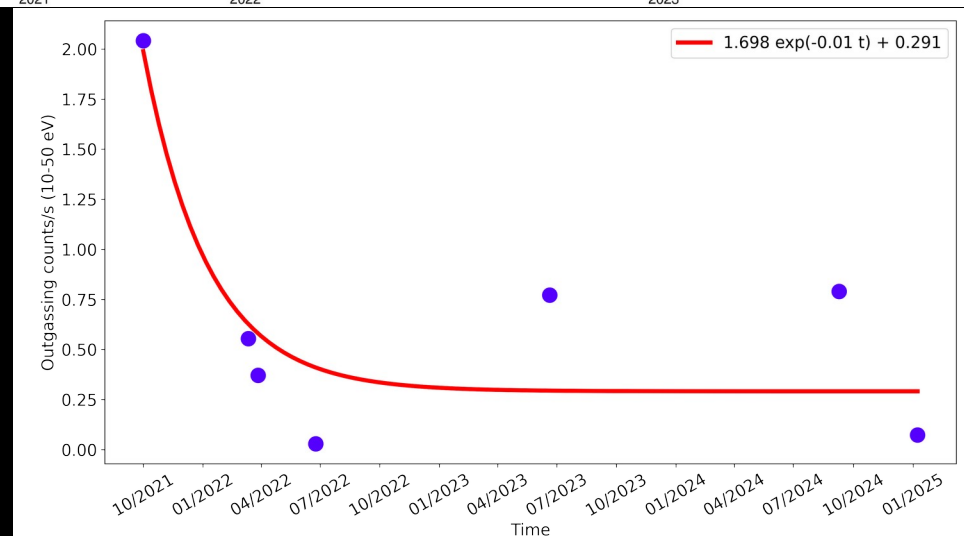
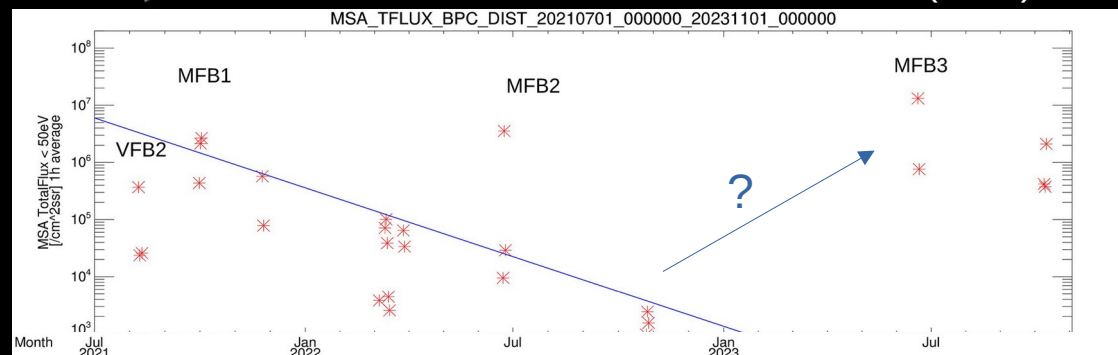


Après débruitage : le dégazage décroît exponentiellement avec le temps

Temps caractéristique de 100 jours terrestres

Similaire aux conclusions de Franz et al. (2024)

Franz et al. (2024)



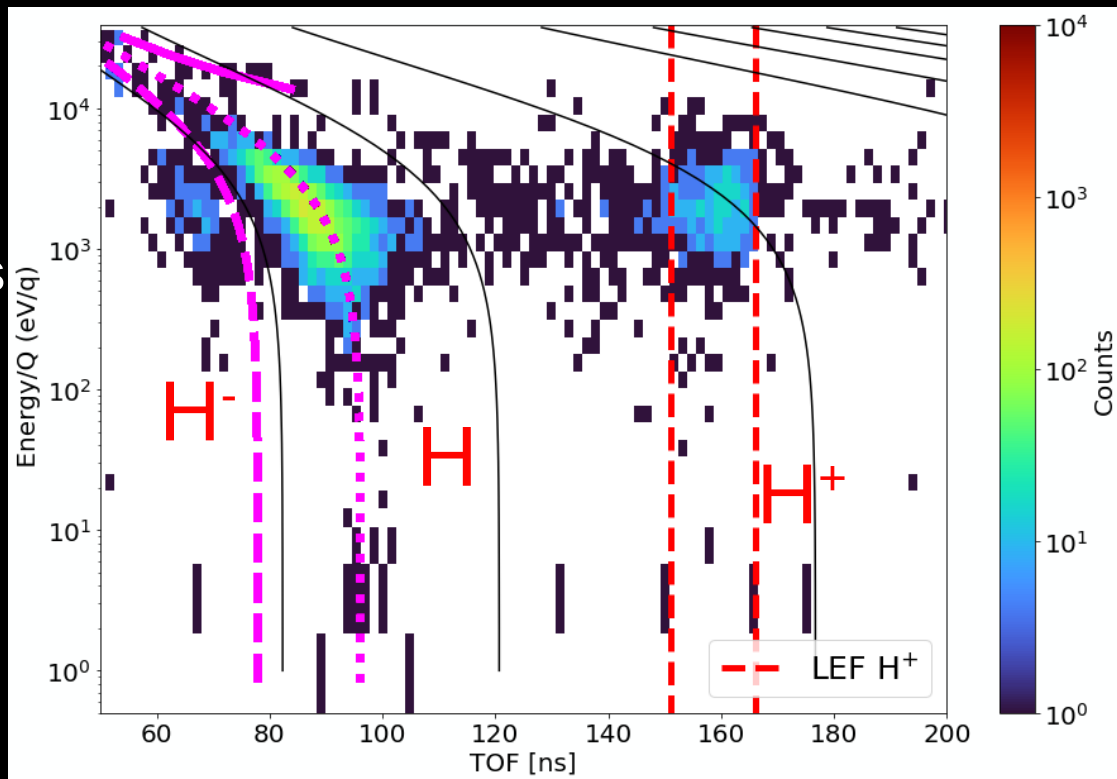
Application : Efficacité de la feuille de carbone

En entrant dans MSA, les ions + impactent une feuille de carbone

Échange de charge forme des ions +, - ou des neutres

Temps de vols différents pour chacun grâce au champ électrique

Possibilité de retrouver le ratio $H^+/H/H^-$

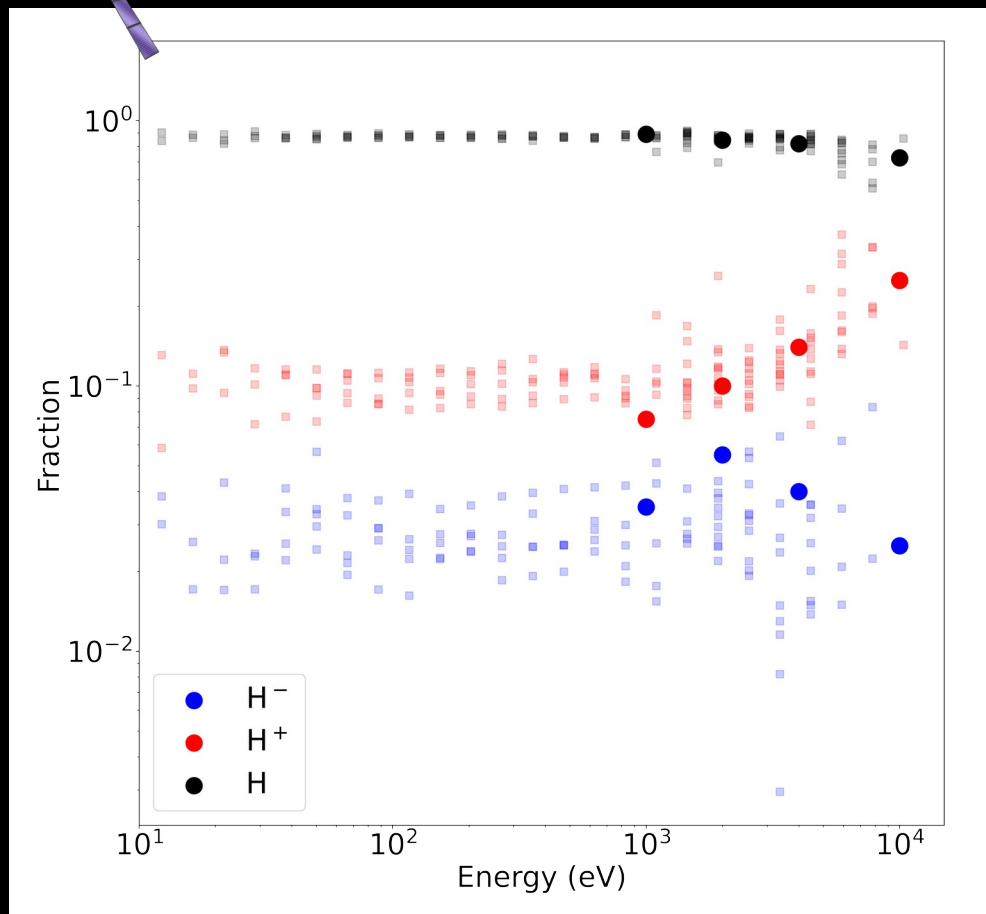


Mesure du ratio $H^+/H/H^-$ dans le vent solaire

Réalisée pour chaque canal en énergie (carrés)

Mesures d'efficacité de feuille de carbone en laboratoire (cercles)

Première évaluation de l'efficacité d'une feuille de carbone en vol

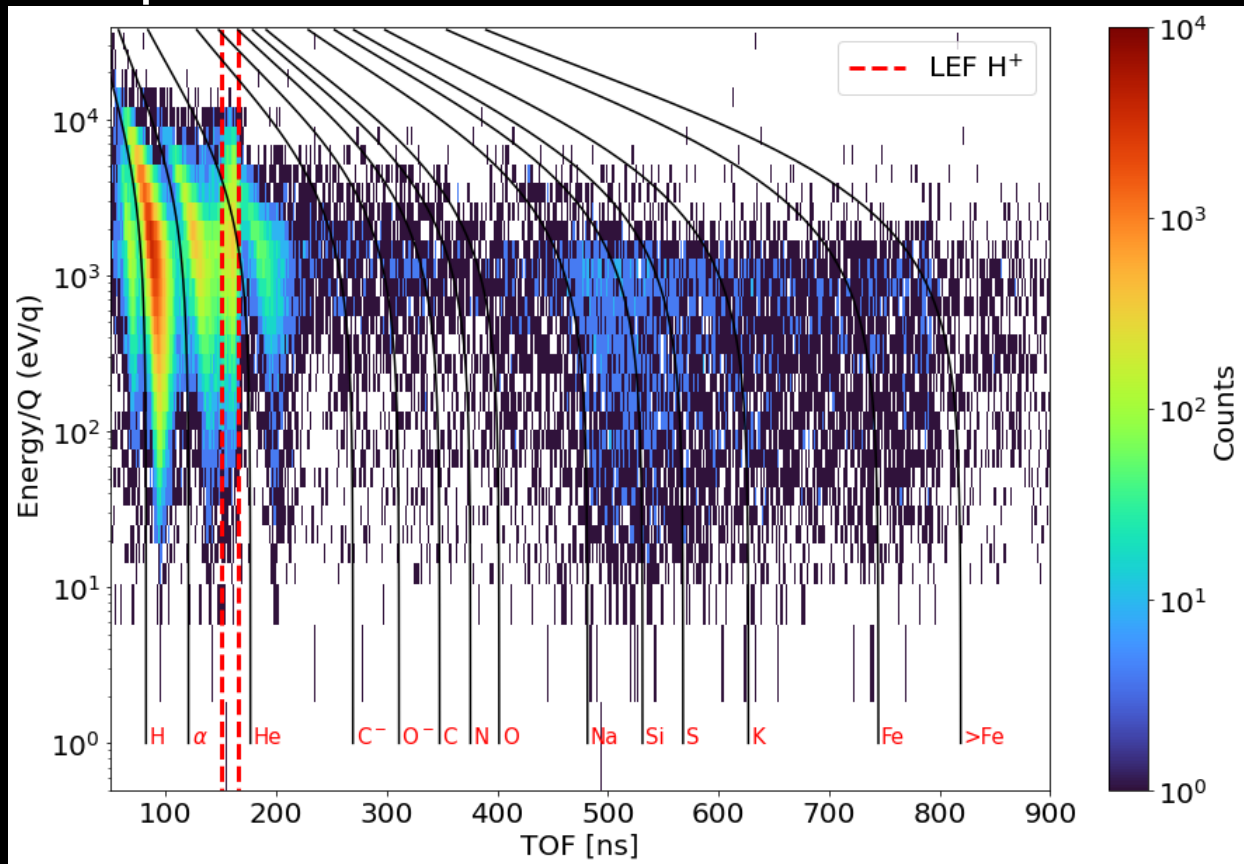


Application : Composition du plasma

Mesure de MSA dans la magnétosphère lors du MSB6

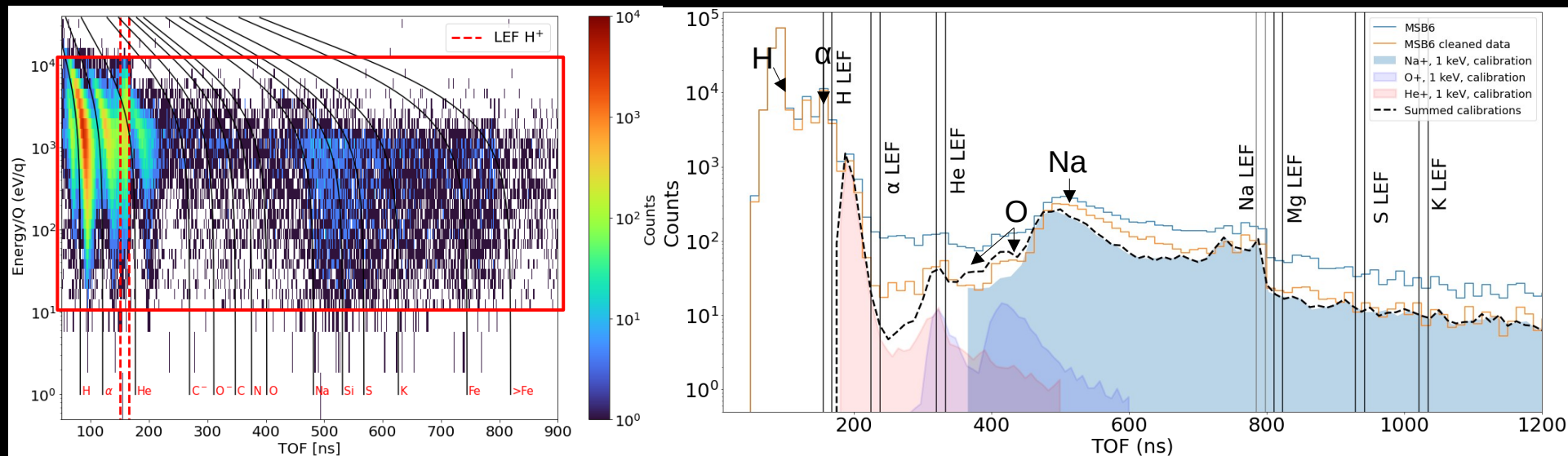
Ions lourds ($m > m_{\text{He}}$) détectés mais parasités par la saturation

Application de la méthode de débruitage au MSB6



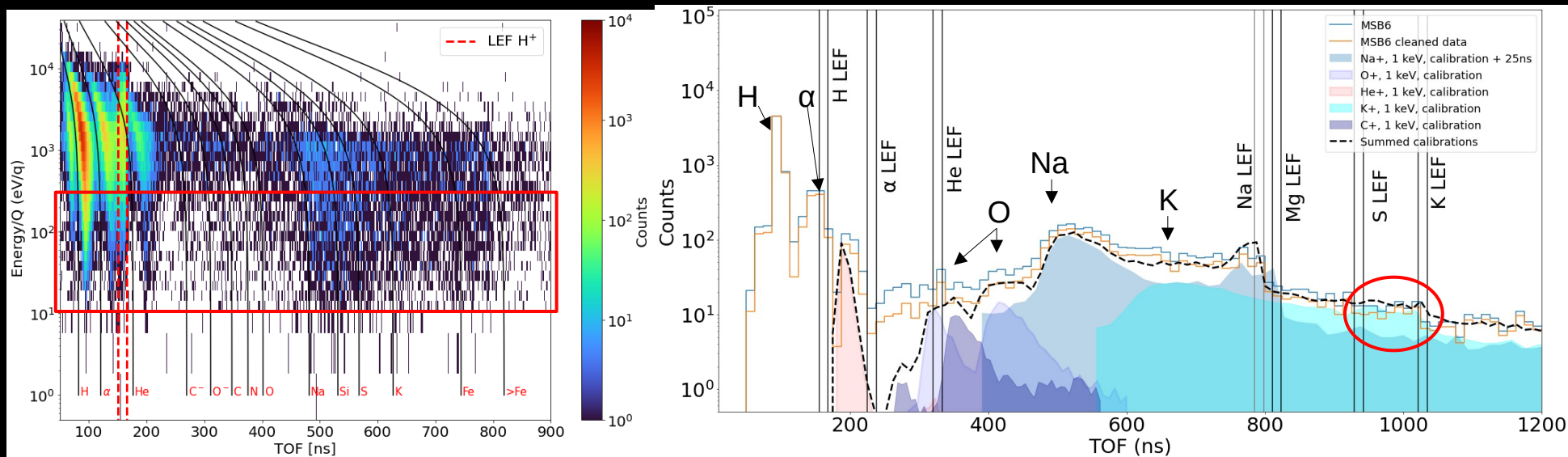
Intégration sur toutes les énergies entre 10 eV et 11 keV avec et sans les coups parasites (bleu et orange)

Mise en évidence de H, α , He, O et Na



Intégration sur toutes les énergies entre 10 eV et 300 eV avec et sans les coups parasites (bleu et orange)

Mise en évidence de H, α , He, O, Na **et K**





Conclusions

- Méthode de débruitage permet de dissocier les coups accidentels des coups réels
- Applications multiples : dégazage du satellite, composition ionique, calibration, ...
- Méthode avec du potentiel, mais sera affinée avec les données de la phase orbitale

Perspectives

- Comparaison des données débruitées avec des simulations magnétosphérique
- Utiliser les données LEF pour mieux interpréter les données ST
- Comparaison des données avec d'autres instruments de BepiColombo