

# Switchbacks dans le vent solaire : quelles contraintes sur leur origine ?

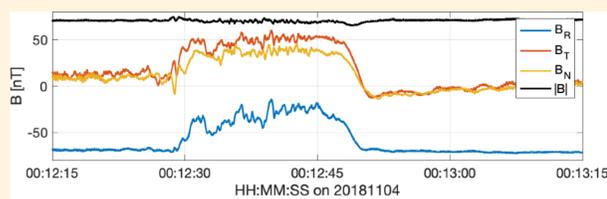
T. Dudok de Wit, A. Larosa, N. Bizien, C. Froment, V. Krasnoselskikh, M. Kretschmar (LPC2E, Orléans)  
& équipe FIELDS (Univ. Berkeley, Univ. Minnesota, Univ. Colorado, NASA-GSFC)

## 1. Switchbacks : késako ?

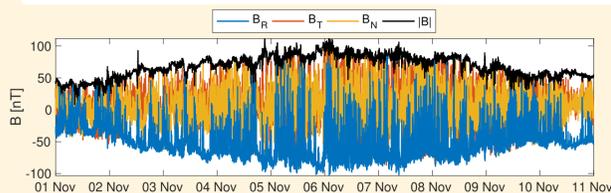
Un des résultats majeurs de la mission Parker Solar Probe est l'omniprésence de brusques déflexions du champ magnétique radial dans l'héliosphère interne, appelées **switchbacks**.

Les switchbacks se caractérisent par :

- Omniprésentes dans le solaire lent alfvénique
- Peu compressibles ( $|B| = \text{constant}$ ) et comparables aux arc-polarised Alfvén waves.
- Ce sont des déflexions du champ magnétique et non des inversions de polarité
- La température ionique est légèrement plus élevée à l'intérieur



Un switchback isolé



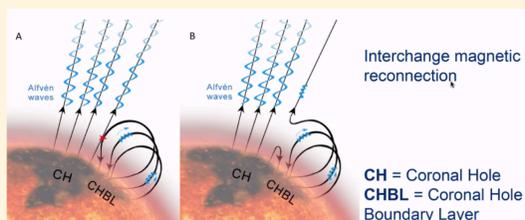
Ensemble de switchbacks observés lors du premier passage au périhélie (novembre 2018)

## 2. Switchbacks : quelle origine ?

Diverses explications ont été proposées, sans réel consensus :

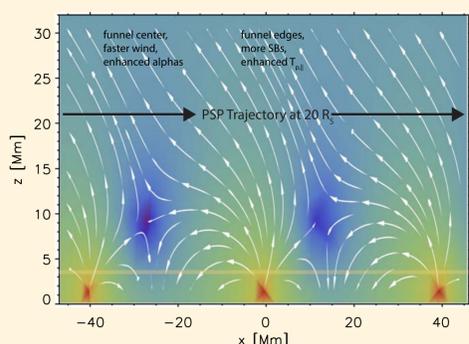
- Origine locale : instabilités liées à l'expansion du vent solaire, interactions entre flux de vent solaire, ...
- Origine dans la basse couronne : jets coronaux, reconnection d'interchange, flux ropes, ...

Une explication possible : reconnection d'interchange (Fisk & Kasper, 2020)



[Fargette et al. 2021, Bale et al. 2021] : leur fréquence est modulée en fonction des supergranules dans lesquels s'ancrent les lignes de champ magnétique.

Modulation en fonction du point d'ancrage des lignes de champ magnétique [Bale et al., 2021]

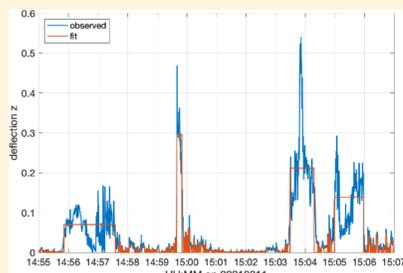


## 3. Un catalogue de switchbacks

Nous avons développé un modèle d'identification des switchbacks basé sur de l'intelligence humaine → **catalogue de toutes les déflexions** du champ magnétique pour chacun des 12 passages au périhélie.

En moyenne **1500 déflexions par jour**. Seules 0.2% dépassent 90° et sont donc de "vrais" switchbacks.

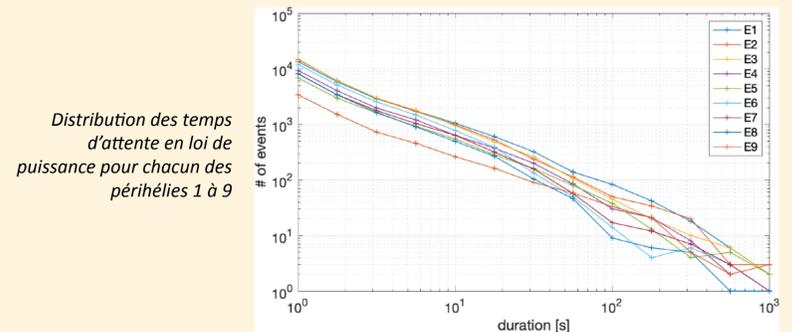
Déflexion observée (en bleu) et reconnue par le modèle (rouge)



## 4. Résultat : auto-similarité

Les switchbacks sont auto-similaires

- Pas d'amplitude ni de durée caractéristique dans leur distribution [DdW et al., 2020]
- Par exemple : les temps d'attente suivent une loi de puissance → ce ne sont pas des événements indépendants [Aschwanden & DdW, 2021]

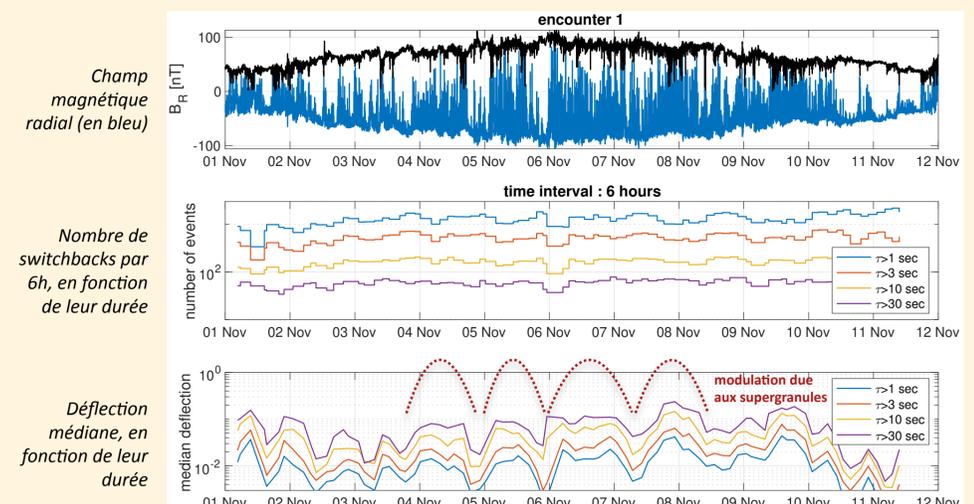


Distribution des temps d'attente en loi de puissance pour chacun des périhélie 1 à 9

## 5. Résultat : modulation par les super-granules

La densité de switchbacks ne varie PAS au cours du temps → **les switchbacks sont produits en permanence**, indépendamment du point d'ancrage des lignes de champ magnétique dans la photosphère. Sont-ils la signature de jetlets observés en imagerie EUV ?

C'est l'**amplitude de la déflexion qui est modulée** par le point d'ancrage → l'évolution et non la production des switchbacks dépend des conditions de la basse couronne.

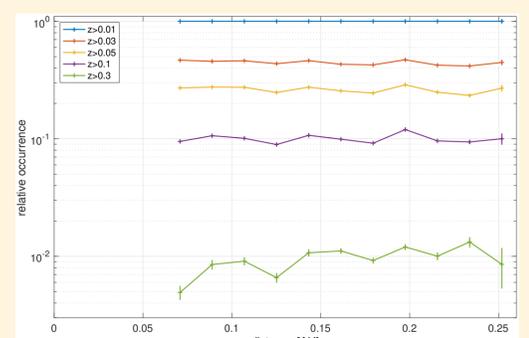


## 6. Résultat : origine locale peu probable

La probabilité d'observation des switchbacks varie peu avec la distance au Soleil → **les switchbacks sont produits très bas dans la couronne**.

Cela exclut d'emblée les mécanismes de production locale (instabilités de Kelvin-Helmholtz, interactions entre vents solaires, etc.). En revanche, l'érosion des switchbacks varie avec la distance au Soleil.

Taux d'observation relatif des switchbacks, en fonction de l'amplitude de leur déflexion ( $z=1$  égale 180°)



Ce travail a bénéficié du soutien du CNES. Parker Solar Probe a été conçu, construit et est maintenant exploité par le Johns Hopkins Applied Physics Laboratory dans le cadre du programme Living with a Star (LWS) de la NASA (contrat NNN06AA01C).