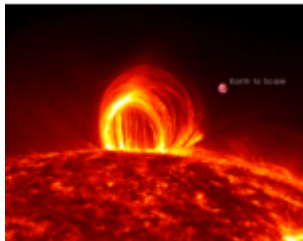


# La loi de l'hélicité magnétique en voie de confirmation



Date de mise en ligne : vendredi 24 juillet 2015

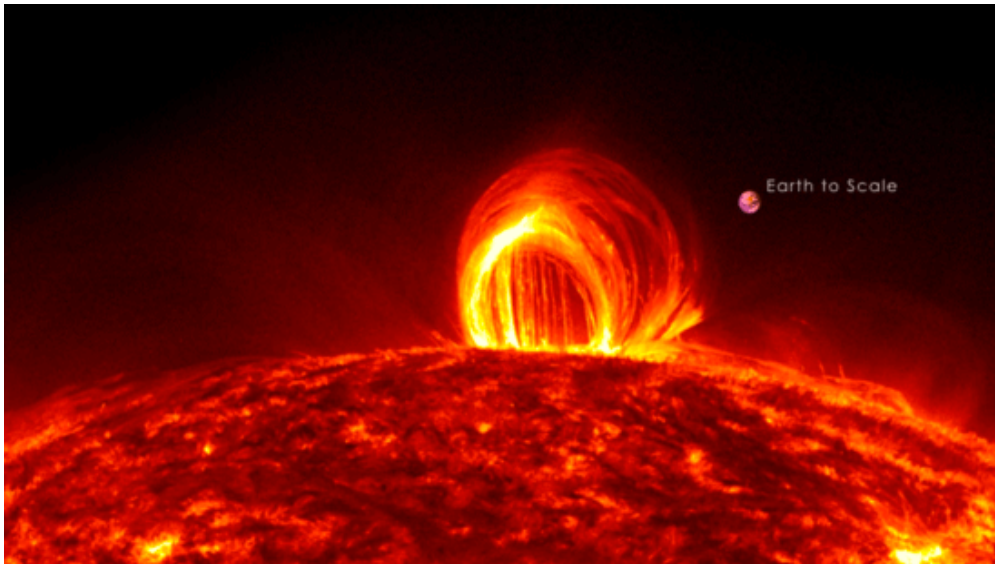
---

**Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et  
astrophysique**

---

**Appliquée jusqu'à présent dans un cadre hypothétique comme une loi de conservation, l'hélicité magnétique intervient pour mesurer le niveau de torsion et d'entortillement des lignes de champ magnétique dans l'atmosphère du Soleil. Une équipe scientifique menée par des chercheurs de l'Observatoire de Paris vient de mettre au point une méthode permettant de la tester, et par-là même de la vérifier. L'enjeu est important car cela pourrait permettre de développer une nouvelle vision du comportement du champ magnétique dans l'Univers. Ce résultat est paru dans *Astronomy & Astrophysics*.**

Les lois de conservations jouent un rôle important en physique, qu'il s'agisse des lois de la conservation de la masse, de l'impulsion, de l'énergie, de la charge électrique, du flux magnétique,...



**Boucles coronales** © NASA's Goddard Space Flight Center SVS/SDO

Par exemple, du fait de la conservation de la masse dans les conditions habituelles, un liquide contenu dans un récipient ne disparaît pas et sa quantité ne varie que si l'on retire ou ajoute du liquide.

## Des lois de conservations pour comprendre l'évolution des systèmes physiques

A partir des lois de conservation, il est possible de décrire et prédire l'évolution des systèmes physiques. Les quantités conservées ont donc une place à part en physique et les identifier est un enjeu important.

Pour les fluides magnétisés, tels que les métaux liquides et les plasmas qui composent 99% de la matière visible de l'Univers, le champ magnétique est un élément central de leur évolution.

Précisément, l'évolution des fluides magnétisés peut-être décrite par le paradigme physique de la magnétohydrodynamique (MHD). Dans le cadre de la MHD, le champ magnétique peut être représenté comme un ensemble de lignes élastiques, des lignes de champ magnétique.

Coronal Jet Simulation *par etienne-pariat*

Les boucles coronales, que l'on aperçoit de manière brillante dans l'atmosphère du Soleil, en font partie. Elles peuvent être plus ou moins entortillées les unes autour des autres, parfois droites comme dans une boîte de spaghettis, d'autres fois emmêlées comme dans une pelote formée de fils élastiques.

Pour évaluer le niveau de torsion et d'entortillement des lignes de champ magnétique, on fait appel à l'hélicité magnétique, qui est la quantité permettant de le mesurer.

## Hypothèse en passe d'être vérifiée

En 1974, John B. Taylor, en analysant l'évolution du champ magnétique dans une expérience de laboratoire, a émis l'hypothèse que l'hélicité magnétique devait se conserver en magnétohydrodynamique.

41 ans plus tard, l'hypothèse que l'hélicité magnétique est une quantité conservée pour les fluides magnétisés est sur le point de recevoir une véritable confirmation.

Lorsqu'il n'est pas possible de couper les fils de la pelote d'élastique formée par les lignes de champ magnétiques, il est évident que l'hélicité magnétique ne change pas. Les fils restent tout le temps entortillés les uns autour des autres.

Mais que ce passe-t-il lorsque ces fils se rompent, comme c'est le cas lorsque surviennent des événements actifs à la surface du Soleil, comme une éruption solaire ? L'entortillement global reste-t-il constant ou disparaît-il ?

Pour la première fois, les chercheurs de l'Observatoire de Paris, de l'University Collège de Londres et du National Center for Atmospheric Research aux Etats-Unis, ont mis au point une méthode générale pour tester rigoureusement cette question à partir de n'importe quelle simulation par ordinateur de l'évolution du champ magnétique en MHD.

Les chercheurs ont ainsi montré que lors de l'éruption, la quasi-totalité de l'hélicité était conservée. Une partie de l'hélicité reste dans le domaine et l'autre partie est éjectée à travers les parois du domaine. Alors que l'énergie magnétique disparaît à près de 80 %, seul moins de 2% de l'hélicité disparaît. L'hélicité magnétique est donc bien une quantité conservée !

## Enjeu

La conservation de l'hélicité est donc peut-être la raison qui explique que le Soleil éjecte très régulièrement de la matière magnétisée torsadée dans l'espace interplanétaire, parfois vers la Terre, et qui perturbe l'environnement Terrestre.

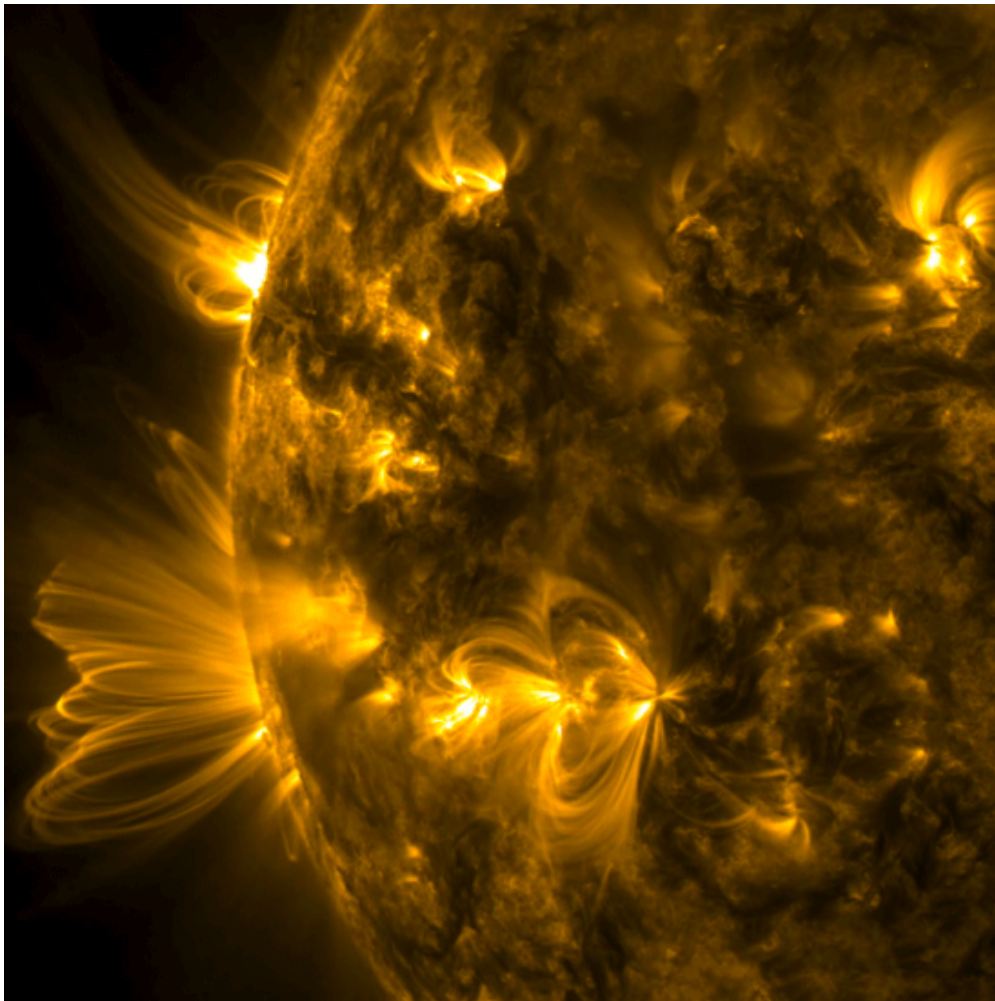
## La loi de l'hélicité magnétique en voie de confirmation

---

Cette nouvelle étude trace la voie pour tester de manière plus générale le domaine de validité de la conservation de l'hélicité magnétique.

La confirmation de la conservation de l'hélicité magnétique ouvre une nouvelle manière de voir, comprendre, interpréter et prédire la dynamique des milieux magnétisés. En sus d'application en météorologie de l'espace, la conservation de l'hélicité magnétique touche l'ensemble des plasmas naturels astrophysiques, les expériences et instruments utilisant des métaux liquides, ainsi que les grandes expériences et projets mettant en oeuvre des tokamaks, tel que le projet de réacteur thermonucléaire expérimental international ITER.

La physique étant basée sur des lois de conservation, cette nouvelle loi pourrait concerner 99% de la masse visible dans l'Univers.



**Boucles coronales** © Solar Dynamics Observatory/NASA

## Publications

- **Testing magnetic helicity conservation in a solar-like active event**  
**Publication** : Astronomy & Astrophysics, in press  
**Authors** : E. Pariat<sup>1</sup>, G. Valori<sup>2</sup>, P. Démoulin<sup>1</sup>, and K. Dalmasse<sup>3</sup>

**Affiliation :**

1 LESIA, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Pierre et Marie Curie, Université Denis Diderot,

2 UCL Mullard Space Science Laboratory, UK

3 CISL/HAO, National Center for Atmospheric Research, USA

- **Comparing Values of the Relative Magnetic Helicity in Finite Volumes**

**Publication :** Solar Physics, Volume 278, Issue 2, pp.347-366 (SoPh Homepage)

**Authors:** Valori, G. ; Démoulin, P. ; Pariat, E.