

## Source

"First current density measurements in the ring current region using simultaneous multi-spacecraft CLUSTER-FGM data", Vallat, C., I. Dandouras, M. Dunlop, A. Balogh, E. Lucek, G. K. Parks, M. Wilber, E. C. Roelof, G. Chanteur, H. Rème, *Annales Geophysicae*, 23, 1849-1865, SRef-ID: 1432-0576/ag/2005-23-1849, 2005.

Dans la région de l'espace entourant la Terre, la configuration magnétique résultant de l'interaction du [vent solaire](#) et du champ magnétique terrestre forme la magnétosphère. Les quatre satellites de la mission CLUSTER de l'Agence spatiale européenne ont été lancés en l'an 2000 afin d'en étudier les propriétés. Ils se déplacent ensemble sur une orbite elliptique en formant un tétraèdre dont le centre de contrôle adapte la taille (distance inter-satellitaire) en fonction de la région traversée et des objectifs scientifiques. Grâce à cette configuration originale, Cluster peut distinguer les variations spatiales et les variations temporelles des structures rencontrées par les satellites au sein de la magnétosphère.

[La magnétosphère](#) se caractérise entre autres par la présence d'un courant porté par les particules chargées et qui forme un anneau autour de la Terre. Les ions (positifs) tournent dans un sens, les électrons (négatifs) en sens inverse créant un courant électrique dénommé « courant annulaire ». Ce courant centré au niveau de l'équateur s'étend à une distance comprise entre 2 et 9 rayons terrestres (1 RT = 6 378 km). Cette distance évolue en fonction du niveau d'activité magnétique qui correspond aux variations d'activité du vent solaire. En effet, lors de bouffées d'activité du vent solaire, les perturbations sont observables tout autour du globe pendant plusieurs jours, induisant des modifications dans la morphologie et l'intensité du champ magnétique.

## Note

**Magnétosphère :**  
Région de l'espace entourant la Terre, où les lignes de champ magnétique terrestre sont confinées par l'action du vent solaire (flux de plasma constitué d'ions et d'électrons). Sa frontière interne est située au delà de l'ionosphère (qui s'étend jusqu'à 1 000 km de la surface terrestre), et sa frontière externe est délimitée par une zone appelée magnétopause. Elle protège la Terre du "bombardement" des particules ionisées émises par le Soleil et particulièrement dangereuses pour les êtres vivants.

Des études antérieures ont établi que l'intensité du courant annulaire augmente avec le niveau d'activité magnétique. Cependant, aucune mesure directe n'avait encore déterminé in-situ les paramètres du vecteur de [densité de courant](#) instantané dans cette région. Grâce aux magnétomètres à bord de chacun des satellites, le champ magnétique peut ainsi être mesuré simultanément en quatre points de l'espace. L'ensemble des mesures simultanées donne une première évaluation du [rotationnel](#) du vecteur représentant le champ magnétique dans cette région. Ce dernier est directement proportionnel à la densité de courant. Début 2002, les satellites Cluster orbitent en formation rapprochée, espacés d'environ 250 km les uns des autres. Pendant plus de cinq mois, ils ont mesuré précisément la densité du courant et ont établi une première cartographie partielle des vecteurs « densité de courant » de la région du courant annulaire pour différents niveaux d'activité magnétique.

Cette étude du Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements, a mis en évidence, pour la première fois, l'existence d'un courant annulaire résiduel considérable (~ 20 nano ampère/mètre carré) lors de niveau d'activité magnétique faible.

## Note

### Densité de courant :

Intensité par unité de surface. La direction du déplacement des charges donnent la direction du vecteur « densité de courant » dont le module s'exprime en Ampère par unité de surface.

[En savoir plus](#)

### Rotationnel :

Notion complexe d'analyse vectorielle qui peut se résumer en une fonction décrivant l'évolution des paramètres d'un vecteur représentant l'intensité et la direction d'un champ (magnétique, électrique...) dans un espace centré autour d'un point.

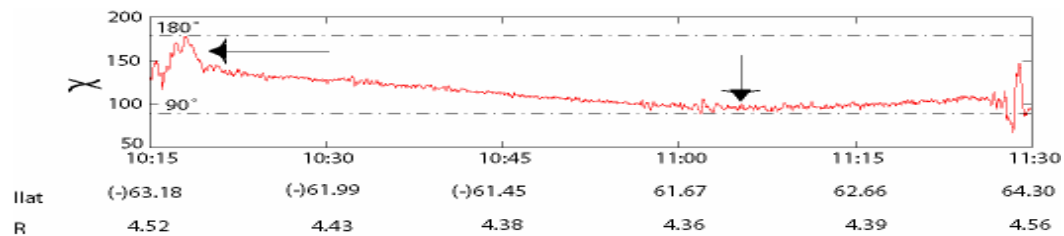
[En savoir plus](#)

### Orbite géostationnaire :

Orbite située à environ 36 000 km de la Terre dans le plan de l'équateur et sur laquelle un satellite tourne à la même vitesse angulaire que le globe terrestre. De ce fait le satellite se situe toujours au dessus de la même région du globe. Sur cette orbite sont placés de très nombreux satellites de télécommunication ainsi que des satellites de météorologie.

[En savoir plus](#)

Les données recueillies par la mission Cluster ont également révélé la large étendue en latitude de ce courant annulaire. La direction du vecteur représentant le sens du courant est pratiquement perpendiculaire au champ magnétique terrestre au niveau de l'équateur. Lorsque la latitude augmente, le vecteur de densité de courant a tendance à s'aligner de plus en plus sur la direction du vecteur représentant le champ magnétique local. A une latitude de quelques dizaines de degrés, ces deux vecteurs s'alignent brusquement l'un sur l'autre. Cette transition brutale marque la frontière entre la zone du « courant annulaire » et une zone moins organisée connue sous le nom de code de « feuillet de plasma interne ».



Légende : Figure montrant l'angle formé entre le vecteur J (densité de courant) et le vecteur de champ magnétique local, lors du passage de Cluster dans le courant annulaire, le 18 mars 2002. Les flèches représentent les courants alignés (hautes latitudes) et perpendiculaires (basses latitudes) aux lignes de champ magnétique.

La mise en évidence des courants circulant le long des lignes de champ magnétique et l'étude détaillée des courants magnétosphériques contribuent à une meilleure connaissance du système de couplage du courant annulaire avec d'autres systèmes de courants qui entourent la Terre, comme les courants ionosphériques. Ces études apportent des informations inédites sur les rôles respectifs des sources magnétiques internes (effet dynamo du noyau de la Terre) et externes (courants dans la magnétosphère) qui constituent le champ géomagnétique.

La compréhension des mécanismes et des conséquences des phénomènes magnétiques turbulents dans cette région de l'espace aidera, à terme, à mieux prévoir les risques que font courir les orages magnétiques aux satellites placés sur [l'orbite géostationnaire](#).



**Contact chercheur**

Claire Vallat  
ESA/ESTEC  
Tel : +31 (0)71 565 8668  
[cvallat@rssd.esa.int](mailto:cvallat@rssd.esa.int)

**+ sur Cluster**

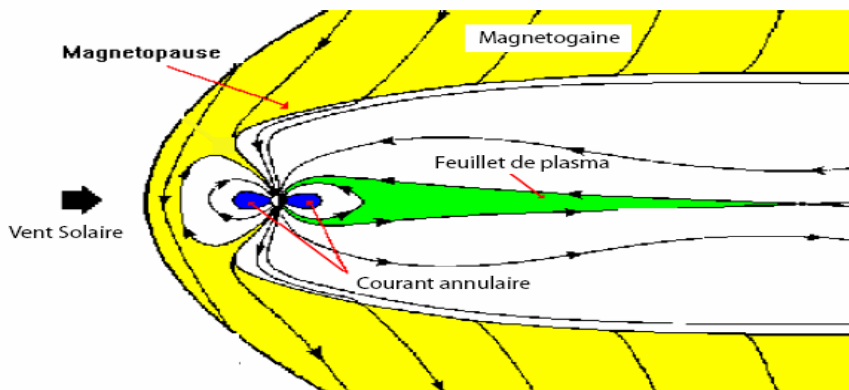
<http://sci.esa.int/>

<http://smc.cnes.fr/>

<http://www.cesr.fr/>

**+ sur le CNES**

<http://www.cnes.fr>



Légende : La magnétosphère terrestre peut être divisée en plusieurs zones. Le courant annulaire se situe à « proximité » de la Terre, à une distance située entre 2 et 9 rayons terrestres, dans une zone où le champ magnétique est majoritairement dipolaire. Le Soleil se situe à gauche de l'image. [En savoir plus](#)

**Vent solaire**

Ce flux de plasma (atomes dépourvus d'électrons et électrons isolés) éjecté en permanence de la couronne externe du Soleil (800 kg de matière par seconde) est globalement neutre, omni directionnel et crée un champ magnétique. Il rencontre les planètes avec une vitesse relative très importante : elle varie de 200 à 900 km/s à proximité de la Terre.

Les particules de vent solaire piégées dans le champ magnétique terrestre ont tendance à s'accumuler dans [la ceinture de Van Allen](#). Lorsque ces particules pénètrent dans l'atmosphère terrestre dans les régions proches des pôles, l'interaction avec les molécules de l'atmosphère provoque les aurores boréales. Lors d'éruptions solaires, certains phénomènes turbulents (rafales de vent et tempêtes solaires) se produisent. Les particules très énergétiques soumettent alors les sondes spatiales et les satellites à de fortes radiations.

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication: **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction: **Arnaud Benedetti** ■ Rédacteur en chef : **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction : **Myriana Lozach** ■ Diffusion du magazine: **INIST diffusion** ■

**Abonnement**

Vous voulez vous abonner à la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Française](#)

Vous voulez vous abonner à la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Anglaise](#)

**Désabonnement**

Vous voulez vous désabonner de la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Française](#)

Vous voulez vous désabonner de la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Anglaise](#)

© CNES 2005

Reproduction possible à des fins non commerciales, sous réserve d'autorisation de notre part

Conformément à la loi 78-17 "Informatique et Libertés" (art. 34 et art.36), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données vous concernant, en ligne sur ce bulletin.