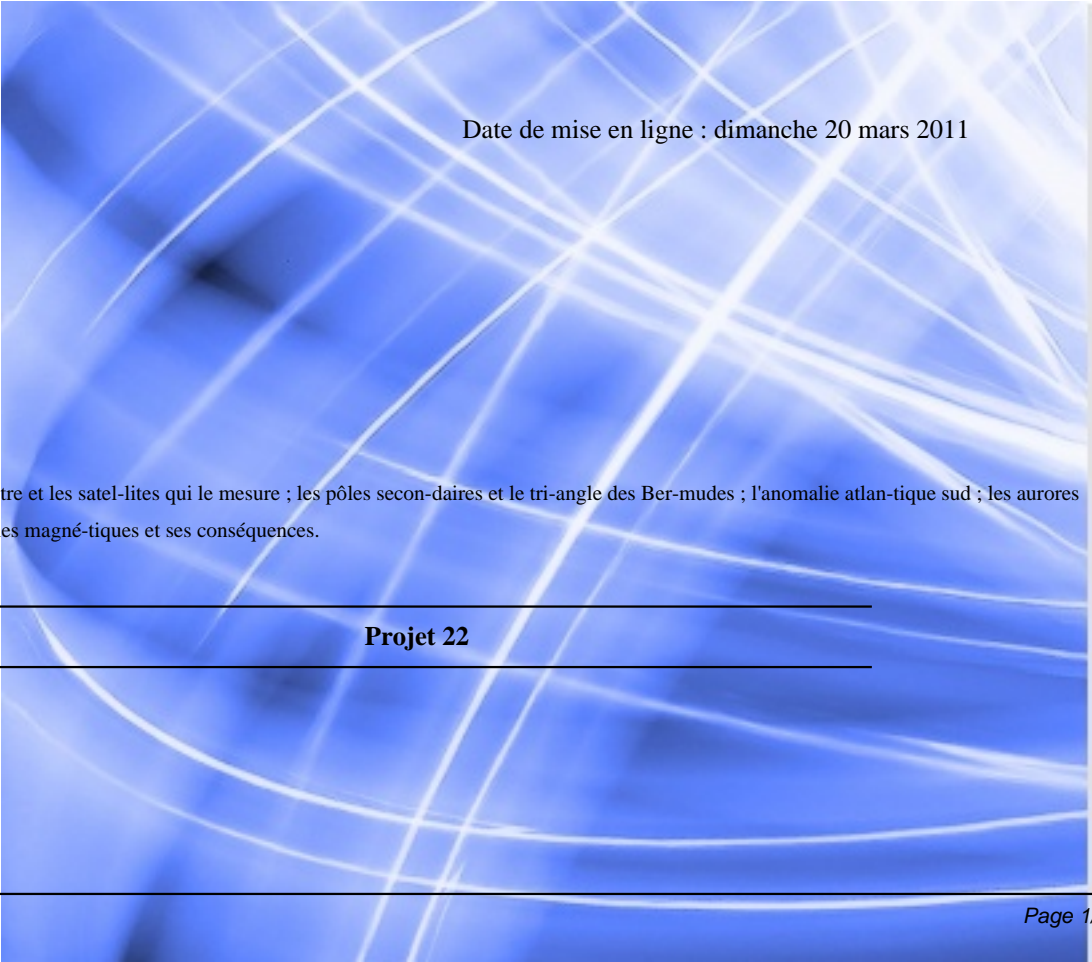


Extrait du Projet 22

<https://www.projet22.com/aux-frontieres-de-la-science/astronomie-et-astrophysique/vers-une-inversion-du-champ.html>

Vers une inversion du champ magnétique terrestre ?

- Aux frontieres de la science - Découvertes en astronomie -



Date de mise en ligne : dimanche 20 mars 2011

Description :

Le champ magnétique terrestre et les satellites qui le mesurent ; les pôles secondaires et le triangle des Bermudes ; l'anomalie atlantique sud ; les aurores terrestres ; l'inversion des pôles magnétiques et ses conséquences.

Projet 22

Sommaire

- [Le champ magnétique terrestre](#)
- [Les mesures du champ magnétique](#)
- [Les ceintures de Van Hallen](#)
- [Le bouclier magnétique protège](#)
- [L'inversion du champ magnétique](#)
- [Les prémisses d'une inversion](#)
- [Une conséquence inattendue](#)
- [De nombreuses inconnues](#)

Le champ magnétique terrestre

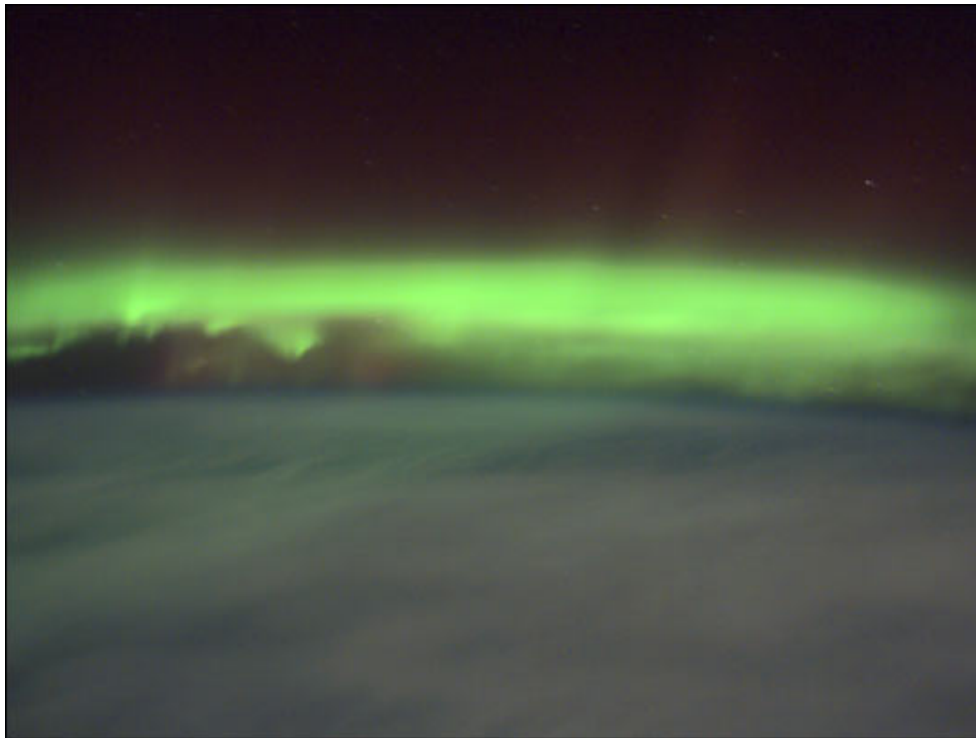
La magnéto-sphère est un champ magnétique qui entoure la Terre entre 800 et 1000 km d'altitude [1]. Il est produit par les mouvements qui animent le magma au centre de la Terre [2]. Les mouvements de ce magma qui contient du métal liquide (fer et nickel) produisent un effet "dynamo", relayé par les océans de la surface (l'eau salée est conductrice).

Le dipôle de ce champ magnétique est décalé de 11° par rapport à l'axe de rotation de la Terre, c'est-à-dire que le pôle nord magnétique ne se situe pas au même endroit que le Pôle Nord. Le pôle magnétique bouge souvent autour de son axe. En janvier 2011, le pôle nord magnétique était situé à 675 km du pôle nord géographique et se déplaçait vers l'est à raison de 55 km/ an. Le pôle sud magnétique se déplace encore plus vite que le nord [3].

Cela a évidemment un effet sur les boussoles : l'écart en France était de 3,5° en 1990 et de 0,5° seulement en 2011, car cet écart diminue de 0°8' par an.

Trois facteurs peuvent modifier le champ magnétique terrestre et la position des pôles magnétiques :

- les orages magnétiques provoqués par les éruptions solaires
- l'activité volcanique par laquelle le magma se déplace à la surface
- les pôles secondaires situés à plusieurs endroits de la terre, au nombre desquels on peut sans doute compter le Triangle des Bermudes [4] et peut-être aussi le lac Poyang en Chine [5]



Les mesures du champ magnétique

Des laboratoires terrestres mesurent le "bruit" radio provoqué par les particules rentrant dans l'atmosphère depuis le 19e siècle. Des radars spécialisés, les ionosondes, étudient la haute atmosphère (la ionosphère) à 500 km d'altitude [6].

Divers satellites mesurent également le champ magnétique terrestre :

- OSO8 à une altitude de 500 km (il a fonctionné de 1978 à 1995 et n'est plus en activité)
- SAMPEX est sur une altitude de 500 km environ mais avec une orbite plus elliptique qu'OSO8 (lancé en 1991, il fonctionne toujours actuellement)
- NOAA14 à 18, dont le plus haut tourne autour de la Terre à 850 km d'altitude

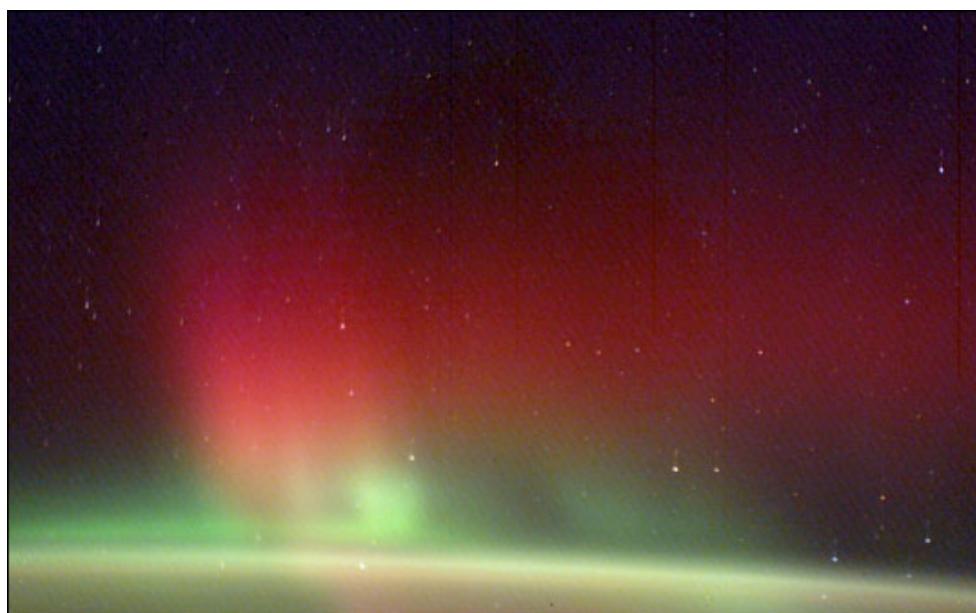
Les ceintures de Van Hallen

Vers une inversion du champ magnétique terrestre ?

Les explo-sions de supernova et les vent solaires [7] pro-duisent des par-ti-cules éner-gé-tiques. Une partie de ces rayons ioni-sants est piégée sous la forme d'électrons et de protons fai-blement chargés, à 25 000 km d'altitude, appelée "ceinture exté-rieure de Van Allen", du nom de son décou-vreur [8].

Une deuxième partie est piégée sous la forme de protons hau-tement éner-gé-tiques, à 5 000 km, nommée "ceinture inté-rieure de Van Allen" [9].

Une troi-sième et der-nière partie atteint la magné-to-sphère qui la dévie vers les pôles, où leur action ioni-sante sur les atomes de la haute atmo-sphère (l'ionosphère) produit les aurores boréales (au Pôle Nord) et les aurores aus-trales (au Pôle Sud) [10].



Le bouclier magnétique protège la vie et la technologie

La magné-to-sphère protège notre ADN des par-ti-cules chargées d'énergie envoyées par le Soleil et le reste de l'espace (explosion de super- novas, quasars, etc.). Ces par-ti-cules sont beaucoup plus puis-santes que celles que pro-duisent les accé-lé-ra-teurs du CERN près de Genève. On connaît leurs dangers par leurs effets sur les cel-lules des êtres vivants envoyés dans l'espace [11]. On peut donc dire que la magné-to-sphère repré-sente pour nous un bou-clier magné-tique. De manière plus générale, ce bou-clier est néces-saire au déve-lop-ement de la vie sur une planète.

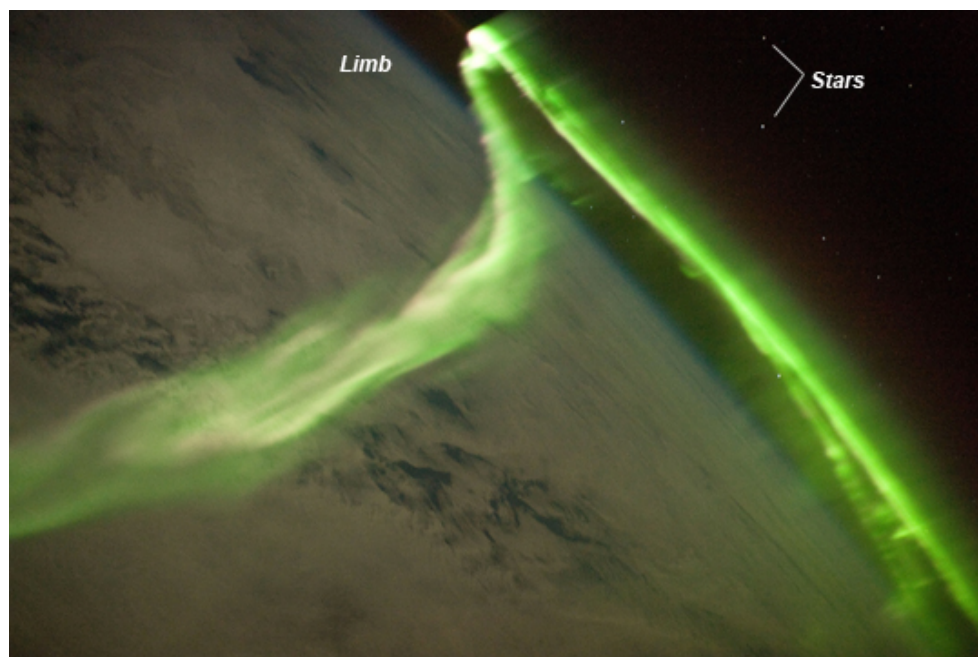
Vers une inversion du champ magnétique terrestre ?

Par com-pa-raison, Mars a possédé un champ magné-tique qui a aujourd'hui disparu. Mars était plus petite que la Terre, son noyau s'est refroidi plus vite, elle n'a donc plus de champ magné-tique. Les scien-ti-fiques et les auteurs de science- fiction qui ima-ginent la ter-ra-for-mation de Mars oublient souvent l'absence de magné-to-sphère et le pro-blème des rayons cosmiques.

Le bou-clier magné-tique protège également les trans-for-ma-teurs d'une sur-charge sous l'effet d'un puissant vent solaire (chargé de protons). Autrement dit, les trans-for-ma-teurs des pylônes électriques seraient grillés et no villes seraient coupées d'électricité. Les satel-lites de télé-com-mu-niation se pro-tègent autrement [12] : ils se retournent pour faire "dos" au Soleil dans le cas d'une éruption solaire en direction de notre planète. Ils seraient détruits s'ils ne le fai-saient pas. Les astro-nautes qui ont marché sur la Lune ont béné-ficié d'un coup de chance en 1969 : si un vent solaire avait touché leur vaisseau, ils n'auraient jamais pu revenir sur Terre.

Les satel-lites en orbite autour de la Terre et les téles-copes spa-tiaux, comme Hubble, ont également besoin du champ magné-tique ter-restre pour s'orienter [13].

Ainsi, on peut dire que le champ magné-tique est une condition *sine qua none* au déve-lop-pement de la vie et des télé-com-mu-ni-ca-tions [14].



L'inversion du champ magnétique terrestre

Le champ magnétique terrestre se retourne tous les 250 000 ans à 500 000 ans. Le dernier retournement en date remonte à 780 000 ans. Cela signifie un retard de 250 000 ans environ.

Une (...) étude démontre que les moments d'inversion sont marqués par une baisse d'intensité du champ magnétique terrestre. On suppose donc que, pendant ces périodes d'inversion, le champ magnétique terrestre passe par un minimum, avec une magnétosphère beaucoup plus faible, laissant passer les rayonnements cosmiques jusqu'à l'ionosphère.

Cet affaiblissement toucherait les pôles secondaires les uns après les autres, avant d'entraîner l'ensemble de la "dynamo" terrestre. Durant cette inversion, la Terre serait partiellement exposée aux vents solaires.

Les prémisses d'une inversion

Depuis 50 ans, on détecte une diminution du champ magnétique terrestre. La station Bulder au Colorado détectait un ralentissement du flux de particules à 300 km d'altitude en 1950. Aujourd'hui, ces particules ne sont plus freinées qu'à quelques centaines de kilomètres.

Cette diminution oblige les satellites et les télescopes spatiaux qui s'orientent avec le champ magnétique, tels que le télescope spatial Hubble, à fonctionner dans une zone de plus en plus restreinte.

Cette variation est inégale dans les deux hémisphères : la magnétosphère est 20% moins puissante dans l'hémisphère nord.

En 2002, les chercheurs du département de géomagnétisme et paléomagnétisme de l'Institut de physique du globe de Paris (IPG) publient une étude [15], selon laquelle quatre régions subissent des variations du champ magnétique. Ces régions seraient autant de pôles secondaires.

- La première est située sous l'océan Pacifique, dans l'hémisphère Nord. Le champ magnétique y est partiellement fort et la variation observée reste faible.
- La seconde correspond à l'anomalie atlantique sud [16]. Dans cette zone, située dans le Pacifique, entre les îles Galapagos, la Terre de Feu, l'Afrique du Sud, la Namibie et les îles Cap-Vert, le magnétisme a diminué de manière importante [17], en passant de 48000 nano-teslas environ (le taux en Europe) à de 22000 nano-teslas seulement en son centre.
- Les deux autres se situent aux pôles.

Cette étude conclut : "le mécanisme mis en oeuvre dans les variations constatées pourrait être similaire à celui

des inver-sions magnétiques".

En 2005, deux scien-ti-fiques : le Français géo-logue Jean- Jacques Orgeval et le géo-phy-sicien canadien Larry Newitt mesurent que le Pôle Nord s'est déplacé de près de 120kms en un an, soit une moyenne de 300 m par jour. Pour vérifier ces résultats spec-ta-cu-laires ils sont retournés en avril 2007, en pleine Année Polaire Inter-na-tionale au Pôle Magnétique.

Par ailleurs, les aurores boréales se mul-ti-plant en dehors du cercle polaire. Ainsi, le 15 février 2011, on attendait une aurore ter-restre dans le ciel belge, mais le nuage de plasma a ralenti et est arrivé de jour dans l'atmosphère ter-restre, si bien qu'il n'a pas pu être observé [18]. Des condi-tions météo-ro-lo-giques défa-vo-rables auraient également pu cacher le phé-nomène. L'extension des aurores "boréales", que l'on devrait appeler des aurores ter-restres, dans des zones autrefois pro-tégées par le bou-clier magné-tique, montrent une dimi-nution du champ magné-tique terrestre.

Cette "ano-malie" pourrait annoncer une pro-chaine inversion des pôles :

(...) Les données des satel-lites tels que OSO8, NOAA (14 à 18), SAMPEX et les iono-sondes apportent aujourd'hui une nou-velle vision de cette ano-malie. Leurs mesures montrent iné-luc-ta-blement la pré-sence d'aurores ter-restres. Des éléments nou-veaux sur cette ano-malie ter-restre pourrait annoncer une pro-chaine inversion de polarité de la Terre d'ici 1000 ans [19].

Une conséquence inattendue

En dehors des effets nocifs de ces rayons cos-miques sur la division cel-lu-laire, cer-tains auteurs entre-voient la pos-si-bilité de muta-tions du génome [20] :

Lors des inver-sions passées du champ magné-tique, les labo-ra-toires spé-cia-lisés dans les data-tions ont mis en évidence une hausse de radio-ac-tivité à la surface de la Terre. C'est l'augmentation de la radio-ac-tivité en général et notamment l'augmentation des iso-topes radio-actifs du carbone 14 qui pour-raient être la cause d'une diver-si-fi-cation des espèces ter-restres par mutation [21].

De nombreuses inconnues

Nous ne connaissons pas encore avec certitude les conditions, les effets et la durée d'une inversion des pôles magnétiques, d'une inversion des pôles. Mais le champ magnétique terrestre n'est pas immuable et il faut s'attendre à des variations plus importantes que celles que nous avons connues jusqu'ici. Il ne s'agit pas de catastrophisme, mais uniquement de prévention ou de gestion des risques [22].

Illustrations de l'article : images NASA libres de droit.

The world is strange, it isn't ?

[1] L'atmosphère est composée de différentes couches : la troposphère fait 11 km, la stratosphère se situe à 50 km d'altitude, suivie de la mésosphère à 80 km, de la ionosphère, de la thermosphère à 500 km et au-delà de l'exosphère et de la magnétosphère. A noter que la ionosphère peut monter jusqu'à 800 km par chauffage et dilatation de l'atmosphère dus aux vents solaires.

[2] Ces mouvements ont lieu à la surface du noyau terrestre.

[3] Les informations récentes proviennent de l'article de Patrick BARONI (AACCEA Astronomie, CEA Saclay, CLB CNRS), « le champ magnétique perd-il le nord ? », in *L'Astronomie* (Société astronomique de France), n°34/ janvier 2011, pp. 16- 22.

[4] Voir

<http://www.triangle-bermudes.com/tour/h/e/o/r/i/s/s/p/e/r/t/u/r/b/a/t/i/o/n/s/le/m/a/m/a/e/et> et
<http://www.triangle-bermudes.com/tour/h/e/o/r/i/s/s/p/e/r/t/u/r/d/m/a/g/q/n/e/t/i/s/q/u/e/v/r/a/a/i/..html>

[5] Voir

<http://lagran-dee.poque.com/L/G/E/S/c/i/203/e/n/c/e/L/e-t/r/i/a/n/g/s-d/e/s/m/u/d/e/s/l/O/r/i/e/n/t/l/a/P/o/y/a/n/e/..html>

[6] Voir les données en ligne :

<http://www.intermagnet.org/D/a/t/a/ &f.php>

[7] Quand le Soleil produit des éruptions de plasma, une grande partie de la matière retourne vers l'étoile grâce à son propre champ magnétique (ce qui explique les flammes en forme de boucle). Celui-ci se manifeste notamment par l'apparition de tâches solaires à sa surface, c'est-à-dire de zones refroidies par l'activité magnétique (5000°C au lieu de 6000°C). Les éruptions solaires s'accompagnent d'orages magnétiques qui peuvent perturber le champ magnétique terrestre, et de vents solaires chargés de protons qui pourraient jouer un rôle dans la production de nuages. Les nuages reflétant le rayonnement infrarouge de la Terre, ils augmentent ainsi l'effet de serre... en même temps qu'ils filtrent le

Vers une inversion du champ magnétique terrestre ?

rayonnement solaire, qui est une source de chaleur pour la Terre. L'impact du Soleil sur le climat est délicat à évaluer.

[8] James Alfred Van Allen (1914-2006), physicien et astronome américain, découvrit les deux ceintures de radiations qui entourent la Terre à partir des données rapportées par *Explorer 1* en 1958. Ce fut la première découverte apportée par un satellite.

[9] Ces ceintures forment des boucles autour des pôles magnétiques. Un satellite ou un astronaute doit les traverser très rapidement, car ils subiraient plusieurs millions de rads par heure. Or, si ces radiations peuvent faire des dégâts aux appareils électroniques d'un satellite, ils seraient mortels pour l'homme (500 rads suffiraient pour entraîner une dose mortelle de radiations).

[10] Voir <http://www.astro.nombres.com/c/1&203:&203;s&203;o&203;l&203;a&203;i&203;r&203:e/&203:p&203:1&203:3&203:2&203:a&203:t&203;m&203;o&203:s&203:.html>

[11] Voir <http://www.nmdb.eu/?q=&203:n&203:o&203:d&203:e/&203:3&203:4&203:4&203:Sec2>

[12] Les satellites géostationnaires se situent à une altitude de 36000 km, très loin au-dessus de la ceinture intérieure de Van Allen. Cependant, ils croisent parfois - pour un court instant heureusement - la ceinture extérieure qui est électriquement chargée.

[13] Hubble possède différents systèmes pour s'orienter : un capteur par rapport au Soleil, six autres par rapport aux étoiles, une série de gyroscopes et un autre capteur par rapport au champ magnétique céleste. Voir [

<http://www.astro.cosmos.net/a&203:r&203:t&203:icle/>]->

<http://www.astro.cosmos.net/a&203:r&203:t&203:icle/>

[14] Une condition pour découvrir un jour de la vie (intelligente) sur une autre planète serait donc l'existence d'un champ magnétique suffisant pour résister aux vents solaires projetés par son étoile. Il y aurait donc un rapport à établir entre la taille de la planète (et son âge), la taille de l'étoile (et son âge), et la distance de la planète à l'étoile, soit $R = P \times d / \text{Sta} \times d$.

[15] Etude dirigée par Hugot Gauthier et publiée dans la revue *Nature*. Voir *Le Monde* du 25.04.02.

[16] ou SAA (South Atlantic Anomaly)

[17] "Il a fallu 50 ans pour passer d'une petite anomalie à un trou gigantesque". Cf. Patrick BARONI (AACCEA Astronomie, CEA Saclay, CLB CNRS), « le champ magnétique perd-il le nord ? », in *L'Astronomie* (Société astronomique de France), n°34/ janvier 2011, p. 22.

[18] Voir

<http://www.rtf.be/i&203:n&203:f&203:o/&203:s&203:o&203:c&203:i&203:e&203:t&203:d&203:e&203:t&203:a&203:i&203:l&203:e&203:r&203:u&203:p&203:t&203:i&203:n&203:s&203:o&203:l&203:a&203:i&203:r&203:e&203:p&203:a&203:s&203:-&203:d&203:a&203:u&203:r&203:o&203:r&203:e&203:b&203:o&203:r&203:e&203:a&203:l&203:e&203:c&203:e&203:t&203:e&203:n&203:u&203:i&203:t&203:i&203:d&203:=&203:5&203:6&203:23353>

[19] Patrick BARONI (AACCEA Astronomie, CEA Saclay, CLB CNRS), « le champ magnétique perd-il le nord ? », in *L'Astronomie* (Société astronomique de France), n°34/ janvier 2011, p. 22.

[20] Les mutations sont le plus souvent négatives (cancer...), mais il suffit qu'1% des mutations soient positives pour que la sélection naturelle fasse le reste...

[21] P. JEAN-BAPTISTE, M. PATERN, "Carbone 14 et environnement global : variabilité naturelle et apports anthropiques", in *Radio-protection*, 2003, 38, n°3, pp. 377- 390.

[22] Un risque ne doit pas être évalué en fonction seulement de sa probabilité mais aussi des dommages qu'il peut provoquer au cas où cette possibilité se produirait. On peut ajouter aussi un troisième facteur : la capacité de l'homme à faire face à cette menace si elle devenait effective.