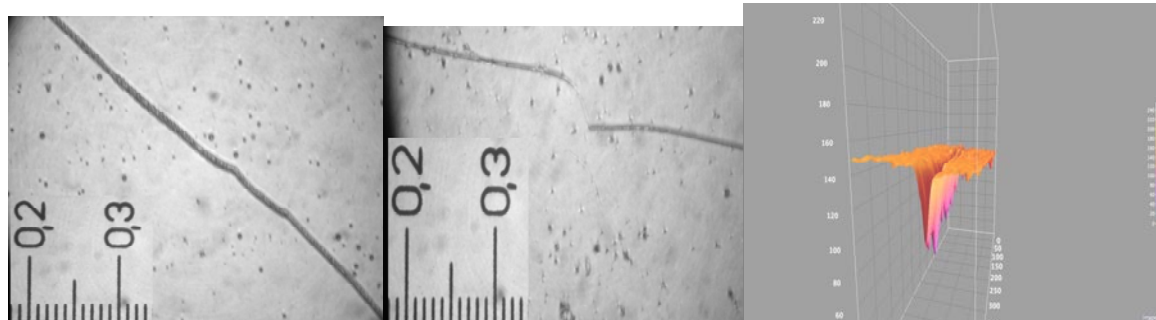


Certains phénomènes cosmiques magnétiques sont-ils dus à l'émission de monopôles magnétiques lors d'interactions faibles ?

Georges Lochak (Fondation Louis de Broglie)

Les monopôles magnétiques envisagés dans le titre sont les monopôles leptoniques dont nous rappellerons d'abord les principaux aspects, qui sont développés dans la bibliographie.

Les monopôles leptoniques sont très légers ou même de masse nulle, contrairement aux monopôles extrêmement lourds étudiés dans d'autres théories. Une différence essentielle consiste en ce que ces derniers n'ont jamais été observés, alors que les monopôles leptoniques ont donné lieu à de nombreuses expériences. En particulier, on en connaît très bien les traces dans des émulsions photographiques, dont voici des exemples :



Trace vue au Labo¹

Trace vue au Pôle nord²

Trace du même type vue au microscope confocal³

Ces monopôles ont été prévus théoriquement par l'auteur de ces lignes, qui a développé leur théorie (voir bibliographie) parallèlement aux importants développements du Professeur Harald Stumpf de l'Université de Tübingen. En même temps, les principales expériences ont été réalisées par les Professeurs Léonid Urutskoïev, à l'Université de Moscou et Nicolas Ivoïlov à l'Université de Kazan. D'autres expériences ont été réalisées par la suite, en France à l'Ecole Centrale de Nantes, par Didier Priem, Claude Daviau et Guillaume Racineux⁴.

Les phénomènes cosmiques cités dans le titre du présent article consistent en de violentes et gigantesques éruptions qui se produisent sur le soleil et sur des dizaines de milliers d'étoiles, comme en témoignent les observations effectuées par des satellites artificiels. Ces éruptions ont fait l'objet de nombreuses publications dans les revues scientifiques et même dans la presse quotidienne car on leur attribue des phénomènes terrestres appelés « orages magnétiques » aux conséquences visibles, comme les aurores boréales, et susceptibles de troubler les télécommunications.

Le caractère magnétique de ces éruptions est communément admis, mais sans en proposer pour autant l'origine. C'est là le sujet de ce court article :

¹ Observé à l'Institut Kurtchatov, à Moscou.

² Observé au voisinage du Pôle Nord par une expédition de Jean-Louis Etienne.

³ Analyse au microscope confocal par Daniel Fargue (Fondation Louis de Broglie).

⁴ Une bibliographie d'ensemble se trouvera dans un ouvrage en préparation, par G. Lochak, H. Stumpf et L. Urutskoïev ; je me permets ici, en tant qu'initiateur, de ne citer que quelques points de ma bibliographie personnelle.

Je veux émettre ici l'hypothèse que ces éruptions sont dues aux monopôles magnétiques que j'ai prévus et étudiés depuis 30 ans avec mes collègues. Mais il faut faire quelques remarques préliminaires.

Notons d'abord que Maxwell, au Tome 2 de son célèbre Traité, fonde sa théorie du magnétisme sur des pôles magnétiques isolés : bien qu'il ne les présente pas comme des particules au sens où nous l'entendons aujourd'hui, ces pôles sont individualisés, de signe défini et non associés par paires de signes contraires, comme dans un aimant. En fait, ce sont des monopôles !

Plus tard, Pierre Curie, dans ses fameux articles sur la Symétrie des Phénomènes physiques, émet l'hypothèse d'un « magnétisme libre » (là aussi des monopôles) et de « courants magnétiques » analogues aux courants électriques. Surtout il a établi les lois de symétrie du « magnétisme libre » présageant à l'évidence les lois de symétrie des particules. Nous y reviendrons.

Ces idées de Maxwell et de Pierre Curie sont longtemps restées dans l'oubli, mais l'idée des monopôles ne s'est pas perdue. Elle a ressurgi avec Dirac – auteur de la célèbre équation quantique de l'électron – qui s'est demandé, en 1931, pourquoi la charge de toutes les particules électriques est toujours un multiple de celle de l'électron. Sans faire une théorie du monopôle, il a cherché l'interaction entre une particule électrique et un monopôle, pour le cas où il en existerait au moins un. Il a montré que l'interaction ne serait possible que si la charge de la particule était un multiple d'une charge électrique élémentaire calculée à partir de la charge magnétique du monopôle. Ce qui répondait à sa question. Mais nous la reposerons autrement.

Le pas suivant a été franchi inconsciemment par moi-même en 1956, en déduisant de l'équation de l'électron de Dirac (sans rapport avec ce qui précède) une formule à l'époque incompréhensible, au point que certaines grandeurs qui y figuraient étaient définies mathématiquement mais pas encore physiquement⁵. Ce n'est qu'en 1983 que j'ai incidemment compris que la formule révélait la présence d'un monopôle magnétique dans l'équation de Dirac et j'ai aussitôt établi l'équation (différente de celle de l'électron) à laquelle doit obéir ce monopôle.

L'équation contenait automatiquement les lois de symétrie de Curie citées plus haut. Et de nombreuses conséquences s'ensuivirent, bientôt confirmées et enrichies par les expériences d'Urutskoïev et d'Ivoïlov. Les trois conséquences qui nous intéressent ici sont les suivantes :

- 1) L'équation entraîne la formule de Dirac entre l'électricité et le magnétisme, mais sous une forme inverse, : si la charge électrique est celle de l'électron, **la charge magnétique du monopôle est un multiple d'une charge magnétique élémentaire.**
- 2) L'équation se décompose en deux équations indépendantes, d'un monopôle gauche et d'un monopôle droit qui sont l'antiparticule l'un de l'autre : cette notion « gauche – droite » est appelée la chiralité, elle a été découverte par Pasteur en chimie.
- 3) **Parmi les multiples** d'une charge magnétique élémentaire, que peuvent posséder les monopôles gauche et droit, **figure zéro.** Donc la charge magnétique nulle existe et on s'aperçoit que dans ce cas limite, **l'équation du monopôle se ramène à celle du neutrino** : la particule qui naît lors des interactions faibles.

Le neutrino est donc un cas particulier du monopôle. Inversement, **le monopôle doit être porteur de deux types d'interactions : électromagnétique et faible** (donc nucléaire). Il s'ensuit

⁵ Signalons que de Broglie, intrigué par cette formule que lui non plus ne comprenait pas, a aussitôt donné l'autorisation de la publier dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences. C'est la marque d'un vrai physicien, pour qui la science doit d'abord poser des questions.

qu'on pourra guider les monopôles grâce à leurs propriétés magnétiques vers des cibles nucléaires pour y déclencher des interactions faibles qui, à leur tour, pourront agir sur les interactions fortes.

En outre, d'après le point 3) précédent, on peut espérer exciter un neutrino lors de sa création, par la présence d'un champ magnétique, et le transformer en monopôle (cette idée a été développée par Harald Stumpf). Cependant, toutes ces propriétés nucléaires ne sont pas prouvées par les équations actuellement connues, et ce ne sont que des conjectures suggérées par la théorie ; mais l'expérience est venue à son secours.

Ivoilov a pris un émetteur bêta qui, normalement, devrait émettre des électrons et des neutrinos, il l'a plongé dans un champ magnétique et **il s'est mis à émettre aussi des monopôles**. Ensuite, on sait que si on irradie un émetteur bêta avec des neutrinos (j'élude les conditions de chiralité), l'émission bêta augmente. Ivoilov a remplacé les neutrinos par des monopôles et il a obtenu le même résultat : la durée de vie de l'émetteur bêta diminue.

Reste à vérifier l'effet du guidage magnétique des monopôles sur les effets précédents. Nous espérons le prouver grâce à un accélérateur de monopôles breveté par Maurice Bergher et moi-même, que Bergher est en train de construire avec Daniel Fargue et Michel Karatchentzeff.

Maintenant, nous pouvons revenir aux phénomènes cosmiques. On sait que les étoiles sont le siège d'intenses interactions faibles qui jouent un rôle important dans les interactions fortes, responsables des échanges énergétiques. Au point qu'on a pu dire que si les interactions faibles s'arrêtaient, les étoiles s'éteindraient. Ces interactions sont cause d'une énorme production de neutrinos (on le sait bien quant aux neutrinos solaires qui arrivent en nombre sur la terre).

Or les étoiles, mais nous nous cantonnerons au soleil, sont le siège de champs magnétiques intenses d'où l'hypothèse que j'ai émise selon laquelle ces champs pourraient transformer en monopôles une partie des neutrinos. Si c'est vrai, une partie de ces monopôles devrait rester piégés dans les champs magnétiques : ils ne quitteraient pas le soleil, et modifieraient seulement les champs magnétiques d'une façon que nous laisserons en suspens. Une autre partie pourrait s'évader et entrer dans d'autres phénomènes.

Il s'ensuit deux autres hypothèses :

- a) Les neutrinos transformés en monopôles qui restent piégés sur le soleil, expliquent peut-être le manque de neutrinos solaires reçus sur terre : de l'ordre de 30% par rapport aux calculs sur le cycle de Bethe-Weizsäcker.
- b) Mais une autre partie de ces monopôles peut échapper aux champs magnétiques solaires et partir dans l'espace. Remarquons qu'ils font partie des « neutrinos manquants », vu qu'on cherche les neutrinos et non les monopôles : on ne trouve que ce qu'on cherche !

Mais nous, nous avons cherché ces monopôles libres, en partant de l'idée que ceux qui se dirigeraient vers la terre seraient attirés par l'un ou l'autre pôle terrestre selon leur charge. Nous avons profité d'une expédition vers le Pôle Nord de Jean-Louis Etienne, qui a eu l'intelligence et l'amabilité d'emporter et de faire exposer des pellicules X que nous lui avons confiées et qui nous servent à l'enregistrement des monopôles au laboratoire.

Résultat : Les images caractéristiques laissées par des monopôles ont apparu au développement des pellicules, tout à fait analogues à celles observées en laboratoire. Notons encore deux points :

1- Les traces en question ont une forme de « traces de chenilles », contrairement aux traces des particules électriques. Et elles sont dépourvues des « moustaches adventices » qui caractérisent les particules électriques de grande énergie, alors que leur épaisseur correspondrait, dans le cas présent, à des particules de 1Gev.

2- Les pellicules abandonnées ailleurs qu'à un pôle (au 45-ième parallèle) restent vierges.

D'où l'hypothèse que les monopôles cosmiques sont la cause des phénomènes magnétiques observés.

Pour terminer, faisons quelques remarques :

- Ma théorie décrit des monopôles de masse nulle ou faible ; c'est pourquoi ils sont qualifiés de « leptoniques ». Cette propriété choque les spécialistes qui ne connaissent que les monopôles ultra-lourds dont la masse énorme explique qu'ils n'ont pas été observés. **Mais les nôtres sont observés**, un détail qui n'est pas sans intérêt, mais l'existence de monopôles lourds n'est pas interdite pour autant. Ils trouveraient d'ailleurs place dans ma théorie au prix de quelques complications.

- On m'a envoyé, dans un grand institut, comme argument définitif et majeur, la démonstration mathématique que les courants magnétiques ne sont pas observables. Ils auraient dû le dire à Pierre Curie. Mais j'ajouterai : A) Que leur preuve est basée sur l'équation de l'électron et non pas sur celle du monopôle qui, elle, conserve le courant magnétique, en accord avec les lois de Curie. Pourtant elle est aussi quantique que l'équation de l'électron. B) Les monopôles sont observés, ce qui vaut mieux qu'une preuve mathématique sans fondement. Signalons que ceux qui m'ont envoyé leur belle démonstration avaient évidemment connaissance de mon équation et des expériences. Il suffisait de ne pas vouloir lire ou de ne pas comprendre.

- Dernière remarque : la mystérieuse formule dont j'ai parlé au début, qu'on trouvera dans mes travaux et qui se déduit de l'équation de Dirac, ne prouve pas que le magnétisme libre se conserve dans cette équation. Ce que j'ai trouvé est seulement la « trace » du magnétisme qui m'a permis de m'évader de l'équation de l'électron. Seule l'équation du monopôle conserve le magnétisme.

Bibliographie de l'auteur sur le sujet :

- [1] *Paramètres relativistes de Cayley-Klein dans l'équation de Dirac*, C. R. Acad. Sci., **243**, 1956, p. 234, en collaboration avec G. Jakobi.
- [2] *Décomposition de l'impulsion de Dirac et invariance de jauge*, C. R. Acad. Sci., **243**, 1956, p. 357, en collaboration avec G. Jakobi.
- [3] *Sur un monopôle de masse nulle décrit par l'équation de Dirac, et sur une équation générale non linéaire qui contient des monopôles de spin 1/2 (1ière partie)*., Annales de la Fondation Louis de Broglie, **8**, 1983, p. 345
- [4] *Même titre*, (2ième partie), Annales de la Fondation Louis de Broglie, **9**, 1984, p. 5.
- [5] *Wave equation for a magnetic monopole*, IJTP, **24**, 1985, p. 1019.
- [6] *Un monopôle magnétique dans le champ de Dirac, (Etats magnétiques du champ de Majorana)*, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **17**, 1992, p. 203.
- [7] « *Photons électriques* » et « *photons magnétiques* » dans la théorie du photon de de Broglie (un renouvellement possible de la théorie du champ unitaire d'Einstein), Annales de la Fondation Louis de Broglie **29**, 2004, p. 297.
- [8] *The Equation of a Light Leptonic Magnetic Monopole and its Experimental Aspects*, Z. Naturforsch. **62a**, 2007, p.231.
- [9] *Sur la présence de monopôles magnétiques légers au pôle Nord* G. Bardout, G. Lochak, D. Fargue, *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, **32**, 2007, p. 551.