



Monopôle magnétique

46 langues

[Article](#) [Discussion](#)

[Lire](#) [Modifier](#) [Modifier le code](#) [Voir l'historique](#) [Outils](#)

Pour les articles homonymes, voir [monopôle](#).

Un **monopôle magnétique** est une particule hypothétique qui porterait une **masse** (ou **charge**^a [réf. nécessaire]) **magnétique** ponctuelle, au contraire des **aimants** habituels qui possèdent deux pôles magnétiques opposés.

Histoire [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

L'existence de monopôles magnétiques est exclue par l'**électromagnétisme** classique et par la **théorie de la relativité**, mais en 1931 **Paul Dirac** en a démontré l'existence théorique dans le cadre de la **physique quantique**.

En **septembre 2009**, des chercheurs ont observé des **quasi-particules** artificielles présentant les propriétés du monopôle magnétique. Mais aucune **particule élémentaire** libre disposant d'un monopôle magnétique n'a été observée.

Si une particule élémentaire disposant d'un monopôle magnétique était observée, les conséquences seraient importantes au niveau des théories d'**unification des lois fondamentales de la physique** car ces dernières s'opposent sur ce point.

Point de vue des équations de Maxwell [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

La dissymétrie expérimentale des **équations de Maxwell** par rapport à la dualité électrique-magnétique est liée au fait que le **champ électrique** est généré par les charges électriques^b qui lui donnent une **divergence** non nulle mais le **champ magnétique** est toujours de divergence nulle à cause de l'absence de charge ponctuelle correspondante. Expérimentalement, la seule source du champ magnétique provient de l'existence d'un **courant électrique**, c'est-à-dire, un *mouvement* de **charges électriques**.

L'existence de monopôles magnétiques impliquerait donc également l'existence de courants magnétiques qui fourniraient également une source au champ électrique d'une nature différente des sources usuelles (charge localisée ou **induction magnétique**).

Bien qu'en **électromagnétisme** classique, l'existence des monopôles magnétiques ne soit pas compatible avec les équations de Maxwell et bien que la **relativité restreinte** permette de démontrer toutes les lois de Maxwell, dont celle qui prédit l'inexistence des monopôles magnétiques ; à partir de l'hypothèse de l'existence de la charge électrique, **Paul Dirac** démontra en 1931 que l'existence des monopôles

magnétiques était compatible avec les équations de Maxwell dans l'hypothèse de la quantification de la charge électrique, qui -elle- est observée expérimentalement¹.

En 2013², Sergio Severini et Alessandro Settini se sont intéressés à donner une nouvelle perspective à la deuxième équation de Maxwell, à divergence nulle, et liée au champ d'induction magnétique. Pour cela, les deux auteurs ont considéré certains aspects physiques d'un système composé de particules massives, chargées et non relativistes, comme sources d'un champ électromagnétique (EM) se propageant dans l'espace libre. En particulier, le lien entre la conservation de la **quantité de mouvement** totale et la condition de divergence nulle pour le champ d'induction magnétique est étudié en profondeur. Cet article scientifique présente un nouveau contexte dans lequel la condition nécessaire pour la propriété de divergence nulle du champ d'induction magnétique dans tout l'espace, connue sous le nom de condition de solénoïdalité, découle directement de la conservation de la quantité de mouvement totale pour le système, c'est-à-dire les sources et le champ. En général, l'étude a conduit à des résultats laissant ouvertes certaines questions sur l'existence, ou du moins sur l'observabilité, de monopôles magnétiques, plausibles seulement théoriquement sous des hypothèses de symétrie appropriées.

En physique des particules [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

En **physique des particules**, les monopôles magnétiques seraient un type de **particule élémentaire** possédant une charge magnétique ponctuelle. Leur existence a été postulée pour la première fois en 1894 par **Pierre Curie** dans un article sur « *la possibilité d'existence de la conductibilité magnétique et du magnétisme libre* »³, et **Paul Dirac** en a formalisé l'aspect quantique en 1931⁴.

Ce type de particule devrait selon Pierre Curie répondre à des lois de **symétrie** et être **chirale** (c'est-à-dire présentant deux formes, un peu à la manière des mains, droites et gauches).

Malgré d'intenses recherches, cette sorte de particules n'a pas été observée, et ne s'inscrit pas dans la théorie du **modèle standard**. Mais plusieurs théories de **grande unification** prévoient l'existence de monopôles ou au moins la possibilité de leur existence à haute énergie. Ces théories ne sont donc actuellement pas encore validées ou invalidées en l'absence d'observations dans leur domaine de prédiction mais on peut imaginer des mécanismes expliquant leur non observation à notre échelle d'énergie habituelle d'observation.

Sa découverte aurait des conséquences importantes, car elle complèterait de façon naturelle la théorie de l'**électromagnétisme** en rendant les **équations de Maxwell** complètement symétriques sous la dualité électrique-magnétique et d'autre part elle donnerait une explication naturelle à la quantification de la charge électrique. En effet la condition de Dirac de quantification issue de considérations de la **mécanique quantique** impose à toute charge électrique ***q_e*** et toute charge magnétique ***q_m*** de vérifier la relation suivante ^{[[réf. nécessaire](#)]} :

$$q_e q_m = 2\pi n \hbar$$

(Pour un certain entier ***n*** ∈ ***ℤ*** et ***ħ*** la **constante de Planck réduite**.)

Ainsi, si on pouvait montrer l'existence d'une seule charge magnétique, il en découlerait naturellement une quantification de la charge électrique en unités de $\hbar$.

Leur non observation pourrait être due à une masse très élevée, certains ont aussi supposé qu'il pourrait s'agir de **bosons** (de particules pouvant s'agglutiner dans un même état quantique), et doués d'interactions fortes, analogues aux interactions nucléaires.

En physique du solide [modifier] [modifier le code]

En septembre 2009, plusieurs expériences ont mis en évidence l'existence de monopôles magnétiques dans des **cristaux**, sous la forme de **quasi-particules** constituant les extrémités de **cordes de Dirac** (non infiniment longue). Tom Fennell à l'**Institut Laue-Langevin** et Jonathan Morris à **Berlin** ont créé les conditions permettant de reproduire artificiellement des monopoles de synthèse dans du **titanate** d'**holmium** et du titanate de **dysprosium**^{5,6}.

Un courant a également pu être mis en évidence et les chercheurs pensent que cette découverte pourrait avoir des conséquences dans le domaine de la microélectronique^{7,8}.

Il est à noter que hormis le comportement microscopique, ces quasiparticules n'ont pas de lien avec la notion usuelle de « *monopôle magnétique* » telle que décrite ci-dessus pour la physique des particules vu qu'il ne s'agit pas de **particules élémentaires**. Néanmoins, ces découvertes font progresser la **spintronique** vers l'**ordinateur quantique**.

Notes et références [modifier] [modifier le code]

Notes [modifier] [modifier le code]

- ↑ En français on parle normalement de « masses magnétiques » et en anglais de « charges magnétiques ». L'emploi du mot « charge » est plus logique car les masses magnétiques comme les charges électriques sont algébriques (positives ou négatives) alors que les masses ordinaires sont arithmétiques (toujours positives).
- ↑ Les charges électriques ponctuelles sont aussi appelées des monopôles électriques.

Références [modifier] [modifier le code]

- ↑ **Paul Dirac**, "Quantised Singularities in the Electromagnetic Field". Proc. Roy. Soc. (London) **A 133**, 60 (1931). Free web link [archive].
- ↑ Sergio Severini and Alessandro Settimi, "On the Divergenceless Property of the Magnetic Induction Field". Physics Research International **2013**, ID292834, 1-5 (2013). Free web link [archive].
- ↑ **Pierre Curie**, « Sur la possibilité d'existence de la conductibilité magnétique et du magnétisme libre », *Séances de la Société Française de Physique*, Paris, 1894, p. 76 (lire en ligne [archive])
- ↑ **(en)** **Paul Dirac**, « Quantised Singularities in the Electromagnetic Field », *Proceedings of the Royal Society A*, Londres, vol. 133, n^o 821,‎ 1^{er} septembre 1931, p. 60-72 (ISSN 1471-2954, DOI 10.1098/rspa.1931.0130, lire en ligne [archive] [PDF])
- ↑ *Aimants : on tient enfin le monopôle magnétique !*, Nicolas Kalogeropoulos, *Science et Vie*, n^o 1108, janvier 2010, page 99.

- ↑ « Des monopôles magnétiques ont enfin été observés » [archive], publié le 8 septembre 2009 sur le site futura-sciences.com, consulté le 10 avril 2017.
- ↑ (en) Geoff Brumfiel, « 'Overwhelming' evidence for monopoles [archive] », sur *Nature*, 2009 (consulté le 14 octobre 9)
- ↑ (en) Jason Palmer, Science and Technology Reporter, BBC News, « 'Magnetic electricity discovered' [archive] », 2009 (consulté le 18 octobre 9)

Voir aussi [modifier | modifier le code]

Bibliographie [modifier | modifier le code]

- Georges Lochak (2008) *Une nouvelle théorie du monopôle magnétique, avec un aperçu sur les effets physiques, chimiques, biologiques et nucléaires* [archive] ; In Annales de la Fondation Louis de Broglie (Vol. 33, No. 1-2, p. 1).

Articles connexes [modifier | modifier le code]

- Alexandre Poliakov
- Anneau d'Alice
- Effet Mossbauer
- Gerard 't Hooft
- Instanton
- Particule (physique)
- Transmutation
- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie
- Institut Laue-Langevin

Liens externes [modifier | modifier le code]

- « Les monopôles magnétiques, clés des futurs voyages spatiaux ? [archive] », sur *Futura-Sciences* (consulté le 19 mai 2017)
- (en) « Destruction of a quantum monopole observed [archive] », sur *Phys.org* (consulté le 19 mai 2017)

v · m

Particules en physique

[afficher]



Portail de la physique

Catégorie : Particule hypothétique

[+]

La dernière modification de cette page a été faite le 1 février 2026 à 03:30.

Droit d'auteur : les textes sont disponibles sous licence Creative Commons attribution, partage dans les mêmes conditions ; d'autres conditions peuvent s'appliquer. Voyez les conditions d'utilisation pour plus de détails, ainsi que les crédits graphiques. En cas de réutilisation des textes de cette page, voyez comment citer les auteurs et mentionner la licence.

