

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 44 (1953)
Heft: 10

Artikel: Ancienne et nouvelle définition de la notion "champ magnétique"
Autor: Landolt, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059939>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

dam-West und diesen Sommer die Quartierzentrale Amsterdam-Süd für 10 000 Teilnehmer eingeschaltet werden konnten. Weitere Ämter sind z. Z. in Fabrikation, so auch für Bern die Quartierzentrale Breitenrain. Diese Ämter, wie sie von der Albiswerk Zü-

rich A.-G. entwickelt wurden, bedeuten einen Fortschritt auf dem Gebiet der Verbindungstechnik.

Adresse des Autors:

W. Lenzlinger, Albiswerk Zürich A.-G., Albisriederstrasse 245, Zürich 47.

Ancienne et nouvelle définition de la notion «champ magnétique»

Par M. Landolt, Zurich

538.12.081

A la suite de la discussion concernant la rationalisation des équations du champ électromagnétique qui se déroule actuellement au sein du Comité d'Etudes n° 24 de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), l'auteur arrête qu'il existe deux définitions de la notion «champ magnétique». Il décrit les rapports qui existent entre les deux grandeurs ainsi créées, entre leurs unités et étalons.

Angeregt durch die Diskussion betreffend die Rationalisierung der Gleichungen des elektromagnetischen Feldes, die gegenwärtig im Schosse des Comité d'Etudes n° 24 der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (CEI) geführt wird, hält der Autor fest, dass zwei Definitionen des Begriffs «magnetische Feldstärke» existieren. Er schildert die Beziehungen, die zwischen den so geschaffenen beiden Grössen, deren Einheiten und Normalen bestehen.

1. Introduction

On appelle *rationalisation*, ou plus exactement *rationalisation totale des équations du champ électromagnétique*, un procédé qui chasse le facteur 4π de quelques positions, où il ne paraît pas être à sa place, pour le faire surgir à d'autres endroits, où il est désiré. La rationalisation peut être interprétée comme changement des définitions de quelques grandeurs appartenant au champ électromagnétique [1]. Cette manière d'interprétation possède de grands avantages qui sont à l'origine de son succès.

Mais elle implique aussi une conséquence jugée inopportune par plusieurs experts, à savoir: On est obligé de remplacer les équations

$$1 \text{ A/m} = \frac{4\pi}{1000} \text{ Oe} \quad (1-1)$$

et

$$1 \text{ A/cm} = 0,4\pi \text{ Oe}, \quad (1-2)$$

dont la seconde est très répandue parmi les électrotechniciens et se trouve même dans quelques normes nationales, par les relations suivantes:

$$1 \text{ A/m (du champ magnétique rationalisé)} \\ \text{correspond à } 4\pi/1000 \text{ Oe (du champ} \\ \text{magnétique non rationalisé)} \quad (1-3)$$

et

$$1 \text{ A/cm (du champ magnétique rationalisé)} \\ \text{correspond à } 0,4\pi \text{ Oe (du champ} \\ \text{magnétique non rationalisé)}. \quad (1-4)$$

Le but du présent article est d'exposer la situation.

2. Le champ magnétique non rationalisé

Nous désignons par H' la grandeur instituée d'après l'ancienne définition de la notion «champ magnétique»; cette grandeur, n'étant pas encore passée par le procédé de la rationalisation, est appelée *champ magnétique non rationalisé*.

Le champ magnétique H' est celui qui a été défini par James Clerc Maxwell. Dans l'article 485 de *A Treatise on Electricity and Magnetism*, il définit le potentiel magnétique d'un point dans l'air, engendré par un circuit électrique fermé, comme produit de l'intensité du courant de ce circuit et de l'angle solide sous lequel le point voit le circuit, ce

produit étant positif quand le courant, vu du point, circule en sens opposé aux aiguilles d'une montre. Cette définition s'exprime par la formule

$$V_m = I\omega, \quad (2-1)$$

où V_m est le potentiel magnétique, I l'intensité du courant et ω l'angle solide. Maxwell rappelle (art. 485) que la fonction V_m n'est pas univoque, ses valeurs successives se distinguant de $4\pi I$.

Suivant Maxwell (art. 398 et 489) on déduit du potentiel magnétique le champ magnétique par la formule

$$H' = -\text{grad } V_m. \quad (2-2)$$

On en obtient, en tenant compte de l'équation (2-1):

$$H' = -I \text{ grad } \omega \quad (2-3)$$

Le cas le plus simple est le solénoïde très long, muni d'un enroulement en une seule couche comportant N spires pour chaque tronçon de longueur l . En partant de la formule (2-3) on arrive au résultat bien connu:

$$H' = 4\pi \frac{N}{l} I \quad (2-4)$$

3. Unités et étalons du champ magnétique non rationalisé

Nous désignerons par $[G]_a$ l'unité d'une grandeur G qui lui est propre dans un système d'unités qui est caractérisé lui-même par la lettre a . Et par le terme de système d'unités nous entendons un ensemble d'unités cohérentes, c'est-à-dire un ensemble d'unités reliées entre elles par des définitions qui ne font usage que du facteur 1^1 .

Partant de la définition du champ magnétique H' contenue dans la formule (2-3), on obtient, pour les unités cohérentes du champ magnétique, de l'intensité de courant et du gradient de l'angle solide, l'équation suivante:

$$[H']_a = [I]_a \cdot [\text{grad } \omega]_a. \quad (3-1)$$

¹⁾ Par exemple: Le volt est l'unité de la tension qui, appliquée à un conducteur dont la résistance est de 1Ω , y fait circuler un courant dont l'intensité est de 1 A .

Nous avons laissé tomber le signe «—» qui n'a pas de signification dans les équations aux unités.

L'unité [grad ω]_a mérite quelques remarques. Les unités font abstraction du caractère de leurs grandeurs correspondantes; ainsi les unités ne permettent pas de discerner si leurs grandeurs correspondantes sont des grandeurs scalaires, vectorielles ou tensorielles. L'angle solide ayant la dimension d'un nombre pur, son unité est, pour tous les systèmes d'unités, le nombre 1. L'opération différentielle «grad» appliquée à un nombre pur donne du point de vue dimensionnel une longueur réciproque. Nous arrivons à reconnaître que l'unité [grad ω]_a est l'unité d'une longueur réciproque. En écrivant s pour cette longueur, nous obtenons:

$$[\text{grad } \omega]_a = [1/s]_a. \quad (3-2)$$

Utilisant (3-2), nous tirons de (3-1) le résultat suivant qui est valable pour un système d'unités quelconque caractérisé par la lettre a :

$$[H]_a = [I]_a \cdot [1/s]_a. \quad (3-3)$$

Nous allons nous spécialiser sur le système EMCGS²⁾ que nous caractérisons par la lettre m . Ainsi l'équation (3-3) se traduit en

$$[H]_m = [I]_m \cdot [1/s]_m. \quad (3-4)$$

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) a accepté en 1935 [2] le nom d'Oersted (Oe) pour l'unité EMCGS du champ magnétique. L'unité de l'intensité de courant n'a pas obtenu de nom³⁾. Par contre, l'unité EMCGS de la longueur réciproque est cm^{-1} . Ainsi, partant de (3-4) nous arrivons à

$$1 \text{ Oe} = [I]_m \cdot \text{cm}^{-1}. \quad (3-5)$$

Nous référant au système d'unités Giorgi, caractérisé par la lettre G , nous traduisons l'équation (3-3) en

$$[H]_G = [I]_G \cdot [1/s]_G. \quad (3-6)$$

L'unité du champ magnétique n'a pas reçu jusqu'à présent de nom dans le système d'unités Giorgi. L'unité de l'intensité de courant est l'ampère; l'unité de la longueur réciproque est m^{-1} . Ainsi l'équation (3-6) donne

$$[H]_G = 1 \text{ A m}^{-1}. \quad (3-7)$$

On écrit généralement

$$[H]_G = 1 \text{ A/m}. \quad (3-8)$$

Le Congrès International des Electriciens qui siégea à Paris en 1881 a défini l'ohm comme équivalent à 10^9 unités EMCGS de résistance et le volt comme équivalent à 10^8 unités EMCGS de tension [3]. Il s'ensuit que l'ampère équivaut 0,1 unités EMCGS d'intensité de courant. Cette définition est retenue par les équations suivantes:

$$1 \text{ A} = 0,1 [I]_m, \quad (3-9)$$

$$1 [I]_m = 10 \text{ A}. \quad (3-10)$$

²⁾ Pour ne pas compliquer les choses, le système EMCGS est supposé être basé sur quatre unités indépendantes.

³⁾ L'unité EMCGS d'intensité de courant est souvent appelée *ab amp* aux Etats-Unis.

Pour les unités cm^{-1} et m^{-1} nous déduisons de

$$100 \text{ cm} = 1 \text{ m} \quad (3-11)$$

l'équation

$$1 \text{ cm}^{-1} = 100 \text{ m}^{-1}. \quad (3-12)$$

En utilisant (3-10) et (3-12) on aura d'après (3-5):

$$1 \text{ Oe} = 10 \text{ A} \cdot 100 \text{ m}^{-1}, \quad (3-13)$$

soit:

$$1 \text{ Oe} = 1000 \text{ A/m} \quad (3-14)$$

Cette équation est évidemment en contradiction avec l'équation (1-1). Nous traiterons en paragraphe 6 les origines de cette difficulté.

Il faut bien distinguer entre une unité qui est une grandeur physique de valeur spéciale et un étalon qui est un appareil. On peut définir un étalon comme étant un objet matériel ou un système physique qui possède une valeur exactement mesurable d'une grandeur physique spécifiée, valeur qui a été déterminée conforme à la définition de l'unité de cette grandeur et qui est indiquée [4].

Un étalon de l'unité A/m peut être réalisé de différentes manières. Comme premier exemple nous considérerons une réalisation constituée par un conducteur en forme de cercle de rayon r . Ce conducteur sera traversé par un courant d'intensité I . Le champ magnétique H' ainsi créé dans le centre de ce cercle se calcule selon la formule (2-3). La direction de H' tombe dans ce sens de l'axe du cercle qui correspond au sens du courant d'après la règle du tire-bouchon. Si dx est le différentiel d'un déplacement dans la direction sus-mentionnée, on aura

$$\begin{aligned} H' &= - I \text{ grad } \omega = - I \frac{d\omega}{dx} = - I \frac{dA}{r^2 dx} = \\ &= - I \frac{-2\pi r dx}{r^2 dx} = 2\pi \frac{I}{r}. \end{aligned} \quad (3-15)$$

Avec $r = 2\pi \text{ m}$ et $I = 1 \text{ A}$ on obtient

$$H' = 2\pi \frac{1 \text{ A}}{2\pi \text{ m}} = 1 \text{ A/m}. \quad (3-16)$$

Ainsi le système physique décrit ci-dessus est un étalon de l'unité A/m.

Comme deuxième exemple d'étalon de la même unité nous étudierons un solénoïde infiniment long et muni d'une seule couche de spires. Sur chaque tronçon de longueur l sont placées N spires en série traversées par un courant d'intensité I . Dans l'intérieur de ce solénoïde et dans la direction de son axe il existe un champ magnétique H' , qui se calcule selon la formule (2-4). Si nous choisissons $N = 100$, $l = 0,1256 \text{ m}$ et $I = 0,0001 \text{ A}$ on a:

$$H' = 4\pi \frac{N I}{l} = 4\pi \frac{100 \cdot 0,0001 \text{ A}}{0,1256 \text{ m}} = 1 \text{ A/m}. \quad (3-17)$$

Pour réaliser un étalon de l'unité Oersted, on choisira le courant mille fois plus fort. On aura alors $N = 100$, $l = 0,1256 \text{ m}$, $I = 0,1 \text{ A}$, d'où

$$H' = 4\pi \frac{100 \cdot 0,1 \text{ A}}{0,1256 \text{ m}} = 1000 \text{ A/m} . \quad (3-18)$$

En tenant compte de l'équation (3-14) on obtient enfin

$$H' = 1 \text{ Oe} . \quad (3-19)$$

4. Le champ magnétique rationalisé

Nous appelons *champ magnétique rationalisé* la grandeur H qui est définie pour un solénoïde infiniment long portant N spires sur chaque tronçon de longueur l , par la formule

$$H = \frac{N}{l} I \quad (4-1)$$

Cette nouvelle définition du champ magnétique H n'a pas recours à l'ancienne définition du champ magnétique H' . Il s'agit évidemment de deux grandeurs différentes. Elles ont, toutefois, la même dimension, soit: courant par longueur⁴.

Aujourd'hui, le champ magnétique rationalisé, sans être désigné comme tel, est utilisé par les électrotechniciens du monde entier, il est contenu dans la norme allemande DIN 1325 [5] et ne tardera pas à paraître dans d'autres normes nationales et dans les recommandations internationales.

5. Unités et étalons du champ magnétique rationalisé

Pour l'unité cohérente du champ magnétique H d'un système de mesures, caractérisé par la lettre a , on obtient selon la formule (4-1) l'équation suivante:

$$[H]_a = [N]_a \cdot [1/l]_a \cdot [I]_a . \quad (5-1)$$

L'unité du nombre de spires étant 1 pour tous les systèmes de mesures, soit

$$[N]_a = 1 , \quad (5-2)$$

on tire de (5-1)

$$[H]_a = [1/l]_a \cdot [I]_a . \quad (5-3)$$

Pour le système EMCGS, caractérisé par la lettre m , on obtient

$$[H]_m = 1 \text{ cm}^{-1} [I]_m = 1 \text{ Oe} . \quad (5-4)$$

Pour le système Giorgi, caractérisé par la lettre G , on aura par contre

$$[H]_G = 1 \text{ m}^{-1} \text{ A} = 1 \text{ A/m} \quad (5-5)$$

La formule (4-1) permet de trouver un étalon pour le champ magnétique rationalisé. En effet, si l'on place $N = 100$ spires sur chaque tronçon de longueur $l = 0,01 \text{ m}$ et si l'on donne au courant l'intensité de $I = 0,0001 \text{ A}$ on aura

$$H = \frac{100 \cdot 0,0001 \text{ A}}{0,01 \text{ m}} = 1 \text{ A/m} . \quad (5-6)$$

Par contre, l'étalon pour $H' = 1 \text{ A/m}$, d'après le paragraphe 3, n'a besoin de 100 spires que sur la

⁴) Nous n'aborderons pas la question du caractère des deux champs magnétiques.

longueur de 0,1256 m, le courant restant inchangé. On constate donc, que les étalons ne sont pas identiques pour le champ magnétique rationalisé et pour le champ magnétique non rationalisé. On trouvera le résultat analogue pour les étalons pour $H = 1 \text{ Oe}$ et $H' = 1 \text{ Oe}$.

6. Le pont entre les deux conceptions du champ magnétique

Il existe deux définitions différentes du champ magnétique, une ancienne (§ 2) jouissant de l'autorité de J. C. Maxwell, et une nouvelle (§ 4), aujourd'hui presque universellement acceptée par les électrotechniciens du monde entier. Le fait de la coexistence de ces deux définitions du champ magnétique a créé et crée encore des malentendus. Et c'est même fort compréhensible, parce qu'en introduisant la nouvelle définition du champ magnétique, ce qui revenait à introduire une nouvelle grandeur, on n'a changé ni le nom, ni le symbole.

L'équation qui relie le champ magnétique H' (non rationalisé) et le champ magnétique H (rationalisé) dérive immédiatement des formules (2-4) et (4-1). On obtient facilement

$$H' = 4\pi H \quad (6-1)$$

C'est une équation entre les grandeurs H' et H . Si l'on utilise la même unité pour H' et H , soit, par exemple, A/cm, l'équation aux mesures se confond avec l'équation aux grandeurs (6-1).

Comme exemple, nous nous figurons un circuit magnétique en tôles de fer ou il existe un champ magnétique de

$$H = 500 \text{ A/m} = 5 \text{ A/cm} . \quad (6-2)$$

D'après (6-1) nous obtenons le champ magnétique

$$H' = 6280 \text{ A/m} = 62,8 \text{ A/cm} . \quad (6-3)$$

En nous servant de l'équation aux unités (3-14) nous tirerons de (6-3)

$$H' = 6,28 \text{ Oe} . \quad (6-4)$$

En identifiant les deux champs magnétiques, on obtient de (6-2) et de (6-4) les relations (1-1) et (1-2). Mais cette identification n'est pas permise à cause de (6-1)! — On doit se contenter de dire: 1 A/cm (du champ magnétique rationalisé) correspond à 0,4 π Oe (du champ magnétique non rationalisé). Cet énoncé souffre d'une forme recherchée. Mais il faut que l'on s'arrange; c'est la conséquence du fait d'avoir introduit une nouvelle définition sans donner de nouveaux nom et symbole à la nouvelle grandeur ainsi créée.

On peut éviter ces énoncés si l'on se borne à exprimer les choses en utilisant les relations qui existent entre les mesures des différentes grandeurs, soit par exemple en se servant de l'équation aux grandeurs adaptée suivante:

$$\frac{H'}{\text{Oe}} = 0,4\pi \frac{H}{\text{A/cm}} , \quad (6-5)$$

ou H'/Oe et $H/(\text{A/cm})$ expriment la mesure de H' pour

