

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 579 363

(21) N° d'enregistrement national :

85 04051

(51) Int Cl⁴ : H 01 F 7/06; G 01 N 24/06.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 mars 1985.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 39 du 26 septembre 1986.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : THOMSON-CGR, société
anonyme. — FR.

(72) Inventeur(s) : Guy Aubert.

(73) Titulaire(s) :

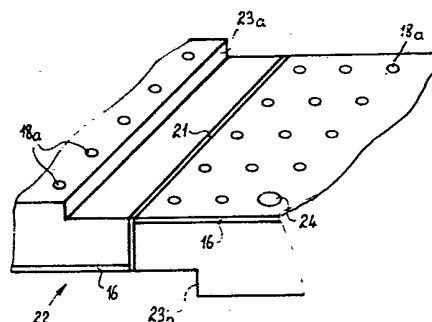
(74) Mandataire(s) : Françoise Thierri, Thomson-CSF, SCPI.

(54) Aimant solénoïdal à disques annulaires de type Bitter.

(57) Structure de raccordement entre bobines de Bitter dans
un aimant à champ homogène.

Selon l'invention, l'aimant est constitué de plusieurs bobines
de Bitter accolées et dont les disques sont d'épaisseurs diffé-
rentes et deux bobines voisines sont raccordées par un disque
de transition 22 formant une spire et comportant par exemple
un décrochement 23a, 23b sur chacune de ses faces pour
s'adapter aux épaisseurs différentes des disques de deux
bobines.

Application à l'imagerie par RMN.



FR 2 579 363 - A1

D

AIMANT SOLENOÏDAL A DISQUES ANNULAIRES
DE TYPE BITTER

L'invention, due à la collaboration du Service National des Champs Intenses du CNRS (Directeur M. AUBERT), concerne un aimant solénoïdal formé d'un empilement de disques annulaires, plus connu sous le nom d'aimant de Bitter ; l'invention concerne plus particulièrement des perfectionnements de ce type d'aimant en vue d'obtenir un champ magnétique d'homogénéité requise dans un volume donné au voisinage du centre de l'aimant, l'une des applications privilégiées de l'invention étant l'imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN).

On sait que les installations d'imagerie par RMN, entre autres, nécessitent un aimant de grandes dimensions capable d'engendrer un champ magnétique uniforme dans une région déterminée de l'espace. Typiquement, il est nécessaire d'engendrer un champ de 0,15 à 0,5 teslas avec une homogénéité de 1 à 10 parties par million (ppm) dans une sphère de 40cm de diamètre au moins.

Par ailleurs, les bobines de Bitter sont bien connues pour la production de champs magnétiques intenses. En théorie, la structure proposée par Bitter est un bobinage constitué de disques annulaires métalliques (généralement en cuivre ou en aluminium), fendus pour former autant de spires et raccordés pour définir un enroulement sensiblement hélicoïdal à spires plates. L'empilement de disques est maintenu par une pluralité de tirants. Cette structure est avantageuse car elle permet un refroidissement efficace de l'aimant, en pratiquant des trous dans les disques (et dans les isolants séparant ces disques), ces trous étant disposés suivant une même configuration d'un disque à l'autre pour matérialiser un ensemble de canaux parallèles à l'axe de la bobine, dans lesquels circule un fluide de refroidissement, par exemple de l'eau désionisée, du kérozène ou de l'huile.

Conformément à ce qui est décrit dans une autre demande de brevet de la Demanderesse, il est possible de calculer un aimant délivrant un champ magnétique d'homogénéité requise dans un certain volume au voisinage de son centre de symétrie et constitué d'un certain nombre de bobines de Bitter accolées côte à côte le long d'un axe longitudinal commun, ces bobines étant construites à partir de disques ayant tous le même diamètre intérieur et extérieur, mais des épaisseurs différentes d'une bobine à l'autre. L'invention concerne principalement une structure de raccordement de telles bobines, assurant un empilement parfaitement rectiligne desdites bobines tout en perturbant peu le champ magnétique tel que calculé à partir d'un modèle théorique négligeant les contraintes technologiques de raccordement des bobines et en conservant la continuité des canaux de fluide de refroidissement.

Dans cet esprit, l'invention concerne donc essentiellement un aimant solénoïdal à disques annulaires de type Bitter, de même diamètres intérieur et extérieur et comportant plusieurs bobines de tels disques accolées le long d'un axe longitudinal commun, caractérisé en ce que les disques de deux bobines adjacentes quelconques étant d'épaisseurs différentes, deux bobines adjacentes sont raccordées par l'intermédiaire d'un disque de transition annulaire plat, formant une spire, de même diamètre intérieur et extérieur que lesdits disques et en ce que ce disque de transition présente au moins une variation d'épaisseur, fonction de la différence d'épaisseur des disques desdites bobines adjacentes.

Les disques de Bitter sont classiquement empilés avec interposition d'isolant et comportent tous la même configuration de trous pour définir un faisceau de canaux parallèles à l'axe longitudinal de l'aimant, dans lesquels on fait circuler le fluide de refroidissement. Bien entendu, les disques de transition précités comportent la même configuration de trous pour assurer la continuité du circuit de refroidissement à l'intérieur de toutes les bobines en série. Selon un mode de réalisation possible, le disque de transition peut comporter un décrochement sur chacune de ses faces, la hauteur de ce décro-

chement correspondant au pas d'hélice de la bobine se raccordant à cette face. Selon une autre possibilité, le disque de transition peut avoir une épaisseur du même ordre de grandeur que celle des disques des bobines adjacentes et plus particulièrement constituer lui-même une ou quelques spires d'épaisseur régulièrement variable, les épaisseurs des deux extrémités de cette ou ces spires étant respectivement égales aux épaisseurs de spire des deux bobines adjacentes.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages de celle-ci apparaîtront mieux à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe d'un aimant conforme au principe de l'invention ;
- la figure 2 est une vue partielle en perspective d'un disque de transition de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue partielle en perspective d'un autre mode de réalisation d'un disque de transition.

En se reportant aux dessins, on a représenté un aimant solénoïdal 11 à disques annulaires de Bitter 12, constitué de plusieurs bobines 13a, 14a, 15a, 16, 13b, 14b, 15b, accolées le long d'un axe longitudinal commun $z'z$. Pour une application à l'imagerie par RMN, il est possible d'obtenir un champ magnétique d'homogénéité requise (1 à 10 ppm) dans une sphère d'intérêt de volume suffisant dont le centre O est confondu avec celui de l'aimant, si cet aimant est constitué par exemple de sept bobines de type Bitter, accolées le long de l'axe $z'z$, les longueurs et les épaisseurs de disque des différentes bobines étant choisies pour réaliser ladite homogénéité requise. En ce qui concerne les épaisseurs des disques, il est à noter que les disques des deux bobines adjacentes quelconques sont d'épaisseurs différentes, mais que les disques de deux bobines symétriques par rapport au plan transversal médian passant par O (13a-13b, 14a-14b, 15a-15b) sont de même épaisseur. Un mode de calcul possible des caractéristiques des bobines de l'aimant est indiqué dans une autre demande de brevet n° 84-19192 déposée par la Deman-

deresse et ne fait pas partie de l'invention présentement décrite. On entend par bobine de type Bitter toute bobine répondant à la définition rappelée ci-dessus. A ce titre, les disques 12, quelles que soient leurs épaisseurs, comportent une même configuration de trous 18 matérialisant un ensemble de canaux 19 parallèles à l'axe z'z et dans lesquels circule le fluide de refroidissement. Les disques 12, fendus radialement, sont connectés bout à bout et maintenus en un empilage serré au moyen d'une pluralité de tirants 20 régulièrement répartis sur une surface cylindrique d'axe z'z. De minces feuilles isolantes (non visibles sur les dessins) sont intercalées entre les disques pour assurer l'isolation entre spires ; elles comportent la même configuration de trous matérialisant les canaux.

Selon l'invention, deux bobines adjacentes quelconques sont connectées bout à bout par l'intermédiaire d'un disque de transition 22, annulaire et plat, formant une spire, et ce disque présente au moins une variation d'épaisseur fonction de la différence d'épaisseur des disques desdites bobines adjacentes.

En effet, un empilement de disques de Bitter de même épaisseur aboutit à une structure rectiligne mais un changement d'épaisseur pourrait se traduire par un empilage non rectiligne et/ou présentant des irrégularités de bobinage voire des fuites de fluide de refroidissement. Tous ces défauts sont évités par la présence des disques de transition définis ci-dessus. Selon le mode de réalisation de la figure 2, chaque disque de transition se présente sous forme d'un plateau annulaire métallique (cuivre ou aluminium) peu épais, de l'ordre de quelques spires de l'aimant, et comportant une fente 21 pour définir une spire. Ce plateau comporte un décrochement 23a, 23b sur chacune de ses faces, respectivement, de part et d'autre de la fente 21 et dont la hauteur correspond au pas d'hélice de la bobine se raccordant à cette face. L'extrémité de chaque bobine est soudée sur toute la partie située entre le décrochement correspondant et la fente 21, la surface du plateau située de l'autre côté de cette fente étant recouverte d'une mince feuille isolante 16. Avantagusement, la fente 21 est remplie de résine isolante (colle polymérisable) ce

qui restitue une certaine rigidité au disque de transition et facilite le montage des bobines de l'aimant. D'autre part, le disque de transition comporte aussi la même configuration de trous 18a que les disques de Bitter 12 des différentes bobines, pour le refroidissement, ainsi qu'une série de trous 24 de plus grand diamètre, pour le passage des tirants. La présence des disques de transition est prise en considération dans les calculs de l'aimant. D'autre part, il peut être avantageux de réaliser des disques de transition aussi peu épais que possible. Dans cet esprit, le mode de réalisation de la figure 3 concrétise le cas limite lorsqu'on cherche à diminuer l'épaisseur du disque de transition. Il s'agit d'un disque métallique 25 (cuivre ou aluminium) comportant une fente radiale 26 le transformant en une spire et l'épaisseur de cette spire est régulièrement variable de façon que les épaisseurs a et b de ces deux extrémités 27a, 27b soient respectivement égales aux épaisseurs de disque des deux bobines adjacentes. Chacune des extrémités 27a, 27b comporte en outre un embrèvement 28 permettant un raccordement soudé au disque adjacent de la bobine correspondante, lequel comporte un embrèvement complémentaire. Bien entendu, les disques de transition 25 comportent la même configuration de trous que dans le cas de la figure 2. D'autre part, en se reportant à nouveau à la figure 1, on note que l'ensemble de l'aimant est serré, par les tirants, entre deux plateaux de répartition de courant 29a et 29b. Ces plateaux sont en forme de disque annulaire épais et ont le même diamètre intérieur et extérieur que les disques 12. L'une des faces de chaque plateau comporte un décrochement 30 ayant une hauteur sensiblement égale à l'épaisseur de disque de la bobine voisine 13a ou 13b.

REVENDEICATIONS

5 1. Aimant solénoïdal à disques annulaires (12) de type Bitter, de même diamètres intérieur et extérieur, comportant plusieurs bobines de tels disques accolées le long d'un axe longitudinal commun (z'z), caractérisé en ce que les disques de deux bobines adjacentes quelconques étant d'épaisseurs différentes, deux bobines adjacentes sont raccordées par l'intermédiaire d'un disque de transition (22), annulaire et plat, formant une spire et en ce que ce disque présente au moins une variation d'épaisseur fonction de la différence d'épaisseur des disques desdites bobines adjacentes.

10 2. Aimant solénoïdal selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit disque de transition comporte un décrochement (23a, 23b) sur chacune de ses faces, de hauteur correspondant au pas d'hélice de la bobine se raccordant à cette face.

15 3. Aimant solénoïdal selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit disque de transition est fendu sensiblement radialement pour définir une spire.

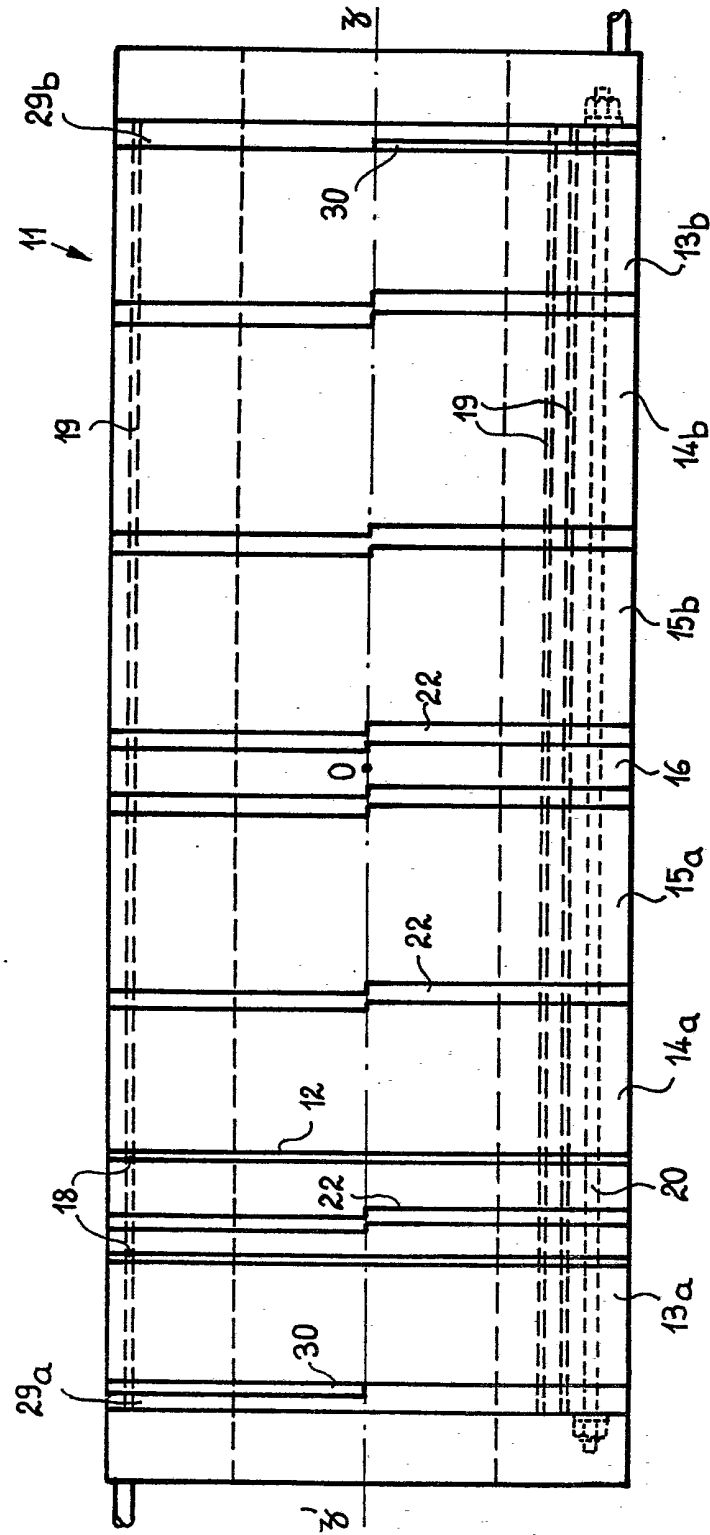
20 4. Aimant solénoïdal selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit disque de transition (25) est une spire d'épaisseur régulièrement variable, les épaisseurs des deux extrémités (27a, 27b) de cette spire étant respectivement égales aux épaisseurs de disque des deux bobines adjacentes précitées.

25 5. Aimant solénoïdal selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un plateau de répartition de courant (28, 29) à chacune de ses extrémités, en forme de disque annulaire épais de même diamètre intérieur et extérieur que les disques précités et en ce que l'une des faces dudit plateau comporte un décrochement (30) ayant une hauteur sensiblement égale à l'épaisseur de disque de la bobine voisine.

30 6. Aimant solénoïdal selon la revendication 3, caractérisé en ce que la fente (21), définissant ladite spire, est remplie de résine isolante ou analogue.

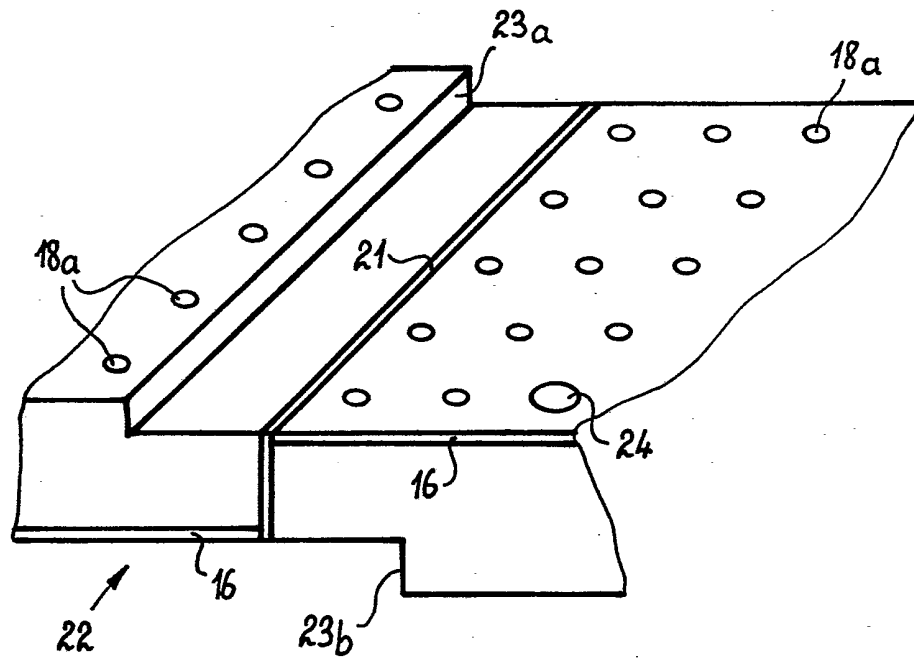
1 12

FIG. 1



2/2

FIG_2



FIG_3

