

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②①

**N° 80 19165**

---

⑤④ Jauge de mesure du niveau de liquide de refroidissement d'une bobine annulaire d'induction magnétique supra-conductrice et dispositif mettant en œuvre une telle jauge.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). G 01 F 23/22; A 61 M 25/00; H 01 F 5/08 // H 01 B 12/00.

②② Date de dépôt..... 2 septembre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 5-3-1982.

---

⑦① Déposant : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), résidant en France.

⑦② Invention de : Marc Pierre Till et Jean-Louis Bret.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,  
99, Grande rue de la Guillotière, 69007 Lyon.

La présente invention concerne la mesure du niveau de liquide de refroidissement à l'intérieur du carter d'un dispositif destiné à produire un champ magnétique en vue d'influencer un appareil quelconque. Plus particulièrement, l'invention concerne une

5 jauge de mesure du niveau de liquide de refroidissement d'une bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice qui est contenue dans un carter orientable dans les trois directions.

Pour influencer magnétiquement des appareils quelconques, il est connu d'utiliser des dispositifs contenant une bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice incluse dans un carter

10 dans lequel il est prévu de maintenir, à un niveau donné, un produit cryogène. En effet, la supraconductivité impose le maintien d'une température très basse voisine de 4 à 5° KELVIN. Cette température ne peut être atteinte qu'avec un fluide cryogène. Cependant, compte

15 tenu aussi de la nécessité de faire intervenir un carter le plus petit possible entourant au plus près la bobine afin de disposer d'un champ magnétique important, la charge de produit cryogène incluse au carter est en conséquence faible. Il est donc nécessaire de pouvoir compenser l'évaporation qui ne manquera pas de se produire et d'assu-

20 rer un apport de produit en cours de fonctionnement. Le produit cryogène approprié apparaît comme étant un fluide liquide, tel que l'hélium, et le problème qui naît est alors celui de déterminer le niveau optimal qu'il faut maintenir dans le carter, en assurant une alimentation au fur et à mesure de la vaporisation du produit à l'intérieur

25 du carter d'où lesdites vapeurs sont extraites de toute façon convenable.

Si le maintien d'un niveau optimal peut être réalisé dans des conditions convenables lorsque le carter occupe une position spatiale fixe, il n'en est pas de même lorsque ce carter doit être

orienté sur l'un quelconque des trois axes. En effet, le niveau constant doit être maintenu dans tous les cas et, par conséquent, il importe de pouvoir disposer d'une jauge de mesure de référence.

Pour tenter de répondre au problème ci-dessus on a déjà  
5 essayé d'assurer l'alimentation du carter avec un débit maximal d'hélium liquide par exemple, de façon à avoir la certitude que le carter est toujours rempli suffisamment. Une telle solution n'est pas techniquement acceptable car elle conduit à dépenser une énergie importante pour produire de l'hélium liquide qui est ensuite  
10 transféré, encore sous forme liquide, par la tubulure de reprise des vapeurs, sans avoir contribué réellement au maintien des conditions optimales de basse température de la bobine d'induction. La dépense d'énergie nécessaire à la mise sous forme liquide de l'hélium est, par conséquent, totalement inutile et se trouve augmentée  
15 par la nécessité ensuite de filtrer et transférer les vapeurs qui se sont développées à partir de l'hélium liquide refoulé dans le circuit retour.

Pour permettre une utilisation dans tous les cas d'application possibles d'un dispositif comprenant une bobine annulaire  
20 d'induction magnétique supraconductrice, il est donc important de pouvoir disposer d'une jauge de mesure du niveau du liquide de refroidissement, de manière à éviter une surconsommation d'hélium liquide tout en assurant un remplissage minimal évitant le risque de surchauffe et de détérioration de la bobine.

L'objet de l'invention vise à résoudre justement le problème  
25 ci-dessus en proposant une jauge de mesure qui soit d'une conception simple mais fiable pouvant être produite à un prix de revient intéressant et susceptible d'être adaptée dans les dispositifs actuellement connus sans entraîner de modification structurelle importante.  
30

Un autre objet de l'invention est de fournir une jauge  
de mesure qui soit à même de délivrer des informations relativement au niveau de liquide de refroidissement occupant le boîtier contenant la bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice, quelle que soit l'orientation conférée à un tel carter ou  
35 la modification d'orientation survenant en cours de mesure.

Un autre objet de l'invention est de fournir un matériel de structure indépendante de celle de la bobine ou du carter la contenant, de manière à pouvoir représenter un équipement adaptable ou interchangeable, notamment en cas de rupture, de détérioration ou de modification devant être apportée à la structure du dispositif dans lequel cette jauge est incluse.

Un autre objet de l'invention est de proposer une jauge de mesure qui soit d'une exécution facile et qui puisse être, de la sorte, produite à un prix de revient relativement faible ne faisant pas intervenir une technique de production complexe et onéreuse.

Conformément à l'invention, la jauge de mesure du niveau de liquide de refroidissement d'une bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice est caractérisée en ce qu'elle est constituée par une enveloppe annulaire en matière isolante comportant, autour de sa paroi périphérique, au moins un enroulement d'un fil supraconducteur dont les extrémités sont reliées à des bornes de connexion, d'une part, avec un circuit d'amenée d'un courant électrique continu et, d'autre part, avec un appareil de mesure de différence de potentiel.

L'invention concerne également un dispositif constitué par un carter de bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice incluant, parmi ses composants, la jauge selon l'invention.

Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée faite ci-dessus en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

La fig. 1 est une vue schématique montrant un dispositif comportant un carter comprenant une bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice et une jauge conforme à l'invention.

La fig. 2 est une coupe-élévation partielle montrant, à plus grande échelle, un détail de construction de l'objet de l'invention.

La fig. 3 est une vue en plan partielle prise sensiblement selon la ligne III-III de la fig. 2.

La fig. 4 est une coupe-élévation prise, à plus grande

échelle, sensiblement selon la ligne IV-IV de la fig. 3.

La fig. 5 est une coupe-élévation analogue à la fig. 4 montrant partiellement une variante de réalisation de l'objet de l'invention.

5 La fig. 6 est une vue schématique représentant partiellement une variante d'exécution de l'élément selon la fig. 4.

La fig. 1 montre un dispositif, désigné dans son ensemble par la référence 1, et destiné à produire un champ magnétique, tel que celui figuré par les flèches M, destiné à influencer un  
10 appareil quelconque, non représenté au dessin. A titre d'exemple, le dispositif 1 peut, par exemple, représenter un moyen d'orientation et de guidage de la tête magnétique d'une sonde. L'objet de l'invention trouve une application particulièrement préférée dans l'orientation et le guidage de la tête magnétique d'une sonde  
15 intracorporelle, telle qu'un cathéter utilisé en tant que moyen de diagnostic ou de thérapeutique animale ou humaine. Il doit être considéré que l'objet de l'invention s'applique, plus particulièrement, à un dispositif 1 dont la mise en oeuvre fait intervenir une variation d'orientation par rapport à au moins un axe de référence,  
20 par opposition aux dispositifs analogues qui occupent une position spatiale stable.

Le dispositif 1 comprend un carter 2, par exemple du type cylindrique à faces transversales concaves. Le carter 2 est, par exemple, réalisé en une matière telle qu'en acier inoxydable ou  
25 AG 3.

Le boîtier 2 comporte, par exemple, à partir de la surface interne de la face concave 3, une platine annulaire 5 centrée sur l'axe de révolution X-X' du carter. La platine 5 peut être réalisée en toute matière convenable et peut être fixée sur la face 3, notamment par soudage. La platine annulaire 5 comporte, en périphérie  
30 extérieure, un rebord 6 destiné à permettre l'adaptation et la fixation amovible d'une armature 7 d'une bobine 8 annulaire d'induction magnétique supraconductrice. La platine annulaire 5 possède, en son centre, un trou qui est occupé par une tubulure 9 dont  
35 l'orifice 10 s'ouvre dans le plan médian transversal P de la bobine et du carter 2. Le tube 9 est disposé sur l'axe de révolution X-X'.

La face 3 du carter 2 supporte une tubulure 11 qui débouche à l'intérieur du carter, par exemple au niveau de la platine annulaire 5. Le tube 11 est raccordé à une installation d'alimentation en fluide liquide de refroidissement et, notamment, en hélium liquide transféré par exemple par l'intermédiaire d'une pompe ou par siphonnage sous pression depuis un vase de stockage. La tubulure 9 constitue un élément de reprise des vapeurs se développant à l'intérieur du carter 2 et se trouve raccordée, bien que cela ne soit pas représenté, à une installation de collecte, de filtrage et de transfert en direction d'un groupe de liquéfaction dont la sortie correspond, par exemple, à un réservoir de stockage chargé d'alimenter la tubulure 11, par l'intermédiaire de la pompe précitée.

L'armature 7 de la bobine 8 forme, à partir de sa périphérie interne, une collerette 12 sur laquelle est monté un plateau isolant 13 supportant deux bornes de contact 14, diamétralement opposées. Les bornes 14 sont reliées par des conducteurs 15 directement au fil de la bobine 8 et par des conducteurs 16 à un circuit d'alimentation en énergie électrique. De préférence, les conducteurs 16 empruntent la tubulure 9 qui constitue un organe de guidage, de protection et de refroidissement des conducteurs.

Selon l'invention, la platine annulaire 5 supporte une jauge de mesure 17 qui est ainsi disposée à l'intérieur de la partie centrale creuse de l'armature 7. Comme cela apparaît plus particulièrement à la fig. 4, la jauge 17 est constituée par une rondelle 18 en matière isolante fixée, par l'intermédiaire notamment de vis 19, sur la platine annulaire 15. A cet effet, la rondelle est percée en son centre d'un trou 20 de manière à pouvoir être enfilée sur la partie saillante correspondante de la tubulure de reprise 9.

La rondelle 18 supporte une enveloppe 21, également en matière isolante, qui est annulaire et homothétique au carter 2. Dans le cas présent, l'enveloppe 21 est cylindrique et se trouve disposée concentriquement à l'axe de révolution X-X' sans contact avec les bornes 14 ni le plateau de support 13.

Selon une disposition constructive de l'invention, l'en-

vention, l'enveloppe 21 est constituée en une matière isolante capable de résister à de basses, sinon très basses, températures et, par exemple en tissu de verre imprégné de résine epoxy.

L'enveloppe 21 présente, dans sa périphérie des trous  
5 22 destinés à maintenir en permanence une communication entre le volume interne du carter 2 et le volume interne délimité par l'enveloppe 21. Selon l'invention, l'enveloppe 21 supporte un enroulement 23 d'un fil supraconducteur qui présente la particularité d'être enroulé sur la paroi périphérique de façon à former des spirales successives présentant une orientation relative faisant un  
10 angle approximativement égal à  $30^\circ$  par rapport à la génératrice de l'enveloppe 21. Le fil supraconducteur choisi présente de préférence une résistance de l'ordre de 40 Ohms et, par exemple, il est formé par un fil 24 de niobium-titane associé à une  
15 matrice de cuivre-nickel et possédant un diamètre de l'ordre de  $7/100^{\text{e}}$  de mm. Le fil 24 est enroulé en étant engagé dans des encoches 25 de retenue ménagées dans les bords transversaux de la paroi périphérique 21. L'enroulement 23 est effectué entre deux bornes de contact 26 et 27 auxquelles aboutissent deux conducteurs 28 et  
20 29 assurant la liaison avec une source d'alimentation en courant électrique continu. Aux bornes 26 et 27 aboutissent également deux conducteurs 30 et 31 menant à un dispositif de mesure de différence de potentiel, par exemple un voltmètre V.

La caractéristique d'un fil supraconducteur, tel que le  
25 fil 24 utilisé pour former l'enroulement 23 de la jauge 17, est de présenter une résistance proportionnelle à sa longueur émergée par rapport au liquide cryogène dans lequel il est plongé. Par conséquent, en considération de la fig. 4, lorsque le liquide atteint le niveau  $N_1$ , le voltmètre mesure une tension voisine de 0 puisque  
30 la quasi totalité de l'enroulement 23 se trouve plongée dans le liquide cryogène.

Par contre, quand le liquide atteint le niveau  $N_2$ , le voltmètre mesure une tension maximale puisque la quasi totalité de l'enroulement 23 est émergée.

35 Le voltmètre V fournit donc une information variant avec

le niveau atteint et une telle information est utilisée pour piloter le fonctionnement de la pompe d'alimentation du carter 2 en fluide liquide cryogène ou de la vanne de siphonnage.

On conçoit qu'une même mesure peut être effectuée lorsque l'axe X-X', ci-avant considéré comme étant vertical, se trouve orienté horizontalement. En effet, en prenant comme référence la fig. 3, on constate que l'enroulement 23 se trouve, de façon semblable, en immersion quasi totale par rapport au niveau  $N_3$ , ou en émergence quasi totale par rapport au niveau  $N_4$ .

Par suite, dans une telle orientation, une variation d'assiette se traduit aussi par une variation de résistance produisant une information utile de pilotage de la pompe.

Un déplacement combiné, conférant une orientation spatiale différente, dans laquelle par exemple l'axe X-X' occupe une inclinaison intermédiaire entre celle considérée précédemment pour les fig. 3 et 4, fournit des informations du même ordre étant donné qu'aucune rétention du produit liquide cryogène ne peut intervenir au sein de l'enveloppe 21, à l'intérieur de laquelle le niveau maintenu correspond, du fait des trous d'intercommunication 22, au niveau réellement occupé par le produit liquide cryogène à l'intérieur du carter 2.

Ainsi, dans toutes les positions possibles, l'alimentation en énergie électrique de l'enroulement 23 fournit, par le voltmètre, une information correspondant au niveau du liquide à l'intérieur du carter et, par suite, un fonctionnement piloté de la pompe d'alimentation peut alors être commandé en utilisant l'information relevée. Il est ainsi possible de réaliser une régulation automatique du niveau optimal du liquide cryogène à l'intérieur du carter 2 de façon à maintenir une température optimale pour les meilleures conditions de fonctionnement, sans pour autant consommer inutilement une quantité de fluide liquide d'un coût de production élevé.

A titre d'exemple, il peut être prévu d'assurer l'alimentation du fil 24 de l'enroulement 23 avec un courant électrique continu de 200 à 500 mA, délivré par impulsions de l'ordre de 100 ms.



Ainsi, la conformation particulière de la jauge de mesure et, notamment, la structure de l'enveloppe 21 ainsi que la conformation de l'enroulement 23, permettent de disposer toujours, quelle que soit l'orientation du boîtier 2, et entre les niveaux maxima et minima susceptibles d'être atteints par le produit liquide cryogène à l'intérieur dudit carter 2, d'un segment de fil 24 immergé ou émergé, de telle sorte qu'une mesure de résistance peut être détectée par le voltmètre afin de fournir une information susceptible d'être utilisée directement ou après transformation pour le pilotage du fonctionnement de la pompe d'alimentation.

La hauteur de l'enveloppe 21 est choisie en fonction des niveaux  $N_1$  et  $N_2$  retenus. Le diamètre de l'enveloppe 21 est par contre choisi en fonction de la valeur angulaire de lames 14a prolongeant les bornes 14 et destinées à procurer un refroidissement par conduction pour un niveau minima  $N_4$  donné.

La fig. 5 montre qu'à titre de sécurité il peut être prévu de disposer, sur la paroi périphérique de l'enveloppe 21, deux enroulements 23a et 23b, croisés relativement et aboutissant à des bornes 26 et 27 indépendantes. De la sorte, en cas de rupture éventuelle du fil 24 de l'un des enroulements, une information quant à la détection de niveau reste possible par l'intermédiaire du second enroulement.

La fig. 6 montre une variante de réalisation selon laquelle il est prévu d'associer au fil 24 de l'enroulement 23 un fil conducteur 32, par exemple en constantan, enroulé autour du fil 24 par rapport auquel il est isolé électriquement. Le fil 32 est choisi de section relativement faible, de manière à constituer un élément résistif destiné à être parcouru par un courant d'alimentation choisi pour provoquer son échauffement. La fonction du conducteur 32 est de réchauffer les segments du fil 24 émergés par rapport au liquide cryogène, afin de permettre une mesure rapide de la variation de résistance, et, par suite, une mesure en continu par alimentation constante en énergie électrique au niveau des bornes 26 et 27. De préférence, le fil 32 est alimenté en série avec le fil 24 de l'enroulement 23 et, dans un tel cas, illustré par la fig. 6, une seule

borne supplémentaire 33 est alors portée par l'enveloppe 21, le voltmètre V étant alors branché entre les bornes 26 et 27.

5 Dans un tel exemple, il peut être prévu d'utiliser un fil supra-conducteur de même résistance ohmique et d'alimenter en continu l'ensemble des fils 24 et 32 par un courant continu de 50 mA, la tension maximale aux bornes du fil supra-conducteur étant de 2V. Dans un tel cas, le fil 32 en constantan présente, par exemple, un diamètre de l'ordre de 5/100e de mm pour un diamètre de l'ordre de 33 mm de l'enveloppe 21.

10 L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDICATIONS :

- 1 - Jauge de mesure du niveau de liquide de refroidissement d'une bobine annulaire d'induction magnétique supraconductrice contenue dans un carter orientable, caractérisée en ce qu'elle est  
5 constituée par une enveloppe annulaire en matière isolante comportant, autour de sa paroi périphérique, au moins un enroulement d'un fil supraconducteur dont les extrémités sont reliées à des bornes de connexion, d'une part, avec un circuit d'amenée d'un courant électrique continu et, d'autre part, avec un appareil de mesure de  
10 différence de potentiel.
- 2 - Jauge de mesure selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une enveloppe annulaire dont la paroi périphérique, en matière isolante, est ajourée.
- 3 - Jauge de mesure selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle comprend une enveloppe annulaire en matière  
15 isolante supportant un fil supraconducteur dont l'enroulement fait un angle voisin de 30° avec la génératrice de ladite enveloppe.
- 4 - Jauge de mesure selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'elle comprend une enveloppe annulaire supportant un enroulement d'un fil supraconducteur engagé dans des  
20 encoches ménagées dans les deux bords extérieurs transversaux de la paroi périphérique de l'enveloppe.
- 5 - Jauge de mesure selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend une enveloppe annulaire  
25 supportant au moins un enroulement d'un fil supraconducteur associé à un fil résistant de chauffage parcouru par le même courant électrique continu que le fil supraconducteur.
- 6 - Jauge de mesure selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comprend une enveloppe annulaire  
30 supportant deux enroulements croisés de deux fils supraconducteurs raccordés à des bornes d'alimentation indépendantes.
- 7 - Dispositif constitué par au moins le carter d'une bobine d'induction magnétique annulaire supraconductrice, ledit carter comportant une tubulure d'arrivée de liquide de refroidissement, une tubulure de reprise des vapeurs dudit liquide laquelle  
35

débouche au centre du carter et une jauge de mesure selon l'une des revendication 1 à 6, caractérisé en ce que :

- la jauge est constituée par une enveloppe annulaire homothétique au carter,
- 5       - ladite enveloppe annulaire est disposée au centre du carter et concentriquement à l'orifice de la tubulure de reprise des vapeurs.

8 - Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend une jauge de mesure constituée par une enveloppe annulaire cylindrique dont le diamètre extérieur est inférieur au lieu géométrique circulaire occupé par des bornes de contact re-

10       liant la bobine aux conducteurs d'alimentation.

9 - Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'il comprend une jauge de mesure dont les conducteurs d'alimentation et de mesure sont disposés dans la tubulure de reprise des vapeurs.

15

10 - Application du dispositif selon les revendications 7 à 9 à l'orientation et au guidage de la tête aimantée d'une sonde intracorporelle.

1/2

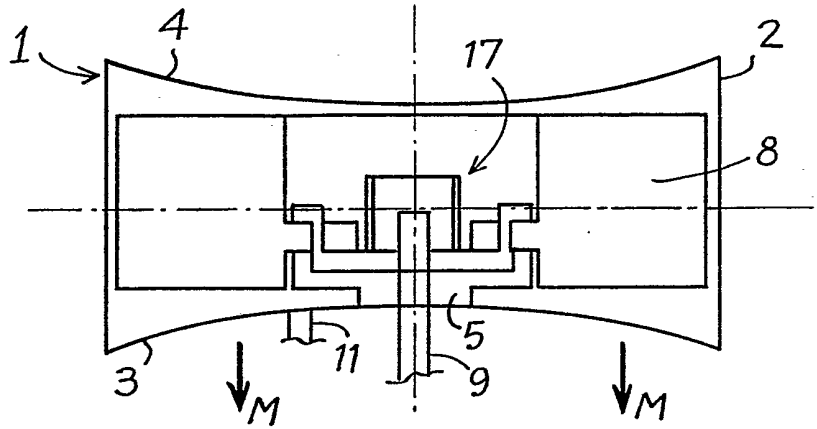


Fig-1

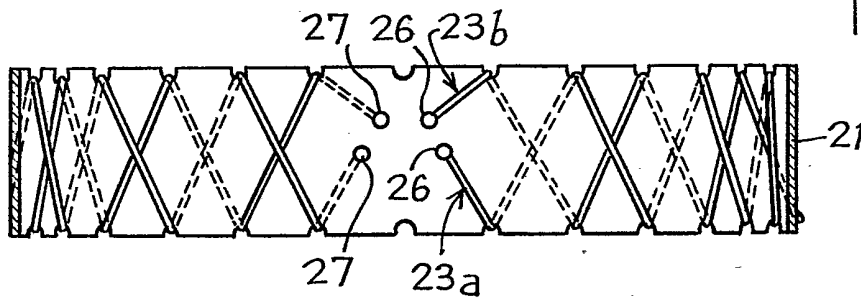


Fig-5

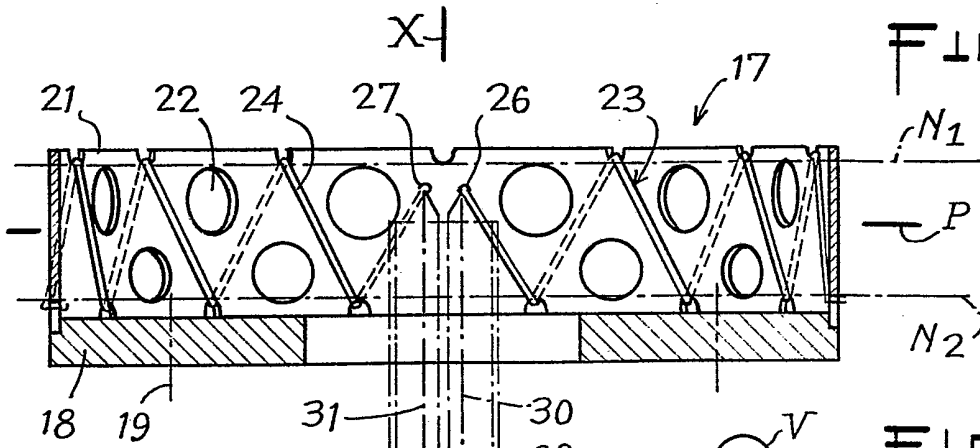


Fig-4

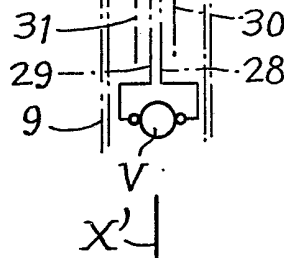


Fig-6

