



(11)

EP 4 266 332 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
25.10.2023 Bulletin 2023/43

(21) Numéro de dépôt: **22305579.9**

(22) Date de dépôt: **20.04.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01F 27/28 ^(2006.01) **H01F 27/16** ^(2006.01)
H01F 27/30 ^(2006.01) **H01F 38/14** ^(2006.01)
H01F 30/08 ^(2006.01) **H01F 30/16** ^(2006.01)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01F 27/2823; H01F 27/16; H01F 27/2876;
H01F 27/306; H01F 30/16; H01F 38/14;
H01F 30/08

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **Effitech**
64000 Pau (FR)

(72) Inventeurs:
• **PAQUET, Sylvain**
64230 ARTIGUELOUVE (FR)
• **BRASILE, Jean-Pierre**
91190 GIF-SUR-YVETTE (FR)

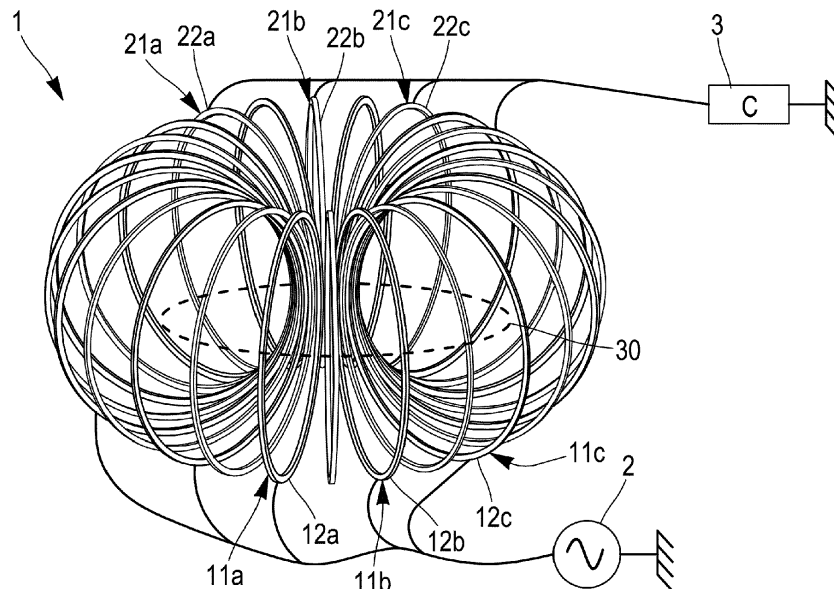
(74) Mandataire: **Gauchet, Fabien Roland**
Brandon IP
64, rue Tiquetonne
75002 Paris (FR)

(54) **DISPOSITIF DE COUPLAGE MAGNÉTIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN TEL DISPOSITIF DE COUPLAGE MAGNÉTIQUE**

(57) L'invention concerne un dispositif de couplage magnétique (1) pour connecter l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit (2, 3). Le dispositif de couplage magnétique (1) comprend : un premier et un deuxième ensemble (10, 20) respectifs de premières et deuxième bobines (12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c...). Chaque première et deuxième bobines (12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c...) est fournie sous forme d'un module individuel

(11a, 11b, 11c, 22a, 22b, 22c...). Les premières et les deuxième bobines (12a, 12b, 12c..., 22a, 22b, 22c...) sont réparties le long d'une ligne fermée courbe (30) avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée (30), deux premières bobines (12a, 12b, 12c...) successives le long de la ligne courbe fermée (30) étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine (22a, 22b, 22c...).

[Fig. 1]



Description

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine de la connexion par couplage magnétique de circuits électriques.

[0002] L'invention a ainsi pour objet un dispositif de couplage magnétique et un procédé de fabrication d'un tel dispositif de couplage magnétique.

État de l'art antérieur

[0003] Il est connu de relier des circuits électriques au moyen de dispositifs de couplage magnétique ceci afin de fournir une isolation galvanique entre les deux circuits électriques, fournir une adaptation d'impédance et éventuellement une adaptation en tension.

[0004] Un tel dispositif de couplage magnétique est généralement basé sur l'utilisation d'une première inductance, sous la forme d'au moins une première bobine, reliée au premier circuit, et une deuxième inductance, sous la forme d'au moins une deuxième bobine, reliée au deuxième circuit. Les première et deuxième inductances sont agencées de telle manière à être couplées magnétiquement ceci usuellement, mais pas nécessairement, par l'utilisation d'un matériau ferromagnétique faisant office de noyau magnétique entre ces deux bobines.

[0005] Néanmoins, de tels dispositifs de couplage magnétique présentent l'inconvénient de présenter soit une maintenance complexifiée en raison d'un agencement nécessairement intime entre elles et avec le noyau magnétique, soit de présenter une efficacité énergétique de transfert entre les deux circuits électriques faible liée à un couplage magnétique entre les deux inductances faible (ceci notamment dans le cas où il n'y aurait pas de noyau magnétique).

Exposé de l'invention

[0006] L'invention vise à remédier au moins en partie les inconvénients ci-dessus et a ainsi pour but de fournir un dispositif de couplage magnétique fournissant à la fois un bon rendement énergétique et une maintenance facilitée.

[0007] L'invention concerne à cet effet un dispositif de couplage magnétique pour connecter l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit, le dispositif de couplage magnétique comprenant :

- un premier ensemble de premières bobines destiné à être relié au premier circuit,
- un deuxième ensemble de deuxièmes bobines destiné à être relié au deuxième circuit,

chaque première bobine étant fournie sous la forme d'un premier module individuel présentant un axe de bobinage, les deuxièmes bobines étant chacune fournies sous forme d'un deuxième module indivi-

duel présentant un axe de bobinage, dans lequel les premières et les deuxièmes bobines sont réparties le long d'une ligne fermée courbe avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée, deux premières bobines successives le long de la ligne courbe fermée étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine.

[0008] Avec un tel dispositif de couplage magnétique, un tel agencement en module individuel des premières et deuxièmes bobines permet de fournir une maintenance aisée du dispositif, puisqu'il est aisé d'accéder à chacune des bobines individuellement sans avoir nécessairement besoin de démonter les autres bobines. De plus, avec un tel agencement le long d'une ligne courbe fermée avec les premières bobines séparées les unes des autres par au moins une deuxième bobine permet d'avoir un bon couplage magnétique entre les bobines puisqu'elles sont agencées directement les unes à côté des autres tout en limitant les fuites de champs de par cet agencement autour d'une ligne courbe fermée. Il en résulte que cet aspect « modulaire » n'est donc pas préjudiciable au rendement de transfert énergétique.

[0009] De plus, avec un tel agencement, le confinement magnétique étant assuré par l'agencement des bobines vis-à-vis de la ligne fermée, il n'est pas nécessaire de prévoir de blindage même dans le cas où le dispositif serait dépourvu de noyau magnétique.

[0010] On entend, ici et dans le reste de ce document, par bobine, un fil conducteur enroulé de manière à former un ensemble de spires agencées les unes à proximité des autres. L'enroulement du fil se fait généralement autour d'un axe qui est nommé axe de bobinage et peut se faire sur la base de différentes formes de spires, telles que des spires circulaires, carrées ou hexagonales.

[0011] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un dispositif de couplage magnétique pour connecter l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'un premier ensemble de premières bobines, chaque première bobine étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage,
- fourniture d'un deuxième ensemble de deuxièmes bobines, chaque deuxième bobine étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage,
- agencement des premières et des deuxièmes bobines réparties le long d'une ligne fermée courbe avec leur axe de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée, deux premières bobines successives le long de la ligne courbe fermée étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine, le premier ensemble de premières bobines étant destiné à être relié au premier circuit, le deuxième ensemble de deuxièmes bobi-

nes étant destiné à être relié au deuxième circuit.

[0012] Un tel procédé permet la fabrication d'un dispositif de couplage magnétique selon l'invention et de bénéficier, de ce fait, des avantages qui y sont associés et qui ont été exposés ci-dessus.

[0013] Selon une possibilité compatible avec l'invention, il est peut-être prévu un connecteur à isolation galvanique destiné à former avec un premier connecteur complémentaire une première connexion électrique offrant une isolation galvanique,

le connecteur à isolation galvanique comprend un premier ensemble de premières bobines présentant chacune un axe de bobinage et étant réparties le long d'une ligne fermée courbe avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne fermée, deux premières bobines successives le long de ladite ligne fermée présentant un espace apte à loger une deuxième bobine de l'au moins un connecteur complémentaire.

[0014] On notera qu'une telle possibilité de connecteur à isolation galvanique permet de fournir un système de connecteur présentant peu de risque d'usure ceci même à forte puissance puisque la transmission d'énergie est réalisée par induction. De plus, il est particulièrement sécurisé puisqu'il fournit une isolation galvanique. Pour finir, cette connexion sécurisée ne se fait pas au détriment de l'efficacité puisque la configuration d'un tel connecteur permet un bon couplage magnétique entre le connecteur et le connecteur complémentaire.

[0015] Selon cette possibilité compatible avec l'invention, la ligne fermée peut être une ellipse et est préférentiellement un cercle.

[0016] Selon cette même possibilité, les spires de chaque première bobine peuvent s'étendre selon une forme prédéfinie par exemple en « D » avec la partie verticale du « D », correspondant à une portion interne à la ligne courbe fermée, parallèle à un axe de ladite ligne courbe fermée, et la partie courbe du « D » correspondant à une portion des spires extérieure à la ligne courbe fermée.

[0017] Selon cette possibilité compatible avec l'invention, le connecteur peut être libre de noyau magnétique.

[0018] Selon cette possibilité compatible avec l'invention, le connecteur à isolation galvanique peut également être destiné à former avec un deuxième connecteur complémentaire, et simultanément à la première connexion, une deuxième connexion électrique offrant une isolation galvanique,

deux premières bobines successives le long de la ligne fermée présentant un espace apte à loger en outre une troisième bobine du deuxième connecteur complémentaire.

[0019] Cette même possibilité compatible avec l'invention concerne un ensemble de connecteurs à isolation galvanique destiné à la formation d'une première connexion électrique, comprenant :

- un premier connecteur à isolation galvanique selon la possibilité compatible avec l'invention,

- un deuxième connecteur à isolation galvanique selon la possibilité compatible avec l'invention, le deuxième connecteur comportant ainsi un ensemble de deuxièmes bobines en tant qu'ensemble de bobines, le deuxième connecteur à isolation galvanique, complémentaire au premier connecteur à isolation galvanique étant dit connecteur complémentaire, le deuxième connecteur étant agencé de telle manière que lorsqu'il est emboîté dans le premier connecteur, chaque deuxième bobine est logée dans un espace respectif présenté par deux premières bobines successives le long de ladite ligne fermée

15 Brève description des dessins

[0020] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation, donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 illustre le principe d'un dispositif de couplage magnétique selon le principe de l'invention, la figure 2 illustre un exemple de mise en œuvre pratique d'un dispositif de couplage magnétique selon l'invention,

la figure 3 illustre l'agencement en tant que premier connecteur d'un premier ensemble de premières bobines du dispositif de couplage magnétique illustré sur la figure 2,

la figure 4 illustre une première embase du premier connecteur illustré sur la figure 3, ladite première embase étant configurée pour accueillir des premiers modules individuels comprenant chacun une première bobine respective

les figures 5a à 5d illustrent un premier module individuel d'un premier ensemble de bobines illustré sur la figure 3, selon respectivement une vue de face, une première vue de côté, une deuxième vue de côté et une vue de dessus de trois quart, le premier module individuel comprenant un support de bobinage et une première bobine et les figures 5b, 5c et 5d montrant respectivement l'empilement de spires de la première bobine au niveau d'une première portion interne de cette dernière, l'étalement des spires de la première bobine au niveau d'une deuxième portion externe de cette dernière et les tiges filetées équipant le support de bobinage pour permettre son installation sur la première embase.

[0021] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

[0022] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

[0023] Les différentes possibilités (variantes et modes

de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

Exposé détaillé de modes de réalisation particuliers

[0024] La figure 1 illustre le principe d'un dispositif de couplage magnétique 1 selon l'invention pour connecter un premier circuit 2, ici une source d'alimentation alternative monophasée, à un deuxième circuit 3, ici un appareil à alimenter 3 représenté sous la forme d'une charge.

[0025] On notera que l'invention vise en particulier, et de manière non exclusive, le transfert d'énergie électrique à forte puissance que celle-ci soit de type pulsée (donc intermittente) ou moyenne (c'est-à-dire en continu). On notera que dans le cadre d'un tel transfert, le dispositif de couplage magnétique 1 selon l'invention peut également et de manière optionnelle fournir une fonction de transformation et ainsi permettre une élévation ou un abaissement de tension.

[0026] On notera également, que dans la configuration décrite dans le cadre de l'exemple de réalisation qui sera décrit en lien avec les figures 2 à 5c, le dispositif de couplage 1 permet un transfert d'énergie électrique particulièrement efficient même à haute fréquence, c'est-à-dire au-dessus de 25 kHz, voire de 100 kHz et préférentiellement de l'ordre de 200 kHz.

[0027] Un tel dispositif de couplage 1 selon l'invention comporte :

- un premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c... relié au premier circuit 2, ici en parallèle les unes des autres,
- un deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... relié au deuxième circuit 3, ici en parallèle les unes des autres.

[0028] Bien entendu, si les premières bobines 12a, 12b, 12c... sont reliées au premier circuit parallèlement les unes des autres et les deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... sont reliées au deuxième circuit parallèlement les unes des autres, tous types de connexion sont envisageables sans que l'on sorte du cadre de l'invention. Ainsi, une configuration dans laquelle les premières bobines 12a, 12b, 12c... seraient reliées en série et les deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... en parallèle, voire une configuration hybride pour l'un ou les deux ensembles 10, 20 de bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c.... Ces différentes configurations de connexion des premières bobines 12a, 12b, 12c... au premier circuit et des deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... sont des pratiques usuelles pour l'homme du métier et celui-ci est à même de passer de l'une à l'autre.

[0029] Comme cela est montré sur la figure 1, chaque première bobine 12a, 12b, 12c... est fournie sous la forme d'un premier module individuel 11a, 11b, 11c... présentant un axe de bobinage de ladite première bobine 12a,

12b, 12c..., les deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... étant chacune également fournies sous la forme d'un deuxième module individuel 21a, 21b, 21c... présentant un axe de bobinage de ladite deuxième bobine 22a, 22b, 22c....

[0030] Les premières et les deuxièmes bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... sont réparties le long d'une ligne fermée courbe 30 avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée 30, deux premières bobines 12a, 12b, 12c... successives le long de la ligne courbe fermée 30 étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine 22a, 22b, 22c....

[0031] On notera que dans le cadre de la présente illustration du principe de l'invention fournie par la figure 1, deux premières bobines 12a, 12b, 12c... successives le long de la ligne courbe fermée 30 sont séparées l'une de l'autre par une unique deuxième bobine 22a, 22b, 22c..., le dispositif comprenant ainsi autant de premières bobines 12a, 12b, 12c... que de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c....

[0032] En variante non illustrée, notamment dans le cas où il est prévu que le dispositif de couplage magnétique 1 puisse permettre de connecter le premier circuit 2 à deux deuxièmes circuits 3, deux première bobines 12a, 12b, 12c... successives le long de la ligne courbe fermée 30 peuvent parfaitement être séparées par deux deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c..., l'une connectée à l'un des deux deuxièmes circuits 3, l'autre étant connectée à l'autre des deux deuxièmes circuits 3.

[0033] La ligne courbe fermée 30 est préférentiellement elliptique et est dans le cadre du présent principe de réalisation et de l'exemple de réalisation qui est décrit ci-après, circulaire.

[0034] Ainsi avec une telle ligne courbe fermée 30 en forme de cercle, les premières et deuxièmes bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... sont agencées dans une configuration torique autour de la ligne courbe fermée 30 circulaire.

[0035] Dans le cadre du présent principe de l'invention, chaque première et deuxième bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... présente une forme circulaire. Bien entendu, les premières et deuxièmes bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... peuvent présenter d'autres formes sans que l'on sorte du cadre de l'invention, comme cela est notamment discuté ci-après en lien avec un exemple de réalisation et les figures 5a à 5c.

[0036] La figure 2 illustre l'exemple de réalisation d'un dispositif de couplage magnétique 1 selon l'invention. Dans un tel dispositif de couplage magnétique 1, chaque premier module individuel 11a, 11b, 11c... comprend :

- un premier support de bobinage 14a, 14b, 14c... autour duquel est enroulé ladite première bobine 12a, 12b, 12c...,
- la première bobine respective 12a, 12b, 12c....

De la même manière, chaque deuxième module individuel 21a, 21b, 21c... comprend :

- un deuxième support de bobinage 24a, 24b, 24c... autour duquel est enroulé ladite deuxième bobine 22a, 22b, 22c...,
- la deuxième bobine respective 22a, 22b, 22c....

[0037] Le dispositif de couplage magnétique 1 comprend en outre une première embase 15, illustrée sur la figure 4, sur laquelle sont montés les premiers modules individuels 11a, 11b, 11c... De manière particulièrement avantageuse, les premiers modules individuels 11a, 11b, 11c... sont montés sur l'embase 15 de manière démontable. Un tel montage démontable peut notamment être réalisé par complémentarité de forme, au moyen de vis et d'écrous, par emboîtement élastique ou par tout autre système de montage accessible à l'homme du métier.

[0038] On peut voir sur la figure 4 que dans le cadre du présent exemple de réalisation, la première embase 15 présente une forme de disque et comporte 10 emplacements 155 répartis circonférentiellement à équidistance les uns des autres. Chaque emplacement 155 est configuré pour recevoir un premier module individuel 11a, 11b, 11c... respectif et présente pour se faire trois écrous 151 et deux passages 152 afin de relier le premier module 11a, 11b, 11c... correspondant à un circuit de refroidissement. L'embase 15 présente également 10 emplacements complémentaires 156 chacun agencés pour recevoir un deuxième module individuel 21a, 21b, 21c... respectif et présente à cet effet une ouverture 153 destinée à coopérer avec ledit deuxième module individuel 21a, 21b, 21c....

[0039] La deuxième embase 25 présente une configuration identique, ou symétrique par rapport à un plan médian, à celle de la première embase 15 à la différence près que les emplacements, non référencés, sont adaptés pour recevoir les deuxième modules individuels 21a, 21b, 21c... et que les emplacements complémentaires, non référencés, sont chacun agencés pour recevoir un premier module individuel 11a, 11b, 11c... respectif.

[0040] Les figures 5a à 5d illustrent la configuration d'un premier module individuel 11a, 11b, 11c selon ce premier exemple de réalisation. On peut voir sur ces figures que le premier support de bobinage 14a comprend :

- un pied 141 apte à être monté sur la première embase et présentant trois orifices filetés, non référencés, pour permettre un montage sur la première embase 15 à partir de tiges filetées 146 qui y sont visées, et des trois écrous 151 de l'embase 15 montrés sur la figure 4,
- un montant 142 s'étendant à partir du pied et présentant une empreinte de bobinage 143, apte à accueillir la première bobine 12a correspondante et à en donner la forme lors de son bobinage autour de ladite empreinte, et un passage de fils 145 pour permettre un passage du fils formant la bobine 12a pour en permettre la connexion au premier circuit.

[0041] En outre, le pied 141 et le montant 142 de chaque premier support 14a, 14b, 14c... incluent un circuit de liquide caloporteur, dont seuls les connecteurs d'entrée et de sortie 144a, 144b sont figurés, afin de permettre le refroidissement de la première bobine 12a, 12b, 12c... correspondante. Un tel circuit de liquide caloporteur forme un système de dissipation thermique.

[0042] On notera qu'un tel circuit de liquide caloporteur est un exemple de système de dissipation thermique particulièrement avantageux dans le cadre du présent exemple de réalisation de l'invention. Bien entendu d'autres types de système de dissipation thermique qu'un circuit de liquide caloporteur sont envisageable sans que l'on sorte du cadre de l'invention. Le système peut ainsi, par exemple, comporter, en lieu et place du circuit de liquide caloporteur, un dissipateur/radiateur métallique à ailettes éventuellement couplé à un ventilateur.

[0043] Selon cet exemple de réalisation, un tel circuit de liquide caloporteur est destiné à être connecté à un système de refroidissement à eau, l'eau dudit circuit formant alors le liquide caloporteur. Pour permettre une telle connexion, le circuit de liquide caloporteur peut comprendre les connecteurs d'entrée et de sortie 144a, 144b passant par les deux passages 152 de la première embase 15, comme illustré sur la figure 4.

[0044] Comme indiqué plus haut, l'empreinte est conformée pour donner la forme à la première bobine 12a lors de son bobinage sur le support de bobinage 14a. On peut ainsi voir sur les figures 5a à 5c que l'empreinte de bobinage 143 de chaque premier support 14a est agencée pour que lors du bobinage, la première bobine 12a qui y est bobinée comprend une pluralité de spires 13, lesdites spires 13 étant agencées avec, sur une première portion 13a interne à la ligne courbe fermée 30, un empilement de spires 13 selon une direction sensiblement perpendiculaire à la bissectrice de la ligne courbe fermée 30, et sur une deuxième portion 13b externe à la ligne fermée, un étalement de spires 13 le long de la ligne courbe fermée 30.

[0045] Avec un tel agencement, la partie des spires comprise dans la première portion interne 13a permet un couplage magnétique optimisé tandis que la partie des spires 13 comprise dans la deuxième portion externe 13b, participe au confinement du champ magnétique. De ce fait et afin d'optimiser le transfert et le confinement du champ magnétique, les spires 13 de chaque première bobine 12a, 12b, 12c... peuvent :

- s'étendre sur la première portion 13a selon une direction sensiblement perpendiculaire à un plan de la ligne courbe fermée 30, et
- s'étendre, sur leur deuxième portion 13b et de manière avantageuse, selon une ligne courbe, préférentiellement en arc de cercle, autour de la ligne courbe fermée.

[0046] Ainsi les spires 13 de chacune des première bobines 12a, 12b, 12c... peuvent présenter une forme

en « D » avec la partie verticale du « D, » correspondant à la première portion interne 13a, parallèle à un axe de la ligne courbe fermée 30 (ici à l'axe du cercle), et la partie courbe du D correspondant à la première portion extérieure 13b des spires 13. Avec une telle configuration, on obtient un transfert particulièrement optimisé avec un arrangement du dispositif de couplage magnétique 1 particulièrement compact. On peut en effet, voir sur la figure 2 que les première et deuxième bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... sont agencées selon une forme sphérique. Dans une telle configuration, les premières portions internes 13a des premières bobines 12a, 12b, 12c... et les deuxièmes portions internes, non référencées des deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... s'étendent selon un axe de ladite sphère, et les premières portions externes 13a des première bobines 12a, 12b, 12c... et des deuxièmes portions externes, non référencées, des deuxième bobines 22a, 22b, 22c... définissent la circonférence de ladite sphère.

[0047] Afin d'optimiser le transfert d'énergie, les premières bobines 12a, 12b, 12c..., comme les deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... peuvent être bobinées avec un fil de litz dont la configuration est adaptée aux conditions de transfert d'énergie électrique envisagées entre le premier et le deuxième circuit 2, 3 et notamment la fréquence de modulation de la tension utilisée dans le cadre du présent transfert.

[0048] Les deuxièmes modules individuels 21a, 21b, 21c... comprenant donc chacun un deuxième support de bobinage 24a, 24b, 24c et une deuxième bobine 22a, 22b, 22c..., pour les mêmes raisons que les premiers modules individuels 11a, 11b, 11c... et pour optimiser le couplage magnétique entre les premières et deuxièmes bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c..., présentent une forme similaire à celle des premiers modules individuels 11a, 11b, 11c....

[0049] Ainsi et en particulier, dans le cadre du présent exemple de réalisation, les spires de chacune des deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... peuvent présenter une forme en « D » avec la partie verticale du « D, » correspondant à la portion interne, parallèle à un axe de la ligne courbe fermée 30 (ici à l'axe du cercle), et la partie courbe du D correspondant à la portion extérieure des spires 13.

[0050] On notera que dans le cadre du présent exemple de réalisation, le premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c... et le deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... sont agencés emboîtés l'un dans l'autre. De cette manière, selon une possibilité avantageuse compatible avec l'invention, le premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c... forme un premier connecteur et le deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... forme un deuxième connecteur apte à être emboîté dans le premier connecteur.

[0051] Il est donc envisageable, dans le cadre de l'invention et de cette possibilité compatible avec l'invention, qu'un dispositif de couplage magnétique soit fourni en

deux parties. Selon cette possibilité, la première partie, comprenant le premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c..., peut être disposé en un emplacement de recharge, tel qu'un entrepôt ou une zone de stationnement pour un véhicule à recharger, et le deuxième ensemble 20 de deuxième bobines 22a, 22b, 22c... peut équiper le véhicule à recharger. Dans une telle configuration, le premier ensemble 10 est connecté à un circuit de rechargement et le véhicule à recharger est un véhicule à propulsion électrique, tels qu'une voiture électrique, un drone aérien ou sous-marin, ou encore un aéronef.

[0052] Ainsi, lors du stationnement d'un tel véhicule, le deuxième ensemble 20 peut être emboîté dans le premier ensemble 10 de manière à permettre un couplage magnétique entre les premières bobines 12a, 12b, 12c... et les deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... On notera que comme montré sur la figure 4, afin de faciliter un tel placement du deuxième ensemble 20 emboîté dans le premier ensemble 10, le premier ensemble 10 et/ou le deuxième ensemble 20 peut comprendre un système d'aide à l'alignement. Comme montré sur la figure 4, dans le cadre du présent exemple de réalisation, le système d'aide à l'alignement est fourni par une conformation de la première et de la deuxième embase 15, 25. En effet, la première et la deuxième embase 15, 25 comprennent toutes deux des butées d'alignement 154 et des ouvertures 153 destinées à coopérer avec les modules individuels 21a, 21b, 21c... de l'autre ensemble 20, 10.

[0053] Le présent dispositif de couplage magnétique 1 selon l'invention peut être fabriqué à partir d'un procédé de fabrication comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'un premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c..., chaque première bobine 12a, 12b, 12c... étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage,
- fourniture d'un deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c..., chaque deuxième bobine 22a, 22b, 22c... étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage,
- agencement des premières et des deuxièmes bobines 12a, 12b, 12c, 22a, 22b, 22c... réparties le long d'une ligne fermée courbe 30 avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée 30, deux premières bobines 12a, 12b, 12c... successives le long de la ligne courbe fermée 30 étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine 22a, 22b, 22c..., le premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c... étant destiné à être relié au premier circuit 2, le deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... étant destiné à être relié au deuxième circuit 3.

[0054] On notera que, selon le présent exemple de réalisation, dans le cas où le premier et le deuxième ensemble 10, 20 forment respectivement un connecteur et un

connecteur complémentaire, l'agencement peut se faire en trois étapes :

- agencement des premières bobines 12a, 12b, 12c... réparties le long d'une ligne fermée courbe 30 avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée 30, deux premières bobines 12a, 12b, 12c... successives le long de la ligne courbe fermée 30 étant séparées l'une de l'autre par un espace destiné à recevoir au moins une deuxième bobine 22a, 22b, 22c..., lesdites premières bobines 12a, 12b, 12c... formant un premier ensemble 10 de premières bobines 12a, 12b, 12c...,
- agencement des deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... réparties le long d'une ligne fermée courbe 30 avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée 30, chaque deuxième bobine 22a, 22b, 22c... étant agencée le long de la ligne courbe fermée 30 de telle manière à pouvoir être accueillie dans un espace séparant deux premières bobines 12a, 12b, 12c..., lesdites deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c... formant un deuxième ensemble 20 de deuxièmes bobines 22a, 22b, 22c...,
- connexion du premier et du deuxième ensemble à respectivement le premier et le deuxième circuit 2, 3 de manière à former le dispositif de couplage magnétique 1 connectant l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit 2, 3.

Revendications

1. Dispositif de couplage magnétique (1) pour connecter l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit (2, 3), le dispositif de couplage magnétique (1) comprenant :
 - un premier ensemble (10) de premières bobines (12a, 12b, 12c...) destiné à être relié au premier circuit (2),
 - un deuxième ensemble (20) de deuxièmes bobines (22a, 22b, 22c...) destiné à être relié au deuxième circuit (3),
 le dispositif de couplage magnétique (1) **étant caractérisé en ce que** chaque première bobine (12a, 12b, 12c...) est fournie sous forme d'un premier module individuel (11a, 11b, 11c...) présentant un axe de bobinage, les deuxièmes bobines (22a, 22b, 22c...) étant chacune également fournies sous forme d'un deuxième module individuel (21a, 21b, 21c...) présentant un axe de bobinage, dans lequel les premières et les deuxièmes bobines (12a, 12b, 12c..., 22a, 22b, 22c...) sont réparties le long d'une ligne fermée courbe (30) avec leurs axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée

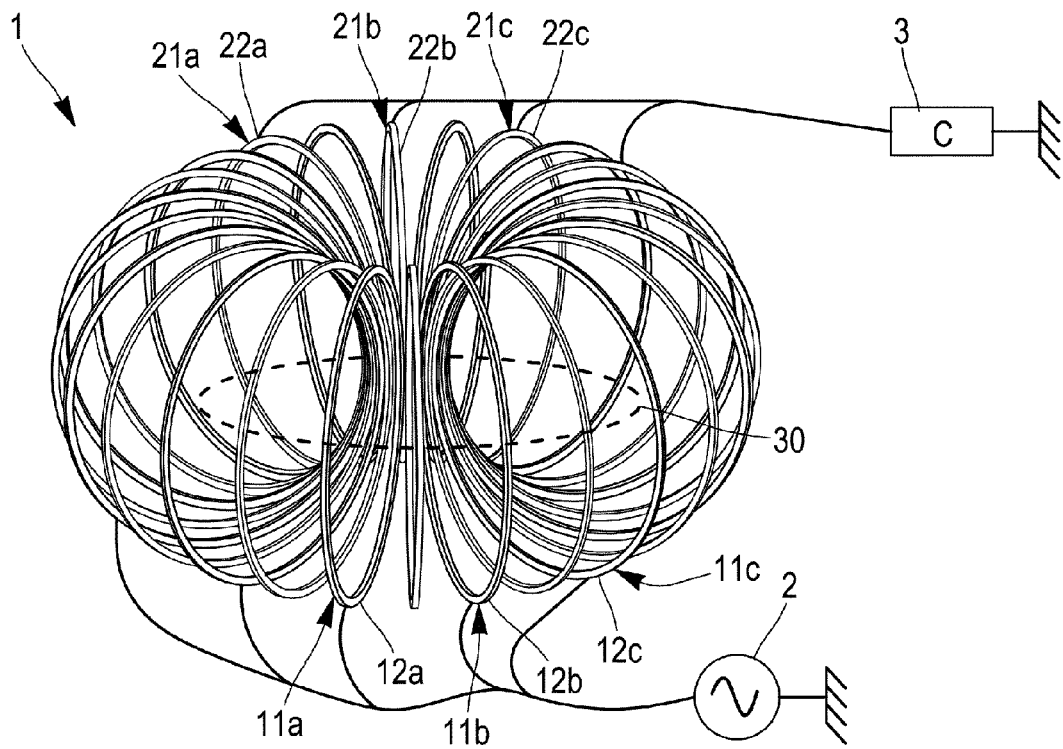
(30), deux premières bobines (12a, 12b, 12c...) successives le long de la ligne courbe fermée (30) étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine (22a, 22b, 22c...).

2. Dispositif de couplage magnétique (1) selon la revendication 1, dans lequel la ligne fermée (30) est une ellipse et est préférentiellement un cercle.
3. Dispositif de couplage magnétique (1) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, les premières et les deuxièmes bobines (12a, 12b, 12c..., 22a, 22b, 22c...) comprennent chacune une pluralité de spires (13), les spires (13) de chaque première bobine (12a, 12b, 12c...) étant agencées avec, sur une première portion interne (13a) à la ligne courbe fermée (30), un empilement de spires (13) selon une direction sensiblement perpendiculaire à la bissectrice de la ligne courbe fermée (30), et sur une première portion externe (13b) à la ligne fermée, un étalement de spires (13) le long de la ligne courbe fermée (30), les spires (13) de chaque deuxième bobine (22a, 22b, 22c...) étant agencées avec, sur une deuxième portion interne à la ligne courbe fermée (30), un empilement de spires (13) selon une direction sensiblement perpendiculaire à la bissectrice de la ligne courbe fermée (30), et sur une deuxième portion (13b) externe à la ligne courbe fermée (30), un étalement de spires le long de la ligne courbe fermée (30).
4. Dispositif de couplage magnétique (1) selon la revendication 3, dans lequel les spires (13) de chaque première bobine (12a, 12b, 12c...) s'étendent sur la première portion (13a) selon une direction sensiblement perpendiculaire à un plan de la ligne courbe fermée (30),

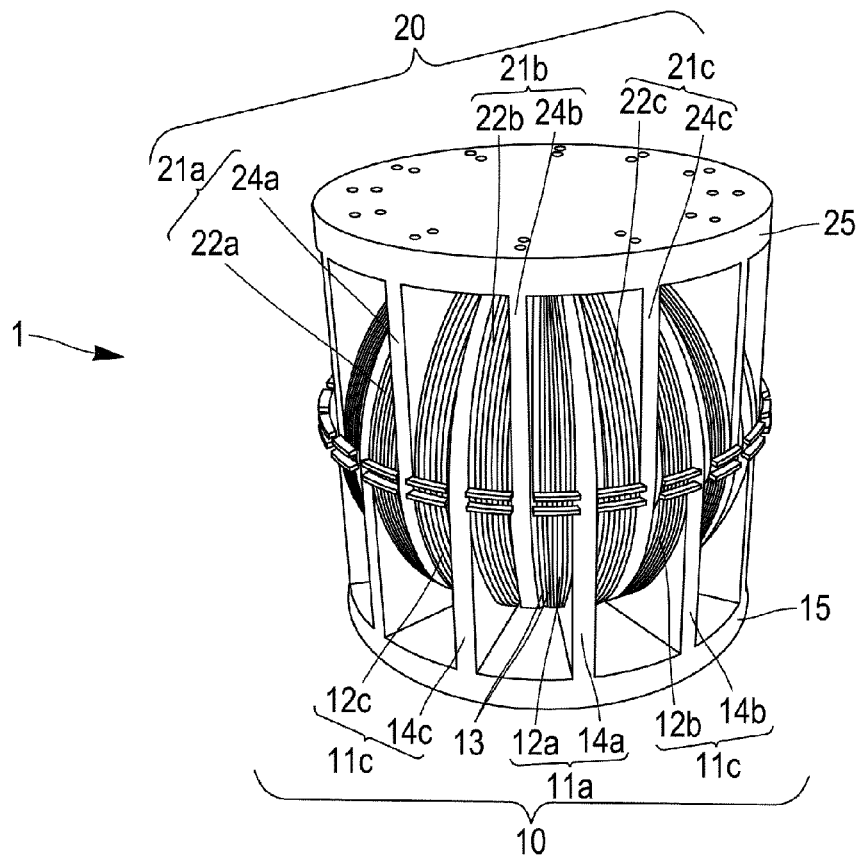
les spires (13) de chaque deuxième bobine (22a, 22b, 22c...) s'étendent sur la deuxième portion (13b) selon la direction sensiblement perpendiculaire au plan de la ligne courbe fermée (30), dans lequel, les spires (13) de chaque première et deuxième bobines s'étendent, sur leur deuxième portion (13b) et de manière avantageuse, selon une ligne courbe, préférentiellement en arc de cercle, autour de la ligne courbe fermée.
5. Dispositif de couplage magnétique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 comprenant en outre pour chaque première bobine (12a, 12b, 12c...) un premier support de bobinage (14a, 14b, 14c...) autour duquel est enroulé ladite première bobine (12a, 12b, 12c...) et pour chaque deuxième bobine (22a, 22b, 22c) un deuxième support de bobinage (24a, 24b, 24c...) autour duquel est enroulé ladite deuxième bobine (22a, 22b, 22c...).

6. Dispositif de couplage magnétique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel au moins une partie des premiers supports de bobinage (14a, 14b, 14c...) comprennent un système de dissipation thermique, le système de dissipation thermique comprenant préférentiellement un circuit de fluide caloporteur. 5
7. Dispositif de couplage magnétique (1) selon la revendication 5 ou 6 comprenant une première embase (15) sur laquelle sont montés les premiers supports de bobinage (14a, 14b, 14c...) et une deuxième embase (25) sur laquelle sont montés les deuxièmes supports de bobinage (24a, 24b, 24c...). 10 15
8. Dispositif de couplage magnétique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le deuxième ensemble (20) de deuxièmes bobines (22a, 22b, 22c...) est agencé emboîté avec le premier ensemble (10) de bobines (12a, 12b, 12c...) de manière amovible. 20
9. Dispositif de couplage magnétique (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le dispositif de couplage magnétique (1) est dépourvu de noyau magnétique. 25
10. Procédé de fabrication d'un dispositif de couplage magnétique (1) pour connecter l'un à l'autre un premier et un deuxième circuit (2, 3), le procédé comprenant les étapes suivantes : 30
- fourniture d'un premier ensemble (10) de premières bobines (12a, 12b, 12c...), chaque première bobine (12a, 12b, 12c...) étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage, 35
 - fourniture d'un deuxième ensemble (20) de deuxièmes bobines (22a, 22b, 22c...), chaque deuxième bobine (22a, 22b, 22c...) étant fournie sous forme d'un module individuel présentant un axe de bobinage, 40
 - agencement des premières et des deuxièmes bobines (12a, 12b, 12c..., 22a, 22b, 22c...) réparties le long d'une ligne fermée courbe (30) avec leur axes de bobinage s'étendant selon des bissectrices de ladite ligne courbe fermée (30), deux premières bobines (12a, 12b, 12c...) successives le long de la ligne courbe fermée (30) étant séparées l'une de l'autre par au moins une deuxième bobine (22a, 22b, 22c...), le premier ensemble (10) de premières bobines (12a, 12b, 12c...) étant destiné à être relié au premier circuit (2), le deuxième ensemble (20) de deuxièmes bobines (22a, 22b, 22c...) étant destiné à être relié au deuxième circuit (3). 45 50 55

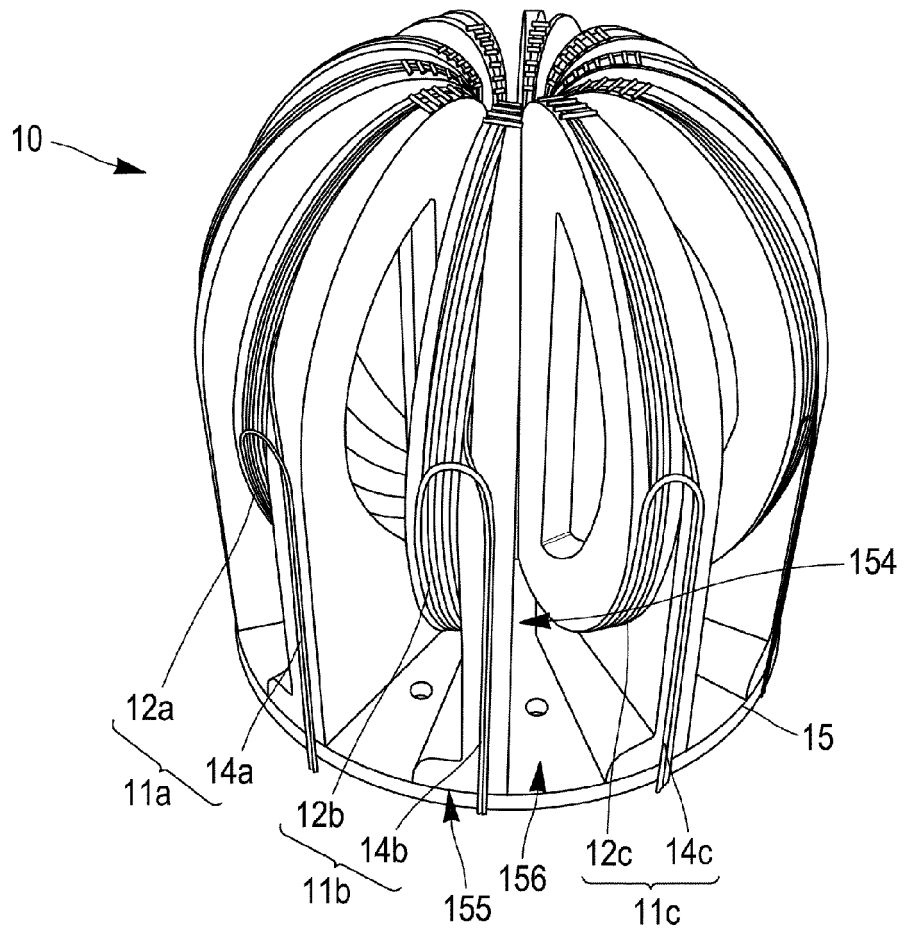
[Fig. 1]



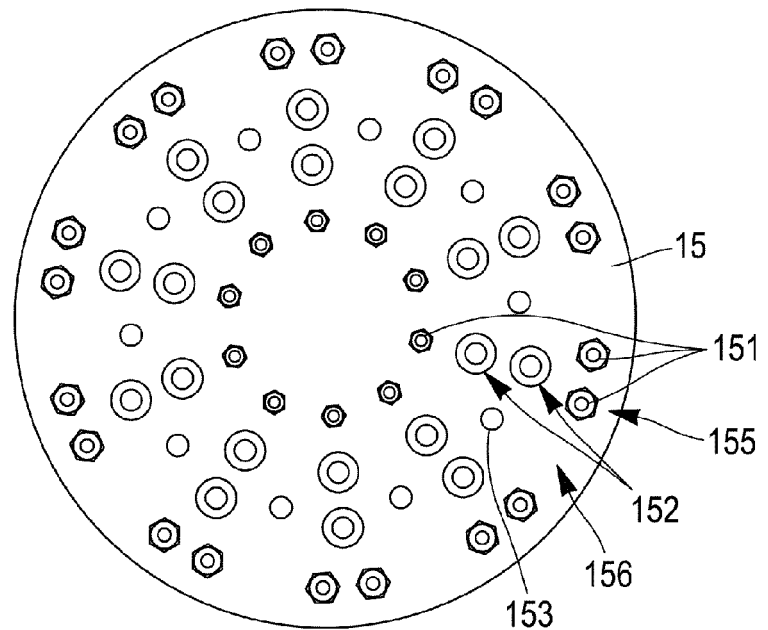
[Fig. 2]



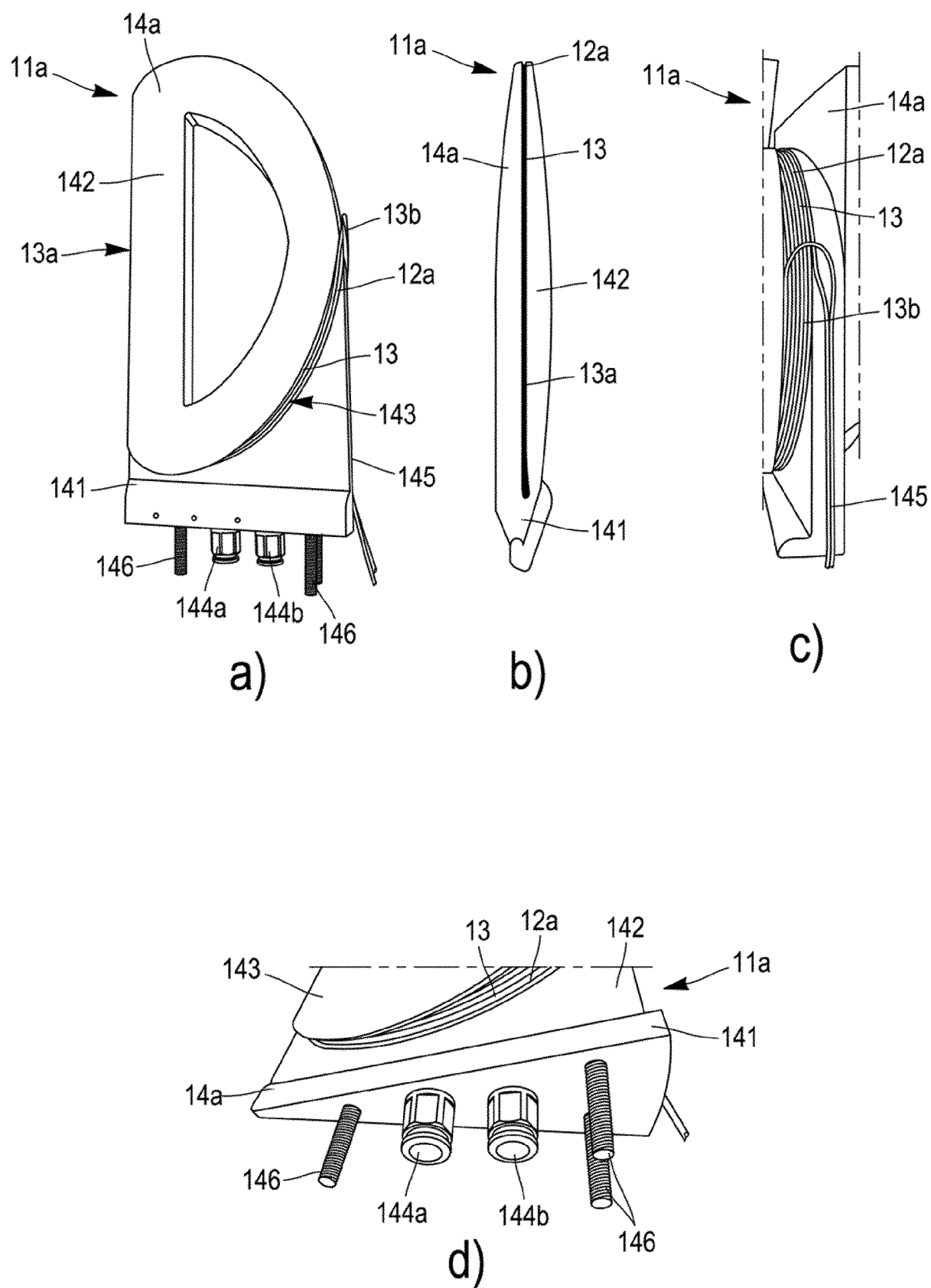
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 30 5579

5

10

15

20

25

30

35

40

45

1

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2017/330670 A1 (RIPPEL WALLY E [US] ET AL) 16 novembre 2017 (2017-11-16)	1, 2, 5, 6, 9, 10	INV.
A	* abrégé *	3, 4, 7, 8	H01F27/28
	* alinéa [0044] - alinéa [0046]; figures 1-2 *		H01F27/16
	* alinéa [0047] - alinéa [0053]; figure 3 *		H01F27/30
	-----		H01F38/14
A	US 5 463 303 A (HALL JOHN T [US] ET AL) 31 octobre 1995 (1995-10-31)	1-10	H01F30/08
	* abrégé *		H01F30/16
	* revendication 1; figures 2-3 *		

A	HASHIMOTO KAZUKI ET AL: "Equivalent circuit of interleaved air-core toroidal transformer derived from analogy with coupled transmission lines", IEICE ELECTRONICS EXPRESS, [Online] vol. 17, no. 21, 10 novembre 2020 (2020-11-10), pages 20200262-20200262, XP055970382, DOI: 10.1587/elex.17.20200262	1-10	
	Extrait de l'Internet: URL: https://www.researchgate.net/profile/Takashi-Hikihara/publication/347232268_Equivalent_circuit_of_interleaved_air-core_toroidal_transformer_derived_from_analogy_with_coupled_transmission_lines/links/617ff2fa3c987366c312294d/Equivalent-circuit-of-interleaved-air-core-toroidal-transformer-derived-from		
	[extrait le 2022-10-14]		
	* page 2, colonne 1; figure 1 *		

A	EP 3 622 544 A1 (THE UNIV OF DURHAM [GB]) 18 mars 2020 (2020-03-18)	3, 4	
	* abrégé; figure 1 *		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		14 octobre 2022	Warneck, Nicolas
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire			
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 22 30 5579

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

14-10-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2017330670 A1	16-11-2017	CN 109155180 A	04-01-2019
		DE 112017002471 T5	24-01-2019
		JP 6773811 B2	21-10-2020
		JP 2019519102 A	04-07-2019
		US 2017330670 A1	16-11-2017
		WO 2017197368 A1	16-11-2017

US 5463303 A	31-10-1995	AUCUN	

EP 3622544 A1	18-03-2020	EP 3622544 A1	18-03-2020
		GB 2558685 A	18-07-2018
		JP 2020521317 A	16-07-2020
		US 2020168349 A1	28-05-2020
		WO 2018206944 A1	15-11-2018

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82