

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 077 413**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **18 00085**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 F 7/00** (2018.01), H 01 F 7/06, H 01 F 41/02

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 AIMANT UNITAIRE AVEC FORMES EN RETRAIT DESTINEES A FAIRE PARTIE DE ZONES DE CONTACT ENTRE DES AIMANTS ADJACENTS.

②2 Date de dépôt : 26.01.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.08.19 Bulletin 19/31.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 11.03.22 Bulletin 22/10.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *WHYLOT SAS Société par actions simplifiée* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : RAVAUD ROMAIN, MAYEUR LOIC et MIHAILA VASILE.

⑦3 Titulaire(s) : *WHYLOT SAS Société par actions simplifiée*.

⑦4 Mandataire(s) : *WHYLOT*.

FR 3 077 413 - B1



«Aimant unitaire avec formes en retrait destinées à faire partie de zones de contact entre des aimants adjacents »

5 La présente invention concerne un aimant unitaire présentant des formes en retrait destinées à faire partie de zones de contact entre des aimants unitaires adjacents et une structure d'aimant à plusieurs aimants unitaires adjacents. L'invention concerne aussi un actionneur électromagnétique comportant une ou plusieurs de telles structures d'aimant.

10 La présente invention trouve une application avantageuse mais non limitative pour un actionneur électromagnétique délivrant une forte puissance avec une vitesse de rotation du rotor élevée, ce qui est obtenu par l'utilisation d'une ou de structures d'aimant selon la présente invention. Un tel actionneur électromagnétique peut être utilisé par exemple dans un véhicule automobile
15 totalement électrique ou hybride.

Avantageusement mais non limitativement, l'actionneur peut être un actionneur rotatif pouvant comprendre au moins un rotor encadré par deux stators, ces éléments pouvant se superposer les uns par rapport aux autres en étant séparés par au moins un entrefer sur un même arbre.

20 Dans des applications à haute vitesse, il est nécessaire d'avoir non seulement un système compact rendu possible par la réduction de la masse et de l'encombrement de l'actionneur électromagnétique pour un rendement optimal, mais également une très bonne tenue mécanique de la partie tournante ou en translation, c'est-à-dire le rotor ou l'élément en translation
25 linéaire, afin d'améliorer la fiabilité du système.

Dans des applications à haute vitesse, il est nécessaire de réduire les pertes pour un rendement optimal. Dans des applications automobiles, la miniaturisation est de plus en plus recherchée. Pour cela, il est important d'avoir un système compact rendu possible par la réduction de la masse et de
30 l'encombrement de l'actionneur, mais également une très bonne tenue mécanique de la partie en déplacement, afin d'améliorer la fiabilité du système.

Pour un actionneur électromagnétique à flux axial, comme exemple non limitatif de la présente invention, le rotor comporte un corps sous forme
35 d'un disque présentant deux faces circulaires reliées par une épaisseur, le

disque étant délimité entre une couronne externe et une périphérie interne délimitant un évidement pour un arbre de rotation.

Au moins deux aimants permanents sont appliqués contre au moins une des deux faces circulaires du corps dite face de support. Pour un rotor
5 mono-entrefer destiné à être associé à un stator, une seule face circulaire du corps porte des aimants tandis que, pour un rotor à deux entrefers avec un stator respectif, ce sont les deux faces qui portent des aimants.

Les aimants sont chacun maintenus sur la face ou leur face respective par des moyens de maintien, un intervalle étant laissé entre lesdits au moins
10 deux aimants sur une même face.

Pour un actionneur électromagnétique à flux radial, le rotor comporte un corps cylindrique dont tout le pourtour porte des aimants.

Pour le stator ou chaque stator, ceux-ci portent des éléments de bobinage comprenant une dent portant une bobine, la dent étant encadrée sur
15 chacun de ses côtés par une encoche, un fil métallique bon conducteur étant enroulé sur la dent pour former la bobine.

Quand la série ou les séries de bobinages sont alimentées électriquement, le rotor qui est solidarisé à l'arbre de sortie du moteur est soumis à un couple résultant du champ magnétique, le flux magnétique créé
20 étant un flux axial pour une machine électromagnétique à flux axial et un flux radial pour une machine à flux radial.

Il est connu que les aimants peuvent se désaimanter quand soumis à des températures élevées.

Le document US-A-2011/0080065 décrit un rotor pour moteur à flux
25 axial avec une pluralité de structures d'aimant disposées autour du rotor et composées de plusieurs aimants unitaires.

L'invention décrite dans ce document a été élaborée sur la constatation que les aimants permanents dans un tel moteur sont exposés à une température élevée en raison de la chaleur générée par les enroulements et
30 ont une probabilité de démagnétisation par le champ démagnétisant des enroulements. Il existe donc une demande pour des aimants dans lesquels la force coercitive qui est un indice de résistance thermique et de résistance à la démagnétisation est supérieure à un certain niveau.

Lorsque le rotor tourne, des courants de Foucault circulent dans les
35 aimants. Des moyens efficaces pour réduire les courants de Foucault

consistent à diviser un corps magnétique pour interrompre le trajet du courant de Foucault. Alors que la division d'un corps d'aimant en plus petits morceaux conduit à une réduction plus importante des pertes par courants de Foucault, il devient nécessaire de prendre en compte des problèmes tels qu'une
5 augmentation du coût de fabrication et une diminution du rendement.

Ce document propose que chacun des aimants unitaires divisés présente une force coercitive près de la surface de la pièce d'aimant plus élevée que celle à l'intérieur de l'aimant unitaire. Ceci est une mesure difficile à mettre en œuvre et coûteuse.

10 De plus, dans ce document, les aimants unitaires sont collés face contre face en étant sous forme de cubes, ce qui concourt à leur désaimantation et ne permet pas un échange de chaleur avec l'extérieur des aimants. Il s'est donc révélé qu'une telle disposition d'aimants unitaires sous forme de cubes collés les uns contre les autres ne renforçait pas la solidité
15 d'une structure d'aimant composée de tels aimants unitaires.

Il a bien été prévu de disposer des aimants unitaires dans un maillage pour former une structure d'aimant mais ceci requiert un supplément de travail de disposition des aimants et une perte de place due aux mailles entre les aimants, la structure d'aimant contenant moins d'aimants unitaires et perdant
20 ainsi en pouvoir d'aimantation.

Le problème à la base de la présente invention est de concevoir un aimant unitaire dont la forme permet une solidarisation résistante avec des aimants unitaires qui lui sont adjacents sans interposition d'éléments de séparation entre les aimants unitaires.

25 A cet effet la présente invention concerne un aimant unitaire de forme allongée caractérisé en ce qu'il comporte une première portion longitudinale présentant un contour extérieur portant des formes en retrait vers l'intérieur de l'aimant unitaire s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion et/ou des formes en retrait s'étendant sur au moins une
30 partie du pourtour de l'aimant unitaire transversalement à un axe longitudinal de l'aimant unitaire à proximité d'au moins une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire.

A proximité de l'extrémité longitudinale signifie que les formes en retrait transversales sont comprises entre une extrémité longitudinale de l'aimant
35 unitaire et au plus à un point à égale distance de l'extrémité longitudinale de

l'aimant unitaire et du milieu de la longueur de la première portion de l'aimant unitaire.

Ces formes en retrait longitudinales et/ou transversales sont placées dans des zones destinées à assurer le contact entre des aimants adjacents.

5 Selon la présente invention, il n'est pas recherché à coller les aimants unitaires face contre face mais seulement localement sur les formes en retrait contenant alors de la colle, avantageusement sous forme de résine. Ces zones de contact peuvent être ponctuelles, linéaires ou en arc de cercle selon le contour extérieur des aimants unitaires.

10 Avantageusement, les formes en retrait sont des chanfreins longitudinaux et/ou transversaux à l'aimant unitaire creusés dans le contour extérieur de la première portion de l'aimant unitaire. Ces chanfreins remplis de colle sont destinés à former les zones de contact entre deux aimants unitaires adjacents. Un aimant unitaire peut être associé à de multiples aimants
15 adjacents.

Avantageusement, la première portion et les chanfreins longitudinaux s'étendent sur toute une longueur de l'aimant.

Avantageusement, la première portion formant corps de l'aimant unitaire est de forme polygonale en présentant des facettes longitudinales ou
20 de forme cylindrique de section circulaire ou ovalisée.

Avantageusement, quand la première portion est de forme polygonale en présentant des facettes longitudinales, chaque chanfrein sépare deux facettes longitudinales de la première portion. Pour une forme polygonale, ce
25 sont de préférence les arrêtes longitudinales qui vont porter des chanfreins longitudinaux.

Avantageusement, chaque chanfrein présente une profondeur variant dans la longueur de l'aimant. Ceci permet d'avoir une épaisseur de colle qui n'est pas constant tout le long du chanfrein.

Avantageusement, l'aimant unitaire présente au moins une deuxième
30 portion à une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire en prolongement de la première portion, ladite au moins une deuxième portion pointant vers une extrémité longitudinale associée de l'aimant en diminuant de section en se rapprochant de l'extrémité longitudinale.

En considérant un aimant unitaire en tant qu'élément élémentaire sous
35 forme de plot, la forme idéale de ce plot est un ellipsoïde de révolution

symétrique aussi appelé forme ovoïde, approximativement une sphère aplatie, qui de par sa topologie est difficile à désaimanter car son champ magnétique relatif à l'aimantation est informe. Il n'y a pas de champ tournant dans les coins. A partir ce constat, une démarche inventive préférentielle de la
5 présente invention est de constituer un maillage d'aimants unitaires se rapprochant le plus possible de l'ellipsoïde de révolution.

Plusieurs modes de réalisation sont possibles et la forme ovoïde de l'aimant unitaire peut être plus ou moins parfaite en présentant une portion d'extrémité de forme arrondie convexe à une extrémité longitudinale ou aux
10 deux extrémités longitudinales.

Une forme ovoïde relativement parfaite avec deux extrémités longitudinales de forme convexe est optimale mais difficile à obtenir par usinage. Par contre c'est la forme idéale pour combattre une désaimantation de l'aimant unitaire.

15 En alternative, un aimant unitaire basé sur une structure poly-facettes avec une première portion dite de corps avec des facettes longitudinales et au moins une portion d'extrémité avec des facettes inclinées dont les angles sont compris entre 0 et 45° peut aussi être envisagé en permettant d'augmenter le champ magnétique relatif à l'aimantation tout en conservant des faces actives
20 importantes aux extrémités des aimants unitaires sous forme de plots.

Entre ces deux formes de réalisation de nombreuses autres formes s'approchant plus ou moins d'une forme ovoïde sont aussi possibles.

Avantageusement, l'aimant unitaire présente un contour extérieur au moins partiellement ovoïde avec la première portion formant corps de l'aimant
25 unitaire présentant une plus grande section et s'étendant sur une plus grande longueur de l'aimant unitaire que ladite au moins une deuxième portion.

Il est ainsi obtenu un aimant unitaire avec une forme ovoïde résistante à la désaimantation de l'aimant. Un tel aimant unitaire est cependant plus difficile à usiner qu'un aimant unitaire de forme polygonale avec au moins une
30 extrémité longitudinale arrondie de forme convexe pour se rapprocher d'une forme ovoïde.

Avantageusement, ladite au moins une deuxième portion d'extrémité longitudinale est bombée en étant de forme convexe, un sommet de la forme convexe de la deuxième portion d'extrémité longitudinale réalisant l'extrémité

longitudinale associée de l'aimant unitaire. Ceci permet d'obtenir une forme se rapprochant au moins à une extrémité longitudinale d'une forme ovoïde.

Avantageusement, ladite au moins une deuxième portion d'extrémité longitudinale se termine à son extrémité longitudinale associée par une
5 facette médiane formant l'extrémité longitudinale. L'extrémité longitudinale est alors tronquée et relativement plane.

Avantageusement, ladite au moins une deuxième portion d'extrémité longitudinale comprend des facettes latérales inclinées vers un axe longitudinal de l'aimant en s'approchant de l'extrémité longitudinale associée
10 de l'aimant, les facettes latérales inclinées s'étendant entre une grande base reliée à la première portion formant corps de l'aimant de l'aimant et une petite base formant une extrémité longitudinale de l'aimant. Cette forme de réalisation est plus aisée à réaliser qu'une forme ovoïde parfaite.

Avantageusement, les facettes latérales inclinées sont bombées en
15 étant convexes. Cela permet de rapprocher la forme de réalisation présentant des facettes d'une forme ovoïde.

Avantageusement, les facettes latérales inclinées de ladite au moins une deuxième portion présentent la même largeur que les facettes longitudinales de la première portion, une facette inclinée étant mise bout à
20 bout avec une facette longitudinale respective. Les facettes latérales inclinées prolongent alors les facettes longitudinales.

Avantageusement, la grande base de chaque facette inclinée est creusée au moins partiellement d'un chanfrein transversal en tant que forme en retrait.

Avantageusement, chaque extrémité longitudinale de l'aimant comprend une deuxième portion d'extrémité longitudinale. La forme ovoïde est alors garantie sur les deux extrémités longitudinales de l'aimant unitaire.

L'invention concerne une structure d'aimant en trois dimensions constituée d'une pluralité d'aimants unitaires, caractérisée en ce que chaque
30 aimant unitaire est tel que précédemment mentionné, les aimants unitaires étant directement adjacents les uns aux autres en étant partiellement en contact au niveau des formes en retrait vers l'intérieur, les aimants étant collés par dépôt de colle sur au moins une portion des formes en retrait, la pluralité d'aimants unitaires réalisant un maillage d'aimants sans interposition
35 d'éléments de maintien entre eux autres que la colle.

On obtient ainsi comme aimants unitaires des "cristaux" associés entre eux qui ne sont pas liés sur toute la surface de facettes ou de faces longitudinales mais des couches de résine et de colle viennent se substituer par exemple à au moins une extrémité longitudinale car il n'y a pas de
5 deuxième portion à cette extrémité longitudinale ou sur la grande base des facettes inclinées, par exemple à 45° et/ou sur les facettes longitudinales munies avantageusement sous forme de chanfreins respectivement transversaux et longitudinaux afin de construire un réseau maillé aux
10 extrémités des plots poly-facettes avec des zones de contact entre aimants limitées.

Pour des aimants unitaires de forme ovoïde parfaite avec une première portion arrondie, le contact entre deux aimants unitaires adjacents est plus réduit en ne pouvant n'être que ponctuel et correspond sensiblement à un arc de cercle de dimension réduite entre les deux aimants unitaires. Il peut être
15 creusé une strie à la dimension de l'arc de cercle de contact entre deux aimants unitaires adjacents pour recevoir de la colle, avantageusement sous forme de résine.

Avantageusement, quand les formes longitudinales et/ou transversales en retrait sont des chanfreins longitudinaux et/ou transversaux à l'aimant
20 unitaire creusés dans le contour extérieur de l'aimant, le dépôt de colle concerne exclusivement les chanfreins longitudinaux et/ou transversaux des aimants unitaires.

Avantageusement, la grande base de chaque facette inclinée étant creusée au moins partiellement d'un chanfrein transversal en tant que forme
25 en retrait transversal sur ladite au moins une deuxième portion, le dépôt de colle concerne exclusivement les grandes bases des aimants unitaires pour ladite au moins une deuxième portion.

L'invention concerne un actionneur électromagnétique linéaire ou rotatif, caractérisé en ce qu'il comprend une telle structure d'aimant unitaire ou
30 plusieurs de telles structures d'aimant, la ou les structures d'aimant faisant partie d'un rotor rotatif autour de son centre, la ou les structures d'aimant étant disposées concentriquement au centre du rotor.

Avantageusement, quand unitaire, la structure d'aimant forme un unique aimant s'étendant sur l'actionneur ou, quand multiples, les structures

d'aimant sont des pavés successifs formant des pôles d'aimant successifs alternés.

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une telle structure d'aimant, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- 5 - découpe dans une tuile aimantée présentant une longueur, une largeur et une épaisseur formant trois dimensions de la tuile de plusieurs aimants unitaires selon les trois dimensions de la tuile aimantée,
- détermination de zones de contact partiel sur chaque aimant unitaire avec chaque aimant qui lui est adjacent quand les aimants sont
10 disposés les uns à côté des autres,
- réalisation aux zones de contact de formes en retrait vers l'intérieur de l'aimant unitaire s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion et/ou transversalement à la première portion,
- collage de chaque aimant unitaire par dépôt d'une résine pour chaque
15 aimant unitaire uniquement sur les zones de contact partiel déterminées,
- positionnement des aimants unitaires ainsi collés de manière adjacente les uns aux autres, un contact partiel entre deux aimants unitaires adjacents étant établi aux zones de contact.

20 La démarche à la base de la présente invention est donc que la tenue entre les aimants unitaires soit assurée sans avoir besoin d'un maillage logeant les aimants unitaires individuellement, ce qui représente un gain de place et permet de loger plus d'aimants unitaires par structure d'aimant.

 De plus, il n'est plus assuré un contact face contre face des aimants
25 unitaires comme le proposait l'état de la technique mais un contact sensiblement ponctuel, linéaire ou en arc de cercle, ce qui permet d'augmenter le champ magnétique relatif à l'aimantation et d'éviter de doper les aimants tout en évitant les courants de Foucault élémentaires. Il est ainsi possible de rassembler un nombre total d'aimants unitaires très élevé dans
30 une structure d'aimant, par exemple de l'ordre de 200 à 300 aimants unitaires par structure d'aimant, comparé au plus à une vingtaine dans une structure d'aimant selon l'état de la technique.

 Au final, il est possible d'envisager des aimants unitaires adoptant
35 différentes configurations tendant plus ou moins vers une forme ovoïde parfaite.

Avantageusement, il est procédé à une injection d'une couche de composite autour des aimants unitaires ainsi mis en contact et collés pour leur enrobage. Ceci permet d'obtenir une structure d'aimant compact en remplissant les interstices entre aimants unitaires.

5

D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et au regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

10 - les figures 1a, 1b et 1c sont des représentations schématiques respectivement d'une vue de face d'une structure d'aimant contenant plusieurs aimants unitaires, d'une vue agrandie de cette structure d'aimant et d'une vue en perspective d'un aimant unitaire sous forme d'un plot allongé de forme polygonale selon une première forme de réalisation de la présente invention,

15 - les figures 2a, 2b et 2c sont des représentations schématiques respectivement d'une vue de face d'une structure d'aimant contenant plusieurs aimants unitaires, d'une vue agrandie de cette structure d'aimant et d'une vue en perspective d'un aimant unitaire sous forme d'un plot allongé selon une deuxième forme de réalisation de la présente invention, l'aimant
20 unitaire comportant au moins une portion d'extrémité longitudinale de forme ovoïde avec des facettes inclinées,

25 - les figures 3a, 3b et 3c sont des représentations schématiques respectivement d'une vue de face d'une structure d'aimant contenant plusieurs aimants unitaires, d'une vue agrandie de cette structure d'aimant et d'une vue en perspective d'un aimant unitaire sous forme d'un plot allongé selon une troisième forme de réalisation de la présente invention, l'aimant
unitaire comportant au moins une portion d'extrémité longitudinale de forme ovoïde avec des facettes inclinées, les facettes inclinées étant bombées,

30 - les figures 4a, 4b et 4c sont des représentations schématiques respectivement d'une vue de face d'une structure d'aimant contenant plusieurs aimants unitaires, d'une vue agrandie de cette structure d'aimant et d'une vue en perspective d'un aimant unitaire sous forme d'un plot allongé selon une quatrième forme de réalisation de la présente invention, l'aimant
unitaire présentant une forme ovoïde sensiblement parfaite avec deux
35 portions d'extrémité longitudinale bombées,

- la figure 5 est une représentation schématique d'une vue en perspective d'une structure d'aimant selon la présente invention logeant des aimants unitaires selon la deuxième forme de réalisation, des aimants unitaires étant montrés à distance de la structure d'aimant pour être mieux
5 visibles,

- la figure 6 est une représentation schématique d'une vue en perspective d'un rotor comprenant plusieurs structures d'aimant, le rotor faisant partie d'un actionneur électromagnétique selon la présente invention, la partie encadrée A à cette figure faisant référence à la figure 5.

10

Les figures sont données à titre d'exemples et ne sont pas limitatives de l'invention. Elles constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques. En particulier les
15 dimensions des différentes pièces ne sont pas représentatives de la réalité.

Dans ce qui va suivre, il sera référencé un seul aimant unitaire, une seule structure d'aimant, une seule facette longitudinale, une seule facette inclinée et un seul chanfrein longitudinal ou transversal mais ce qui est énoncé pour un de ces éléments référencés est applicable pour tous les
20 éléments similaires.

Etre transversal à l'aimant unitaire signifie être dans un plan perpendiculaire à un axe longitudinal de l'aimant unitaire allongé présentant une forme de plot.

En se référant à toutes les figures et notamment aux figures 1a à 1c, 2a à 2c, 3a à 3c et 4a à 4c, la présente invention concerne un aimant unitaire 1
25 de forme allongée pouvant être considéré comme un plot, sa longueur étant notoirement plus grande que sa largeur.

L'aimant unitaire 1 présente une première portion 1a longitudinale présentant un contour extérieur portant des formes en retrait 6 vers l'intérieur de l'aimant unitaire 1 s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion 1a ainsi que des formes en retrait 6a vers l'intérieur de l'aimant unitaire 1 s'étendant sur au moins une portion de pourtour de l'aimant unitaire transversalement à un axe longitudinal de l'aimant unitaire 1.
30

L'aimant unitaire 1 peut aussi présenter au moins une deuxième portion
35 1b longitudinale prolongeant la première portion 1a longitudinale vers une

extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1 et des formes en retrait transversales 6a peuvent être prévues sur cette ou ces deuxièmes portions 1b longitudinales en alternative ou en complément des formes en retrait longitudinales 6 de la première portion 1a, avantageusement à la jonction des
5 première 1a et deuxième portions 1b.

Comme montré à la figure 1c, les formes en retrait transversales 6a peuvent être aussi présentes sur la première portion 1a quand l'aimant unitaire 1 ne présente pas de deuxième portion 1b, ceci aux extrémités longitudinales de l'aimant unitaire 1.

10 Ainsi, quand il n'y a pas de deuxième portion 1b, des formes en retrait peuvent s'étendre sur au moins une partie du pourtour de l'aimant unitaire 1 transversalement à un axe longitudinal de l'aimant unitaire 1 juste à l'extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1, comme cela peut être le cas à la figure 1c.

Ces formes en retrait 6, 6a peuvent être des chanfreins longitudinaux 6
15 et/ou transversaux 6a à l'aimant unitaire 1 creusés dans le contour extérieur de la première portion 1a de l'aimant unitaire 1, les formes en retrait transversales 6a pouvant être disposées à la jonction des première 1a et deuxième portions 1b.

A la figure 1c, l'aimant unitaire 1 comprend une seule première portion
20 1a sans deuxième portion 1b d'extrémité. La première portion 1a est polygonale en présentant des facettes longitudinales 3. Les formes en retrait longitudinales 6, avantageusement des chanfreins 6, peuvent être creusées aux arrêtes longitudinales entre deux facettes longitudinales 3 et les formes en retrait transversales 6a peuvent être creusées à au moins une des deux
25 extrémités longitudinales de l'aimant unitaire 1.

Il s'ensuit que la première portion 1a et les chanfreins longitudinaux 6 peuvent s'étendre sur toute une longueur de l'aimant. Chaque chanfrein longitudinal 6 peut ainsi séparer deux facettes longitudinales 3 de la première portion 1a.

30 A la figure 2c, l'aimant unitaire 1 comprend une seule deuxième portion 1b d'extrémité. Les première 1a et deuxième portions 1b de l'aimant unitaire 1 comprennent chacune des facettes, des facettes longitudinales 3 pour la première portion 1a et des facettes inclinées 4 vers l'extrémité longitudinale associée à la deuxième portion 1b.

Les formes en retrait longitudinales 6, avantageusement des chanfreins longitudinaux 6, peuvent être creusées aux arrêtes longitudinales entre deux facettes longitudinales 3 de la première portion 1a et/ou les formes en retrait transversales 6a, avantageusement des chanfreins transversaux 6a, peuvent être creusées sur une grande base 4a des facettes inclinées 4 de la deuxième portion 1b s'étendant de la grande base 4a vers une petite base formant l'extrémité longitudinale associée de l'aimant unitaire 1.

A la figure 3c, l'aimant unitaire 1 comprend deux deuxièmes portions 1b d'extrémité respectivement pour une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1. Les première 1a et deuxième portions 1b de l'aimant unitaire 1 comprennent chacune des facettes, des facettes longitudinales 3 pour la première portion 1a et des facettes inclinées 4 vers l'extrémité longitudinale associée à la deuxième portion 1b respective. Dans ce mode de réalisation, les facettes inclinées 4 sont bombées.

Les formes en retrait longitudinales 6, avantageusement des chanfreins longitudinaux 6, peuvent être creusées aux arrêtes longitudinales entre deux facettes longitudinales 3 de la première portion 1a et/ou les formes en retrait transversales 6a, avantageusement des chanfreins transversaux 6a, peuvent être creusées sur une grande base 4a des facettes inclinées 4 de la deuxième portion 1b.

A la figure 4c, l'aimant unitaire 1 présente une forme ovoïde presque parfaite avec une première portion 1a et deux deuxièmes portions 1b d'extrémité arrondies et de forme convexe. Le contact entre deux aimants unitaires 1 adjacents et ovoïde est sensiblement ponctuel ou s'étend selon un arc de cercle limité.

Dans ce cas, l'aimant unitaire 1 peut présenter un contour extérieur au moins partiellement ovoïde avec la première portion 1a formant corps de l'aimant unitaire 1 présentant une plus grande section et s'étendant sur une plus grande longueur de l'aimant unitaire 1 que ladite au moins une deuxième portion 1b, à la figure 4c deux deuxièmes portions 1b dont une à chacune des deux extrémités longitudinales de l'aimant unitaire 1.

Les formes en retrait, avantageusement des chanfreins, peuvent être creusées à la zone de contact réduite entre deux aimants unitaires 1 ovoïdes adjacents.

Les formes en retrait transversales 6a qui s'étendent sur au moins une partie du pourtour de l'aimant unitaire 1 transversalement à un axe longitudinal de l'aimant unitaire 1 peuvent être positionnées à proximité d'au moins une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1. Il peut y avoir une
5 forme en retrait transversal à proximité de chacune des extrémités longitudinales de l'aimant unitaire 1.

Ce positionnement peut se faire juste à l'extrémité longitudinale quand l'aimant unitaire 1 ne comprend seulement qu'une première portion 1a comme montré à la figure 1c ou à la jonction de la première portion 1a avec au moins
10 une deuxième portion 1b, comme montré aux figures 2c et 3c. Un positionnement à proximité d'au moins une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1 couvre ces deux positions et toutes les positions intermédiaires.

Comme une deuxième portion 1b est sensiblement deux fois moins grandes qu'une première portion 1a ou même encore plus petite, à proximité
15 de l'extrémité longitudinale signifie que les formes en retrait transversales 6a sont comprises entre une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1 et au plus un point à égale distance de l'extrémité longitudinale de l'aimant unitaire et du milieu de la longueur de la première portion 1a de l'aimant unitaire 1.

Comme montré à la figure 1c, la première portion 1a formant corps de
20 l'aimant unitaire 1 peut être de forme polygonale en présentant des facettes longitudinales 3. En alternative, la première portion 1a de l'aimant unitaire 1 peut aussi être de forme cylindrique de section circulaire ou ovalisée. Dans ce cas, il est possible de munir aussi la forme cylindrique plus ou moins exacte d'au moins un chanfrein longitudinal 6 dans le sens de sa longueur et/ou d'au
25 moins un chanfrein transversal 6a à au moins une des extrémités longitudinales de l'aimant unitaire 1.

Chaque chanfrein 6, 6a peut présente une profondeur variant dans la longueur de l'aimant. Pour un chanfrein longitudinal 6, cette profondeur peut être plus grande vers une extrémité longitudinale ou au contraire plus grande
30 dans la portion médiane longitudinale de l'aimant unitaire 1.

Comme précédemment mentionné et montré aux figures 2c, 3c et 4c, l'aimant unitaire 1 peut présenter au moins une deuxième portion 1b à une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1 en prolongement de la première portion 1a. Il peut y avoir aussi deux deuxièmes portions 1b avec une

deuxième portion 1b respectivement à une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1.

La ou les deuxièmes portions 1b peuvent pointer vers une extrémité longitudinale associée de l'aimant en diminuant de section en se rapprochant de l'extrémité longitudinale.

Comme montré à la figure 3c et surtout à la figure 4c, la ou les deuxièmes portions 1b d'extrémité longitudinale peuvent être bombées en étant de forme convexe. Un sommet de la forme convexe de la ou de chaque deuxième portion 1b d'extrémité longitudinale réalise l'extrémité longitudinale associée de l'aimant unitaire 1.

Comme montré aux figures 2c, 3c et 4c, la ou les deuxièmes portions 1b d'extrémité longitudinale peuvent se terminer à leur extrémité longitudinale associée par une facette médiane 5 formant l'extrémité longitudinale. A la figure 4c, pour la forme ovoïde, cette facette médiane 5 formant l'extrémité longitudinale est cependant bombée et n'est qu'optionnelle.

Comme montré aux figures 2c et 3c, la ou les deuxièmes portions 1b d'extrémité longitudinale peuvent comprendre des facettes latérales inclinées 4 vers un axe longitudinal de l'aimant 1 en s'approchant de l'extrémité longitudinale associée de l'aimant.

Ces facettes latérales inclinées 4 peuvent s'étendre entre une grande base 4a reliée à la première portion 1a formant corps de l'aimant de l'aimant et une petite base formant une extrémité longitudinale de l'aimant. C'est une telle grande base 4a qui peut porter des formes en retrait transversales 6a en alternative ou en complément des formes en retrait longitudinales 6 portées par la première portion 1a.

Comme montré à la figure 3c, les facettes latérales inclinées 4 peuvent être bombées en étant convexes.

Comme montré aux figures 2c et 3c, les facettes latérales inclinées 4 de la ou des deuxièmes portions 1b peuvent présenter la même largeur que les facettes longitudinales de la première portion 1a, une facette inclinée 4 étant mise bout à bout avec une facette longitudinale 3 respective.

Comme montré le plus visiblement aux figures 3c et 4c, chaque extrémité longitudinale de l'aimant unitaire 1 peut comprendre une deuxième portion 1b d'extrémité longitudinale.

En se référant plus particulièrement aux figures 1a et 1b, 2a et 2b, 3a et 3b, 4a et 4b et aux figures 5 et 6, l'invention concerne une structure d'aimant 2 en trois dimensions constituée d'une pluralité d'aimants unitaires 1, chaque aimant unitaire étant tel que précédemment mentionné.

5 Dans cette structure d'aimant 2, les aimants unitaires 1 sont directement adjacents les uns aux autres en étant partiellement en contact au niveau des formes en retrait longitudinales 6 et/ou transversales 6a vers l'intérieur. Les aimants unitaires 1 sont collés par dépôt de colle sur au moins une portion des formes en retrait 6, 6a. La pluralité d'aimants unitaires 1
10 réalise un maillage d'aimants sans interposition d'éléments de maintien entre eux autres que la colle, les aimants unitaires 1 étant en contact direct entre aimants adjacents. Ceci est particulièrement bien visible à la figure 5 et aux figures agrandies 1b, 2b, 3b et 4b. Les motifs faits par les aimants unitaires 1 sont différents selon la conception de ces aimants unitaires 1.

15 Quand les formes longitudinales en retrait sont des chanfreins longitudinaux 6 à l'aimant unitaire 1 creusés dans le contour extérieur de l'aimant sur la première portion 1a de l'aimant unitaire 1, le dépôt de colle concerne les chanfreins 6 des aimants unitaires 1.

Quand la grande base 4a de chaque facette inclinée est creusée au
20 moins partiellement d'un chanfrein transversal 6a en tant que forme en retrait sur la ou les deuxièmes portions 1b, le dépôt de colle concerne exclusivement les grandes bases 4a des aimants unitaires 1 pour ladite au moins une deuxième portion 1b. Bien entendu pour des chanfreins longitudinaux 6 et transversaux 6a en association, ce sont ces deux types de chanfreins
25 longitudinaux 6 et transversaux 6a qui reçoivent exclusivement le dépôt de colle.

Ceci veut dire que seules les formes en retrait longitudinaux 6 et transversaux 6a reçoivent de la colle et que donc le collage est ponctuel en étant limité aux formes en retrait.

30 Comme montré à la figure 6, l'invention concerne un actionneur électromagnétique linéaire ou rotatif avec une telle structure d'aimant 2 unitaire 1 ou plusieurs de telles structures d'aimant 2, la ou les structures d'aimant 2 faisant partie d'un rotor 7 rotatif autour de son centre, la ou les structures d'aimant 2 étant disposées concentriquement au centre du rotor 7.

L'actionneur montré à la figure 6 est à flux axial mais pourrait aussi bien être à flux radial.

La ou les structures d'aimant 2 peuvent être disposées concentriquement au centre du rotor 7, avantageusement séparées par des branches 8 dans le cas de plusieurs structures d'aimant 2 et encadrées d'une part par un moyeu 10 et une frette 9. Les branches 8 partent du moyeu 10 et se terminent à la frette 9.

Quand unitaire, la structure d'aimant 2 peut former un unique aimant s'étendant sur l'actionneur. Quand multiples, comme montré à la figure 6, les structures d'aimant 2 sont des pavés successifs formant des pôles d'aimant successifs alternés.

L'invention concerne enfin un procédé de fabrication d'une telle structure d'aimant 2. Le procédé comprend une étape de découpe dans une tuile aimantée présentant une longueur, une largeur et une épaisseur formant trois dimensions de la tuile, de plusieurs aimants unitaires 1 selon les trois dimensions de la tuile aimantée.

Le procédé comprend ensuite une étape de détermination de zones de contact partiel sur chaque aimant unitaire 1 avec chaque aimant qui lui est adjacent quand les aimants sont adjacents les uns aux autres. Ceci dépend du contour extérieur des aimants unitaires 1.

Il est procédé ensuite à la réalisation aux zones de contact de formes en retrait longitudinales 6 et/ou transversales 6a vers l'intérieur de l'aimant unitaire 1 s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion 1a et/ou transversalement à la première portion 1a, par exemple sur la grande base 4a de facettes inclinées 4 de la deuxième portion 1b quand présente.

L'étape suivante est le collage de chaque aimant unitaire 1 par dépôt d'une résine pour chaque aimant unitaire 1 uniquement sur les zones de contact partiel déterminées. Collage signifie induction ou dépôt de colle à cette étape du procédé.

Il est ensuite procédé au positionnement des aimants unitaires 1 ainsi collés de manière adjacente les uns aux autres, un contact partiel entre deux aimants unitaires 1 adjacents étant établi aux zones de contact.

Il peut être procédé à une injection d'une couche de composite autour des aimants unitaires 1 ainsi mis en contact et collés pour leur enrobage et densifier la structure d'aimant 2 ainsi créée.

REVENDEICATIONS

5

1. Structure d'aimant (2) en trois dimensions constituée d'une pluralité d'aimants unitaires (1), les aimants unitaires (1) étant directement adjacents les uns aux autres, caractérisée en ce que chaque aimant unitaire (1) comporte une première portion (1a) longitudinale présentant un contour extérieur portant des formes en retrait (6) vers l'intérieur de l'aimant unitaire (1) s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion (1a) et/ou des formes en retrait (6a) s'étendant sur au moins une partie du pourtour de l'aimant unitaire (1) transversalement à un axe longitudinal de l'aimant unitaire (1) à proximité d'au moins une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire (1), les aimants unitaires (1) étant partiellement en contact entre eux au niveau des formes en retrait (6, 6a) vers l'intérieur, les aimants étant collés entre eux par dépôt de colle sur au moins une portion des formes en retrait (6, 6a), la pluralité d'aimants unitaires (1) réalisant un maillage d'aimants sans interposition d'éléments de maintien entre eux autres que la colle.
2. Structure d'aimant (2) selon la revendication 1, dans laquelle les formes en retrait (6, 6a) des aimants unitaires (1) sont des chanfreins longitudinaux (6) et/ou transversaux (6a) à l'aimant unitaire (1) creusés dans le contour extérieur de la première portion (1a) de l'aimant unitaire (1).
3. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle la première portion (1a) et les chanfreins longitudinaux (6) aimants unitaires (1) s'étendent sur toute une longueur de l'aimant unitaire (1).
4. Structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans laquelle la première portion (1a) formant corps de l'aimant unitaire (1) est de forme polygonale en présentant des facettes longitudinales (3) ou de forme cylindrique de section circulaire ou ovalisée.

30

5. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle, quand la première portion (1a) est de forme polygonale en présentant des facettes longitudinales (3), chaque chanfrein longitudinal (6) sépare deux facettes longitudinales (3) de la première portion (1a).
- 5 6. Structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, dans laquelle chaque chanfrein longitudinal (6) présente une profondeur variant dans la longueur de l'aimant unitaire (1).
7. Structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle chaque aimant unitaire (1) présente au moins
10 une deuxième portion (1b) à une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire (1) en prolongement de la première portion (1a), ladite au moins une deuxième portion (1b) pointant vers une extrémité longitudinale associée de l'aimant en diminuant de section en se rapprochant de l'extrémité longitudinale.
- 15 8. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle chaque aimant unitaire (1) présente un contour extérieur au moins partiellement ovoïde avec la première portion (1a) formant corps de l'aimant unitaire (1) présentant une plus grande section et s'étendant sur une plus grande longueur de l'aimant unitaire (1) que ladite au moins une
20 deuxième portion (1b).
9. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle ladite au moins une deuxième portion (1b) d'extrémité longitudinale de chaque aimant unitaire (1) est bombée en étant de forme convexe, un sommet de la forme convexe de la deuxième portion (1b) d'extrémité
25 longitudinale réalisant l'extrémité longitudinale associée de l'aimant unitaire (1).
10. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle ladite au moins une deuxième portion (1b) d'extrémité longitudinale de chaque aimant unitaire (1) se termine à son extrémité longitudinale associée par une facette médiane (5) formant l'extrémité longitudinale.
30

11. Structure d'aimant (2) selon la revendication 7, dans laquelle ladite au moins une deuxième portion (1b) d'extrémité longitudinale de chaque aimant unitaire (1) comprend des facettes latérales inclinées (4) vers un axe longitudinal de l'aimant en s'approchant de l'extrémité longitudinale associée de l'aimant unitaire (1), les facettes latérales inclinées (4) s'étendant entre une grande base (4a) reliée à la première portion (1a) formant corps de l'aimant de l'aimant et une petite base formant une extrémité longitudinale de l'aimant unitaire (1).
12. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle les facettes latérales inclinées (4) de chaque aimant unitaire (1) sont bombées en étant convexes.
13. Structure d'aimant (2) selon la revendication 5 et l'une quelconque des revendications 11 à 12, dans laquelle les facettes latérales inclinées (4) de ladite au moins une deuxième portion (1b) de chaque aimant unitaire (1) présentent la même largeur que les facettes longitudinales de la première portion (1a), une facette inclinée (4) étant mise bout à bout avec une facette longitudinale (3) respective.
14. Structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans laquelle la grande base (4a) de chaque facette inclinée est creusée au moins partiellement d'un chanfrein transversal (6a) en tant que forme en retrait.
15. Structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications 7 à 14 précédentes, dans laquelle chaque extrémité longitudinale de chaque aimant unitaire (1) comprend une deuxième portion (1b) d'extrémité longitudinale.
16. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente, dans laquelle, quand les formes longitudinales et/ou transversales en retrait sont des chanfreins longitudinaux (6) et/ou transversaux (6a) à l'aimant unitaire (1) creusés dans le contour extérieur de l'aimant unitaire (1), le dépôt de colle concerne exclusivement les chanfreins (6, 6a) des aimants unitaires (1).

17. Structure d'aimant (2) selon la revendication précédente et la revendication 14 dans laquelle, la grande base (4a) de chaque facette inclinée étant creusée au moins partiellement d'un chanfrein transversal (6a) en tant que forme en retrait transversale sur ladite au moins une deuxième portion (1b), le dépôt de colle concerne exclusivement les grandes bases (4a) des aimants unitaires (1) pour ladite au moins une deuxième portion (1b).
18. Actionneur électromagnétique linéaire ou rotatif, caractérisé en ce qu'il comprend une structure d'aimant (2) ou plusieurs structures d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, la ou les structures d'aimant (2) faisant partie d'un rotor (7) rotatif autour de son centre, la ou les structures d'aimant (2) étant disposées concentriquement au centre du rotor (7).
19. Actionneur électromagnétique selon la revendication précédente, dans lequel, quand unitaire, la structure d'aimant (2) forme un unique aimant s'étendant sur l'actionneur ou, quand multiples, les structures d'aimant (2) sont des pavés successifs formant des pôles d'aimant successifs alternés.
20. Procédé de fabrication d'une structure d'aimant (2) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
- découpe dans une tuile aimantée présentant une longueur, une largeur et une épaisseur formant trois dimensions de la tuile de plusieurs aimants unitaires (1) selon les trois dimensions de la tuile aimantée,
 - détermination de zones de contact partiel sur chaque aimant unitaire (1) avec chaque aimant qui lui est adjacent quand les aimants sont disposés les uns à côté des autres,
 - réalisation aux zones de contact de formes en retrait (6, 6a) vers l'intérieur de l'aimant unitaire (1) s'étendant sur au moins une partie d'une longueur de la première portion (1a) et/ou transversalement à la première portion (1a),
 - collage de chaque aimant unitaire (1) par dépôt d'une résine pour chaque aimant unitaire (1) uniquement sur les zones de contact partiel déterminées,

- positionnement des aimants unitaires (1) ainsi collés de manière adjacente les uns aux autres, un contact partiel entre deux aimants unitaires (1) adjacents étant établi aux zones de contact.
- 5 21. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel, il est procédé à une injection d'une couche de composite autour des aimants unitaires (1) ainsi mis en contact et collés pour leur enrobage.

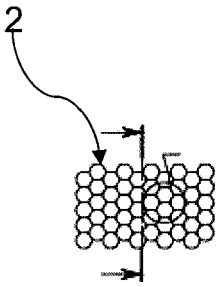


FIG. 1a

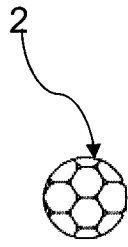


FIG. 1b

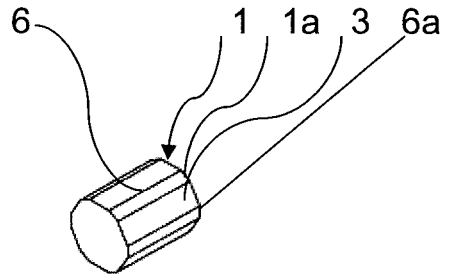


FIG. 1c

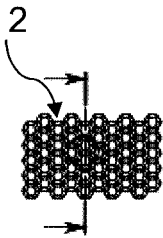


FIG. 2a



FIG. 2b

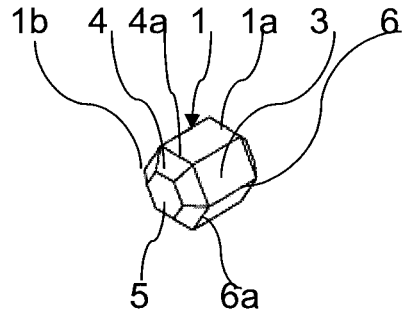


FIG. 2c

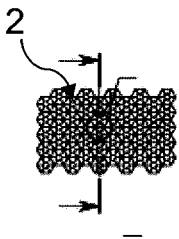


FIG. 3a



FIG. 3b

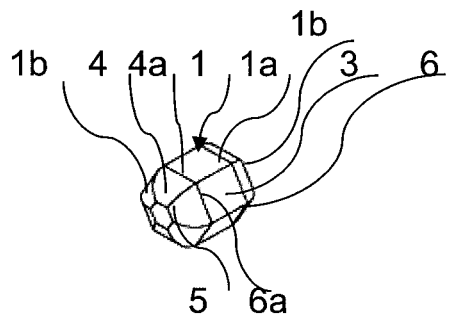


FIG. 3c

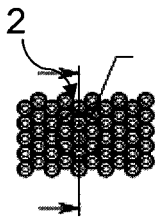


FIG. 4a

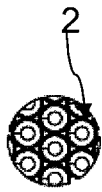


FIG. 4b

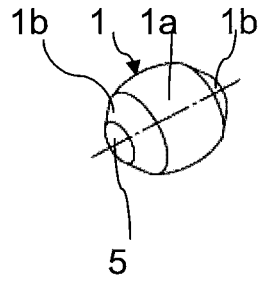


FIG. 4c

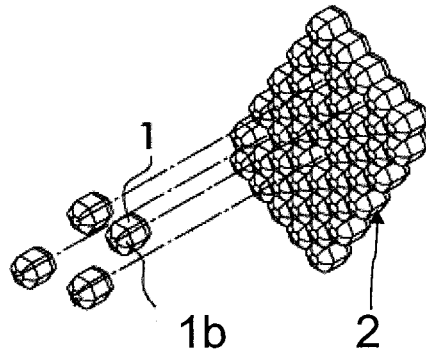


FIG. 5

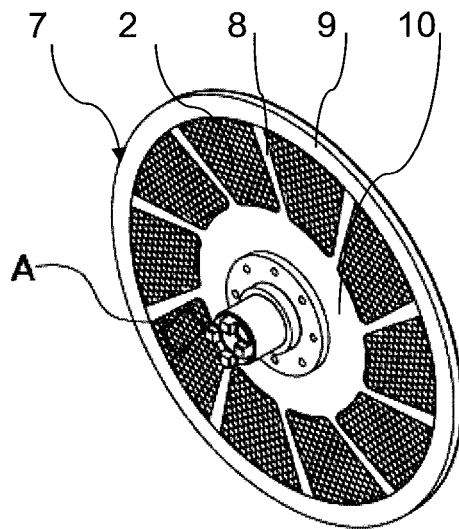


FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 4 555 685 A (MARUYAMA RYOZI [JP]) 26 novembre 1985 (1985-11-26)

US 2004/263012 A1 (DOMMSCH HANS-PETER [DE] ET AL) 30 décembre 2004 (2004-12-30)

CN 101 162 638 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 16 avril 2008 (2008-04-16)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT