

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

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

**3 047 560**

②① N° d'enregistrement national : **16 51061**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 01 L 3/10 (2017.01)**

⑫

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDE DE FABRICATION D'UN CAPTEUR DE COUPLE COMPRENANT UNE ÉTAPE D'ENCAPSULATION DU CIRCUIT ÉLECTRONIQUE DU CAPTEUR.

②② Date de dépôt : 10.02.16.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 11.08.17 Bulletin 17/32.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 16.03.18 Bulletin 18/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *JTEKT EUROPE Société par actions  
simplifiée — FR.*

⑦② Inventeur(s) : REY LAURENT.

⑦③ Titulaire(s) : *JTEKT EUROPE Société par actions  
simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET GERMAIN & MAUREAU.

**FR 3 047 560 - B1**



**Procédé de fabrication d'un capteur de couple comprenant une étape  
d'encapsulation du circuit électronique du capteur**

La présente invention concerne la fabrication de capteurs de couple.

5 L'invention concerne plus particulièrement la fabrication des capteurs de couple qui sont destinés à être utilisés au sein d'un dispositif de direction assistée, embarqué sur un véhicule automobile, afin de mesurer le couple exercé par le conducteur sur le volant de conduite.

10 Généralement, la mesure du couple est réalisée en mesurant la déformation élastique d'une barre de torsion qui est montée entre un arbre d'entrée, tel que le tronçon amont d'une colonne de direction, qui porte le volant de conduite, et un arbre de sortie, tel que le tronçon aval de ladite colonne de direction, qui porte un pignon engrenant sur une crémaillère de direction.

15 Pour mesurer cette déformation en torsion, il est notamment connu d'utiliser un capteur de couple à technologie magnétique.

Un tel capteur comprend usuellement :

- 20 - un ensemble d'aimants permanents qui sont implantés sur l'arbre d'entrée selon une répartition annulaire, de manière à présenter, autour dudit arbre d'entrée, une succession de facettes alternant pôles nord et pôles sud,
- 25 - un collecteur de flux magnétique, qui est porté par l'arbre de sortie et qui comporte deux culasses magnétiques annulaires qui entourent l'ensemble d'aimants, chaque culasse étant pourvue d'une succession de dents qui sont placées en vis-à-vis des aimants permanent et qui sont réparties selon le même pas angulaire que les pôles (Nord, respectivement Sud) desdits aimants permanents,
- 30 - un support concentrateur de flux, qui est porté par un carter de capteur de couple, fixe, traversé par les arbres d'entrée et de sortie et entourant le collecteur de flux, ledit support concentrateur de flux comprenant deux bagues collectrices qui sont placées chacune en vis-à-vis de l'une des culasses magnétiques, afin de pouvoir collecter le flux magnétique qui est généré par les aimants à travers lesdites culasses magnétiques, et enfin
- 35 - des cellules à effet Hall, fixées au carter de capteur, qui sont placées dans l'entrefer qui sépare axialement les deux bagues collectrices, afin de mesurer ledit flux magnétique.

Ainsi, toute déformation de la barre de torsion sous l'effet d'un couple se traduit par un changement de la position angulaire de l'arbre d'entrée par rapport à l'arbre de sortie, et donc par un changement de la position des aimants par rapport aux dents des culasses magnétiques, ce qui provoque une polarisation desdites  
5 culasses magnétiques (l'une des culasse devenant un pôle Nord, tandis que l'autre culasse devient un pôle Sud) et par conséquent l'apparition d'un flux magnétique qui est alors mesuré par les cellules à effet Hall.

En pratique, le procédé d'assemblage des cellules à effet Hall au sein du carter de capteur doit respecter trois impératifs : premièrement assurer un maintien  
10 en place solide des cellules à effet Hall dans l'entrefer des bagues collectrices, deuxièmement garantir l'étanchéité, notamment l'étanchéité à l'eau, dudit carter de capteur, et troisièmement permettre le raccordement électrique du capteur de couple à une unité externe de traitement électronique.

A cet effet, on connaît notamment un premier procédé d'assemblage qui  
15 consiste à regrouper les cellules à effet Hall et la connectique associée (câbles et connecteur externe) sur un support commun, de type plaque de fixation, que l'on vient ensuite fixer par vissage sur le carter de capteur.

L'étanchéité de l'assemblage est alors assurée par un joint, tel qu'un joint torique, qui est interposé et comprimé entre ladite plaque de fixation et le carter de  
20 capteur.

Cependant, si un tel procédé d'assemblage permet certes d'obtenir un capteur de couple particulièrement robuste, le nombre de pièces requis pour la mise en œuvre dudit procédé rend ledit procédé relativement complexe et onéreux.

En outre, la mise en œuvre d'un tel procédé d'assemblage impose de  
25 respecter des tolérances de fabrication et d'assemblage relativement sévères, car il faut pouvoir garantir un degré de compression suffisant, et reproductible, du joint d'étanchéité. Or, de tels impératifs peuvent être difficilement conciliables avec une production en grande série à moindre coût.

Enfin, la présence d'inserts filetés, de vis de fixation, et d'une plaque de  
30 fixation dédiée, tend à accroître l'encombrement et le poids du capteur de couple ainsi obtenu.

Pour pallier les inconvénients susmentionnés, il est également connu de recourir à un autre procédé d'assemblage, selon lequel on noie les cellules à effet Hall et les bagues collectrices, et le cas échéant une partie de la connectique associée aux  
35 cellules à effet Hall, lors d'une opération de surmoulage, dans un même bloc de résine qui constitue en même temps une partie voire la totalité du carter de capteur.

Si une telle solution de fixation par surmoulage permet d'obtenir une bonne étanchéité à moindre coût, elle n'est en revanche pas totalement dénuée d'inconvénients.

En effet, au cours de la polymérisation de la résine, et plus particulièrement au cours de la réticulation de ladite résine, ou bien encore au cours du refroidissement de la résine si celle-ci est injectée à chaud, il se produit un retrait qui crée des contraintes mécaniques dans les cellules à effet Hall, et le cas échéant dans la connectique associée, ce qui peut être préjudiciable à la précision du positionnement des cellules à effet Hall dans l'entrefer, ou bien à la durée de vie du capteur de couple.

De surcroît, lorsque la résine est utilisée pour former une pièce de structure de grande taille, telle que le carter de capteur, il est très largement préférable, pour limiter les coûts de fabrication et maximiser la cadence de production, d'utiliser non pas une résine thermodurcissable, mais plutôt une résine thermoplastique (généralement renforcée de fibres), permettant un moulage par injection.

Or, lorsqu'une telle résine thermoplastique est injectée sous pression et à haute température (typiquement entre 290°C et 330°C), la chaleur et la pression peuvent endommager les cellules à effet Hall.

Par ailleurs, il peut être difficile de prévoir et de contrôler le comportement de la résine liquide au sein du carter de capteur, lors du surmoulage.

En particulier, la résine liquide peut avoir tendance à quitter la zone-cible de l'entrefer, à laquelle elle est en principe destinée, et à s'insinuer dans le carter de capteur, au-delà des cellules à effet Hall et de l'entrefer.

Or, une telle migration de la résine peut causer l'apparition de bavures indésirables dans le carter de capteur, par exemple à proximité des bagues collectrices, ou bien au contraire laisser vides des zones que la résine est censée remplir, en créant ainsi des bulles d'air qui sont susceptibles de fragiliser l'assemblage.

Le risque d'apparition de bulles d'air, et donc le risque d'apparition de zones de fragilisation, est d'autant plus élevé que, sur une ligne de production automatisée, la quantité de résine délivrée à chaque cycle de surmoulage sera identique, tandis que la migration de la résine peut présenter un caractère aléatoirement variable, difficilement prévisible d'un cycle à l'autre.

Il est donc en pratique peu aisé de déterminer un dosage approprié de la quantité de résine, qui garantisse à chaque cycle un apport de résine juste nécessaire

et suffisant pour obtenir une fixation mécanique satisfaisante et une bonne étanchéité de l'assemblage.

Les objets assignés à l'invention visent donc à remédier aux inconvénients susmentionnés et à proposer un nouveau procédé de fabrication d'un  
5 capteur de couple qui soit simple, peu onéreux à mettre en œuvre, aisément reproductible et bien adapté à une fabrication en grande série, tout en garantissant systématiquement la solidité du capteur de couple ainsi que l'étanchéité, notamment l'étanchéité à l'eau, dudit capteur de couple.

Les objets assignés à l'invention sont atteints au moyen d'un procédé de  
10 fabrication d'un capteur de couple comprenant une étape (a) de préparation d'un carter de capteur au cours de laquelle on place à l'intérieur d'un carter de capteur au moins une première bague collectrice et une seconde bague collectrice destinées à collecter un flux magnétique, lesdites bagues collectrices étant distantes l'une de l'autre et portant chacune respectivement au moins une première borne de mesure et  
15 une seconde borne de mesure qui délimitent entre elles un entrefer, une étape (b) de réalisation d'un faisceau de capteur au cours de laquelle on réalise un sous-ensemble dit « faisceau de capteur » qui comprend au moins une cellule à effet Hall, destinée à venir se placer dans l'entrefer pour y mesurer le flux magnétique, ainsi qu'au moins une interface de connexion électrique qui est destinée à permettre une connexion  
20 électrique entre la cellule à effet Hall et une unité de traitement extérieure au carter de capteur, et une étape (c) d'assemblage au cours de laquelle on introduit le faisceau de capteur dans un orifice d'accès, qui traverse une paroi du carter de capteur pour déboucher sur l'entrefer, de manière à placer la cellule à effet Hall dans l'entrefer, puis l'on fixe le faisceau de capteur sur le carter de capteur, ledit procédé étant  
25 caractérisé en ce que, au cours de l'étape (b) de réalisation du faisceau de capteur, on équipe le faisceau de capteur d'un adaptateur qui est agencé pour coopérer avec l'orifice d'accès du carter de capteur de manière à subdiviser ledit orifice d'accès en une première cavité dite « cavité de préservation », qui s'ouvre sur l'entrefer et qui contient la cellule à effet Hall, et une seconde cavité, dite « cavité de remplissage »,  
30 qui communique avec l'extérieur, et en ce que, au cours de l'étape (c) d'assemblage, on fixe le faisceau de capteur sur le carter de capteur par surmoulage, en coulant dans la cavité de remplissage un matériau d'enrobage, du genre résine, afin de créer un bouchon qui lie le faisceau de capteur au carter de capteur et obture l'orifice d'accès, tandis que l'adaptateur empêche ledit matériau d'enrobage de remplir la cavité de  
35 préservation et de mouiller la cellule à effet Hall.

Avantageusement, le procédé selon l'invention permet de réunir et de noyer ensemble, dans un même bouchon monobloc de matériau d'enrobage, à la fois solide et étanche (notamment étanche à l'eau liquide, à la vapeur d'eau, et aux lubrifiants de type huile ou graisse), l'adaptateur, au moins une partie du faisceau de capteur, et une partie du carter de capteur.

Avantageusement, l'ajout dudit adaptateur sur le faisceau de capteur permet en outre de cloisonner le carter de capteur, et plus particulièrement de cloisonner l'orifice d'accès, de telle manière que, lors du surmoulage, le matériau d'enrobage, en provenance de l'extérieur, est dirigé vers et confiné dans la cavité de remplissage, pour y former le bouchon étanche susmentionné, mais ne peut pas atteindre l'entrefer ni, plus particulièrement, recouvrir tout ou partie de la cellule à effet Hall, dont l'intégrité est ainsi préservée.

De surcroît, le volume de matériau d'enrobage nécessaire pour sceller l'orifice d'accès correspond au volume (libre) de la cavité de remplissage, tel que ledit volume est défini par construction lors de la mise en place de l'adaptateur. Le dosage du matériau d'enrobage est donc parfaitement maîtrisé et identique d'un capteur de couple à l'autre.

Par ailleurs, l'adaptateur selon l'invention permet non seulement de positionner de manière précise et reproductible le faisceau de capteur dans le carter de capteur, lors de l'introduction dudit faisceau de capteur dans l'orifice d'accès, mais également de maintenir fermement ledit faisceau de capteur dans la position souhaitée aussi bien avant le surmoulage, que pendant le surmoulage.

Le procédé selon l'invention permet ainsi de mettre en place de manière précise, reproductible et stable la cellule à effet Hall dans une position voulue dans l'entrefer, puis de maintenir la cellule à effet Hall dans cette position voulue en évitant tout déplacement accidentel de ladite cellule à effet Hall par rapport à l'entrefer, aussi bien lors d'une éventuelle manipulation du carter avant remplissage, que lors du remplissage.

La préparation puis la mise en œuvre du remplissage par le matériau d'enrobage, s'en trouve donc grandement facilitées.

En définitive, le procédé selon l'invention permet donc de rapporter, puis de fixer par surmoulage, le faisceau de capteur dans le carter de capteur de manière simple et rapide, parfaitement compatible avec une automatisation requise par une production en grande série.

Ce même procédé garantit de surcroît une fixation à la fois robuste et parfaitement étanche du faisceau de capteur sur le carter de capteur, tout en restant particulièrement économe en matériau d'enrobage.

5 D'autres objets, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus en détail à la lecture de la description qui suit, ainsi qu'à l'aide des dessins annexés, fournis à titre purement illustratif et non limitatif, parmi lesquels :

La figure 1 illustre, selon une vue schématique en perspective éclatée, les organes constitutifs d'un capteur de couple à technologie magnétique pouvant être fabriqué selon le procédé conforme à l'invention.

10 La figure 2 illustre, selon une vue en coupe longitudinale, dans un plan de coupe contenant l'axe principal de rotation de l'arbre sur lequel on mesure le couple, la mise en place d'un faisceau de capteur selon l'invention au sein d'un carter de capteur, avant la fixation par surmoulage, et conformément à une première variante de réalisation de l'invention, selon laquelle la gaine du faisceau de capteur est coudée  
15 de manière à sortir sensiblement parallèlement à l'axe principal de l'arbre.

La figure 3 illustre, selon une vue de détail dans le même plan de coupe que la figure 2, le capteur de couple de la figure 2 obtenu après surmoulage, au sein duquel le matériau d'enrobage coulé dans la cavité de remplissage assure la fixation du faisceau de capteur dans le carter de capteur.

20 La figure 4 correspond à l'assemblage de la figure 2, vu en coupe transverse, dans un plan de coupe orthogonal à l'axe de l'arbre.

La figure 5 correspond à l'assemblage de la figure 3, après surmoulage, vu en coupe transverse dans le même plan de coupe que la figure 4.

25 La figure 6 représente, selon une vue en perspective éclatée, le faisceau de capteur, son adaptateur, et le carter de capteur selon la première variante de réalisation des figures 2 à 5.

La figure 7 illustre le détail de la section du carter de capteur servant à retenir la gaine coudée du faisceau de capteur le long du carter de capteur, au sein de la première variante de réalisation des figures 2 à 6.

30 La figure 8 illustre, selon une vue de détail en perspective, l'extrémité distale du faisceau de capteur de la figure 6, pourvue de son adaptateur, en configuration assemblée.

La figure 9 illustre, selon une vue en coupe longitudinale, avant que l'on coule le matériau d'enrobage dans la cavité de remplissage, une seconde variante de réalisation de l'invention, selon laquelle la gaine du faisceau de capteur est droite de  
35 manière à sortir sensiblement perpendiculairement à l'axe principal de l'arbre.

La figure 10 illustre, selon une vue de détail, le résultat du surmoulage permettant la fixation du faisceau de capteur au sein de la seconde variante de réalisation de la figure 9.

La figure 11 correspond à l'assemblage de la figure 9, vu en coupe transverse, dans un plan de coupe orthogonal à l'axe principal de l'arbre.

La figure 12 correspond à l'assemblage de la figure 10, après surmoulage, vu en coupe transverse dans le même plan de coupe que la figure 11.

Les figures 13, 14 et 15 représentent, selon des vues de détail en coupe longitudinale, différentes variantes d'adaptateurs pourvus de collerettes qui permettent de réaliser un emboîtement serré desdits adaptateurs dans l'orifice d'accès du carter de capteur, de manière étanche au matériau d'enrobage.

Les figures 16, 17 et 18 présentent, selon des vues en section, différentes variantes d'agencement du plan de joint selon lequel on assemble une première pièce de coque et une seconde pièce de coque pour former un adaptateur selon l'invention, et plus particulièrement un adaptateur tel que celui utilisé sur les figures 6, 8 et 10.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un capteur de couple 1.

Elle concerne donc également bien entendu en tant que tel un capteur de couple 1 obtenu par un tel procédé.

De manière connue en soi, et tel que cela est illustré sur la figure 1, le capteur de couple 1 permet de mesurer un couple  $T_0$  exercé sur un arbre 2, 3, par exemple une colonne de direction de véhicule automobile, typiquement au sein d'un système de direction assistée.

Ledit arbre 2, 3 comprend d'une part une portion d'arbre amont 2, qui forme un arbre d'entrée 2, et qui correspond de préférence à une portion amont de la colonne de direction portant un volant de conduite 4, et d'autre part une portion d'arbre aval 3, qui forme un arbre de sortie 3, de préférence coaxial à l'arbre d'entrée 2, et qui correspond typiquement à une portion aval de la colonne de direction, portant un pignon qui engrène sur une crémaillère de direction (non représentée).

On désignera comme « axe principal » ( $ZZ'$ ) l'axe de rotation de l'arbre 2, 3, c'est-à-dire l'axe longitudinal commun à l'arbre d'entrée 2 et à l'arbre de sortie 3.

Par simple convention et par commodité de description, on pourra qualifier d'« axiale » une direction ou une mesure considérée parallèlement audit axe principal ( $ZZ'$ ), et de « radiale » une direction ou une mesure considérée sensiblement perpendiculairement audit axe principal ( $ZZ'$ ).

L'arbre d'entrée 2 est relié à l'arbre de sortie 3 par un organe déformable élastiquement 5, tel qu'une barre de torsion 5, dont le degré de déformation dépend de l'intensité du couple  $T_0$  appliqué (que l'on cherche à mesurer).

5 Tel qu'il a été dit plus haut en introduction, le capteur de couple 1 comprend un ensemble d'aimants permanents 6 solidaires de l'arbre d'entrée 2 et qui alternent pôles nord (N) et pôles Sud (S) autour de l'axe principal (ZZ').

Le capteur de couple 1 comprend également un collecteur de flux magnétique 7, solidaire de l'arbre de sortie 3, et destiné à collecter le flux magnétique généré par les aimants permanents 6.

10 A cet effet, ledit collecteur de flux 7 comporte une première culasse magnétique 8 et une seconde culasse magnétique 9, annulaires, centrées sur l'axe principal (ZZ'), et qui entourent chacune l'ensemble d'aimants permanents 6.

15 Lesdites culasses magnétiques 8, 9 sont pourvues chacune d'une série de dents 8T, respectivement 9T, ici triangulaires et imbriquées, en vis-à-vis desquelles viennent se placer les aimants 6, lorsque l'arbre d'entrée 2 se trouve à l'intérieur du collecteur de flux 7, de telle manière que la polarité (Nord ou Sud) de chaque culasse 8, 9 dépend de la polarité moyenne de l'ensemble des pôles d'aimant 6 en face desquels ses dents 8T, 9T se situent.

20 Le capteur de couple 1 comprend en outre un support concentrateur de flux 10 destiné à capter le flux magnétique collecté par les culasse 8, 9 du collecteur de flux 7, et à concentrer ledit flux magnétique pour le diriger vers une ou des cellules de détection 11A, 11B, ici des cellules à effet Hall 11A, 11B, qui permettront de mesurer les caractéristiques dudit flux magnétique, à savoir typiquement le signe (sens) et l'intensité dudit flux magnétique.

25 A cet effet, le support concentrateur de flux 10 comprend au moins une première bague collectrice 12 et une seconde bague collectrice 13, annulaires, centrées sur l'axe principal (ZZ'), séparées axialement l'une de l'autre, et réalisées chacune dans un matériau ferromagnétique.

30 La première bague collectrice 12 est située axialement (le long de l'axe principal (ZZ')) en vis-à-vis de la première culasse magnétique 8, de manière à entourer cette dernière (par l'extérieur).

De manière analogue, la seconde bague collectrice 13, distincte et axialement distante de la première bague collectrice 12, est située axialement en vis-à-vis de la seconde culasse magnétique 9 qu'elle entoure.

Chaque bague collectrice 12, 13 porte avantageusement au moins une borne de mesure 12A, 13A, et de préférence deux bornes de mesure 12A, 12B, respectivement 13A, 13B.

5 Chaque borne de mesure 12A, 12B de la première bague collectrice 12 délimite, avec la borne de mesure 13A, 13B correspondante de la seconde bague collectrice 13, un entrefer (axial) 14A, 14B.

Une cellule de détection (cellule à effet Hall) 11A, 11B est placée dans chaque entrefer 14A, 14B pour y mesurer le flux magnétique entre les bornes de mesure 12A, 13A, 12B, 13B correspondantes.

10 Initialement, en l'absence de couple T0 de déformation, chaque dent 8T, 9T chevauche à parts égales une face Nord N d'un aimant 6 et une face Sud S de l'aimant 6 voisin, si bien que chaque culasse magnétique 8, 9 présente une polarisation résultante identique et neutre. Aucun flux magnétique n'est donc créé entre les bagues collectrices 12, 13.

15 En revanche, lorsqu'un couple T0 déforme la barre de torsion 5, il modifie la position angulaire de l'arbre d'entrée 2 par rapport à l'arbre de sortie 3, et par conséquent décale les aimants permanents 6 par rapport aux dents 8T, 9T respectives des deux culasses magnétiques 8, 9, de telle sorte que les dents 8T de la première culasse se trouvent toutes exposées majoritairement à des pôles correspondant à une  
20 première polarité (Nord, par exemple), si bien que la première culasse magnétique 8 acquiert ladite première polarité (ici Nord), tandis que les dents 9T de l'autre culasse 9 sont toutes exposées majoritairement à des pôles de polarité opposée (Sud), si bien que la seconde culasse magnétique 9 acquiert une polarité opposée à celle de la première culasse 8.

25 La polarisation des culasses magnétiques 8, 9 fait ainsi naître un flux magnétique qui est capté par les bagues collectrices 12, 13 et acheminé jusqu'à l'entrefer 14A, 14B où il est mesuré.

Avantageusement, et tel que cela est schématisé en pointillés sur la figure 2, l'arbre d'entrée 2, l'ensemble d'aimants permanents 6, la barre de torsion 5, ainsi que l'arbre de sortie 3 et le collecteur de flux 7 porté par ce dernier, sont montés  
30 en rotation dans un carter de capteur 15, dans lequel sont par ailleurs fixés le support concentrateur de flux 10 ainsi que les cellules à effet Hall 11A, 11B.

Ledit carter de capteur 15 forme ainsi une enveloppe cylindrique autour de l'axe principal (ZZ') qui le traverse, et offre avantageusement aux différents  
35 organes susmentionnés une protection étanche contre la vapeur d'eau, le brouillard

salin, les corps étrangers liquides (eau, lubrifiants extérieurs, carburant...) et les corps étrangers solides (poussières, gravillons...).

Le carter de capteur 15 pourra être réalisé dans un matériau métallique, tel qu'un acier ou un alliage léger à base d'aluminium ou de magnésium, ou bien  
5 encore, de façon particulièrement préférentielle, dans un matériau polymère rigide, de préférence thermoplastique, tel qu'un polyamide (PA), un polyamide aromatique du genre polyphthalamide (PPA), un poly-butylène-téréphtalate (PBT) ou une polyphényle-sulfone (PPS).

Ledit polymère pourra avantageusement être renforcé de fibres, telles  
10 que des fibres de verre, d'aramide, de carbone, ou une combinaison d'au moins deux de ces fibres.

Tel qu'indiqué plus haut, l'utilisation d'un polymère thermoplastique permettra de fabriquer un carter de capteur 15 léger à moindre coût et à des cadences élevées, par moulage par injection à chaud.

15 Selon l'invention, le procédé de fabrication du capteur de couple 1 comprend une étape (a) de préparation d'un carter de capteur 15 au cours de laquelle on place à l'intérieur d'un carter de capteur 15, tel que cela est illustré sur les figures 2, 4, 9 et 11, au moins une première bague collectrice 12 et une seconde bague collectrice 13 qui sont destinées à collecter un flux magnétique (créé par la  
20 polarisation des culasses magnétiques 8, 9 du collecteur de flux 7, en fonction de la position angulaire azimutale des aimants permanents 6, comme expliqué plus haut).

Comme indiqué précédemment, lesdites bagues collectrices 12, 13 sont distantes (axialement) l'une de l'autre et portent chacune respectivement au moins une première borne de mesure 12A, 12B (appartenant à la première bague collectrice  
25 12) et une seconde borne de mesure 13A, 13B (appartenant à la seconde bague collectrice 13) qui délimitent entre elles un entrefer 14A, 14B.

Par ailleurs, le procédé selon l'invention comprend également une étape (b) de réalisation d'un faisceau de capteur 20 au cours de laquelle on réalise un sous-ensemble dit « faisceau de capteur » 20 qui comprend, tel que cela est notamment  
30 visible sur les figures 1, 2 et 6, au moins une cellule à effet Hall 11A, 11B, destinée à venir se placer dans l'entrefer 14A, 14B pour y mesurer le flux magnétique, ainsi qu'au moins une interface de connexion électrique 21 qui est destinée à permettre une connexion électrique entre la cellule à effet Hall 11A, 11B et une unité de traitement 22 extérieure au carter de capteur 15.

De préférence, le faisceau de capteur 20 comprendra deux cellules à effet Hall 11A, 11B séparées et agencées pour mesurer chacune (et simultanément) le flux magnétique dans un entrefer 14A, 14B distinct.

Une telle redondance des cellules à effet Hall 11A, 11B, prévue par  
5 sécurité, permet notamment de conserver la fonctionnalité du capteur de couple 1 en cas de défaillance de l'une desdites deux cellules à effet Hall.

L'unité de traitement 22 peut quant à elle correspondre à tout  
calculateur embarqué sur le véhicule, et de préférence à un calculateur de direction qui est intégré au système de direction du véhicule pour gérer l'assistance de  
10 direction.

De préférence, l'interface de connexion 21 du faisceau de capteur 20 comprend, tel que cela est bien visible sur les figures 1 à 6 et 9 à 12, un circuit électronique d'acquisition 23 auquel est connectée l'au moins une cellule à effet Hall 11A, 11B, et qui sert de support à ladite au moins une cellule à effet Hall 11A, 11B.

15 Ledit circuit électronique d'acquisition 23 se présentera de préférence sous forme d'une plaque rigide (ou semi-rigide), du genre circuit imprimé, formant une carte électronique 23 sur laquelle sera fixée, et par exemple soudée, l'au moins une cellule à effet Hall 11A, 11B.

On notera que la (ou les) cellule(s) à effet Hall 11A, 11B seront de  
20 préférence disposées en saillie du bord de ladite carte électronique 23, de manière à pouvoir être aisément introduites dans leur entrefer 14A, 14B respectif, sans que ladite carte électronique 23 ne perturbe le flux magnétique à mesurer.

Dans l'absolu, le circuit électronique d'acquisition 23 (interne au carter de capteur 15) pourrait être conçu de manière à permettre une communication à  
25 distance, par ondes hertziennes, c'est-à-dire une connexion sans fil, avec l'unité de traitement 22 (externe au carter de capteur 15).

Toutefois, de façon particulièrement préférentielle, et notamment afin d'améliorer la fiabilité et la précision de la mesure du couple T0, mais également d'accroître la robustesse du capteur de couple 1 et plus globalement du système de  
30 direction assistée, la connexion entre les cellules à effet Hall 11A, 11B (internes au carter de capteur 15) et l'unité de traitement 22 (externe audit carter de capteur 15) sera assurée par voie filaire.

A cet effet, de façon préférentielle, et tel que cela est illustré notamment sur les figures 1 à 6 et 9 à 12, le faisceau de capteur 20 comprend, à l'une de ses  
35 extrémités dite « extrémité distale » 20D, destinée à être introduite et noyée dans le carter de capteur 15, un circuit électronique d'acquisition 23 qui porte la (au moins

une) cellule à effet Hall 11A, 11B, ainsi qu'une pluralité de câble électriques 24 qui sont regroupés dans une gaine 25 et qui relie ledit circuit électronique d'acquisition 23 à un connecteur 26 distant, situé à l'extrémité opposée du faisceau de capteur, dite « extrémité proximale » 20P.

5 Le connecteur 26 permet avantageusement une connexion matérielle réversible du faisceau de capteur 20 à l'unité (externe) de traitement 22, tel que cela est schématisé sur la figure 1, et assure ainsi la polyvalence et l'interchangeabilité du capteur de couple 1.

10 Les câbles électriques 24, qui partent du circuit d'acquisition 23, au niveau duquel ils sont soudés au circuit imprimé, pour rejoindre les broches du connecteur 26, sont de préférence au nombre de quatre, à raison de deux câbles 24 par cellule à effet Hall 11A, 11B.

15 On notera que l'agencement du faisceau de capteur 20, et plus particulièrement l'agencement de la gaine 25, peut faire l'objet de variantes sans sortir du cadre de l'invention.

20 Ainsi, selon une première variante de réalisation, correspondant aux figures 2 à 8, la gaine 25 présente une sortie coudée, qui permet à ladite gaine 25 de s'étendre le long de la paroi 15L du carter de capteur 15, ici sensiblement parallèlement à l'axe principal (ZZ'), et plus particulièrement de façon sensiblement perpendiculaire à la direction d'insertion, notée X11, selon laquelle les cellules à effet Hall 11A, 11B sont engagées dans l'entrefer 14A, 14B.

A cet effet, les câbles 24 forment un renvoi d'angle (ici sensiblement à 90 degrés) par rapport au circuit électronique d'acquisition 23.

25 Une telle première variante à sortie coudée permet notamment d'améliorer la résistance du faisceau de capteur 20 à l'arrachement.

30 En particulier, selon une telle première variante, le renvoi d'angle, c'est-à-dire la portion recourbée des câbles électriques 24 et/ou de la gaine 25, qui permet de concilier une sortie radiale desdits câbles 24, selon la direction d'insertion X11, avec une redirection axiale de ladite gaine 25 le long de la paroi 15L du carter de capteur 15, ici vers le bas, est avantageusement noyé dans le matériau d'enrobage 43 (tel que cela sera détaillé plus bas).

35 On évite ainsi d'avoir à former ledit renvoi d'angle sous forme d'une boucle apparente de câble 24 et de gaine 25 qui serait alors exposée et vulnérable à une éventuelle traction, volontaire ou accidentelle, de nature à provoquer un arrachement ou un endommagement du faisceau de capteur 20.

Selon une seconde variante de réalisation, correspondant aux figures 9 à 12, la gaine 25 présente une sortie droite, qui permet à ladite gaine de s'étendre sensiblement perpendiculairement à l'axe principal (ZZ'), c'est-à-dire sensiblement radialement, transversalement à la paroi du carter de capteur 15, et plus particulièrement ici de façon sensiblement parallèle à la direction X11 d'insertion des cellules à effet Hall, dans le prolongement du circuit électronique d'acquisition 23.

Les câbles 24 formeront alors de préférence un pont sensiblement rectiligne entre ledit circuit électronique d'acquisition 23 et la gaine 25.

Une telle seconde variante permet notamment de simplifier la structure du carter de capteur 15 au niveau de la sortie de la gaine 25, et d'améliorer la compacité (axiale) du capteur de couple 1.

On notera par ailleurs que, quelle que soit la variante de réalisation envisagée, à sortie droite ou à sortie coudée, on peut utiliser un faisceau de capteur 20 identique, ce qui contribue à la standardisation de la fabrication.

Il suffit en effet simplement de donner aux câbles électriques 24, par nature flexibles, la forme voulue (droite ou coudée) lors de la mise en place du faisceau de capteur 20 dans le carter de capteur 15.

Le procédé selon l'invention comprend bien entendu une étape (c) d'assemblage au cours de laquelle on introduit le faisceau de capteur 20 dans un orifice d'accès 30, qui traverse une paroi 15L du carter de capteur 15 pour déboucher sur l'entrefer 14A, 14B, de manière à placer la (au moins une) cellule à effet Hall 11A, 11B dans l'entrefer, puis l'on fixe le faisceau de capteur 20 sur le carter de capteur 15.

De façon particulièrement préférentielle, et tel que cela est illustré sur les figures 2, 4, 6, 9 et 11, l'introduction du faisceau de capteur 20 dans le carter de capteur 15 se fait par abord latéral, à travers une paroi latérale 15L du carter de capteur 15 qui entoure l'axe principal (ZZ'), et en suivant une direction d'insertion X11 sensiblement radiale centripète.

Un tel mouvement d'approche et de pénétration radiale centripète, dirigé vers l'axe principal (ZZ') de façon sensiblement perpendiculaire audit axe principal, permet un placement rapide et simple de l'extrémité distale 20D du faisceau de capteur 20 au sein du carter de capteur 15, directement entre les bagues collectrices 12, 13 (et plus particulièrement entre les bornes 12A, 13A, 12B, 13B desdites bagues collectrices).

On notera que, notamment par commodité de fabrication, mais également parce qu'il est préférable de placer les bagues collectrices 12, 13 au plus près des culasses magnétiques 8, 9, l'orifice d'accès 30 débouchera de préférence

directement sur la chambre centrale du carter de capteur 15, qui est traversée par, et abrite, les arbres d'entrée 2 et de sortie 3, c'est-à-dire que ledit orifice d'accès 30 traversera la paroi latérale 15L du carter de capteur 15 de part en part.

De préférence, l'orifice d'accès 30 forme un manchon 31.

5 Ledit manchon 31 est préférentiellement formé d'un seul tenant avec le carter de capteur 15, par exemple à l'occasion de la fabrication par moulage dudit carter de capteur 15.

Ledit manchon 31, cylindrique, présente de préférence une section de passage 31S circulaire, et son axe générateur central (ici rectiligne) correspond  
10 avantageusement à la direction d'insertion X11.

Bien entendu, la section de passage 31S du manchon cylindrique 31 pourra présenter toute forme adaptée au nombre et à la disposition spatiale des sondes à effet Hall 11A, 11B et à la forme du circuit d'acquisition 23.

Ainsi, on pourrait notamment, sans sortir du cadre de l'invention, utiliser  
15 une section de passage 31S ovale, ovoïde, ou polylobée, par exemple en forme de haricot (à deux lobes), notamment si l'on envisage d'utiliser quatre cellules à effet Hall.

Un tel manchon 31, qui met initialement en communication l'intérieur du carter de capteur 15 avec l'extérieur dudit carter de capteur 15, fournit  
20 avantageusement d'une part un guide qui facilite l'insertion et le centrage du faisceau de capteur 20 lors de l'introduction de ce dernier dans ledit carter de capteur, et d'autre part une chambre (dite « cavité de remplissage ») au volume relativement important qui permettra la formation d'un bouchon de fixation solide et étanche par surmoulage.

25 Selon l'invention, et tel que cela est bien visible sur les figures 2, 4, 6, 8, 9 et 11, au cours de l'étape (b) de réalisation du faisceau de capteur, on équipe le faisceau de capteur 20 d'un adaptateur 40 qui est agencé pour coopérer avec l'orifice d'accès 30 du carter de capteur 15 (et plus particulièrement avec la paroi du manchon 31) de manière à subdiviser ledit orifice d'accès 30 en une première cavité dite  
30 « cavité de préservation » 41, qui s'ouvre sur l'entrefer 14A, 14B et qui contient (ou est destinée à contenir) la (ou les) cellule(s) à effet Hall 11A, 11B, et une seconde cavité, dite « cavité de remplissage » 42, qui communique avec l'extérieur (c'est-à-dire qui s'ouvre sur l'environnement externe du carter de capteur 15).

35 Ensuite, au cours de l'étape (c) d'assemblage, on fixe le faisceau de capteur 20 sur le carter de capteur 15, et plus particulièrement à l'intérieur du manchon 31, par surmoulage, en coulant dans la cavité de remplissage 42 un matériau

d'enrobage 43, du genre résine, afin de créer, tel que cela est illustré sur les figures 3, 5, 10 et 12, un bouchon qui lie le faisceau de capteur 20 au carter de capteur 15 et qui obture l'orifice d'accès 30, tandis que l'adaptateur 40 empêche ledit matériau d'enrobage 43 de remplir la cavité de préservation 41 et de mouiller la (ou les) cellule(s) à effet Hall 11A, 11B.

Le bouchon étant constitué du matériau d'enrobage 43, après solidification dudit matériau d'enrobage 43 dans la cavité de remplissage 42, on pourra, par simple commodité de notation, utiliser la même référence 43 pour désigner le bouchon ou le matériau d'enrobage.

Avantageusement, l'extrémité distale 20D du faisceau de capteur 20, et plus particulièrement l'adaptateur 40 porté par ladite extrémité distale, ainsi que les câbles 24 et une portion terminale correspondante de la gaine 25, se trouvent ainsi noyés dans le matériau d'enrobage 43, qui adhère par ailleurs à la paroi 15L du carter de capteur 15 dont il comble et scelle l'orifice d'accès 30, ce qui garantit une fixation à la fois robuste et étanche du faisceau de capteur 20 sur le carter de capteur 15.

Le matériau d'enrobage 43 utilisé sera de préférence un polymère thermdurcissable, pouvant être coulé à l'état liquide, le cas échéant à température ambiante, et à faible pression voire à pression atmosphérique.

Un tel matériau thermdurcissable s'écoule en effet facilement sous faible pression, et présente en outre de bonnes capacités d'adhésion au carter de capteur 15 et à la gaine 25, ainsi qu'une grande durée de vie.

On notera à ce titre que l'invention offre avantageusement la possibilité de réaliser un capteur de couple 1 qui comprend d'une part un carter de capteur 15 obtenu à moindre coût par moulage par injection à chaud d'un polymère thermoplastique, et d'autre part un bouchon 43 en polymère thermdurcissable, l'utilisation d'un tel polymère thermdurcissable, particulièrement solide et étanche mais plus coûteux que le polymère thermoplastique, étant alors réservée au seul de matériau d'enrobage 43.

On pourra par exemple choisir, comme matériau d'enrobage 43 thermdurcissable, une résine polyuréthane (PU), une résine époxy (EP) ou, éventuellement, une résine silicone (SI).

Ceci étant, il n'est pas exclu d'utiliser, comme matériau d'enrobage 43, une résine thermoplastique de type colle, par exemple un polyéthylène, un polypropylène, un polyamide, ou, de préférence, un copolymère « EVA » (éthylène-acétate de vinyle).

De telles colles thermoplastiques présentent notamment l'avantage d'être faciles à mettre en œuvre et d'être recyclables.

En revanche, les résines thermodurcissables présentent *a priori* une meilleure durabilité en matière d'étanchéité de la connexion obtenue, notamment dans un environnement où la température est élevée (comme cela est le cas lorsque le capteur 1 se trouve à proximité d'un moteur à combustion), ou dans un environnement humide.

On réservera donc plutôt l'usage de résines (« colles ») thermoplastiques à des capteurs de couple 1 qui sont destinés à des véhicules électriques (et qui sont donc soumis à un échauffement moindre que celui des véhicules thermiques), et/ou à des véhicules à moteur arrière, au sein desquels le capteur de couple 1, situé à l'avant, hors du compartiment moteur, n'est pas exposé aux dégagements de chaleur du moteur.

Par ailleurs, quel que soit le type de résine retenu en tant que matériau d'enrobage 43, on fera de préférence en sorte que ledit matériau d'enrobage 43 présente (une fois solidifié) une dureté égale ou supérieure à 50 Shore D1, et ce afin d'opposer une résistance suffisante à l'arrachement.

A cette fin, le matériau d'enrobage 43 sera de préférence réticulé.

En outre, de façon particulièrement préférentielle, le matériau d'enrobage 43 sera un polymère thixotrope, c'est-à-dire que sa viscosité (à l'état liquide) réduit lorsqu'on lui applique une contrainte.

Avantageusement, la thixotropie permettra au matériau d'enrobage 43 de présenter une viscosité relativement faible lors de la coulée, de manière à ce que ledit matériau d'enrobage 43 remplisse facilement et efficacement la cavité de remplissage 42, et enrobe le faisceau de capteur 20 en recouvrant au moins en partie l'adaptateur 40, tout en évitant que ledit matériau de remplissage 43, qui tend à se restructurer spontanément en l'absence de contrainte, ne s'insinue dans des espaces trop étroits.

En particulier, cette propriété de thixotropie empêchera le matériau d'enrobage 43 de contourner l'adaptateur 40, ou de s'infiltrer dans ledit adaptateur 40, et donc empêchera ledit matériau d'enrobage 43 de pénétrer dans la cavité de préservation 41, et plus particulièrement d'atteindre l'entrefer 14A, 14B, les bagues collectrices 12, 13, et les cellules à effet Hall 11A, 11B.

Les différents exemples de résines thermodurcissables et de résines thermoplastiques mentionnées plus haut présentent avantageusement un caractère thixotrope.

En définitive, la cavité de préservation 41 étant isolée du matériau d'enrobage 43 par l'adaptateur 40 pendant la coulée, puis isolée de l'environnement du capteur 1 par le bouchon en matériau d'enrobage 43, aucun corps étranger extérieur, et notamment aucune bavure de matériau d'enrobage 43, ni aucune  
5 infiltration d'eau ne viendra donc perturber la collecte, par les bagues collectrices 12, 13, puis la mesure, par la ou les cellule(s) à effet Hall 11A, 11B, du flux magnétique, généré par les aimants 6, qui provient de l'intérieur du carter de couple 15.

On notera que l'adaptateur 40 est avantageusement intégré au faisceau de capteur 20, avant insertion de l'extrémité distale 20D dudit faisceau 20 dans  
10 l'orifice d'accès 30, et que ledit adaptateur 40 se retrouve pris dans le bouchon de matériau d'enrobage 43, pour être laissé définitivement (à vie) dans le carter de couple 15.

Bien entendu, ledit adaptateur 40 pourra présenter toute forme appropriée, de préférence sensiblement complémentaire à celle du manchon 31, de  
15 manière à pouvoir cloisonner l'orifice d'accès 30 de manière étanche au matériau d'enrobage 43 liquide, et ainsi former, en coopération avec le carter de capteur 15, une barrière étanche entre la cavité de préservation 41, qui contient et protège la zone de l'entrefer 14A, 14B, et qui est donc laissée vide de matériau d'enrobage 43, et la cavité de remplissage 42 qui reçoit et contient un volume parfaitement  
20 prédéterminé dudit matériau d'enrobage 43.

On notera également qu'un même modèle d'adaptateur 40 peut avantageusement être utilisé, de manière identique, aussi bien pour l'assemblage de la variante à sortie coudée (figures 2 à 8) que pour l'assemblage de la variante à sortie droite (figures 9 à 12), ce qui permet une standardisation de la fabrication.

De préférence, tel que cela est bien visible sur les figures 6 et 8, l'adaptateur 40 est formé par une coque 44, 45 qui est obtenue en refermant l'une sur l'autre, autour d'un tronçon du faisceau de capteur 20, et plus particulièrement  
25 autour d'un tronçon de l'extrémité distale 20D dudit faisceau de capteur 20, au moins une première pièce de coque 44 et une seconde pièce de coque 45, de manière à  
30 encapsuler ledit tronçon de faisceau de capteur 20.

Avantageusement, l'utilisation d'une coque fractionnée en pièces de coque 44, 45 simplifie le positionnement et l'assemblage de l'adaptateur 40 sur le faisceau de capteur 20, puisqu'il suffit de rapporter lesdites pièces de coque 44, 45 l'une contre l'autre, selon un plan de joint P0, en opérant un mouvement de  
35 rapprochement qui est transverse à la ligne moyenne (longitudinale) du tronçon de

faisceau de capteur 20 considéré, de manière à prendre en sandwich ledit tronçon de faisceau de capteur.

En outre, l'utilisation d'une coque 44, 45 permet de créer facilement une séparation étanche entre la face apparente externe de ladite coque 44, 45, qui sera recouverte par le matériau d'enrobage 43, et l'empreinte 44C, 45C intérieure de la coque, empreinte qui pourra former au moins une partie de la cavité de préservation 41, et donc qui pourra abriter l'entrefer 14A, 14B et les cellules à effet Hall 11A, 11B.

De façon préférentielle, et notamment par commodité de fabrication, la coque 44, 45 est constituée de seulement deux pièces de coque 44, 45 complémentaires l'une de l'autre.

Les pièces de coque 44, 45 se joindront de préférence selon un plan de joint P0 qui fend la coque en deux sensiblement parallèlement à la ligne moyenne du tronçon de faisceau de capteur, chaque pièce de coque 44, 45 recouvrant de préférence sensiblement la moitié du périmètre du faisceau de capteur 20 (soient environ 180 degrés autour de la ligne moyenne dudit faisceau).

De préférence, ledit plan de joint P0 sera sensiblement orthogonal à l'axe principal (ZZ'), subdivisant ainsi la coque 44, 45 en une demi-coque inférieure 44 et une demi-coque supérieure 45.

Les pièces de coque 44, 45, et plus globalement l'adaptateur 40, sont de préférence formés dans un matériau polymère rigide, tel qu'un poly-butylène-téréphtalate, de préférence chargé (par exemple un PBT MD30 contenant 30 % de charges minérales ou bien un PBT GF30 contenant 30 % de fibres de verre).

De préférence, et tel que cela est bien visible sur les figures 4, 6 et 11, l'intérieur de la coque 44, 45 présente une empreinte 44C, 45C de forme sensiblement conjuguée à la forme du tronçon de faisceau de capteur 20 destiné à recevoir l'adaptateur (40), de telle sorte que, une fois la coque 44, 45 refermée sur le faisceau de capteur, le faisceau de capteur 20 est automatiquement maintenu dans une position fixe et prédéterminée à l'intérieur de l'adaptateur 40 (le faisceau de capteur 20 étant ainsi maintenu sensiblement dans une position fixe et prédéterminée par rapport audit adaptateur 40, et réciproquement).

Un tel agencement permettra avantageusement un positionnement unique, reproductible et stable de la coque 44, 45, et donc de l'adaptateur 40, sur le faisceau de capteur 20 ainsi retenu prisonnier au sein de la coque 44, 45.

Un éventuel jeu résiduel (ici le jeu d'épaisseur) entre la coque 44, 45 et le tronçon de faisceau de capteur 20 contenu dans ladite coque, et plus particulièrement entre l'empreinte 44C, 45C et ledit tronçon de faisceau de capteur 20, sera de

préférence, au moins dans la ou les portions où le faisceau de capteur est le plus proche du fond de l'empreinte 44C, 45C, inférieur ou égal à 0,15 mm, et par exemple compris entre 0,05 mm et 0,15 mm si l'on souhaite obtenir un maintien "lâche", voire sensiblement nul, si l'on souhaite obtenir un maintien serré, par pincement.

5 Dans tous les cas, ledit jeu sera suffisamment faible pour d'une part assurer un maintien efficace de l'adaptateur 40 sur le faisceau de capteur 20, avant l'introduction du faisceau 20 dans l'orifice d'accès 30 puis pendant le surmoulage, et d'autre part faire obstacle à toute pénétration du matériau d'enrobage 43 dans la cavité de préservation 41, en empêchant, par blocage thixotrope, ledit matériau  
10 d'enrobage 43 liquide de s'immiscer dans la cavité de préservation 41 en passant par l'intérieur de la coque 44, 45, entre le faisceau de capteur 20 et l'empreinte 44C, 45C.

De façon particulièrement préférentielle, l'interface de connexion 21 comprenant un circuit électronique d'acquisition 23 tel que décrit plus haut, l'empreinte de la coque 44C, 45C vient en prise sur ledit circuit d'acquisition 23 pour  
15 assurer le positionnement et le maintien du faisceau de capteur 20 dans l'adaptateur 40.

Avantageusement, l'empreinte 44C, 45C présente ainsi une forme sensiblement conjuguée aux contours dudit circuit d'acquisition 23, et notamment sensiblement conjuguée à la découpe des bords latéraux de la plaque de circuit  
20 imprimé qui forme ledit circuit d'acquisition 23 et qui vient se loger dans le creux de ladite empreinte 44C, 45C.

Un tel agencement favorise un positionnement unique et reproductible de l'adaptateur 40 sur le faisceau de capteur 20, ainsi qu'un maintien particulièrement efficace dudit adaptateur 40 sur ledit faisceau 20.

25 A ce titre, on notera que l'empreinte 44C, 45C et le circuit d'acquisition 23 (notamment les bords latéraux minces du circuit imprimé) peuvent présenter, tel que cela est bien visible sur les figures 5 et 12, un ou plusieurs décrochements 46 formant des épaulements ou des indentations qui empêchent avantageusement tout glissement relatif de l'adaptateur 40 le long du faisceau de capteur 20 (ou  
30 inversement).

De préférence, pour faciliter la mise en place du circuit d'acquisition 23 au sein de l'empreinte 44C, 45C, mais également pour gagner en compacité (axiale) et en robustesse d'assemblage, le plan de joint P0 des pièces de coque 44, 45, sur lequel s'ouvre ladite empreinte 44C, 45C, sera sensiblement parallèle aux surfaces  
35 principales (grandes surfaces, ici les surfaces supérieure et inférieure sur les figures 2 et 9) de la plaque du circuit imprimé, voire confondu avec l'une desdites surfaces

principales, ou confondu avec le plan moyen d'extension du circuit d'acquisition 23 compris entre lesdites surfaces.

Ainsi, la plaque formant le circuit d'acquisition 23 sera de préférence disposée orthogonalement à l'axe principal (ZZ'), sensiblement à plat entre les deux  
5 pièces de coque 44, 45, de telle sorte que l'épaisseur du circuit d'acquisition 23 s'étend selon ledit axe principal (ZZ').

Comme indiqué plus haut, le circuit d'acquisition 23 pourra être, au moins avant surmoulage, monté serré (par pincement à plat entre les pièces de coque 44, 45) ou bien au contraire retenu de manière « lâche » mais avec un très faible jeu,  
10 notamment un très faible jeu d'épaisseur (inférieur à 0,15 mm).

On notera que, avantageusement, le fait que l'adaptateur 40 vienne en prise sur un élément relativement solide et rigide du faisceau de capteur 20, à savoir le circuit d'acquisition 23 (et plus particulièrement la plaque de circuit imprimé de celui-ci), qui ne craint pas d'être altéré par le contact de l'adaptateur voire par la  
15 compression exercée par ledit adaptateur 40, et qui offre de surcroît une surface d'appui relativement large, permet une fixation particulièrement solide et fiable de l'adaptateur 40 sur le faisceau de capteur 20.

De préférence, et tel que cela est notamment illustré sur la figure 8, les première et seconde pièces de coque 44, 45 sont assemblées l'une contre l'autre sur  
20 le tronçon de faisceau de capteur 20 selon un plan de joint P0 le long duquel le jeu d'assemblage JA entre la première pièce de coque 44 et la seconde pièce de coque 45 est inférieur ou égal à 0,15 mm, et par exemple sensiblement compris entre 0,05 mm et 0,15 mm, de manière à faire obstacle à la pénétration du matériau d'enrobage à l'intérieur de la coque 44, 45.

Comme indiqué plus haut, en limitant la largeur (ici l'épaisseur) des éventuels interstices résiduels entre les deux pièces de coque 44, 45 avant le surmoulage, on crée un blocage thixotrope du matériau d'enrobage 43 afin d'empêcher ce dernier de gagner la cavité de préservation 41 en passant à travers la  
25 coque 44, 45 de l'adaptateur 40.

Pour améliorer l'étanchéité au matériau d'enrobage 43 de la jonction entre les pièces de coque 44, 45, on pourra également doter le plan de joint P0 de chicanes 47, notamment à tracé oblique en V (figure 17) ou à tracé perpendiculaire en créneau (figure 18).  
30

De préférence, les première et seconde pièces de coque 44, 45 sont refermées l'une sur l'autre et maintenues en position fermée l'une contre l'autre par  
35 emboîtement forcé, de type sertissage ou clippage.

Avantageusement, on pourra ainsi réaliser une fermeture simple et rapide de la coque 44, 45, et donc de l'adaptateur 40, sur le faisceau de capteur 20, préalablement à l'insertion dans l'orifice accès 30, et donc avant le surmoulage.

5 Pour permettre une telle fixation, on pourra utiliser tout type d'organe de retenue 48 adapté, et de préférence formé d'un seul tenant avec l'une et/ou l'autre des pièces de coque 44, 45, tel que languettes flexibles à crochets, pions faisant saillie par rapport au plan de joint P0 et venant pénétrer avec serrage radial dans des trous de diamètre conjugué (tel que cela est illustré sur les figures 5 et 6), etc.

10 Avantageusement, cette préfixation par emboîtement serré permet de maintenir la coque 44, 45, et donc l'adaptateur 40, en place (fixe) sur le faisceau de capteur 20, avant et pendant le surmoulage, et autorise notamment la manipulation du faisceau de capteur 20 hors du carter de capteur 15 puis l'insertion dudit faisceau de capteur 20 dans l'orifice d'accès 30 dudit carter de capteur 15, sans risque de  
15 désolidarisation ou de modification de la position de l'adaptateur 40 par rapport au faisceau de capteur 20 (et notamment par rapport aux cellules à effet Hall 11A, 11B et par rapport à la gaine 25).

De façon particulièrement avantageuse, l'adaptateur 40, qui est rapporté sur le faisceau de capteur 20 dans une position prédéterminée, et donc selon une  
20 configuration unique et bien maîtrisée par rapport aux cellules à effet Hall 11A, 11B, peut ainsi servir de repère de positionnement lors de l'introduction du faisceau de capteur 20 dans l'orifice d'accès 30, de telle manière qu'un positionnement correct dudit adaptateur 40 au sein de l'orifice d'accès 30 garantit automatiquement un positionnement correct des cellules à effet Hall 11A, 11B au sein de l'entrefer 14A,  
25 14B.

On notera par ailleurs que la fixation de la première pièce de coque 44 sur la seconde pièce de coque 45, autour du faisceau de capteur 20, est  
avantageusement renforcée une fois que l'adaptateur 40, et plus particulièrement  
lesdites pièces de coque 44, 45, se trouvent noyés, à l'intérieur du carter de capteur  
30 15, dans un même bouchon de matériau d'enrobage 43, qui entoure et enveloppe ensemble lesdites deux pièces de coque 44, 45.

De préférence, le manchon 31 que forme l'orifice d'accès 30 présente au moins une section de passage 31S qui est délimitée latéralement par une paroi latérale 31L formant un contour fermé (autour de la direction d'insertion X11, c'est-à-  
35 dire autour de l'axe central générateur du manchon 31).

Tel que cela est notamment illustré sur les figures 3, 5, 8, 10 et 12 à 15, l'adaptateur 40 peut alors avantageusement être pourvu d'une collerette 50 qui possède une forme conjuguée à ladite au moins une section de passage 31S ainsi que des dimensions initiales (ici, dans le cas de formes de révolution, un diamètre initial) légèrement supérieures aux dimensions (ici, au diamètre) de ladite section de passage 31S, de manière à ce que, lors de l'introduction du faisceau de capteur 20 et de l'adaptateur 40 dans l'orifice d'accès 30, le bord de ladite collerette 50 vient épouser, avec interférence, la paroi latérale 31L de l'orifice d'accès 30 (paroi latérale 31L du manchon 31), sur tout le contour fermé de la section de passage 31S, si bien que ladite collerette 50 d'une part assure un maintien provisoire (notamment anti-arrachement) de l'adaptateur 40 et du faisceau de capteur 20 en position dans le carter de capteur 15, par emboîtement serré, dans l'attente du surmoulage (figures 2, 4, 9 et 11), et d'autre part forme une paroi de fond (ou « culasse ») de la cavité de remplissage 42, paroi de fond qui coopère avec la paroi latérale 31L de l'orifice d'accès 30 pour former une liaison étanche à l'encontre de l'écoulement du matériau d'enrobage 43, et qui permet ainsi de contenir, lors du surmoulage, ledit matériau d'enrobage 43 du côté de l'orifice d'accès 30 qui est ouvert vers l'extérieur, c'est-à-dire du côté de la cavité de remplissage 42, et plus particulièrement du côté de l'ouverture, commune à l'orifice d'accès 30 et à la cavité de remplissage 42, par laquelle le faisceau 20 et l'adaptateur 40 ont été introduits dans le carter de capteur 15 (figures 3, 5, 10, 12).

L'utilisation d'une collerette 50, permet avantageusement un emmanchement simple, rapide, précis, et robuste de l'adaptateur 40 dans le carter de capteur 15, ainsi qu'un cloisonnement automatique et simple de l'orifice d'accès 30, avec séparation immédiate de la cavité de préservation 41 et de la cavité de remplissage 42, qui s'étendent chacune d'un côté différent de ladite collerette 50 (respectivement en vis-à-vis de la face avant 50A de la collerette 50, orientée vers l'entrefer 14A 14B et vers l'axe principal (ZZ'), et de la face arrière 50B de ladite collerette orientée vers l'extérieur, vers les câbles 24 et la gaine 25).

Tel que cela est bien visible sur les figures 6 et 8, la collerette 50 est de préférence formée d'un seul tenant avec l'adaptateur 40, et préférentiellement portée sensiblement par moitié (sous forme d'arceaux) par chacune des deux pièces de coque 44, 45, en saillie externe sur la face apparente desdites pièces de coque 44, 45 (à l'opposé des empreintes internes 44C, 45C).

Ladite collerette 50 se présente de préférence sous la forme d'un disque plein, dont la circonférence, de préférence circulaire, correspond à la forme de la section de passage 31S.

Ledit disque (et donc plus globalement la collerette 50) est de préférence sensiblement orthogonal à l'axe central de l'adaptateur 40, lequel axe coïncide avec l'axe central du manchon 31 et donc avec la direction d'insertion X11 selon laquelle on enfonce le faisceau de capteur 20 dans le carter de capteur 15 (ici perpendiculairement à l'axe principal (ZZ')). La collerette 50 est donc de préférence sensiblement orthogonale au plan principal d'extension de la plaque de circuit imprimé formant le circuit d'acquisition 23.

Ladite collerette 50 peut avantageusement être renforcée, et notamment rigidifiée à l'encontre d'un effort d'arrachement appliqué selon la direction d'insertion X11, par des nervures de soutien 51.

On notera que lesdites nervures de soutien 51, qui seront également noyées dans le bouchon de matériau d'enrobage 43, participeront avantageusement au renforcement de la fixation de l'adaptateur 40 dans le carter de capteur 15, et notamment au blocage de la rotation en roulis dudit adaptateur 40 autour de la direction d'insertion X11.

La collerette 50 sera de préférence dimensionnée de sorte à présenter une interférence avec la section de passage 31S du manchon 31 (c'est-à-dire un excédent de matière, avant introduction dans l'orifice d'accès 30, par rapport à la taille au repos de la section de passage 31S libre) qui est sensiblement comprise entre 0,05 mm (cinq centièmes) et 0,20 mm (vingt centièmes).

De manière équivalente, l'interférence pourra représenter sensiblement 0,5 % à 1 % du diamètre au repos de la section de passage 31S (ou de la dimension considérée de ladite section de passage 31S, si la section de passage 31S n'est pas circulaire).

Une telle interférence permettra d'obtenir un effet de serrage suffisant lors de l'introduction de l'adaptateur 40 dans le carter de capteur 15, tout en n'opposant pas une résistance trop importante à ladite introduction et à la progression du faisceau de capteur 20 jusqu'à l'entrefer 14A, 14B.

Pour faciliter l'adaptation de la collerette 50 (par écrasement et repli radial centripète de ladite collerette 50 vers l'axe central X11 de l'adaptateur 40), le pourtour de la collerette 50 pourra être façonné de manière à former un organe d'interférence martyr 52, 53, tel qu'une nervure annulaire sacrificielle 52 (figure 14) ou bien une lèvre 53 flexible (figure 15).

Ledit organe d'interférence martyr 52, 53 sera avantageusement agencé et dimensionné de manière à pouvoir compenser les jeux de fabrication et d'assemblage des pièces de coque 44, 45 et de l'orifice d'accès 30, afin de procurer à coup sûr une interférence, même minime, entre l'adaptateur 40 et la paroi latérale 5 31L du manchon 31, interférence qui sera suffisante pour obtenir l'effet de fixation et l'étanchéité souhaités.

Tel que cela est notamment illustré sur les figures 8 et 13 à 15, le bord avant (c'est-à-dire la périphérie de la face avant 50A) de la collerette 50 pourra avantageusement présenter un arrondi 54, de sorte à faciliter le centrage, la 10 pénétration et la progression de l'adaptateur 40 dans le manchon 31.

De préférence, et tel que cela est notamment visible sur les figures 3 à 5, 10 à 12, et 13 à 15, le carter de capteur 15 est pourvu d'une (d'au moins une) butée d'enfoncement 55, telle qu'un épaulement (de préférence annulaire) formé dans l'orifice de passage 30, qui bloque automatiquement la progression de l'adaptateur 40 15 à une profondeur prédéterminée, lors de l'introduction du faisceau de capteur 20 dans l'orifice d'accès 30, de manière à régler automatiquement la profondeur de pénétration de la (ou des) cellule(s) à effet Hall 11A, 11B dans l'entrefer 14A, 14B.

Ladite butée d'enfoncement 55 est de préférence agencée de manière à agir sur la collerette 50 pour stopper le mouvement d'enfoncement de l'adaptateur 40 20 lorsque ledit adaptateur 40, et donc les cellules à effet Hall 11A, 11B qu'il renferme, atteignent la position souhaitée par rapport à l'axe principal (ZZ'), et notamment la distance radiale souhaitée par rapport audit axe principal (ZZ'), et par conséquent la position souhaitée par rapport à l'entrefer 14A, 14B.

De préférence, et pour une meilleure précision de la mise en butée, la 25 collerette 50 comprend une pluralité d'ergots 56 (au moins trois ergots) qui font saillie sur ladite collerette 50, et qui, plus précisément, pointent vers l'axe principal (ZZ'), à l'opposé de la cavité de remplissage 42 par rapport à la collerette 50, c'est-à-dire qui sont formés en surélévation sur la face avant 50A de la collerette, du côté de la butée 55, de la cavité de préservation 41, et des cellules à effet Hall 11A, 11B.

30 Lesdits ergots 56 forment ainsi une pluralité de points d'appui par lesquelles la collerette 50 vient au contact contre la butée d'enfoncement 55, tel que cela est notamment illustré sur les figures 13 à 15.

Pour une mise en butée équilibrée (offrant un appui de type plan sur plan, ici selon un plan d'appui perpendiculaire à la direction d'insertion X11), les 35 ergots 56 sont de préférence sensiblement équirépartis sur la face avant 50A annulaire de la collerette 50, en étoile autour de la direction d'insertion X11.

De préférence, et tel que cela est visible sur la figure 8, l'adaptateur 40 est pourvu d'une ou plusieurs structures de détrompage 60, 61, 62, de type méplats d'orientation 61 ou nervures de détrompage 62, qui coopèrent avec des structures d'accueil conjuguées 65 du carter de capteur 15 pour orienter l'adaptateur 40 et  
5 guider son insertion dans l'orifice d'accès 30.

L'adaptateur 40 formera ainsi avantageusement une sorte de prise mâle, située de préférence en avant (et en saillie) de la collerette 50, c'est-à-dire plus près de l'axe principal (ZZ') et de l'entrefer 14A, 14B que ladite collerette 50, et qui vient s'insérer, lors de l'introduction du faisceau de capteur 20 dans le carter de capteur 15,  
10 dans une prise femelle porteuse des structures d'accueil 65 susmentionnées.

De préférence, lesdites structures d'accueil 65 (femelles) seront réunies pour former une douille 65 qui est intégrée, et plus particulièrement moulée, dans la paroi du support concentrateur de flux 10, de sorte à obtenir un guidage très précis, qui prend directement pour référence de guidage la structure du support  
15 concentrateur de flux 10, et donc l'entrefer 14A, 14B visé.

Plus particulièrement, les structures de détrompage 60, 61, 62 pourront comprendre au moins l'une, et de préférence l'ensemble des structures suivantes :

- au moins un cylindre de guidage 60 (ou des portions d'arcs de cylindre de guidage 60), de base circulaire, pour le guidage et le  
20 centrage ;
- au moins un méplat d'orientation 61, et de préférence deux méplats d'orientation 61 diamétralement opposés, de préférence ménagé(s) sur le cylindre de guidage 60, pour bloquer la rotation de l'adaptateur 40 sur lui-même, et ainsi garantir le positionnement et le blocage en  
25 roulis dudit adaptateur 40 par rapport à l'entrefer 14A, 14B ;
- une nervure de détrompage 62, permettant de distinguer le haut du bas de l'adaptateur 40, et donc d'identifier la cellule à effet Hall 11A, 11B destinée à chaque entrefer 14A, 14B.

On notera que, de préférence, et notamment pour obtenir une meilleure  
30 finition tout en acceptant des tolérances dimensionnelles de fabrication plus larges, et donc moins contraignantes, les cylindres de guidage 60, ainsi que les méplats d'orientation 61, seront de préférence formés d'un seul tenant sur une seule et même pièce de coque (ici la première pièce de coque 44 inférieure), tel que cela est bien visible sur la figure 6, ce qui évitera avantageusement un fractionnement des  
35 structures de détrompage 60, 61, 62 par le plan de joint P0.

Par ailleurs, on notera que, de préférence, et quelle que soit variante de réalisation envisagée (à sortie droite ou à sortie courbée), on aménage la cavité de remplissage 42 et l'on définit la quantité de matériau d'enrobage 43 utilisée pour le surmoulage de telle sorte que, lors du surmoulage, le matériau d'enrobage 43 mouille (recouvre) la gaine 25 (l'extrémité distale de la gaine 25) sur une longueur L25 d'au moins 5 mm (figures 3 et 10).

Les inventeurs on en effet constaté qu'une telle longueur d'enrobage L25 était, eu égard par ailleurs à la nature des matériaux utilisé (notamment lorsque l'on utilise une gaine 25 en polyuréthane de diamètre  $D_{25} = 5$  mm, et une résine polyuréthane comme matériau d'enrobage 43), nécessaire et suffisante pour garantir que l'effort d'arrachement, c'est-à-dire la traction qui, exercée sur la gaine 25 exposée à l'extérieur, est suffisante pour provoquer un arrachement de la gaine hors du bouchon de matériau d'enrobage 43, était supérieur à 100 N, voire à 200 N à une température ambiante de 120°C, ce qui correspond au critère de résistance à l'arrachement visé.

De préférence, par souci de compacité et d'économie de matière, la longueur d'enrobage L25 de la gaine 25 sera par ailleurs inférieure ou égale à 15 mm, voire à 10 mm, si bien que, en définitive, ladite longueur d'enrobage L25 sera préférentiellement comprise entre 5 mm et 15 mm, voire entre 5 mm et 10 mm.

De préférence, et en particulier lorsque l'on met en œuvre la seconde variante de réalisation à sortie coudée, l'orifice d'accès 30 du carter de capteur 15, et plus particulièrement l'embouchure externe dudit orifice d'accès 30, se prolonge extérieurement par une goulotte 70 qui forme un renvoi d'angle par rapport à la cavité de remplissage 42, tel que cela est illustré sur la figure 6, et qui est agencée de manière à accueillir et à guider la gaine 25.

Ladite goulotte 70 est plus préférentiellement agencée de manière à accueillir la gaine 25 et à guider ladite gaine 25 sensiblement parallèlement à l'axe principal (ZZ'), autour duquel s'exerce le couple de torsion T0 que le capteur de couple 1 est destiné à mesurer, tel que cela est visible sur les figures 2 à 4.

Avantageusement, la présence d'une telle goulotte 70, de préférence formée d'un seul tenant avec le manchon 31 et la paroi 15L du carter de capteur 15, permet de stabiliser et maintenir la gaine 25 dans sa direction de renvoi, direction de renvoi qui est ici parallèle à l'axe principal (ZZ') et donc sécante au plan d'extension du circuit d'acquisition 23, à la direction d'orientation globale des cellules à effet Hall 11A, 11B, et à la direction (radiale) selon laquelle les câbles 24 émergent dudit circuit d'acquisition 23.

La mise en place de la gaine 25, et le cintrage des câbles 24, se trouvent donc facilités par la présence de ladite goulotte 70.

De même, la résistance à l'arrachement du faisceau 20 s'en trouve renforcée.

5 De façon particulièrement préférentielle, afin d'améliorer encore le maintien de la gaine 25 et la résistance à l'arrachement du faisceau de capteur 20, la goulotte 70 est en outre pourvue, tel que cela est détaillé sur la figure 7, d'un rebord de retenue 71 qui s'oppose à l'arrachement, selon une direction d'éloignement radiale à l'axe principal (ZZ') (c'est-à-dire selon une direction d'arrachement centrifuge), de  
10 ladite gaine 25 hors de la goulotte 70.

Le rebord de retenue 71 procure avantageusement un resserrement, de largeur D71 inférieure au diamètre D25 de la gaine 25, qui, tout en autorisant de préférence l'insertion de la gaine 25 dans la goulotte 70 par emboîtement élastique, évite toute extraction accidentelle de ladite gaine 25 hors de ladite goulotte 70.

15 Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée aux seules variantes décrites dans ce qui précède, l'homme du métier étant susceptible d'isoler ou de combiner librement entre elles l'une ou l'autre des caractéristiques susmentionnées, ou de leur substituer des équivalents.

**REVENDEICATIONS**

1. Procédé de fabrication d'un capteur de couple (1) comprenant une étape (a) de préparation d'un carter de capteur (15) au cours de laquelle on place à l'intérieur d'un carter de capteur (15) au moins une première bague collectrice (12) et une seconde bague collectrice (13) destinées à collecter un flux magnétique, lesdites bagues collectrices (12, 13) étant distantes l'une de l'autre et portant chacune respectivement au moins une première borne de mesure (12A, 12B) et une seconde borne de mesure (13A, 13B) qui délimitent entre elles un entrefer (14A, 14B), une étape (b) de réalisation d'un faisceau de capteur (20) au cours de laquelle on réalise un sous-ensemble dit « faisceau de capteur » (20) qui comprend au moins une cellule à effet Hall (11A, 11B), destinée à venir se placer dans l'entrefer (14A, 14B) pour y mesurer le flux magnétique, ainsi qu'au moins une interface de connexion électrique (21) qui est destinée à permettre une connexion électrique entre la cellule à effet Hall (11A, 11B) et une unité de traitement (22) extérieure au carter de capteur (15), et une étape (c) d'assemblage au cours de laquelle on introduit le faisceau de capteur (20) dans un orifice d'accès (30), qui traverse une paroi (15L) du carter de capteur (15) pour déboucher sur l'entrefer (14A, 14B), de manière à placer la cellule à effet Hall (11A, 11B) dans l'entrefer (14A, 14B), puis l'on fixe le faisceau de capteur (20) sur le carter de capteur (15), ledit procédé étant caractérisé en ce que, au cours de l'étape (b) de réalisation du faisceau de capteur, on équipe le faisceau de capteur (20) d'un adaptateur (40) qui est agencé pour coopérer avec l'orifice d'accès (30) du carter de capteur de manière à subdiviser ledit orifice d'accès (30) en une première cavité dite « cavité de préservation » (41), qui s'ouvre sur l'entrefer (14A, 14B) et qui contient la cellule à effet Hall, et une seconde cavité, dite « cavité de remplissage » (42), qui communique avec l'extérieur, et en ce que, au cours de l'étape (c) d'assemblage, on fixe le faisceau de capteur (20) sur le carter de capteur (15) par surmoulage, en coulant dans la cavité de remplissage (42) un matériau d'enrobage (43), du genre résine, afin de créer un bouchon qui lie le faisceau de capteur au carter de capteur et obture l'orifice d'accès (30), tandis que l'adaptateur (40) empêche ledit matériau d'enrobage (43) de remplir la cavité de préservation (41) et de mouiller la cellule à effet Hall (11A, 11B).

2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'adaptateur (40) est formé par une coque (44, 45) qui est obtenue en refermant l'une sur l'autre, autour d'un tronçon du faisceau de capteur (20), au moins une première pièce de coque (44) et une seconde pièce de coque (45), de manière à encapsuler ledit tronçon de faisceau de capteur.

3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé en ce que les première et seconde pièces de coque (44, 45) sont assemblées l'une contre l'autre sur le tronçon de faisceau de capteur (20) selon un plan de joint (P0) le long duquel le jeu d'assemblage (JA) entre la première pièce de coque (44) et la seconde pièce de coque (45) est inférieur ou égal à 0,15 mm, de manière à faire obstacle à la pénétration du matériau d'enrobage (43) à l'intérieur de la coque (44, 45).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3 caractérisé en ce que l'intérieur de la coque (44, 45) présente une empreinte (44C, 45C) de forme sensiblement conjuguée à la forme du tronçon de faisceau de capteur (20) destiné à recevoir l'adaptateur (40), de telle sorte que, une fois la coque (44, 45) refermée sur le faisceau de capteur, le faisceau de capteur (20) est automatiquement maintenu dans une position fixe et prédéterminée à l'intérieur de l'adaptateur (40).

5. Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que l'interface de connexion (21) du faisceau de capteur (20) comprend un circuit électronique d'acquisition (23) auquel est connectée la cellule à effet Hall (11A, 11B) et qui sert de support à ladite cellule à effet Hall, et en ce que l'empreinte de la coque (44C, 45C) vient en prise sur ledit circuit d'acquisition (23) pour assurer le positionnement et le maintien du faisceau de capteur (20) dans l'adaptateur (40).

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5 caractérisé en ce que les première et seconde pièces de coque (44, 45) sont refermées l'une sur l'autre et maintenues en position fermée l'une contre l'autre par emboîtement forcé, de type sertissage ou clippage.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'orifice d'accès (30) forme un manchon (31) qui présente au moins une section de passage (31S) qui est délimitée latéralement par une paroi latérale (31L) formant un contour fermé, et en ce que l'adaptateur (40) est pourvu d'une collerette (50) qui possède une forme conjuguée à ladite au moins une section de passage (31S) ainsi que des dimensions initiales légèrement supérieures aux dimensions de ladite section de passage, de manière à ce que, lors de l'introduction du faisceau de capteur (20) et de l'adaptateur (40) dans l'orifice d'accès (30), le bord de ladite collerette (50) vient épouser, avec interférence, la paroi latérale (31L) de l'orifice d'accès (30), sur tout le contour fermé de la section de passage (31S), si bien que ladite collerette (50) d'une part assure un maintien provisoire de l'adaptateur (40) et du faisceau de capteur (20) en position dans le carter de capteur (15), par emboîtement serré, dans l'attente du surmoulage, et d'autre part forme une paroi de fond de la cavité de remplissage (42), qui coopère avec la paroi latérale (31L) de l'orifice d'accès pour former une liaison

étanche à l'encontre de l'écoulement du matériau d'enrobage (43), et qui permet ainsi de contenir, lors du surmoulage, ledit matériau d'enrobage (43) du côté de l'orifice d'accès (30) qui est ouvert vers l'extérieur.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le carter de capteur (15) est pourvu d'une butée d'enfoncement (55), telle qu'un épaulement formé dans l'orifice de passage (30), qui bloque automatiquement la progression de l'adaptateur (40) à une profondeur prédéterminée, lors de l'introduction du faisceau de capteur (20) dans l'orifice d'accès (30), de manière à régler automatiquement la profondeur de pénétration de la cellule à effet Hall (11A, 11B) dans l'entrefer (14A, 1AB).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'adaptateur (40) est pourvu d'une ou plusieurs structures de détrompage (60, 61, 62), de type méplats d'orientation (61) ou nervures de détrompage (62), qui coopèrent avec des structures conjuguées (65) du carter de capteur (15) pour orienter l'adaptateur (40) et guider son insertion dans l'orifice d'accès (30).

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le faisceau de capteur (20) comprend, à l'une de ses extrémités dite « extrémité distale » (20D), destinée à être introduite et noyée dans le carter de capteur (15), un circuit électronique d'acquisition (23) qui porte la cellule à effet Hall (11A, 11B), ainsi qu'une pluralité de câbles électriques (24) qui sont regroupés dans une gaine (25) et qui relie ledit circuit électronique d'acquisition (23) à un connecteur (26) distant, situé à l'extrémité opposée du faisceau de capteur, dite « extrémité proximale » (20P), et en ce que l'on aménage la cavité de remplissage (42) et l'on définit la quantité de matériau d'enrobage (43) utilisée pour le surmoulage de telle sorte que, lors du surmoulage, le matériau d'enrobage (43) mouille la gaine (25) sur une longueur (L25) d'au moins 5 mm.

11. Procédé selon la revendication 10 caractérisé en ce que l'orifice d'accès (30) du carter de capteur (15) se prolonge extérieurement par une goulotte (70) formant un renvoi d'angle par rapport à la cavité de remplissage (42), ladite goulotte (70) étant agencée de manière à accueillir la gaine (25) et à guider ladite gaine, de préférence sensiblement parallèlement à l'axe principal (ZZ') autour duquel s'exerce le couple de torsion (T0) que le capteur de couple est destiné à mesurer, ladite goulotte (70) étant en outre pourvue d'un rebord de retenue (71) qui s'oppose à l'arrachement, selon une direction d'éloignement radiale audit axe principal (ZZ'), de ladite gaine (25) hors de la goulotte (70).

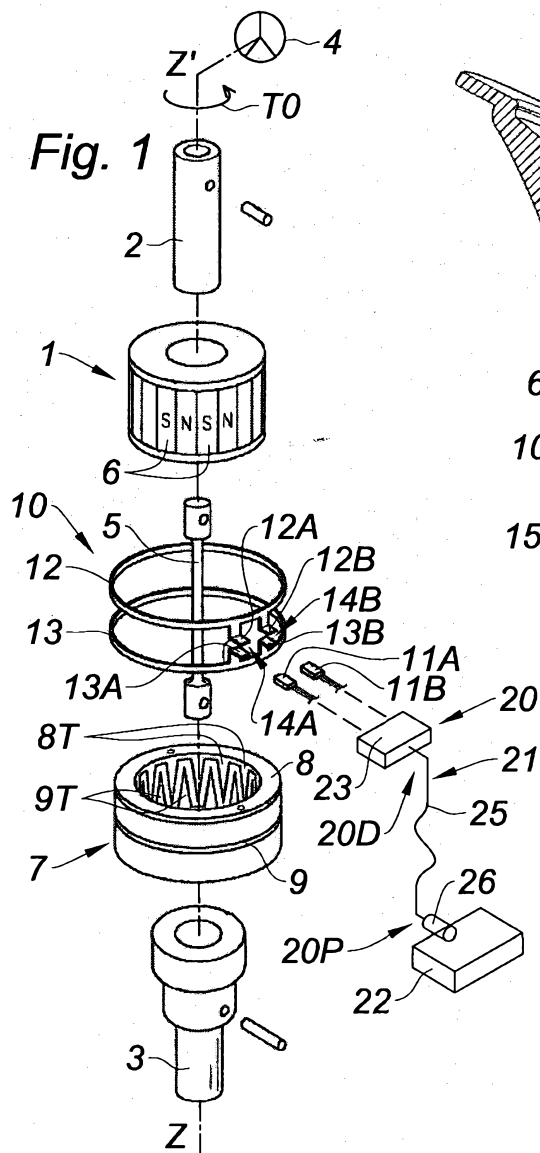


Fig. 1

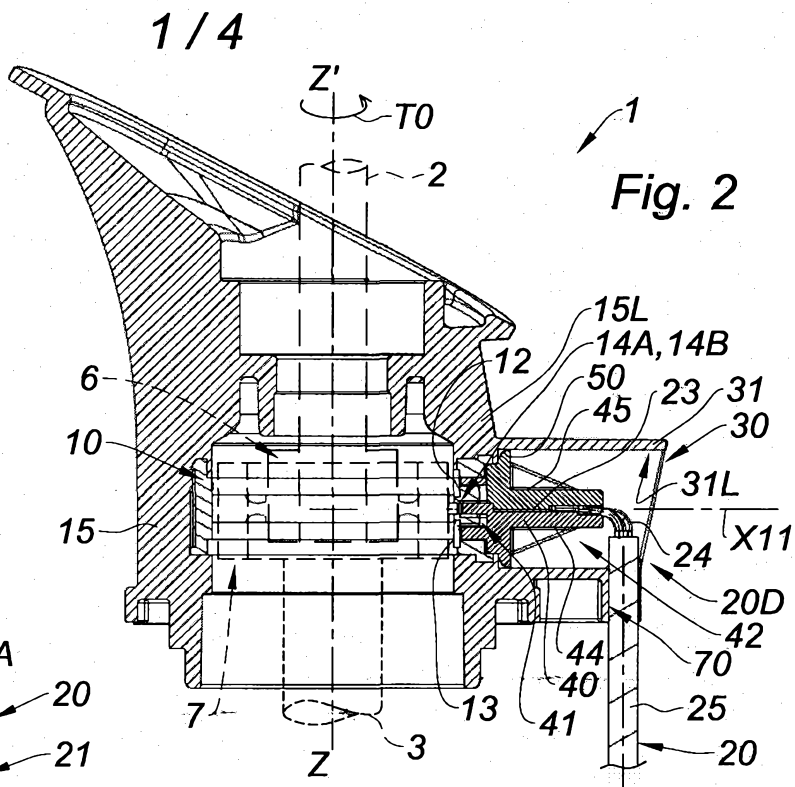


Fig. 2

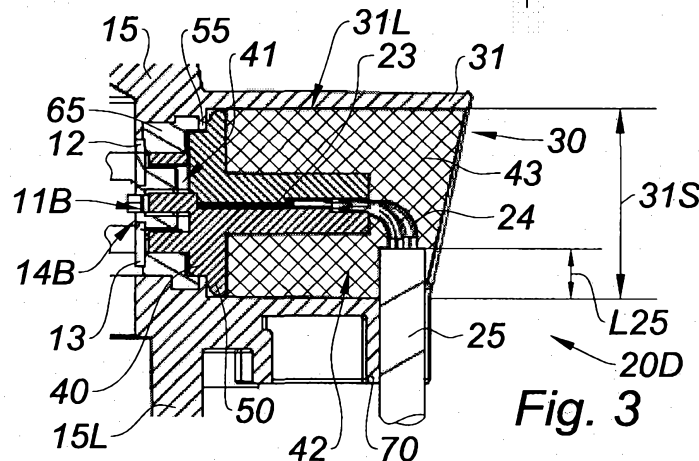


Fig. 3

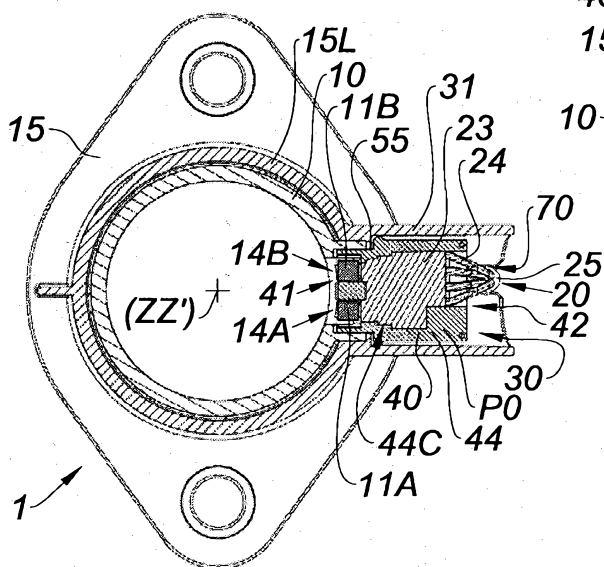


Fig. 4

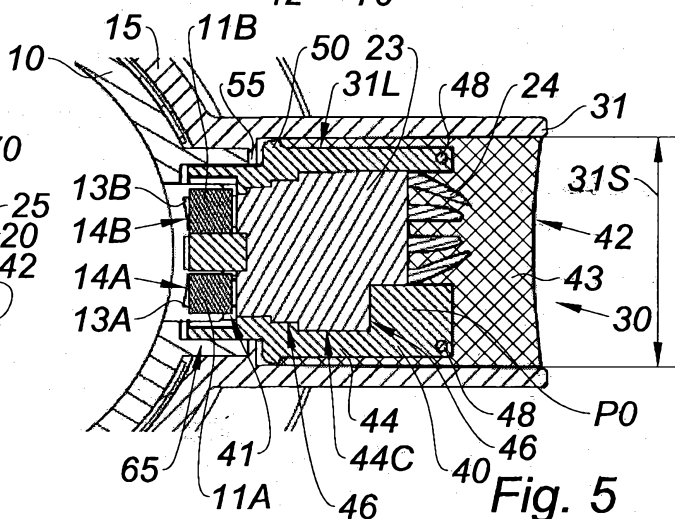


Fig. 5

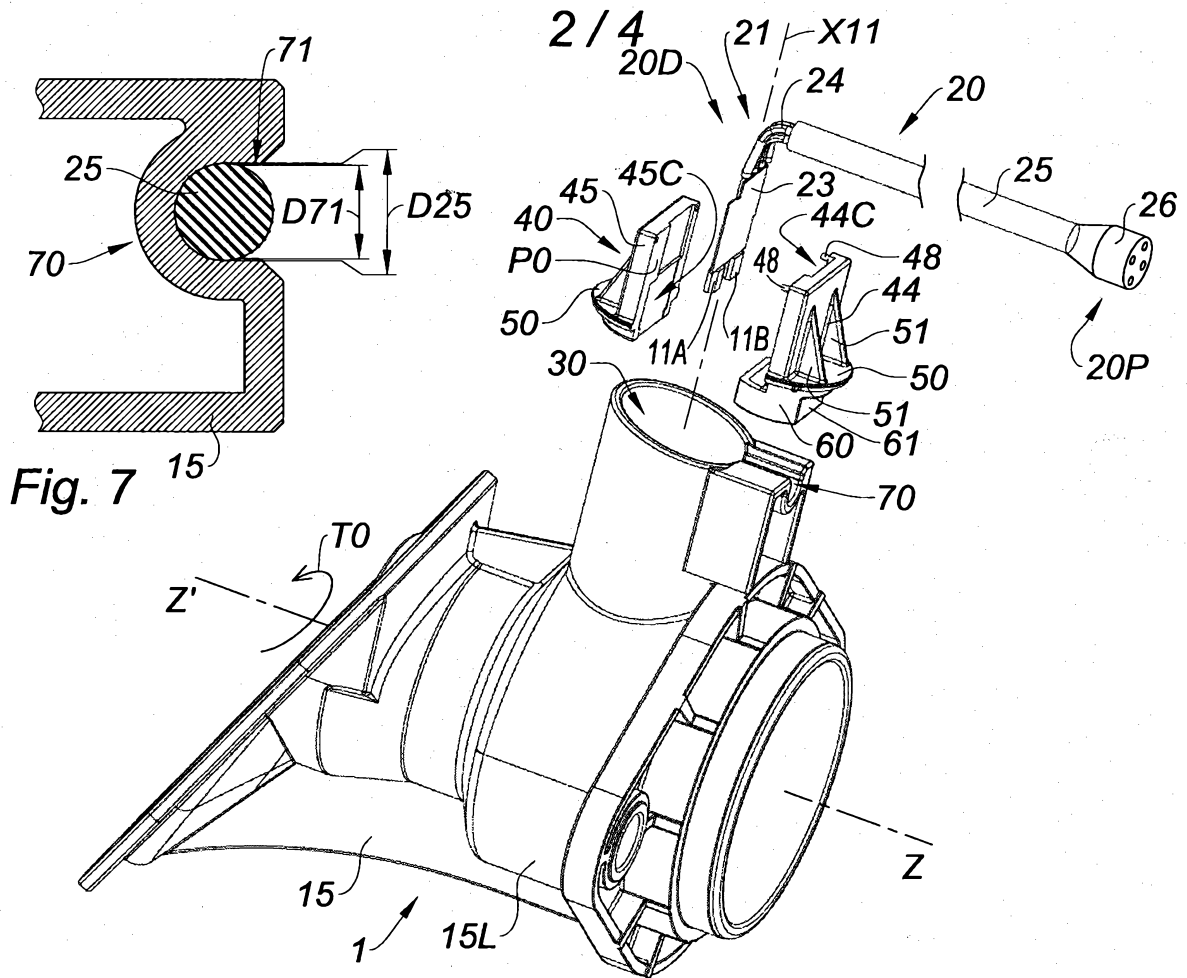


Fig. 6

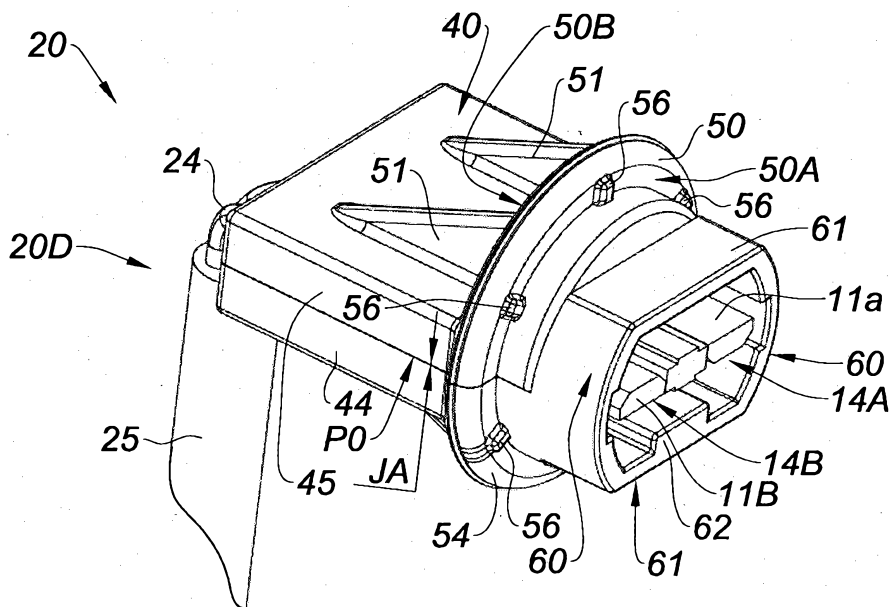


Fig. 7

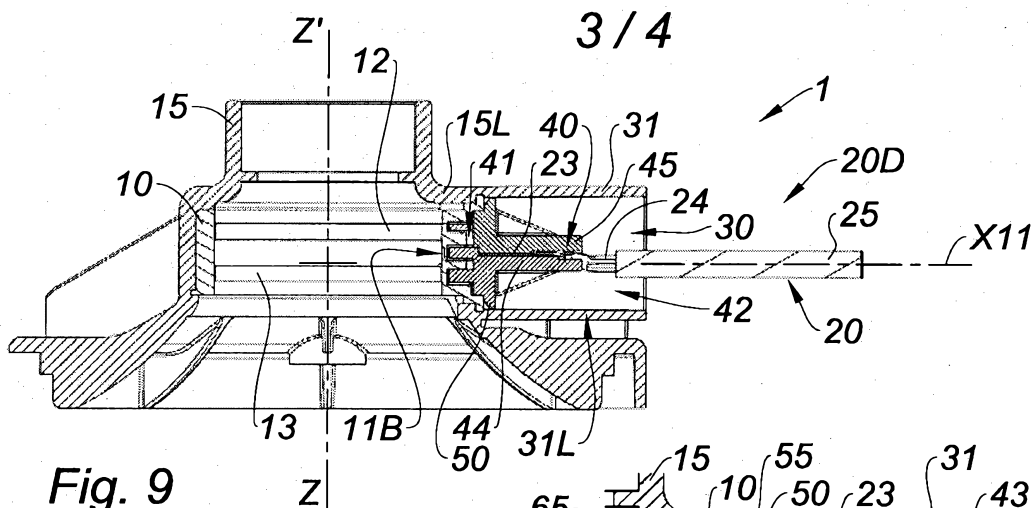


Fig. 9

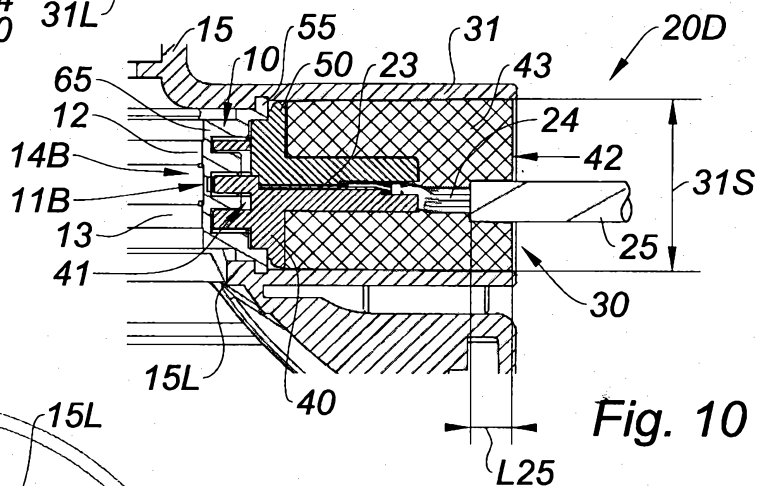


Fig. 10

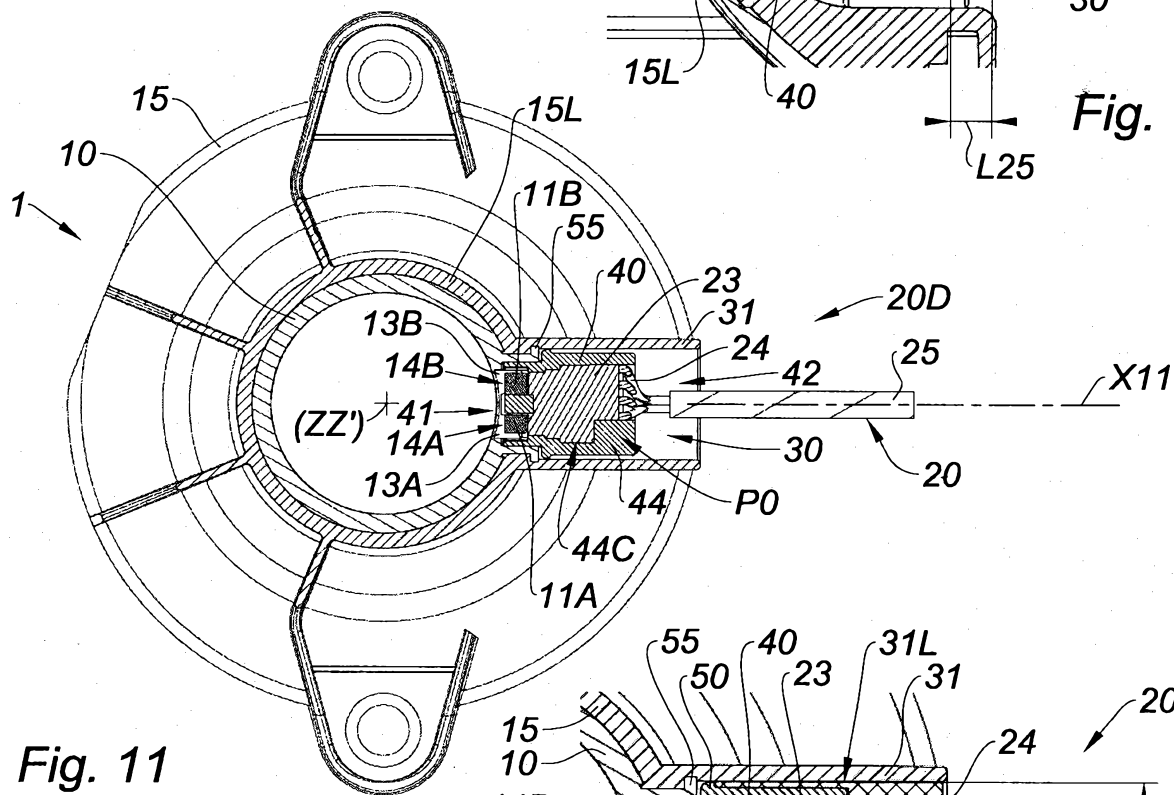


Fig. 11

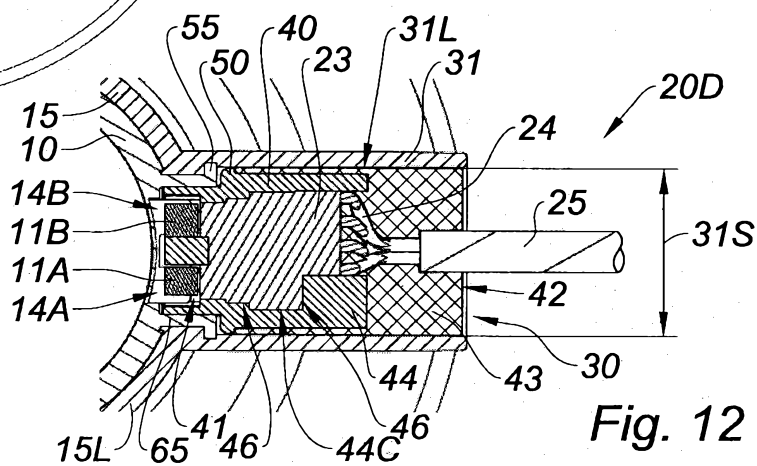


Fig. 12

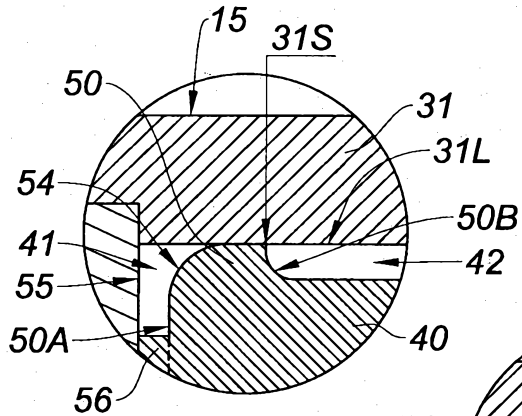


Fig. 13

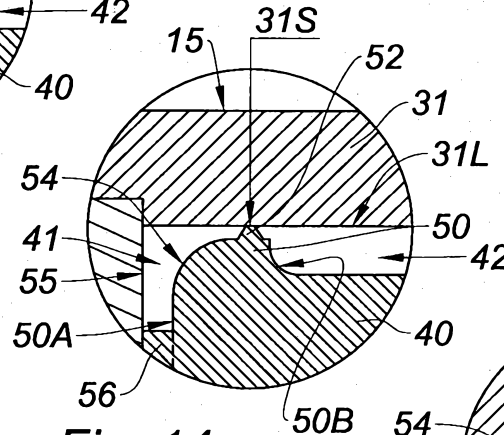


Fig. 14

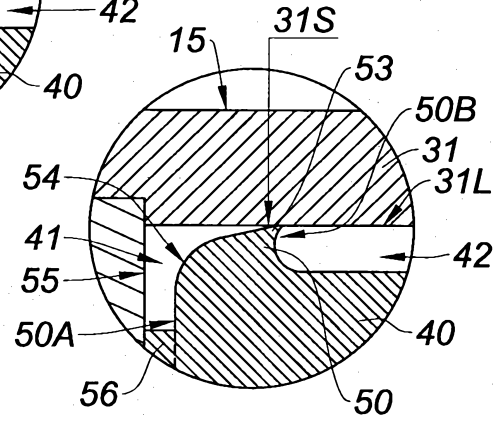


Fig. 15

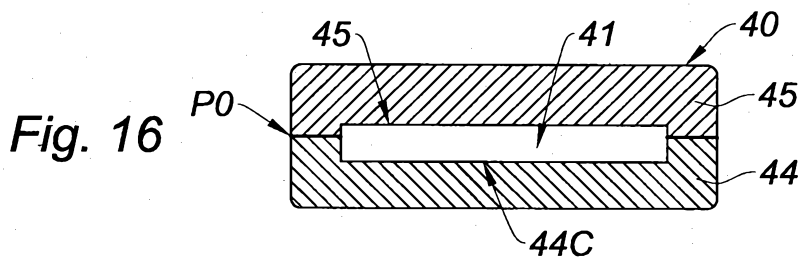


Fig. 16

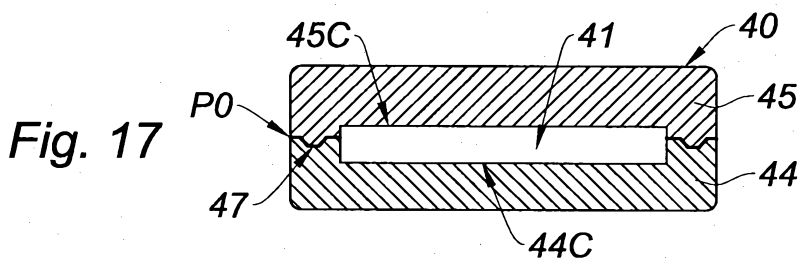


Fig. 17

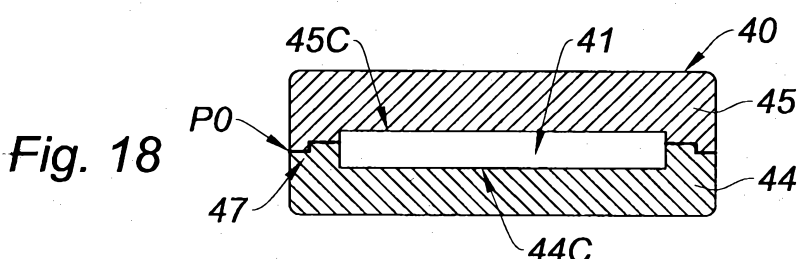


Fig. 18

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.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'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT 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 CITÉS DANS LE PRÉSENT 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**

NEANT

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

JP 2009 092463 A (JTEKT CORP)  
30 avril 2009 (2009-04-30)

US 2003/167857 A1 (SUGIMURA KIYOSHI [JP] ET AL)  
11 septembre 2003 (2003-09-11)

EP 1 816 457 A2 (JTEKT CORP [JP]; DENSO CORP [JP])  
8 août 2007 (2007-08-08)

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

NEANT