

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24.09.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.03.12 Bulletin 12/13.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE DE
L'OUEST - TRONICO Société par actions simplifiée —
FR.

⑦2 Inventeur(s) : CHABAS JEAN ALAIN et MINNIS
BRIAN.

⑦3 Titulaire(s) : ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE DE
L'OUEST - TRONICO Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PATRICE VIDON.

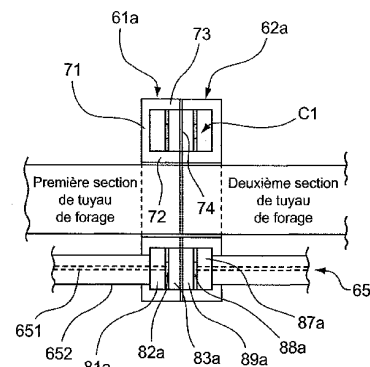
⑤4 COUPLEUR POUR COUPLER UNE PREMIERE ET UNE SECONDE SECTION D'UNE LIGNE DE
TRANSMISSION, SYSTEME DE TRANSMISSION DE DONNEES CORRESPONDANT ET COMPOSANT
CORRESPONDANT.

⑤7 Coupleur destiné à coupler une première et une se-
conde section d'une ligne de transmission (65) incorporées
dans un premier et un second composant (2, 3), ledit cou-
pleur comprenant :

- un premier demi-coupleur (40a) comprenant un pre-
mier logement non magnétique et électriquement conduc-
teur (61a), une première structure électriquement
conductrice (82a), une première structure de matière diélec-
trique (81a, 83a),

- un second demi-coupleur (41a) comprenant un second
logement non magnétique et électriquement conducteur
(62a), une seconde structure électriquement conductrice
(88a), une seconde structure de matière diélectrique (87a,
89a)

La première section de la ligne de transmission (65),
respectivement la seconde section, est électriquement con-
nectée à la première structure conductrice (82a), respecti-
vement à la seconde structure conductrice (88a). Quand les
premier et second composants sont raccordés, les loge-
ments viennent en contact pour former une cavité électro-
magnétique dans laquelle les première et seconde
structures conductrices sont séparées.



COUPLEUR POUR COUPLER UNE PREMIERE ET UNE SECONDE
SECTION D'UNE LIGNE DE TRANSMISSION, SYSTEME DE
TRANSMISSION DE DONNEES CORRESPONDANT ET COMPOSANT
CORRESPONDANT

1. DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne le domaine des dispositifs de couplage (également appelés coupleurs) destinés à coupler des sections d'une ligne de transmission utilisée dans des systèmes de transmission de données, en particulier (mais non exclusivement) des systèmes de transmission de données conçus pour servir dans des environnements de fond de puits, par exemple le long d'un train de tubes de forage pour l'exploration gazière et pétrolière, ou le long d'autres composants utilisés dans la production gazière et pétrolière.

2. ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE

Dans les paragraphes suivants de ce document, on a plus particulièrement cherché à décrire des problèmes existant dans le domaine des tubes de forage. Il va de soi que l'invention ne se limite pas à ce domaine d'application particulier mais qu'elle peut présenter un intérêt dans n'importe quelle technique qui met en œuvre une structure comprenant au moins deux composants conçus pour être raccordés bout à bout (par exemple un train de tubes de forage comprenant une pluralité de tubes) et auquel on a l'intention d'associer une ligne de transmission de données.

La **figure 1** représente à des fins d'illustration une installation de forage 1 comprenant un train

d'outils de forage 10 qui transportent un fluide de forage et une énergie rotative depuis le système d'entraînement supérieur 11 (désigné ci-après TDS pour top-drive system) en surface jusqu'à l'équipement de fond de puits 12 (désigné ci-après BHA pour bottom-hole assembly) et un trépan de forage en sous-sol. La plupart de ces outils sont des tubes de forage (ou composants de fond de puits) d'une longueur de 10 m habituellement, qui sont reliés mécaniquement l'un à l'autre par des sections à extrémités filetées mâle et femelle. Comme la distance totale entre le BHA 12 et le TDS 11 en surface peut dépasser 3 km, il peut y avoir pas moins de 300 sections individuelles de tubes de forage. De la boue et d'autres fluides de forage passent à travers la partie centrale des tubes, où les températures de service peuvent atteindre plus de 200 °C.

Dans l'industrie du forage souterrain, il faut prévoir des communications de données bidirectionnelles à grande vitesse entre le TDS 11 et le BHA 12. Ces communications de données à grande vitesse peuvent sensiblement accroître l'efficacité de l'installation de forage en facilitant une nette amélioration des procédures de "Mesure en cours de forage (MWD)", de "Diagraphie en cours de forage (LWD)" et de "Forage dirigé (DD)" tout en réduisant les temps improductifs. La collecte de données rapide et en temps réel (notamment des données de température, de pression, de salinité, etc.) en direction montante et l'envoi de données de régulation correspondantes en direction descendante permettent une optimisation du processus de

forage pour garantir un positionnement plus précis du puits et une extension de sa portée sans nécessiter une suspension des opérations. Malheureusement, la structure de l'installation de forage et les conditions
5 environnementales dans lesquelles elle doit fonctionner sont telles qu'il est très difficile d'assurer des communications de données bidirectionnelles rapides et fiables.

Un premier système connu de communication de données destiné à être utilisé dans un train de tubes de forage est basé sur une technique d'impulsions par la boue. Cette technique consiste à envoyer des impulsions sonores dans les deux sens le long du fluide de forage dans les tubes. Les principaux inconvénients
15 de ce système d'impulsions par la boue sont que le débit de données est lent, à savoir moins de 10 bauds, que le système est complexe et coûteux, que les résultats peuvent être incohérents et que la plage de performance peut être limitée. Aussi a-t-on tendance à
20 n'utiliser ce premier système connu qu'en dernier recours lorsque tous les autres moyens de transmission ont échoué.

Pour atteindre des débits de données bien plus élevés, il est courant dans ce domaine technique
25 d'utiliser une ligne de transmission incorporée dans le train de tubes de forage pour établir une connexion entre une interface de données électronique 110 à la surface de l'installation et une interface de fond de puits 120 en sous-sol. Cependant, compte tenu de la
30 nécessité d'utiliser des sections individuelles de tubes et compte tenu de la façon dont il faut les

assembler sur site, la ligne de transmission ne peut pas être constituée d'une seule longueur de ligne mais doit elle aussi être composée d'une série de sections individuelles dont la longueur est approximativement
5 égale à celle des tubes de forage et dont les extrémités doivent être couplées les unes aux autres par un dispositif de couplage pour assurer des communications de données fiables sur toute la longueur de la liaison, en toutes circonstances et dans toutes
10 les conditions de fonctionnement.

Les pertes électriques tout le long de la liaison de données dans le train de tubes de forage doivent être maintenues dans des limites acceptables, de façon à garantir que le signal émis à partir d'une extrémité
15 atteigne le récepteur à l'autre extrémité avec un rapport signal/bruit adéquat. Du fait de la longueur du train de tubes, les tubes de forage individuels (appelés tubes de forage câblés ou WDP) sont assemblés par groupes 130, chaque groupe communiquant avec son
20 voisin via un répéteur 140. Le rôle du répéteur est de détecter et démoduler les signaux entrants arrivant tant dans le sens montant que dans le sens descendant, de supprimer le bruit indésirable, de régénérer et amplifier les signaux requis et de les transmettre au
25 groupe suivant de tubes et à leur répéteur. Comme illustré sur la figure 1, il faudra prévoir un certain nombre de ces groupes de tubes 130 et répéteurs 140, leur nombre exact dépendant du bilan de puissance nécessaire à l'ensemble de la liaison. Cependant, le
30 nombre de répéteurs doit rester aussi réduit que possible pour modérer le coût de l'installation et de

la maintenance. Les répéteurs sont généralement alimentés par batterie. De ce fait, il est essentiel que les pertes tant dans les sections de la ligne de transmission passive que dans les dispositifs de couplages restent aussi faibles que ce qui est techniquement faisable.

Différents systèmes de communication de données utilisant une ligne de transmission et des dispositifs de couplage ont été proposés.

10 Un deuxième système connu de communication de données utilise une ligne de transmission s'étendant sur toute la longueur du train de tubes de forage, les sections individuelles de la ligne de transmission étant reliées entre elles au moyen de connecteurs électriques de conception spéciale. Ce deuxième système
15 a largement pâti du manque de fiabilité des connexions électriques en raison de la présence de pétrole, de graisse, d'eau, de sable et d'autres matières abrasives au droit de la jonction.

20 Un troisième système connu est présenté dans le document de brevet US 6 670 880 B1. Ce système utilise des dispositifs de couplage basés sur le couplage magnétique. Dans les épaulements de chaque extrémité d'un tube de forage est incorporé un anneau creux en
25 matière magnétique et électriquement isolante, à l'intérieur duquel se trouve une bobine de fil. En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand les extrémités des premier et second tubes sont assemblées, un courant variable appliqué à la première bobine du
30 premier tube génère un champ magnétique variable dans le premier anneau magnétique et électriquement isolant

du premier tube, lequel champ magnétique variable est conduit, et donc produit un champ magnétique variable dans, le second anneau magnétique et électriquement isolant du second tube, lequel champ magnétique génère
5 ainsi un courant électrique variable dans la seconde bobine du second tube raccordé. Le couplage est sensiblement indépendant de l'orientation angulaire des deux tubes et ne dépend d'aucune connexion électrique. Ce système permet une transmission de données
10 bidirectionnelle fiable le long du train de tubes de forage à des débits d'environ 50 kbits/s. Il reste difficile d'atteindre des débits de données supérieurs compte tenu de l'utilisation de matières magnétiques et de l'inductance relativement élevée des bobines
15 couplées.

3. OBJECTIFS DE L'INVENTION

Dans au moins un de ses modes de réalisation, l'invention vise à pallier ces différents inconvénients des techniques antérieures.

20 Plus précisément, un objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de proposer un coupleur qui permet une transmission de données bidirectionnelle fiable le long d'une paire de composants (par exemple des tubes de forage) raccordés
25 bout à bout à des débits supérieurs à 50 kbits/s. Pour accomplir les nouveaux progrès dans les performances de forage que demande à présent cette industrie, les débits de données doivent être augmentés à une nouvelle valeur cible d'environ 50 Mb/s.

30 Au fil du temps, la variation angulaire d'un tube par rapport à son voisin peut parfois atteindre $\pm 135^\circ$

en raison de l'usure des filets. C'est pourquoi un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de proposer un coupleur de ce type qui permet d'atteindre une transmission à faible perte sur
5 une large plage de radiofréquences pour des angles de rotation s'étendant entre 0° et $\pm 135^\circ$.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de proposer un coupleur de ce type qui peut être formé de façon rapide et sûre,
10 quand deux composants adjacents sont raccordés bout à bout.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de proposer un coupleur de ce type qui peut être utilisé avec tous les tubes de
15 fond de puits existants utilisés dans l'exploration et la production gazière et pétrolière.

Un autre objectif d'au moins un mode de réalisation de l'invention est de proposer un coupleur de ce type dont le coût de fabrication reste limité.

20 **4. EXPOSÉ DE L'INVENTION**

Selon un premier aspect de la présente invention, il est proposé un coupleur destiné à coupler une première et une seconde section d'une ligne de transmission incorporées dans un premier et un second
25 composant respectivement. Le coupleur est tel qu'il comprend :

- un premier demi-coupleur comprenant un premier logement non magnétique et électriquement conducteur conçu pour être monté à une extrémité du premier
30 composant ; une première structure électriquement

conductrice ; et une première structure de matière diélectrique ;

- un second demi-coupleur comprenant un second logement non magnétique et électriquement conducteur
5 conçu pour être monté à une extrémité du second composant ; une seconde structure électriquement conductrice ; et une seconde structure de matière diélectrique.

La première section de la ligne de transmission,
10 respectivement la seconde section, est électriquement connectée à la première structure conductrice, respectivement à la seconde structure conductrice.

Quand les premier et second composants sont raccordés bout à bout, les premier et second logements
15 viennent en contact pour former ensemble une cavité électromagnétique à l'intérieur de laquelle les première et seconde structures conductrices sont séparées l'une de l'autre par les première et seconde structures diélectriques, de façon à permettre aux
20 première et seconde structures conductrices d'être en communication électromagnétique l'une avec l'autre.

Le principe général de ce mode de réalisation de l'invention consiste donc à profiter d'un couplage électromagnétique pour connecter deux sections d'une
25 ligne de transmission, ce qui permet de laisser les deux sections de la ligne de transmission avoir une large incertitude angulaire tout en maintenant une communication à débit élevé entre ces deux sections.

Ce mode de réalisation de l'invention repose sur
30 une approche tout à fait nouvelle et inventive du couplage de deux composants, chacun d'eux incorporant

une section d'une ligne de transmission. En effet, il est proposé d'équiper chaque composant d'un demi-coupleur de telle sorte que lorsque les deux composants sont raccordés bout à bout, les deux demi-coupleurs
5 viennent en contact de façon à établir une liaison de communication électromagnétique (à l'intérieur de la cavité électromagnétique) par laquelle les composants peuvent transmettre des signaux RF. Le mécanisme de couplage électromagnétique de l'invention résiste à la
10 rotation des deux composants l'un par rapport à l'autre, c'est-à-dire que la liaison de communication reste établie quelle que soit la rotation angulaire du premier composant par rapport au second composant.

Comparativement au mécanisme de couplage
15 magnétique décrit ci-avant en référence aux techniques antérieures, le mécanisme de couplage électromagnétique de l'invention est caractérisé par des pertes de transmission réduites puisqu'il ne recourt pas à des matières ou éléments magnétiques, ce qui permet
20 d'atteindre des débits de données beaucoup plus élevés. Ainsi, le coupleur de la présente invention est particulièrement bien adapté pour servir dans un système de télémétrie de tubes de forage à grande vitesse où des sections de tube de forage sont
25 raccordées bout à bout.

Dans une approche avantageuse, les premier et second logements ont une section transversale en forme de U.

Le procédé de fabrication peut ainsi rester
30 simple.

Dans une approche avantageuse, chacune des première et seconde structures diélectriques et chacune des première et seconde structures conductrices sont en forme d'anneau.

5 Le procédé de fabrication peut ainsi rester simple.

Dans une approche avantageuse, la ligne de transmission comprend au moins un câble coaxial, chaque câble coaxial comprenant au moins un conducteur
10 intérieur et un conducteur extérieur. Le conducteur extérieur de chaque câble coaxial est connecté aux premier et second logements.

De cette façon, la gaine extérieure du câble coaxial transportera les courants RF du signal propagé
15 à l'intérieur de la cavité électromagnétique, ce qui empêchera les courants de s'écouler sur la surface des composants et de subir de fortes pertes de transmission.

Selon un mode de réalisation particulier de
20 l'invention, chacune des première et seconde structures conductrices comprend au moins un anneau complet en matière électriquement conductrice. Chaque anneau complet comprend au moins un point de connexion, chaque point de connexion étant connecté audit ou à l'un
25 desdits conducteurs internes.

Dans une approche avantageuse, la ligne de transmission comprend un câble coaxial comprenant un conducteur intérieur et un conducteur extérieur. Le conducteur extérieur est connecté aux premier et second
30 logements. Chacune des première et seconde structures conductrices comprend un anneau complet en matière

électriquement conductrice. Chaque anneau complet comprend un point de connexion qui est connecté au conducteur intérieur ; et un point de court-circuit diamétralement opposé au point de connexion et qui est
5 connecté au logement respectif.

Selon un autre mode de réalisation particulier de l'invention, chacune des première et seconde structures conductrices comprend au moins une partie d'un anneau, fabriqué en une matière électriquement conductrice,
10 chaque partie d'anneau comprenant une première extrémité et une seconde extrémité, chaque extrémité étant séparée de l'autre extrémité par un espace (ou écart) (« gap » en anglais).

Dans un mode de réalisation préféré de
15 l'invention, chacune des première et seconde structures conductrices comprend une partie d'un anneau, fabriqué en une matière électriquement conductrice et comprenant une première extrémité et une seconde extrémité séparées l'une de l'autre par un espace. Quand les
20 premier et second composants sont raccordés bout à bout, les première et seconde structures conductrices se font face de telle sorte que :

- la première extrémité de la première structure conductrice et la première extrémité de la seconde
25 structure conductrice sont à l'opposé l'une de l'autre ;

- la seconde extrémité de la première structure conductrice est située sur un côté de la première extrémité de la première structure conductrice ;

- 30 - la seconde extrémité de la seconde structure conductrice est située symétriquement sur l'autre côté

de la première extrémité de la première structure conductrice.

Dans une approche avantageuse, chaque première extrémité est connectée audit ou à l'un desdits
5 conducteurs intérieurs, et chaque seconde extrémité est libre.

Dans un autre mode de réalisation préféré de l'invention, chaque première et chaque seconde extrémité est libre. Chaque partie d'anneau comprend un
10 point de connexion situé entre la première extrémité et la seconde extrémité et étant connecté audit ou à l'un desdits connecteurs intérieurs.

Dans une approche avantageuse, chacun des premier et second logements comprend un fond, un premier côté,
15 un second côté et une ouverture entre les premier et second côtés. Chacune des première et seconde structures diélectriques comprend une couche arrière de matière diélectrique s'étendant dans le fond du logement respectif et une couche avant de matière
20 diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture du logement respectif. Chacune des première et seconde structures conductrices est interposée entre les couches avant et arrière respectives.

Selon un autre aspect de la présente invention, il
25 est proposé un système pour transmettre des données par l'intermédiaire d'une première et d'une seconde section d'une ligne de transmission incorporées dans un premier et un second composant respectivement.

Le premier composant est tel qu'il comprend à une
30 extrémité le premier demi-coupleur susmentionné.

Le second composant est tel qu'il comprend à une autre extrémité le second demi-coupleur susmentionné.

Quand les premier et second composants sont raccordés bout à bout, le premier demi-coupleur et le
5 second demi-coupleur viennent en contact pour former ensemble un coupleur destiné à coupler les première et seconde sections de ligne de transmission.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, chaque composant est un tube de forage
10 conçu pour être utilisé dans l'exploration ou la production gazière et pétrolière.

D'après un autre aspect de la présente invention, il est proposé un composant comprenant :

- à une première extrémité le premier demi-
15 coupleur susmentionné ;
- à une seconde extrémité le second demi-coupleur susmentionné.

5. LISTE DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de
20 l'invention apparaîtront à la lecture de la description ci-après, fournie à titre d'exemple illustratif et non restrictif et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une installation de
25 forage à titre illustratif ;
- la figure 2 est une vue en coupe d'une section de tube de forage comprenant à une extrémité un premier demi-coupleur et à l'autre extrémité un second demi-coupleur selon un mode de réalisation particulier de la
30 présente invention ;

- la figure 3 est une vue en coupe d'une extrémité mâle d'une première section de tube de forage non connectée à une extrémité femelle d'une seconde section de tube de forage ;

5 - la figure 4 est une vue en coupe de l'extrémité mâle de la figure 3 connectée à l'extrémité femelle de la figure 3 ;

- la figure 5 est une vue en coupe similaire à la figure 3 représentant une variante de positionnement des premier et second demi-coupleurs selon un mode de
10 réalisation particulier de la présente invention ;

- la figure 6a est une vue axiale schématique éclatée d'un premier mode de réalisation particulier du coupleur de la présente invention ;

15 - la figure 6b est une vue en coupe schématique représentant le coupleur de la figure 6a ;

- la figure 7 est une vue en perspective représentant le coupleur de la figure 6a ;

- la figure 8a est une vue axiale schématique éclatée d'un second mode de réalisation particulier du
20 coupleur de la présente invention ;

- la figure 8b est une vue en coupe schématique représentant le coupleur de la figure 8a ;

- la figure 9a est une vue axiale schématique éclatée d'un troisième mode de réalisation particulier
25 du coupleur de la présente invention ;

- la figure 9b est une vue en coupe schématique représentant le coupleur de la figure 9a ;

- la figure 10 représente les réponses en
30 fréquence S21 du coupleur de la figure 7.

6. DESCRIPTION DÉTAILLÉE

L'invention sera décrite, au moins dans un de ses modes de réalisation, en référence à l'exemple d'installation de forage de la figure 1. Dans cette installation de forage, le coupleur électromagnétique (dispositif de couplage) de la présente invention est
5
situé dans les sections de tube de forage. Bien entendu, l'invention ne se limite pas à cet exemple particulier et peut s'appliquer à toute chaîne de composants à laquelle on a l'intention d'associer une
10 ligne de transmission de données.

La **figure 2** est une vue en coupe d'une section de tube de forage 21 comprenant à une extrémité 211 un premier demi-coupleur et à l'autre extrémité 212 un second demi-coupleur selon un mode de réalisation
15 particulier de la présente invention.

La section 21 illustrée comprend une extrémité mâle 211, ayant des filets coniques externes 23, et une extrémité femelle 212, ayant des filets coniques internes 25. Entre l'extrémité mâle 211 et l'extrémité
20 femelle 212 se trouve le corps 26 de la section. Le corps 26 a habituellement une longueur de 10 m. Dans le domaine de la production gazière et pétrolière, les trains de tubes de forage peuvent s'étendre sur plus de 3 km, ce qui signifie qu'il peut arriver que l'on
25 utilise plus de 300 sections de tube de forage dans le train de tubes de forage.

Les **figures 3, 4 et 5** représentent une paire de tubes de forage comprenant une première section de tube de forage 2 comprenant un premier demi-coupleur 40
30 selon l'invention, et une seconde section de tube de forage 3 comprenant un second demi-coupleur 41 selon

l'invention. En condition opérationnelle, les première et seconde sections de tube de forage sont raccordées bout à bout de façon à permettre au premier demi-coupleur 40 et au second demi-coupleur 41 d'entrer en
5 contact et de former le coupleur de l'invention.

Comme représenté sur la **figure 3**, l'extrémité mâle 213 de la première section de tube de forage 2 comprend un épaulement primaire externe 31 et un épaulement secondaire interne ou face 32. L'extrémité femelle 214
10 de la seconde section de tube de forage 3 comprend un épaulement primaire externe 33 et un épaulement secondaire interne ou face 34.

Comme représenté sur la **figure 4**, quand les première et seconde sections de tube de forage sont
15 raccordées bout à bout, l'extrémité mâle 213 de la première section de tube de forage 2 est vissée dans l'extrémité femelle 214 de la seconde section de tube de forage 3 avec une force suffisante pour que l'épaulement primaire externe 31 sur l'extrémité mâle
20 213 vienne en prise avec l'épaulement primaire 33 sur l'extrémité femelle 214. Suite à ce raccordement, l'épaulement secondaire 32 sur l'extrémité mâle 213 est amené de façon fiable en contact avec l'épaulement secondaire 34 sur l'extrémité femelle 214.

25 L'extrémité mâle 213 comprend de préférence une cavité 35 dans l'épaulement secondaire 32. De préférence, la cavité est située de façon à se trouver à équidistance entre le diamètre intérieur et le diamètre extérieur de l'épaulement secondaire 32.
30 L'extrémité femelle 214 comprend elle aussi une cavité 36 similaire à la cavité 35 sur l'extrémité mâle 213,

si ce n'est que la cavité 36 est formée dans l'épaulement secondaire interne 34 de l'extrémité femelle 214 de la seconde section de tube de forage.

Comme on peut le voir sur la figure 4, les cavités 35 et 36 sont de préférence configurées pour s'ouvrir axialement, c'est-à-dire dans une direction parallèle à la longueur du train de tubes de forage.

Dans une variante de mode de réalisation représentée sur la **figure 5**, les cavités 351 et 361 sont situées sur le diamètre extérieur de l'extrémité mâle 213 de la première section de tube de forage et sur le diamètre intérieur de l'extrémité femelle 214 de la seconde section de tube de forage. De cette façon, les cavités 351 et 361 sont configurées pour s'ouvrir radialement, c'est-à-dire dans une direction perpendiculaire à la longueur du train de tubes de forage.

Dans les modes de réalisation particuliers illustrés sur les figures 3, 4 et 5, le premier demi-coupleur 40 de la présente invention est ménagé dans la cavité 35 ou 351 et le second demi-coupleur 41 de la présente invention est ménagé dans la cavité 36 ou 361.

Comme représenté dans les exemples des **figures 6a, 6b, 7, 8a, 8b, 9a et 9b**, le coupleur comprend :

- un premier demi-coupleur 40a, 40b, 40c comprenant un premier logement non magnétique et électriquement conducteur 61a, 61b, 61c conçu pour être monté à une extrémité d'une première section de tube de forage. Comme représenté dans les exemples des figures 3 et 4, le premier logement 61a, 61b, 61c est conçu

pour venir se loger dans la cavité 35 de l'extrémité mâle 213 ; et

- un second demi-coupleur 41a, 41b, 41c comprenant un second logement non magnétique et électriquement conducteur 62a, 62b, 62c conçu pour être monté à une extrémité d'une seconde section de tube de forage. Comme représenté dans les exemples des figures 3 et 4, le second logement 62a, 62b, 62c est conçu pour venir se loger dans la cavité 36 de l'extrémité femelle 214.

Comme représenté dans l'exemple de la figure 6b, la section transversale du premier logement 61a est en forme de U. Le premier logement 61a comprend un fond 71, un premier côté 72 et un second côté 73, formant ainsi une ouverture 74 entre les deux côtés. Le premier logement 61a est réalisé en cuivre pour empêcher les courants de s'écouler dans l'acier des tubes de forage, ce qui autrement provoquerait des pertes de transmission indésirables. Dans une variante de mode de réalisation, le premier logement 61a est réalisé en cuivre et plaqué d'un métal précieux, par exemple de l'or, pour empêcher l'oxydation de surface.

Comme représenté dans l'exemple de la figure 6b, le second logement 62a est de forme et de taille similaires au premier logement 61a.

Comme on peut le voir dans les exemples des figures 6a, 6b, 7, 8a, 8b, 9a et 9b, le premier demi-coupleur 40a, 40b, 40c comprend un jeu de disques ronds, creux et multi-couches en matière diélectrique 81a, 83a, 81b, 83b, 81c, 83c (également appelés ci-après première structure de matière diélectrique) et une ou plusieurs (par exemple deux) bandes conductrices

électriques imprimées 82a, 82b, 82c et 82d (également appelées ci-après première structure électriquement conductrice) situées à une distance appropriée par rapport à l'ouverture du premier logement 61a, 61b, 5 61c.

Le second demi-coupleur 41a, 41b, 41c comprend un jeu de disques ronds, creux et multi-couches en matière diélectrique 87a, 89a, 87b, 89b, 87c, 89c (également appelés ci-après seconde structure de matière 10 diélectrique) et une ou plusieurs (par exemple deux) bandes conductrices électriques imprimées 88a, 88b, 88c et 88d (également appelées ci-après seconde structure électriquement conductrice) situées à une distance appropriée par rapport à l'ouverture du second logement 15 62a, 62b, 62c.

Comme représenté dans les exemples des figures 6b, 8b et 9b, chaque bande conductrice 82a, 82b, 82c, 82d, 88a, 88b, 88c ou 88d est électriquement connectée au conducteur central d'une ligne de transmission 65, 66, 20 67 qui passe à travers un trou cylindrique découpé dans la paroi de chacune des première et seconde sections de tube de forage entre ses deux extrémités. Chaque bande conductrice est réalisée en cuivre. Dans une variante de mode de réalisation, le cuivre peut être plaqué d'un 25 métal précieux, par exemple de l'or, pour empêcher l'oxydation de surface.

Comme représenté dans l'exemple de la figure 6b, le disque multi-couches de matière diélectrique du premier demi-coupleur 40a comprend une couche arrière 30 81a de matière diélectrique s'étendant dans le fond 71 du premier logement et une couche avant 83a de matière

diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture 74 du premier logement. Le disque multi-couches de matière diélectrique du second demi-coupleur 41a comprend une couche arrière 87a de matière diélectrique s'étendant
5 dans le fond du second logement et une couche avant 89a de matière diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture 74 du second logement.

En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand les première et seconde sections de tube de forage sont
10 raccordées bout à bout, les premier et second logements 61a et 62a viennent en contact pour former ensemble une cavité électromagnétique C1 à l'intérieur de laquelle les bandes conductrices 82a et 88a sont couplées électromagnétiquement. Ainsi, en condition
15 opérationnelle et grâce à un choix judicieux de la forme géométrique des bandes conductrices 82a et 88a, de leur longueur et de leur séparation, il est possible d'obtenir une transmission de signaux par radiofréquences (RF) à très faibles pertes entre les
20 bandes conductrices 82a et 88a sur une large plage de fréquences. Par conséquent, comme cela sera expliqué plus loin, des données peuvent être transmises à un débit élevé à travers la ligne de transmission.

Les **figures 6a et 6b** représentent un premier mode
25 de réalisation particulier du coupleur de la présente invention.

Dans ce premier mode de réalisation particulier, la ligne de transmission 65 est un câble coaxial asymétrique, c'est-à-dire un câble coaxial comprenant
30 un seul conducteur intérieur 651 et un seul conducteur extérieur 652, avec une impédance caractéristique dans

la plage allant d'environ 30 à environ 120 ohms, idéalement avec une impédance caractéristique dans la plage allant de 50 à 75 ohms. Dans ce premier mode de réalisation, le câble coaxial a des pertes de
5 transmission inférieures à 1,67 dB/10 m pour des fréquences inférieures à 500 MHz.

Sur la figure 6a, chacun des premier et second demi-coupleurs 40a et 41a est représenté comme si la couche appropriée de matière diélectrique avait été
10 enlevée (83a et 87a respectivement) de façon à révéler la forme de chacune des bandes conductrices 82a et 88a situées en dessous.

Dans ce premier mode de réalisation particulier, chacune des bandes conductrices 82a et 88a a la forme
15 d'un anneau fendu comprenant un espace 821a et 881a respectivement. Ces espaces permettent d'établir les caractéristiques de couplage souhaitées. Pour assurer un couplage efficace, la taille de chaque discontinuité ne doit pas être inférieure à l'épaisseur de la bande
20 conductrice et ne doit pas non plus être plus large que deux fois la largeur de la bande conductrice.

Chaque bande conductrice a la forme d'une piste circulaire dont une petite section a été enlevée près du point de connexion 91a et 92a avec le conducteur
25 intérieur 651 du câble coaxial. Chaque bande conductrice a une extrémité libre 93a et 94a (c'est-à-dire une extrémité laissée ouverte).

En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand les première et seconde sections de tube de forage sont
30 raccordées bout à bout, les bandes conductrices 82a et 88a sont l'une face à l'autre de sorte que les points

de connexion 91a et 92a sont face à face. En d'autres termes, les points de connexion 91a et 92a sont alignés suivant un premier axe défini par la longueur du conducteur intérieur 651 du câble coaxial 65. Pour
5 garantir un bon fonctionnement du coupleur, les espaces 821a et 881a sont situées sur des côtés opposés des points de connexion. En d'autres termes, en condition opérationnelle, si l'espace 821a est située d'un côté du point de connexion 91a ou 92a, l'espace 881a est
10 pour sa part située symétriquement de l'autre côté du point de connexion 91a ou 92a. Ainsi, en condition opérationnelle, l'espace 821a du premier demi-coupleur 40a et l'espace 881a du second demi-coupleur 41a ne sont pas l'une face à l'autre. Cet agencement permet
15 d'obtenir une bonne réponse en fréquence.

Dans l'exemple illustré sur la figure 6a, en condition opérationnelle, le premier demi-coupleur 40a doit se trouver juste au-dessus du second demi-coupleur 41a. Autrement dit, afin d'établir le bon
20 positionnement des espaces 821a et 881a par rapport aux points de connexion, le premier demi-coupleur 40a doit simplement glisser face contre face sur le second demi-coupleur 41a au lieu d'être rabattu comme le côté d'un livre.

25 Dans les exemples des figures 6a et 6b, chaque bande conductrice 82a et 88a a la forme d'une piste de cuivre, dont un côté est agencé pour être en contact avec la couche arrière de diélectrique 81a ou 87a et l'autre côté est agencé pour être en contact avec la
30 couche avant de diélectrique 83a ou 89a.

Les pistes de cuivre peuvent soit être gravées par
attaque chimique dans une matière diélectrique
préalablement plaquée, soit être découpées dans une
feuille pleine et fixées dans une cavité appropriée du
5 diélectrique.

Quand les premier et second demi-coupleurs 40a et
41a sont assemblés, ils se trouvent sous pression afin
de chasser toute eau résiduelle et tout débris.

Aucune connexion électrique n'est nécessaire entre
10 les bandes conductrices 82a et 88a du coupleur puisque
le mécanisme de couplage est entièrement
électromagnétique. Ceci permet une libre rotation des
premier et second demi-coupleurs 40a et 41a l'un par
rapport à l'autre. Ainsi, comme cela sera décrit plus
15 loin en référence à la figure 10, le couplage entre les
bandes conductrices 82a et 88a, c'est-à-dire le
couplage entre les première et seconde sections de
ligne de transmission (incorporées dans les première et
seconde sections de tube de forage, respectivement) est
20 sensiblement indépendant de l'orientation angulaire de
la première section de tube de forage par rapport à la
seconde section de tube de forage.

Les couches avant et arrière de matière
diélectrique sont de préférence composées d'une matière
25 diélectrique qui est capable de résister à des forces
de compression relativement élevées, imperméable à
l'eau et capable de fonctionner à de hautes
températures. Dans un mode de réalisation particulier,
les couches avant et arrière de matière diélectrique
30 sont en PTFE (polytétrafluoroéthylène) renforcé à la
fibre de verre, une matière qui est disponible dans le

commerce sous forme de feuille, avec ou sans placage de cuivre.

Comme on peut le voir sur la figure 6b, la bande conductrice de chaque demi-coupleur est reliée au conducteur intérieur 651 du câble coaxial incorporé dans la paroi de la section de tube de forage. Le conducteur extérieur 652 du câble coaxial est connecté au logement non magnétique et électriquement conducteur 61a et 62a, de façon à transporter les courants RF du signal propagé, ce qui empêche les courants de s'écouler dans la paroi d'acier du tube de forage et de subir des pertes de transmission élevées.

Les exemples susmentionnés et les exemples suivants sont fournis à des fins illustratives et explicatives et, en tant que telles, elles ne sont pas censées limiter la portée de la présente invention.

Une simulation électromagnétique 3D a été effectuée. Le logiciel CST Microwave Studio (marque commerciale déposée) a été utilisé pour simuler les performances en termes de pertes d'insertion (S21) du premier mode de réalisation des figures 6a et 6b.

Les modèles 3D représentés sur la **figure 7** illustrent la géométrie physique qui a été simulée. Le modèle 3D sur le côté gauche de la figure 7 représente les deux demi-coupleurs 40a et 41a en contact, pour un angle de rotation de zéro degré. Le modèle 3D au centre de la figure 7 représente le premier demi-coupleur 40a. Le modèle 3D sur le côté droit de la figure 7 représente le second demi-coupleur 41a. Comme on peut le voir, chaque demi-coupleur comprend un logement circulaire en cuivre (61a, 62a) ayant une section

transversale en forme de U, à l'intérieur duquel est placée une première couche (à savoir la couche arrière) de matière diélectrique 81a ou 87a (PTFE renforcé à la fibre de verre) d'une largeur d'environ 10 mm et d'une épaisseur d'environ 3,8 mm. Au-dessus de cette première couche 81a ou 87a est ménagée une piste en cuivre plaquée d'or 82a ou 88a (ou bande conductrice) d'une largeur de 2,0 mm et d'une épaisseur de 50 μm , qui a la forme d'un anneau fendu connecté à une extrémité au conducteur intérieur du câble coaxial entrant 65 et laissé ouvert à l'autre extrémité. L'espace 821a ou 881a entre les extrémités de chaque anneau fendu 82a ou 88a est de l'ordre de 4 mm. Bien que cela ne soit pas représenté sur les modèles 3D de la figure 7, lorsque les éléments sont assemblés, il y a encore une autre couche 83a ou 89a (couche avant) de matière diélectrique d'une épaisseur d'environ 0,9 mm placée au-dessus de chaque piste de cuivre plaquée d'or 82a ou 88a pour compléter l'empilement de matières dans chaque demi-coupleur. Ces couches avant de matière diélectrique ont pour rôle de garantir que les pistes de cuivre plaquées d'or auront la séparation physique souhaitée. L'épaisseur totale des couches diélectriques et de métal dans cet exemple est d'environ 9,5 mm.

Les résultats de la simulation électromagnétique 3D du coupleur d'après le premier mode de réalisation des figures 6a et 6b sont représentés sur la figure 10. La figure 10 représente les réponses en fréquence S21 du coupleur, obtenues pour différentes rotations (à savoir 0°, ±45°, ±90°, ±135° et 180°) du premier demi-coupleur 40a au voisinage du second demi-coupleur 40b,

au voisinage d'un axe de rotation passant par le centre du coupleur et sensiblement parallèle à la longueur du câble coaxial. Comme on peut le voir, pour les angles de rotation de 0° à $\pm 180^\circ$, la perte d'insertion est
5 sensiblement inférieure à 0,5 dB entre les fréquences de 125 et 180 MHz. Ainsi, dans cet exemple particulier, le coupleur de l'invention présente l'avantage de maintenir un fort couplage entre les bandes conductrices 82a et 88a (c'est-à-dire entre les
10 première et seconde sections de ligne de transmission) pour des orientations angulaires allant de 0° à $\pm 180^\circ$ de la première section de tube de forage au voisinage de la seconde section de tube de forage.

Par exemple, une fréquence de fonctionnement
15 typique pour le coupleur de la présente invention est d'environ 150 MHz et la largeur de bande disponible est de 50 MHz. Ceci implique qu'avec la modulation et le codage appropriés, on peut atteindre des débits de données d'environ 50 Mbits/s. Comparativement aux
20 techniques de couplage des techniques antérieures présentées plus haut, la technique de couplage électromagnétique de la présente invention permet des débits de données beaucoup plus élevés.

Dans les paragraphes suivants, deux autres modes
25 de réalisation du coupleur de la présente invention seront décrits en référence aux figures 8a, 8b, 9a et 9b pour illustrer la portée de la présente invention.

Les **figures 8a et 8b** représentent un deuxième mode de réalisation particulier du coupleur de la présente
30 invention.

Dans ce deuxième mode de réalisation particulier, la ligne de transmission 66 est un câble coaxial asymétrique, c'est-à-dire un câble coaxial comprenant un seul conducteur intérieur 661 et un seul conducteur
5 extérieur 662, avec une impédance caractéristique dans la plage allant d'environ 30 à environ 120 ohms, idéalement avec une impédance caractéristique dans la plage allant de 50 à 75 ohms. Dans ce deuxième mode de réalisation, le câble coaxial a des pertes de
10 transmission inférieures à 1,67 dB/10 m pour des fréquences inférieures à 500 MHz.

Comme représenté dans l'exemple de la figure 8b, le disque multi-couches de matière diélectrique du premier demi-coupleur 40b comprend une couche arrière
15 81b de matière diélectrique s'étendant dans le fond du premier logement 61b et une couche avant 83b de matière diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture du premier logement 61b. Le disque multi-couches de matière diélectrique du second demi-coupleur 41b
20 comprend une couche arrière 87b de matière diélectrique s'étendant dans le fond du second logement 62b et une couche avant 89b de matière diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture du second logement 62b.

En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand
25 les première et seconde sections de tube de forage sont raccordées bout à bout, les premier et second logements 61b et 62b viennent en contact pour former ensemble une cavité électromagnétique C2 à l'intérieur de laquelle les bandes conductrices 82b et 88b sont couplées
30 électromagnétiquement. Ainsi, en condition opérationnelle et grâce à un choix judicieux de la

forme géométrique des bandes conductrices 82b et 88b, de leur longueur et de leur séparation, il est possible d'obtenir une transmission de signaux par radiofréquences (RF) à très faibles pertes entre les bandes conductrices 82b et 88b sur une large plage de fréquences.

Comme on peut le voir sur la figure 8a, chacun des premier et second demi-coupleurs 40b et 41b est représenté comme si la couche appropriée de matière diélectrique avait été enlevée (83b et 89b respectivement) de façon à révéler la forme de chacune des bandes conductrices 82b et 88b situées en dessous.

Dans ce deuxième mode de réalisation particulier, chacune des bandes conductrices 82b et 88b a la forme d'un anneau complet. Dans l'exemple de la figure 8a, le premier anneau complet 82b du premier demi-coupleur 40b et le second anneau complet 88b du second demi-coupleur 41b sont de forme et de taille identiques.

En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand les première et seconde sections de tube de forage sont raccordées bout à bout, les anneaux complets 82b et 88b sont l'un face à l'autre. Dans ce deuxième mode de réalisation particulier, le point de connexion 91b du premier anneau complet 82b et le point de connexion 92b du second anneau complet 88b sont diamétralement opposés l'un à l'autre quand les anneaux complets 82b et 88b sont face à face. Quand les anneaux sont dans cette position, on obtient des caractéristiques de couplage optimales. La fréquence centrale de la bande passante pour ce deuxième mode de réalisation particulier du coupleur est deux fois supérieure à

celle du premier mode de réalisation particulier du coupleur présenté plus haut en référence aux figures 6a et 6b.

Comme représenté dans l'exemple de la figure 8a,
5 chaque anneau complet comprend un point de court-circuit 91c et 92c. Dans l'exemple de la figure 8b, chaque court-circuit est réalisé sous la forme d'une broche métallique 95 et 96 qui relie les points de court-circuit respectifs 91c et 92c des anneaux complet
10 respectifs 82b et 88b au plan de masse situé en dessous (c'est-à-dire dans le logement respectif 61b et 62b).

Dans ce deuxième mode de réalisation particulier, le point de court-circuit 91c et le point de connexion 91b du premier anneau complet 82b sont diamétralement
15 opposés l'un à l'autre. Le point de court-circuit 92c et le point de connexion 92b du second anneau complet 88b sont diamétralement opposés l'un à l'autre. Ainsi, en condition opérationnelle, le point de connexion 91b du premier anneau complet 82b est en face du point de
20 court-circuit 92c du second anneau complet 88b, et le point de connexion 92b du second anneau complet 88b est en face du point de court-circuit 91c du premier anneau complet 82b. Cet agencement permet de maintenir une caractéristique de couplage élevée pour des angles de
25 rotation (d'un tube de forage par rapport à un autre tube de forage) allant jusqu'à 135°.

Les **figures 9a et 9b** représentent un troisième mode de réalisation particulier du coupleur de la présente invention.

30 Dans ce troisième mode de réalisation particulier, la ligne de transmission 67 est un câble coaxial

symétrique (également appelé "coaxial doublé"), c'est-à-dire un câble coaxial comprenant un premier conducteur intérieur 671, un second conducteur intérieur 672 et un seul conducteur extérieur 673, avec
5 une impédance caractéristique dans la plage allant d'environ 50 à environ 180 ohms, idéalement avec une impédance caractéristique dans la plage allant de 100 à 150 ohms. Dans ce troisième mode de réalisation, le câble coaxial doublé a des pertes de transmission
10 inférieures à 1,67 dB/10 m pour des fréquences inférieures à 500 MHz.

Sur la figure 9a, chacun des premier et second demi-coupleurs 40c et 41c est représenté comme si la couche appropriée de matière diélectrique avait été
15 enlevée (83c et 87c respectivement) de façon à révéler la forme de chacune des bandes conductrices 82c, 82d, 88c et 88d situées en dessous.

Dans ce troisième mode de réalisation particulier, chaque demi-coupleur comprend deux parties d'anneau.
20 Dans l'exemple de la figure 9a, chaque partie d'anneau a la forme d'un demi-anneau. Le premier demi-coupleur 40c comprend deux demi-anneaux 82c et 82d, et le second demi-coupleur 41c comprend deux demi-anneaux 88c et 88d.

25 Au niveau du premier demi-coupleur 40c, le point de connexion 821c du demi-anneau 82c est connecté au premier conducteur intérieur 671 du câble coaxial doublé, et le point de connexion 821d du demi-anneau 82d est connecté au second conducteur intérieur 672 du
30 câble coaxial doublé. Au niveau du second demi-coupleur 41c, le point de connexion 881c du demi-anneau 88c est

connecté au second conducteur intérieur 672 du câble coaxial doublé, et le point de connexion 881d du demi-anneau 88d est connecté au premier conducteur intérieur 671 du câble coaxial doublé.

5 Comme on peut le voir sur la figure 9a, le point de connexion 821c du demi-anneau 82c est séparé du point de connexion 821d du demi-anneau 82d par un espace 901. L'extrémité libre 822c du demi-anneau 82c est séparée de l'extrémité libre 822d du demi-anneau
10 82d par un espace 902. Les espaces 901 et 902 sont diamétralement opposées l'une à l'autre. Les espaces 901 et 902 évitent les courts-circuits aux extrémités de la ligne coaxiale. Cet agencement procure l'avantage qu'il n'y a plus de dépendance à une bonne continuité
15 entre les logements de cuivre des deux demi-coupleurs. Il n'est plus nécessaire de prévoir une continuité de masse.

Le point de connexion 881c du demi-anneau 88c est séparé du point de connexion 881d du demi-anneau 88d
20 par un espace 903. L'extrémité libre 882c du demi-anneau 88c est séparée de l'extrémité libre 882d du demi-anneau 88d par un espace 904. Les espaces 903 et 904 sont diamétralement opposées l'une à l'autre.

En condition opérationnelle, c'est-à-dire quand
25 les première et seconde sections de tube de forage sont raccordées bout à bout, le demi-anneau 82c et le demi-anneau 88d sont l'un face à l'autre et le demi-anneau 82d et le demi-anneau 88c sont l'un face à l'autre. Dans ce troisième mode de réalisation particulier, en
30 condition opérationnelle, la paire de points de connexion 821c et 821d du premier demi-coupleur 40c et

la paire de points de connexion 881c et 881d du second demi-coupleur 41c sont diamétralement opposées l'une à l'autre. Ainsi, en condition opérationnelle, la paire de points de connexion 821c et 821d fait face à l'espace 904 et la paire de points de connexion 881c et 881d fait face à l'espace 902. Quand les demi-anneaux sont dans cette position, on obtient des caractéristiques de couplage optimales. La fréquence centrale de la bande passante pour ce troisième mode de réalisation particulier du coupleur est deux fois supérieure à celle du premier mode de réalisation particulier du coupleur présenté plus haut en référence aux figures 6a et 6b.

Bien que la présente description ait été exposée en référence à un ou plusieurs exemples, l'homme du métier reconnaîtra que des modifications peuvent être apportées à la forme et aux détails sans s'écarter de la portée de la description et/ou des revendications annexées.

Par exemple, dans un mode de réalisation envisageable, chaque demi-coupleur peut comprendre deux ou plusieurs anneaux complets concentriques électriquement conducteurs, chaque anneau ayant un point de connexion avec un conducteur central (ou conducteur intérieur) d'un câble coaxial asymétrique ou d'un câble coaxial doublé.

Il est possible de modifier le mode de réalisation présenté en référence aux figures 8a et 8b de telle façon que les anneaux complets 82b et 88b ne comprennent pas de point de court-circuit, et de telle façon qu'en condition opérationnelle (c'est-à-dire

quand les première et seconde sections de tube de forage sont raccordées bout à bout), les points de connexion 91b et 92b soient toujours dans la position relative illustrée sur la figure 8a.

5 Par ailleurs, il est possible de modifier le mode de réalisation présenté en référence aux figures 9a et 9b de telle façon que chaque demi-coupleur 40c et 41c ne comprenne qu'un seul demi-anneau comprenant un unique point de connexion avec un conducteur central
10 (ou conducteur interne) d'un câble coaxial asymétrique. Cet unique point de connexion peut être situé soit à une extrémité du demi-anneau, soit entre les deux extrémités du demi-anneau.

 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux
15 exemples de réalisation ci-dessus décrits et représentés, à partir desquels on pourra prévoir d'autres modes et d'autres formes de réalisation, sans pour autant sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Coupleur pour coupler une première et une seconde section d'une ligne de transmission (65) incorporées respectivement dans un premier et un second composant (2, 3), caractérisé en ce que le coupleur
5 comprend :

- un premier demi-coupleur (40a) comprenant un premier logement non magnétique et électriquement conducteur (61a) conçu pour être monté à une extrémité du premier composant ; une première structure
10 électriquement conductrice (82a) ; et une première structure de matière diélectrique (81a, 83a) ;

- un second demi-coupleur (41a) comprenant un second logement non magnétique et électriquement conducteur (62a) conçu pour être monté à une extrémité
15 du second composant ; une seconde structure électriquement conductrice (88a) ; et une seconde structure de matière diélectrique (87a, 89a) ;

et en ce que la première section de la ligne de transmission, respectivement la seconde section, est
20 électriquement connectée à la première structure conductrice, respectivement à la seconde structure conductrice ;

et en ce que, quand les premier et second composants sont raccordés bout à bout, les premier et
25 second logements (61a, 62a) viennent en contact pour former ensemble une cavité électromagnétique à l'intérieur de laquelle les première et seconde structures conductrices (82a, 88a) sont séparées l'une de l'autre par les première et seconde structures

diélectriques (81a, 83a ; 87a, 89a), de façon à permettre aux première et seconde structures conductrices (82a, 88a) d'être en communication électromagnétique l'une avec l'autre.

5 2. Coupleur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les premier et second logements ont une section transversale en forme de U.

3. Coupleur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chacune des première et seconde
10 structures diélectriques et chacune des première et seconde structures conductrices sont en forme d'anneau.

4. Coupleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la ligne de transmission comprend au moins un câble coaxial, chaque
15 câble coaxial comprenant au moins un conducteur intérieur et un conducteur extérieur,

et en ce que le conducteur extérieur de chaque câble coaxial est connecté aux premier et second logements.

20 5. Coupleur selon la revendication 4, caractérisé en ce que chacune des première et seconde structures conductrices comprend au moins un anneau complet en matière électriquement conductrice,

et en ce que chaque anneau complet comprend au
25 moins un point de connexion, chaque point de connexion étant connecté audit ou à l'un desdits conducteurs internes.

6. Coupleur selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que la ligne de transmission comprend
30 un câble coaxial comprenant un conducteur intérieur et un conducteur extérieur,

et en ce que le conducteur extérieur est connecté aux premier et second logements,

et en ce que chacune des première et seconde structures conductrices comprend un anneau complet en
5 matière électriquement conductrice,

et en ce que chaque anneau complet comprend un point de connexion qui est connecté au conducteur intérieur ; et un point de court-circuit diamétralement opposé au point de connexion et qui est connecté au
10 logement respectif.

7. Coupleur selon la revendication 4, caractérisé en ce que chacune des première et seconde structures conductrices comprend au moins une partie d'un anneau, fabriqué en une matière électriquement conductrice,
15 chaque partie d'anneau comprenant une première extrémité et une seconde extrémité, chaque extrémité étant séparée de l'autre extrémité par un espace.

8. Coupleur selon la revendication 7, caractérisé en ce que chacune des première et seconde structures
20 conductrices comprend une partie d'un anneau, fabriqué en une matière électriquement conductrice et comprenant une première extrémité et une seconde extrémité séparées l'une de l'autre par un espace,

et en ce que, quand les premier et second
25 composants sont raccordés bout à bout, les première et seconde structures conductrices se font face de telle sorte que :

- la première extrémité de la première structure conductrice et la première extrémité de la seconde
30 structure conductrice sont à l'opposé l'une de l'autre ;

- la seconde extrémité de la première structure conductrice est située sur un côté de la première extrémité de la première structure conductrice ;

5 - la seconde extrémité de la seconde structure conductrice est située symétriquement sur l'autre côté de la première extrémité de la première structure conductrice.

9. Coupleur selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que chaque première extrémité est
10 connectée audit ou à l'un desdits conducteurs intérieurs, et chaque seconde extrémité est libre.

10. Coupleur selon la revendication 7, caractérisé en ce que chaque première et chaque seconde extrémité sont libres,

15 et en ce que chaque partie d'anneau comprend un point de connexion étant situé entre la première extrémité et la seconde extrémité et étant connecté audit ou à l'un desdits connecteurs intérieurs.

11. Coupleur selon l'une quelconque des
20 revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chacun des premier et second logements comprend un fond, un premier côté, un second côté et une ouverture entre les premier et second côtés,

25 et en ce que chacune des première et seconde structures diélectriques comprend une couche arrière de matière diélectrique s'étendant dans le fond du logement respectif et une couche avant de matière diélectrique s'étendant au voisinage de l'ouverture du logement respectif,

et en ce que chacune des première et seconde structures conductrices est interposée entre les couches avant et arrière respectives.

12. Système de transmission de données à travers
5 une première et une seconde section d'une ligne de transmission incorporées dans un premier et un second composants respectivement, caractérisé en ce que le premier composant comprend à une extrémité un premier demi-coupleur selon l'une quelconque des revendications
10 1 à 10 ;

et en ce que le second composant comprend à une autre extrémité un second demi-coupleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10,

et en ce que, quand les premier et second
15 composants sont raccordés bout à bout, le premier demi-coupleur et le second demi-coupleur viennent en contact pour former ensemble un coupleur destiné à coupler les première et seconde sections de ligne de transmission.

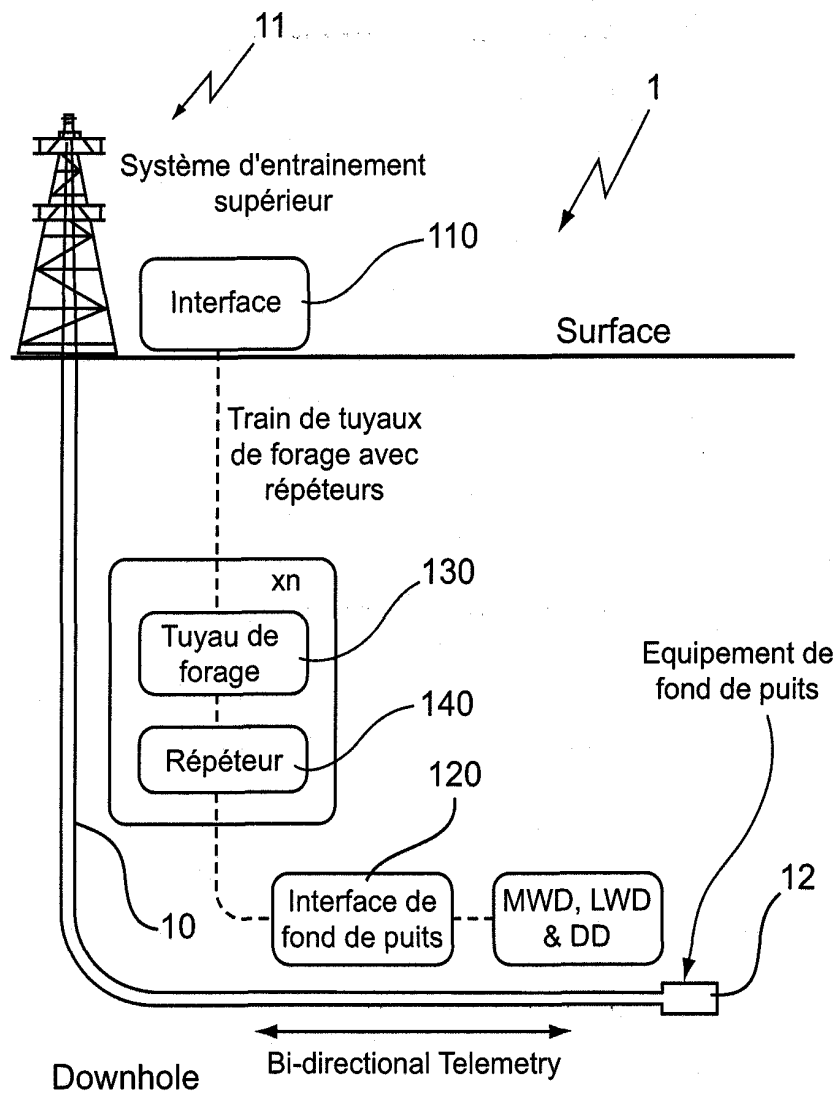
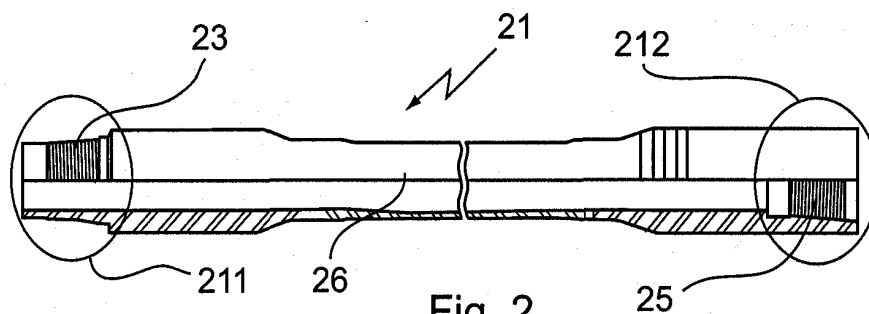
13. Système selon la revendication 12, caractérisé
20 en ce que chaque composant est un tube de forage conçu pour être utilisé dans l'exploration ou la production gazière et pétrolière.

14. Composant caractérisé en ce qu'il comprend :

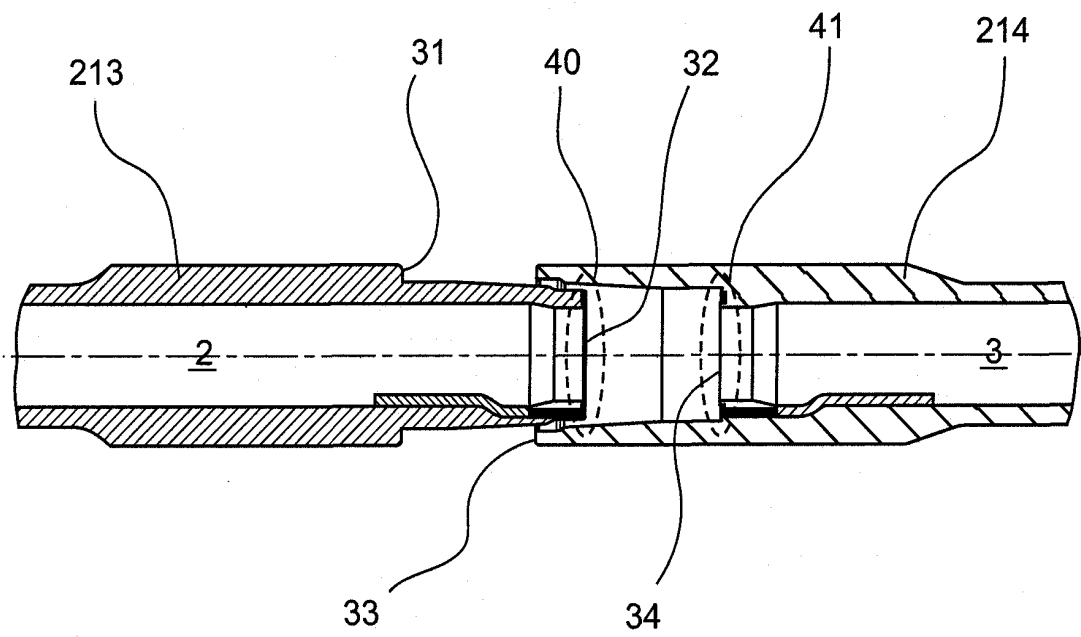
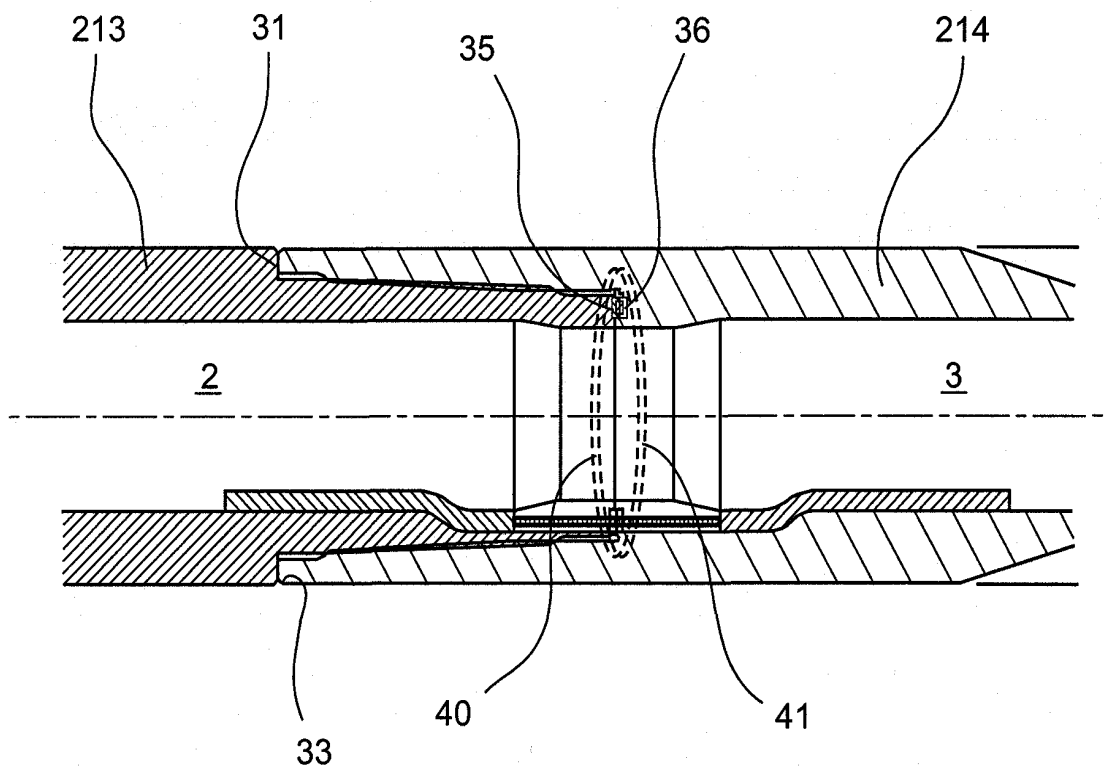
- à une première extrémité un premier demi-
25 coupleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 ;

- à une seconde extrémité un second demi-coupleur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

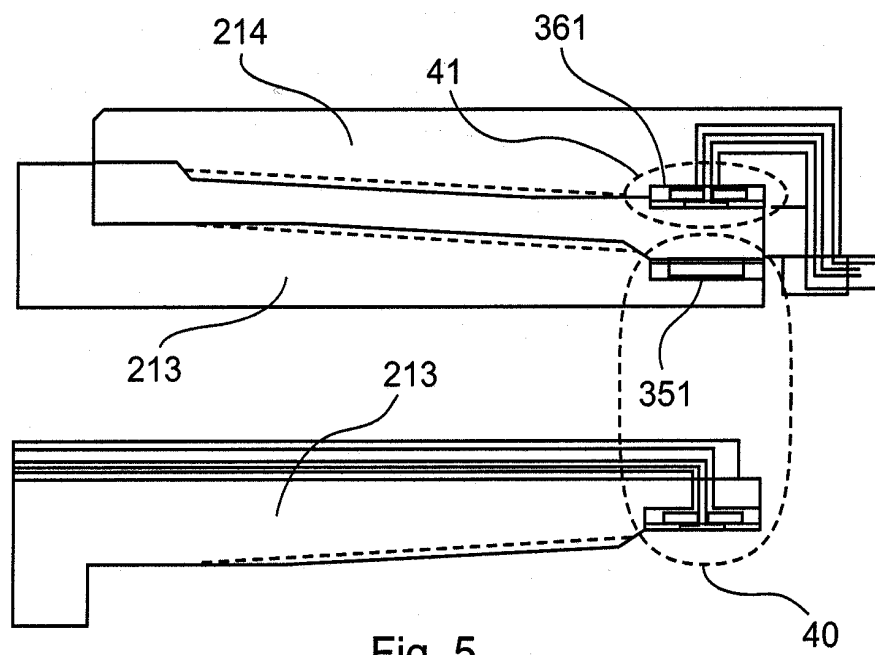
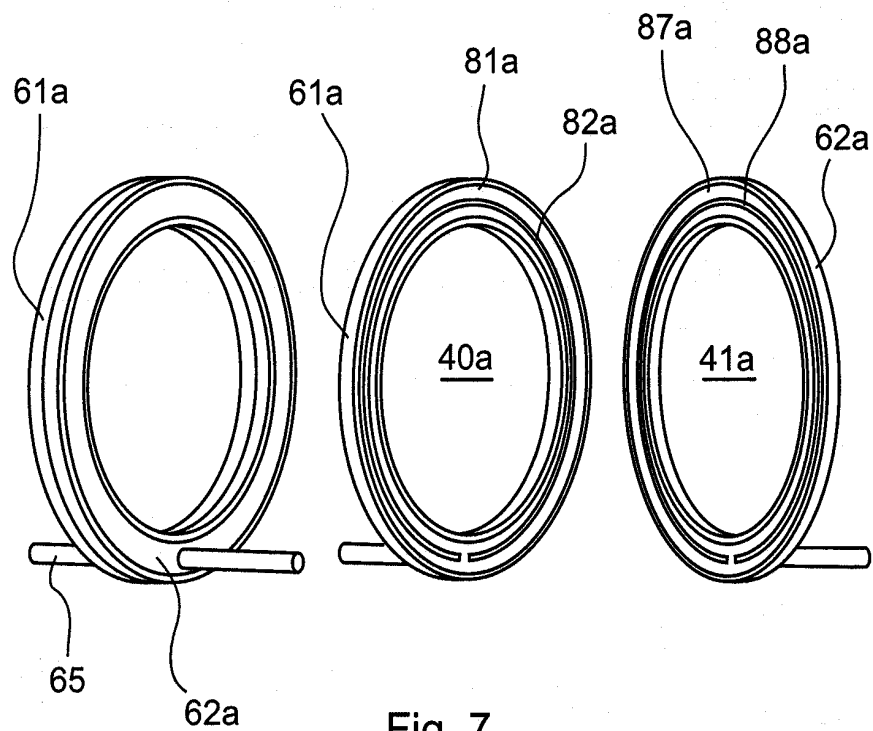
1/7

Fig. 1Fig. 2

2/7

Fig. 3Fig. 4

3/7

Fig. 5Fig. 7

4/7

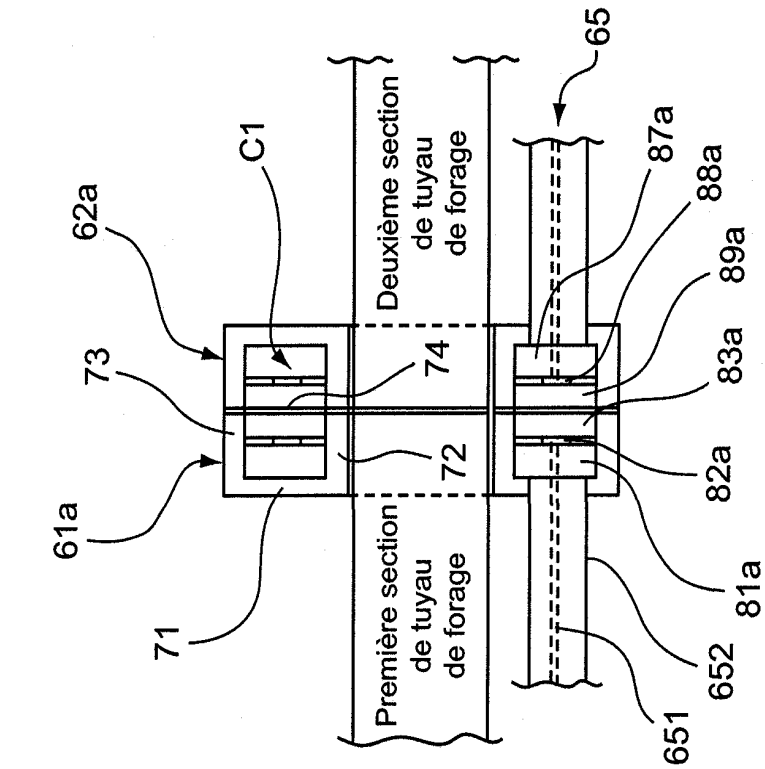


Fig. 6b

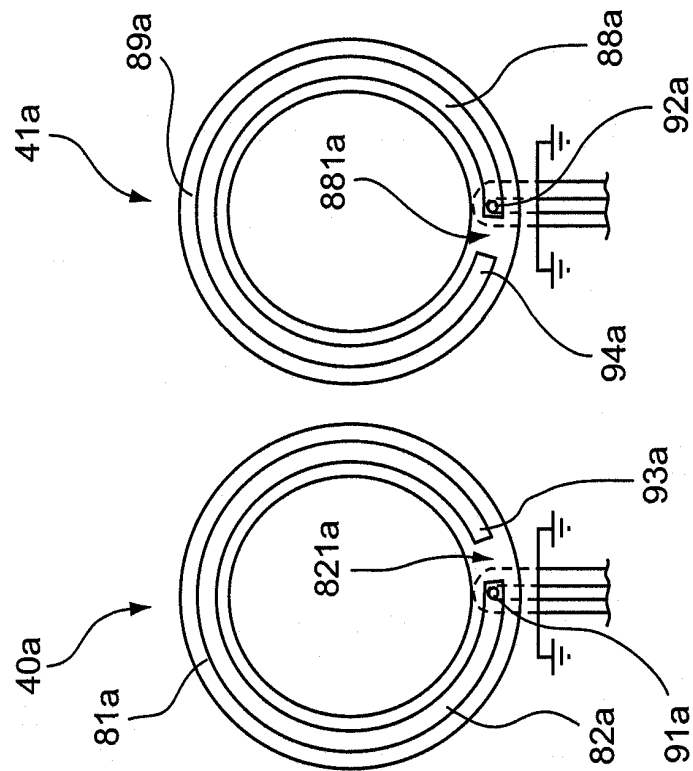


Fig. 6a

5/7

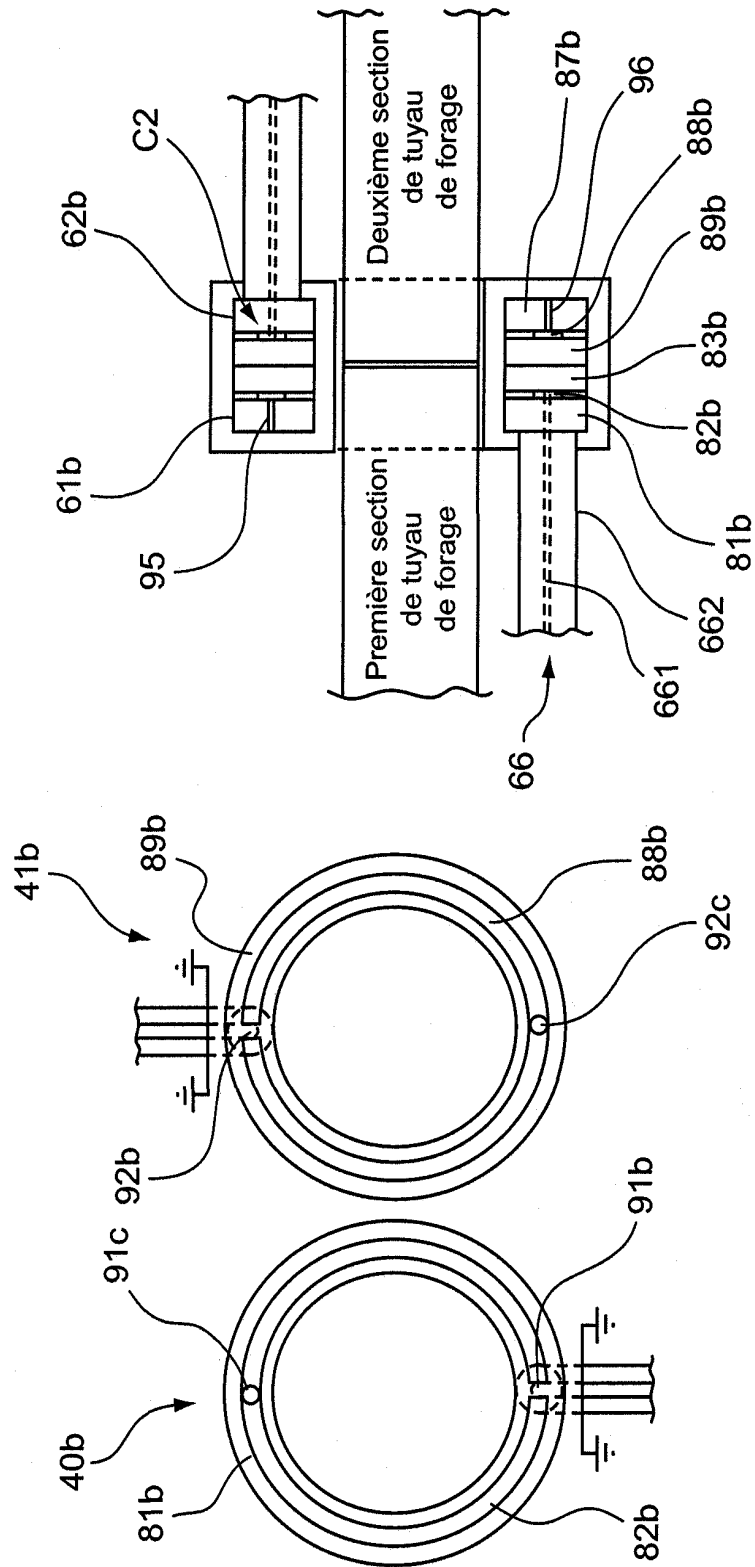


Fig. 8b

Fig. 8a

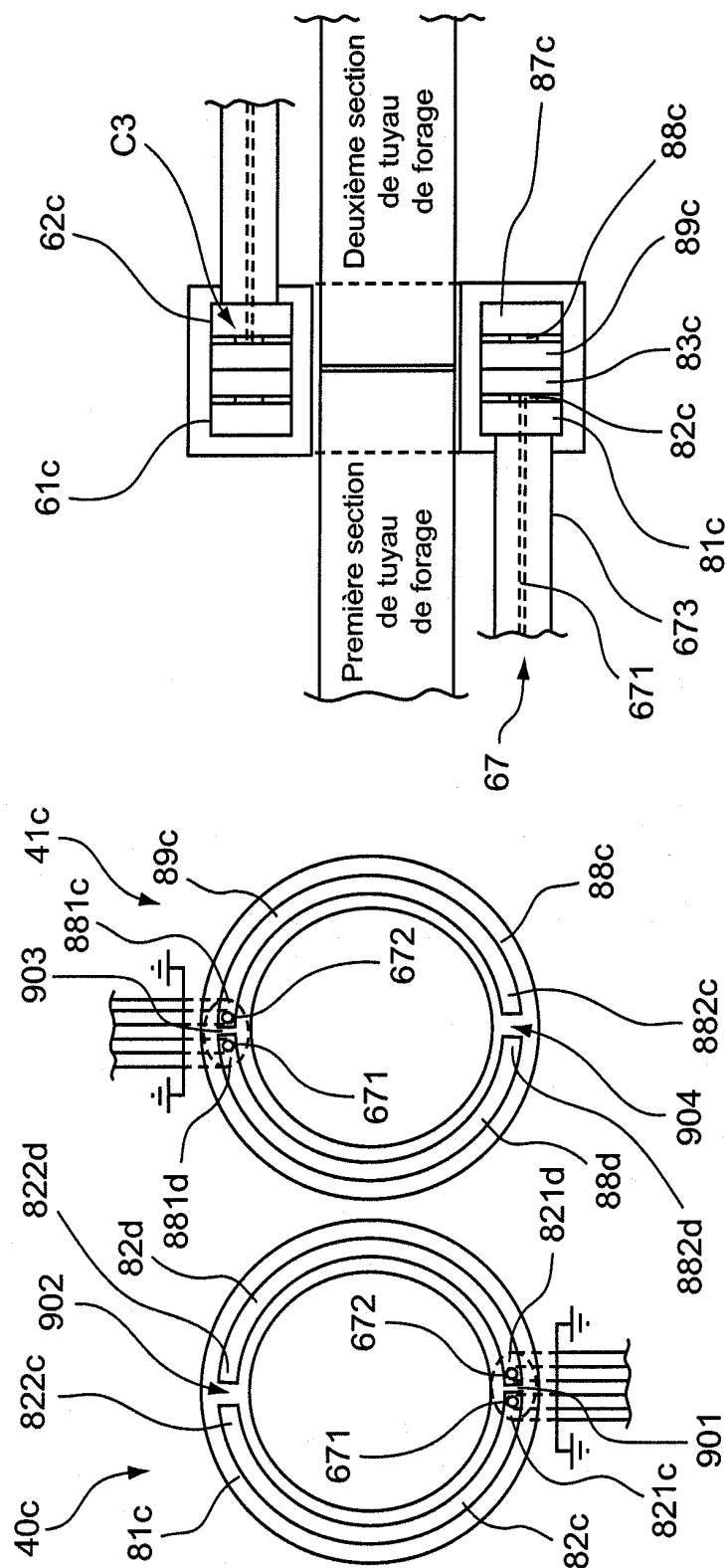


Fig. 9b

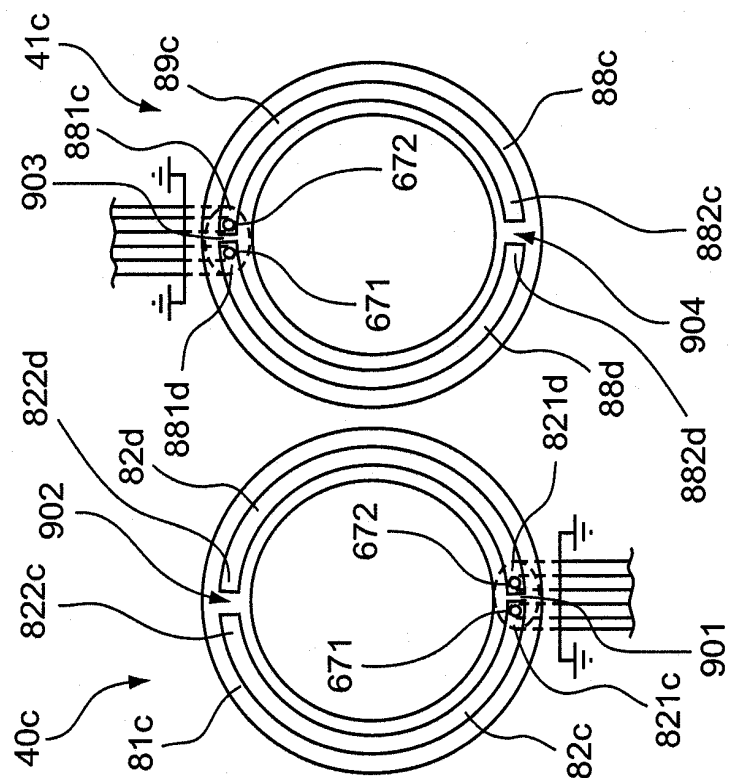
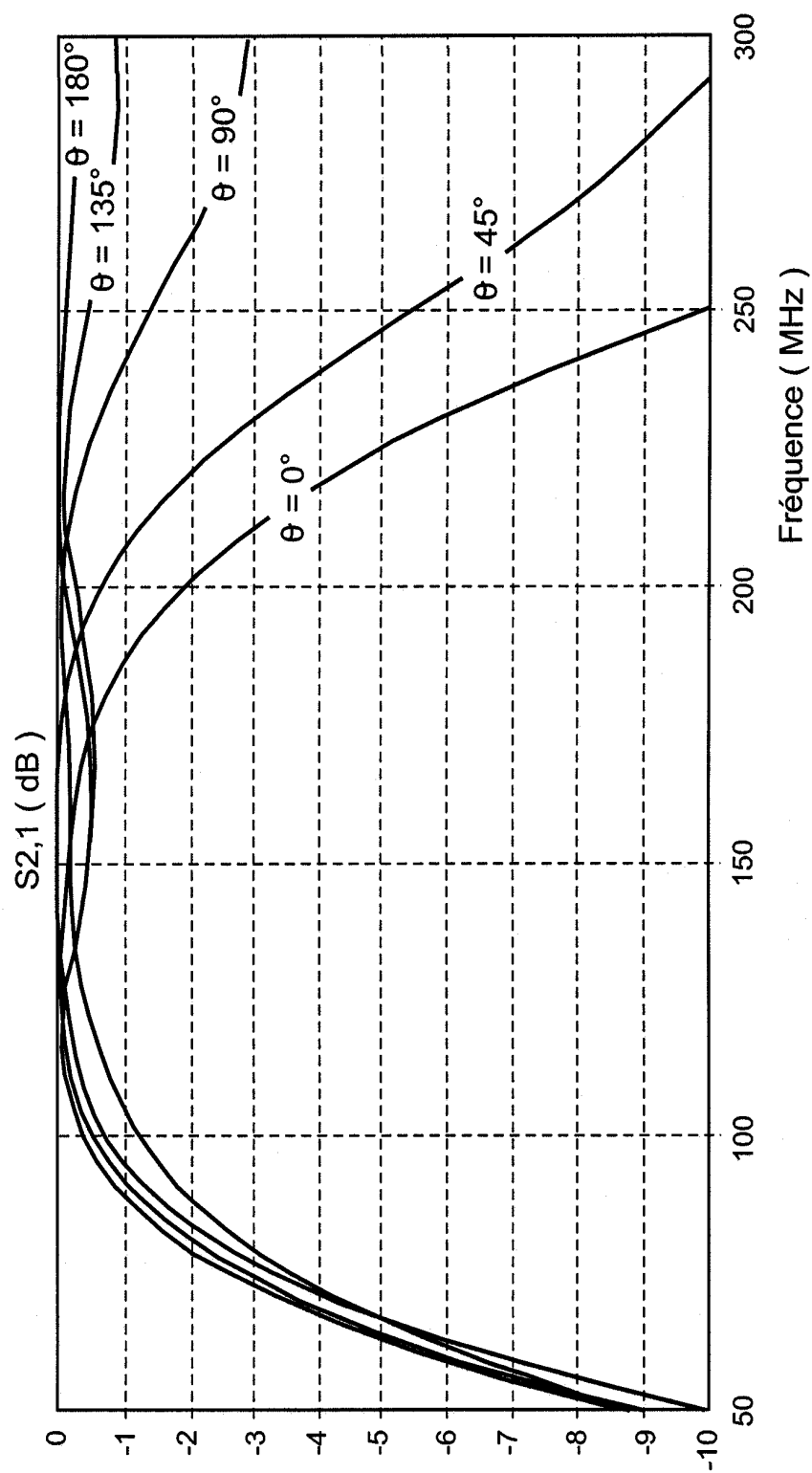


Fig. 9a

7/7

Fig. 10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 744776
FR 1057724

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/074226 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 27 mars 2008 (2008-03-27) * alinéa [0038] - alinéa [0044]; figures 2-4 *	1-14	H01R13/533
X	US 7 362 235 B1 (NORMANN RANDY A [US] ET AL) 22 avril 2008 (2008-04-22) * colonne 3, ligne 47 - colonne 5, ligne 51; figures 2,4A-5B3 *	1-14	
X	US 2004/221995 A1 (HALL DAVID R [US] ET AL) 11 novembre 2004 (2004-11-11) * alinéa [0042] - alinéa [0055]; figures 2-4C *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 avril 2011		De Iulis, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1057724 FA 744776

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **04-04-2011**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008074226 A1	27-03-2008	AUCUN	
US 7362235 B1	22-04-2008	AUCUN	
US 2004221995 A1	11-11-2004	US 2005236160 A1	27-10-2005