

⑮ **DISPOSITIF ANTENNAIRE À DEUX RÉSEAUX DE DIPÔLES ET SYSTÈME DE COMMUNICATION ASSOCIÉ.**

⑲ **Date de dépôt :** 20.12.21.

⑳ **Priorité :**

⑴ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés :**

☐ **Demande(s) d'extension :** Polynésie-Fr

⑵ **Demandeur(s) :** TDF SAS — FR.

⑶ **Date de mise à la disposition du public
de la demande :** 23.06.23 Bulletin 23/25.

⑷ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention :** 18.04.25 Bulletin 25/16.

⑸ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑶ **Inventeur(s) :** KHADRI Belkacem et PALUD
Sébastien.

⑷ **Titulaire(s) :** TDF SAS.

⑸ **Mandataire(s) :** GEVERS & ORES.



Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF ANTENNAIRE À DEUX RÉSEAUX DE DIPÔLES ET SYSTEME DE COMMUNICATION ASSOCIE

Domaine technique de l'invention

- [0001] L'invention concerne un dispositif antenne à deux réseaux de dipôles et un système de communication associé.
- [0002] L'invention trouve une application privilégiée pour mutualiser, sur une même infrastructure radio, deux services distincts opérant dans des bandes de fréquences différentes, comme par exemple un service de radiodiffusion FM (de l'anglais « Frequency Modulation ») et un service de radio numérique terrestre, également désigné par l'acronyme RNT.

Arrière-plan technologique

- [0003] Le brevet GB1247629 décrit un dispositif antenne à ouverture azimutale élevée pour la diffusion de signaux UHF (de l'anglais « Ultra High Frequency »). Ce dispositif antenne comprend un réseau de dipôles basse fréquence alignés verticalement et un réseau de dipôles haute fréquence également alignés verticalement. Le dispositif antenne comporte en outre un support des dipôles, sous la forme d'un mât vertical.
- [0004] Pour limiter les couplages entre les réseaux, le brevet GB1247629 propose de placer, le long du mât, un réseau au-dessus de l'autre. À cause de cela, le mât peut atteindre une hauteur très élevée, ce qui peut imposer de fortes contraintes mécaniques pour assurer un maintien stable et robuste du mât.
- [0005] L'ajout de services à basse fréquence sur un pylône existant et hébergeant déjà des services haute fréquence est particulièrement contraignant dans la mesure où le réseau basse fréquence doit être positionné en tête de pylône pour préserver un rayonnement quasi-symétrique autour du mât, tout en limitant les interférences avec les réseaux déjà présents sur le mât.
- [0006] Ainsi, l'ajout d'un réseau basse fréquence prévu pour, par exemple, fournir un service radiodiffusion FM opérant entre 87.5 MHz et 108 MHz, présente l'inconvénient de condamner le sommet du pylône exclusivement pour ce service, empêchant ainsi l'adjonction d'un nouveau service à une fréquence supérieure, tel qu'un service de radio terrestre numérique opérant par exemple entre 174 MHz et 240 MHz.
- [0007] Ainsi, il peut être souhaité de prévoir un dispositif antenne qui permette de s'affranchir d'au moins une partie des problèmes et contraintes précités.

Résumé de l'invention

- [0008] Il est donc proposé un dispositif antenneur comprenant : un réseau basse fréquence de dipôles basse fréquence présentant des centres respectifs alignés sur un axe dit vertical ; un réseau haute fréquence de dipôles haute fréquence présentant des centres respectifs se succédant verticalement ; et un support des dipôles basse fréquence et des dipôles haute fréquence, dans lequel les dipôles haute fréquence sont agencés de sorte que le centre de chaque dipôle basse fréquence soit positionné verticalement entre les centres d'une paire de deux dipôles haute fréquence.
- [0009] Ainsi, les dipôles haute fréquence sont imbriqués verticalement avec les dipôles basse fréquence, de manière à limiter le couplage entre les dipôles haute fréquence et les dipôles basse fréquence, tout en réduisant la hauteur du support.
- [0010] L'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques optionnelles qui vont être décrites ci-dessous, selon toute combinaison techniquement possible.
- [0011] Le support comprend un support principal, le long duquel sont agencés verticalement les dipôles basse fréquence. Le support comprend en outre un support auxiliaire, le long duquel sont agencés verticalement les dipôles haute fréquence. De préférence, le support auxiliaire est fixé au support principal.
- [0012] Le support principal est un mât principal creux et électriquement conducteur. Le dispositif antenneur comprend en outre une ligne coaxiale comprenant au moins un conducteur intérieur reliant électriquement les dipôles basse fréquence à un même connecteur d'entrée/sortie du réseau basse fréquence, de sorte que le mât principal constitue une ligne de retour vers une masse électrique commune.
- [0013] Le dispositif antenneur comprend en outre sur le mât principal un dispositif de découplage des dipôles basse fréquence par rapport aux dipôles haute fréquence. Le dispositif de découplage est fixé sur le mât principal et relié au conducteur intérieur de la ligne coaxiale du réseau basse fréquence.
- [0014] Le dispositif de découplage est un filtre passe-bas coaxial disposé en entrée du réseau basse fréquence. Le filtre comprend une alternance de tronçons coaxiaux de forte et faible impédance.
- [0015] Le centre de chaque dipôle basse fréquence est agencé verticalement au milieu des centres de la paire de dipôles haute fréquence.
- [0016] Les centres des dipôles haute fréquence de chaque paire sont alignés verticalement.
- [0017] Les centres des dipôles haute fréquence d'au moins une paire de dipôles haute fréquence sont décalés horizontalement d'un côté des centres des dipôles basse fréquence, tandis que les centres d'au moins une autre paire de dipôles haute fréquence sont décalés horizontalement de l'autre côté des dipôles basse fréquence.

- [0018] Les paires de dipôles haute fréquence sont agencées alternativement de part et d'autre des dipôles basse fréquence.
- [0019] Les deux paires de dipôles haute fréquence associées à deux dipôles basse fréquence consécutifs sont décalés horizontalement d'un même côté des dipôles basse fréquence.
- [0020] Les dipôles basse fréquence et les dipôles haute fréquence sont inclinés les uns par rapport aux autres.
- [0021] Au moins un dipôle haute fréquence est disposé au centre d'un dipôle basse fréquence.
- [0022] Les dipôles basse fréquence et/ou les dipôles haute fréquence comportent deux bras colinéaires et de même longueur, de préférence égale à un quart de la longueur d'onde associée à une fréquence de fonctionnement dudit réseau respectif.
- [0023] Le support auxiliaire comprend au moins un mât auxiliaire creux et électriquement conducteur. Le dispositif antenne comprend en outre une ligne coaxiale comprenant au moins un conducteur intérieur courant à l'intérieur dudit au moins un mât auxiliaire et reliant électriquement les dipôles haute fréquence à un même connecteur d'entrée/sortie du réseau haute fréquence, de sorte que ledit au moins un mât constitue une ligne de retour vers une masse électrique commune.
- [0024] Le dispositif antenne comprend en outre un dispositif de découplage des dipôles haute fréquence par rapport aux dipôles basse fréquence, ledit dispositif de découplage étant relié au conducteur intérieur de la ligne coaxiale du réseau basse fréquence.
- [0025] Le dispositif de découplage comprend un ou plusieurs filtres réjecteurs de fréquence.
- [0026] Le dispositif antenne comprend en outre pour chaque dipôle basse fréquence, au moins un piège quart d'onde disposé autour d'un pied du dipôle basse fréquence.
- [0027] Le pied du dipôle basse fréquence comprend deux tubes de fixation parallèles entre eux, le piège quart d'onde comprenant deux corps cylindriques creux tronqués longitudinalement, de manière à présenter chacun une surface plane. Les deux corps cylindriques sont disposés respectivement autour de chacune des deux tubes de fixation, de sorte que les surfaces planes des deux corps cylindriques soient en regard l'une de l'autre.
- [0028] Un autre objet de l'invention est un système de communication configuré pour émettre et/ou recevoir des signaux radiofréquence, dans au moins deux bandes de fréquences distinctes. Le système de communication est caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif antenne selon l'invention, tel que décrit ci-dessus.

Brève description des figures

- [0029] L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- la [Fig.1] est une vue en perspective d'un système de communication incluant un dispositif antenne selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.2] est une vue de dessus schématique du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.3] illustre schématiquement une vue de face de l'agencement des dipôles haute fréquence par rapport aux dipôles basse fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.4] est une vue en coupe latérale du réseau basse fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.5] est vue en perspective schématique du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.6] illustre schématiquement en perspective deux variantes de réalisation de l'agencement du support du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.7] est une vue en coupe latérale du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.8] est une vue coupe d'une pièce de liaison à découplage du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.9] illustre des diagrammes de rayonnement azimutal du réseau basse fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.10] illustre des diagrammes de rayonnement en élévation du réseau basse fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.11] illustre des diagrammes de rayonnement azimutal du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.12] illustre des diagrammes de rayonnement en élévation du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.13] illustre le paramètre de transmission S_{12} du dispositif antenne selon la [Fig.1] avec et sans dispositifs de découplage ;
- la [Fig.14] est une vue en coupe longitudinale du réseau basse fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] illustrant une variante de réalisation du dispositif de découplage ;
- la [Fig.15] est une vue en coupe longitudinale du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.1] illustrant une variante de réalisation pour la connexion des dipôles ;
- la [Fig.16] est une vue en coupe transversale du réseau haute fréquence de la [Fig.15] ;
- la [Fig.17] est une vue en perspective d'une variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.1] illustrant des pièges quart-d'onde sur le

- réseau basse fréquence ;
- la [Fig.18] illustre des diagrammes de rayonnement azimutal du réseau haute fréquence du dispositif antenne selon la [Fig.17], avec et sans pièges quart-d'onde ;
- la [Fig.19] illustre en perspective un dispositif antenne selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.20] illustre en perspective un dispositif antenne selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.21] illustre schématiquement un agencement des dipôles selon une première variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.22] illustre schématiquement un agencement des dipôles selon une deuxième variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.23] illustre schématiquement un agencement des dipôles selon une troisième variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.1] ;
- la [Fig.24] illustre schématiquement un agencement des dipôles selon une quatrième variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.1] ; et
- la [Fig.25] illustre schématiquement un agencement des dipôles selon une variante de réalisation du dispositif antenne selon la [Fig.19].

Description détaillée de l'invention

- [0030] Dans la description qui va suivre, ainsi que dans les revendications, les termes de position relative des éléments décrits seront pris par rapport à un repère orthogonal (X,Y,Z) comportant une direction dite verticale Z, une direction dite droite/gauche Y et une direction dite avant/arrière X. En particulier, les termes vertical(e)(s), verticaux, verticalement feront référence à la direction verticale Z tel que représentée sur les figures. En outre, la direction verticale Z est en particulier destinée à correspondre à la verticale usuelle.
- [0031] En référence à la [Fig.1], un exemple de système de communication 100 mettant en œuvre l'invention va à présent être décrit.
- [0032] Ce système de communication 100 est configuré pour émettre et/ou recevoir en même temps deux signaux radiofréquences de deux services respectifs distincts. Par exemple, l'un des services est un service de radiodiffusion FM (« Frequency Modulation » en anglais) et l'autre est un service de radio numérique terrestre (également désigné par l'acronyme RNT, correspondant à l'anglais « Digital Audio Broadcasting (DAB)»).
- [0033] Les deux services opèrent respectivement dans une première bande de fréquences et une deuxième bande de fréquences, plus haute que la première bande de fréquences. Ainsi, la première bande de fréquences est appelée bande de basses fréquences, tandis

que la deuxième bande de fréquence est appelée bande de hautes fréquences. La bande de basses fréquences est par exemple incluse dans le domaine des fréquences métriques, c'est-à-dire comprises entre 30 et 300 MHz. Par ailleurs, la bande de hautes fréquences est par exemple incluse dans le domaine des fréquences décimétriques, c'est-à-dire comprises entre 300 et 3000 MHz.

[0034] De manière générale, la basse fréquence et la haute fréquence n'appartiennent pas nécessairement à des domaines fréquentiels distincts (*i.e.* métrique, décimétrique, *etc.*). Par exemple, la basse fréquence est une fréquence FM (e.g. 88, 98 ou 108 MHz) et la haute fréquence est une fréquence DAB (e.g. 174, 200 ou 225 MHz), auquel cas les fréquences basse et haute appartiennent toutes deux au même domaine des fréquences métriques.

[0035] Le système de communication 100 comprend ainsi un dispositif antenne 102 regroupant :

- pour le premier service, un réseau basse fréquence 104 de dipôles basse fréquence 112 et un émetteur/récepteur 108, et
- pour le deuxième service, un réseau haute fréquence 106 de dipôles haute fréquence 114 et un émetteur/récepteur 110.

[0036] Chaque réseau de dipôles est conçu pour émettre et/ou recevoir dans une bande de fréquences centrée autour d'une fréquence dite centrale. Par la suite, on considérera que cette fréquence centrale est la fréquence de fonctionnement du réseau de dipôles, en émission ou en réception.

[0037] En mode d'émission, chaque émetteur/récepteur 108, 110 est conçu pour convertir des données à émettre du service associé en un signal radiofréquence fourni aux dipôles 112, 114 du réseau 104, 106 associé. Ces dipôles 112, 114 sont alors conçus pour émettre en espace libre le signal radiofréquence.

[0038] En mode de réception, les dipôles 112, 114 de chaque réseau 104, 106 sont conçus pour capter un signal radiofréquence en espace libre reçu du service considéré à destination de l'émetteur/récepteur 108, 110 associé. Ce dernier est alors conçu pour convertir ce signal radiofréquence reçu en des données reçues pour le service considéré.

[0039] Chaque dipôle 112, 114 est une antenne élémentaire conçue, lorsqu'isolée, pour émettre et/ou recevoir des ondes électromagnétiques selon un diagramme de rayonnement omnidirectionnel, c'est-à-dire présentant un gain quasi-constant (*i.e.* à 3 dB près) dans un plan horizontal (*i.e.* dans toutes les directions perpendiculaires à l'axe Z) dit azimutal.

[0040] Sur le plan structurel, chaque dipôle 112, 114 comprend deux bras 112a, 114a électriquement conducteurs. De préférence, les bras 112a, 114a d'un même dipôle 112, 114 sont identiques, en particulier de même longueur et colinéaires. Ainsi, les deux bras de

chaque dipôle disposent d'une même densité de courants permettant de limiter les instabilités de rayonnement électromagnétique du dipôle.

- [0041] Les bras 112a, 114a des dipôles 112, 114 présentent ainsi deux extrémités respectives en face l'une de l'autre, dites extrémités centrales, séparées d'un interstice présentant un point milieu. Ce point milieu constitue un centre 112c, 114c du dipôle 112, 114. Les bras 112a, 114a des dipôles 112, 114 ont une longueur comprise entre $\lambda/8$ et $\lambda/2$, où λ désigne la longueur d'onde de référence associée à la fréquence centrale de la bande de fréquences utilisée pour le service concerné.
- [0042] De préférence, les bras 112a des dipôles basse fréquence 112 sont plus longs que les bras 114a des dipôles haute fréquence 114. De manière connue, plus la longueur des bras du dipôle est élevée, plus le dipôle est adapté à rayonner en basse fréquence.
- [0043] Dans l'exemple de la [Fig.1], les bras 112a, 114a des dipôles basse fréquence 112 et haute fréquence 114 sont tous verticaux. Cette orientation permet aux deux réseaux 104, 106 d'émettre et de recevoir des ondes polarisées verticalement.
- [0044] Chaque dipôle 112, 114 comprend en outre un pied 112b, 114b de fixation des deux bras 112a, 114a. Le pied 112b, 114b est par exemple attaché aux extrémités centrales des deux bras 112a, 114a. Le pied 112b, 114b peut être simple ou double en ce qu'il est constitué respectivement d'un ou de deux tubes creux. Les tubes peuvent être de section quelconque, par exemple carrée, rectangulaire, circulaire ou ovale. Dans le cas d'un pied double, les deux tubes sont respectivement fixés aux extrémités centrales des bras 112a, 114a.
- [0045] Dans tous les modes de réalisation décrits dans la présente demande, chaque dipôle 112, 114 dispose d'un pied double. Toutefois, selon d'autres réalisations non décrites, chaque dipôle pourra disposer d'un pied simple, en particulier les dipôles basse fréquence et/ou les dipôles haute fréquence.
- [0046] La longueur des bras 112a, 114a et, d'une manière plus générale, les dimensions globales des dipôles 112, 114 telles que l'épaisseur des tubes du pied, la longueur du pied, pourront être adaptés pour atteindre le rayonnement et l'adaptation d'impédance désirés, en tenant compte des couplages mutuels entre les différents éléments constitutifs du dispositif antenne 102. Par ailleurs, tous les dipôles d'un même réseau ne seront pas nécessairement identiques.
- [0047] Dans l'exemple de la [Fig.1], le réseau basse fréquence 104 comporte deux dipôles basse fréquence 112. Dans d'autres modes de réalisation, ils pourraient être plus nombreux.
- [0048] Les centres 112c des dipôles basse fréquence 112 sont alignés le long d'un même axe A1 vertical. Par « alignés », on entend que les dipôles basse fréquence 112 sont sensiblement alignés selon une droite verticale, c'est-à-dire que leurs centres 112c peuvent être décalés horizontalement par rapport à l'axe vertical A1, par exemple à moins d'un

quinzième de la longueur d'onde de référence associée au réseau basse fréquence 104 telle que précédemment définie.

- [0049] Par exemple, dans le cas où le réseau basse fréquence 104 fonctionne à une fréquence f_1 égale à 100 MHz dans une bande FM, la longueur d'onde λ_1 de référence associée est égale à 3 m ($\lambda_1 = c/f_1$, où $c = 3 \cdot 10^8$ m/s). Dans ce cas, on considère que les dipôles basse fréquence 112 sont verticalement alignés s'ils ne s'écartent pas de plus de $\lambda_1/15 = 0,2$ m perpendiculairement à l'axe A1.
- [0050] Toujours dans l'exemple de la [Fig.1], le réseau haute fréquence 106 comporte quatre dipôles haute fréquence 114. Dans d'autres variantes de réalisation, le nombre de dipôle haute fréquence pourra être ajusté notamment en fonction du nombre de dipôle basse fréquence, de sorte que chaque dipôle basse fréquence soit positionné verticalement entre les centres d'une paire de deux dipôles haute fréquence.
- [0051] Une première paire de dipôles haute fréquence 114 (dite paire supérieure) est fixée sur une partie supérieure d'un mât auxiliaire 118a, tandis qu'une deuxième paire de dipôles haute fréquence 114 (dite paire inférieure) est fixée sur une partie inférieure d'un autre mât auxiliaire 118b.
- [0052] Selon une particularité de l'invention, les centres 114c des dipôles de la paire inférieure sont décalés horizontalement à gauche des centres 112c des dipôles basse fréquence 112, tandis que les centres 114c de la paire inférieure de dipôles haute fréquence 114 sont décalés horizontalement à droite des dipôles basse fréquence 112.
- [0053] Comme illustré sur la [Fig.1], les dipôles haute fréquence 114 situés aux extrémités des mâts respectifs (dits dipôles extrémaux) ont des dimensions supérieures à celles des autres dipôles haute fréquence (dits dipôles centraux). En particulier, chaque dipôle extrémal a un pied de longueur supérieure à celle du dipôle central, de sorte pour chacune des deux paires, les bras des dipôles extrémaux et centraux ne sont pas colinéaires, i.e. que tous les bras ne sont pas alignés selon une même droite, mais sont compris dans un même plan vertical.
- [0054] Selon une particularité de l'invention, les centres 114c des dipôles haute fréquence 114 de chaque paire sont alignés verticalement, si bien que toutes les paires de centres sont alignées selon une même direction, parallèle à l'axe vertical Z.
- [0055] Ainsi, les dipôles de la paire supérieure présentent un plan de symétrie vertical dit supérieur, tandis que les dipôles de la paire inférieure présentent un plan de symétrie vertical dit inférieur. Les dipôles de la paire supérieure sont donc alignés suivant le plan vertical supérieur (non représenté), tandis que les dipôles de la paire inférieure sont alignés suivant le plan vertical inférieur π . Comme illustré, les pieds des dipôles de la paire inférieure sont compris dans le plan vertical inférieur π . Pour ne pas alourdir la [Fig.1], seul le plan vertical inférieur π a été représenté pour les dipôles 114 haute fréquence de la paire inférieure.

- [0056] Cette configuration permet de corriger les effets de bord aux extrémités du réseau haute fréquence, ce qui a pour effet d'améliorer le diagramme de rayonnement du réseau (e.g. symétrisation dans le plan azimutal, et/ou réductions de l'atténuation du rayonnement) ainsi que l'adaptation d'impédance globale du réseau en jouant sur les impédances mutuelles.
- [0057] Dans d'autres modes de réalisations, les dipôles extrémaux pourront être colinéaires avec les dipôles centraux, de manière à simplifier sensiblement la fabrication du réseau d'un point de vue mécanique notamment.
- [0058] Dans d'autres modes de réalisation, les dipôles haute fréquence 114 pourraient bien entendu être plus nombreux, par exemple en fonction du nombre de dipôles basse fréquence 112.
- [0059] Dans tous les cas, les dipôles haute fréquence 114 sont imbriqués verticalement avec les dipôles basse fréquence 112, afin de limiter la hauteur du dispositif antenne 102 tout en assurant le découplage entre les deux réseaux.
- [0060] Pour porter les dipôles 112, 114, le dispositif antenne 102 comprend en outre un support 115 auquel les dipôles 112, 114 sont fixés par leurs pieds 112b, 114b respectifs.
- [0061] Le support 115 comporte, par exemple, un mât principal vertical 116 portant les dipôles basse fréquence 112 et au moins un mât auxiliaire vertical 118a, 118b portant les dipôles haute fréquence 114. Dans l'exemple de la [Fig.1], deux mâts auxiliaires 118a, 118b sont prévus pour porter l'ensemble des dipôles haute fréquence 114 de part et d'autre du mât principal 116.
- [0062] De préférence, le ou les mâts auxiliaires 118a, 118b sont fixés au mât principal 116. Ainsi, pour déployer un service additionnel, le réseau haute fréquence 106 peut être facilement adjoint au réseau basse fréquence 104 préalablement déployé. Inversement, le mât principal 116 pourrait être fixé au(x) mât(s) auxiliaire(s) pour ajouter le réseau basse fréquence 104 au réseau haute fréquence 106 préalablement déployé.
- [0063] Par exemple, dans le cas de deux mâts auxiliaires 118a, 118b, le support comporte au moins une traverse 1180 intercalée entre les deux mâts auxiliaires 118a, 118b, chaque traverse étant rapportée et fixée au mât principal 116. Dans l'exemple illustré sur la [Fig.1], trois traverses 1180 relient horizontalement selon l'axe Y les deux mâts auxiliaires 118a, 118b à leurs extrémités. Une troisième traverse centrale (non visible sur la [Fig.1]) est disposée de préférence à équidistance des deux autres traverses 1180 de manière à renforcer le maintien des deux mâts auxiliaires 118a, 118b.
- [0064] Le support 115 est, par exemple, à structure tubulaire creuse et à section circulaire, comme illustré sur la [Fig.1]. Cependant, dans d'autres réalisations, cette section pourra bien évidemment prendre d'autres formes, telles qu'une forme carrée, rectangulaire, triangulaire, ovale ou elliptique.

- [0065] De manière générale, le support 115 est de structure multi-tubulaire dans le sens où il comprend au moins deux pièces longitudinales tubulaires (i.e. mâts) à section quelconque, de préférence arrondie, telle que circulaire ou ovale.
- [0066] Ainsi, le support 115 n'est pas un réflecteur planaire, contrairement au cas des antennes sectorielles utilisées typiquement dans les réseaux radio-mobiles dont l'ouverture azimutale à -3 dB est généralement limitée à 120° précisément en raison de la présence d'un plan réflecteur.
- [0067] Dans le cadre de la présente invention, on définit chaque réseau de dipôles comme un ensemble de dipôles interconnectés et contribuant à un même diagramme de rayonnement. Par exemple, les dipôles d'un même réseau sont tous pilotés conjointement pour former un diagramme de rayonnement du réseau. Cette définition exclut naturellement tout sous-réseau, i.e. toute partie d'un même réseau regroupant un sous-ensemble de dipôles de ce réseau.
- [0068] Par conséquent, le support 115 est conçu de sorte que, d'une part, tous les dipôles basse fréquence du réseau basse fréquence et, d'autre part, tous les dipôles haute fréquence du réseau haute fréquence contribuent respectivement à former un diagramme de rayonnement dans leur bande de fréquences respective présentant une ouverture azimutale à -3 dB d'au moins 180°, notamment avec un rayonnement vers l'arrière du support 115 selon la direction X.
- [0069] Le mât principal 116 est conçu pour être fixé verticalement par rapport au sol, directement ou bien indirectement par exemple en étant fixé à un bâtiment ou de préférence à un pylône (cas d'usage standard). Le mât principal 116 est dimensionné de manière à supporter des contraintes mécaniques imposées par la structure du système de communication.
- [0070] La [Fig.2] illustre schématiquement le dispositif antennaire 102 vue de dessus, i.e. dans le plan (X,Y) de manière à visualiser notamment l'encombrement du support 115 qui comprend le mât principal 116 et les deux mâts auxiliaires 118a, 118b.
- [0071] Le support 115 est dimensionné de manière à limiter des déformations du rayonnement des dipôles haute fréquence 114 et du rayonnement des dipôles basse fréquence 112. Ainsi, le rayonnement basse fréquence et le rayonnement haute fréquence peuvent rester quasi-constant autour de l'axe A1.
- [0072] Par exemple, le support 115 présente un encombrement E angulaire horizontal autour de l'axe A1 inférieur à 20°, de préférence égal à 15°. Dit autrement, le support 115 occulte les dipôles basse fréquence 112 d'au plus 20° horizontalement.
- [0073] Cet encombrement angulaire E présente une bissectrice A2. La direction avant-arrière X est prise selon cette bissectrice A2. Ainsi, le support 115 est situé, selon la direction X, à l'arrière des dipôles basse fréquence 112, ainsi qu'à l'arrière des dipôles haute fréquence 114.

- [0074] De manière générale, le support 115 a un encombrement suffisamment faible pour permettre à chacun des réseaux d'avoir un diagramme de rayonnement présentant une ouverture azimutale à -3 dB d'au moins 180°.
- [0075] En particulier, le support 115 a une largeur suffisamment faible pour limiter le masquage du rayonnement des dipôles. De préférence, le mât principal 116 a un diamètre D1 inférieur à 10%, de préférence 5%, de la longueur d'onde centrale de fonctionnement du réseau basse fréquence 104. De même, les mâts auxiliaires 118a, 118b ont un diamètre D2 inférieur à 10% de la longueur d'onde centrale de fonctionnement du réseau haute fréquence 106.
- [0076] Par exemple, dans le cas d'un service RNT, la longueur d'onde centrale de fonctionnement du réseau haute fréquence (i.e. correspondant à une fréquence centrale de 200 MHz) est inférieure à 1,5 m, si bien que le diamètre de chacun des mâts auxiliaires 118a, 118b est inférieur à 15 cm. Dans le cas d'un service FM, la longueur d'onde de fonctionnement du réseau basse fréquence (i.e. correspondant à une fréquence centrale de 100 MHz) est inférieure à 3 m, si bien que le diamètre du mât principal 116 est inférieur à 30 cm. Ainsi, le support 115 a une largeur L définissant l'encombrement du support selon la direction Y environ égale à la somme du diamètre D1 du mât principal 116 et des diamètres D2 des mâts auxiliaires 118a, 118b, soit $D1 + 2 \times D2 = 30 + 2 \times 15 = 60$ cm, en supposant que les mâts auxiliaires ont le même diamètre D2.
- [0077] Dans l'exemple de la [Fig.2], les trois mâts sont agencés de sorte que la largeur L du support 115 correspond à la somme des diamètres des trois mâts. Selon une variante de réalisation non illustrée, les deux mâts auxiliaires 118a, 118b, sont rapprochés l'un de l'autre selon la direction Y, de sorte que la distance qui les sépare est inférieure au diamètre D1 du mât principal. Dans ce cas, l'encombrement du support est inférieur à la somme des diamètres des trois mâts. Un tel agencement permet d'augmenter l'ouverture azimutale de chacun des réseaux de dipôles en favorisant notamment un rayonnement à l'arrière du support, ce qui n'est pas le cas des antennes à réflecteur planaire de l'art antérieur.
- [0078] En référence à la [Fig.3], le positionnement relatif des dipôles 112, 114 des deux réseaux 104, 106 du dispositif antennaire 102 va à présent être décrit plus en détail.
- [0079] Sur cette figure, les centres 112c des dipôles basse fréquence 112 sont représentés par des étoiles *, tandis que les centres 114c des dipôles haute fréquence 114 sont représentés par des croix +. Cette nomenclature s'applique également aux figures 21 à 25 qui seront décrites ultérieurement.
- [0080] Comme expliqué précédemment, les dipôles basse fréquence 112 sont alignés verticalement selon l'axe vertical A1. Ceux-ci sont espacés régulièrement d'une distance d1 correspondant au pas du réseau basse fréquence. La valeur de cette distance d1 pourra être ajustée de manière à limiter ou supprimer la présence de lobes secondaires dans un

plan vertical du diagramme de rayonnement du réseau basse fréquence. Par exemple, dans le cas où la fréquence basse est égale 100 MHz, la distance d_1 est ajustée de sorte que $d_1 = 0,72 \cdot \lambda$, où λ désigne la longueur d'onde associée à la fréquence de fonctionnement du réseau basse fréquence. De manière générale et sans autres contraintes, le pas d_1 du réseau basse fréquence est compris entre $0,7 \cdot \lambda$ et $0,8 \cdot \lambda$ de manière à maximiser le rayonnement dans toutes les directions contenues dans un plan horizontal, et plus généralement entre $0,5 \cdot \lambda$ et λ .

- [0081] De leur côté, les dipôles haute fréquence 114 sont agencés sur les mâts auxiliaires 118a, 118b, de sorte que chaque dipôle basse fréquence 112 soit positionné verticalement entre une paire P1, P2 respective de dipôles haute fréquence 114.
- [0082] Par exemple, les dipôles haute fréquence 114 se répartissent en paires distinctes P1, P2 respectivement associées aux dipôles basse fréquence 112. L'expression « paires distinctes » signifie qu'un même dipôle haute fréquence 114 n'appartient qu'à une seule paire P1, P2.
- [0083] Les deux dipôles haute fréquence 114 de chaque paire P1, P2 encadrent verticalement le dipôle basse fréquence 112 associé. Par exemple, chaque dipôle basse fréquence 112 est positionné verticalement au milieu des dipôles haute fréquence 114 de la paire P1, P2 associée. Cela signifie que, selon l'axe A1, chaque dipôle basse fréquence 112 est verticalement équidistant d'une même hauteur h des deux dipôles haute fréquence 114 de la paire P1, P2 associée.
- [0084] De préférence, les dipôles haute fréquence 114 de chaque paire P1, P2 sont alignés verticalement.
- [0085] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.3], pour chaque paire P1, P2, les dipôles haute fréquence 114 sont espacés d'un même pas d_2 . Le dipôle bas de la paire P1 est espacé du dipôle supérieur de la paire P2 d'une distance inter-paire d_{12} . La distance inter-paire d_{12} pourra être ajustée de manière à modifier la forme du diagramme de rayonnement du réseau haute fréquence. En particulier, la distance inter-paire d_{12} peut être égale au pas d_2 du réseau haute fréquence, si bien que $d_{12} = d_2$, de manière à simplifier la fabrication du réseau.
- [0086] En outre, de préférence, au moins une paire de dipôles haute fréquence 114 est décalée horizontalement (i.e. relativement à la direction Y) à droite du plan (A1, A2) comprenant les dipôles basse fréquence 112 et au moins une paire est décalée horizontalement à gauche du plan (A1, A2). De cette manière, les dipôles haute fréquence 114 sont répartis de part et d'autre des dipôles basse fréquence 112.
- [0087] Ce décalage à droite et à gauche simplifie l'ajout des dipôles haute fréquence 114, puisqu'il est possible de fixer chaque paire P1 de dipôles haute fréquence 114 décalée à gauche sur le mât auxiliaire 118a, et chaque paire P2 décalée à droite est fixée sur l'autre mât auxiliaire 118b.

- [0088] En outre, grâce à ce décalage à droite et à gauche, la déformation du diagramme de rayonnement des dipôles basse fréquence 112 introduite par la (ou les) paire(s) de dipôles haute fréquence 114 à droite est compensée au moins en partie par la (ou les) paire(s) de dipôle haute fréquence 114 à gauche, et inversement.
- [0089] De préférence, les paires de dipôles haute fréquence 114 sont réparties de manière équilibrée à droite et à gauche, si bien que chacun des mâts auxiliaire 118a, 118b dispose d'un même nombre de paires de dipôles. Autrement dit, il y en a autant de dipôles haute fréquence à droite qu'à gauche des dipôles basse fréquence (à une paire près lorsque le nombre de dipôles basse fréquence 112 est impair). Cela améliore la compensation de la déformation du diagramme de rayonnement des dipôles basse fréquence 112.
- [0090] De préférence encore, les paires P1, P2 de dipôles haute fréquence 114 sont alternativement décalées à droite et à gauche. Cela améliore également la compensation de la déformation du diagramme de rayonnement des dipôles basse fréquence 112.
- [0091] Toujours pour améliorer cette compensation, le décalage à droite et à gauche est, de préférence, le même et noté par la référence « e » sur la [Fig.3]. Plus précisément, la première paire P1 est décalée horizontalement (i.e. selon l'axe Y), d'une distance e à gauche des dipôles basse fréquence 112, tandis que la deuxième paire P2 est décalée horizontalement, selon l'axe Y, de la même distance e mais à droite des dipôles basse fréquence 112.
- [0092] Dans d'autres réalisations (non représentées), le décalage des paires pourra être différent à droite et à gauche des dipôles basse fréquence 112.
- [0093] En référence à la [Fig.4] illustrant une vue en coupe transversale selon le plan (A1, A2) du réseau basse fréquence 104, le dispositif antenne 102 comporte une connexion électrique 119, dite basse fréquence, depuis l'émetteur/récepteur 108 jusqu'aux dipôles basse fréquence 112.
- [0094] Cette connexion électrique basse fréquence 119 comporte, par exemple, une connexion électrique externe 121 connectant l'émetteur/récepteur 108 au support 115. Cette connexion électrique externe 121 est, par exemple, un câble coaxial.
- [0095] La connexion électrique basse fréquence 119 comporte en outre, porté par le support 115, un connecteur d'entrée/sortie 120, dit basse fréquence, auquel la connexion électrique externe 121 est conçue pour être branchée. En particulier, le connecteur basse fréquence 120 est porté par le mât principal 116. De préférence, le connecteur basse fréquence 120 est un connecteur coaxial.
- [0096] La connexion électrique basse fréquence 119 comprend en outre, dans le support 115, pour chaque dipôle basse fréquence 112, un conducteur électrique intérieur 122a, 122b reliant électriquement le connecteur basse fréquence 120 au dipôle basse fréquence 112 considéré. Chaque conducteur électrique intérieur est relié au

connecteur basse fréquence 120 au niveau d'un point de bifurcation C. En particulier, le conducteur intérieur 122a, 122b court, depuis le connecteur basse fréquence 120, à l'intérieur du mât principal 116 puis à l'intérieur du pied 112b du dipôle basse fréquence 112 considéré, pour atteindre l'un de ses bras 112a. Dans le cas où le pied 112b est double, le conducteur intérieur 120 court dans l'un de ses tubes.

- [0097] Le bras 112a atteint par le conducteur intérieur 122a, 122b est celui pointant vers le bas dans l'exemple de la [Fig.4].
- [0098] L'autre bras 112a peut être connecté au conducteur électrique intérieur 122a, 122b par une section conductrice 124 passant dans l'interstice entre les bras 112a.
- [0099] De manière alternative, la section conductrice 124 n'est pas reliée électriquement au bras 112a pointant vers le bas mais couplée capacitivement à ce dernier au travers de l'interstice entre les deux bras 112a du dipôle basse fréquence 112.
- [0100] Le conducteur électrique intérieur 122a peut comprendre plusieurs jonctions électriques mises bout à bout comme illustré sur la [Fig.4].
- [0101] Chaque conducteur intérieur 122a, 122b peut présenter une section variable sur sa longueur, comme illustré sur la [Fig.4]. Ainsi, la dimension de cette section peut être ajustée localement pour effectuer des transformations d'impédance appropriées, de manière à adapter au mieux l'impédance du réseau basse fréquence 104 à celle du connecteur 120 et ainsi éviter des pertes par désadaptation d'impédance.
- [0102] Par ailleurs, le mât principal 116 et le pied 112b de chaque dipôle basse fréquence 112 sont en contact électrique l'un avec l'autre et servent ainsi de ligne de retour pour relier tous les dipôles basse fréquence 112 à un même potentiel de référence, par exemple une masse commune ou la terre. Le mât principal 116 et le pied 112b entourant le conducteur intérieur 122a, 122b forment ainsi une liaison coaxiale.
- [0103] L'utilisation du mât principal 116 et de chaque pied 112b comme ligne de retour présente plusieurs avantages.
- [0104] D'une part, elle contribue à rendre le dispositif antenne 102 symétrique d'un point de vue électrique, si bien qu'il engendre peu de déséquilibre des courants électriques circulant à l'intérieur du mât principal 116 et sur les bras 112a des dipôles basse fréquence 112 (en émission ou en réception). En particulier, l'utilisation du mât principal 116 comme ligne de retour permet de s'affranchir d'utiliser des câbles coaxiaux à l'extérieur du mât qui auraient pour effet d'augmenter la section équivalente des conducteurs faisant ainsi obstacle au rayonnement à l'arrière du mât.
- [0105] D'autre part, elle facilite l'adaptation d'impédance du réseau basse fréquence 104 en adéquation avec l'impédance caractéristique de la ligne coaxiale 121 (généralement de l'ordre de 50 Ω) lorsque celle-ci est reliée au connecteur basse fréquence 120.
- [0106] Par ailleurs, le support 115 comprend, par exemple, une pluralité de dispositifs de découplage 126 configurés pour limiter des perturbations produites par le réseau haute

fréquence 106, par exemple par des phénomènes d'intermodulation, sur le réseau basse fréquence 104.

- [0107] Ces dispositifs de découplage 126 sont fixés au support 115, par exemple au mât principal 116. Chaque dispositif de découplage est, par exemple, associé à l'un des dipôles basse fréquence 112 et connecté électriquement au conducteur interne 122a, 122b de ce dipôle basse fréquence 112. Dans l'exemple illustré, deux dispositifs de découplage 126 sont associés à chaque dipôle basse fréquence 112. Toutefois, le nombre de dispositifs de découplage 126 associé à chaque dipôle basse fréquence pourrait être différent, par exemple compris entre 1 et 4.
- [0108] De préférence, les dispositifs de découplage 126 sont des filtres réjecteurs comportant, par exemple, une ligne coaxiale ouverte coudée. La ligne coaxiale coudée 126 comprend un conducteur extérieur 126b et un conducteur intérieur 126a s'étendant à l'intérieur du conducteur extérieur 126b et isolé électriquement de ce dernier. Dans le présent exemple, l'isolation électrique est assurée par de l'air. Toutefois, dans d'autres réalisations, l'air pourra être remplacé par toute autre matière diélectrique présentant de faibles pertes diélectriques, c'est-à-dire une tangente diélectrique $\tan(\epsilon''/\epsilon')$ inférieure ou égale à 0.001, où ϵ'' et ϵ' représentent respectivement la partie imaginaire et la partie réelle de la permittivité électrique.
- [0109] Le conducteur intérieur 126a est en contact avec la ligne conductrice intérieure 122a, 122b. Comme illustré, la ligne coaxiale ouverte coudée est en forme de L et présente une partie longitudinale de longueur L_{1z} qui s'étend parallèlement au mât principal 116 selon l'axe Z et une partie transverse de longueur L_{1x} qui s'étend perpendiculairement au mât principal 116 selon la direction X. Ainsi, chaque ligne coaxiale ouverte coudée a une longueur développée L_1 égale à la somme des longueurs des parties longitudinale et transverse, soit $L_1 = L_{1z} + L_{1x}$.
- [0110] De préférence, la longueur développée L_1 de chaque ligne ouverte coudée est comprise entre $\lambda_g/6$ et $\lambda_g/3$, où λ_g est la longueur d'onde guidée correspondant à la fréquence centrale de fonctionnement du réseau haute fréquence 106. Par fréquence centrale, on comprendra qu'il s'agit de la fréquence médiane de la bande de fréquence du service radio fourni par le réseau haute fréquence, telle que définie précédemment.
- [0111] Dans d'autres réalisations (non décrites), d'autres dispositifs de découplage pourront être considérés, tels qu'une ligne coaxiale ouverte sans conducteur ou tout autre dispositif équivalent.
- [0112] Dans l'exemple de la [Fig.4], quatre filtres réjecteurs 126 sont distribués le long du mât principal 116 de manière à former deux paires, chaque paire étant située au niveau d'un dipôle respectif. Les filtres réjecteurs 126 sont montés deux à deux en tête-bêche (ou dos-à-dos). D'autres orientations des coudes des filtres réjecteurs pourront également être envisagées sachant que l'orientation relative des coudes des filtres ré-

jecteurs n'a pas d'influence significative sur les performances de découplage.

- [0113] Par exemple, les filtres d'une paire de filtres réjecteurs 126 sont verticalement distants l'un de l'autre d'une distance de séparation $L4$ entre deux filtres d'une même paire dite intra-paire, cette dernière étant inférieure à trois fois la longueur d'onde guidée λ_g , i.e. $L4 < 3 \times \lambda_g$.
- [0114] Le positionnement des filtres réjecteurs 126 par rapport aux dipôles basse fréquence 112 pourra être ajusté de manière à limiter au maximum leur interaction avec les dipôles basse fréquence 112. À cet effet, les filtres réjecteurs 126 sont disposés, par exemple, deux à deux au niveau du pied des dipôles respectifs, c'est-à-dire à l'opposé des bras des dipôles basse fréquence 112. De manière générale, la position des dispositifs de découplage 126 pourra être optimisée de sorte qu'ils perturbent le moins possible le réseau basse fréquence, autrement dit qu'ils ne déforment le moins possible le diagramme de rayonnement du réseau basse fréquence.
- [0115] Selon une variante de réalisation (non représentée), les filtres réjecteurs situés aux extrémités du mât principal 116 pourraient être insérés à l'intérieur du mât 116.
- [0116] La longueur développée $L1$ et la longueur de séparation intra-paire $L4$ pourront être ajustées de manière à prendre en compte l'espacement fréquentiel inter-réseaux et leur bande passante respective, en rejetant au mieux la bande de fréquence associée à l'autre réseau, en facilitant ou du moins en ne dégradant pas l'adaptation d'impédance du réseau sur lequel ils sont installés et en permettant d'atteindre les tenues en puissance moyenne et crête nécessaires selon l'usage considéré.
- [0117] De préférence, le conducteur extérieur 126b est légèrement plus long selon la direction Z que le conducteur intérieur 126a. Cette différence de longueur $L4$ permet de limiter un rayonnement du conducteur intérieur 126a au bout de la ligne ouverte. Elle peut également permettre de réduire une interaction éventuelle avec un bouchon métallique situé en extrémité.
- [0118] Les conducteurs intérieur 126a et extérieur 126b ont des diamètres respectifs qui pourront être ajustés de manière à obtenir une impédance de la ligne coaxiale ouverte coudée 126 comprise entre 10 et 200 Ω et supporter des puissances électriques moyenne et maximale (crête) requises pour la réception et/ou l'émission.
- [0119] De préférence, les dispositifs de découplage 126 sont tous identiques et positionnés le long du mât principal 116, de sorte qu'ils forment un ensemble symétrique par rapport au centre C de la ligne coaxiale 122, ce centre C correspondant à l'endroit où les lignes conductrices intérieures 122a, 122b se rejoignent de manière à être reliées au connecteur 120. De préférence, le centre C de la ligne coaxiale 122 se trouve au niveau du connecteur 120. En pratique, on considérera que les dispositifs de découplage 126 sont identiques dans la mesure où ils présentent une même structure avec des dimensions, telles que la longueur, quasiment égales, c'est-à-dire variant d'environ +/-

10% autour d'une valeur médiane.

- [0120] En référence à la [Fig.5] illustrant une vue schématique en trois dimensions du réseau haute fréquence 106, le dispositif antenne 102 comporte une connexion électrique 127, dite haute fréquence, depuis l'émetteur/récepteur 110 jusqu'aux dipôles haute fréquence 114.
- [0121] Cette connexion électrique haute fréquence 127 représentée en traits pointillés simples, comporte par exemple une connexion électrique externe 125 connectant l'émetteur/récepteur 110 au support 115. Cette connexion électrique externe 125 est par exemple un câble coaxial.
- [0122] La connexion électrique haute fréquence 127 comporte en outre, porté par le support 115, un connecteur d'entrée/sortie 128, dit haute fréquence, auquel la connexion électrique externe 125 est conçue pour être branchée. En particulier, le connecteur haute fréquence 128 est porté par l'un des mâts auxiliaires 118a, 118b. De préférence, le connecteur haute fréquence 128 est un connecteur coaxial.
- [0123] Le réseau haute fréquence 106 comprend en outre une ligne coaxiale 130 configurée pour relier préférentiellement en parallèle l'ensemble des dipôles haute fréquence 114 du réseau au connecteur haute fréquence 128. Ainsi, à partir du connecteur haute fréquence 128, la ligne coaxiale 130 se sépare en deux branches distinctes 103c, 130'c qui se séparent elles-mêmes en deux sous-branches {130a, 130b}, {130'a, 130'b} respectivement, comme illustré sur la [Fig.5]. Une connexion en parallèle confère au réseau une bande passante étendue par rapport à une connexion série selon laquelle tous les dipôles sont reliés en série classiquement les uns à la suite des autres sans embranchement le long de la ligne.
- [0124] Dans des variantes de réalisation (non illustrées), la connexion coaxiale pourra être série ou mixte, au sens où elle combine une architecture série et une architecture parallèle, en fonction de l'application visée.
- [0125] Comme pour la ligne coaxiale du réseau basse fréquence, la ligne coaxiale 130 du réseau haute fréquence 106 comprend une partie conductrice intérieure et une partie conductrice extérieure entourant la partie conductrice intérieure. Les parties conductrices intérieure et extérieure sont électriquement conductrices mais isolées électriquement l'une de l'autre par de l'air ou bien tout autre matière diélectrique.
- [0126] La partie conductrice intérieure de la ligne coaxiale est un conducteur électrique filiforme courant à l'intérieur des mâts auxiliaires 118a, 118b et à l'intérieur des pieds des dipôles respectifs pour relier l'un des bras 114a de chacun des dipôles au connecteur haute fréquence 128. Le conducteur électrique filiforme comprend une ou plusieurs sections 130a, 130b, 130c, 130'a, 130'b, 130'c. Chaque section peut elle-même présenter des sous-sections d'impédances différentes.
- [0127] Dans l'exemple illustré, les deux dipôles fixés sur une partie supérieure du mât

auxiliaire 118a sont reliés au connecteur 128 par l'intermédiaire des sections 130a, 130b, 130c. Les deux dipôles fixés sur une partie inférieure de l'autre mât auxiliaire 118b sont reliés au connecteur 128 par l'intermédiaire des sections 130'a, 130'b, 130'c. La section 130'c comprend une partie courant à l'intérieur d'une traverse creuse 132 reliant les deux mâts auxiliaires 118a, 118b.

- [0128] Compte tenu que la section 130'c courant à l'intérieur de la traverse 132 a une longueur h_y , le connecteur haute fréquence 128 est positionné verticalement à une distance h_{z1} d'une paire de dipôles haute fréquence et à une distance h_{z2} de l'autre paire de dipôles haute fréquence, de sorte que chacun des dipôles haute fréquence soit relié au connecteur haute fréquence 128 selon un chemin électrique de même longueur, soit $h_{z1} = h_{z2} + h_y$, si bien que les courants circulant à l'intérieur des lignes sont équilibrés entre les dipôles haute fréquence 114.
- [0129] La partie conductrice extérieure de la ligne coaxiale comprend les mâts auxiliaires 118a, 118b et les pieds 114b des dipôles haute fréquence 114. La partie conductrice extérieure ainsi formée sert de ligne de retour pour les courants de la ligne coaxiale, si bien que tous les dipôles du réseau haute fréquence 114 sont reliés à un même potentiel de référence. Le potentiel de référence peut être obtenu en reliant chaque mât auxiliaire 118a, 118b à un élément de masse commune ou à la terre. En portant tous les dipôles basse fréquence 112 et haute fréquence 114 à un même potentiel de référence, les diagrammes de rayonnement des réseaux basse fréquence 104 et haute fréquence 106 sont stabilisés.
- [0130] De préférence, le pied de chaque dipôle a une longueur environ égale à un quart de la longueur d'onde associée à la fréquence de fonctionnement du réseau auquel il appartient. Cette longueur particulière présente plusieurs avantages.
- [0131] D'une part, elle contribue à rendre le système antennaire plus symétrique du point de la distribution des courants électriques à travers la ligne coaxiale reliant chacun des dipôles d'un même réseau, notamment en assurant une interfaçage homogène entre la ligne coaxiale pouvant être plus ou moins dissymétrique et la structure symétrique du dipôle.
- [0132] D'autre part, elle permet d'éviter une déformation excessive du diagramme de rayonnement azimutal du réseau de dipôles pouvant résulter d'une interaction des dipôles avec leur mât support. Par exemple, une longueur du pied trop grande aura pour effet un écrasement du diagramme de rayonnement azimutal jusqu'à rendre le diagramme bidirectionnel.
- [0133] Comme illustré à [Fig.6], le réseau haute fréquence comprend un dispositif de liaison 129 configuré pour relier les deux mâts auxiliaires 118a, 118b portant les dipôles haute fréquence 116. Ce dispositif de liaison 129 comprend une pièce tubulaire creuse longitudinale 129a s'étendant verticalement, en particulier le long d'une partie d'un 118 des

deux mâts. Le dispositif de liaison 129 comprend en outre au moins une traverse creuse 129b, reliant transversalement les deux mâts 118a, 118b entre eux.

- [0134] De préférence, la pièce tubulaire 129a est fixée sur le mât 118a comme illustré sur le schéma de droite noté b). Selon une variante de réalisation telle qu'illustrée sur le schéma de gauche noté a), une traverse supplémentaire 129b' est disposée sur la pièce tubulaire 129a de sorte que celle-ci soit en outre fixée à l'autre mât par l'intermédiaire de cette travers supplémentaire.
- [0135] Dans son ensemble, le dispositif de liaison 129 est creux de manière à fournir un chemin de passage aux lignes coaxiales pour relier les dipôles haute fréquence 114 au connecteur 128.
- [0136] Le réseau haute fréquence 106 va à présent être décrit en référence à la [Fig.7] qui illustre une vue en coupe latérale selon le plan (X,Z) de la [Fig.5], plus précisément selon la ligne de coupe identifiée par « A ».
- [0137] Sur la partie gauche de la [Fig.7] est représentée de façon agrandie la paire supérieure de dipôles haute fréquence 114 portée par le mât auxiliaire 118a.
- [0138] Comme décrit précédemment en référence à la [Fig.5], les dipôles haute fréquence de la paire supérieure sont reliés électriquement au connecteur haute fréquence 128 via la ligne coaxiale 130.
- [0139] Comme illustré sur la [Fig.7], la partie intérieure de la ligne coaxiale 130 comprend plusieurs sections 130a, 130b. Ces sections sont de tailles différentes (i.e. diamètre, longueur) et présentent des impédances différentes.
- [0140] Les dipôles de la paire supérieure appartiennent à un même plan vertical noté π_1 comprenant le mât auxiliaire 118a, tandis que les dipôles de la paire inférieure appartiennent à un même autre plan vertical π_2 comprenant le mât auxiliaire 118b caché derrière le mât auxiliaire 118a selon le plan de la [Fig.7]. Ainsi, les dipôles haute fréquence de chaque paire sont alignés verticalement.
- [0141] Dans le cas où le réseau haute fréquence comprend plusieurs paires supérieures (au lieu d'une seule paire comme représentée sur la [Fig.7]), tous les dipôles de ces paires appartiennent au même plan vertical π_1 , si bien que les dipôles disposés sur le mât auxiliaire 118a sont tous alignés verticalement.
- [0142] De même, si le réseau haute fréquence comprend plusieurs paires inférieures (au lieu d'une seule paire comme représentée sur la [Fig.7]), celles-ci appartiennent au même plan vertical π_2 , si bien que les dipôles disposés sur le mât auxiliaire 118b sont tous alignés verticalement.
- [0143] De manière générale, on considérera que des dipôles sont alignés verticalement s'ils appartiennent à un même plan vertical (i.e. comprenant la direction Z).
- [0144] Comme décrit précédemment, pour chacune des deux paires de dipôles, les dipôles extrémaux sont de taille supérieure à celles des dipôles centraux. Par exemple, le

dipôle extrémal a un pied de longueur H1 supérieure à celle H2 du pied du dipôle central. Le dipôle extrémal a une section de diamètre supérieur à celui de la section du dipôle central.

- [0145] En référence à la [Fig.8], le dispositif de liaison 129 présenté à la [Fig.6] va être à présent décrit plus en détails.
- [0146] Avantagement, le dispositif de liaison 129 est configuré pour rejeter la bande de fréquences dans laquelle opère le réseau basse fréquence 104. À cet effet, le dispositif de liaison 129 comprend un dispositif de découplage 136 pour découpler les dipôles haute fréquence des dipôles basse fréquence, de sorte que les dipôles haute fréquence ne soient pas perturbés par la présence des dipôles basse fréquence. Le dispositif de découplage 136 est relié à la ligne coaxiale 130'c courant entre les deux mâts auxiliaires 118a, 118b. Il est fixé le long de la partie tubulaire 129a du dispositif de liaison 129.
- [0147] Le dispositif de découplage 136 comprend deux filtres réjecteurs 136a, 136b configurés pour rejeter des basses fréquences. Chaque filtre réjecteur comprend une paire de lignes coaxiales coudées ouvertes 138 disposées en tête-bêche de part et d'autre de la partie tubulaire 129a à proximité d'une traverse 129b.
- [0148] Chaque filtre réjecteur est associé à une paire de dipôles haute fréquence. Toutefois, dans d'autres réalisations (non représentées), on pourra associer plusieurs paires de filtres réjecteur à chaque paire de dipôles haute fréquence, le nombre de filtres pourra varier entre 1 et 3 typiquement.
- [0149] Comme décrit précédemment pour le réseau basse fréquence, chaque ligne coaxiale ouverte coudée 138 comprend un conducteur intérieur en contact avec la ligne coaxiale 130'c courant à l'intérieur de la partie tubulaire 129a utilisée pour relier les dipôles haute fréquence. Chaque ligne coaxiale ouverte coudée 138 a une longueur développée comprise entre $\lambda'_g/6$ et $\lambda'_g/3$, où λ'_g désigne une longueur d'onde guidée correspondant à la fréquence centrale de fonctionnement du réseau haute fréquence.
- [0150] Comme décrit précédemment pour le réseau basse fréquence, le conducteur extérieur de ces lignes coaxiales coudées 138 est, de préférence, légèrement rallongé par rapport au conducteur intérieur, de manière à limiter le rayonnement en bout de ligne ouverte ou une interaction éventuelle avec un bouchon métallique situé en extrémité. Le rapport des diamètres des conducteurs intérieur et extérieur constituant lesdites lignes coaxiales coudées ouvertes peut être avantageusement ajusté pour obtenir une impédance entre 10 et 200 Ω et permettre les tenues en puissance moyenne et crête désirée en fonction de l'usage considéré. Le diélectrique présent entre les conducteurs intérieurs et extérieurs pourra être de l'air ou toute matière diélectrique présentant une tangente de perte faible.
- [0151] Les résultats de performances de transmission du dispositif antennaire 102 selon le premier mode de réalisation décrit précédemment en référence aux figures 1, 3-8 vont

maintenant être présentés en référence aux figures 9 à 13.

- [0152] La [Fig.9] illustre un diagramme de rayonnement azimutal du réseau basse fréquence 104 obtenu pour trois fréquences de fonctionnement distinctes (88 MHz, 98 MHz, 108 MHz) sélectionnées dans une bande de fréquences d'un service de radiodiffusion FM.
- [0153] Sur cette figure est représenté le diagramme de rayonnement normalisé à 0 dB du réseau basse fréquence exprimé en dB dans le plan azimutal (X,Y) en fonction d'un angle azimutal ϕ exprimé en degrés.
- [0154] Ce diagramme montre que le rayonnement du réseau basse fréquence 104 est symétrique bien que non parfaitement isotrope (i.e. quasi/pseudo-omnidirectionnel) avec un gain moins élevé à l'arrière ($\phi = 0^\circ$) du réseau qu'à l'avant ($\phi = 180^\circ$). Le gain est quasiment constant à environ -2 dB près, sur la partie avant du réseau, c'est-à-dire pour un angle azimutal ϕ compris entre -180° et -90° et entre 90° et 180° . A l'arrière du réseau basse fréquence 104, l'atténuation varie entre 2 dB et 6 dB en fonction de l'angle azimutal ϕ , i.e. pour $-90^\circ < \phi < 0^\circ$ et $-0^\circ < \phi < 90^\circ$.
- [0155] Un tel rayonnement montre que le réseau basse fréquence présente une ouverture azimutale à -3dB au moins égale à 180° . Ces résultats restent globalement valables pour les trois fréquences FM testées.
- [0156] La [Fig.10] illustre un diagramme de rayonnement en élévation du réseau basse fréquence 104 obtenu dans les mêmes conditions que pour la [Fig.9].
- [0157] Sur cette figure est représenté le diagramme de rayonnement normalisé exprimé en dB dans le plan vertical (X,Y) en fonction de l'angle d'élévation θ exprimé en degrés.
- [0158] Ce diagramme montre la présence de quelques lobes secondaires mais ceux-ci restent globalement négligeables, de sorte que l'essentiel de l'énergie est rayonné dans une dimension horizontale, i.e. pour $-120^\circ < \theta < -60^\circ$ (à l'avant du réseau) et $60^\circ < \theta < 120^\circ$ (à l'arrière du réseau).
- [0159] La [Fig.11] illustre un diagramme de rayonnement azimutal du réseau haute fréquence 106 obtenu pour trois fréquences de fonctionnement distinctes (174 MHz, 200 MHz, 225 MHz) sélectionnées dans une bande de fréquences d'un service RNT.
- [0160] Un tel rayonnement montre que le réseau haute fréquence 106 présente une ouverture azimutale à -3dB d'au moins 180° à l'avant du réseau (i.e. pour $-180^\circ < \phi < -90^\circ$ et $90^\circ < \phi < 180^\circ$). Le gain à l'arrière de l'antenne est d'autant plus réduit que la fréquence de fonctionnement est élevée.
- [0161] La [Fig.12] illustre un diagramme de rayonnement en élévation du réseau haute fréquence 106 obtenu dans les mêmes conditions que pour la [Fig.11].
- [0162] Au vu de ce diagramme, on constate que malgré la présence de deux lobes secondaires, de part et d'autre du plan horizontal, le réseau haute fréquence 106 rayonne essentiellement vers l'avant ($\theta = -90^\circ$) et vers l'arrière ($\theta = 90^\circ$) dans une moindre mesure.

- [0163] En référence à la [Fig.13], les résultats de découplage en transmission entre le réseau basse fréquence 104 et le réseau haute fréquence 106 vont être à présent décrits.
- [0164] Le diagramme de la [Fig.13] illustre l'amplitude du paramètre S en transmission notée S12 et exprimée en dB, en fonction de la fréquence de fonctionnement exprimée en MHz pour le dispositif antenne 102 opérant dans une bande de fréquences d'un service FM (88-108 MHz) et dans une bande de fréquences d'un service RNT (174-225 MHz), ces bandes correspondant à celles déjà utilisées pour produire les diagrammes de rayonnement décrits précédemment en référence aux figures 9-12.
- [0165] Sur la [Fig.13], la courbe représentée en trait continu représente le paramètre S12 dans le cas où le dispositif antenne 102 comprend les dispositifs de découplage 126, 136, tels que décrits en référence aux figures 4, 7, 8 respectivement sur le réseau basse fréquence 104 et sur le réseau haute fréquence 106. En comparaison, la courbe en trait pointillé représente le paramètre S12 en l'absence des dispositifs de découplage 126, 136 respectivement sur le réseau basse fréquence et sur le réseau haute fréquence.
- [0166] Ces résultats montrent que pour la bande RNT comprise entre 174 et 225 MHz, une isolation maximale additionnelle d'environ 40 dB est obtenue grâce aux dispositifs de découplage 126, 136.
- [0167] Ainsi, l'utilisation des filtres réjecteurs 126 du réseau basse fréquence 104 permet de réduire très fortement (i.e. réduction maximale d'environ 40 dB), la quantité d'ondes radio transférées du réseau basse fréquence 104 vers le réseau haute fréquence 106 dans la bande de fréquences de fonctionnement du réseau haute fréquence 106.
- [0168] De même, en comparant les deux courbes dans le domaine FM (88-108 MHz), il apparaît clairement que l'utilisation des filtres réjecteurs 136 du réseau haute fréquence 106 permet de réduire dans une moindre mesure (i.e. réduction maximale d'environ 10 dB), la quantité d'ondes radio transférées du réseau haute fréquence 106 vers le réseau basse fréquence 104 dans la bande de fréquences de fonctionnement du réseau basse fréquence 104.
- [0169] La [Fig.14] illustre une variante de réalisation du réseau basse fréquence 104 décrit en référence à la [Fig.4], selon laquelle le dispositif de découplage 126 du réseau basse fréquence 104 est remplacé par un filtre passe-bas coaxial 140 configuré pour rejeter les fréquences du réseau haute fréquence 106.
- [0170] Le connecteur d'entrée/sortie 120 du réseau basse fréquence 104 est déplacé à l'extrémité du filtre passe-bas coaxial 140. Toutefois, il pourra être laissé à sa place initiale dans l'éventualité où le filtre passe-bas coaxial serait lui-même muni de ses propres connecteurs coaxiaux d'entrée et de sortie.
- [0171] De préférence, le filtre passe-bas coaxial 140 comprend une alternance de tronçons coaxiaux de forte et faible impédance, notés respectivement 141.k et 142.k-1, où k est un entier naturel variant préférentiellement de 2 à 6. Dans l'exemple illustré, le filtre

- passe-bas coaxial 140 comprend quatre tronçons de forte impédance 141.1, 141.2, 141.3, 141.4 et trois tronçons de faible impédance 142.1, 142.2, 142.3.
- [0172] Les tronçons coaxiaux seront dimensionnés de sorte que leur impédance varie préférentiellement entre 10 et 200 Ω et en adéquation avec les tenues en puissance moyenne et crête à supporter dans le cadre de l'exploitation de l'invention.
- [0173] De même, l'ordre du filtre 140 ainsi constitué sera ajusté pour atteindre le niveau de réjection désiré. Par définition, l'ordre du filtre correspond au nombre de pôles le constituant et dans le cas présent, chaque tronçon correspond à un pôle.
- [0174] La longueur des tronçons coaxiaux sera préférentiellement comprise entre $\lambda_g/20$ et $\lambda_g/5$, où λ_g représente la longueur d'onde guidée associée à la fréquence centrale de fonctionnement du réseau haute fréquence 106.
- [0175] Les éléments coaxiaux (tronçons) seront préférentiellement maintenus en position par des éléments diélectriques continus ou discontinus, par exemple du polytétrafluoroéthylène, et dont la permittivité relative sera préférentiellement inférieure à 3 et la tangente de perte préférentiellement inférieure à 0,001.
- [0176] Une variante de réalisation du réseau haute fréquence va à présent être décrite en référence aux figures 15 et 16. Cette variante est désignée par la référence 206.
- [0177] Selon une particularité de cette variante, les dispositifs de découplage 126 du réseau haute fréquence sont en partie intégrés et la ligne coaxiale 127 dans les mâts auxiliaires 118a, 118b permettant de placer le connecteur d'entrée/sortie à équidistance et symétriquement par rapport au support 116 du réseau basse fréquence.
- [0178] La [Fig.15] illustre une vue en coupe dans le plan (X,Z) du réseau haute fréquence selon cette variante de réalisation qui va porter la référence 206.
- [0179] Comme décrit précédemment, les dipôles haute fréquence 214 sont reliés à l'entrée/sortie du réseau haute fréquence par une ligne coaxiale 230 comprenant plusieurs jonctions 130a, 130b, 130c pour alimenter la paire de dipôle supérieure et plusieurs jonctions 130'a, 130'b, 130'c pour alimenter la paire de dipôles inférieure. Toutefois à la différence de ce qui a été précédemment décrit en référence à la [Fig.6], les deux mâts auxiliaires 118a, 118b ne sont pas reliés au moyen d'une pièce tubulaire 129a mais grâce à trois traverses tubulaires creuses 249a, 249b, 249c, s'étendant selon la direction Y et à travers lesquels courent les tronçons transverses 130c, 130c'. Ces traverses tubulaires 249a, 249b, 249c sont illustrées plus clairement sur la [Fig.16] qui sera décrite ci-après.
- [0180] Le réseau haute fréquence 206 comprend quatre dipôles 214a, 214b, 214c, 214d de dimensions différentes. Par exemple, les dipôles extrémaux 214a, 214d n'ont pas les mêmes dimensions que les dipôles centraux 214b, 214c. Les deux dipôles extrémaux 214a, 214d ont eux-mêmes des dimensions différentes l'un par rapport à l'autre. En outre, les dipôles centraux 214b, 214c ont eux-mêmes des dimensions différentes l'un

par rapport à l'autre.

- [0181] De manière avantageuse, les dimensions des dipôles haute fréquence 214a, 214b, 214c, 214d pourront être ajustées de manière à générer une répartition de phases particulière dans le réseau haute fréquence 206, par exemple pour obtenir un dépointage spécifique du diagramme de rayonnement vertical ou bien un comblement (i.e. suppression) des zéros de rayonnement dans ce même plan vertical.
- [0182] La [Fig.16] illustre dans le plan transverse (Y,Z) le réseau haute fréquence 206 de la [Fig.15].
- [0183] Comme décrit précédemment en référence à la [Fig.8], le réseau haute fréquence 206 comprend deux dispositifs de découplage 236.
- [0184] Selon une particularité de la présente variante, chaque dispositif de découplage 236 comprend une ligne coaxiale coudée 238b et une ligne coaxiale ouverte 238a, cette dernière 238a étant intégrée à l'intérieur d'un mât auxiliaire 118a, 118b.
- [0185] En outre, cette variante diffère du mode de réalisation décrit en référence à la variante a) de la [Fig.6], notamment en ce qu'une troisième traverse 249c est fournie pour relier les deux mâts auxiliaires 118a, 118b en leur centre, où le connecteur d'entrée/sortie 228 du réseau haute fréquence est placé, c'est-à-dire là où les branches 230c, 230c' se rejoignent.
- [0186] D'un point de vue radioélectrique, cette variante de réalisation présente l'avantage que le dispositif antenne est parfaitement symétrique sur sa partie extérieure, dans la mesure où le connecteur d'entrée/sortie 228 peut être placé à équidistance des deux paires de dipôles haute fréquence (i.e paire inférieure (214c, 214d) et paire supérieure (214a, 214b)). En outre, les deux paires de dipôles du réseau haute fréquence 206 sont reliées électriquement au connecteur d'entrée/sortie 228 selon un chemin électrique équivalent. Il s'ensuit que le dispositif antenne selon cette variante de réalisation présente des diagrammes de rayonnement azimutal symétriques dans le plan (X,Y).
- [0187] Ainsi, en intégrant dans les mâts auxiliaires 118a, 118b, non seulement l'ensemble de la ligne coaxiale haute fréquence servant à relier les dipôles haute fréquence, grâce notamment aux traverses tubulaires 249a, 249b, 249c, mais également les lignes ouvertes 238a servant au découplage, le dispositif antenne présente un encombrement électrique des supports 118a, 118b réduit ainsi qu'une amélioration du rapport avant/arrière du diagramme de rayonnement du réseau haute fréquence par rapport à une solution équivalente moins intégrée.
- [0188] En référence à la [Fig.17], une variante de réalisation du dispositif antenne 102 selon la [Fig.1] va à présent être décrite.
- [0189] Selon cette variante, le dispositif antenne 102 comprend en outre au moins un piège quart d'onde 150 associé à chacun des dipôles basse fréquence 112, de manière à limiter l'influence des pieds des dipôles basses fréquence sur le rayonnement du réseau

haute fréquence 106.

- [0190] Sur la [Fig.17], un seul dipôle basse fréquence 112 a été représenté mais on comprendra que l'autre dipôle basse fréquence du dispositif antennaire 102 selon la [Fig.1] pourra également être équipé des mêmes pièges quart d'onde.
- [0191] Plus généralement, tout ou partie des dipôles basse fréquences du réseau basse pourra être équipée d'un ou plusieurs pièges quart d'onde.
- [0192] Selon l'exemple illustré à la [Fig.17], un piège quart d'onde 150 est disposé sur chaque tube 112b constitutif du pied du dipôle basse fréquence 112.
- [0193] Par exemple, chaque piège quart d'onde 150 est constitué d'un corps cylindrique métallique creux. Chaque corps cylindrique 150 a une extrémité formant une section fermée en contact direct avec la surface extérieure du tube 112b constitutif du pied du dipôle. L'autre extrémité 150b du corps cylindrique 150 forme une section ouverte. Chaque corps cylindrique 150 est disposé autour du tube 112b associé.
- [0194] Les pièges quart d'onde 150 associés aux dipôles basse fréquence 112 sont conçus pour créer une haute impédance sur les tubes 112b, précisément à l'endroit de l'extrémité 150b formant une section ouverte, et pour limiter ainsi la contribution des dipôles basse fréquence 104 au rayonnement du réseau haute fréquence 106.
- [0195] Chaque piège quart d'onde 150 est configuré pour fonctionner dans une bande de fréquences autour de la fréquence d'intérêt, i.e. la fréquence centrale f_c de la bande du service utilisée par le réseau basse fréquence 104. De préférence, la fréquence d'intérêt $f=f_c$ est telle que sa longueur d'onde correspondante équivaut à quatre fois la longueur du piège quart d'onde 150. Autrement dit, le piège quart d'onde 150 a une longueur $L5$ qui est liée à la fréquence d'intérêt f selon l'expression suivante $f=c/(4 \times L5)$, où $c=3.10^8$ m/s.
- [0196] Ainsi configuré, le piège quart d'onde 150 a pour effet d'éviter ou au moins de limiter une déformation des diagrammes de rayonnement azimutaux du réseau haute fréquence 106, sur sa bande de fréquences de fonctionnement.
- [0197] Selon l'exemple de la [Fig.17], les inventeurs ont observé une amélioration significative des diagrammes de rayonnement du réseau haute fréquence 106, sur environ 10% de sa bande passante relative, entre une fréquence minimale (f_{min}) égale à 174 MHz et une fréquence maximale (f_{max}) égale à 192 MHz, ladite bande passante relative étant exprimée par $f_{max}-f_{min}/f_c$. Toutefois, ce résultat variera en fonction des dimensions du piège.
- [0198] De préférence, chacun de ces pièges quart d'onde 150 a une longueur $L5$ environ égale à un quart d'une longueur d'onde associée à la fréquence de fonctionnement du réseau basse fréquence 104.
- [0199] Par exemple, le piège quart d'onde 150 est configuré pour rejeter une plage de fréquences pour laquelle le diagramme de rayonnement du réseau basse fréquence 104

est susceptible d'être impacté par la présence des tubes 112b constitutifs des pieds des dipôles basse fréquence 112.

- [0200] Dans l'exemple illustré, chaque corps cylindrique a une section circulaire. Toutefois, dans d'autres réalisations (non représentées), cette section pourra être adaptée en fonction de la forme de la section du pied du dipôle. Par exemple, la section pourra être choisie de forme carrée, rectangulaire ou elliptique.
- [0201] Avantageusement, le corps cylindrique est tronqué longitudinalement suivant un plan horizontal (X,Y), c'est-à-dire parallèlement à la dimension d'extension du pied 112b du dipôle basse fréquence 112. Ainsi, le corps cylindrique 150 comprend une partie plane 150a (i.e. partie tronquée) s'étendant sur toute la longueur L5 du corps, de sorte que le corps est asymétrique.
- [0202] Avantageusement, les deux corps cylindriques tronqués 150 sont disposés respectivement sur les tubes 112b constitutifs du pied, de sorte que les parties planes (tronquées) 150a soient en regard l'une de l'autre, comme illustré sur la [Fig.17]. Un tel agencement permet de limiter les effets capacitifs entre les pièges quart d'onde d'un même dipôle.
- [0203] Dans la mesure où les deux cylindres tronqués 150 vont de pair, on pourra considérer que l'ensemble constitué par ces deux cylindres, forme le piège quart d'onde d'un dipôle à pied double. Dans des variantes de réalisation où le pied du dipôle est simple (i.e. constitué d'un unique tube), on comprendra que le piège quart d'onde est constitué d'un seul cylindre disposé autour de l'unique tube.
- [0204] L'ajout de tels pièges est particulièrement avantageux dans le cas où les pieds des dipôles basse fréquence ont une longueur environ égale à une demi-longueur d'onde associée aux fréquences diffusées sur le réseau haute fréquence.
- [0205] La [Fig.18] illustre, en trait continu, un diagramme de rayonnement du réseau haute fréquence 106, lorsque les dipôles basse fréquence 112 sont tous équipés de pièges quart d'onde 150 tels que décrits précédemment en référence à la [Fig.17].
- [0206] D'après ce diagramme de rayonnement, le réseau haute fréquence 106 présente une ouverture azimutale à -3 dB supérieure à 180° avec un rayonnement uniforme à l'avant du réseau, i.e. pour un angle azimutal compris entre 90° et 180° et entre -180° et -90°.
- [0207] En outre, la [Fig.18] illustre, en trait pointillé, le diagramme de rayonnement du réseau haute fréquence 106 obtenu en supprimant les pièges quart d'onde 150 du réseau basse fréquence 104.
- [0208] En comparant les deux diagrammes de rayonnement de la [Fig.18], il apparaît clairement que la présence des pièges quart d'onde 150 sur les dipôles basse fréquence 112 permet au réseau haute fréquence 106 de maintenir une ouverture azimutale d'au moins 180° à un niveau compris entre 0 et -3 dB, avec un rayonnement quasi-constant à l'avant du réseau.

- [0209] En l'absence de piège quart d'onde sur le réseau basse fréquence, le diagramme de rayonnement azimutal du réseau haute fréquence présente un écrasement comme illustré en traits pointillés sur la [Fig.18]. Ceci est dû au rayonnement induit des pieds des dipôles basse fréquence qui interagissent de manière destructive avec le rayonnement direct du réseau haute fréquence, que le réseau basse fréquence soit actif ou inactif. Ainsi, l'ajout des pièges quart d'onde 150 sur les pieds 112b des dipôles basse fréquence 112 a pour effet de réduire l'excitation de ces pieds et par conséquent de réduire les déformations du diagramme de rayonnement à la fréquence de fonctionnement du réseau haute fréquence.
- [0210] Les diagrammes de rayonnement de la [Fig.18] ont été obtenus dans le cas où le réseau haute fréquence 106 est configuré pour émettre des signaux dans les bandes de fréquence RNT, en particulier à 174 MHz. Ainsi, l'effet décrit ci-dessus a été illustré pour une haute fréquence de fonctionnement égale à 174 MHz mais un effet similaire présentant une décroissance progressive pourra être également observé à des hautes fréquences jusqu'à 192 MHz environ.
- [0211] En référence à la [Fig.19], un dispositif antennaire selon un deuxième mode de réalisation de l'invention qui portera la référence 202 va à présent être décrit.
- [0212] Comme dans le premier mode de réalisation, le dispositif antennaire 202 comprend un réseau basse fréquence et un réseau haute fréquence. Dans l'exemple illustré, le réseau basse fréquence comprend deux dipôles 212 basse fréquence à pied double 212b. Le réseau haute fréquence comprend quatre dipôles haute fréquence 214 à pied double 214b et un connecteur 220 basse fréquence.
- [0213] Le deuxième mode de réalisation se distingue du premier mode de réalisation principalement en ce que les dipôles basse fréquence 212 sont inclinés par rapport aux dipôles haute fréquence 214 qui restent orientés verticalement.
- [0214] Ainsi, les bras 212a des dipôles basse fréquence 212 sont orientés de sorte qu'ils forment un angle α non nul, de préférence égal à 45° , par rapport à la direction selon laquelle les bras 214a des dipôles haute fréquence 214 sont orientés (i.e. par rapport à la verticale).
- [0215] Dans le présent exemple, les deux bras de chaque dipôle sont colinéaires l'un par rapport à l'autre. Dans ce cas, la direction du dipôle correspond à la droite selon laquelle les deux bras sont alignés. De manière plus générale, la direction d'un dipôle est définie par la droite perpendiculaire à la bissectrice de l'angle formé entre les deux bras du dipôle.
- [0216] A l'inverse, dans une variante de réalisation (non représentée), ce sont les dipôles haute fréquence qui sont inclinés (ou orientés) par rapport aux dipôles basse fréquence tandis que les dipôles basse fréquence sont alignés verticalement sur le mât principal.
- [0217] Ainsi, de manière plus générale, les dipôles basse fréquence 212 et les dipôles haute

fréquence 214 sont inclinés les uns par rapport aux autres selon l'invention.

- [0218] L'inclinaison des dipôles de l'un des réseaux par rapport à la direction des dipôles de l'autre réseau selon un angle compris entre -90° et 0° ou entre 0° et 90° permet de favoriser le découplage inter-services (ou inter-réseaux lorsque chaque réseau fournit un service dans une bande de fréquence distincte) par addition d'un découplage de polarisation.
- [0219] Dans l'exemple illustré, les dipôles basse fréquence sont adaptés en raison de leur orientation à émettre et/ou recevoir un rayonnement comprenant une composante horizontale et une composante verticale, tandis que les dipôles haute fréquence en raison de leur orientation verticale émettront et/ou recevront uniquement les champs électriques polarisés verticalement.
- [0220] L'inclinaison des dipôles permet en outre de réduire l'influence des supports des dipôles sur le rayonnement arrière du réseau, réduisant ainsi le rapport avant/arrière du diagramme de rayonnement du réseau dont les dipôles sont inclinés.
- [0221] Comme décrit pour le premier mode de réalisation, le réseau basse fréquence comprend un dispositif de découplage incluant des filtres réjecteurs 226 disposés le long du mât principal 216.
- [0222] Par exemple, dans le cas extrême où l'un des réseaux est configuré pour émettre et/ou recevoir en polarisation horizontale (i.e. présentant une orientation horizontale de ses dipôles) et l'autre réseau est configuré pour émettre et/ou recevoir en polarisation verticale (i.e. présentant une orientation verticale de ses dipôles), les dispositifs de découplage associés respectivement au réseau basse fréquence et au réseau haute fréquence, pourront éventuellement être supprimés. Ceci permet de simplifier la structure et le poids du dispositif antenne, dans l'éventualité où le découplage inter-réseaux nécessaire serait de 30 à 40 dB au maximum.
- [0223] Dans l'exemple illustré à la [Fig.19], tous les dipôles haute fréquence 214 sont portés par un unique mât auxiliaire 218, tandis que les dipôles basse fréquence 212 sont fixés à la fois sur le mât principal 216 et sur le mât auxiliaire unique 218, i.e. un pied 212b respectif sur chaque mât pour permettre la fixation des dipôles inclinés. Bien évidemment, d'autres configurations de support des dipôles pourront être envisagées (e.g. un ou plusieurs mâts auxiliaires) par exemple selon que le pied des dipôles est simple ou double.
- [0224] En référence à la [Fig.20], un dispositif antenne selon un troisième mode de réalisation de l'invention va à présent être décrit.
- [0225] Une particularité de ce troisième mode de réalisation est que les dipôles basse fréquence 312 et les dipôles haute fréquence 314 sont inclinés respectivement de -45° et $+45^\circ$ par rapport à la direction d'extension des mâts 316, 318a, 318b correspondant à la direction verticale Z. Autrement dit, les dipôles basse fréquence 312 sont orientés

par rapport aux dipôles haute fréquence 314, de manière à former un angle droit ($\beta=90^\circ$). Cette configuration en quadrature spatiale des deux réseaux a pour avantage de faciliter leur découplage respectif.

- [0226] Dans des variantes de réalisations (non représentées), d'autres inclinaisons pourront bien évidemment être considérées.
- [0227] Comme pour les premier et deuxième modes de réalisation, chaque dipôle basse fréquence 312 est encadré verticalement par une paire de dipôles haute fréquence 314 mais une autre particularité du troisième mode de réalisation est qu'un dipôle haute fréquence 314' est disposé au centre de chaque dipôle basse fréquence 312.
- [0228] Dans l'exemple illustré, les trois mâts sont tous alignés suivant la direction Y.
- [0229] D'autres variantes d'agencement des dipôles du dispositif antennaire selon l'invention vont être décrits ci-après en référence aux figures 21 à 25, où l'emplacement d'un dipôle haute fréquence est représenté schématiquement par une croix +, tandis que l'emplacement d'un dipôle basse fréquence est représenté par une étoile *. Les paires ou groupes de dipôles haute fréquence sont représentées par un contour fermé en trait pointillé.
- [0230] Dans les exemples des figures 21 à 24, on se place dans le cas où le support des dipôles basse fréquence est constitué par un mât principal 116 tandis que le support des dipôles haute fréquence est constitué de deux mâts auxiliaires 118a, 118b, tels que ceux décrits en référence au premier mode de réalisation.
- [0231] Dans ce cas, on suppose que les dipôles haute fréquence sont répartis de manière équilibrée sur les deux mâts auxiliaires 118a, 118b, de sorte que l'agencement des dipôles soit symétrique. Bien évidemment, selon des variantes de réalisation (non illustrées), le nombre de mâts pourra être adapté selon que les pieds des dipôles sont simples ou doubles.
- [0232] La [Fig.21] illustre une première variante 402, dans laquelle les paires P1, P2, P3, P4, de dipôles haute fréquence sont disposées alternativement de gauche à droite des dipôles basse fréquence.
- [0233] Ainsi, le positionnement alterné des paires de dipôles haute fréquence, i.e. d'un côté et de l'autre alternativement, par rapport aux dipôles basse fréquence, permet d'imbriquer les deux réseaux sur une hauteur réduite limitant ainsi l'encombrement du dispositif antennaire, tout en assurant un découplage efficace des réseaux conduisant à une symétrie de leur rayonnement respectif dans le plan azimutal.
- [0234] La [Fig.22] illustre une deuxième variante 502, dans laquelle les paires de dipôles haute fréquence sont distribuées sur les deux mâts auxiliaires, de manière à former un groupe G1 dit supérieur de dipôles haute fréquence disposés sur une partie supérieure d'un des mâts auxiliaires 118a et un autre groupe G2 dit inférieur de dipôles haute fréquence disposés sur une partie inférieure de l'autre mât auxiliaire 118b.

- [0235] Dans cet exemple, chaque groupe G1, G2 est constitué de deux paires de dipôles haute fréquences, si bien que l'agencement de ces deux groupes est symétrique par rapport à un point central O du réseau basse fréquence.
- [0236] Cette symétrie centrale assure que les déformations dans les diagrammes de rayonnement induites par un groupe de dipôles sont compensées par l'autre groupe de sorte que les diagrammes de rayonnement restent symétriques dans le plan azimutal.
- [0237] La [Fig.23] illustre une troisième variante 602, dans laquelle seules les paires de dipôles haute fréquence disposées à gauche des dipôles basse fréquence encadrent verticalement ces derniers respectivement.
- [0238] Ce mode de réalisation présente en outre la particularité qu'un dipôle haute fréquence de chacune des paires est commun avec la paire adjacente. Autrement dit, chaque dipôle haute fréquence appartient à deux paires adjacentes, hormis pour les deux dipôles situés respectivement aux deux extrémités du mât auxiliaire 118a.
- [0239] Dans cet exemple, chaque dipôle basse fréquence est encadré verticalement au gauche par une paire de dipôles haute fréquence et en vis-à-vis à droite avec un dipôle haute fréquence. Ainsi, tous les dipôles haute fréquence disposés à droite des dipôles basse fréquence sont alignés selon l'axe Y (horizontalement) avec ces derniers.
- [0240] La [Fig.24] illustre une quatrième variante 702, dans laquelle les dipôles haute fréquence sont alternativement distribués à droite et à gauche des dipôles basse fréquence, de sorte que deux dipôles basse fréquence consécutifs encadrent un dipôle basse fréquence suivant une direction oblique par rapport à la verticale.
- [0241] Chaque dipôle basse fréquence est séparé verticalement, de préférence, d'une même hauteur $h/2$ par rapport aux deux dipôles haute fréquence de la paire à laquelle il est associé. Ainsi, chaque dipôle basse fréquence est encadré obliquement par une paire de dipôles haute fréquence si bien que ces derniers sont fixés sur deux mâts auxiliaires 118a, 118b distincts à équidistance du dipôle basse fréquence.
- [0242] Dans des variantes de réalisation (non illustrées), chaque dipôle basse fréquence pourra ne pas être positionné à équidistance des dipôles haute fréquence de la paire associée.
- [0243] La [Fig.25] illustre un mode de réalisation 802 dans lequel tous les dipôles haute fréquence sont disposés d'un même côté (par exemple à gauche comme illustré) des dipôles basse fréquence. Dans ce cas, tous les dipôles haute fréquence sont disposés sur un même mât auxiliaire 118.
- [0244] Il apparaît clairement qu'un dispositif antenne ou un système de communication incluant un tel dispositif antenne selon l'un quelconque des modes de réalisation ou l'une quelconque de ses variantes tels que décrits précédemment permet d'imbriquer verticalement les réseaux haute fréquence et basse fréquence de manière à réduire l'encombrement vertical tout en limitant les couplages entre ces réseaux.

[0245] On notera par ailleurs que l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation ou variantes tels que décrits précédemment. Il apparaîtra en effet à l'homme de l'art que diverses modifications peuvent être apportées aux modes de réalisation ou variantes décrits ci-dessus, à la lumière de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

[0246] Dans la présentation détaillée de l'invention qui est faite précédemment, les termes utilisés ne doivent pas être interprétés comme limitant l'invention aux modes de réalisation exposés dans la présente description, mais doivent être interprétés pour y inclure tous les équivalents dont la prévision est à la portée de l'homme de l'art en appliquant ses connaissances générales à la mise en œuvre de l'enseignement qui vient de lui être divulgué.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif antenne (102 ; 202 ; 302 ; 402 ; 502 ; 602 ; 702 ; 802) comprenant :
- un réseau basse fréquence (104 ; 204 ; 304) de dipôles basse fréquence (112 ; 212 ; 312) présentant des centres (112c) respectifs alignés sur un axe dit vertical (A1) ;
 - un réseau haute fréquence (106 ; 206 ; 306) de dipôles haute fréquence (114 ; 214 ; 314) présentant des centres (114c) respectifs se succédant verticalement ;
 - un support (115) des dipôles basse fréquence (112 ; 212 ; 312) et des dipôles haute fréquence (114 ; 214 ; 314), ledit support comprenant :
 - un support principal (116 ; 216 ; 316) le long duquel sont agencés verticalement les dipôles basse fréquence (112 ; 212 ; 312) ; et
 - un support auxiliaire (118 ; 118a, 118b ; 218 ; 318a, 318b) le long duquel sont agencés verticalement les dipôles haute fréquence (104 ; 214 ; 314), ledit support auxiliaire étant fixé au support principal ;
- les dipôles haute fréquence (114 ; 214 ; 314) étant agencés de sorte que le centre (112c) de chaque dipôle basse fréquence (112 ; 212 ; 312) soit positionné verticalement entre les centres (114c) d'une paire (P1 ; P2) de deux dipôles haute fréquence (114 ; 214 ; 314) ;
- ledit dispositif étant caractérisé en ce que :
- le support principal est un mât principal (116 ; 216 ; 316) creux et électriquement conducteur, et
 - ledit dispositif comprend en outre une ligne coaxiale (122) comprenant au moins un conducteur intérieur (122a, 122b) reliant électriquement les dipôles basse fréquence (112) à un même connecteur d'entrée/sortie (120) du réseau basse fréquence, de sorte que le mât principal constitue une ligne de retour vers une masse électrique commune.
- [Revendication 2] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon la revendication 1, comprenant en outre sur le mât principal (116 ; 216) un dispositif de découplage (126 ;

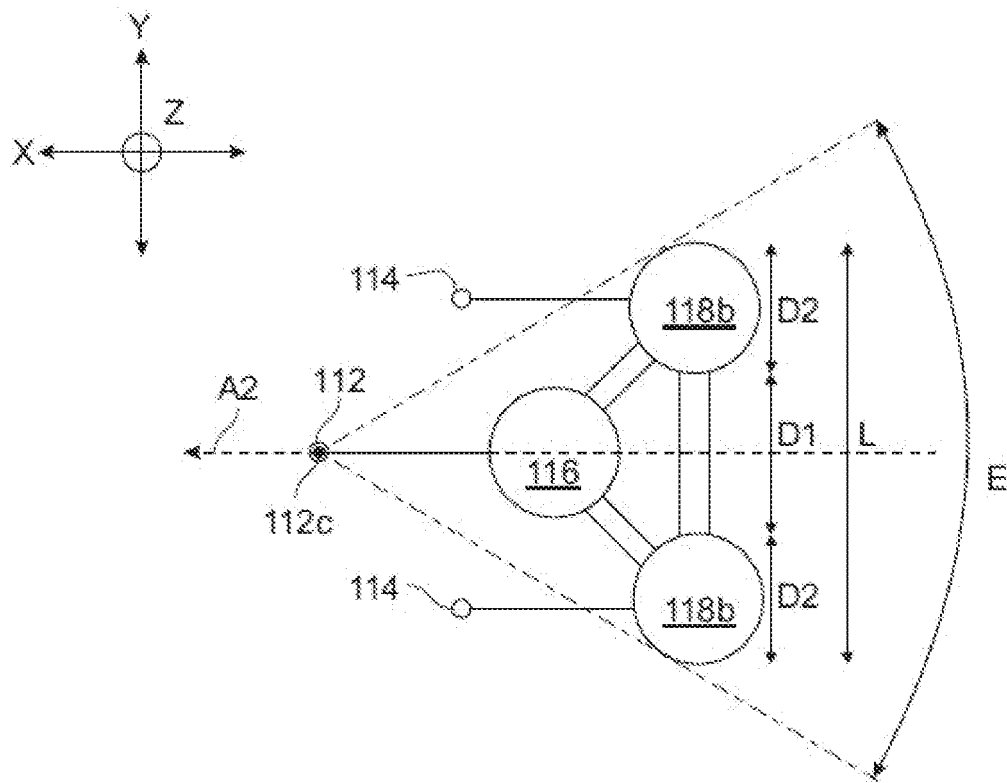
- 226 ; 140) des dipôles basse fréquence (112 ; 212) par rapport aux dipôles haute fréquence (114 ; 214), ledit dispositif de découplage étant fixé sur le mât principal et relié au conducteur intérieur (112a, 112b) de la ligne coaxiale (122) du réseau basse fréquence.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le dispositif de découplage est un filtre passe-bas coaxial (140) disposé en entrée du réseau basse fréquence, ledit filtre (140) comprenant une alternance de tronçons coaxiaux (141.1, 142.1, 141.2, 142.2, 141.3, 142.3, 141.4) de forte et faible impédance.
- [Revendication 4] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le centre (112c) de chaque dipôle basse fréquence (112 ; 212 ; 312) est agencé verticalement au milieu des centres (114c) de la paire (P1 ; P2) de dipôles haute fréquence (114).
- [Revendication 5] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les centres (114c) des dipôles haute fréquence (114) de chaque paire (P1 ; P2) sont alignés verticalement.
- [Revendication 6] Dispositif (102 ; 402 ; 502) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les centres (114c) des dipôles haute fréquence (114) d'au moins une paire (P1) sont décalés horizontalement d'un côté des centres (112c) des dipôles basse fréquence (112), tandis que les centres (114c) d'au moins une autre paire (P2) de dipôles haute fréquence (114) sont décalés horizontalement de l'autre côté des dipôles basse fréquence (112).
- [Revendication 7] Dispositif (102 ; 402) selon la revendication 6, dans lequel les paires (P1, P2, P3, P4) de dipôles haute fréquence (114) sont agencées alternativement de part et d'autre des dipôles basse fréquence (112).
- [Revendication 8] Dispositif (602 ; 802) selon la revendication 6, dans lequel les deux paires (G1 ; G2) de dipôles haute fréquence associées à deux dipôles basse fréquence consécutifs sont décalés horizontalement d'un même côté des dipôles basse fréquence.
- [Revendication 9] Dispositif (202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel les dipôles basse fréquence (212) et les dipôles haute fréquence (214) sont inclinés les uns par rapport aux autres.
- [Revendication 10] Dispositif (302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel au moins un dipôle haute fréquence (314') est disposé au centre d'un dipôle basse fréquence (312).
- [Revendication 11] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel les dipôles basse fréquence (112 ; 212 ; 312) et/ou les

dipôles haute fréquence (114 ; 214 ; 314) comportent deux bras (112a ; 212a ; 312a ; 114a ; 214a ; 314a) colinéaires et de même longueur, de préférence égale à un quart de la longueur d'onde associée à une fréquence de fonctionnement dudit réseau respectif.

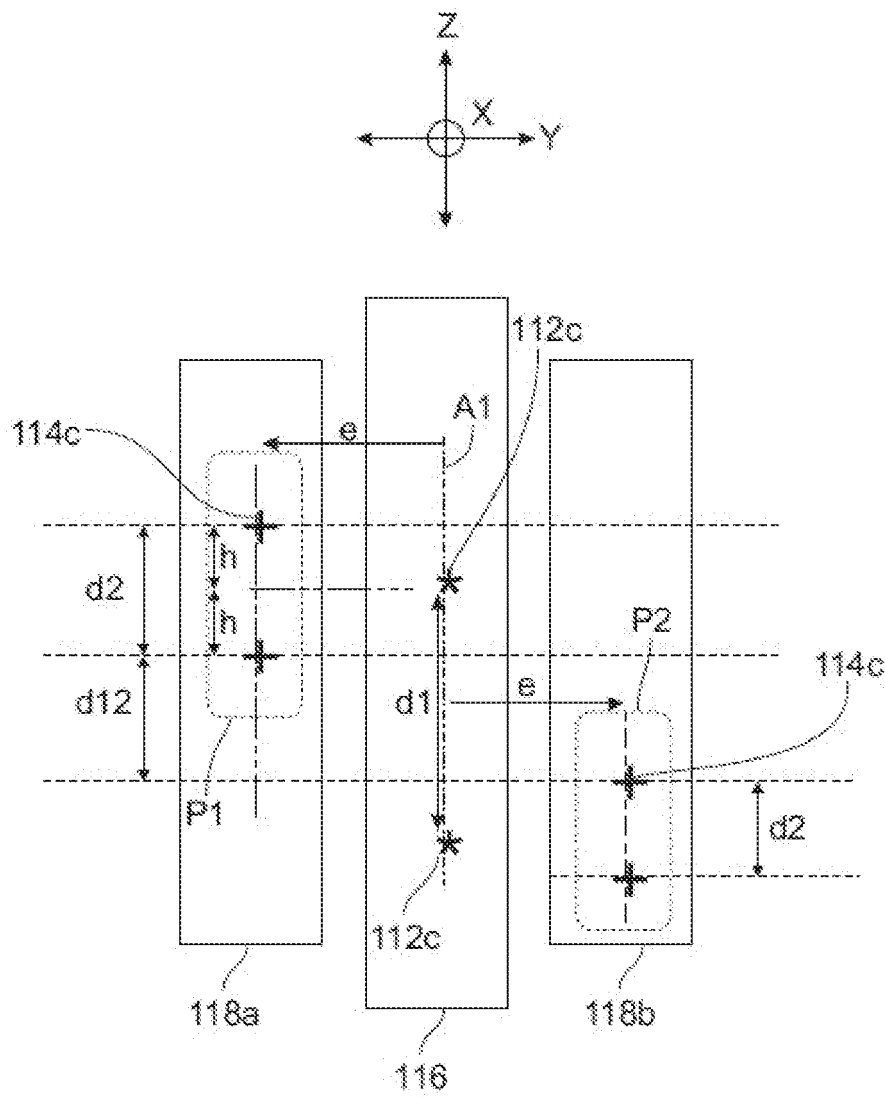
- [Revendication 12] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel le support auxiliaire comprend au moins un mât auxiliaire (118 ; 118a, 118b ; 218 ; 318a, 318b) creux et électriquement conducteur, ledit dispositif comprenant en outre une ligne coaxiale comprenant au moins un conducteur intérieur (130a, 130b, 130c, 130a', 130b', 130c') courant à l'intérieur dudit au moins un mât auxiliaire et reliant électriquement les dipôles haute fréquence (114) à un même connecteur d'entrée/sortie (128) du réseau haute fréquence, de sorte que ledit au moins un mât constitue une ligne de retour vers une masse électrique commune.
- [Revendication 13] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon la revendication 12, comprenant en outre un dispositif de découplage des dipôles haute fréquence par rapport aux dipôles basse fréquence, ledit dispositif de découplage étant relié au conducteur intérieur de la ligne coaxiale du réseau basse fréquence.
- [Revendication 14] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon la revendication 2 ou 13, dans lequel le dispositif de découplage comprend un ou plusieurs filtres réjecteurs de fréquence (126 ; 136).
- [Revendication 15] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, comprenant en outre pour chaque dipôle basse fréquence (112), au moins un piège quart d'onde (150) disposé autour d'un pied (112b) du dipôle basse fréquence (112).
- [Revendication 16] Dispositif (102 ; 202 ; 302) selon la revendication 15, dans lequel le pied (112b ; 114b) du dipôle (112 ; 114) comprend deux tubes de fixation parallèles entre eux, le piège quart d'onde comprenant deux corps cylindriques (150) creux tronqués longitudinalement de manière à présenter chacun une surface plane (150a), les deux corps cylindriques (150) étant disposés respectivement autour de chacune des deux tubes de fixation (112b ; 114b), de sorte que les surfaces planes (150a) des deux corps cylindriques soient en regard l'une de l'autre.
- [Revendication 17] Système de communication (100) configuré pour émettre et/ou recevoir des signaux radiofréquence dans au moins deux bandes de fréquences distinctes, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif antennaire (102 ; 202 ; 302 ; 402 ; 502 ; 602 ; 702) selon l'une quelconque des re-

vendications 1 à 16.

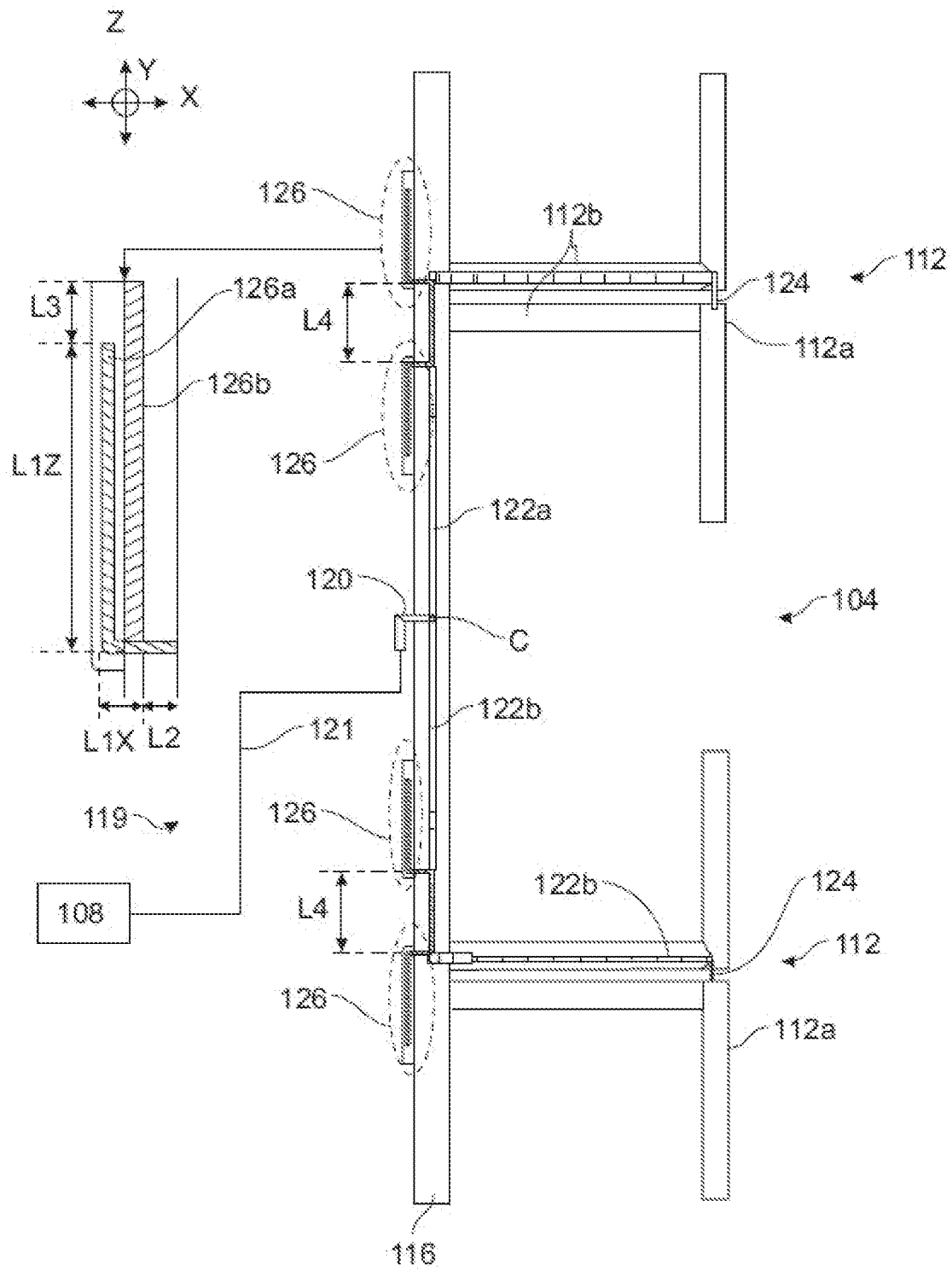
[Fig. 2]



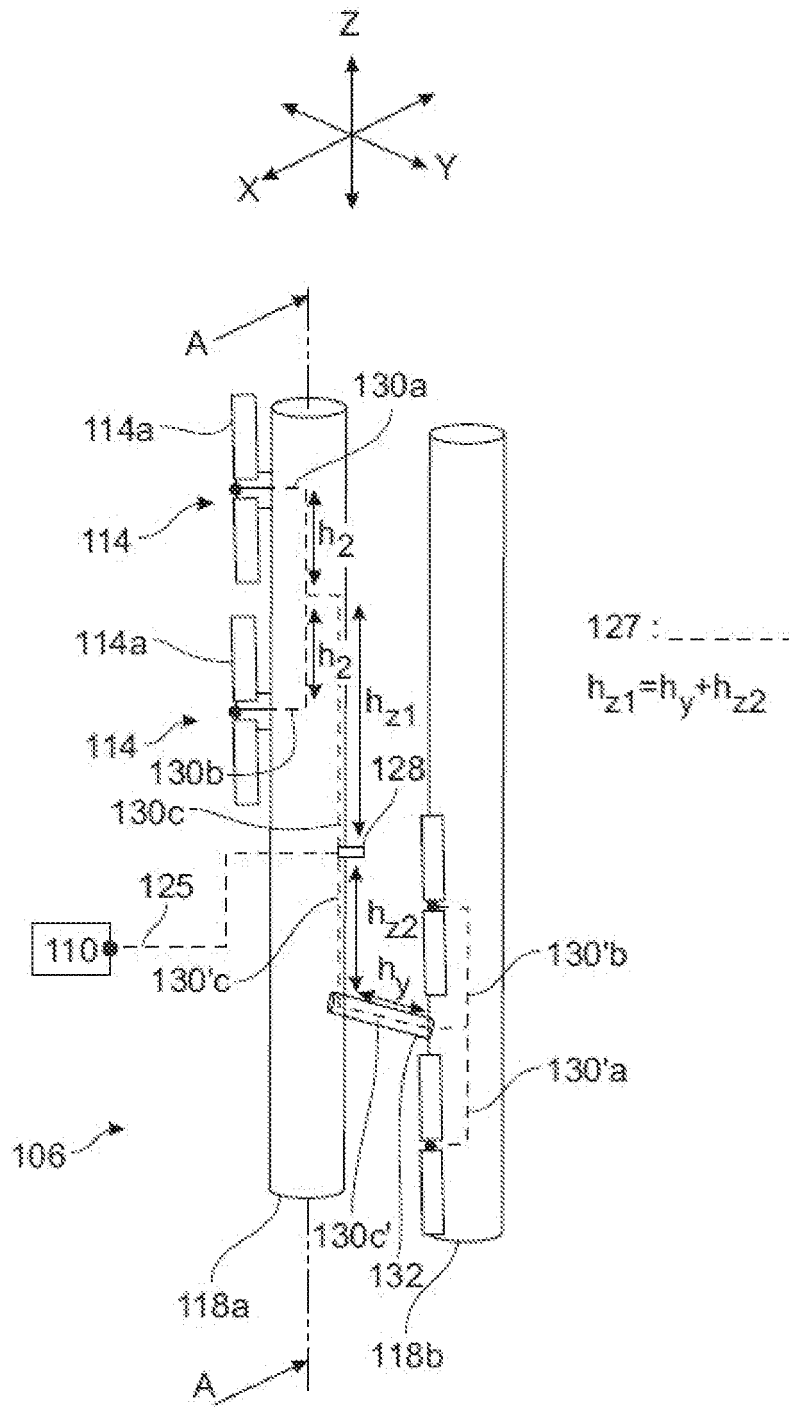
[Fig. 3]



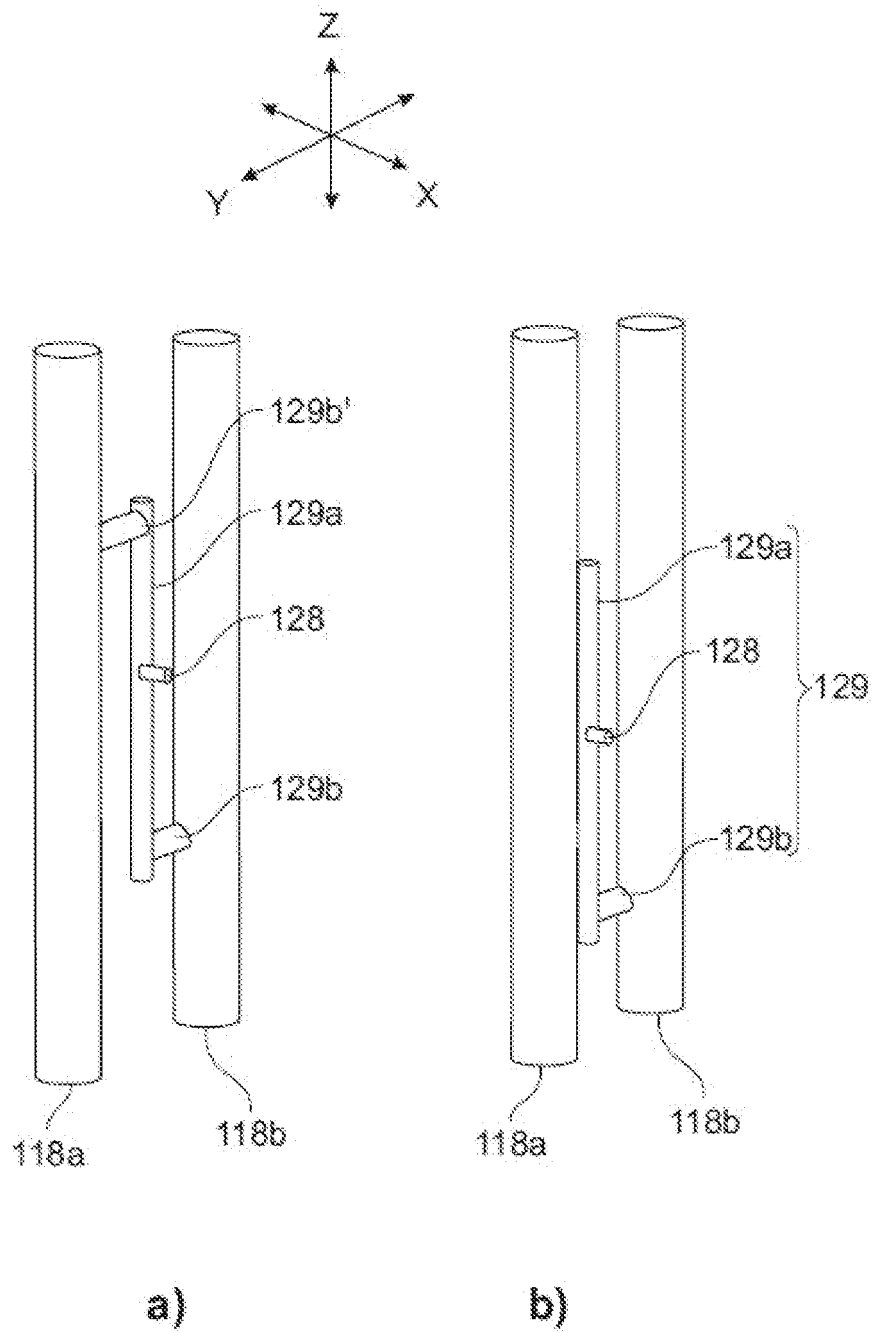
[Fig. 4]



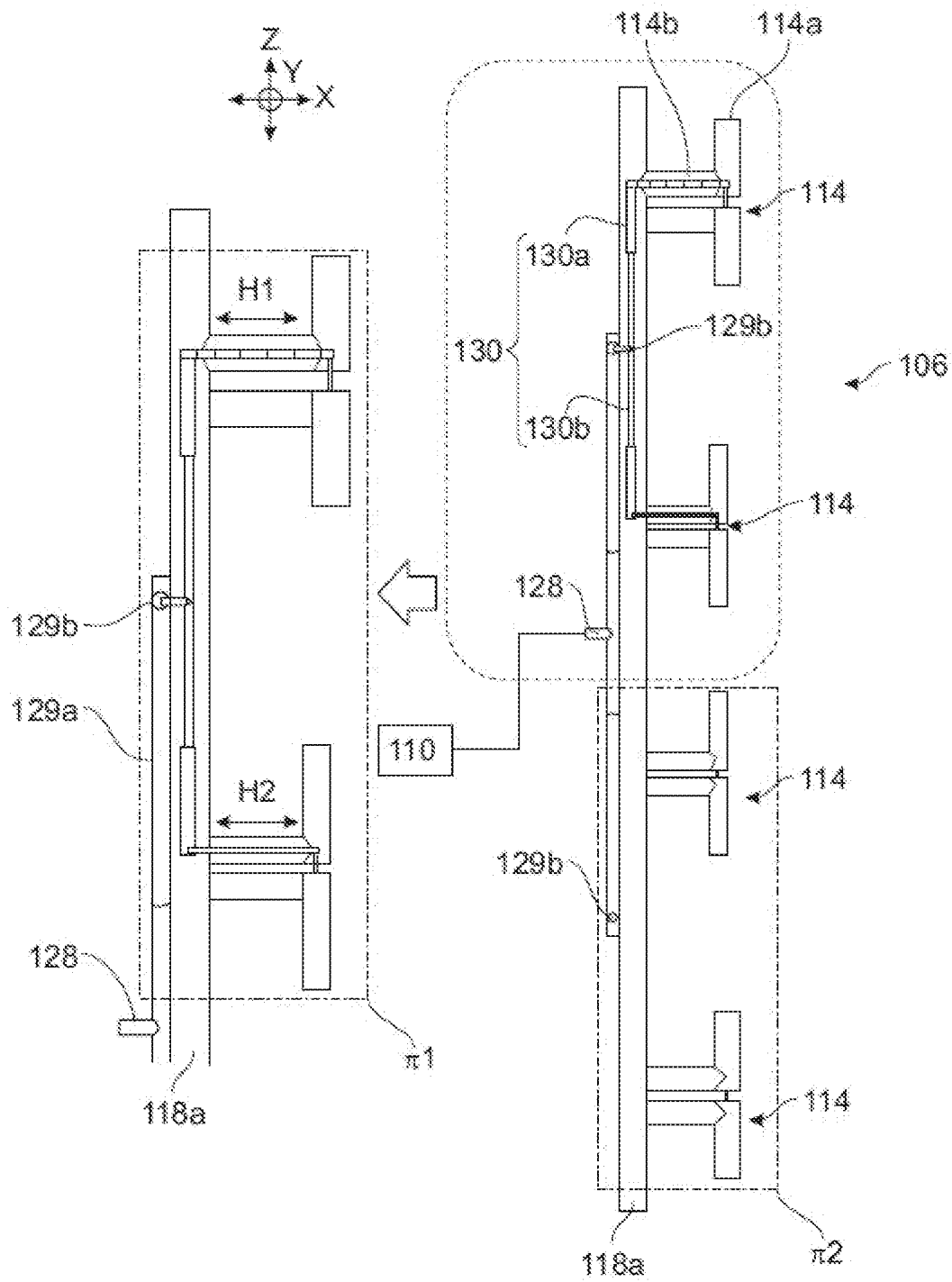
[Fig. 5]



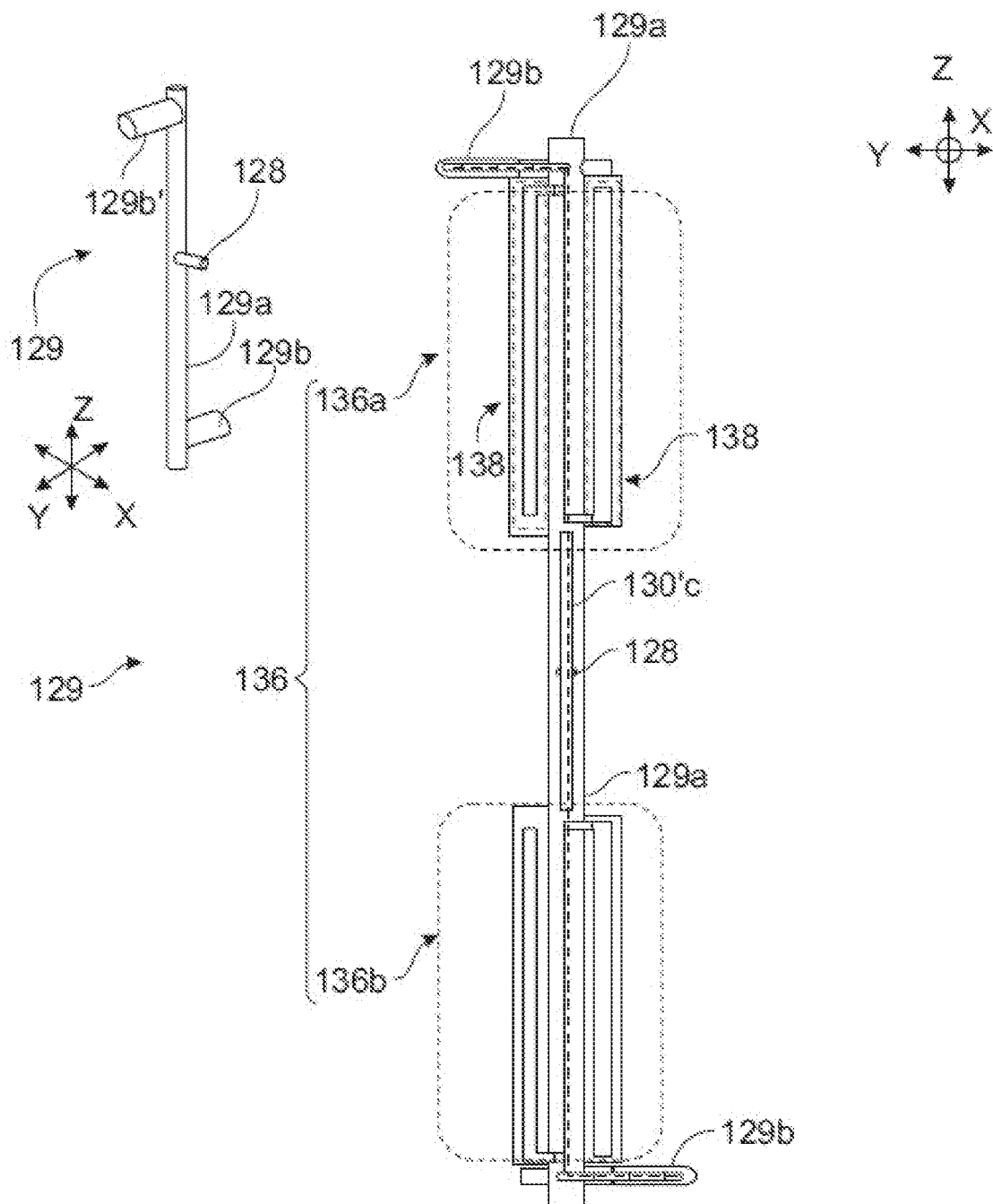
[Fig. 6]



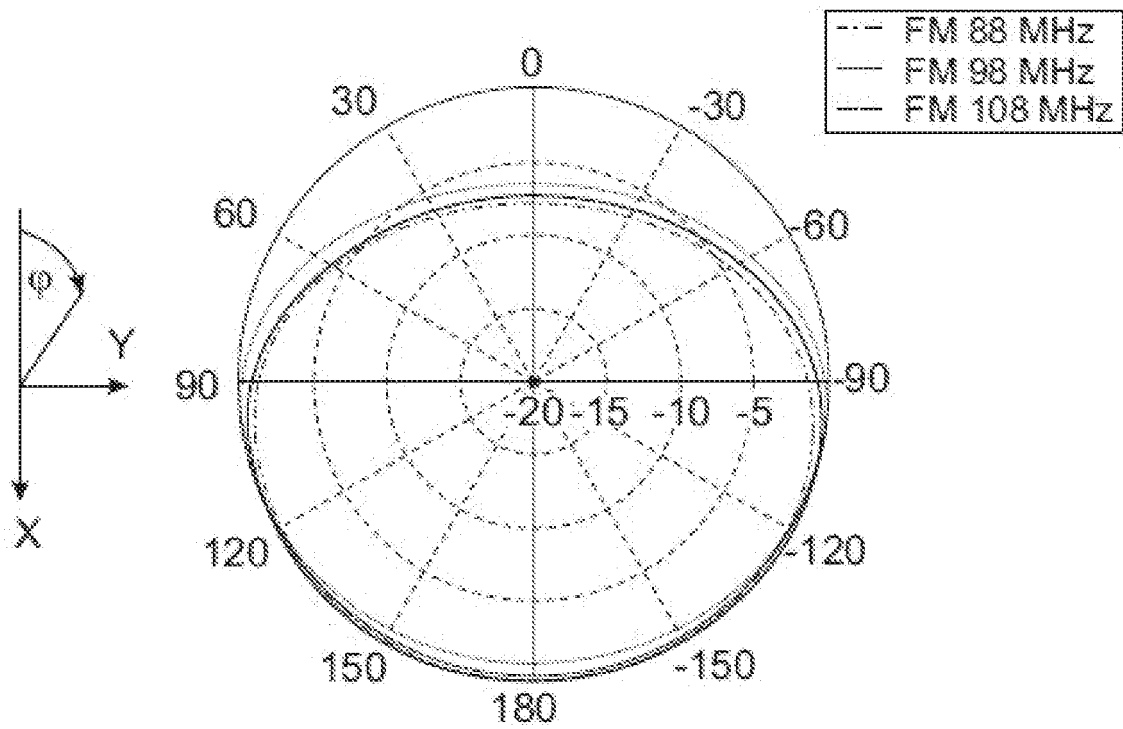
[Fig. 7]



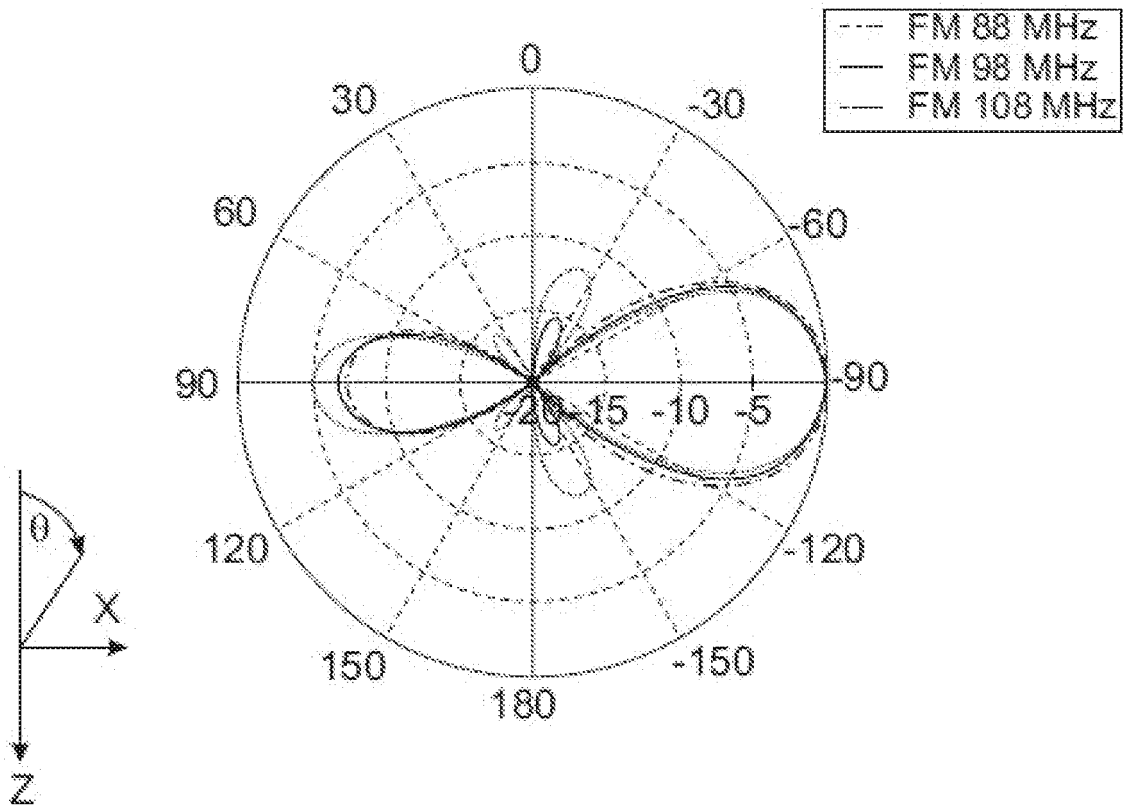
[Fig. 8]



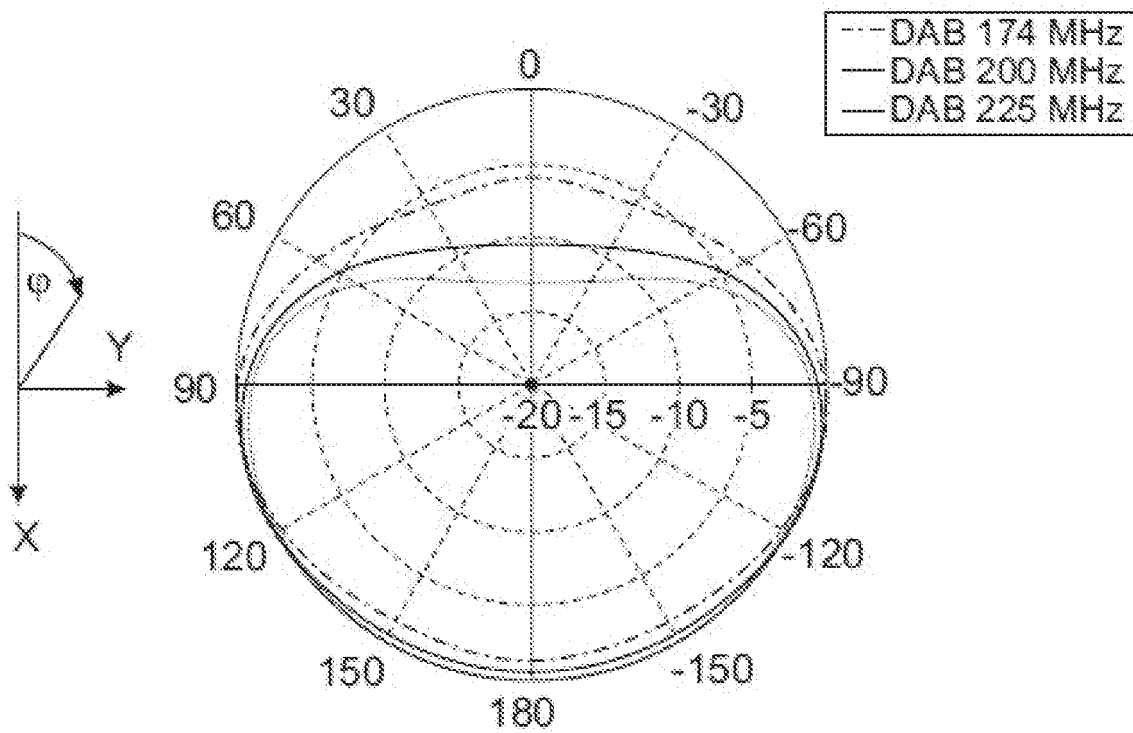
[Fig. 9]



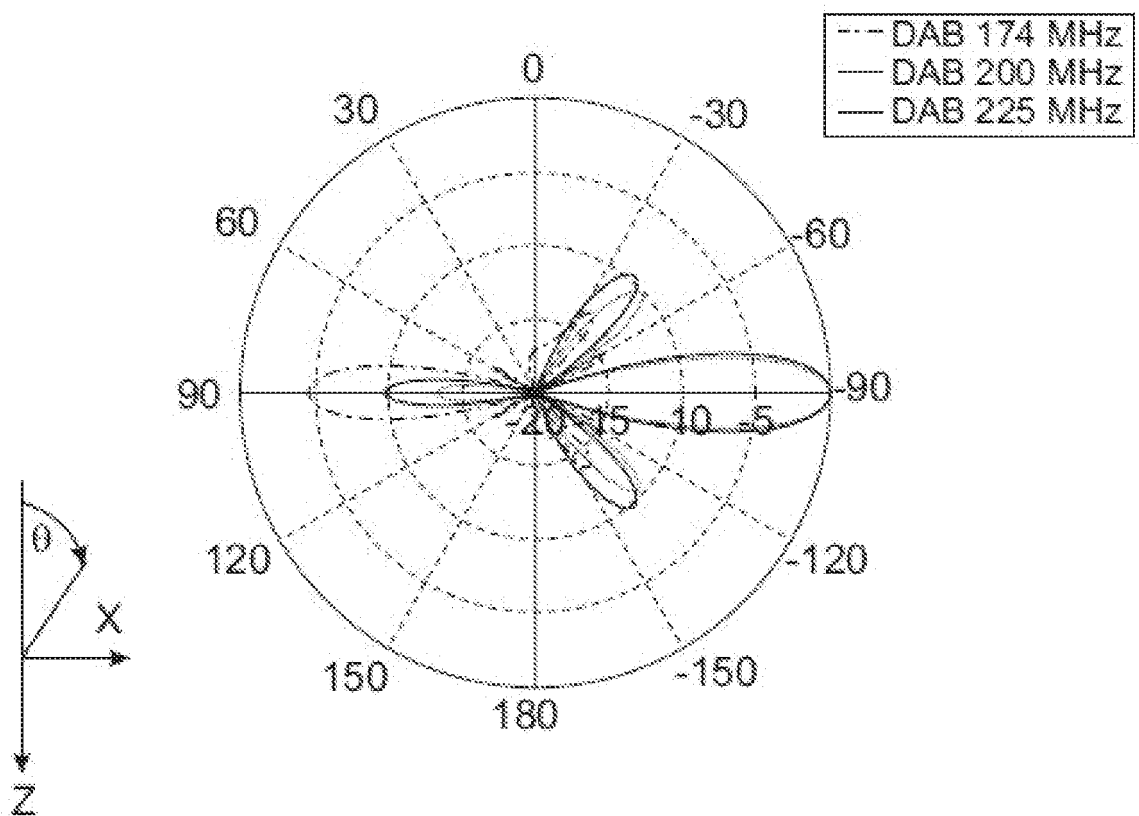
[Fig. 10]



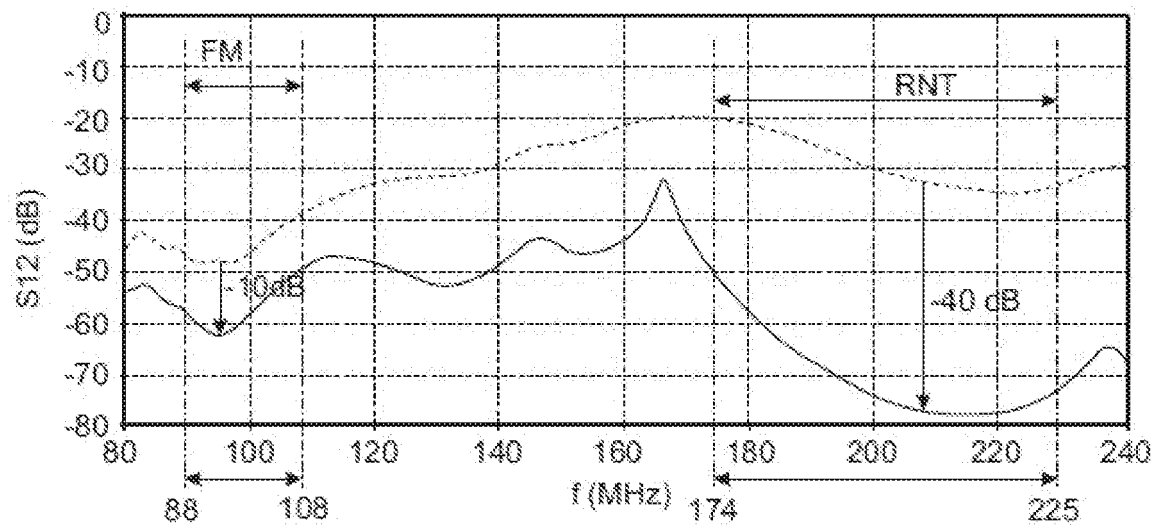
[Fig. 11]



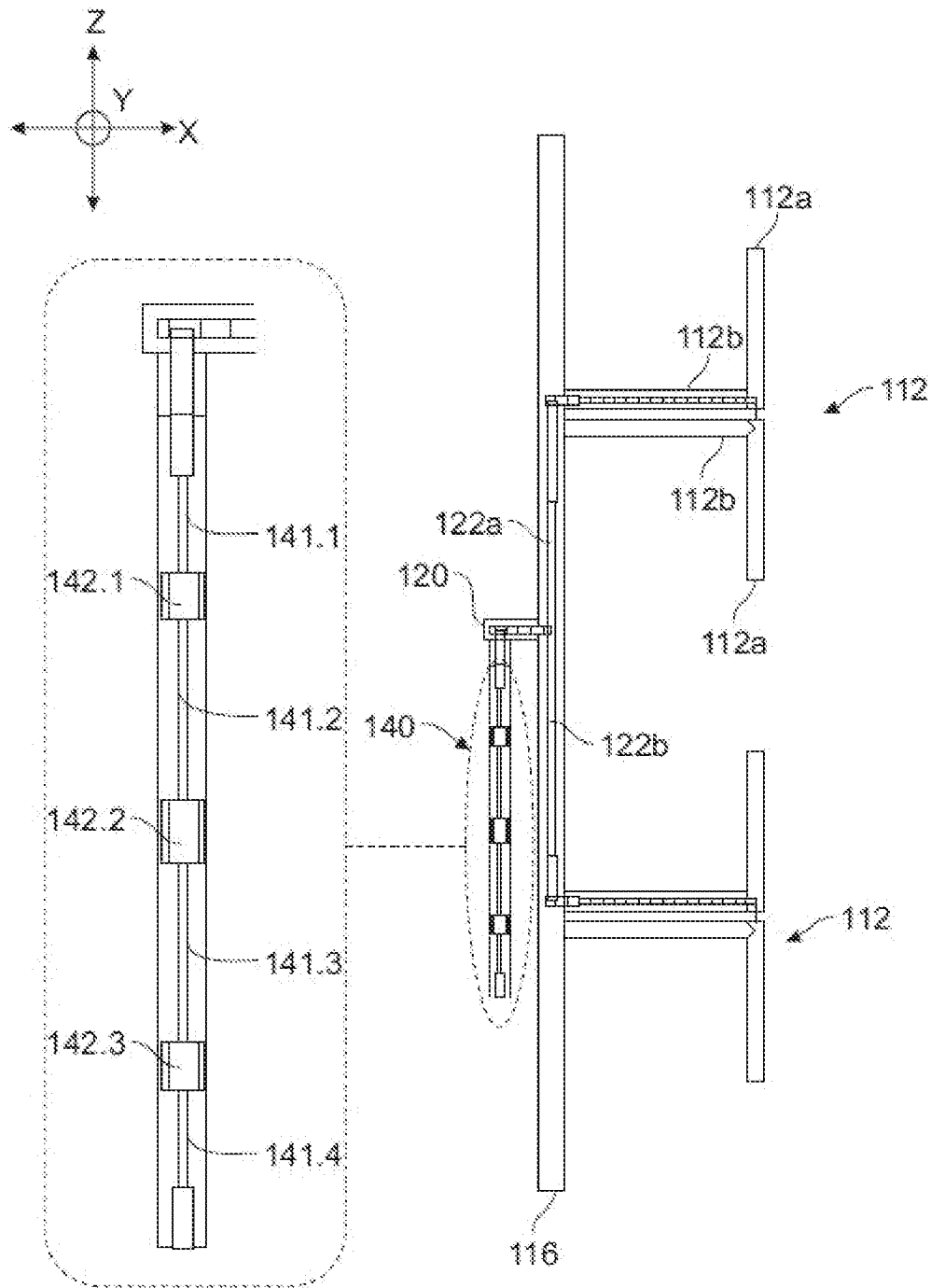
[Fig. 12]



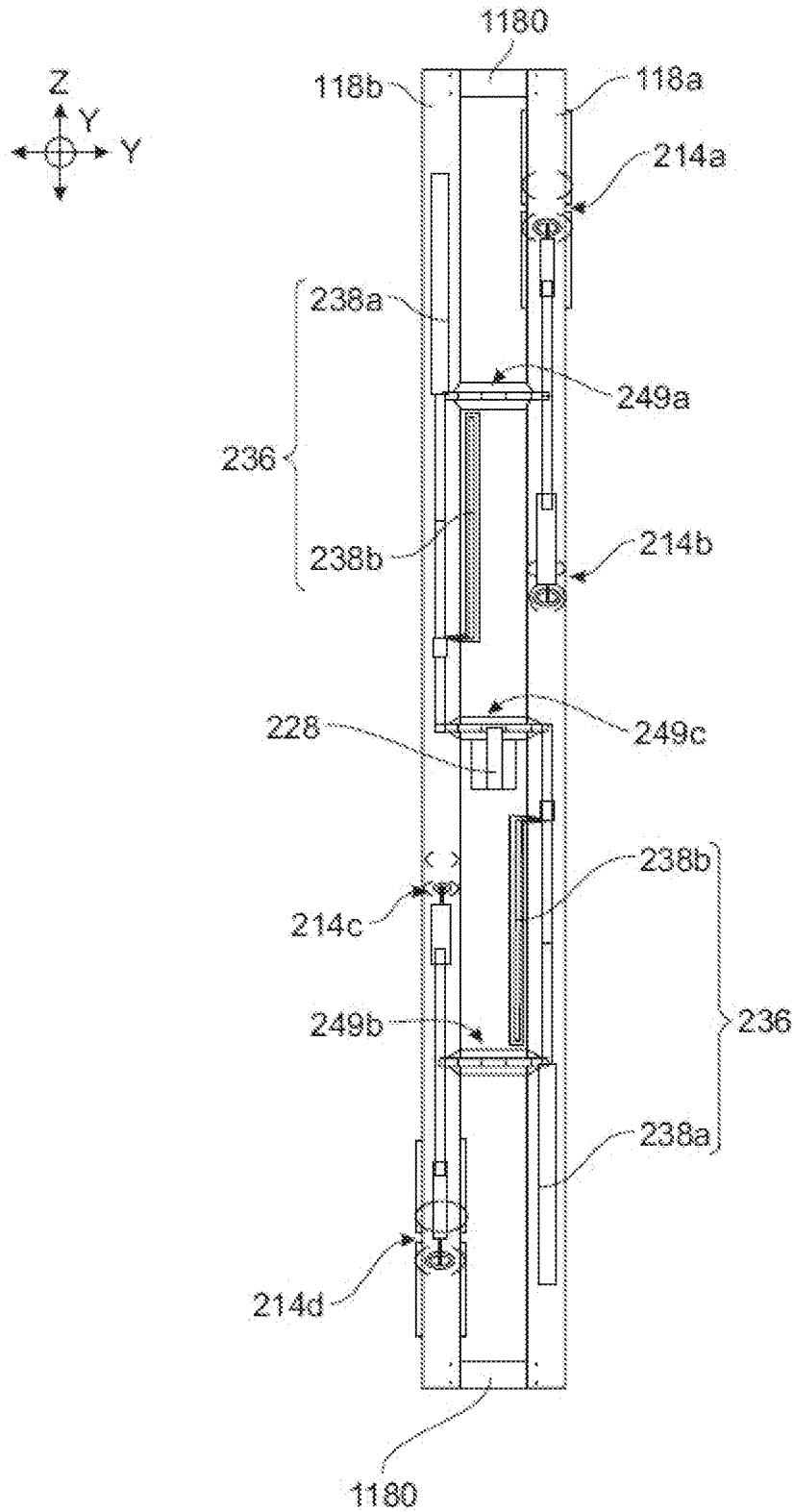
[Fig. 13]



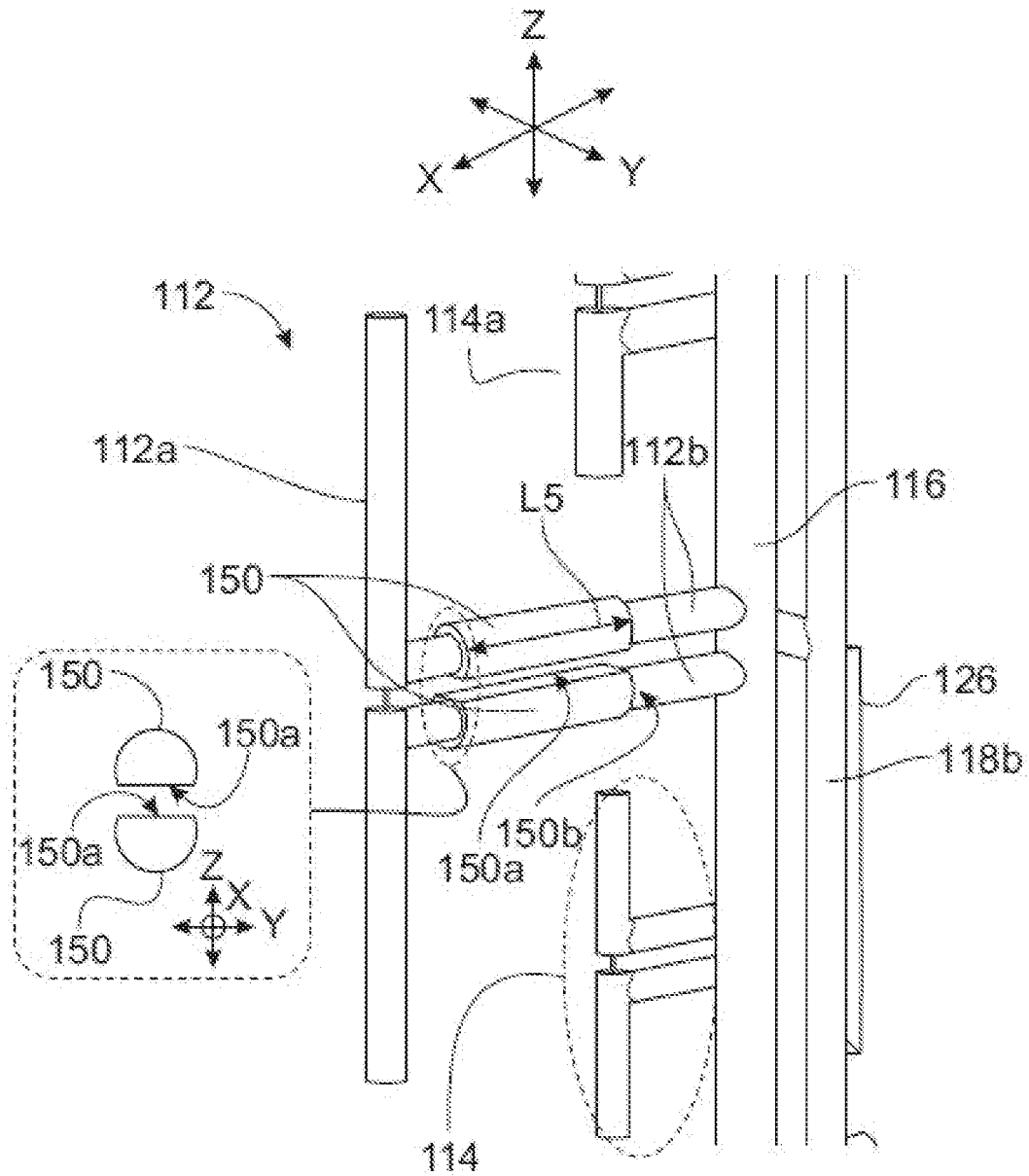
[Fig. 14]



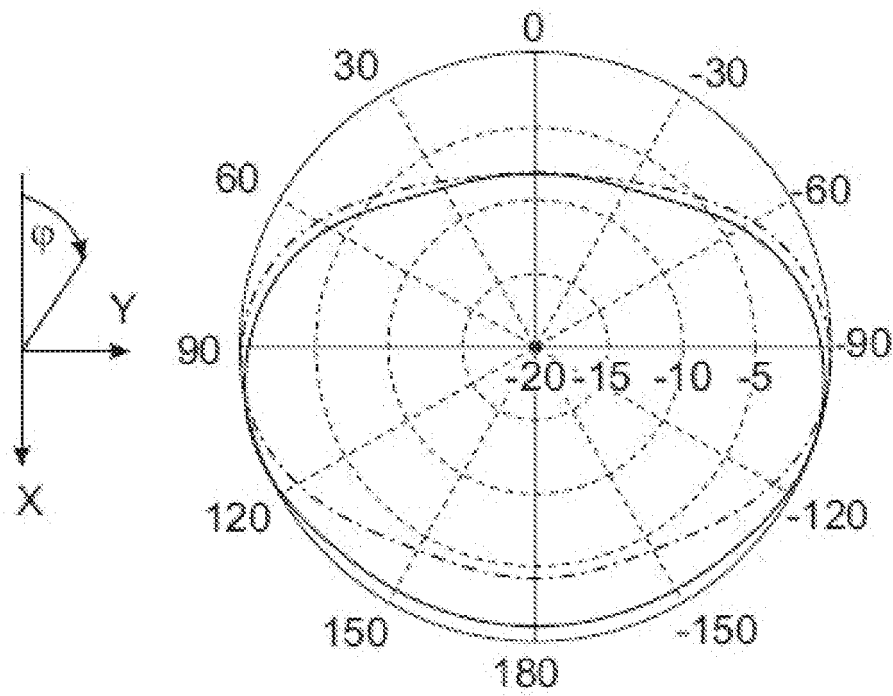
[Fig. 16]



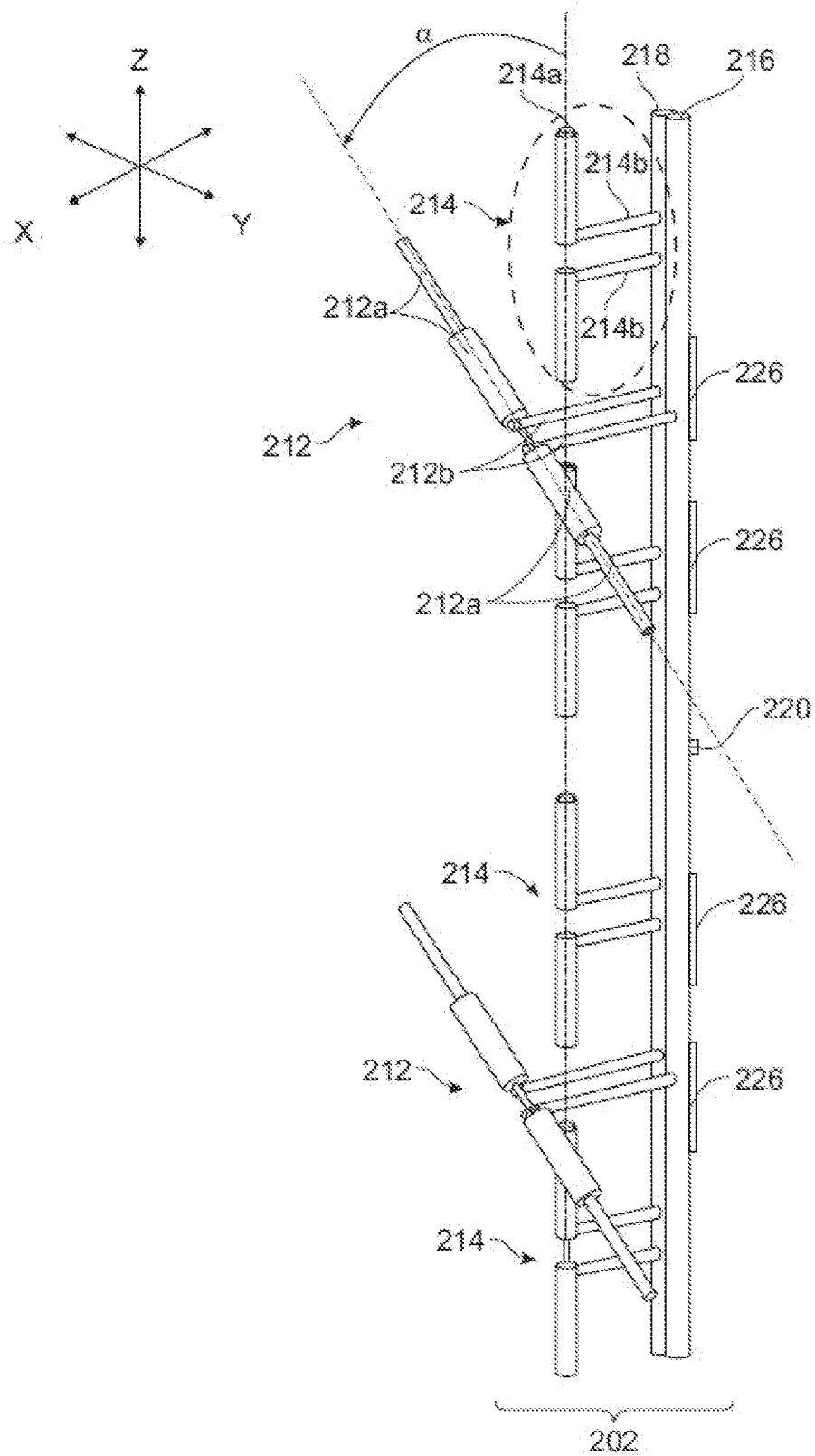
[Fig. 17]



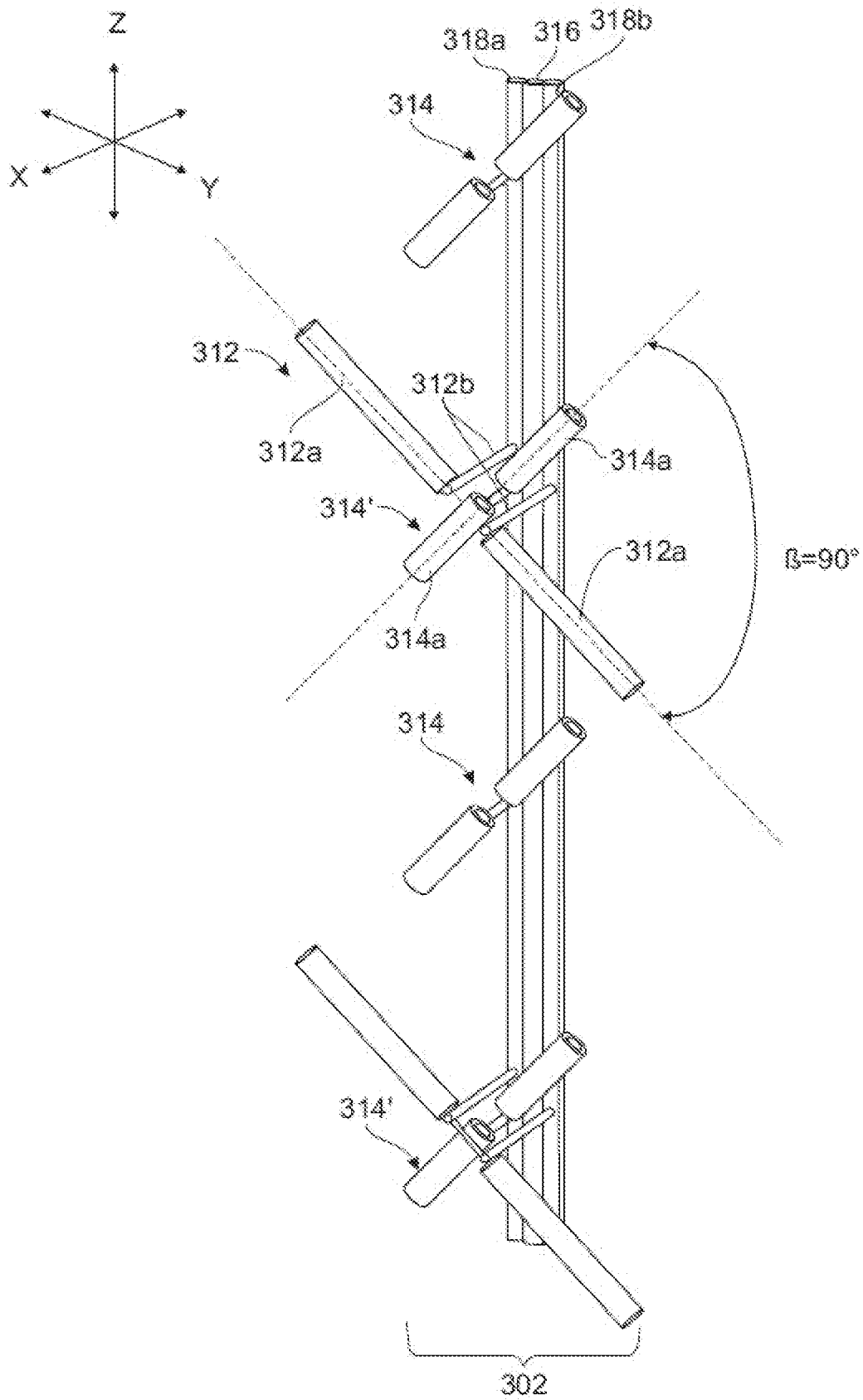
[Fig. 18]



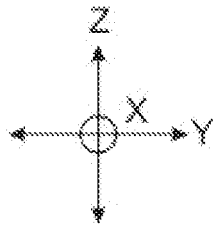
[Fig. 19]



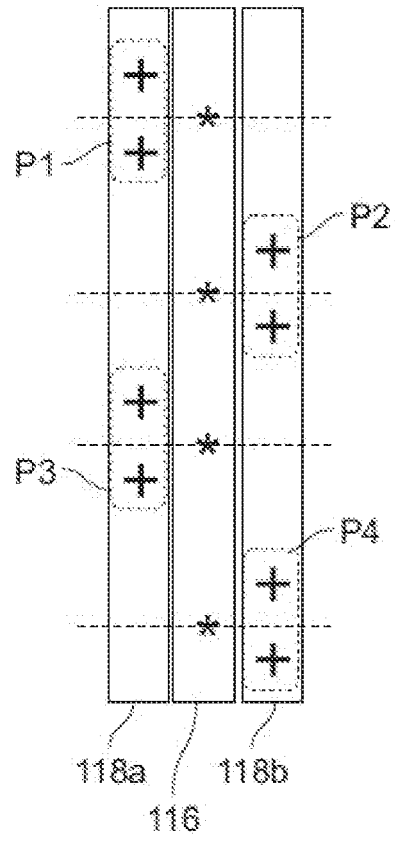
[Fig. 20]



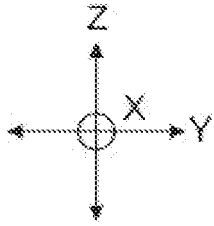
[Fig. 21]



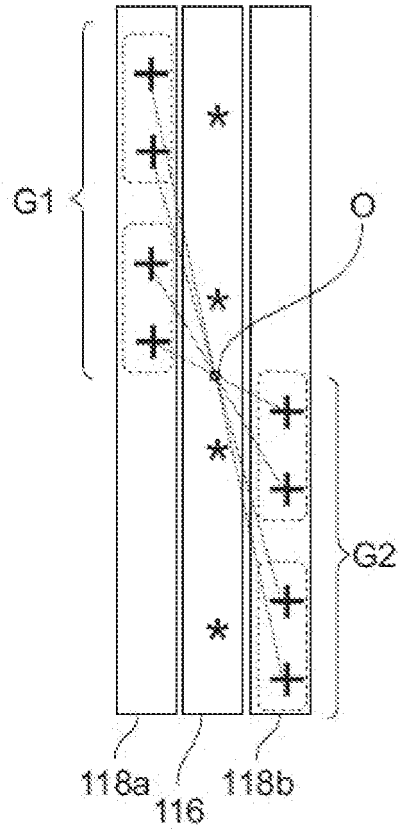
402



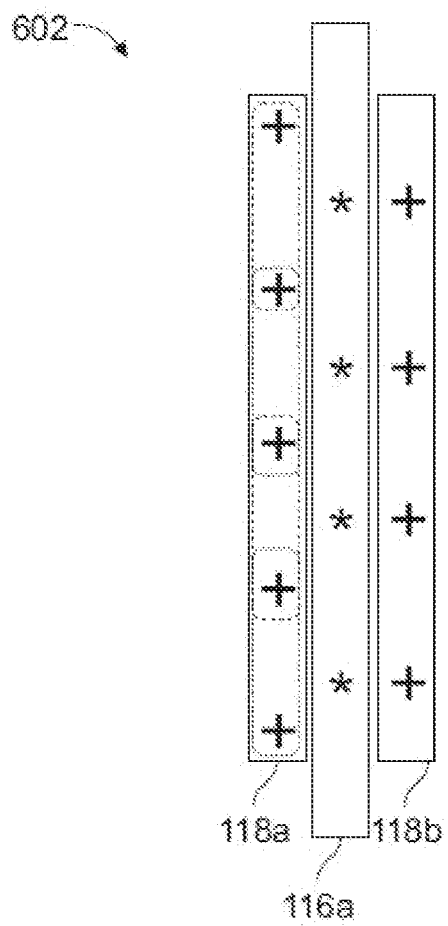
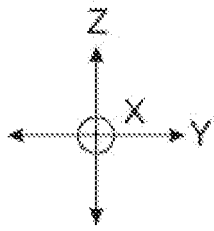
[Fig. 22]



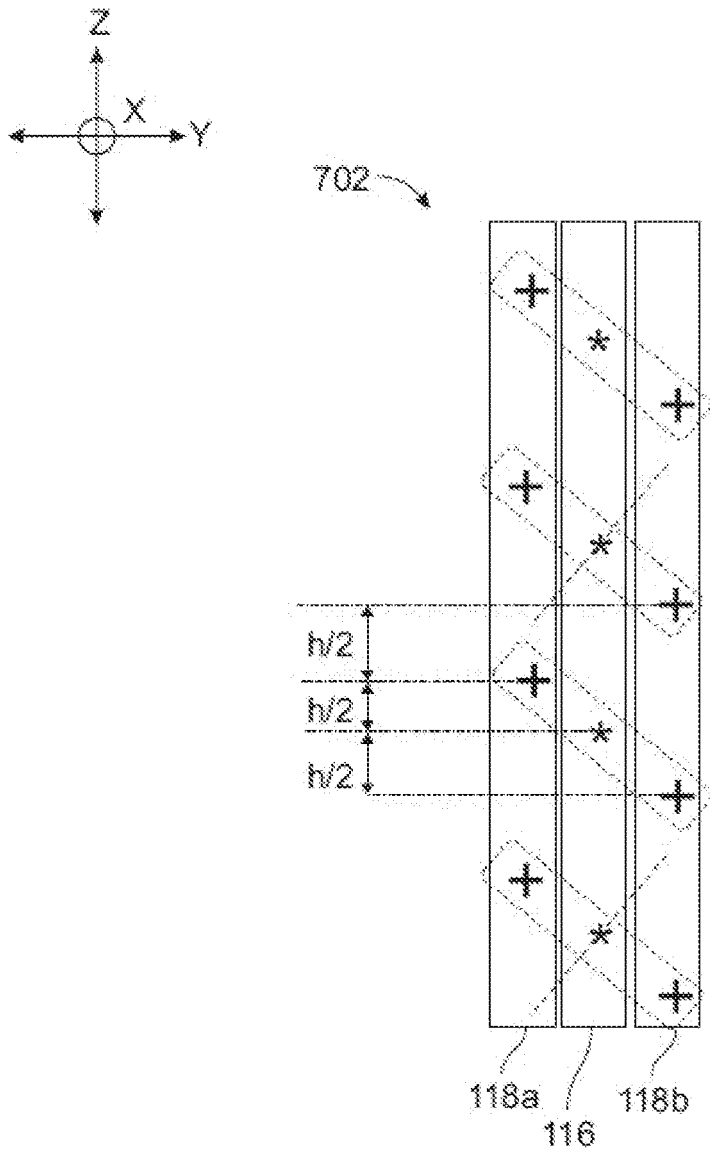
502



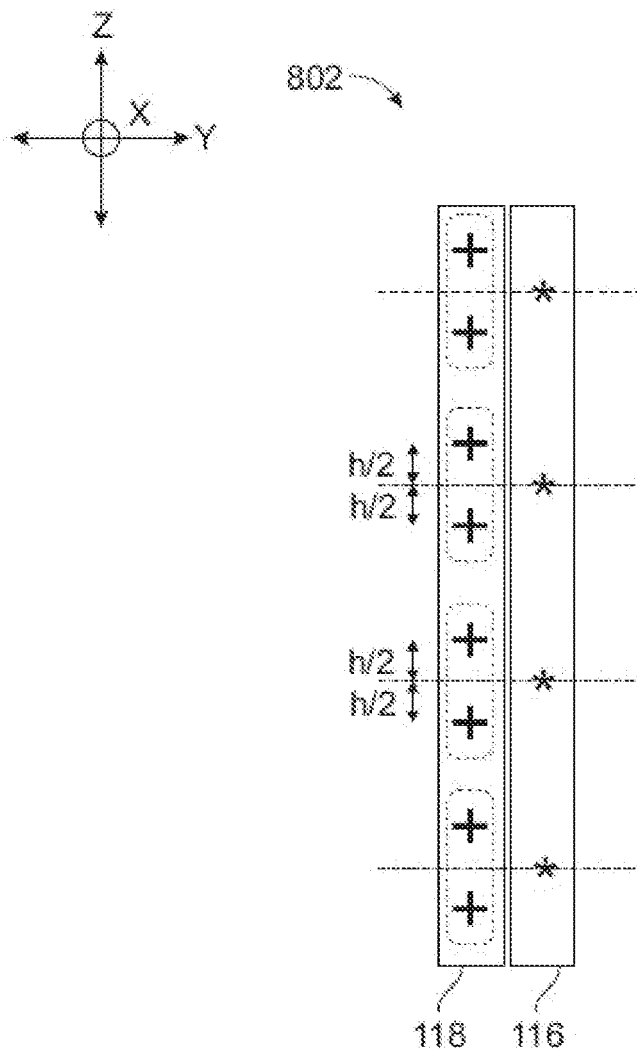
[Fig. 23]



[Fig. 24]



[Fig. 25]



RAPPORT DE RECHERCHE

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

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

☒ Le demandeur a modifié les revendications.

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

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

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

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

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

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

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

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

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

US 5 497 166 A (MAHNAD ALI R [US])
5 mars 1996 (1996-03-05)

FR 2 501 423 A1 (DAPA SYSTEMES [FR])
10 septembre 1982 (1982-09-10)

US 2020/287296 A1 (KWAK BYUNG HWA [KR] ET
AL) 10 septembre 2020 (2020-09-10)

WO 2015/029946 A1 (NIPPON DENGYO KOSAKU KK
[JP]) 5 mars 2015 (2015-03-05)

DE 10 2004 057774 A1 (KATHREIN WERKE KG
[DE]) 1 juin 2006 (2006-06-01)

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

NEANT

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

NEANT