



(19)

(11)

EP 4 420 194 B1

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**11.06.2025 Bulletin 2025/24**

(21) Numéro de dépôt: **22835039.3**(22) Date de dépôt: **14.12.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01Q 1/00 (2006.01)** **H01Q 21/00 (2006.01)**  
**H01Q 21/06 (2006.01)**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01Q 1/002; H01Q 21/0025; H01Q 21/0087;**  
**H01Q 21/064**

(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/EP2022/085823**

(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 2023/111001 (22.06.2023 Gazette 2023/25)**

**(54) ANTENNE ACTIVE NOTAMMENT POUR LE DOMAINE SPATIAL**

AKTIVE ANTENNE, INSBESONDERE FÜR DEN WELTRAUMTECHNIKBEREICH

ACTIVE ANTENNA ESPECIALLY FOR THE SPACE-TECHNOLOGY FIELD

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

(30) Priorité: **15.12.2021 FR 2113575**

(43) Date de publication de la demande:  
**28.08.2024 Bulletin 2024/35**

(73) Titulaires:  

- **Airbus Defence and Space SAS  
31402 Toulouse Cedex 4 (FR)**
- **Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG  
71522 Backnang (DE)**

(72) Inventeurs:  

- **SIMON, Coraline  
31402 Toulouse Cedex 04 (FR)**
- **KIRSCH, Martin  
71522 Backnang (DE)**
- **SCHIEBER, Klaus  
71522 Backnang (DE)**

(74) Mandataire: **Ipside  
6, Impasse Michel Labrousse  
31100 Toulouse (FR)**

(56) Documents cités:  

<b>FR-A1- 2 751 473</b>	<b>FR-A1- 2 881 885</b>
<b>US-A1- 2013 183 913</b>	<b>US-B1- 8 803 759</b>

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

**Description****Domaine technique de l'invention**

**[0001]** L'invention se rapporte au domaine des antennes actives. Elle s'applique plus particulièrement, bien que non limitativement, aux radars et aux systèmes de communication.

**[0002]** L'invention est préférentiellement destinée à une application dans le domaine spatial.

**Technique antérieure**

**[0003]** Les antennes actives actuelles sont conçues afin de répondre à plusieurs impératifs, notamment en termes de compacité et de puissance.

**[0004]** Une antenne active est constituée d'éléments rayonnants reliés à des modules actifs d'émission et/ou de réception d'ondes radiofréquences. Le besoin de compacité est notamment lié aux spécifications radiofréquences qui dictent l'espacement entre deux ouvertures d'émission rayonnantes. Ainsi pour un satellite LEO (acronyme anglais pour « Low Earth Orbit » ou satellite à orbite terrestre basse), le besoin de compacité est généralement plus important que pour un satellite géostationnaire dit GEO (acronyme anglais pour « Geostationary Earth Orbit » ou satellite à orbite terrestre géostationnaire).

**[0005]** Une solution existante consiste à disposer les éléments rayonnants sur une surface conformée, non plane. Un exemple est décrit dans la demande de brevet EP 2 654 121 où la surface conformée est une surface tronconique et les éléments rayonnants sont placés sur plusieurs génératrices.

**[0006]** De plus, au vu de la puissance thermique dissipée par chacun des modules actifs d'émission et/ou de réception d'ondes radiofréquences, l'antenne active doit nécessairement inclure un système de contrôle thermique, apte à maintenir les modules actifs à une température appropriée.

**[0007]** Les documents FR 2 881 885 et FR 2 751 473 décrivent des exemples d'antennes actives comportant des rangées de modules actifs disposées entre des poutres, les poutres étant traversées par un système de refroidissement permettant le refroidissement des modules actifs.

**Présentation de l'invention**

**[0008]** La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités.

**[0009]** A cet effet, il est proposé par la présente invention une antenne active comprenant :

- une portion passive d'un réseau d'antennes prolongée à une extrémité par un plateau dans lequel sont aménagées des ouvertures,
- au moins un ensemble actif d'émission d'ondes ra-

diofréquences RF, dit ensemble, par lesdites ouvertures, chaque ensemble comprenant :

- o une première rangée de modules actifs venant en vis-à-vis d'ouvertures du plateau,
- o une seconde rangée de modules actifs venant en vis-à-vis d'ouvertures du plateau et rattachée à la première rangée de modules actifs,
- o une poutrelle rattachée au plateau et maintenue serrée entre la première rangée de modules actifs et la seconde rangée de modules actifs,
- o un conduit caloporteur en contact avec la première rangée de modules actifs et la seconde rangée de modules actifs et saillant de part et d'autre desdites première et seconde rangées de modules actifs.

**[0010]** La poutrelle d'un ensemble présente un profil biseauté coopérant avec des profils des première et 20 seconde rangées de modules actifs dudit ensemble pour les plaquer contre le plateau. Par profil biseauté, on entend que la poutrelle présente, en section transversale, une forme tronconique, avec sa petite base côté plateau. La première rangée de modules actifs est assemblée fixement à la poutrelle.

**[0011]** Chaque module actif comporte au moins un amplificateur de puissance à état solide, de préférence une pluralité d'amplificateurs de puissance à état solide.

**[0012]** Dans des modes particuliers de réalisation, 30 l'invention répond en outre aux caractéristiques suivantes, mises en œuvre séparément ou en chacune de leurs combinaisons techniquement opérantes.

**[0013]** Dans des modes particuliers de réalisation de l'invention, l'antenne active comporte une pluralité d'ensembles disposés les uns contre les autres, la seconde rangée de modules actifs d'un ensemble étant rattachée à la première rangée de modules actifs d'un ensemble attenant.

**[0014]** Dans des modes particuliers de réalisation de 40 l'invention, des barrettes intercalaires sont disposées entre des secondes rangées de modules actifs d'un des ensembles et des premières rangées de modules actifs d'ensemble attenant.

**[0015]** Dans des modes particuliers de réalisation de 45 l'invention, le nombre de modules actifs par rangée d'un ensemble est croissant d'un bord du plateau de l'antenne jusqu'à un centre du plateau puis décroissant dudit centre du plateau vers un bord opposé. Un tel agencement de modules actifs présente ainsi un motif global proche d'une forme circulaire, et de préférence symétrique, ce qui permet avantageusement d'obtenir une performance radiofréquence améliorée.

**[0016]** Dans des modes particuliers de réalisation de 55 l'invention, pour garantir le positionnement correct des modules actifs de chaque rangée d'un ensemble lors de leur placement sur le plateau, chacun desdits modules actifs comporte des organes d'alignement aptes à cooperator avec des organes d'alignement complémentaires

agencés sur le plateau.

**[0017]** Dans des modes particuliers de réalisation de l'invention, pour garantir le positionnement correct de la poutrelle d'un ensemble lors de son placement sur le plateau, ladite poutrelle comporte des éléments d'alignement aptes à coopérer avec des éléments d'alignement complémentaires agencés sur le plateau.

**[0018]** Une antenne active selon l'invention est avantageusement compacte et permet, grâce aux ouvertures rapprochées sur le plateau, un assemblage dense de modules actifs, donc d'amplificateurs SSPA.

**[0019]** Une telle antenne active est apte à supporter des charges de vibration importantes. Elle propose également la mise en place d'un caloduc en contact avec chacun des modules permettant une régulation thermique efficace des modules actifs malgré leur compacité.

**[0020]** L'invention est également relative à un procédé de montage d'une antenne active conforme à au moins l'un de ses modes de réalisation, comportant une étape d'assemblage d'un ensemble, dit premier ensemble, sur le plateau. Ladite étape comporte :

- l'assemblage de la poutrelle du premier ensemble au plateau,
- l'assemblage de la première rangée de modules actifs du premier ensemble à ladite poutrelle,
- l'assemblage du conduit caloporeur du premier ensemble à ladite première rangée de modules actifs,
- l'assemblage de la seconde rangée de modules actifs du premier ensemble à ladite première rangée de modules actifs.

**[0021]** Les quatre étapes précédentes sont réalisées consécutivement, les unes après les autres.

**[0022]** Dans des modes particuliers de mise en œuvre, l'invention répond en outre aux caractéristiques suivantes, mises en œuvre séparément ou en chacune de leurs combinaisons techniquement opérantes.

**[0023]** Dans des modes particuliers de réalisation de l'invention, le procédé comprend une mise à une pression déterminée de chaque module actif contre le plateau, puis un relâchement après l'assemblage de chaque module actif à la poutrelle ou à un module actif en vis-à-vis.

**[0024]** Dans des modes particuliers de réalisation de l'invention, le procédé de montage comporte une étape d'assemblage d'un autre ensemble, dit deuxième ensemble, attenant au premier ensemble, ladite étape comportant :

- l'assemblage de la poutrelle du deuxième ensemble au plateau,
- l'assemblage de la première rangée de modules actifs du deuxième ensemble à ladite poutrelle et à la deuxième rangée de modules actifs du premier ensemble,
- l'assemblage du conduit caloporeur du deuxième

ensemble à ladite première rangée de modules actifs du deuxième ensemble,

- l'assemblage de la seconde rangée de modules actifs du deuxième ensemble à la première rangée de modules actifs du deuxième ensemble.

**[0025]** Les quatre étapes précédentes sont réalisées consécutivement, les unes après les autres.

**[0026]** Dans des modes particuliers de réalisation de l'invention, le procédé de montage comprend un basculement de la première rangée de modules actifs du deuxième ensemble lors de l'insertion desdits modules actifs entre la seconde rangée de modules actifs du premier ensemble déjà en place et la poutrelle.

**[0027]** Un tel procédé de montage permet un assemblage très dense de modules actifs, malgré un accès limité à chaque module actif.

**[0028]** De plus, l'assemblage de l'ensemble au plateau tel qu'il est proposé permet de supporter des charges de vibration importantes. Une antenne active réalisée ainsi peut ainsi convenir pour une application dans le domaine spatial. Un tel procédé permet d'assembler le deuxième ensemble à la fois à la poutrelle et au premier ensemble.

## 25 Brève description des figures

**[0029]** L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple nullement limitatif, et faite en se référant aux figures suivantes :

**[Fig. 1]** illustre une vue en perspective d'une antenne active selon un exemple de réalisation de l'invention ;

**[Fig. 2]** illustre une autre vue de coté de l'antenne active de la figure 1 ;

**[Fig. 3]** illustre une autre vue de dessus de l'antenne active de la figure 1 ;

**[Fig. 4]** illustre un exemple de réalisation d'un plateau appartenant à une portion active de l'antenne active ;

**[Fig. 5]** illustre un exemple de réalisation d'un module actif appartenant à la portion active de l'antenne active de la figure 1 ;

**[Fig. 6]** illustre une autre perspective du module actif de la figure 5 ;

**[Fig. 7]** illustre une vue de côté d'un assemblage de deux modules actifs d'un ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF de la portion active de l'antenne active de la figure 1 ;

**[Fig. 8]** illustre les étapes d'assemblage d'un premier ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF sur un plateau de l'antenne active ;

[Fig. 9] illustre les étapes d'assemblage d'un deuxième ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF, suite à l'assemblage du premier ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF.

**[0030]** Dans ces figures, des références numériques identiques d'une figure à l'autre désignent des éléments identiques ou analogues. Par ailleurs, pour des raisons de clarté, les dessins ne sont pas à l'échelle, sauf mention contraire.

### Description des modes de réalisation

**[0031]** La présente invention concerne une antenne active.

**[0032]** L'invention est décrite dans le contexte particulier d'un de ses domaines d'application préférés dans lequel l'antenne active est destinée à être embarquée dans un véhicule spatial, tel qu'un satellite, et destinée à émettre et/ou recevoir des signaux radiofréquences (signaux RF), tel que des signaux radars.

**[0033]** Cependant, la description ci-après n'est en aucun cas restrictive et l'antenne active peut avoir d'autres applications ou utilisations, sans se départir du cadre de l'invention.

**[0034]** Une antenne active 100 selon un exemple préféré de réalisation de l'invention est illustrée aux figures 1 à 9.

**[0035]** L'antenne active 100 comporte une portion passive 200, une portion active 400 et un plateau 300 formant interface entre ladite portion passive et ladite portion active.

#### Portion passive 200 :

**[0036]** La portion passive 200 peut comporter de manière classique notamment des guides d'onde, des polariseurs et des ouvertures rayonnantes (non représentés sur les figures).

**[0037]** La portion passive 200 présente une extrémité, dite première extrémité 201, située du côté du plateau 300. La portion passive 200 comporte une autre extrémité, dite seconde extrémité 202. Dans l'exemple des figures, la seconde extrémité 202 est opposée à la première extrémité 201.

**[0038]** Les ouvertures rayonnantes sont disposées au niveau de la seconde extrémité 202. Tel qu'illustré sur les figures 1 à 3, la portion passive 200 comprend un corps 203. Par extension, la première extrémité 201 de la portion passive 200 correspond à une première extrémité du corps 203 et la seconde extrémité 202 de la portion passive 200 correspond à une seconde extrémité du corps 203.

#### Plateau 300 :

**[0039]** La portion passive 200 se prolonge par le pla-

teau sur lequel la portion active 400 est disposée, comme illustré sur les figures 1 à 3. Le plateau 300 est par exemple fixé à la portion passive 200.

**[0040]** Le plateau 300 présente ainsi une face 301 destinée à être en vis-à-vis de la portion active 400.

**[0041]** Dans l'exemple non limitatif des figures 1 à 3, le plateau 300 présente une forme circulaire.

**[0042]** De préférence, le plateau 300 présente un diamètre supérieur au diamètre le plus grand du corps 203. Ainsi le plateau 300 présente une partie périphérique 303, en saillie, formant une collerette formant ainsi un rebord sur lequel un panneau (non représenté sur les figures) du véhicule spatial peut prendre appui et y être fixé.

**[0043]** Le plateau 300 et le corps 203 peuvent être réalisés dans une pièce monobloc.

**[0044]** Le plateau 300 comporte avantageusement des ouvertures 310, comme illustré sur la figure 4. Lesdites ouvertures sont traversantes au moins dans l'épaisseur du plateau 300 et débouche par la face 301.

**[0045]** Les ouvertures 310 sont préférentiellement disposées en au moins deux rangées parallèles. De préférence, les ouvertures 310 sont disposées en une pluralité de rangées parallèles, avec un nombre pair de rangées.

**[0046]** De préférence, les ouvertures 310 disposées sur chaque rangée d'ouvertures sont équidistantes. La distance entre deux ouvertures 310, pour chacune des rangées d'ouvertures, est préférentiellement sensiblement identique.

#### Portion active 400 :

**[0047]** La portion active 400 comporte au moins un ensemble actif d'émission et/ou réception d'ondes radiofréquences RF. On appellera dans la suite de la description un ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF, ensemble.

**[0048]** De préférence, la portion active 400 comporte une pluralité d'ensembles. Chaque ensemble de la portion active 400 comporte les mêmes éléments constitutifs. Un exemple d'ensemble est à présent décrit.

**[0049]** Un ensemble comporte :

- 45 - Deux rangées, dites première et seconde rangées, de modules actifs 410,
- Une poutrelle 450,
- Un conduit caloporeur 460.

**[0050]** Un ensemble ne comporte pas plus de deux rangées de modules actifs 410.

**[0051]** Un ensemble comporte nécessairement un même nombre de modules actifs 410 sur les deux rangées. Chaque module actif 410 de la seconde rangée est destiné à venir sensiblement en vis-à-vis d'un module actif 410 de la première rangée. Chaque rangée de modules actifs 410 d'un ensemble est avantageusement destinée à venir en vis-à-vis d'une rangée d'ouvertures

310 du plateau 300.

**[0052]** Un ensemble peut différer d'un autre ensemble par le nombre de modules actifs 410.

**[0053]** La poutrelle 450 et le conduit calopoteur 460 sont des éléments distincts.

Module actif :

**[0054]** Chaque module actif 410 d'un ensemble comporte au moins un amplificateur de puissance à état solide. Dans la suite de la description, on appellera un amplificateur de puissance à état solide, amplificateur SSPA (de l'anglais « Solid State Power Amplifier »).

**[0055]** Avantageusement, chaque module actif 410 comporte une pluralité d'amplificateurs SSPA.

**[0056]** Dans un exemple préféré de réalisation, tel que celui illustré sur les figures, chaque module actif 410 comporte quatre amplificateurs SSPA.

**[0057]** Chaque module actif 410 se présente sous la forme d'un boîtier 420, à l'intérieur duquel sont disposés les amplificateurs SSPA.

**[0058]** Les boîtiers 420 des modules actifs 410 présentent de préférence une forme identique.

**[0059]** Chaque boîtier, comme illustré sur les figures 5 et 6, présente globalement une forme géométrique parallélépipédique rectangle. Chaque boîtier 420 est par exemple formé de deux coques assemblées entre elles.

**[0060]** Chaque boîtier 420 comporte une première face 421 et une seconde face 422, opposée à la première face 421, deux bords longitudinaux 423 et deux bords latéraux 425, 426.

**[0061]** Chaque boîtier 420 présente :

- une longueur L, entre les deux bords latéraux 425, 426,
- une largeur l, entre les deux bords longitudinaux 423,
- une épaisseur e, entre la première face 421 et la seconde face 422.

**[0062]** Les modules actifs 410 d'un ensemble, lorsqu'ils sont placés sur le plateau 300, sont positionnés de sorte que :

- la première face 421 du boîtier 420 d'un module actif 410 d'une première rangée est en vis-à-vis de la première face 421 du boîtier 420 d'un module actif 410 de la seconde rangée,
- un bord latéral du boîtier 420 de chaque module actif 410, dit premier bord latéral 425, est en vis-à-vis de la face 301 du plateau 300,
- deux modules actifs 410 voisins d'une même rangée sont attenants au niveau d'un bord longitudinal 423 de chaque boîtier.

**[0063]** Avantageusement, comme détaillé par la suite, ces boîtiers ne sont pas fixés au plateau directement par des vis s'insérant perpendiculairement dans le plateau.

En effet une telle disposition des vis pour fixer les modules entraînerait une limitation importante en termes de compacité. Ainsi les boîtiers sont avantageusement fixés, dans l'antenne active selon l'invention, grâce à des vis disposées parallèlement au plan du plateau.

**[0064]** Les modules actifs 410 sont ainsi positionnés perpendiculairement par rapport au plateau 300, assemblés latéralement les uns aux autres sur chaque rangée.

**[0065]** Une telle disposition des modules actifs 410 sur le plateau 300 permet de réduire leur encombrement sur ledit plateau 300, permettant d'augmenter le nombre de modules actifs 410 à positionner sur ledit plateau 300.

**[0066]** Chaque module actif 410 comporte au moins une interface de sortie radiofréquences 427, une interface de sortie RF 427 par amplificateur SSPA.

**[0067]** Ainsi, dans un exemple préféré de réalisation, lorsqu'un module actif 410 comporte quatre amplificateurs SSPA, ledit module actif 410 comporte quatre interfaces de sortie RF 427, comme illustré sur la figure 6.

**[0068]** Les interfaces de sortie RF 427 sont disposées au niveau du premier bord latéral 425 du boîtier, et sont régulièrement réparties sur ledit premier bord latéral.

**[0069]** Dans un exemple de réalisation, les interfaces de sortie RF 427 du module actif 410 se présentent sous la forme de guides d'onde.

**[0070]** Les interfaces de sortie RF 427 d'un module actif 410 sont agencées de sorte que, lorsque ledit module actif 410 est en position sur le plateau 300, chaque interface de sortie RF 427 est destinée à venir respectivement en vis-à-vis d'une ouverture 310 d'une rangée d'ouvertures 310 du plateau 300.

**[0071]** Chaque module actif 410 comporte en outre un joint d'étanchéité disposé autour de chaque interface de sortie RF 427. Ce joint d'étanchéité sera mis en pression avant que le module actif soit définitivement fixé au plateau, après quoi la pression de montage est supprimée. Une presse est par exemple utilisée pour appliquer une pression déterminée nominale propre au joint d'étanchéité. L'invention permet avantageusement de régler avec précision la pression appliquée aux joints d'étanchéité, dans le montage définitif.

**[0072]** Ainsi, dans l'exemple non limitatif de l'invention où le module actif 410 comporte quatre interfaces de sortie RF 427, ledit module actif 410 comporte quatre joints d'étanchéité.

**[0073]** Chaque joint d'étanchéité d'un module actif 410 est agencé autour d'une interface de sortie RF 427 de telle sorte que, lorsque le module actif 410 est en position sur le plateau 300, ledit joint d'étanchéité est disposé autour d'une ouverture 310 d'une rangée d'ouvertures 310 du plateau 300.

**[0074]** Chaque module actif 410 comporte au moins une interface d'entrée radiofréquences 428, une interface d'entrée RF par amplificateur SSPA.

**[0075]** Ainsi, dans un exemple préféré de réalisation, lorsqu'un module actif 410 comporte quatre amplificateurs SSPA, ledit module actif 410 comporte quatre interfaces d'entrée RF 428, comme illustré sur les figures 5

et 6.

**[0076]** Les interfaces d'entrée RF 428 sont disposées au niveau d'un second bord latéral 426 du boîtier 420 et sont régulièrement reparties sur ledit second bord latéral.

**[0077]** Dans un exemple de réalisation, les interfaces d'entrée RF 428 se présentent sous la forme de sorties coaxiales.

**[0078]** De préférence, afin de garantir le positionnement correct des modules actifs 410 lors de leur placement sur le plateau 300, les modules actifs 410 peuvent comporter des organes d'alignement 432, comme illustré sur la figure 6, destinés à coopérer avec des organes d'alignement complémentaires 320 agencés sur le plateau 300, au niveau de la face 301, tel qu'illustré sur la figure 4. Les organes d'alignement 432 d'un module actif 410 sont préférentiellement disposés au niveau du premier bord latéral 425 du boîtier 420 dudit module actif 410.

**[0079]** Dans une forme de réalisation, les organes d'alignement 432 des modules actifs 410 sont des broches d'alignement et les organes d'alignement 432 complémentaires 320 sur le plateau 300 sont des pions de réception. Réciproquement, et sans se départir du cadre de l'invention, les organes d'alignement 432 des modules actifs 410 peuvent être des pions de réception et les organes d'alignement complémentaires 320 sur le plateau 300 sont des broches d'alignement.

**[0080]** De préférence, chaque module actif 410 d'un ensemble comporte des premiers orifices 433 pour la réception d'éléments de fixation, dits premiers éléments de fixation 510. Ces premiers éléments de fixation 510 sont destinés à assembler deux modules en vis-à-vis entre eux d'un même ensemble. Les premiers orifices 433 sont traversants dans l'épaisseur du boîtier 420 du module actif 410.

**[0081]** De préférence, les premiers éléments de fixation 510 sont des éléments de fixation réversibles, c'est-à-dire qu'ils peuvent être installés et retirés si nécessaire.

**[0082]** Dans un exemple préféré de réalisation, les premiers éléments de fixation 510 sont des vis de serrage et les premiers orifices 433 du module actif 410 sont filetés, formant des écrous pour les vis de serrage.

**[0083]** Dans un exemple de réalisation, comme illustré sur les figures 5 et 6, chaque module actif 410 comporte quatre premiers orifices 433.

**[0084]** De préférence, chaque module actif 410 d'un ensemble comporte des deuxièmes orifices 434 pour la réception d'éléments de fixation, dits deuxièmes éléments de fixation 520. Ces deuxièmes éléments de fixation 520 sont destinés à assembler un module actif 410 à la poutrelle 450 dudit ensemble, comme il sera décrit ultérieurement. Les deuxièmes orifices 434 sont traversants dans l'épaisseur du boîtier 420 du module actif 410, et agencés du côté du premier bord latéral 425.

**[0085]** De préférence, les deuxièmes éléments de fixation 520 sont des éléments de fixation réversibles.

**[0086]** Dans un exemple préféré de réalisation, les deuxièmes éléments de fixation 520 sont des vis de

serrage et les deuxièmes orifices 434 du module actif 410 sont filetés, formant des écrous pour les vis de serrage.

**[0087]** Dans un exemple de réalisation, comme illustré sur les figures 5 et 6, chaque module actif 410 comporte deux deuxièmes orifices 434.

#### Poutrelle 450 :

**[0088]** La poutrelle 450 d'un ensemble est avantageusement une poutrelle 450 longitudinale, destinée à être disposée entre deux rangées d'ouvertures 310 dudit plateau 300 et à être maintenue serrée entre la première rangée de modules actifs 410 et la seconde rangée de modules actifs 410.

**[0089]** La poutrelle 450 est avantageusement destinée à :

- être assemblée au plateau 300, en vis-à-vis de la face 301 dudit plateau,
- être assemblée à la première rangée de modules actifs 410,

afin de maintenir en position les modules actifs 410 de la première rangée vis-à-vis du plateau 300 et de la portion passive 200.

**[0090]** De préférence, afin de garantir son positionnement correct sur le plateau 300, la poutrelle 450 peut comporter des éléments d'alignement (non représentés sur les figures) destinés à coopérer avec des éléments d'alignement complémentaires 330 agencés sur le plateau 300. Les éléments d'alignement complémentaires 330 agencés sur le plateau 300 sont disposés entre deux rangées d'ouvertures 310 dudit plateau 300 destinées à recevoir deux rangées de modules actifs 410 d'un ensemble, comme illustré sur la figure 4.

**[0091]** Dans une forme de réalisation, les éléments d'alignement de la poutrelle 450 sont des broches d'alignement et les éléments d'alignement complémentaires 330 sur le plateau 300 sont des pions de réception. Réciproquement, et sans se départir du cadre de l'invention, les éléments d'alignement de la poutrelle 450 peuvent être des pions de réception et les éléments d'alignement complémentaires 330 sur le plateau 300 sont des broches d'alignement.

**[0092]** De préférence, la poutrelle 450 comporte des premiers orifices 451 pour la réception d'éléments de fixation, dits troisièmes éléments de fixation 530. Ces troisièmes éléments de fixation 530 sont destinés à assembler la poutrelle 450 au plateau 300. Les premiers orifices 451 de la poutrelle 450 sont traversants.

**[0093]** En parallèle, le plateau 300 comporte également des premiers orifices 340 pour la réception des troisièmes éléments de fixation 530. Les premiers orifices 340 du plateau 300 s'étendent dans l'épaisseur du plateau 300, depuis la face 301 dudit plateau 300. Les premiers orifices 340 du plateau 300 ne sont préférentiellement pas traversants dans l'épaisseur du plateau

300. Les premiers orifices 340 du plateau 300 sont agencés sur le plateau 300 de telle sorte que, lorsque la poutrelle 450 est en position sur le plateau 300, lesdits premiers orifices 340 du plateau 300 sont en vis-à-vis des premiers orifices de la poutrelle 450.

**[0094]** De préférence, les troisièmes éléments de fixation 530 sont des éléments de fixation réversibles.

**[0095]** Dans un exemple préféré de réalisation, les troisièmes éléments de fixation 530 sont des vis de serrage et les premiers orifices 451, 340 de la poutrelle 450 et du plateau 300 sont filetés, formant des écrous pour lesdites vis de serrage.

**[0096]** De préférence, la poutrelle 450 comporte des deuxièmes orifices 452 pour la réception des deuxièmes éléments de fixation 520. Comme décrit précédemment, les deuxièmes éléments de fixation 520 sont destinés à assembler la poutrelle 450 à un module actif 410. Les deuxièmes orifices 452 de la poutrelle 450 sont traversants.

**[0097]** Les deuxièmes orifices 452 de la poutrelle 450 sont agencés dans la poutrelle 450 de telle sorte que, lorsque la poutrelle 450 et un module actif 410 de la première rangée est en position sur le plateau 300, lesdits deuxièmes orifices de la poutrelle 450 sont en vis-à-vis des deuxièmes orifices 434 dudit module actif.

**[0098]** Dans un exemple préféré de réalisation, les deuxièmes éléments de fixation 520 sont des vis de serrage et les deuxièmes orifices 434 du module actif 410 et de la poutrelle 450 sont filetés, formant des écrous pour les vis de serrage.

**[0099]** La poutrelle 450 présente un profil biseauté. Plus précisément, la poutrelle 450 présente une section transversale trapézoïdale, comme illustré sur la figure 7. La section trapézoïdale de la poutrelle présente notamment un plan de symétrie passant au milieu du trapèze. **[0100]** Un intérêt de cette poutrelle de profil trapézoïdal est qu'en serrant les modules actifs en vis-à-vis, l'un contre l'autre, ils sont plaqués sur le plateau 300, sans nécessiter un serrage par vissage directement dans le plateau. On réalise ainsi un serrage suffisant même sans avoir d'accès pour un vissage directement dans le plateau.

**[0101]** La poutrelle 450 est destinée à être positionnée sur le plateau 300 de telle sorte que sa petite base 453 est disposée face au plateau 300. En d'autres termes, lorsque la poutrelle 450 est en position sur le plateau 300, la poutrelle 450 s'amenuise progressivement en direction du plateau 300.

**[0102]** Les pièces, telles que les poutrelles, sont par exemple réalisées en aluminium, matériau qui présente des caractéristiques mécaniques suffisantes, tout en présentant une masse réduite. Dans un mode de réalisation préféré, comme illustré sur la figure 7, chaque module actif 410 peut présenter, sur toute sa largeur, un renforcement 429 pour la réception d'une partie de la poutrelle 450. Ledit renforcement présente une forme complémentaire d'une partie de la section transversale de la poutrelle 450, de préférence d'une moitié de la

section transversale de la poutrelle 450. En position serrée, un jeu est laissé entre la poutrelle et les modules actifs 410, sur la face de la poutrelle à l'opposé du plateau. On a ainsi un bon contact au niveau des plans inclinés de la poutrelle ce qui garantit une bonne tenue mécanique. Un tel renforcement 429 est pratiqué dans le boîtier 420 des modules actifs 410, au niveau de la première face 421, et s'étend depuis le premier bord latéral 425. Ainsi, lorsque deux modules actifs 410 d'un ensemble sont positionnés en vis-à-vis sur le plateau 300, ceux-ci entourent sensiblement la poutrelle 450. Les premières faces des boîtiers 420 desdits modules actifs sont très rapprochées.

**[0103]** Une telle disposition des modules actifs 410 sur le plateau 300 permet de réduire leur encombrement sur ledit plateau, permettant d'augmenter le nombre de rangées de modules actifs 410 sur le plateau 300.

**[0104]** Une telle antenne active est compacte et permet avantageusement, grâce aux ouvertures rapprochées sur le plateau, un assemblage dense de modules actifs, donc d'amplificateurs SSPA. De plus, la disposition du conduit caloporeur entre les deux rangées de modules actifs permet une régulation thermique efficace des modules actifs malgré leur compacité.

#### Conduit caloporeur 460

**[0105]** L'ensemble comporte en outre un conduit caloporeur 460 destiné à évacuer la chaleur provenant des modules actifs 410.

**[0106]** Le conduit caloporeur 460 est par exemple du type caloduc capillaire.

**[0107]** Le conduit caloporeur 460 comprend par exemple, comme illustré figure 7, au moins un tube allongé 461, creux, et deux plaques longitudinales de support 462, parallèles entre elles et disposées, vis-à-vis du au moins un tube allongé 461, de manière diagonalement opposée. Préférentiellement, le caloduc capillaire comprend deux tubes allongés 461 parallèles disposés entre les deux plaques longitudinales de support 462.

**[0108]** Le conduit caloporeur 460 est agencé pour être avantageusement en contact à la fois avec la totalité des modules actifs 410 de la première rangée et la totalité des modules de la seconde rangée de l'ensemble. Ainsi, dans l'exemple illustré, le conduit caloporeur 460 est agencé de sorte qu'une des deux plaques longitudinales de support 462 est en contact avec la totalité des modules actifs 410 de la première rangée et que l'autre plaque longitudinale de support 462 est en contact avec la totalité des modules actifs 410 de la seconde rangée.

**[0109]** Le conduit caloporeur 460 est préférentiellement saillant de part et d'autre des première et seconde rangées de modules actifs 410.

**[0110]** De préférence, pour maintenir en place le conduit caloporeur 460 contre les modules actifs 410 des deux rangées et garantir le contact thermique entre le conduit caloporeur 460 et lesdits modules actifs, une pâte thermo-conductrice (non représentée sur les figu-

res) est placée entre le conduit caloporeur 460 et les modules actifs 410 des deux rangées. La pâte thermo-conductrice participe avantageusement à la régulation thermique passive des modules actifs 410. La pâte thermo-conductrice peut être auto-durcissante.

**[0111]** Selon un exemple de réalisation, la pâte thermo-conductrice est un composant de la marque MA-PSIL® ou Sigraflex®.

**[0112]** Dans un mode de réalisation préféré, comme illustré sur les figures 6 et 7, chaque module actif 410 peut présenter, sur toute sa largeur, une rainure 430 pour la réception d'une partie du conduit caloporeur 460. De préférence, la rainure 430 présente une forme complémentaire, à un jeu près, d'une partie de la section transversale du conduit caloporeur 460, de préférence d'une moitié de la section transversale du conduit caloporeur 460. Une telle rainure 430 est pratiquée dans le boîtier 420 des modules actifs 410, au niveau de la première face 421. Ainsi, lorsque deux modules actifs 410 d'un ensemble sont positionnés en vis-à-vis sur le plateau 300, ceux-ci entourent sensiblement le conduit caloporeur 460. Les premières faces des boîtiers 420 desdits modules actifs 410 sont ainsi très rapprochées, voire accolées.

**[0113]** Une telle disposition des modules actifs 410 sur le plateau 300 permet de réduire leur encombrement sur l'édit plateau 300, permettant d'augmenter le nombre de rangées de modules actifs 410 sur le plateau 300.

**[0114]** Dans un mode de réalisation, comme illustré sur les figures 1 à 3, la portion active 400 comporte une pluralité d'ensembles, les ensembles étant accolés les uns aux autres parallèlement.

**[0115]** Le plateau 300 comporte une pluralité de rangées d'ouvertures 310, le nombre de rangée d'ouvertures 310 correspondant au moins au nombre de rangées des ensembles. Deux rangées d'ouvertures 310 du plateau 300 sont espacées d'une distance  $d$  permettant l'insertion de deux modules actifs 410 en vis-à-vis, à un jeu près.

**[0116]** Les ensembles sont disposés les uns contre les autres de telle sorte que la seconde face 422 des boîtiers 420 des modules actifs 410 de la seconde rangée d'un ensemble est en vis-à-vis de la seconde face 422 des boîtiers 420 des modules actifs 410 de la première rangée de modules actifs 410 d'un ensemble attenant.

**[0117]** De préférence, les modules actifs 410 de la seconde rangée d'un ensemble et les modules actifs 410 de la première rangée d'un ensemble attenant sont immobilisés les uns par rapport aux autres. Pour permettre une telle immobilisation, chaque module actif 410 comporte des troisièmes orifices 452 pour la réception d'éléments de fixation, dits quatrièmes éléments de fixation 540. Ces quatrièmes éléments de fixation 540 sont destinés à assembler ensemble deux modules actifs 410 en vis-à-vis de deux ensembles attenants. Lesdits troisièmes orifices 452 sont traversants dans l'épaisseur du boîtier 420 du module actif 410.

**[0118]** De préférence, les quatrièmes éléments de fi-

xation 540 sont des éléments de fixation réversibles.

**[0119]** Dans un exemple préféré de réalisation, les quatrièmes éléments de fixation 540 sont des vis de serrage et les troisièmes orifices 452 des modules actifs 410 sont filetés, formant des écrous pour lesdites vis de serrage.

**[0120]** Dans un mode préféré de réalisation, comme illustré sur la figure 7, une barrette intercalaire 600 peut être intercalée entre les modules actifs 410 de la seconde rangée d'un ensemble et les modules actifs 410 de la première rangée d'un ensemble attenant.

**[0121]** La barrette intercalaire 600 est dimensionnée pour être maintenue par friction entre les modules actifs 410 de la seconde rangée d'un ensemble et les modules actifs 410 de la première rangée d'un ensemble attenant, lorsque lesdits modules actifs sont positionnés sur le plateau 300.

**[0122]** Sur une antenne active avec un grand nombre d'ensembles (double rangées), si toutes les rangées étaient fixées entre elles, le montage deviendrait alors trop hyperstatique, les défauts s'accumuleraient, rendant alors le montage impossible. Toutefois la fixation des ensembles entre eux reste avantageuse pour une meilleure résistance aux accélérations latérales. Ainsi les ensembles, de deux rangées chacun, pourront être fixés par exemple trois par trois, quatre par quatre ou cinq par cinq. Ainsi le montage présente une fréquence de résonnance latérale suffisamment élevée, sans toutefois empêcher le montage mécanique.

**[0123]** Les modules actifs ayant par exemple des dimensions extérieures identiques, on ajoute une barrette intercalaire au niveau des zones de contact entre eux, tandis que les modules actifs d'un ensemble de deux rangées à l'autre, ne se trouvent pas en contact.

**[0124]** Pour améliorer la tenue mécanique des ensembles groupés par trois, quatre ou cinq, la barrette intercalaire peut être en matériau rugueux de type Ekagrip® (inox incrusté de micro-diamants). Cela augmente le coefficient de friction entre les ensembles et réduit les efforts dans les vis de serrage.

**[0125]** Dans un mode de réalisation préféré, la portion active 400 peut comporter en extrémité des conduits caloporeurs, d'autres conduits caloporeurs, dits deuxièmes conduits caloporeurs 500. L'ensemble des conduits caloporeurs 460 et des deuxièmes conduits caloporeurs 500 forment un système de contrôle thermique. Dans une configuration préférée, illustrée sur les figures 1 à 3, les modules actifs 410 des ensembles sont positionnés sur le plateau 300 de sorte à présenter un motif global proche d'une forme circulaire, et de préférence symétrique. Un tel motif permet avantageusement d'obtenir une performance radiofréquence améliorée.

**[0126]** Ainsi, le nombre de modules actifs par rangée d'un ensemble est croissant d'un bord B1 du plateau 300 jusqu'au centre C2 du plateau 300 puis décroissant dudit centre du plateau 300 vers un bord opposé B3, comme illustré sur les figures 1 et 3. Dans l'exemple des figures 1 à 3, la portion active 400 comporte 14 ensembles, soit 28

rangées de motifs actifs. 132 modules sont répartis sur ces 28 rangées. Chaque module actif 410 comporte 4 amplificateurs SSPA, soit un total de 528 amplificateurs SSPA.

**[0127]** Une densité typique pour le plateau est par exemple de 5000 à 8000 ouvertures / m<sup>2</sup>.

**[0128]** L'antenne active selon l'invention permet ainsi avantageusement l'assemblage d'une haute densité d'amplificateurs SSPA.

**[0129]** Des tests de vibrations mécaniques ont été réalisés et se sont avérés conformes aux spécifications modales et quasi-statiques. L'antenne active selon l'invention est ainsi parfaitement adaptée pour une installation dans un véhicule spatial, et apte notamment à supporter les charges de vibration inhérente à la phase de lancement.

#### Procédé de montage :

**[0130]** Un exemple de procédé de montage des éléments constitutifs de la portion active 400 sur le plateau 300 est à présent décrite.

**[0131]** De fait du nombre important des modules actifs et de leur motif dense sur le plateau 300, l'assemblage des modules actifs ne peut être réalisé que par le côté.

**[0132]** Le procédé est décrit dans le cas de l'assemblage d'un premier ensemble puis d'un deuxième ensemble, attenant au premier ensemble, comme illustré sur les 1 et 2. Chaque rangée du premier ensemble et du deuxième ensemble comporte de manière non limitative deux modules actifs 410.

**[0133]** Dans l'exemple décrit, chaque module actif 410 comporte un renforcement 429 et une rainure 430.

**[0134]** De préférence, la portion passive 200 de l'antenne active est préalablement assemblée au plateau 300, par exemple par vissage.

**[0135]** Le premier ensemble est assemblé au plateau 300. Le premier ensemble est disposé au plus près d'un bord du plateau 300.

**[0136]** Dans une première étape, comme illustré sur la figure 8 a), la poutrelle 450 du premier ensemble est assemblée au plateau 300.

**[0137]** La poutrelle 450 est positionnée sur le plateau 300 de telle sorte que ses éléments d'alignement coopèrent avec des éléments d'alignement complémentaires 330 du plateau 300, garantissant ainsi le positionnement correct de la poutrelle 450 sur le plateau 300. Les premiers orifices 451 de la poutrelle 450 coïncident ainsi avec des premiers orifices 340 du plateau 300.

**[0138]** Puis la poutrelle 450 est fixée au plateau 300 grâce aux premiers éléments de fixation 510.

**[0139]** Lorsque les premiers éléments de fixation 510 sont des vis de serrage, lesdites vis de serrage sont vissées dans les premiers orifices 451 filetés de la poutrelle 450 puis les premiers orifices 340 filetés du plateau 300, provoquant ainsi l'immobilisation de la poutrelle 450 sur le plateau 300.

**[0140]** Dans une deuxième étape, comme illustré sur

les figures 8 b) et c), les modules actifs 410 de la première rangée sont assemblés à la poutrelle 450.

**[0141]** Dans une première sous-étape, un premier module actif 410 est positionné sur le plateau 300 de telle sorte que ses organes d'alignement 432 coopèrent avec des organes d'alignement complémentaires 320 du plateau 300, garantissant ainsi le positionnement correct du premier module actif 410 sur le plateau 300. Les interfaces de sortie RF 427 du premier module actif 410 coïncident ainsi avec des ouvertures 310 d'une première rangée d'ouvertures du plateau 300. Les joints d'étanchéité du premier module actif 410 entourent lesdites ouvertures du plateau 300. Le renforcement 429 du premier module actif 410 coopère avec la poutrelle 450.

**[0142]** Dans une deuxième sous-étape, un deuxième module actif 410, adjacent au premier module actif 410, est positionné sur le plateau 300. Le deuxième module actif 410 est positionné sur le plateau 300 de telle sorte que ses organes d'alignement 432 coopèrent avec des organes d'alignement complémentaires 320 du plateau 300. Le deuxième module actif 410 se retrouve accolé au premier module actif 410, au niveau d'un des leurs bords longitudinaux 423. Les interfaces de sortie RF 427 du deuxième module actif 410 coïncident ainsi avec d'autres ouvertures 310 de la première rangée d'ouvertures du plateau 300. Les joints d'étanchéité du deuxième module actif 410 entourent lesdites ouvertures du plateau 300. Le renforcement 429 du deuxième module actif 410 coopère avec la poutrelle 450.

**[0143]** Dans une troisième sous-étape, les modules actifs 410 sont fixés à la poutrelle 450. Une pression nominale est d'abord appliquée sur le premier module actif 410 pour mettre en compression les joints d'étanchéité du premier module actif 410. Cette pression nominale est appliquée depuis le second bord latéral 426 et en direction du plateau 300. De préférence, la pression nominale exercée est de l'ordre de 150 N.

**[0144]** Lorsque les joints d'étanchéité dudit premier module actif 410 sont mis en compression, le premier module actif 410 est fixé à la poutrelle 450 grâce aux deuxièmes éléments de fixation 520.

**[0145]** Lorsque les deuxièmes éléments de fixation 520 sont des vis de serrage, chaque vis de serrage traverse la poutrelle 450 puis le premier module actif 410. Chaque vis est ainsi vissée d'abord dans les deuxièmes orifices 452 filetés de la poutrelle 450 puis dans les deuxièmes orifices 434 filetés du premier module actif 410, provoquant ainsi l'immobilisation de la poutrelle 450 sur le plateau 300.

**[0146]** Lorsque lesdits deuxièmes éléments de fixation 520 sont en place, la pression nominale sur le premier module actif 410 est relâchée. Les joints d'étanchéité du premier module actif 410 sont alors positionnés correctement autour des ouvertures 310 respectives du plateau 300.

**[0147]** Une pression nominale est ensuite appliquée sur le deuxième module actif 410 pour mettre en compression les joints d'étanchéité du deuxième module

actif 410, de manière similaire à celle appliquée sur le premier module actif 410. Puis le deuxième module actif 410 est fixé à la poutrelle 450 grâce aux deuxièmes éléments de fixation 520, comme pour le premier module actif 410.

**[0148]** Dans l'exemple de la figure 8.b, deux vis de serrage permettent d'assembler fixement chaque module actif 410 de la première rangée à la poutrelle 450.

**[0149]** Dans cet exemple de mise en œuvre de cette deuxième étape, les modules actifs 410 sont positionnés les uns après les autres puis mis en pression et assemblés à la poutrelle 450 les uns après les autres.

**[0150]** Il est également envisageable en premier lieu de positionner, mettre en pression et d'assembler fixement le premier module actif 410 à la poutrelle 450 puis de positionner, mettre en pression et d'assembler fixement le deuxième module actif 410 à la poutrelle 450.

**[0151]** Il est tout aussi envisageable en premier lieu de positionner tous les modules actifs 410 puis de les mettre en pression simultanément et les assembler fixement à la poutrelle 450.

**[0152]** A l'issue de cette deuxième étape, tous les modules actifs 410 de la première rangée sont fixés à la poutrelle 450.

**[0153]** Dans une troisième étape, comme illustré sur la figure 8 d), le conduit caloporeur 460 est assemblé aux modules actifs 410 de la première rangée.

**[0154]** La pâte thermo-conductrice est déposée sur une partie du conduit caloporeur 460. Dans l'exemple du conduit caloporeur 460 formé par au moins un tube allongé 461 et deux plaques longitudinales de support 462, la pâte thermo-conductrice est déposée sur chacune des plaques longitudinales de support 462. Puis le conduit caloporeur 460 est positionné contre les modules actifs 410 de la première rangée. Le conduit caloporeur 460 est placé de sorte qu'une des plaques longitudinales de support 462 sur laquelle est déposée la pâte thermo-conductrice est placée contre la première face 421 des boîtiers 420 des modules actifs 410 de la première rangée, avec la pâte entre la plaque longitudinale de support 462 et la première face 421 des boîtiers 420 des modules de la première rangée. Le conduit caloporeur 460 est inséré notamment dans la rainure 430 prévue dans la première face 421 des boîtiers 420 des modules actifs 410. Cette étape doit être effectuée tant que la pâte n'est pas complètement durcie.

**[0155]** Lorsque la pâte commence à durcir, elle forme une couche de pâte qui adhère à la fois à la plaque longitudinale de support 462 du conduit caloporeur 460 et aux modules actifs 410 de la première rangée de sorte que le conduit caloporeur 460 et les modules sont solidaires.

**[0156]** La couche de pâte compense avantageusement les différences d'épaisseur entre la première face 421 des boîtiers 420 des modules actifs 410 et la plaque longitudinale de support 462. Ainsi, il est possible de garantir que la pâte thermo-conductrice comble les éventuels interstices entre la plaque longitudinale de support

462 du conduit caloporeur 460 et les modules actifs 410 de la première rangée.

**[0157]** Dans une quatrième étape, comme illustré sur les figures 8 d) et e), les modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble sont assemblés aux modules actifs 410 de la première rangée. Le profil biseauté d'une part du module actif et d'autre part de la poutrelle permet en inclinant le module actif de la seconde rangée du premier ensemble de l'insérer entre le module actif de la première rangée déjà en place et la poutrelle.

**[0158]** Dans une première sous-étape, un premier module actif 410 de la seconde rangée est positionné sur le plateau 300 de telle sorte que ses organes d'alignement 432 coopèrent avec des organes d'alignement complémentaires 320 du plateau 300, garantissant ainsi le positionnement correct du premier module actif 410 sur le plateau 300. Le premier module actif 410 de la seconde rangée est positionné de sorte que la première face 421 de son boîtier 420 est en vis-à-vis de la première face 421 du boîtier 420 du premier module de la première rangée. Les interfaces de sortie RF 427 du premier module actif 410 de la seconde rangée coïncident ainsi avec des ouvertures 310 d'une deuxième rangée d'ouvertures du plateau 300. Les joints d'étanchéité du premier module actif 410 de la seconde rangée entourent lesdites ouvertures du plateau 300. Le renforcement 429 du boîtier 420 du premier module actif 410 de la seconde rangée coopère avec la poutrelle 450. La rainure 430 du boîtier 420 du premier module actif 410 de la seconde rangée coopère avec le conduit caloporeur 460, avec la pâte thermo-conductrice entre l'autre plaque longitudinale de support 462 du conduit caloporeur 460 et ladite rainure 430.

**[0159]** Dans une deuxième sous-étape, le premier module actif 410 de la seconde rangée est fixé au premier module actif 410 de la première rangée.

**[0160]** Une pression nominale est d'abord appliquée sur le premier module actif 410 de la seconde rangée pour mettre en compression les joints d'étanchéité dudit premier module actif 410. Cette pression nominale est appliquée depuis le second bord latéral 426 et en direction du plateau 300. De préférence, la pression nominale exercée est de l'ordre de 150 N.

**[0161]** Lorsque les joints d'étanchéité dudit premier module actif 410 de la seconde rangée sont mis en compression, ledit premier module actif 410 de la seconde rangée est fixé au premier module actif 410 de la première rangée grâce aux premiers éléments de fixation 510.

**[0162]** Lorsque les premiers éléments de fixation 510 sont des vis de serrage, lesdites vis de serrage sont vissées d'abord dans les premiers orifices 433 filetés du premier module actif 410 de la seconde rangée puis dans les premiers orifices 433 filetés du premier module actif 410 de la première rangée, provoquant ainsi l'immobilisation du premier module actif 410 de la seconde rangée avec le premier module actif 410 de la première rangée.

**[0163]** Lorsque lesdits premiers éléments de fixation 510 sont en place, la pression nominale sur le premier module actif 410 de la seconde rangée est relâchée. Les joints d'étanchéité du premier module actif 410 est alors positionné correctement autour des ouvertures 310 respectives du plateau 300.

**[0164]** Dans l'exemple de la figure 8 d), quatre vis de serrage permettent d'assembler fixement le premier module actif 410 de la seconde rangée au premier module actif 410 de la première rangée, deux vis de serrage de part et d'autre du conduit caloporteur 460.

**[0165]** Dans une troisième sous-étape, un deuxième module actif 410 de la seconde rangée, adjacent au premier module actif 410, est positionné sur le plateau 300. Ledit deuxième module actif 410 est positionné sur le plateau 300 de telle sorte que ses organes d'alignement 432 coopèrent avec des organes d'alignement complémentaires 320 du plateau 300. Le deuxième module actif 410 se retrouve accolé au premier module actif 410, au niveau d'un des leurs bords longitudinaux 423. Le deuxième module actif 410 de la seconde rangée est alors positionné de telle sorte que la première face 421 de son boîtier 420 est en vis-à-vis de la première face 421 du boîtier 420 du deuxième module de la première rangée. Les interfaces de sortie RF 427 du deuxième module actif 410 coïncident ainsi avec d'autres ouvertures 310 de la deuxième rangée d'ouvertures du plateau 300. Les joints d'étanchéité du deuxième module actif 410 de la seconde rangée entourent lesdites ouvertures du plateau 300. Le renforcement 429 du deuxième module actif 410 coopère avec la poutrelle 450. La rainure 430 du boîtier 420 du premier module actif 410 de la seconde rangée coopère avec le conduit caloporteur 460, avec la pâte thermo-conductrice entre l'autre plaque longitudinale de support 462 du conduit caloporteur 460 et ladite rainure 430.

**[0166]** Puis le deuxième module actif 410 de la seconde rangée est fixé au deuxième module actif 410 de la première rangée, de manière similaire à la fixation du premier module actif 410 de la seconde rangée avec le premier module actif 410 de la première rangée (voir ci-dessus, la deuxième sous-étape de la quatrième étape).

**[0167]** Dans cet exemple de mise en œuvre de cette quatrième étape, les modules actifs 410 de la seconde rangée sont positionnés, mis en pression et assemblés les uns après les autres.

**[0168]** Il est aussi envisageable en premier lieu de positionner tous les modules actifs 410 de la seconde rangée puis de les mettre en pression simultanément, ou les uns après les autres, et les assembler aux modules actifs en vis-à-vis, appartenant à la première rangée.

**[0169]** A l'issue de cette quatrième étape, le premier ensemble de la portion active 400 est assemblé au plateau 300.

**[0170]** La poutrelle 450 est assemblée fixement au plateau 300. Chaque module actif 410 de la première rangée est assemblé fixement à la poutrelle 450. Les modules actifs 410 de la première rangée ne sont pas

assemblés fixement entre eux. Les modules actifs 410 de la seconde rangée ne sont pas assemblés fixement à la poutrelle 450 mais uniquement aux modules actifs 410 de la première rangée situés en vis-à-vis d'eux. Les modules actifs 410 de la seconde rangée ne sont pas assemblés fixement entre eux.

**[0171]** Le deuxième ensemble de la portion active 400 peut ensuite être assemblé au plateau 300. Le deuxième ensemble est disposé parallèlement au premier ensemble, attenant à celui-ci.

**[0172]** Dans une cinquième étape, la poutrelle 450 du deuxième ensemble est assemblée au plateau 300. La poutrelle 450 du deuxième ensemble est fixée parallèlement à la poutrelle 450 du premier ensemble.

**[0173]** La poutrelle 450 du deuxième ensemble est assemblée de manière similaire à la poutrelle 450 du premier ensemble (voir première étape).

**[0174]** Dans une sixième étape, comme illustré sur les figures 9 a) à c), les modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble sont assemblés à la poutrelle 450 du deuxième ensemble.

**[0175]** Les modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble sont assemblés à la poutrelle 450 du deuxième ensemble de manière similaire à l'assemblage des modules actifs 410 de la première rangée du premier ensemble sur la poutrelle 450 du premier ensemble (voir deuxième étape).

**[0176]** Les interfaces de sortie RF 427 des modules actifs 410 du deuxième ensemble coïncident ainsi avec des ouvertures 310 d'une troisième rangée d'ouvertures du plateau 300.

**[0177]** Lorsque la poutrelle 450 présente une section transversale trapézoïdale, les premiers modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble sont insérés entre les modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble et la poutrelle 450 du deuxième ensemble en inclinant lesdits premiers modules actifs de la première rangée du deuxième ensemble pour introduire d'abord leur premier bord latéral 425, puis en ramenant lesdits modules actifs de la première rangée du deuxième ensemble perpendiculairement au plateau 300.

**[0178]** Dans une étape suivante optionnelle, on peut éventuellement glisser la barrette intercalaire entre la seconde rangée de modules actifs du premier ensemble et la première rangée de modules actifs du deuxième ensemble de façon à ensuite fixer, entre eux, par exemple par les vis 540, les modules actifs de deux ensembles successifs.

**[0179]** Dans une septième étape, comme illustré sur les figures 9 d), le conduit caloporteur 460 du deuxième ensemble est assemblé aux modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble. Cette septième étape est similaire à la troisième étape.

**[0180]** Dans une huitième étape, comme illustré sur les figures 9 d) et e), les modules actifs 410 de la seconde rangée du deuxième ensemble sont assemblés aux modules actifs 410 de la première rangée du premier en-

semble. Cette huitième étape est similaire à la quatrième étape.

**[0181]** Les interfaces de sortie RF 427 des modules actifs 410 du deuxième ensemble coïncident ainsi avec des ouvertures 310 d'une quatrième rangée d'ouvertures du plateau 300.

**[0182]** A l'issue de cette huitième étape, le deuxième ensemble de la portion active 400 est assemblé au plateau 300. La poutrelle 450 est assemblée fixement au plateau 300. Chaque module actif 410 de la première rangée est assemblé fixement à la poutrelle 450. Les modules actifs 410 de la première rangée ne sont pas assemblés fixement entre eux. Les modules actifs 410 de la seconde rangée ne sont pas assemblés fixement à la poutrelle 450 mais uniquement aux modules actifs 410 de la première rangée situés en vis-à-vis d'eux. Les modules actifs 410 de la seconde rangée ne sont pas assemblés fixement entre eux.

**[0183]** Les modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble sont assemblés fixement avec les modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble.

**[0184]** Comme indiqué précédemment dans l'étape optionnelle réalisée avant la septième étape, le procédé peut comporter une étape de positionnement d'une barrette intercalaire 600 entre les modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble et les modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble. Cette étape peut être réalisée après le positionnement des modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble mais avant la fixation desdits modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble aux modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble.

**[0185]** La barrette intercalaire 600 est interposée entre les modules actifs 410 de la seconde rangée du premier ensemble et les modules actifs 410 de la première rangée du deuxième ensemble et est maintenue par friction entre les secondes faces des boîtiers 420 des différents modules actifs 410, reliés entre eux par vissage.

**[0186]** Le procédé de montage précédemment décrit s'applique à l'assemblage de plusieurs ensembles, les ensembles pouvant comporter différents nombres de modules actifs.

**[0187]** La description ci-avant illustre clairement que par ses différentes caractéristiques et leurs avantages, la présente invention atteint les objectifs qu'elle s'était fixés. En particulier, l'invention propose une antenne active compacte, avec un espace réduit entre les modules actifs, donc avec une haute densité d'amplificateurs SSPA, apte à supporter des charges de vibration importantes et autorisant la mise en place d'un caloduc en contact avec chacun des modules.

## Revendications

1. Antenne active (100) comprenant:

- une portion passive (200) d'un réseau d'antennes prolongée à une extrémité (201) par un plateau (300) dans lequel sont aménagées des ouvertures (310),  
- au moins un ensemble actif d'émission d'ondes radiofréquences RF, dit ensemble, par lesdites ouvertures, chaque ensemble comprenant :

- o une première rangée de modules actifs (410) venant en vis-à-vis d'ouvertures (310) du plateau (300),
- o une seconde rangée de modules actifs (410) venant en vis-à-vis d'ouvertures (310) du plateau (300) et rattachée à la première rangée de modules actifs,
- o une poutrelle (450) rattachée au plateau (300) et maintenue serrée entre la première rangée de modules actifs (410) et la seconde rangée de modules actifs (410),
- o un conduit caloporeur (460) en contact avec la première rangée de modules actifs (410) et la seconde rangée de modules actifs (410) et saillant de part et d'autre desdites première et seconde rangées de modules actifs

ladite antenne active (100) étant caractérisée en ce que la poutrelle (450) d'un ensemble présente un profil biseauté configuré pour coopérer avec des profils des première et seconde rangées de modules actifs dudit ensemble pour les plaquer contre le plateau (300).

2. Antenne active (100) selon la revendication précédente comprenant une pluralité d'ensembles disposés les uns contre les autres, la seconde rangée de modules actifs d'un ensemble étant rattachée à la première rangée de modules actifs d'un ensemble attenant.
3. Antenne active (100) selon la revendication 2 dans laquelle des barrettes intercalaires (600) sont disposées entre des secondes rangées de modules actifs d'un des ensembles et des premières rangées de modules actifs d'ensemble attenant, de façon à former des groupes de plusieurs ensembles solidarisés entre eux.
4. Antenne active (100) selon la revendication 2 ou 3, dans laquelle le nombre de modules actifs (410) par rangée d'un ensemble est croissant d'un bord (B1) du plateau (300) jusqu'à un centre (C2) du plateau puis décroissant dudit centre (C2) du plateau vers un bord opposé (B3).
5. Procédé de montage d'une antenne active (100) selon l'une des revendications précédentes comportant une étape d'assemblage d'un ensemble, dit

premier ensemble, sur le plateau (300), ladite étape comportant :

- l'assemblage de la poutrelle (450) du premier ensemble au plateau (300), 5
- l'assemblage de la première rangée de modules actifs (410) du premier ensemble à ladite poutrelle (450),
- l'assemblage du conduit caloporeur (460) du premier ensemble à ladite première rangée de modules actifs (410), 10
- l'assemblage de la seconde rangée de modules actifs (410) du premier ensemble à ladite première rangée de modules actifs. 15

6. Procédé de montage d'une antenne active (100) selon la revendication 5, comprenant une mise à une pression déterminée de chaque module actif contre le plateau, puis un relâchement après l'assemblage de chaque module actif à la poutrelle ou à un module actif en vis-à-vis. 20
7. Procédé de montage selon la revendication 5 ou 6, comportant une étape d'assemblage d'un autre ensemble, dit deuxième ensemble, attenant au premier ensemble, ladite étape comportant : 25

  - l'assemblage de la poutrelle (450) du deuxième ensemble au plateau,
  - l'assemblage de la première rangée de modules actifs (410) du deuxième ensemble à ladite poutrelle et à la seconde rangée de modules actifs (410) du premier ensemble, 30
  - l'assemblage du conduit caloporeur (460) du deuxième ensemble à ladite première rangée de modules actifs (410) du deuxième ensemble,
  - l'assemblage de la seconde rangée de modules actifs (410) du deuxième ensemble à la première rangée de modules actifs (410) du deuxième ensemble. 35

8. Procédé de montage selon la revendication 7, comprenant un basculement de la première rangée de modules actifs (410) du deuxième ensemble lors de l'insertion desdits modules actifs entre la seconde rangée de modules actifs (410) du premier ensemble déjà en place et la poutrelle (450). 40

#### Patentansprüche

##### 1. Aktive Antenne (100), umfassend:

- einen passiven Abschnitt (200) eines Antennennetzwerks, das an einem Ende (201) durch eine Platte (300) verlängert ist, in der Öffnungen (310) angebracht sind,
- mindestens eine aktive Baugruppe zum Sen- 55

den von HF-Hochfrequenzwellen, der Baugruppe, durch die Öffnungen, wobei jede Baugruppe Folgendes umfasst:

- o eine erste Reihe von aktiven Modulen (410) gegenüber Öffnungen (310) der Platte (300),
- o eine zweite Reihe von aktiven Modulen (410) gegenüber Öffnungen (310) der Platte (300) und verbunden mit der ersten Reihe von aktiven Modulen,
- o einen Träger (450), der an der Platte (300) befestigt und zwischen der ersten Reihe aktiver Module (410) und der zweiten Reihe aktiver Module (410) festgehalten wird,
- o ein Wärmeträgerrohr (460), das mit der ersten Reihe aktiver Module (410) und der zweiten Reihe aktiver Module (410) in Kontakt ist und auf beiden Seiten der ersten und zweiten Reihe aktiver Module hervorsteht,

wobei die aktive Antenne (100) **dadurch gekennzeichnet ist, dass** der Träger (450) einer Baugruppe ein abgeschrägtes Profil aufweist, das so eingerichtet ist, dass es mit Profilen der ersten und zweiten aktiven Modulreihe der Baugruppe zusammenarbeitet, um sie gegen die Platte (300) zu drücken.

2. Aktive Antenne (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, die eine Vielzahl von gegeneinander angeordneten Baugruppen umfasst, wobei die zweite Reihe von aktiven Modulen einer Baugruppe der ersten Reihe von aktiven Modulen einer angrenzenden Baugruppe zugeordnet ist. 30
3. Aktive Antenne (100) nach Anspruch 2, wobei Zwischenleisten (600) zwischen zweiten Reihen von aktiven Modulen einer der Baugruppen und den ersten Reihen von angrenzenden aktiven Baugruppen angeordnet sind, um Gruppen von mehreren miteinander verbundenen Baugruppen zu bilden. 35
4. Aktive Antenne (100) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Anzahl der aktiven Module (410) pro Reihe einer Baugruppe von einer Kante (B1) der Platte (300) bis zu einer Mitte (C2) der Platte ansteigt und dann von der Mitte (C2) der Platte hin zu einer gegenüberliegenden Kante (B3) abnimmt. 40
5. Montageverfahren einer aktiven Antenne (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das einen Schritt zur Montage einer Baugruppe, der ersten Baugruppe, auf der Platte (300) umfasst, wobei der Schritt Folgendes umfasst: 50

  - Befestigen des Trägers (450) der ersten Baugruppe an der Platte (300),
  - Zusammenbauen der ersten Reihe von aktiven

Modulen (410) der ersten Baugruppe mit dem Träger (450), - Zusammenbauen des Wärmeträgerrohrs (460) der ersten Baugruppe an der ersten Reihe aktiver Module (410), - Zusammenbauen der zweiten Reihe von aktiven Modulen (410) der ersten Baugruppe mit der ersten Reihe von aktiven Modulen.	5	apertures (310) of the plate (300), o a second row of active modules (410) facing apertures (310) of the plate (300) and attached to the first row of active modules, o a beam (450) attached to the plate (300) and held clamped between the first row of active modules (410) and the second row of active modules (410), o a heat-transfer duct (460) in contact with the first row of active modules (410) and the second row of active modules (410) and jutting out on either side of said first and second rows of active modules,
6. Montageverfahren einer aktiven Antenne (100) nach Anspruch 5, umfassend das Aufbringen eines bestimmten Drucks jedes aktiven Moduls gegen die Platte und anschließendes Lösen nach dem Zusammenbau jedes aktiven Moduls mit dem Träger oder einem gegenüberliegenden aktiven Modul.	10	said active antenna (100) being <b>characterised in that</b> the beam (450) of an assembly has a bevelled profile configured to cooperate with profiles of the first and second rows of active modules of said assembly to press them against the plate (300).
7. Montageverfahren nach Anspruch 5 oder 6, umfassend einen Schritt der Montage einer anderen Baugruppe, der zweiten Baugruppe, die an die erste Baugruppe angrenzt, wobei der Schritt Folgendes umfasst:	15	
- Zusammenbauen des Trägers (450) der zweiten Baugruppe an der Platte, - Verbinden der ersten Reihe von aktiven Modulen (410) der zweiten Baugruppe mit dem Träger und der zweiten Reihe von aktiven Modulen (410) der ersten Baugruppe, - Zusammenbauen des Wärmeträgerrohrs (460) der zweiten Baugruppe mit der ersten Reihe aktiver Module (410) der zweiten Baugruppe, - Zusammenbauen der zweiten Reihe von aktiven Modulen (410) der zweiten Baugruppe mit der ersten Reihe von aktiven Modulen (410) der zweiten Baugruppe.	20	2. Active antenna (100) according to the preceding claim, comprising a plurality of assemblies arranged against one another, wherein the second row of active modules of one assembly is attached to the first row of active modules of an adjoining assembly.
8. Montageverfahren nach Anspruch 7, umfassend ein Kippen der ersten Reihe von aktiven Modulen (410) der zweiten Baugruppe beim Einführen der besagten aktiven Module zwischen der zweiten Reihe von aktiven Modulen (410) der bereits vorhandenen ersten Baugruppe und dem Träger (450).	25	3. Active antenna (100) according to claim 2, wherein intermediate bars (600) are arranged between second rows of active modules of one of the assemblies and first rows of active modules of an adjoining assembly, so as to form groups of several assemblies secured to one another.
	30	4. Active antenna (100) according to claim 2 or 3, wherein the number of active modules (410) per row of one assembly is increasing from one edge (B1) of the plate (300) up to a centre (C2) of the plate and then decreasing from said centre (C2) of the plate towards an opposite edge (B3).
	35	5. Method for mounting an active antenna (100) according to one of the preceding claims, comprising a step of assembling an assembly, called first assembly, on the plate (300), said step comprising:
	40	- assembling the beam (450) of the first assembly to the plate (300), - assembling the first row of active modules (410) of the first assembly to said beam (450), - assembling the heat-transfer duct (460) of the first assembly to said first row of active modules (410), - assembling the second row of active modules (410) of the first assembly to said first row of active modules.
	45	6. Method for mounting an active antenna (100) ac-
Claims		
1. Active antenna (100) comprising:		
- a passive portion (200) of an antenna array extended at one end (201) by a plate (300) in which apertures (310) are formed, - at least one active assembly for transmitting RF radiofrequency waves, called assembly, through said apertures, each assembly comprising:	50	
o a first row of active modules (410) facing	55	

cording to claim 5, comprising setting at a determined pressure of each active module against the plate, then relieving after assembly of each active module to the beam or to an opposite active module.

5

7. Mounting method according to claim 5 or 6, comprising a step of assembling another assembly, called second assembly, adjoining the first assembly, said step comprising:

10

- assembling the beam (450) of the second assembly to the plate,
- assembling the first row of active modules (410) of the second assembly to said beam and to the second row of active modules (410) of the first assembly,
- assembling the heat-transfer duct (460) of the second assembly to said first row of active modules (410) of the second assembly,
- assembling the second row of active modules (410) of the second assembly to the first row of active modules (410) of the second assembly.

15

8. Mounting method according to claim 7, comprising tilting the first row of active modules (410) of the second assembly upon insertion of said active modules between the second row of active modules (410) of the first assembly already in place and the beam (450).

20

25

30

35

40

45

50

55

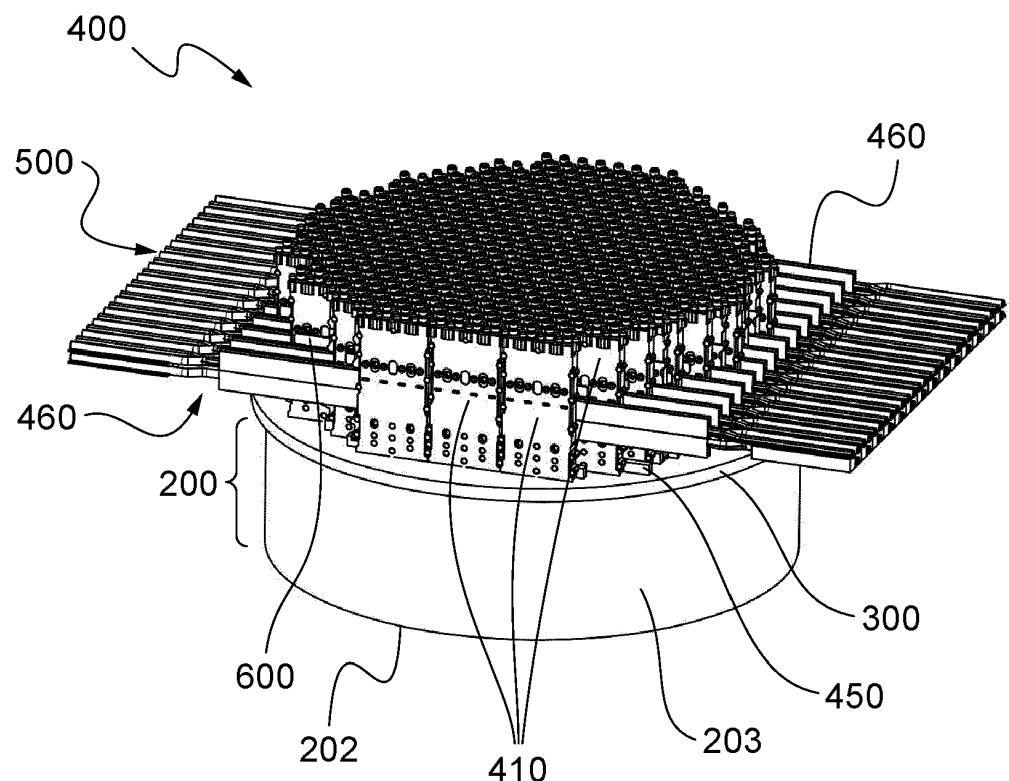


Fig.1

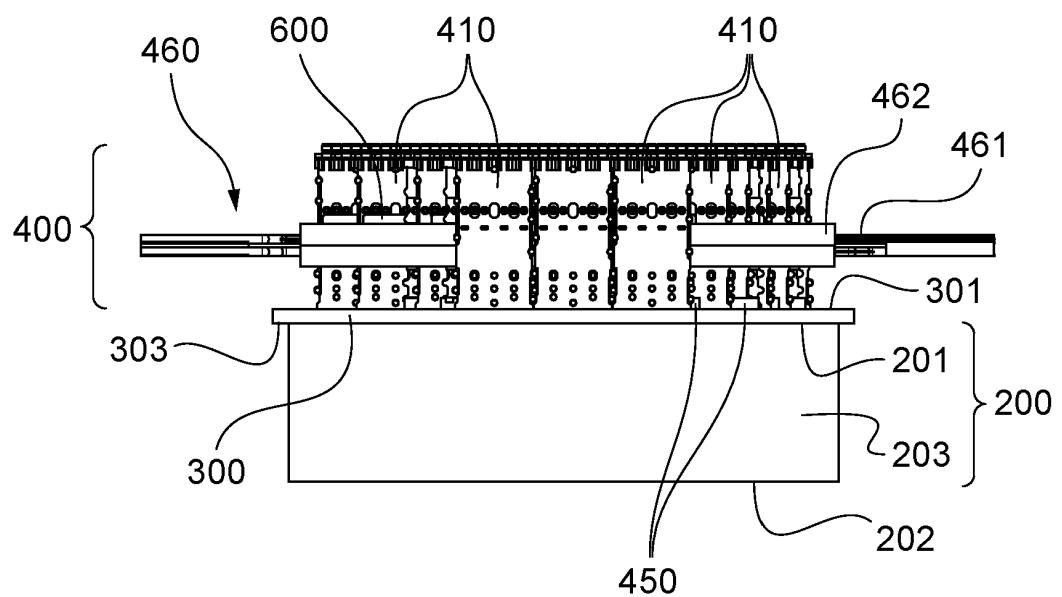


Fig.2

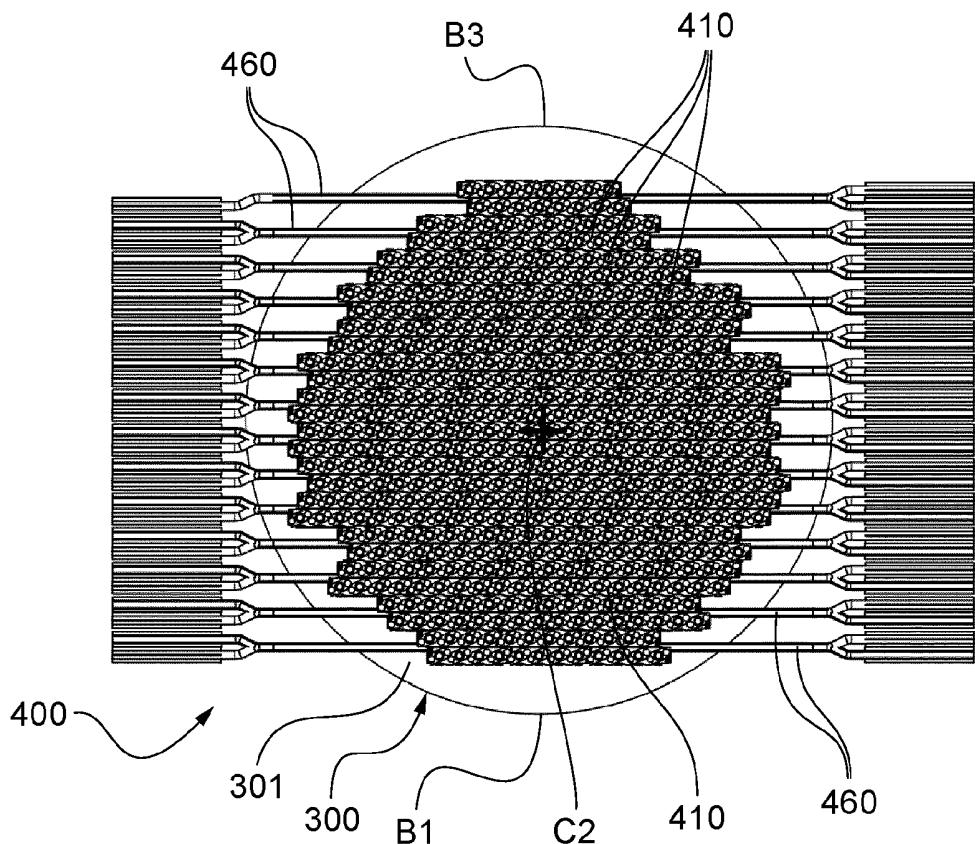


Fig.3

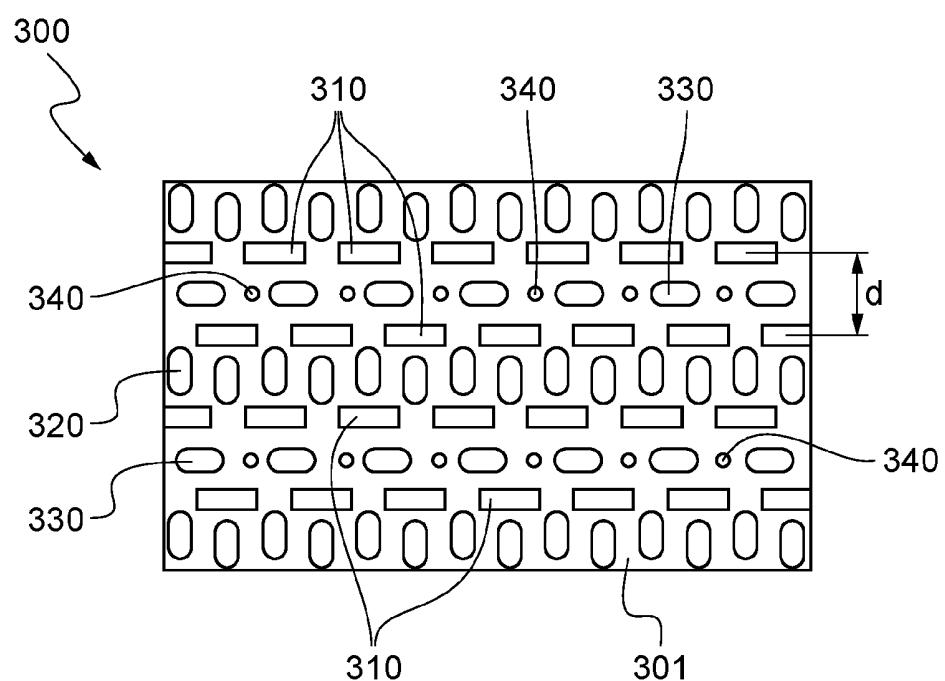


Fig.4

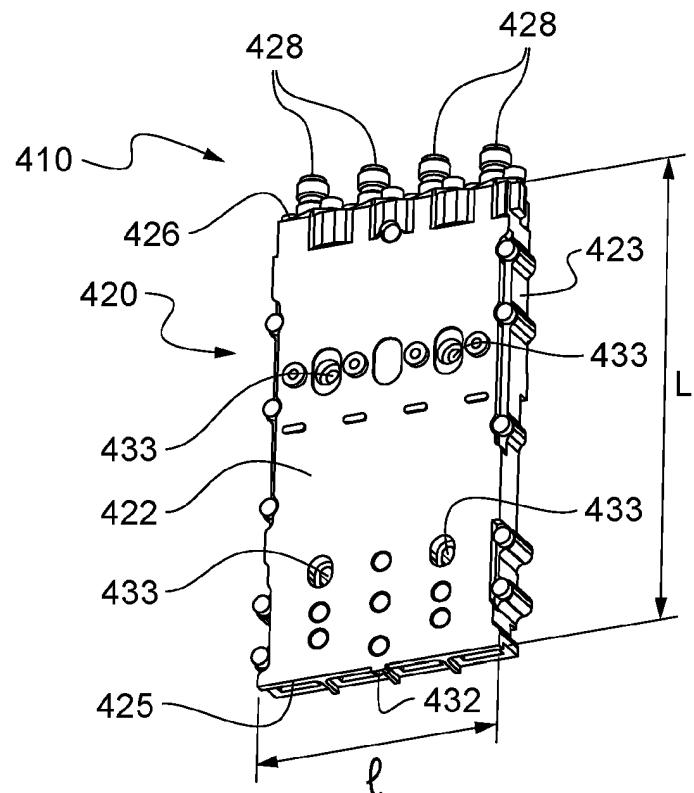


Fig.5

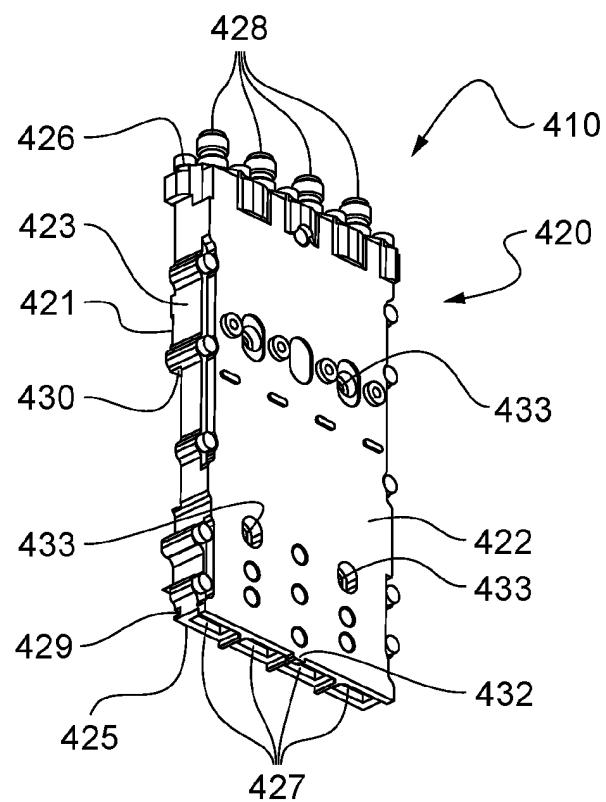


Fig.6

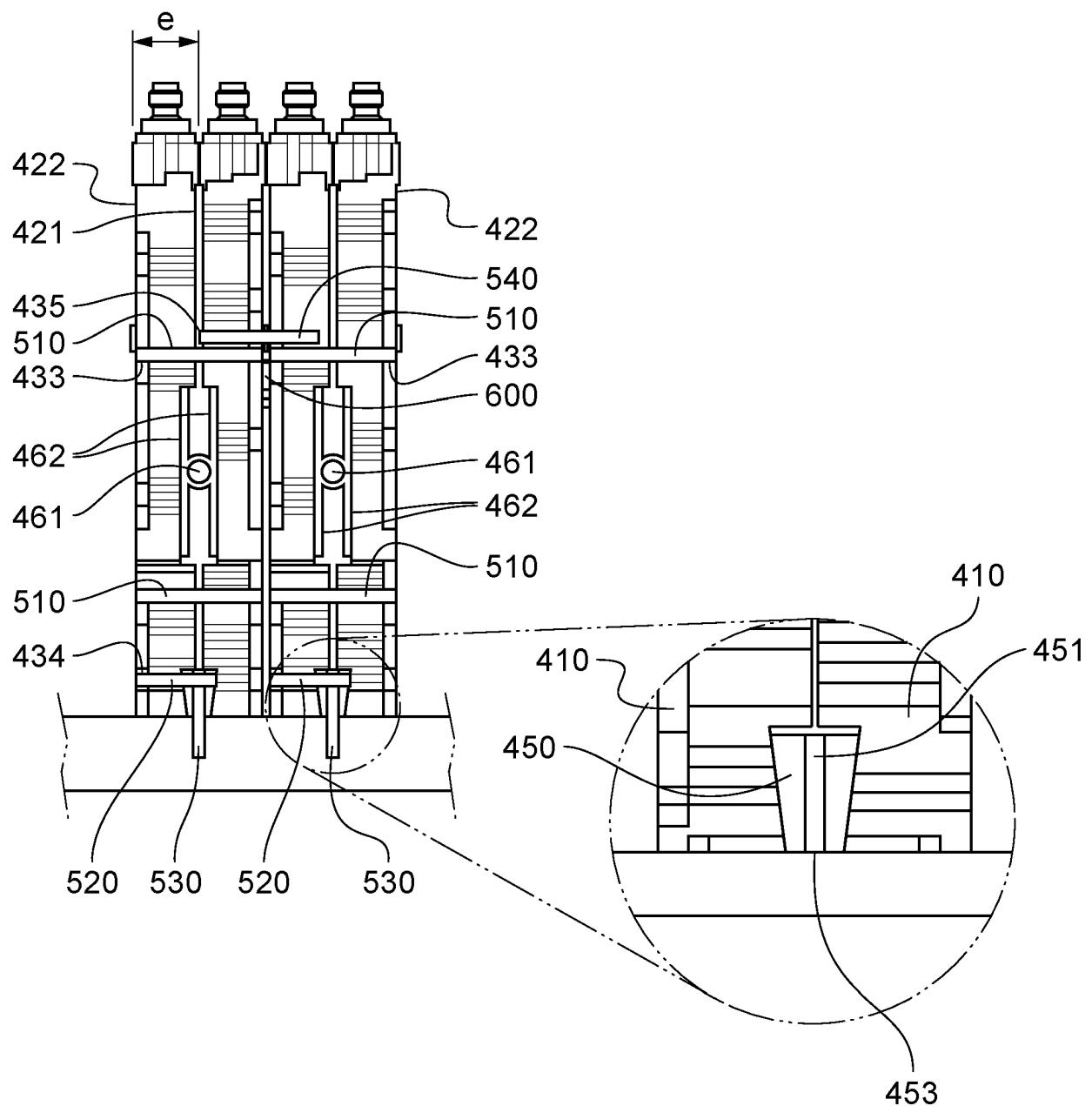


Fig.7

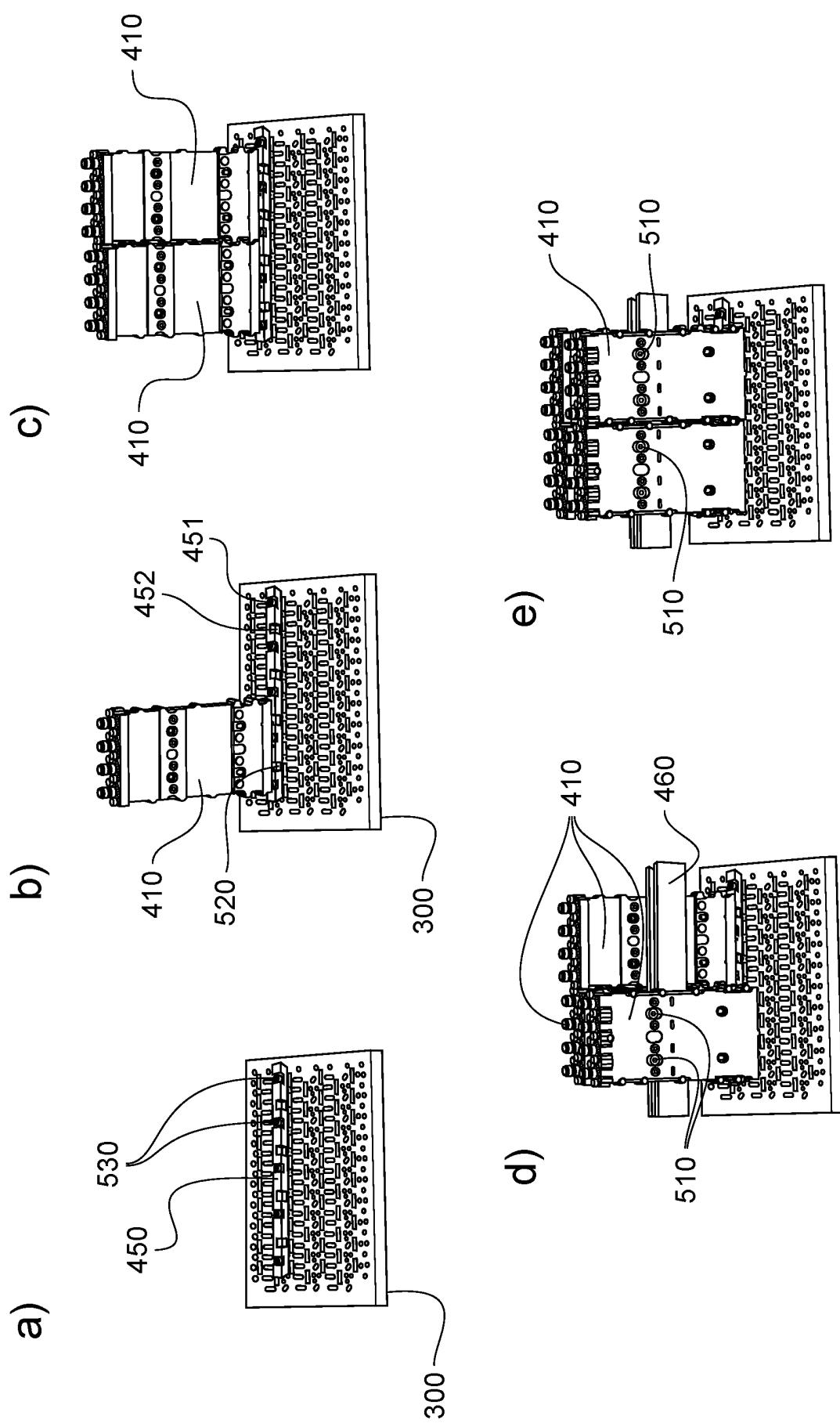


Fig. 8

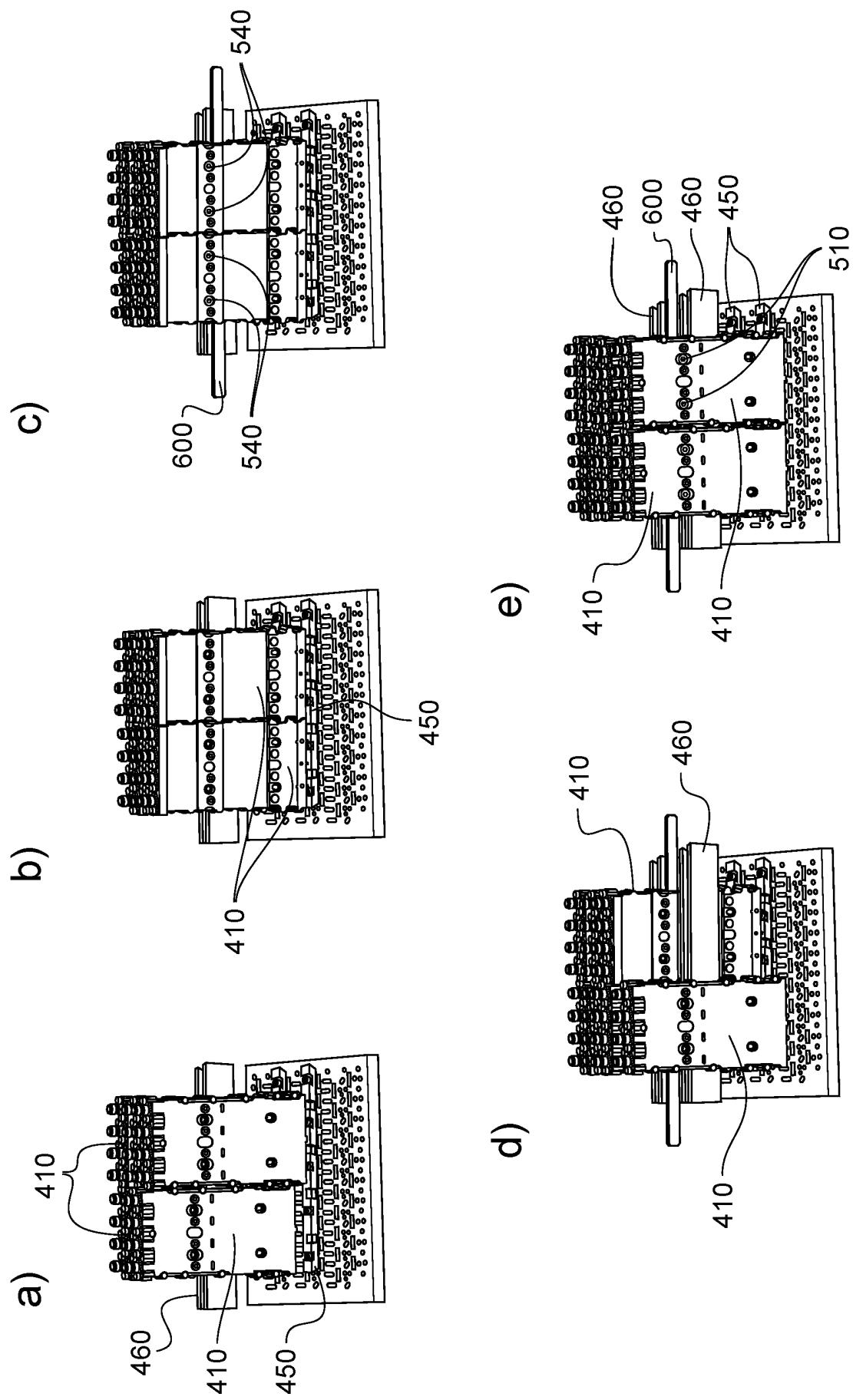


Fig.9

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- EP 2654121 A [0005]
- FR 2881885 [0007]
- FR 2751473 [0007]