

(19)



(11)

**EP 2 706 613 B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**22.11.2017 Bulletin 2017/47**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 1/24 (2006.01) H01Q 3/40 (2006.01)**  
**H01Q 25/00 (2006.01) H01Q 5/28 (2015.01)**

(21) Numéro de dépôt: **12306096.4**

(22) Date de dépôt: **11.09.2012**

(54) **Antenne multibande à inclinaison électrique variable**

Mehrfachband-Antenne mit variabler elektrischer Inklination

Multi-band antenna with variable electrical tilt

(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 MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Date de publication de la demande:  
**12.03.2014 Bulletin 2014/11**

(73) Titulaire: **ALCATEL LUCENT**  
**92100 Boulogne-Billancourt (FR)**

(72) Inventeur: **Harel, Jean-Pierre**  
**22305 Lannion (FR)**

(74) Mandataire: **Berthier, Karine et al**  
**Alcatel-Lucent International**  
**Patent Business**  
**Site Nokia Paris Saclay**  
**Route de Villejust**  
**91620 Nozay (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A1- 0 395 239 JP-A- 2000 223 924**

- **HOSSEIN HABIBIFAR, SAEID REZA SEYDNEJAD: "A broadband beamforming method based on frequency band decomposition", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS ENGINEERING, 22 décembre 2010 (2010-12-22), - 24 décembre 2010 (2010-12-24), pages 92-97, XP002689687,**
- **S. EJAZ, M. J. MUGAHL, O. M. KHAN, M. SHABIR: "Design and analysis of butler matrix for planar array applications", PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL BHURBAN CONFERENCE ON APPLIED SCIENCES AND TECHNOLOGY, 10 janvier 2011 (2011-01-10), - 13 janvier 2011 (2011-01-13), pages 15-21, XP002689688,**

**EP 2 706 613 B1**

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

**[0001]** La présente invention se rapporte au domaine des antennes de télécommunications transmettant des ondes radioélectriques dans le domaine des hyperfréquences au moyen d'éléments rayonnants. Il s'agit de systèmes d'antennes adaptés pour une utilisation dans de nombreux systèmes de télécommunications, et notamment pour une application dans les réseaux cellulaires de radiocommunications mobiles. Elle concerne en particulier une antenne-panneau de station de base, à large bande et à double polarisation, dont l'inclinaison électrique est ajustable.

**[0002]** Une zone de couverture est généralement divisée en un certain nombre de cellules, chacune associée à une station de base et une antenne respective. Les réseaux cellulaires de radiocommunications mobiles utilisent des antennes multiéléments ("Array Antenna" en anglais) qui comprennent un réseau d'éléments rayonnants individuels tels que des dipôles. On entend ici par antenne-panneau, un alignement d'éléments rayonnants fonctionnant dans un domaine de fréquence donné et comportant son propre système d'alimentation. Les antennes-panneaux possèdent généralement un connecteur d'accès par bande de fréquence et par polarisation.

**[0003]** La modification de l'angle vertical du faisceau principal de l'antenne, également connu sous le nom "tilt", permet d'ajuster la zone de couverture de l'antenne. L'angle d'inclinaison de l'antenne peut être ajusté électriquement en changeant le retard temporel ou la phase du signal envoyé ou reçu par chaque élément rayonnant du réseau formant l'antenne, c'est ce qu'on appelle l'inclinaison électrique réglable ou variable. Dans la configuration habituelle, un seul système de commande de l'inclinaison électrique variable VET (pour "Variable Electrical Tilt" en anglais) réalise le pilotage de l'inclinaison dans le plan vertical de l'antenne pour toute la bande de fréquence disponible pour chaque polarisation. Si le spectre de fréquence disponible doit être divisé en plusieurs bandes de fréquence étroites, l'introduction de diplexeurs devient nécessaire. Néanmoins, si le diplexeur est placé à l'accès du système de commande de l'inclinaison électrique VET, l'inclinaison électrique de l'antenne ne peut pas être réglée indépendamment pour chaque bande de fréquence étroite.

**[0004]** Une solution concernant la possibilité de commander l'inclinaison électrique variable VET par bande de fréquence est de connecter un diplexeur à chaque élément rayonnant, et d'utiliser un système d'alimentation de l'inclinaison électrique variable VET pour chaque bande à contrôler. On entend par diplexeur un dispositif passif qui réalise un multiplexage permettant de mélanger/séparer les signaux dans des bandes de fréquences différentes selon le sens dans lequel il est monté. Dans le cas présent le diplexeur se comporte comme deux filtres fonctionnant dans des bandes de fréquence différentes avec un de leur accès mis en commun. Un tel

diplexeur permet à l'élément rayonnant auquel il est relié de fonctionner en même temps dans les deux bandes de fréquences associées aux deux systèmes d'alimentation connectés au diplexeur, que ce soit en transmission ou en réception. Il existe plusieurs technologies de réalisation de ces diplexeurs dont le poids, le volume, les performances et le coût sont variables.

**[0005]** Si le nombre d'éléments rayonnants est important, il ne sera pas possible d'utiliser des diplexeurs dits "haute performance" (utilisant des résonateurs à cavité à air par exemple) en raison du volume, du poids, et du coût que ce type d'appareil peut représenter. Par conséquent, des diplexeurs de type à taille réduite sont choisis, comme par exemple des diplexeurs utilisant des lignes microrubans formées sur des substrats à constante diélectrique de valeur élevée (par exemple en céramique) ou utilisant des techniques d'ondes acoustiques de surface SAW (pour "Surface Acoustic Wave" en anglais). Les performances de ces diplexeurs de taille réduite sont diminuées par rapport à celles des diplexeurs utilisant par exemple des résonateurs de type à cavité à air. Les pertes IL (pour "Insertion Loss" en anglais), l'adaptation d'impédance RL (pour "Return Loss" en anglais) et l'isolation entre les bandes de fréquence vont impacter de manière importante les performances RF globales de l'antenne. En outre, un réseau d'alimentation complet dédié à chaque bande, et pour chaque polarisation, à contrôler est nécessaire. Selon la technologie utilisée pour assurer ces fonctions, cela peut être rédhibitoire en raison du volume, du poids et du coût que les besoins d'un diplexeur unitaire et d'un réseau d'alimentation par bande de fréquence peuvent représenter. Document D1: EP0395239A1 décrit un système de formation de faisceau comportant quatre entrées, chacune de ces entrées recevant un signal de fréquence  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  et  $f_4$  déterminée. Le signal de fréquence  $f_1$  traverse un réseau de formation de faisceau avec éléments à retard, et une matrice Butler reliée aux éléments rayonnants.

**[0006]** Document D2: JP2000223924A décrit un système d'alimentation pour une station base mobile avec inclinaison électrique ajustable. Les décompensations entre les signaux de chaque sous-bande sont corrigées en appliquant un déphasage différent par canal.

**[0007]** D3: XP002689687 divulgue la séparation d'un signal multibande en plusieurs sous-bandes pour des réseaux de formation de faisceaux. Ceci permet la commande indépendante de chaque sous-bande.

**[0008]** D4: XP002689688 divulgue un exemple de matrice Butler à quatre ports composée de deux coupleurs hybrides à l'étage d'entrée, deux à l'étage de sortie et deux à l'étage intermédiaire.

**[0009]** La présente invention a pour but d'éliminer les inconvénients de l'art antérieur, et en particulier de proposer un système d'alimentation unique et simple permettant d'alimenter l'ensemble d'une l'antenne à large bande et de commander individuellement l'inclinaison électrique variable VET dans le plan vertical de cette antenne pour chaque bande de fréquence étroite.

**[0010]** L'objet de la présente invention est un système d'alimentation pour la commande de l'inclinaison électrique variable dans le plan vertical des éléments rayonnants en réseau d'une antenne multibande selon la revendication 1. Selon un premier aspect, le module est relié à une paire d'éléments rayonnants par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance et d'au moins une ligne à retard fixe. De préférence la sortie du module est reliée à l'entrée d'un diviseur de puissance, l'une des sorties du diviseur de puissance étant reliée à un premier élément rayonnant et l'autre sortie du diviseur de puissance étant reliée à une ligne à retard fixe reliée à un second élément rayonnant.

**[0011]** Selon un deuxième aspect, le système comprend un nombre de modules qui est inférieur au nombre N de sorties de la matrice de Butler. De préférence le nombre de modules est égal à N-1.

**[0012]** Selon une première variante, la matrice de Butler comprend N coupleurs hybrides, N étant un nombre pair, dont N/2 coupleurs hybrides appartenant à un premier groupe et N/2 coupleurs hybrides appartenant à un deuxième groupe. De préférence la matrice de Butler comprend N entrées reliées aux N/2 coupleurs hybrides du premier groupe, chaque coupleur hybride du premier groupe comportant deux sorties et chaque sortie étant respectivement reliée à un coupleur hybride différent d'un deuxième groupe.

**[0013]** Selon une deuxième variante, la matrice de Butler comprend N+N/2 coupleurs hybrides, N étant un nombre pair, dont N/2 coupleurs hybrides appartenant à un premier groupe, N/2 coupleurs hybrides appartenant à un deuxième groupe et N/2 coupleurs hybrides appartenant à un troisième groupe. De préférence la matrice de Butler comprend N entrées reliées à N/2 coupleurs hybrides d'un premier groupe, chaque coupleur hybride du premier groupe comportant deux sorties, une première sortie étant directement reliée à un coupleur hybride d'un deuxième groupe et la seconde sortie étant reliée à un coupleur hybride du deuxième groupe par l'intermédiaire d'un coupleur hybride du troisième groupe.

**[0014]** L'invention concerne l'art du couplage de circuits pour le phasage des signaux. Plus particulièrement, cette invention se rapporte au contrôle de phase des antennes multiéléments phasées. Chaque élément rayonnant de l'antenne multiélément phasée traite un signal qui est déphasé par rapport aux signaux traités par les autres éléments rayonnants dans l'antenne. La raison de cela est qu'un champ de rayonnement combiné développé par une antenne multiélément phasée en un point éloigné est la somme vectorielle des champs de rayonnement produits par les éléments rayonnants individuels dans l'antenne phasée. En commandant correctement les phases respectives des signaux traités par les éléments d'antenne multiélément phasée, il est possible de concentrer un champ de rayonnement combiné très fortement dans une direction souhaitée, et dans une forme du diagramme rayonnant souhaitée.

**[0015]** Ce système a comme avantage de permettre

de partager une antenne large bande entre plusieurs utilisateurs (c'est-à-dire une antenne comportant plusieurs entrées) et/ou entre plusieurs bandes de fréquence plus étroites.

5 **[0016]** Ce système permet une inclinaison électrique indépendante pour chaque bande de fréquence étroite avec un réseau d'alimentation unique. L'inclinaison électrique variable VET dans le plan vertical du diagramme de rayonnement de l'antenne est contrôlée de façon indépendante pour chaque bande de fréquence. Un seul système d'alimentation est nécessaire, quel que soit le nombre de bandes de fréquence.

10 **[0017]** Les accès de l'antenne ne sont pas spécifiques à une bande de fréquence prédéterminée, c'est-à-dire qu'un signal entrant dans une bande de fréquence donnée peut être relié à n'importe lequel des connecteurs d'entrée. Le nombre d'accès est indépendant du nombre de bandes de fréquence pouvant être commandé par inclinaison électrique variable VET.

20 **[0018]** L'invention a aussi pour objet un procédé de commande de l'inclinaison électrique variable dans le plan vertical des éléments rayonnants en réseau d'une antenne multibande au moyen d'un système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'inclinaison électrique est ajustée de manière indépendante pour chaque bande de fréquence au moyen d'un module, reliant la matrice de Butler aux éléments rayonnants, qui comprend un déphaseur variable sur le trajet du signal dans chaque bande de fréquence.

25 **[0019]** D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation, donné bien entendu à titre illustratif et non limitatif, et dans le dessin annexé sur lequel

- la figure 1 illustre le principe d'une matrice de Butler 4X4 sans ligne à retard,
- la figure 2 illustre un premier mode de réalisation d'un système d'alimentation pour quatre éléments rayonnants d'antenne dans lequel les inclinaisons dans quatre bandes de fréquence sont indépendamment commandées,
- la figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation d'un système d'alimentation d'antenne qui est une variante simplifiée du mode de réalisation de la figure 3,
- la figure 4 illustre un troisième mode de réalisation d'un système d'alimentation pour huit éléments rayonnants d'antenne dans lequel les inclinaisons dans quatre bandes de fréquence sont indépendamment commandées,
- la figure 5 illustre un quatrième mode de réalisation d'un système d'alimentation pour huit éléments rayonnants d'antenne dans lequel les inclinaisons dans deux bandes de fréquence sont indépendamment commandées,
- la figure 6 illustre un cinquième mode de réalisation

d'un système d'alimentation pour huit éléments rayonnants d'antenne dans lequel les inclinaisons dans n bandes de fréquence indépendamment commandées.

**[0020]** La figure 1 est une illustration d'une matrice de Butler. En 1961, Jesse Butler et Ralf Lowe ont proposé une topologie disruptive d'un système d'alimentation d'une antenne qui permet la génération directe de faisceaux multiples d'antenne à éléments rayonnants en réseau. A l'origine, destiné aux radars de surveillance et d'altimétrie, ce principe d'alimentation est aujourd'hui largement utilisé dans de nombreuses applications.

**[0021]** Cette configuration d'alimentation d'antenne utilise principalement des coupleurs hybrides connus et des lignes à retard. Une matrice de Butler permet de produire M faisceaux en utilisant M (ou M-1) connecteurs d'entrée. Il s'agit d'un dispositif passif réciproque hyperfréquence qui est un agencement de coupleurs hybrides avec N entrées et N sorties, où N est en général une puissance de 2. Plus généralement, une matrice de Butler à  $2^N$  entrées est constituée de  $N2^{N-1}$  coupleurs hybrides et  $(N-1)2^{N-1}$  déphaseurs, soit un total de  $(2N-1)2^{N-1}$  composants. Le nombre de croisements imposé par la topologie spécifique des matrices de Butler est de  $2^{N-1}(2^N-N-1)$ .

**[0022]** Prenons l'exemple d'une matrice de Butler 2x2 connue. Lorsque la première entrée est utilisée, un signal de phase de  $0^\circ$  est envoyé au premier élément rayonnant alors qu'un signal de phase  $-90^\circ$  est envoyé au second élément rayonnant. Ce déphasage de  $90^\circ$  entre les deux signaux est dû à des coupleurs hybrides  $-3\text{dB}$  qui divisent les signaux d'entrée en deux signaux ayant la moitié de l'énergie initiale et une phase de sortie qui est décalée de  $90^\circ$  l'un par rapport à l'autre. Par conséquent, en utilisant la première entrée, le diagramme de réseau présente une certaine inclinaison d'angle  $\theta$ , et en utilisant la seconde entrée le diagramme de réseau présente une certaine inclinaison d'angle  $-\theta$ .

**[0023]** Sur la figure 1 est illustré un exemple d'une matrice de Butler 1 dite 4X4, ne comportant pas de ligne à retard. La matrice de Butler 1 est destinée à alimenter quatre éléments rayonnants 2A-2D d'antenne, et comprend quatre entrées 3A-3D et quatre sorties 4A-4B. Chacune des quatre sorties 4A-4B est reliée à chaque élément rayonnant 2A-2D respectivement. La matrice de Butler comprend aussi quatre coupleurs hybrides  $-3\text{dB}$  5A-5D, les coupleurs hybrides 5A et 5B d'un premier groupe étant reliés respectivement aux coupleurs hybrides 5C et 5D d'un deuxième groupe par des liaisons 6A et 6B d'une part et par des liaisons 6C et 6D d'autre part. Un commutateur de premier étage 7 est habituellement utilisé avant les entrées 4A-4B pour permettre de sélectionner l'entrée à alimenter.

**[0024]** Lorsque l'entrée 3A est utilisée, la présence du coupleur hybride 5A sur le trajet du signal divise le signal d'entrée en deux signaux, chacun ayant la moitié de l'énergie, avec une phase de sortie décalée de  $90^\circ$  pour

un signal par rapport l'autre. Le coupleur hybride 5A produit ainsi d'une part un signal de phase  $0^\circ$  qui est envoyé au coupleur hybride 5C par la liaison 6A, et un signal de phase  $90^\circ$  qui est envoyé au coupleur hybride 5D par la liaison 6B. Le coupleur hybride 5C introduit à son tour un retard électrique qui entraîne un déphasage du signal de phase  $0^\circ$  entré par la liaison 6A. L'élément rayonnant 2B reçoit à son entrée 4B un signal qui est déphasé de  $90^\circ$  par rapport au signal d'entrée et par rapport au signal reçu par l'élément rayonnant 2A à son entrée 4A.

**[0025]** De même, lorsque l'entrée 3C est utilisée, le coupleur hybride 5B produit ainsi d'une part un signal de phase  $0^\circ$  qui est envoyé au coupleur hybride 5C par la liaison 6C, et un signal de phase  $90^\circ$  qui est envoyé au coupleur hybride 5D par la liaison 6D. Le coupleur hybride 5D introduit à son tour un retard électrique qui entraîne un déphasage supplémentaire de  $90^\circ$  du signal entré par la liaison 6D. L'élément rayonnant 2C reçoit à son entrée 4C un signal déphasé de  $90^\circ$  par rapport au signal d'entrée et l'élément rayonnant 2D reçoit à son entrée 4D un signal déphasé de  $180^\circ$  par rapport au signal d'entrée.

**[0026]** A chacune des quatre sorties 4A-4D de la matrice de Butler 1, on recueille un signal sortant ayant le quart de l'énergie du signal entrant. Les déphasages observés à la sortie 4A-4B de la matrice de Butler 1 en fonction de l'entrée 3A-3D choisie sont reportés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU

	4A	4B	4C	4D
3A	$0^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$
3B	$90^\circ$	$180^\circ$	$0^\circ$	$90^\circ$
3C	$90^\circ$	$0^\circ$	$180^\circ$	$90^\circ$
3D	$180^\circ$	$0^\circ$	$90^\circ$	$0^\circ$

**[0027]** On constate alors que si l'on souhaite que tous les éléments rayonnants en réseau soient alimentés avec la même phase, il est nécessaire d'introduire des retards électriques compensatoires à l'entrée des éléments rayonnants 2A, 2B, 2C et 2D. Par exemple, dans le cas de l'utilisation de l'entrée 3A, des retards électriques de  $180^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $90^\circ$  et  $0^\circ$  doivent être introduits à l'entrée des éléments rayonnants 2A, 2B, 2C et 2D respectivement pour compenser le déphasage observé à la sortie de la matrice de Butler 1 (cf. la première ligne du tableau). La phase résultante observée à l'entrée de chaque élément rayonnant 2A-2D sera alors la même, et sera décalée de  $180^\circ$  par rapport au signal d'entrée:  $0^\circ+180^\circ=180^\circ$  (élément 2A);  $90^\circ+90^\circ=180^\circ$  (élément 2B);  $90^\circ+90^\circ=180^\circ$  (élément 2C);  $180^\circ+0^\circ=180^\circ$  (élément 2D).

**[0028]** Mais il faut noter que la même combinaison de retards ne permet pas d'obtenir une alimentation en phase de tous les éléments rayonnants si l'une des trois

autres entrées **11A-11D** est utilisée, la combinaison de retards à appliquer est spécifique à chaque entrée **11A-11D**. Par exemple, dans le cas de l'utilisation de l'entrée **3B**, il serait nécessaire d'ajouter des retards électriques compensatoires de  $90^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $90^\circ$  à l'entrée des éléments rayonnants **2A**, **2B**, **2C** et **2D** respectivement. La phase résultante observée à l'entrée de chaque élément rayonnant **2A-2D** sera alors la même et sera décalée de  $180^\circ$  par rapport au signal d'entrée:  $90^\circ+90^\circ=180^\circ$  (élément **2A**);  $180^\circ+0^\circ=180^\circ$  (élément **2B**);  $0^\circ+180^\circ=180^\circ$  (élément **2C**);  $90^\circ+90^\circ=180^\circ$  (élément **2D**).

**[0029]** Dans le premier mode de réalisation illustré sur la figure 2, une matrice de Butler 4X4 **10** ne comportant pas de lignes à retard, analogue à la matrice de Butler 4X4 **1** de la figure 1, comprend quatre entrées **11A-11D** reliées à quatre coupleurs hybrides **12A-12D**. A chaque accès radiofréquence **11A-11D** est injecté un signal d'entrée, qui peut être un signal monobande ou bien un signal multibande comprenant par exemple plusieurs bandes de fréquence **F1-F4**.

**[0030]** La matrice de Butler 4X4 **10** comprend donc aussi quatre sorties **13A-13D**. A chacune des sorties **13A-13D** de la matrice de Butler **10** est connecté un module **14A-14D** qui relie respectivement les sorties **13A-13D** aux éléments rayonnants **15A-15D**. Un retard électrique et un déphasage appropriés sont introduits par les modules **14A-14D**. Les accès **11A-11D** de l'antenne ne sont pas spécifiques à une bande de fréquence prédéterminée. Quelle que soit l'entrée **11A-11D** utilisée, un signal peut être dirigé vers l'un des éléments rayonnants **15A-15D**.

**[0031]** Le signal multibande entrant dans le module **14A-14D** est séparé en bandes de fréquence **F1**, **F2**, **F3** ou **F4** étroites grâce à un premier étage **16** de diplexeurs **17**.

**[0032]** Un deuxième étage **18** comportant une ligne à retard DL fixe **19** (pour "Delay Line" en anglais) pour chaque canal de bande de fréquence **F1-F4** afin d'appliquer un retard électrique approprié au signal dans chaque bande de fréquence **F1-F4** respectivement. On peut souhaiter par exemple que tous les signaux dans la bande de fréquence **F1** atteignant les éléments rayonnants **15A-15D** soient en phase à la sortie des lignes à retard fixe **19**. Dans ce cas la ligne à retard fixe **19** associée au canal de bande de fréquence **F1** relié à l'élément rayonnant **15A** introduira probablement une valeur de retard différente de celle introduite par la ligne à retard fixe **19** associée au canal de bande de fréquence **F1** relié à l'élément rayonnant **15B**. Ceci est dû au fait que les signaux dans la bande de fréquence **F1** n'ont pas tous suivi précédemment le même chemin dans la matrice de Butler **10**.

**[0033]** Le signal passe ensuite dans un étage **20** de déphaseurs variables **21** qui introduit un déphasage adapté à chaque bande de fréquence **F1-F4**. Les déphaseurs variables **21** permettent de faire varier l'inclinaison électrique de l'antenne indépendamment pour chacune

des bandes de fréquence **F1-F4**. En l'absence de déphaseurs variables **21**, l'antenne aurait une inclinaison fixe dans la bande de fréquence **F1** par exemple, c'est-à-dire que le diagramme de rayonnement de l'antenne dans la bande de fréquence **F1** serait dirigé selon un angle fixe donné par rapport à l'horizon. Cette inclinaison fixe résulte du retard introduit par la ligne à retard fixe **19**.

**[0034]** Enfin les signaux des différentes bandes de fréquence **F1-F4** atteignent un étage **22** de diplexeurs **23**. Ces diplexeurs **23** permettent le regroupement des signaux appartenant aux différentes bandes de fréquence **F1-F4** issus de l'étage **20** de déphaseurs variables **21**, et leur transmission simultanée par un canal commun vers l'élément rayonnant **15A-15D**.

**[0035]** Les signaux sortants des modules **14A-14D** alimentent respectivement les éléments rayonnants **15A-15D** qui sont tous aptes à fonctionner dans toutes les bandes de fréquence **F1-F4**. Par conséquent, l'inclinaison électrique variable VET dans le plan vertical du diagramme de rayonnement de l'antenne peut être contrôlée de façon indépendante pour chaque bande de fréquence **F1**, **F2**, **F3** et **F4** grâce aux modules **14A-14D** comprenant des déphaseurs variables **21**.

**[0036]** La figure 3 illustre un deuxième mode de réalisation analogue à celui de la figure 2 mais dans lequel l'un des éléments rayonnants n'est pas associé à un module.

**[0037]** Une matrice de Butler 4X4 **30** ne comportant pas de lignes à retard, analogue à la matrice de Butler 4X4 **10** de la figure 2, comprend quatre entrées **31A-31D** reliées à quatre coupleurs hybrides **32A-32D**. A chaque entrée **31A-11D** peut être introduit un signal multibande comprenant par exemple plusieurs bandes **F1-F4**. La matrice de Butler 4X4 **30** comprend donc aussi quatre sorties **33A-33D**. A trois des sorties **33A**, **33C** et **33D** de la matrice de Butler **30** est attribué un module **34A**, **33C** et **34D** qui relie respectivement les sorties **33A**, **33C** et **33D** aux éléments rayonnants **35A**, **35C** et **35D**. La sortie **33B** est directement reliée par un câble coaxial **36** à l'élément rayonnant **35B**.

**[0038]** Le diagramme de rayonnement de l'antenne dans le plan vertical est obtenu par la sommation en champ lointain des différents champs rayonnés par chacun des éléments rayonnants. Or, cette sommation s'effectue en utilisant comme référence l'un des éléments rayonnants choisi arbitrairement. Il suffit donc de contrôler la différence de phase entre l'élément rayonnant **35B** par exemple, choisi arbitrairement comme référence, et les autres éléments rayonnants **35A**, **35C** et **35D**. Le contrôle de la phase absolue de chaque élément rayonnant n'est donc plus nécessaire. Par rapport au mode de réalisation de la figure 2, l'un des modules, associé à l'élément rayonnant **35B** choisi, a pu être supprimé, et le contrôle de la différence de phase entre les éléments **35A-35D** peut être effectué par les modules **34A**, **34C** et **34D** qui sont maintenus.

**[0039]** Les modes de réalisation illustrés par les figures 2 et 3 présentent de nombreux avantages par rapport à

l'art antérieur.

(i) Un seul réseau d'alimentation est nécessaire pour toutes les bandes de fréquences (comme les bandes **F1-F4** dans les modes de réalisation des figures 2 et 3), quel que soit le nombre de bandes disponibles. Dans l'art antérieur, un réseau complet d'alimentation dédié était nécessaire pour chacune des bandes de fréquences.

(ii) A chaque accès radiofréquence (comme les entrées **11A-11D** ou **31A-31D** dans les modes de réalisation des figures 2 et 3 respectivement), peut être injecté un signal multibande qui comprend plusieurs bandes de fréquence (comme les bandes **F1-F4** dans les modes de réalisation des figures 2 et 3) étant donné que les accès RF sont isolés les uns des autres. Des modules assurant les fonctions de filtrage et de déphasage (comme les modules **14A-14D** ou **34A, 34C** et **31D** dans les modes de réalisation des figures 2 et 3 respectivement), gèrent la répartition de fréquence de la multibande en plusieurs bandes de fréquence plus étroites, et adapte le déphasage pour chaque bande de fréquence. Dans ce cas le positionnement de l'inclinaison électrique variable VET est géré par la bande de fréquence **F1-F4**, et non par l'entrée **11A-11D** ou **31A-31D**.

(iii) A chaque accès RF, un signal appartenant à n'importe quelle bande de fréquence peut être injecté, c'est à dire qu'il est possible par exemple d'envoyer un signal dans la bande de fréquence **F1** à l'entrée **11A**, un signal dans la bande de fréquence **F2** à l'entrée **11B**, un signal dans la bande de fréquence **F3** à l'entrée **11C**, un signal dans la bande de fréquence **F4** à l'entrée **11D**, mais aussi un signal dans la bande de fréquence **F4** à l'entrée **11A**, un signal dans les bandes de fréquence **F1** et **F3** à l'entrée **11B**, un signal dans les bandes de fréquence **F2** et **F4** à l'entrée **11C**, un signal dans la bande de fréquence **F1** à l'entrée **11D**, ou bien encore toute autre permutation ou combinaison. Un accès RF n'est donc pas dédié à une bande de fréquence spécifique. Les valeurs de déphasage introduits par les modules (comme les modules **14A-14D** ou **34A, 34C** et **31D** dans les modes de réalisation des figures 2 et 3 respectivement) doivent seulement être fixées à des valeurs adaptées selon la configuration choisie.

**[0040]** On a illustré un troisième mode de réalisation sur la figure 4. Une matrice de Butler 4X4 **40**, ne comportant pas de lignes à retard, comprend quatre entrées **41A-41D** reliées à deux coupleurs hybrides **42A** et **42B** d'un premier groupe. A chaque entrée **41A-41D** peut être introduit un signal multibande comprenant par exemple plusieurs bandes de fréquence **F1-F4**. Les coupleurs **42A** et **42B** du premier groupe sont reliés respectivement aux coupleurs **42C** et **42D** d'un deuxième groupe par des liaisons directes **43A** et **43B** d'une part, et d'autre part

les coupleurs **42A** et **42B** du premier groupe sont reliés aux coupleurs **42C** et **42D** du deuxième groupe par l'intermédiaire des coupleurs hybrides **42E** et **42F** d'un troisième groupe. Dans ce mode de réalisation avancé, les lignes de croisement de la matrice de Butler ont été remplacées par des coupleurs hybrides **42E** et **42F**, ce qui permet de réaliser un matrice de Butler complète qui ne comporte aucune liaison croisées. La matrice de Butler 4X4 **30** comprend donc aussi quatre sorties **44A-44D**. A chacune des quatre sorties **44A-44D** de la matrice de Butler **30**, on recueille un signal sortant ayant le quart de l'énergie du signal entrant.

**[0041]** Chacune des sorties **44A, 44C** et **44D** est respectivement reliée à un module **45A, 45C** et **45D**. Un retard électrique et un déphasage appropriés sont introduits par les modules **45A, 45C** et **45D**. Les deux éléments rayonnants **46A** et **46B** sont reliés à au module **45A** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **48A** et d'une ligne à retard **49A** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **46A** et **46B**, par exemple ici l'élément rayonnant **46A**. La sortie **44B** est reliée par un câble coaxial **47** aux deux éléments rayonnant **46C** et **46D** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **48B** et d'une ligne à retard **49B** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **46C** et **46D**, par exemple l'élément rayonnant **46C**. De même le module **45C** est relié aux deux éléments rayonnants **46E** et **46F** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **48C** et d'une ligne à retard **49C** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **46E** et **46F**, par exemple l'élément rayonnant **46F**. Et les deux éléments rayonnants **46G** et **46H** sont reliés à au module **45D** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **48D** et d'une ligne à retard **49D** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **46G** et **46H**, par exemple ici l'élément rayonnant **46H**. Les sorties ont été dédoublées, grâce à la combinaison de diviseurs et de lignes à retard, afin de permettre de passer de quatre à huit éléments rayonnants alimentés sans augmenter le nombre des entrées.

**[0042]** Dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, les éléments rayonnants sont donc contrôlés en phase par paire d'éléments. D'autres configurations basées sur le même principe sont réalisables comme par exemple en limitant le dédoublement de la sortie à certains modules seulement, ou bien au contraire en triplant, voire en quadruplant, la sortie de certains modules en multipliant les diviseurs combinés aux lignes à retard.

**[0043]** Bien entendu le contrôle de huit éléments rayonnants serait aussi possible grâce à l'utilisation d'une matrice de Butler 8x8 par exemple suivie de huit ou sept modules tels que décrit respectivement dans les modes de réalisation des figures 2 et 3. Néanmoins la figure 4 illustre un mode de réalisation avantageux au point de vue du coût, du poids et du volume de l'antenne.

**[0044]** La limitation du nombre de composants nécessaires, et donc la simplification de l'architecture de l'antenne, n'est envisageable que si on accepte une réduction partielle des performances radiofréquences qui se

reflète sur le diagramme de rayonnement de l'antenne.

**[0045]** La figure 5 illustre un mode de réalisation particulier où l'inclinaison de l'antenne est contrôlée seulement pour deux bandes de fréquences **F1** et **F2**.

**[0046]** Une matrice de Butler 4X4 **50**, ne comportant pas de lignes à retard, comprend quatre entrées **51A-51D** reliées à deux coupleurs hybrides **52A** et **52B** d'un premier groupe. A chaque entrée **51A-51D** peut être introduit un signal bibande comprenant deux bandes de fréquence **F1** et **F2**. Les coupleurs hybrides **52A** et **52B** sont reliés respectivement aux coupleurs hybrides **52C** et **52D** d'un deuxième groupe par des liaisons directes **53A** et **53B** d'une part, et d'autre part les coupleurs **52A** et **52B** sont reliés aux coupleurs **52C** et **52D** par l'intermédiaire des coupleurs hybrides **52E** et **52F** d'un troisième groupe. A chacune des quatre sorties **54A-54D** de la matrice de Butler **50**, on recueille un signal sortant ayant le quart de l'énergie du signal entrant.

**[0047]** Chacune des sorties **54A**, **54C** et **54D** de la matrice de Butler **50** est respectivement reliée à un module **55A**, **55C** et **55D**. Les deux éléments rayonnants **56A** et **56B** sont reliés à au module **55A** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **58A** et d'une ligne à retard **59A** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **56A** et **56B**, par exemple l'élément rayonnant **56A**. La sortie **54B** est reliée par un câble coaxial **57** aux deux éléments rayonnant **56C** et **56D** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **58B** et d'une ligne à retard **59B** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **56C** et **56D**, par exemple l'élément rayonnant **56C**. De même le module **55C** est relié aux deux éléments rayonnants **56E** et **56F** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **58C** et d'une ligne à retard **59C** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **56E** et **56F**, par exemple ici l'élément rayonnant **56F**. Et les deux éléments rayonnants **56G** et **56H** sont reliés à au module **55D** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **58D** et d'une ligne à retard **59D** placée avant l'un des deux éléments rayonnants **56G** et **56H**, par exemple l'élément rayonnant **56H**.

**[0048]** Un retard électrique et un déphasage appropriés sont introduits par les modules **55A**, **55C** et **55D**. Le signal bibande entrant dans le module **55A**, par exemple, est séparé en deux bandes de fréquence **F1** et **F2** étroites grâce à un premier étage **60** de diplexeurs. Un deuxième étage **61** comportant des lignes à retard fixe applique un retard électrique déterminé au signal dans chaque bande de fréquence **F1** et **F2** respectivement. Le signal passe ensuite dans un troisième étage **62** de déphaseurs variables qui adapte le déphasage dans chaque bande de fréquence **F1** et **F2** afin de faire varier l'inclinaison électrique indépendamment pour chacune des bande de fréquence **F1** et **F2**. Enfin le signal atteint le quatrième étage **63** de diplexeurs qui regroupe les signaux appartenant aux deux bandes de fréquence **F1** et **F2** pour les envoyer dans le diviseur de puissance **58A**. Le signal sortant du diviseur de puissance **58A** alimente l'élément rayonnant **56A** et, via la ligne à retard fixe **59A**, l'élément rayonnant **56B** qui sont aptes à fonc-

tionner dans les deux bandes de fréquence **F1** et **F2**. L'inclinaison électrique variable VET dans le plan vertical du diagramme de rayonnement de l'antenne peut ainsi être contrôlée de façon indépendante pour chacune des deux bandes de fréquence **F1** et **F2** grâce au module **55A**. De même, les explications données pour le module **55A** sont applicables aux modules **55C** et **55D**.

**[0049]** Le mode de réalisation illustré sur la figure 6 permet de contrôler de 1 à n bandes de fréquence **F1-Fn** où n est supérieur à 4.

**[0050]** Une matrice de Butler 4X4 **70**, ne comportant pas de lignes à retard, analogue à la matrice de Butler 4X4 **50** de la figure 5, comprend quatre entrées **71A-71D** reliées à deux coupleurs hybrides **72A** et **72B** d'un premier groupe. Les coupleurs hybrides **72A** et **72B** sont reliés respectivement aux coupleurs hybrides **72C** et **72D** d'un deuxième groupe par des liaisons directes **73A** et **73B** d'une part, et d'autre part les coupleurs **72A** et **72B** sont reliés aux coupleurs **72C** et **72D** par l'intermédiaire des coupleurs hybrides **72E** et **72F** d'un troisième groupe. Chacune des sorties **74A**, **74C** et **74D** de la matrice de Butler **70** est respectivement reliée à un module **75A**, **75C** et **75D**, analogues aux modules **55A**, **55C** et **55D** de la figure 5. Les modules **75A**, **75C** et **75D** sont eux-mêmes reliés chacun à une paire d'éléments rayonnants **76A-76B**, **76E-76F** et **76G-76H** respectivement par l'intermédiaire de diviseurs de puissance **78A**, **78C** et **78D** et de lignes à retard **79A**, **79C** et **79D**. La sortie **74B** est reliée par un câble coaxial **77** à la paire d'éléments rayonnants **76C-76D** par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance **78B** et d'une ligne à retard **79B**.

**[0051]** A chaque accès radiofréquence **71A-71D** est injecté un signal d'entrée, qui peut être un signal monobande ou bien un signal multibande comprenant par exemple plusieurs bandes de fréquence **F1-Fn**. L'inclinaison électrique variable VET dans le plan vertical du diagramme de rayonnement de l'antenne est contrôlée de façon indépendante pour chaque bande de fréquence **F1-Fn**. Le nombre de bande de fréquence **F1-Fn** n'est a priori pas limité, sinon par des contraintes que l'on s'imposerait. Le signal multibande entrant dans les modules **74A**, **74C** et **74D** est séparé en bandes de fréquence **F1-Fn** étroites grâce à un premier étage de diplexeurs.

**[0052]** Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits. En particulier, on pourra élargir les exemples décrits à tous les types de matrice de Butler ayant de 2 à N entrées et sorties, pour contrôler de 1 à n bandes de fréquence **F1-Fn** et alimenter de 1 à X éléments rayonnants à partir de chacune des sorties.

## Revendications

1. Système d'alimentation pour la commande de l'inclinaison électrique variable dans le plan vertical des éléments rayonnants (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) en réseau d'une antenne

multibande, comprenant une matrice de Butler (10; 30; 40; 50; 70) et au moins un module (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) comprenant des lignes à retard (19; 61), la matrice de Butler (10; 30; 40; 50; 70) comportant N entrées (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) et N sorties (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) et des coupleurs hybrides (12A-12D; 32A-32D; 42A-42F; 52A-52F; 72A-72F), chaque entrée (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) étant apte à recevoir un signal radiofréquence monobande ou multibande appartenant à n'importe quelle bande de fréquence F1-Fn et chaque sortie (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) étant apte à transmettre un signal à au moins un élément rayonnant (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) permettant une inclinaison électrique indépendante pour chaque bande de fréquence F1-Fn, à au moins une des sorties (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) de la matrice de Butler (10; 30; 40; 50; 70) est connecté un module (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) qui relie cette au moins une sortie (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) à l'élément rayonnant (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) respectif, le module (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) comprenant

- un premier étage (16) de diplexeurs (17; 60) étant apte à recevoir le signal de ladite sortie (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) et à séparer le signal selon lesdites différentes bandes de fréquence F1-Fn,
- un deuxième étage (18) de lignes à retard fixe (19; 61) étant apte à appliquer un retard électrique donné aux signaux fournis par le premier étage (16) dans chaque bande de fréquence F1-Fn,
- un troisième étage (20) de déphaseurs variables (21; 62) étant apte à introduire un déphasage ajusté aux signaux fournis par le deuxième étage (18) dans chaque bande de fréquence F1-Fn, et
- un quatrième étage (22) de diplexeurs (23; 63) étant apte à regrouper les signaux fournis par le troisième étage (20) appartenant aux différentes bandes de fréquence F1-Fn pour les transmettre à au moins un élément rayonnant (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H).

2. Système d'alimentation selon la revendication 1, comprenant un nombre de modules (34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) qui

est inférieur au nombre N de sorties (33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) de la matrice de Butler (30; 40; 50; 70).

3. Système d'alimentation selon la revendication 2, dans lequel le nombre de modules (34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) est égal à N-1.
4. Système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la matrice de Butler (10; 30) comprend N coupleurs hybrides (12A-12D, 32A-32D), N étant un nombre pair, dont N/2 coupleurs hybrides appartenant à un premier groupe (12A, 12B; 32A, 32B) et N/2 coupleurs hybrides appartenant à un deuxième groupe (12C, 12D; 32C, 32D), chaque coupleur hybride du premier groupe (12A, 12B; 32A, 32B) comportant deux sorties et chaque sortie étant respectivement reliée à un coupleur hybride différent d'un deuxième groupe (12C, 12D; 32C, 32D).
5. Système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la matrice de Butler (40; 50; 70) comprend N+N/2 coupleurs hybrides (42A-42F; 52A-52F; 72A-72F), N étant un nombre pair, dont N/2 coupleurs hybrides appartenant à un premier groupe (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B), N/2 coupleurs hybrides appartenant à un deuxième groupe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) et N/2 coupleurs hybrides appartenant à un troisième groupe (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F), chaque coupleur hybride du premier groupe (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B) comportant deux sorties, une première sortie étant directement reliée à un coupleur hybride du deuxième groupe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) et la seconde sortie étant reliée à un coupleur hybride du deuxième groupe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) par l'intermédiaire d'un coupleur hybride du troisième groupe (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F).
6. Procédé de commande de l'inclinaison électrique variable dans le plan vertical des éléments rayonnants en réseau d'une antenne multibande au moyen d'un système d'alimentation selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'inclinaison électrique est ajustée de manière indépendante pour chaque bande de fréquence au moyen d'un module, reliant la matrice de Butler aux éléments rayonnants, qui comprend un déphaseur variable sur le trajet du signal dans chaque bande de fréquence.
7. Antenne multibande comprenant des éléments rayonnants en réseau et un système d'alimentation pour la commande de l'inclinaison électrique variable des éléments rayonnants selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel le module (45A, 45C,



45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) est relié à une paire d'éléments rayonnants (46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) par l'intermédiaire d'un diviseur de puissance (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D) et d'au moins une ligne à retard fixe (49A, 49C, 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D).

8. Antenne multibande selon la revendication 7, dans lequel la sortie du module (45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) est relié à l'entrée d'un diviseur de puissance (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D), l'une des sortie du diviseur de puissance étant relié à un premier élément rayonnant (46B, 46E, 46G; 56B, 56E, 56G; 76B, 76E, 76G) et l'autre sortie du diviseur de puissance étant reliée à une ligne à retard fixe (49A, 49C, 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D) reliée à un second élément rayonnant (46A, 46F, 46H; 56A, 56F, 56H; 76A, 76F, 76H).

### Patentansprüche

1. Versorgungssystem für die Steuerung der variablen elektrischen Inklination in vertikaler Ebene der strahlenden Elemente (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) im Netzwerk einer Multibandantenne, umfassend eine Butler-Matrix (10; 30; 40; 50; 70) und mindestens ein Modul (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D), umfassend Verzögerungsleitungen (19; 61), wobei die Butler-Matrix (10; 30; 40; 50; 70) N Eingänge (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) und N Ausgänge (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) und Hybridkoppler (12A-12D; 32A-32D; 42A-42F; 52A-52F; 72A-72F) aufweist, wobei jeder Eingang (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) imstande ist, ein Monoband- oder Multiband-Funkfrequenzsignal zu empfangen, das zu einem beliebigen Frequenzband F1-Fn gehört, und jeder Ausgang (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) imstande ist, ein Signal an mindestens ein strahlendes Element (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) zu übertragen, das eine für jedes Frequenzband F1-Fn unabhängige elektrische Inklination erlaubt, wobei an mindestens einen der Ausgänge (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) der Butler-Matrix (10; 30; 40; 50; 70) ein Modul (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) angeschlossen ist, das diesen mindestens einen Ausgang (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) mit dem jeweiligen strahlenden Element (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) verbindet, wobei das Modul (14A-14D; 34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) umfasst:

- eine erste Stufe (16) mit Dipletern (17; 60), die imstande ist, das Signal von dem Ausgang (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) zu empfangen und das Signal gemäß den verschiedenen Frequenzbändern F1-Fn zu trennen,

- eine zweite Stufe (18) mit Leitungen mit fester Verzögerung (19; 61), die imstande ist, eine bestimmte elektrische Verzögerung auf die von der ersten Stufe (16) in jedem Frequenzband F1-Fn bereitgestellten Signale anzuwenden,

- eine dritte Stufe (20) mit variablen Phasenschiebern (21; 62), die imstande ist, eine Phasenverschiebung, die auf die von der zweiten Stufe (18) in jedem Frequenzband F1-Fn bereitgestellten Signale eingestellt ist, einzuführen, und

- eine vierte Stufe (22) mit Dipletern (23; 63), die imstande ist, die von der dritten Stufe (20) bereitgestellten Signale, die zu den verschiedenen Frequenzbändern F1-Fn gehören, zu gruppieren, um sie an mindestens ein strahlendes Element (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) zu übertragen.

2. Versorgungssystem nach Anspruch 1, das eine Anzahl von Modulen (34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) umfasst, die kleiner als die Anzahl N von Ausgängen (33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) der Butler-Matrix (30; 40; 50; 70) ist.
3. Versorgungssystem nach Anspruch 2, wobei die Anzahl von Modulen (34A, 34C, 34D; 45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) gleich N-1 ist.
4. Versorgungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Butler-Matrix (10; 30) N Hybridkoppler (12A-12D, 32A-32D) umfasst, wobei N eine gerade Zahl ist, von denen N/2 Hybridkoppler zu einer ersten Gruppe (12A, 12B; 32A, 32B) gehören und N/2 Hybridkoppler zu einer zweiten Gruppe (12C, 12D; 32C, 32D) gehören, wobei jeder Hybridkoppler der ersten Gruppe (12A, 12B; 32A, 32B) zwei Ausgänge aufweist und jeder Ausgang jeweils mit einem unterschiedlichen Hybridkoppler einer zweiten Gruppe (12C, 12D; 32C, 32D) verbunden ist.
5. Versorgungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Butler-Matrix (40; 50; 70) N+N/2 Hybridkoppler (42A-42F; 52A-52F; 72A-72F) umfasst, wobei N eine gerade Zahl ist, von denen N/2 Hybridkoppler zu einer ersten Gruppe (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B) gehören, wobei N/2 Hybridkoppler zu einer zweiten Gruppe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) gehören und N/2 Hybridkoppler zu einer dritten Gruppe (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F)

gehören, wobei jeder Hybridkoppler der ersten Gruppe (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B) zwei Ausgänge aufweist, wobei ein erster Ausgang direkt mit einem Hybridkoppler der zweiten Gruppe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) verbunden ist und der zweite Ausgang mit einem Hybridkoppler der zweiten Gruppe (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) mittels eines Hybridkopplers der dritten Gruppe (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F) verbunden ist.

6. Verfahren zur Steuerung der variablen elektrischen Inklination in der vertikalen Ebene der strahlenden Elemente im Netz einer Multibandantenne mit Hilfe eines Versorgungssystems nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Inklination für jedes Frequenzband mit Hilfe eines die Butler-Matrix mit den strahlenden Elementen verbindenden Moduls, das einen auf dem Weg des Signals in jedem Frequenzband variablen Phasenverschieber umfasst, unabhängig eingestellt wird.
7. Multibandantenne, umfassend strahlende Elemente im Netz und ein Versorgungssystem für die Steuerung der variablen elektrischen Inklination der strahlenden Elemente nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Modul (45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) mit einem Paar strahlender Elemente (46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) mittels eines Leistungsteilers (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D) und mindestens einer Leitung mit fester Verzögerung (49A, 49C, 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D) verbunden ist.
8. Multibandantenne nach Anspruch 7, wobei der Ausgang des Moduls (45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) mit dem Eingang eines Leistungsteilers (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D) verbunden ist, wobei einer der Ausgänge des Leistungsteilers mit einem ersten strahlenden Element (46B, 46E, 46G; 56B, 56E, 56G, 76B, 76E, 76G) verbunden ist und der andere Ausgang des Leistungsteilers mit einer Leitung mit fester Verzögerung (49A, 49C, 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D) verbunden ist, die mit einem zweiten strahlenden Element (46A, 46F, 46H; 56A, 56F, 56H; 76A, 76F, 76H) verbunden ist.

## Claims

1. A power system for controlling the variable electrical tilt in the vertical plane of radiating elements (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) in an a network of array antennas, comprising a Butler matrix (10; 30; 40; 50; 70) and at least one module (14A-14D; 34A; 34C; 34D; 45A; 45C; 45D; 55A, 55C, 55D;

75A, 75C, 75D) comprising delay lines (19; 61), the Butler matrix (10; 30; 40; 50; 70) comprising N inputs (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) and N outputs (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) and hybrid couplers (12A-12D; 32A-32D; 42A-42F; 52A-52F; 72A-72F), each input (11A-11D; 31A-31D; 41A-41D; 51A-51D; 71A-71D) being able to receive a single-band or multiband radio frequency signal belonging to any frequency band F1-Fn and each output (13A-13D; 33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) being able to transmit a signal to at least one radiating element (15A-15D; 35A-35D; 46A-46H; 56A-56H; 76A-76H) enabling an independent electrical tilt for each frequency band F1-Fn, to at least one of the outputs (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) of the Butler matrix (10; 30; 40; 50; 70) is connected a module (14A-14D; 34A; 34C; 34D; 45A; 45C; 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) which connects that at least one output (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) to the respective radiating element (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H), the module (14A-14D; 34A; 34C; 34D; 45A; 45C; 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) comprising

- a first stage (16) of diplexers (17; 60) being able to receive the signal from said output (13A-13D; 33A, 33C, 33D; 44A, 44C, 44D; 54A, 54C, 54D; 74A, 74C, 74D) and to separate the signal based on said frequency bands F1-Fn,
- a second stage (18) of fixed delay lines (19; 61) being able to apply a given electrical delay to the signals provided by the first stage (16) in each frequency band F1-Fn,
- a third stage (20) of variable phase shifters (21; 62) being able to introduce a phase shift adjusted to the signals provided by the second stage (18) into each frequency band F1-Fn, and
- a fourth stage (22) of diplexers (23; 63) being able to gather the signals provided by the third stage (20) belonging to the different frequency bands F1-Fn to transmit them to at least one radiating element (15A-15D; 35A, 35C, 35D; 46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H),

2. A power system according to claim 1, comprising a number of modules (34A; 34C; 34D; 45A; 45C; 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) that is less than the number N of outputs (33A-33D; 44A-44D; 54A-54D; 74A-74D) of the Butler matrix (30; 40; 50; 70).

3. A power system according to claim 2, wherein the number of modules (34A; 34C; 34D; 45A; 45C; 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) is equal to N-1.

4. A power system according to one of the preceding claims, wherein the Butler matrix (10; 30) comprises N hybrid couplers (12A-12D, 32A-32D), N being an even number, of which N/2 hybrid couplers belonging to a first group (12A, 12B; 32A, 32B) and N/2 hybrid couplers belonging to a second group (12C, 12D; 32C, 32D), each hybrid coupler of the first group (12A, 12B; 32A, 32B) comprising two outputs and each output being respectively connected to a different hybrid coupler of a second group (12C, 12D; 32C, 32D). (49A, 49C, 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D) linked to a second radiating element (46A, 46F, 46H; 56A, 56F, 56H; 76A, 76F, 76H).
- 5.
5. A power system according to one of the preceding claims, wherein the Butler matrix (40; 50; 70) comprises N+N/2 hybrid couplers (42A-42F; 52A-52F; 72A-72F), N being an even number, of which N/2 hybrid couplers belonging to a first group (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B), N/2 hybrid couplers belonging to a second group (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D), and N/2 hybrid couplers belonging to a third group (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F), each hybrid coupler of the first group (42A, 42B; 52A, 52B; 72A, 72B) comprising two outputs, a first output being directly linked to a hybrid coupler of the second group (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) and the second output being linked to a hybrid coupler of the second group (42C, 42D; 52C, 52D; 72C, 72D) via a hybrid coupler of the third group (42E, 42F; 52E, 52F; 72E, 72F).
6. A method for controlling the variable electrical tilt in the vertical plane of radiating elements in an a network of multiband antennas by means of a power system according to one of the preceding claims, **characterized in that** the electrical tilt is adjusted independently for each frequency band by means of a module, linking the Butler matrix to the radiating elements, which comprises a variable phase-shifter on the path of the signal in each frequency band.
7. A multiband antenna comprising radiating elements in an array and a power system for controlling the variable electrical tilt of the radiating elements according to one of the claims 1 to 5, wherein the module (45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) is linked to a pair of radiating elements (46A, 46B, 46E-46H; 56A, 56B, 56E-56H; 76A, 76B, 76E-76H) via a power splitter (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D) and at least one fixed-delay line (49A, 49C; 49D; 59A, 59C, 59D; 79A, 79C, 79D).
8. A multiband antenna according to claim 7, wherein the output of the module (45A, 45C, 45D; 55A, 55C, 55D; 75A, 75C, 75D) is linked to the input of a power splitter (48A, 48C, 48D; 58A, 58C, 58D; 78A, 78C, 78D), one of the outputs of the power splitter being linked to a first radiating element (46B, 46E, 46G; 56B, 56E, 56G; 76B, 76E, 76G) and the other output of the power splitter being linked to a fixed delay line

FIG. 1

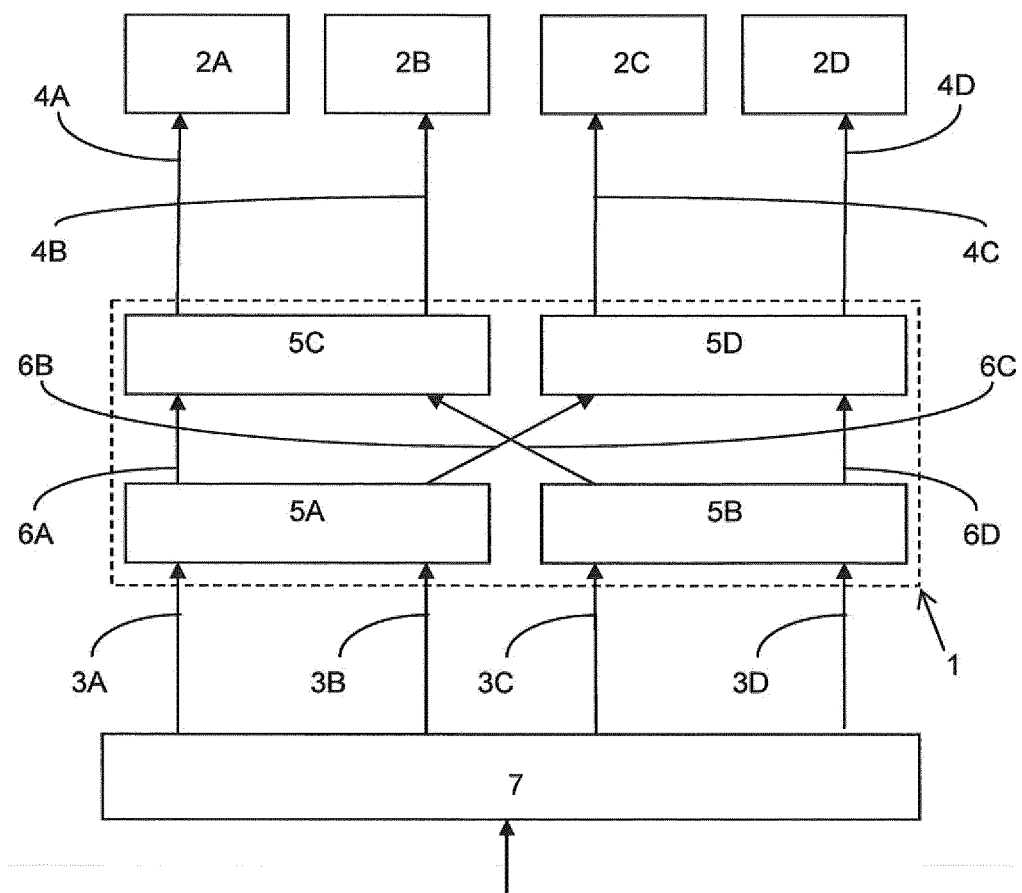


FIG. 2

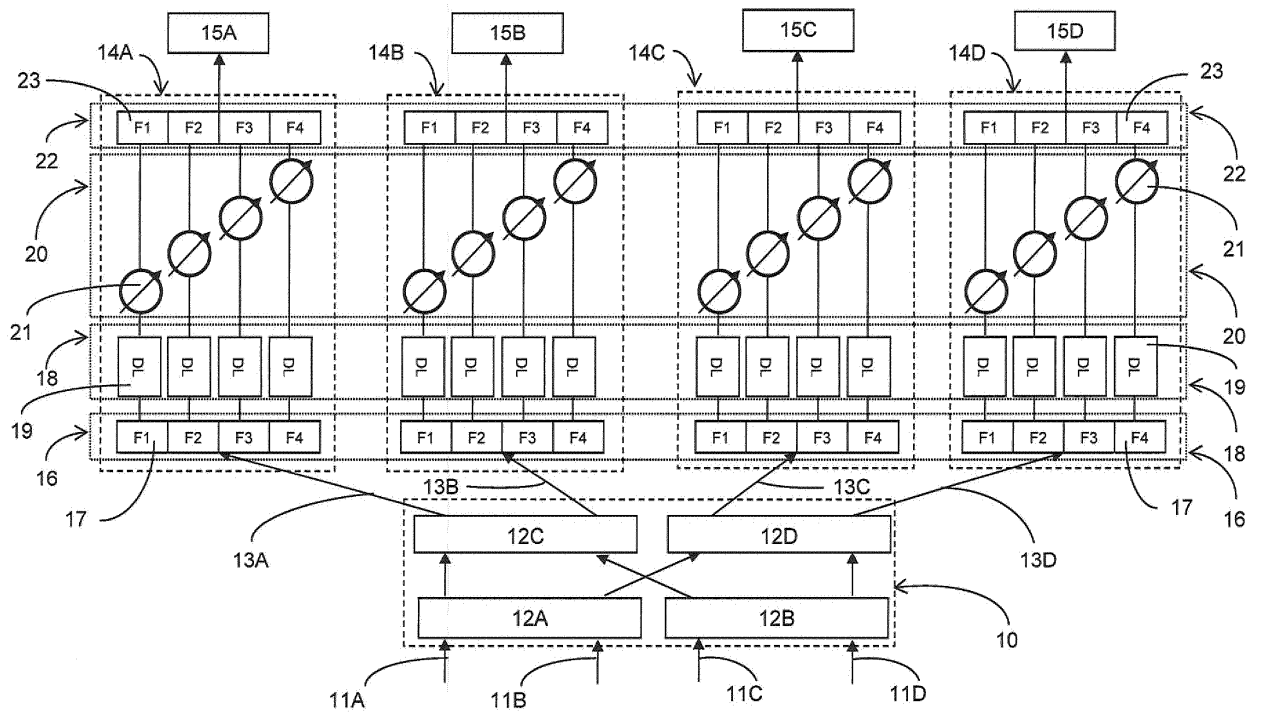


FIG. 3

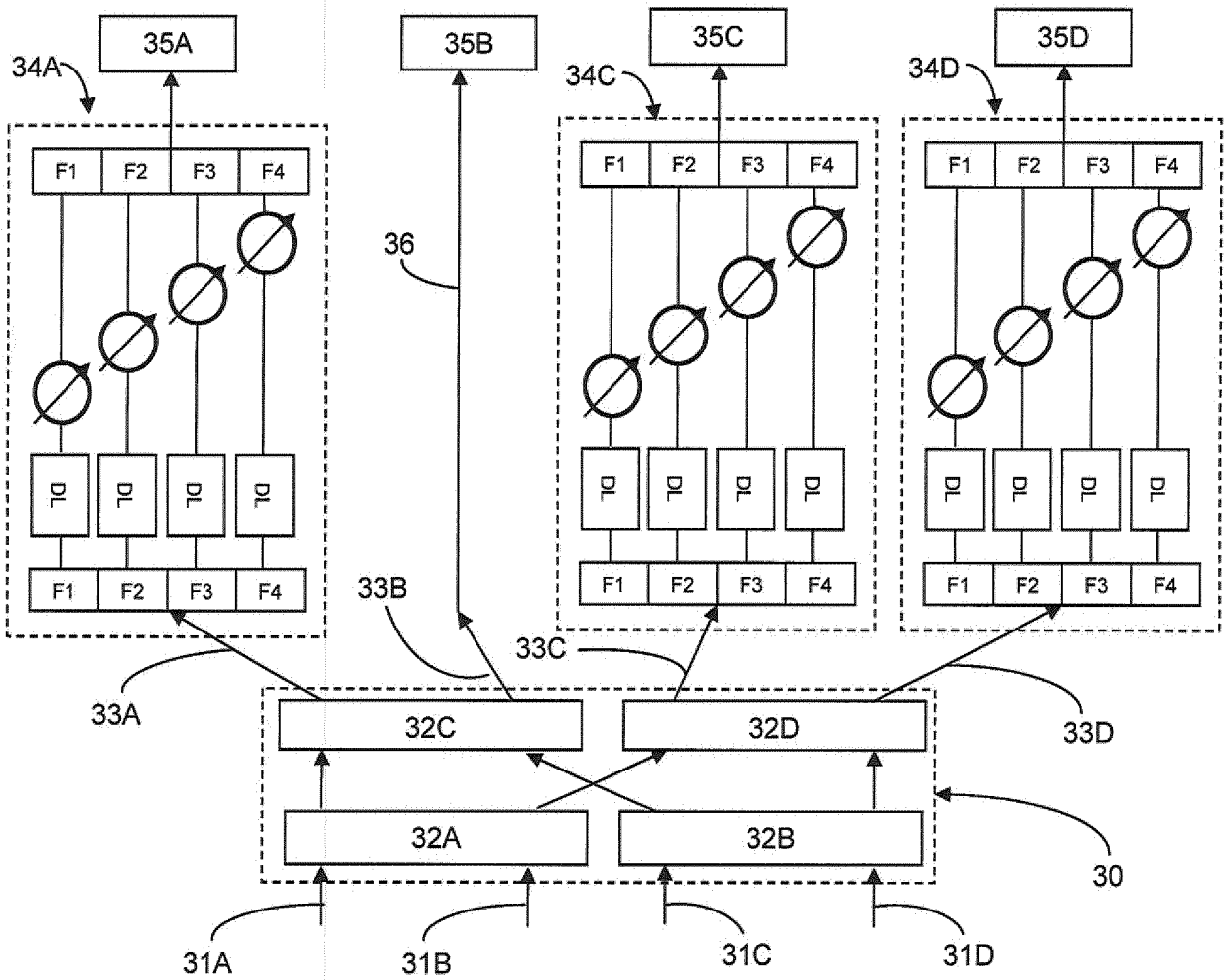


FIG. 4

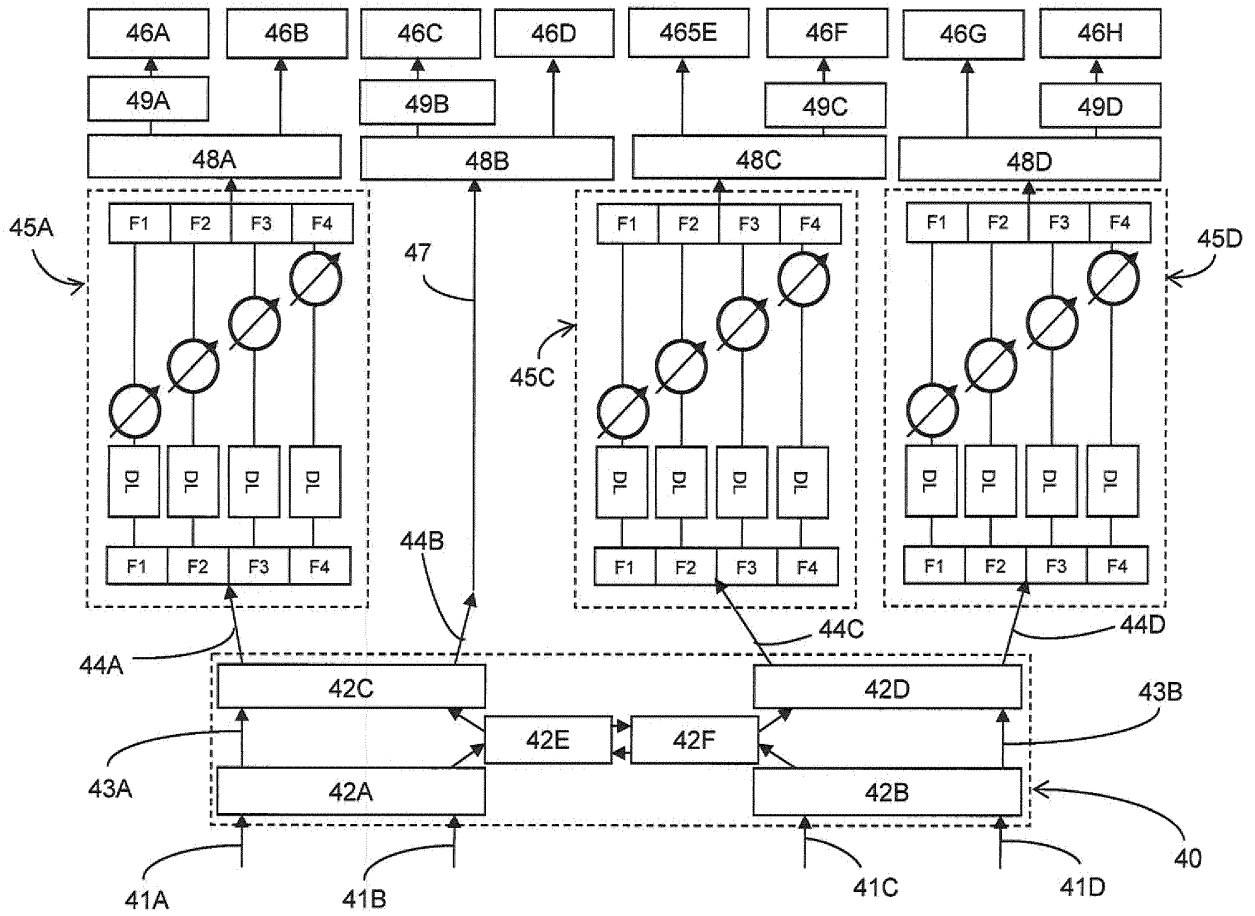


FIG. 5

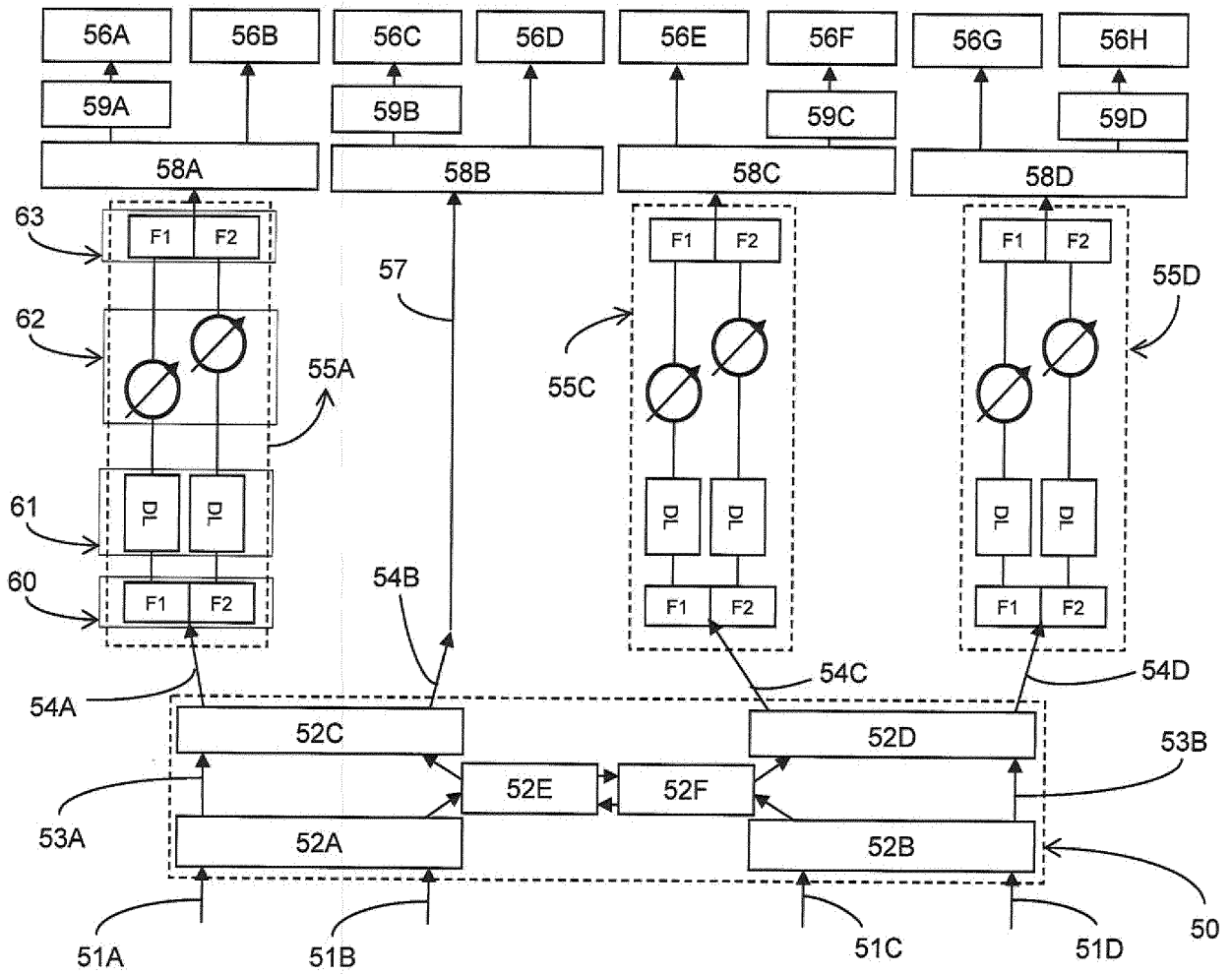
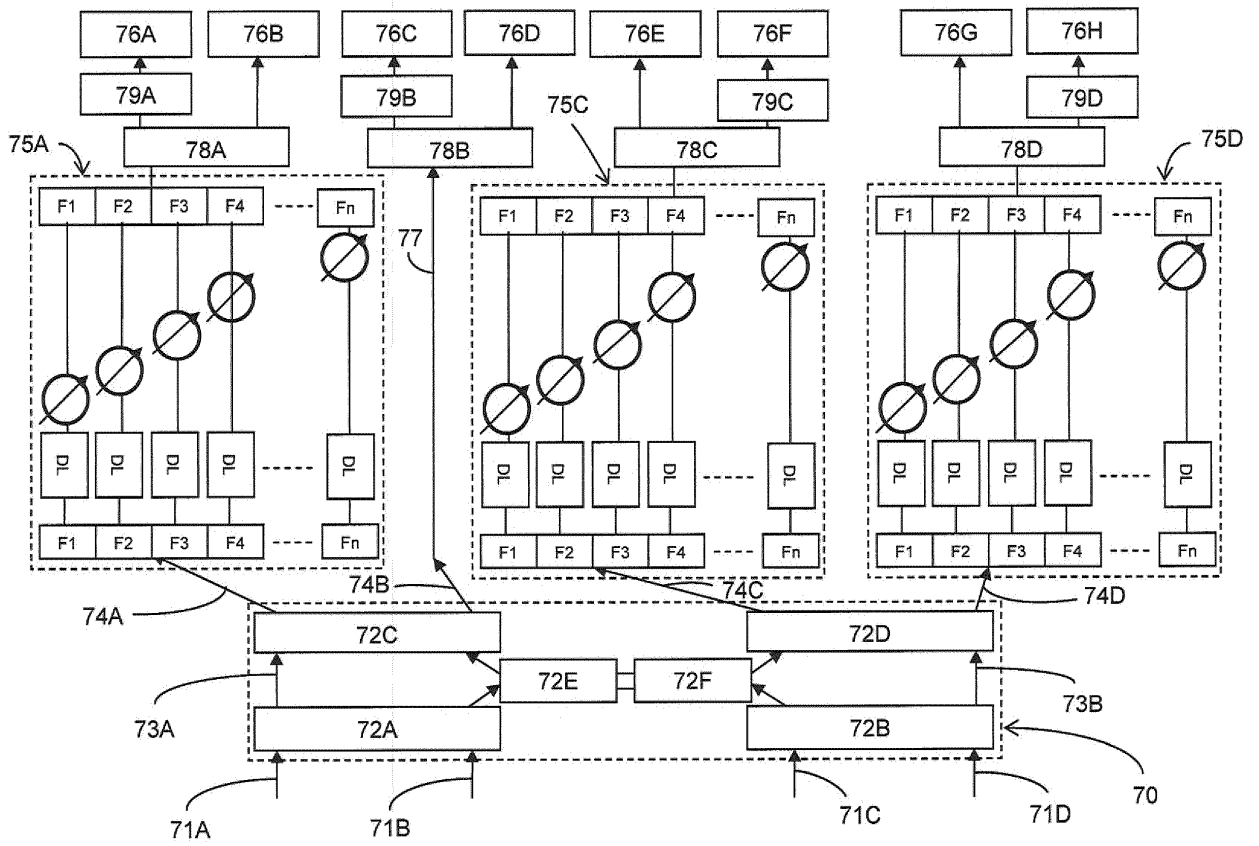




FIG. 6



**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 0395239 A1 [0005]
- JP 2000223924 A [0006]