

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

**11 N° de publication :**

2 541 518

**21 N° d'enregistrement national :**

82 17917

51 Int Cl<sup>3</sup> : H 01 Q 3/26, 21/00.

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 26 octobre 1982.

(71) **Demandeur(s) :** Société dite : THOMSON-CSF, Société Anonyme, - FR.

30 Priorité :

72 Inventeur(s) : Henri Becavin.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 34 du 24 août 1984.

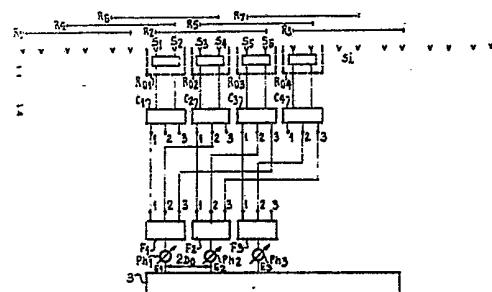
73 Titulaire(s) :

60 Références à d'autres documents nationaux appartenés :

74 Mandataire(s) : Philippe Guilguet.

#### 54. Dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage.

57) Dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage dans laquelle les antennes constituant le réseau sont réparties en sous-réseaux  $R_i$  présentant un certain recouvrement à leurs extrémités, comprenant des groupements élémentaires  $R_o$ , chacun portant  $N$  antennes élémentaires alimentées par des circuits à  $N$  entrées et  $N$  sorties et des moyens regroupant un nombre arbitraire desdits groupements élémentaires, constituant un ensemble comprenant  $MN$  antennes élémentaires où  $M$  est supérieur à  $N$  et les  $MN$  antennes étant le nombre d'antennes d'un sous-réseau.



DISPOSITIF D'ALIMENTATION D'UNE ANTENNE RESEAU  
A FAISCEAU DE BALAYAGE

La présente invention est relative à un dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage. Une telle antenne est destinée à produire un faisceau dont la position du maximum est commandée par un certain nombre de déphasateurs 5 disposés dans les lignes d'alimentation.

Pour un certain nombre de raisons et plus particulièrement pour des raisons de coût et de fiabilité, il est souhaitable de diminuer autant que possible le nombre des déphasateurs de commande.

La détermination du nombre minimal de déphasateurs est connue; elle dépend d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer :

- $F_1(\theta)$  : directivité d'une antenne élémentaire ;
- $D_o$  : espacement entre antennes élémentaires ;
- $\theta_o$  : plage de balayage du faisceau.

Le diagramme total peut s'écrire sous la forme mathématique :

$$E(\theta) = F_1(\theta) \times F_2 \Pi(D_o(\sin\theta_1 - \sin\theta))$$

dans laquelle  $F_2$  est maximum pour les valeurs de son argument égales à  $k$ ,  $k$  étant un entier positif, négatif ou nul.

En fonction de  $D_o$ , espacement entre deux antennes élémentaires successives, il y aura un maximum principal pour  $\theta = \theta_o$  et des maximums secondaires égaux au principal pour  $\sin\theta_p = \pm \frac{K}{D_o}$

mais ces maximums secondaires sont indésirables car donnant de fausses indications de direction. La plage de balayage utile du faisceau est alors limitée par l'apparition de ces maximums secondaires. Un moyen pour résoudre ce problème de la limitation de la plage de balayage consiste à rechercher des diagrammes élémentaires tels que  $F_1(\theta)$  soit nul pour  $|\theta| > \theta_o$  et l'idéal serait un

diagramme  $F_1$  rectangulaire. Avec un tel diagramme, l'espacement  $Do$  entre sources pourrait être égal à  $1/\sin\theta_0$ . Mais pour obtenir ce diagramme, il serait nécessaire d'avoir une antenne de directivité infinie entraînant une source élémentaire d'envergure infinie.

5 Ces considérations sont connues et dans les pages 256 à 258 de l'ouvrage "Phased array antennas" de Olmer et Knittel édité par ARTECH HOUSE, une solution au problème est proposée, consistant à créer des sous-réseaux, c'est-à-dire à grouper un certain nombre d'antennes élémentaires et à les alimenter de façon appropriée à 10 partir d'un distributeur d'énergie, de sorte que ces sous-réseaux rayonnent chacun un lobe approximativement rectangulaire avec des centres de phase séparés les uns des autres d'une distance telle que les maxima secondaires de l'ensemble des sous-réseaux soient rejetés à l'extérieur du lobe principal.

15 Un exemple de réalisation donnant une solution au problème de la limitation du nombre des déphasateurs par rapport aux sources rayonnantes élémentaires avec obtention d'une plage de balayage du faisceau qui ne soit pas trop limitée, peut être trouvée dans le brevet américain 4 228 436 dont l'intitulé est "Réseau de phase à balayage limité". Dans ce brevet, on considère essentiellement un 20... circuit d'interconnexion présentant  $T$  sorties et  $P$  entrées,  $T$  correspondant au nombre des sources élémentaires envisagées et  $P$  à celui des déphasateurs. Dans ce cas, on envisage un nombre de circuits  $M$  tel que  $M = \frac{T}{P} \geq 3$ .

25 Une réalisation décrite dans ce brevet américain donne un bon résultat avec un sous-réseau comprenant  $T^2$  antennes pour un intervalle entre sous-réseaux égal à  $TDo$ ,  $Do$  étant l'espacement entre deux antennes élémentaires. Cependant, dans cette solution, comme  $T$  est au maximum égal à 2 ou 3, la plage de balayage 30 apparaît encore trop limitée pour la plupart des applications.

De plus, le dispositif décrit dans ce brevet américain ne permet pas d'obtenir une distribution d'amplitude et de phase optimale sur les différentes antennes, donnant un lobe de rayonnement rectangulaire ; l'intérêt du système est ainsi diminué.

Le but de la présente invention est de définir un dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage qui soit exempt des inconvénients qui ont été signalés ci-dessus.

5 Suivant l'invention, un dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage dans laquelle les antennes élémentaires espacées d'un intervalle élémentaire  $Do$  ont été réparties en plusieurs sous-réseaux se recouvrant à leurs extrémités, est caractérisé en ce qu'il comprend des groupements élémentaires connectés respectivement chacun à  $N$  antennes élémentaires et comportant  $N$  10 entrées ainsi que des moyens rassemblant un nombre arbitraire des dits groupements élémentaires, constituant un ensemble comprenant  $M.N$  antennes élémentaires où  $M$  est supérieur à  $N$  et l'espacement entre deux ensembles ou sous-réseaux étant égal à  $N$  intervalles élémentaires  $Do$ .

15 On notera dès maintenant l'avantage que confère une telle alimentation : elle permet d'agir indépendamment sur la distribution d'amplitude et de phase ainsi que sur le nombre d'antennes du sous-réseau et sur leur espacement.

20 D'autres caractéristiques de l'invention ainsi que des avantages apparaîtront dans la description qui suit donnée à l'aide des figures qui représentent :

25 -la figure 1, un dispositif d'alimentation, conforme à l'invention, de groupements élémentaires comportant deux antennes élémentaires appartenant à un certain nombre de sous-réseaux de 6 antennes élémentaires ;

-la figure 2, un dispositif d'alimentation de groupements élémentaires comportant deux antennes élémentaires appartenant à des sous-réseaux de 12 antennes élémentaires ;

30 -la figure 3, un dispositif d'alimentation de groupements élémentaires comportant trois antennes élémentaires ;

-la figure 4, un dispositif d'alimentation de groupements élémentaires comportant quatre antennes élémentaires ;

-la figure 5, un dispositif d'alimentation détaillé d'un groupement élémentaire à deux antennes élémentaires ;

- la figure 6, un dispositif d'alimentation détaillée conforme à l'invention pour trois groupements élémentaires à deux antennes chacun ;
- 5 -la figure 7, un dispositif d'alimentation symétrique pour un groupement élémentaire de deux antennes, appartenant à un sous-réseau de 12 antennes ;
- la figure 8, un dispositif d'alimentation simplifié pour un sous-réseau constitué par trois groupements élémentaires de deux antennes chacun ;
- 10 -la figure 9, le diagramme de rayonnement obtenu avec l'alimentation symétrique de la figure 8 ;
- la figure 10, le diagramme de rayonnement obtenu avec l'alimentation symétrique de la figure 7 ;
- la figure 11, le diagramme de rayonnement obtenu pour une 15 antenne constituée par 28 sous-réseaux, chacun de 12 antennes avec espacement de deux intervalles élémentaires entre sous-réseaux.
- On a indiqué dans l'introduction à la présente demande que le dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage devait être tel qu'il fournisse une plage de balayage utile du faisceau 20 la moins limitée possible et qu'à la limite, le diagramme de rayonnement du lobe principal de l'antenne se rapproche le plus possible de la forme rectangulaire.
- Pour se rapprocher de ces conditions, on a été amené, suivant l'art antérieur, à répartir les antennes du réseau en un certain 25 nombre de sous-réseaux permettant dans un premier temps de diminuer le nombre des déphasateurs nécessaires pour effectuer le balayage de l'espace par le faisceau formé. Les sous-réseaux constitués à partir du réseau, sont caractérisés par le nombre d'antennes qu'ils comportent et par l'intervalle qui sépare deux sous-réseaux 30 voisins. Suivant la façon dont les sous-réseaux sont alimentés, certains inconvénients subsistent, en particulier une certaine limitation de la plage de balayage due à ce que le dispositif d'alimentation ne peut alimenter de façon adéquate, c'est-à-dire avec un certain nombre de courants indépendants qu'un nombre relativement

faible d'antennes élémentaires.

Le dispositif d'alimentation suivant l'invention, reméde à ces inconvénients en assurant plusieurs alimentations distinctes aux antennes des sous-réseaux réparties en groupements élémentaires par l'intermédiaire des deux groupes de circuits qui ont été définis, l'agencement de ces circuits permettant en plus d'agir indépendamment sur la distribution de l'amplitude et de la phase.

La figure 1 représente un dispositif d'alimentation conforme à l'invention, alimentant un certain nombre de groupements élémentaires Roi en lesquels les sous-réseaux sont divisés. Les groupements élémentaires sont caractérisés par le nombre relativement faible, de 2 à 5 ou 6 antennes élémentaires qu'ils comportent. On a choisi ici des groupements élémentaires comportant  $N = 2$  antennes élémentaires.

Les sous-réseaux considérés sont repérés par les références  $R_1$  à  $R_7$  et comprennent chacun 6 antennes élémentaires. On n'a figuré que 7 sous-réseaux séparés les uns des autres de  $N$  intervalles élémentaires Do ici donc 2 Do, pour un réseau total comportant 30 antennes. Les groupements élémentaires sont repérés  $Ro_1$  à  $Ro_4$  et constituent un ensemble I. Chaque groupement élémentaire comporte un nombre d'entrées et de sorties égal. Ici ce nombre  $N$  est égal à 2. Les ensembles II et III constituent les moyens rassemblant un certain nombre des groupements élémentaires Roi, suivant l'invention. L'ensemble II comprend un certain nombre de circuits appelés distributeurs additionneurs  $C_1$  à  $C_4$  et l'ensemble III comprend un certain nombre de circuits appelés distributeurs diviseurs  $F_1$  à  $F_3$  qui sont chacun connecté par un déphasageur  $Ph$  à un distributeur d'énergie 3 dont les sorties correspondantes sont espacées de 2 espacements élémentaires Do. Suivant l'invention les ensembles II et III rassemblent  $MN$  antennes élémentaires, soit ici 6 antennes,  $M$  étant égal à 3 et  $N$  à 2.

Dans l'exemple de la figure 1, l'alimentation des antennes avec plusieurs alimentations distinctes se fait de la façon suivante.

Les circuits distributeurs diviseurs  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  comportent

chacun 1 entrée et 3 sorties et répartissent l'énergie délivrée par le distributeur 3 respectivement aux trois entrées des circuits distributeurs additionneurs  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$  dont les deux sorties alimentent respectivement un groupement élémentaire soit ici  $Ro_1$ ,  $Ro_2$ , 5  $Ro_3$ ,  $Ro_4$ .

On constatera que le nombre des sorties d'un circuit distributeur diviseur est égal au nombre des entrées d'un circuit distributeur additionneur et que chaque sortie d'un distributeur diviseur  $F_1$  par exemple est connectée à une entrée portant le même indice numéral des diviseurs additionneurs successifs ; ainsi la sortie 1 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 1 au circuit  $C_1$ , la sortie 2 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_2$ , la sortie 3 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 3 du circuit  $C_3$ , la sortie 1 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_2$ , la sortie 2 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_3$  et la sortie 3 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 3 du circuit  $C_4$  et ainsi de suite 10 pour le circuit  $F_3$ . On constate bien dans cet exemple d'alimentation que les antennes d'un groupement élémentaire appartenant à plusieurs sous-réseaux par exemple, les antennes des groupements  $Ro_3$  et  $Ro_4$  appartenant aux sous réseaux  $R_2$ ,  $R_5$ ,  $R_3$ ,  $R_7$ ,  $R_6$  reçoivent 15 plusieurs alimentation distinctes.

La figure 2 représente un dispositif d'alimentation conforme à l'invention, alimentant un certain nombre de groupements élémentaires  $Ro_1$  à  $Ro_7$  à 2 antennes en lesquels les sous réseaux sont 20 divisés.

Les sous-réseaux considérés ici sont repérés par les références  $R1$  et  $R2$  et ils sont séparés de  $N$  intervalles élémentaires  $Do$ , ici donc  $2Do$ . Chaque groupement élémentaire comporte un nombre d'entrées et de sorties égal. Ici, ce nombre  $N$  est égal à 2. L'ensemble II regroupe les circuits distributeurs additionneurs  $C_1$  à  $C_6$ , rassemblant un certain nombre de groupements élémentaires regroupant  $M.N$  antennes élémentaires, soit ici 12 antennes,  $M$  étant 30 égal à 6. L'ensemble III regroupe des circuits distributeurs diviseurs

$F_1$  à  $F_3$  comportant chacun une entrée connectée à un déphaseur  $Ph$  et  $M$  sorties. Les déphaseurs  $Ph1$  et  $Ph3$  par exemple, en nombre réduit déjà, sont connectés à un distributeur d'énergie 3 dont les sorties correspondantes sont espacées de  $N$  espacements élémentaires Do.

5

L'alimentation des antennes des groupements élémentaires à partir du distributeur d'énergie 3 se fait de la façon suivante, visible sur la figure 2. Chaque circuit distributeur diviseur  $F_i$  a un nombre de sorties égal au nombre  $M$  des entrées des circuits distributeurs additionneurs  $C_i$  envisagés et chaque sortie est connectée à une entrée de même rang des circuits distributeurs additionneurs successifs réalisant une loi de connexion périodique. Ainsi, la sortie 1 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_1$ , la sortie 2 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_2$ , la sortie 3 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 3 du circuit  $C_3$  et ainsi de suite jusqu'à la sortie 6 du circuit  $F_1$  qui est connectée à l'entrée 6 du circuit  $C_5$ . De même, la sortie 1 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_2$ , la sortie 2 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_3$ , la sortie 3 du circuit  $F_2$  est connectée à l'entrée 3 du circuit  $C_4$  et ainsi de suite. La sortie 1 du circuit  $F_3$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_4$ , la sortie 2 du circuit  $F_3$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_4$  et ainsi de suite.

10

15

20

25

30

La figure 3 représente un dispositif d'alimentation conforme à l'invention, pour lequel chaque groupement élémentaire  $Ro_i$  comporte trois antennes élémentaires. Les sous-réseaux  $R_1$  et  $R_2$  comportent chacun 12 antennes. Ces sous-réseaux sont espacés de  $NDo$ , c'est-à-dire de trois intervalles élémentaires Do. Dans ces conditions, le nombre des circuits distributeurs additionneurs du groupe II, soit  $M$  est égal à 4. Chacun d'eux comporte quatre entrées et trois sorties, celles-ci étant connectées respectivement aux trois entrées des groupements élémentaires. Les circuits distributeurs diviseurs  $F$ , dont chacun est connecté au distributeur d'énergie 3 par un déphaseur  $Ph$ , comportent donc chacun une entrée et quatre sorties distribuées de la façon suivante vers les circuits distributeurs

additionneurs II.

La sortie 1 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_1$ , la sortie 2 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_2$ , la sortie 3 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 3 du circuit  $C_3$  et sa sortie 4 est connectée à l'entrée 4 du circuit  $C_4$ . Pour le circuit 5  $F_2$ , les connexions sont les suivantes : sa sortie 1 est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_2$ , sa sortie 2 est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_3$ , sa sortie 3 à l'entrée 3 du circuit  $C_4$  et sa sortie 4 à l'entrée 4 du circuit  $C_5$ . Les connexions des sorties des circuits  $F_3$  10 et  $F_4$  avec les entrées des circuits  $C$  se font de la même façon, la sortie 1 du circuit  $F_3$  étant connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_3$  et la sortie 2 du circuit  $F_4$  par exemple étant connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_5$ .

La figure 4 représente un dispositif d'alimentation conforme à 15 l'invention, pour lequel chaque groupement élémentaire  $Ro_1$  comporte quatre antennes élémentaires. Les sous-réseaux  $R_4$  et  $R_5$  comportent alors chacun 20 antennes. De fait, suivant l'invention, le nombre  $M$  de circuits d'interconnexion du groupe doit être supérieur au nombre  $N$  des antennes élémentaires des sous-réseaux élémentaires. Dans ces conditions,  $N$  étant choisi égal à 4,  $M$  doit être égal 20 à 5 au minimum et le nombre des antennes d'un sous-réseau est égal à  $MN$  soit 20. Ces sous-réseaux sont espacés de  $ND_0$ , soit quatre intervalles élémentaires  $D_0$ . Le nombre des circuits distributeurs additionneurs du groupe II est égal à 5 et chacun comporte cinq entrées et quatre sorties, celles-ci étant respectivement connectées 25 aux quatre entrées des groupements élémentaires. Les circuits distributeurs diviseurs  $F$ , dont chacun est connecté au distributeur d'énergie 3 par un déphasageur  $Ph$ , comportent donc une entrée et cinq sorties distribuées de la façon suivante aux circuits distributeurs additionneurs II.

La sortie 1 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_1$ , la sortie 2 du circuit  $F_1$  est connectée à l'entrée 2 du circuit  $C_2$ , la sortie 3 du circuit  $F_1$ , à l'entrée 3 du circuit  $F_3$ , la sortie 4 à l'entrée 4 du circuit  $C_4$ , etc. De même, la sortie 1 du circuit  $F_2$  est 30

connectée à l'entrée 1 du circuit  $C_2$ , la sortie 2 à l'entrée 2 du circuit  $C_3$ , etc. Les connexions des sorties des circuits  $F_3$ ,  $F_4$  et  $F_5$  se font suivant un même schéma avec les entrées des circuits  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ . On notera également que les déphasateurs Ph sont séparés de

5

quatre intervalles élémentaires.

Un certain nombre d'expérimentations ont été faites avec des dispositifs d'alimentation du genre de ceux des figures 1, 2, 3 et 4 comportant les moyens de regroupement conformes à l'invention, c'est-à-dire regroupant un nombre arbitraire de groupements élémentaires comportant  $N$  antennes élémentaires pour constituer un ensemble alimentant  $MN$  antennes élémentaires constituant un sous-réseau où  $M$  est supérieur à  $N$  avec un espacement entre deux sous-réseaux égal à  $N$  intervalles élémentaires.

10

Dans ce qui suit, on donne les limites des plages de balayage obtenues avec un nombre d'antennes variable de 8 à 44, pour des intervalles élémentaires donnés croissant entre deux antennes élémentaires et un nombre variant de 2 à 4 pour les groupement élémentaires considérés. On notera l'intérêt d'avoir un intervalle entre deux antennes élémentaires le plus grand possible qui entraîne une densité d'antennes élémentaires ou sources rayonnantes plus faible.

Le nombre minimum d'antennes et de déphasateurs est fonction de l'intervalle entre antennes élémentaires et du nombre d'antennes du groupement élémentaire.

15

L'optimum est donc soumis aux contraintes suivantes :

1. maximum de  $D_o$
2. minimum du nombre d'antennes du sous-réseau.
3. maximum de la plage de balayage.

Par exemple, pour un intervalle élémentaire  $D_o$  de  $0,5\lambda$  et des

20

groupements élémentaires à deux antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
	d'un sous-réseau	
5	8	18,8
	12	20,9
	16	21,8
	18	25
	22	24,9

10 Pour un intervalle élémentaire de  $0,7\lambda$  , toujours avec des groupement élémentaires à deux antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
	d'un sous-réseau	
15	8	13,3
	12	14,8
	16	15,4
	18	17,6
20	22	17,5

Pour un intervalle élémentaire de  $0,5\lambda$  avec des groupement élémentaires à trois antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
	d'un sous-réseau	
25	12	12,4
	18	13,6
	24	14,2
30	27	16,2
	33	16,1

et pour un intervalle élémentaire de  $0,7\lambda$  avec des groupements élémentaires à trois antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
5	d'un sous-réseau	
	12	8,8
	18	9,7
	24	10,1
10	27	11,5
	33	11,4

Pour un intervalle élémentaire de  $0,5\lambda$  avec des sous-réseaux élémentaires à quatre antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
15	d'un sous-réseau	
	16	9,2
	24	10,1
20	32	10,5
	35	12,0
	44	11,9

et pour un intervalle élémentaire de  $0,7\lambda$  avec des sous-réseaux élémentaires à quatre antennes, on a :

	nombre d'antennes	limite de balayage (en degrés)
25	d'un sous-réseau	
	32	7,5
30	36	8,5
	44	8,5

A l'aide de ce tableau qui peut être aisément complété, on

5 peut voir que pour obtenir une plage de balayage de  $12^\circ$ , on a un sous-réseau de 36 antennes réparties en neuf groupements élémentaires de quatre antennes séparées chacune de  $0,5\lambda$ . Pour une plage de balayage de  $12,4^\circ$ , on pourrait prendre un sous-réseau de 12 antennes réparties en quatre groupements élémentaires de trois antennes séparées chacune de  $0,5\lambda$  également.

10 Dans ce qui suit, on va décrire des exemples de réalisation pratique de circuits intervenant dans l'invention, assurant plusieurs alimentations aux antennes élémentaires et agissant de façon indépendante sur la distribution de l'amplitude et de la phase.

15 La figure 5 représente un circuit d'alimentation d'un groupement élémentaire comportant deux antennes  $S_1$  et  $S_2$  connectées par un circuit hybride 4 à des circuits atténuateurs 5 et 6 présentant respectivement un certain poids  $A_1 \cdot B_1$ , eux-mêmes connectés aux entrées  $E_1$  et  $E_2$  par l'intermédiaire d'un circuit hybride 7. Les deux 20 alimentations distinctes que l'on obtient pour chacune des deux antennes  $S_1$  et  $S_2$  peuvent être schématisées de la façon suivante :

$$I_1 = (A_1 + B_1) \cdot E_1 + (A_1 - B_1) E_2$$

$$I_2 = (A_1 - B_1) E_1 + (A_1 + B_1) E_2$$

25 I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> étant les courants parcourant respectivement les antennes S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>.

La figure 6 montre comment alimenter, dans les conditions optimales suivant l'invention, deux sous-réseaux R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub> comportant chacun quatre antennes, soit S<sub>1</sub>-S<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>-S<sub>4</sub> et S<sub>3</sub>-S<sub>4</sub>-S<sub>5</sub>-S<sub>6</sub> respectivement, les deux sous-réseaux étant espacés de deux intervalles élémentaires, c'est-à-dire que les deux antennes S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub> sont communes aux deux sous-réseaux R<sub>5</sub> et R<sub>6</sub>. Les groupements élémentaires en lesquels sont réparties les antennes des sous-réseaux comprennent ici deux antennes (N = 2). Les deux antennes de chaque groupement élémentaire sont alimentées à travers un diviseur hybride 8, 9, 10 permettant, comme on l'a vu à propos de la figure 5 d'obtenir pour chacune des antennes d'un groupement

élémentaire deux alimentations indépendantes. Dans le cas de la figure 6, le rassemblement de deux groupements élémentaires de deux antennes chacun se fait à l'aide de deux circuits diviseurs par 2, soit 11 et 12. Chacun de ces diviseurs est connecté à une sortie 5  $E_1$ , respectivement  $E_2$  d'un distributeur d'énergie 3, et d'un déphaseur  $Ph_1$ , respectivement  $Ph_2$ , prévus à la sortie du distributeur 3. Dans ce montage, on constate que le signal appliqué à l'entrée  $E_1$  se répartit, par l'intermédiaire du diviseur 11, sur les antennes  $S_1-S_2$  10 d'une part et  $S_3-S_4$  d'autre part, et que le signal appliqué à l'entrée  $E_2$  se répartit par l'intermédiaire du diviseur 12, sur les antennes  $S_3-S_4$  d'une part et  $S_5-S_6$  d'autre part. Les antennes  $S_3$  et  $S_4$  reçoivent dans ces conditions la somme des signaux de chacune des entrées. De plus, grâce aux coefficients  $A_1$  et  $B_1$  représentant le poids des 15 circuits 5, 6, 13, 14, 15 et 16, on peut obtenir la distribution désirée sur les antennes. Le tableau suivant donne pour chacune des antennes  $S_1$  à  $S_6$  considérées la distribution des amplitudes en fonction des coefficients  $A_1$  et  $B_1$ .

	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$
$E_1$	$A_1-B_1$	$A_1+B_1$	$A_1+B_1$	$A_1-B_1$	0	0
$E_2$	0	0	$A_1-B_1$	$A_1+B_1$	$A_1+B_1$	$A_1-B_1$

A partir de ce tableau, on peut déduire les courants  $I_1$  à  $I_6$  qui parcourent les différentes antennes.

Suivant l'invention, ce dispositif d'alimentation assurant plusieurs alimentations distinctes par antenne, mis à part les 25 antennes situées aux extrémités des sous-réseaux d'extrémité également, peut être étendu à un nombre quelconque, arbitraire d'antennes réparties en sous-groupes et groupements élémentaires. Pour ce faire, on augmente le nombre des circuits du genre 5, 6 par exemple des atténuateurs, c'est-à-dire que l'on augmente le nombre 30 des coefficients A et B. Suivant l'invention également, les coeffi-

5 cients sont regroupées sur un pont hybride fournissant ainsi deux excitations symétriques pour chaque antenne. Cette façon d'opérer présente une certaine simplification intéressante. Ainsi, avec trois jeux de coefficients soit  $A_1, B_1$  ;  $A_2, B_2$  et  $A_3, B_3$ , on obtient une excitation symétrique sur six groupes de deux antennes, c'est-à-dire pour un sous-réseau comportant 12 antennes avec une répartition optimale des courants sur les 12 antennes.

10 La figure 7 donne une représentation d'un tel dispositif d'alimentation réalisé pour un groupement élémentaire comportant deux antennes. Ce dispositif d'alimentation comprend six entrées distinctes  $E_{3g}$ ,  $E_{2g}$ ,  $E_{1g}$  et  $E_{1d}$ ,  $E_{2d}$  et  $E_{3d}$  et fournit 12 courants d'excitation distincts.

15 On notera que le dispositif d'alimentation de la figure 7 est réalisé à l'aide de diviseurs hybrides. Les entrées d'énergie  $E_1^1$ ,  $E_2^1$ ,  $E_3^1$  et  $E_1^2$ ,  $E_2^2$ ,  $E_3^2$  sont distribuées symétriquement à gauche et à droite vers les circuits 19 et 20, déterminant les coefficients A et B, par exemple, dans le cas de figure représenté,  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  et sont appliquées à trois circuits diviseurs par 2 soit 21, 22, et 23. On notera également sur cette figure, la répartition des circuits en groupe I, groupements élémentaires, Roi, groupe II, circuits distributeurs additionneurs Ci et groupe III, circuits distributeurs diviseurs Fi.

20 25 Les douze courants d'excitation distincts des antennes de gauche et de droite des groupements élémentaires peuvent alors être définis :

	$E_{3g}$	$E_{2g}$	$E_{1g}$	$E_{1d}$	$E_{2d}$	$E_{3d}$
antenne gauche ( $S_1$ )	$A_3 - B_3$	$A_2 - B_2$	$A_1 - B_1$	$A_1 + B_1$	$A_2 + B_2$	$A_3 + B_3$
antenne droite ( $S_2$ )	$A_3 - B_3$	$A_2 + B_2$	$A_1 + B_1$	$A_1 - B_1$	$A_2 - B_2$	$A_3 - B_3$

Si  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ,  $I_5$  et  $I_6$  sont les amplitudes désirées des

courants, on peut déterminer aisément les valeurs des coefficients  $A_1 \cdot B_1, A_2 \cdot B_2, A_3 \cdot B_3$ , soit :

$$A_1 = \frac{1}{2} (I_1 + I_2) \quad A_2 = \frac{1}{2} (I_3 + I_4) \quad A_3 = \frac{1}{2} (I_5 + I_6)$$

$$B_1 = \frac{1}{2} (I_1 - I_2) \quad B_2 = \frac{1}{2} (I_3 - I_4) \quad B_3 = \frac{1}{2} (I_5 - I_6)$$

5 On peut également déterminer sans ambiguïté, à l'aide d'un système de six équations non linéaires à six inconnues, les différents paramètres de la distribution, y compris les valeurs des couplages permettant d'obtenir une répartition optimale des courants sur les douze antennes considérées.

10 A titre d'exemple non limitatif, les valeurs de couplage entre les douze antennes, en partant de la gauche, sont données ci-dessous :

0,071 ; -0,039 ; -0,178 ; -0,45 ; 0,478 ; 1 ; 1 ; 0,478 ; -0,45 ; -0,0178 ; -0,039 ; 0,071.

15 Dans la description précédente, on a considéré des groupements élémentaires comportant deux antennes et des sous-réseaux décalés les uns des autres de deux intervalles, couvrant deux antennes. Il est évident que l'invention n'est pas limitée à ces données.

20 Les groupements élémentaires peuvent très bien comporter trois ou quatre antennes ou plus, avec des sous-réseaux décalés d'un intervalle correspondant, comme le montrent les figures 3 et 4 par exemple. Cependant, une alimentation comparable à celle de la figure 7 pour un groupement élémentaire comportant trois antennes élémentaires devient relativement compliquée dans la pratique.

25 La figure 8 représente un exemple de réalisation simplifiée d'une alimentation, suivant l'invention, pour six antennes élémentaires divisées en trois groupements élémentaires de deux antennes chacun. La distribution optimale, obtenue théoriquement, des valeurs de couplage entre deux antennes serait : -0,157 ; 0,238 ; 1 ; 1 ; 0,238 ; -0,157. Dans l'exemple pratique de la figure 8, cette

distribution est : -0,17 ; 0,17 ; 1 ; 1 ; 0,17 -0,17 permettant d'obtenir une plage de balayage de  $\pm 8^\circ$  avec un niveau maximum des lobes de réseau égal à -26 dB environ.

Les sous-réseaux élémentaires Ro1, Ro2, Ro3 appartenant au groupe I de circuits comportent chacun deux antennes élémentaires  $S_1-S_2$  ;  $S_3-S_4$  ;  $S_5-S_6$ , qui sont connectées à travers respectivement des coupleurs hybrides 25, 28 et 31 aux circuits distributeurs additionneurs groupe II. Ceux-ci sont des coupleurs hybrides 26, 29, 32 ayant une sortie connectée respectivement au groupement élémentaire correspondant à deux entrées, connectées respectivement à des coupleurs triples 27, 30, 33. Les coupleurs triples sont respectivement connectés à un distributeur d'énergie 3par des déphasateurs Ph1, Ph2, Ph3, séparés de deux intervalles élémentaires.

A l'échelon du résultat obtenu, plage de balayage de  $\pm 8^\circ$  avec un niveau maximum des lobes de réseau égal à -26 dB environ, on peut comparer les circuits mis en place suivant l'invention avec ceux qu'aurait exigé le brevet américain 4 228 436 cité au titre de l'art antérieur. Avec les enseignements de ce brevet, il aurait été nécessaire d'utiliser un espacement entre sous-réseaux de  $1,25\lambda$  soit un espacement élémentaire de  $0,4\lambda$  au lieu de  $0,8\lambda$  dans la réalisation de la présente demande. Le nombre des sources est ainsi divisé par plus de 2. Le nombre des déphasateurs qui peut s'exprimer par le rapport entre les distances entre sous-réseaux est diminué dans un rapport de 40 %.

La figure 9 représente le diagramme de rayonnement obtenu avec l'alimentation de la figure 7. On constate que la plage de balayage s'étend entre  $\pm 8^\circ$ .

La figure 10 représente le diagramme de rayonnement obtenu avec l'alimentation symétrique de la figure 8. La plage de balayage est étendue entre  $\pm 12^\circ$  et le maximum des lobes de réseau est de l'ordre de -26 dB.

La figure 11 représente le diagramme de rayonnement obtenu avec une alimentation conforme à l'invention pour 28 sous-réseaux de 12 antennes chacun avec groupement élémentaire de 2 antennes

et intervalle  $Do$  de  $0,8\lambda$ .

Fo représente le lobe résultant de 28 sous-réseaux de 12 antennes chacune distante de  $0,8\lambda$  avec un espacement entre sous-réseau de 2 Do soit  $1,6\lambda$ . Le lobe Fo est représenté pour un dépointage de  $12^\circ$  avec un lobe de réseau F-1 et F+1 inférieur à 26 dB. La plage de balayage admissible avec une perte de 3 dB sur le lobe principal Fo est de l'ordre de  $\pm 15^\circ$ .

Le diagramme Go représente le diagramme de chaque sous-réseau de 12 antennes élémentaires.

On a ainsi décrit un dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage.

REVENTICATIONS

1. Dispositif d'alimentation d'une antenne réseau à faisceau de balayage dans laquelle les antennes élémentaires espacées d'un intervalle élémentaire (Do) ont été réparties en plusieurs sous-réseaux se recouvrant à leurs extrémités, caractérisé en ce qu'il comprend des groupements élémentaires (Roi) connectés respectivement chacun à N antennes élémentaires et comportant N entrées ainsi que des moyens rassemblant un nombre arbitraire des dits groupements élémentaires (Roi) constituant un ensemble comprenant MN antennes élémentaires où M est supérieur à N et l'espacement entre deux ensembles ou sous-réseaux (Ri) étant égal à N intervalles élémentaires (Do).

2. Dispositif d'alimentation suivant la revendication 1, caractérisé en ce que des moyens rassemblant un nombre arbitraire de groupements élémentaires (Roi) comprennent des circuits distributeurs additionneurs (Ci), chacun d'eux étant connecté à un groupement élémentaire (Roi) et des circuits distributeurs diviseurs (Fi) connectés aux circuits distributeurs additionneurs (Ci) suivant une loi périodique.

3. Dispositif d'alimentation suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un circuit distributeur additionneur (Ci) a un nombre de sorties égal au nombre d'entrées du groupement élémentaire (Roi) auquel il est connecté et un nombre d'entrées égal à M.

4. Dispositif d'alimentation suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'un circuit distributeur diviseur (Fi) a une entrée connectée à un distributeur d'énergie (3) par un déphasageur (Ph) et un nombre de sorties égal à M, chacune de ces M sorties étant connectée à une entrée de même rang des distributeurs additionneurs successifs C, réalisant une loi périodique de connexion entre les distributeurs diviseurs (Fi) et les distributeurs additionneurs (Ci).

5. Dispositif d'alimentation suivant l'une des revendications 1

ou 4, caractérisé en ce que les déphasateurs (Phi) à travers lesquels les distributeurs diviseurs (Fi) sont connectés au distributeur d'énergie (3) sont séparés de N intervalles élémentaire Do.

5 6. Dispositif d'alimentation suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les groupements élémentaires (Roi) comportent de deux à cinq antennes élémentaires (Si).

10 7. Dispositif d'alimentation suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un groupement élémentaire (Ro) comporte deux antennes élémentaires ( $S_1 - S_2$ ) alimentées à travers un circuit hybride (4) par deux circuits (5-6) de poids défini ( $A_1, B_1$ ), connectés aux entrées ( $E_1 - E_2$ ) d'énergie par l'intermédiaire d'un circuit hybride (7).

15 8. Dispositif d'alimentation suivant l'une des revendications 1 ou 7, caractérisé en ce que les circuits d'alimentation des antennes d'un groupement élémentaire (Roi), les circuits distributeurs additionneurs (Ci) et les circuits distributeurs diviseurs (Fi) sont des circuits hybrides (8.9.10 - 7.17.18 - 11.12).

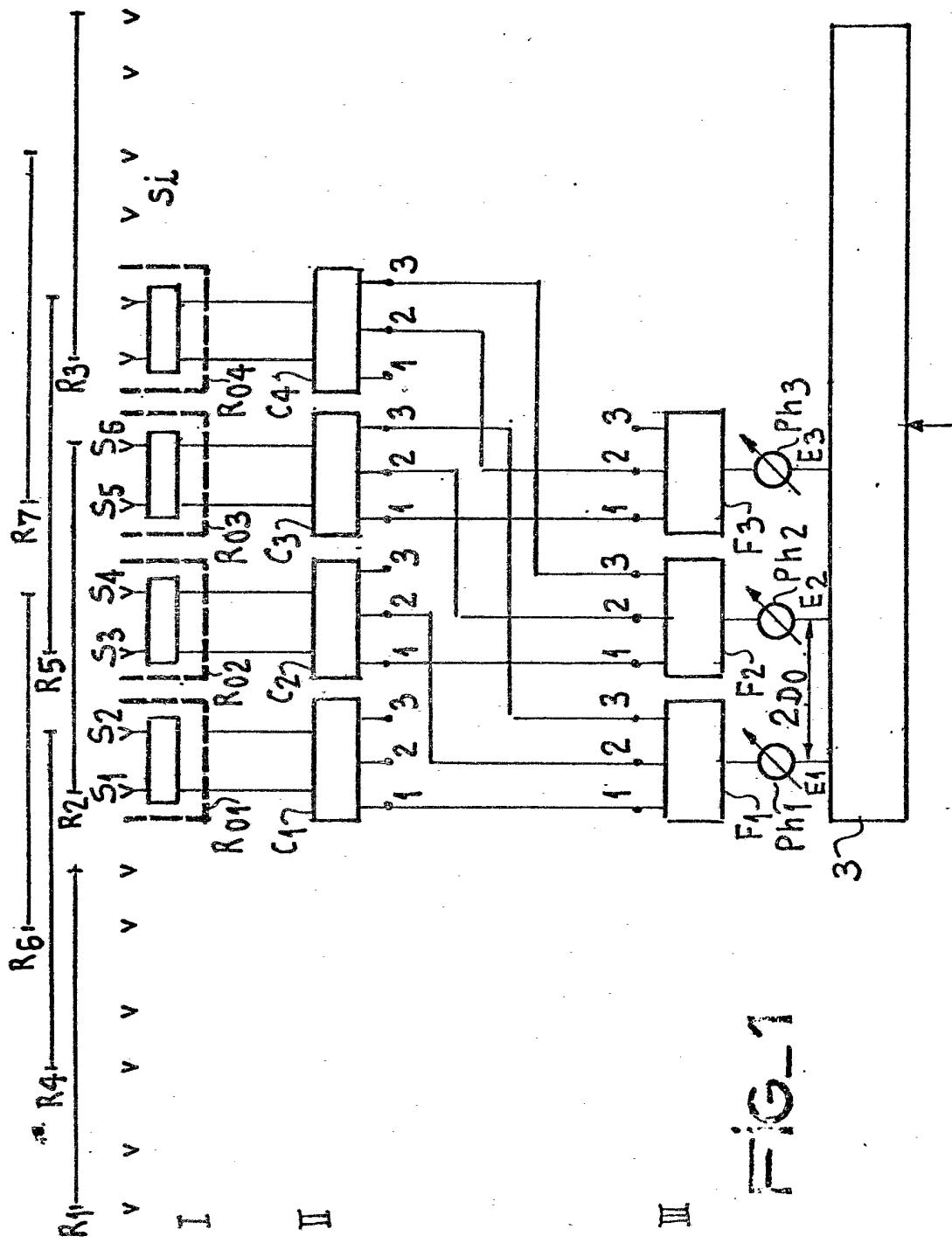
20 9. Dispositif d'alimentation suivant la revendication 1 comprenant un circuit d'alimentation (fig. 7) délivrant pour un groupement élémentaire (Ro) comportant deux antennes élémentaires ( $S_1 - S_2$ ) connectées au circuit distributeur additionneur (Ci) par un diviseur hybride (24), 12 courants d'excitation distincts, caractérisé en ce que le circuit distributeur additionneur comprend six entrées distinctes  $E_1^1, E_2^1, E_3^1, E_1^2, E_2^2, E_3^2$  disposées symétriquement, trois diviseurs hybrides (21-22-23) dont les entrées symétriques  $E_{1g}, E_{2g}, E_{3g}$  et  $E_{1d}, E_{2d}, E_{3d}$  sont respectivement connectées aux entrées

25  $E_1^1, E_2^1, E_3^1$ , et  $E_1^2, E_2^2, E_3^2$  et les couples de sorties sont respectivement connectés aux deux entrées du diviseur hybride (24) d'alimentation des antennes ( $S_1 - S_2$ ) à travers des circuits (19, 20) de poids déterminés ( $A_1, A_2, A_3 - B_1, B_2, B_3$ ).

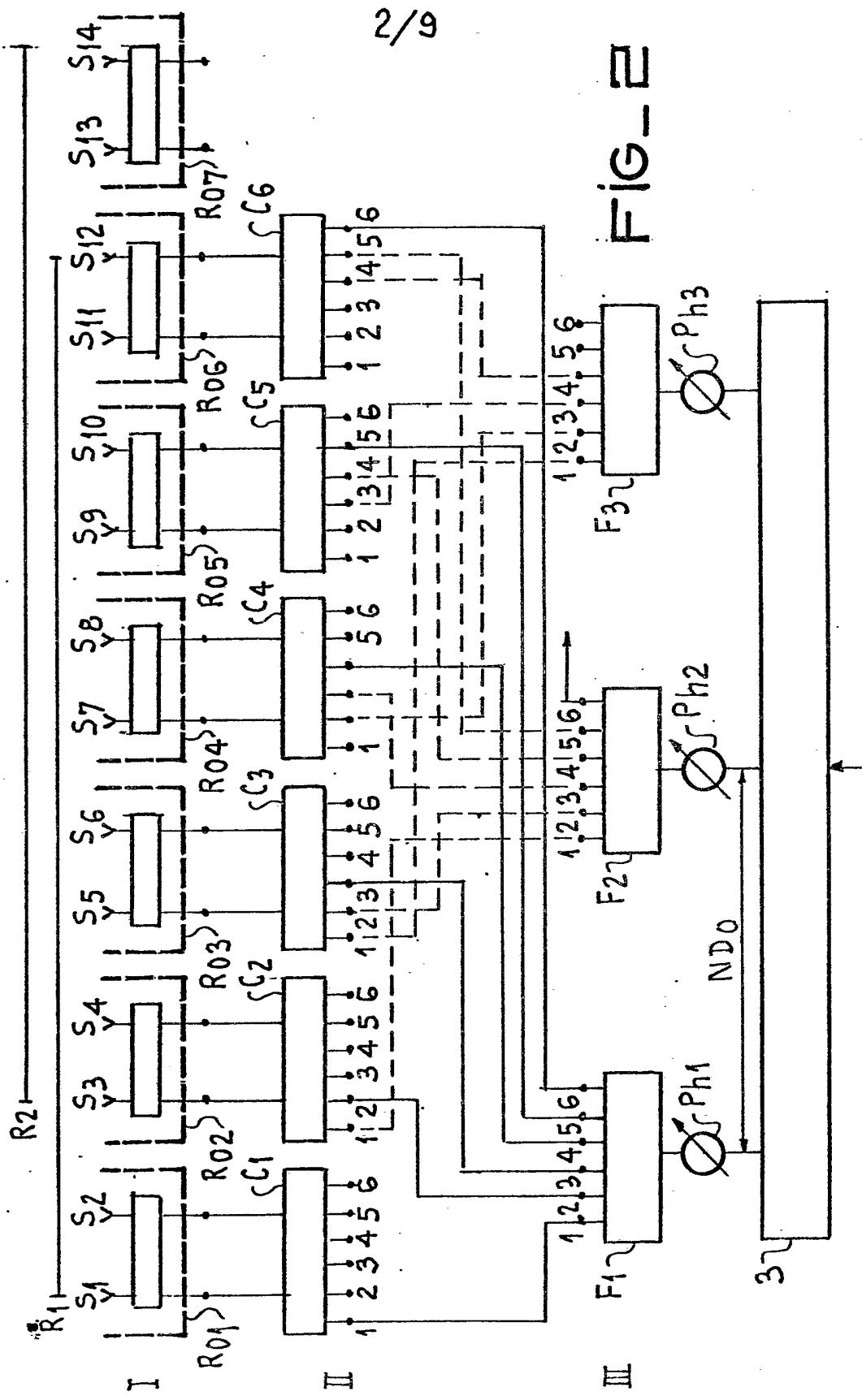
30 10. Dispositif d'alimentation suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les circuits d'alimentation des sous-réseaux élémen-

taires sont des diviseurs hybrides (25, 28, 31), les circuits distributeurs additionneurs (Ci) sont des diviseurs hybrides (26, 29, 32) et les circuits distributeurs diviseurs (Fi) sont des coupleurs triples (27, 30, 33), chacun des coupleurs étant connecté au distributeurs d'énergie (3) à travers un déphaseur (Ph1, Ph2, Ph3).

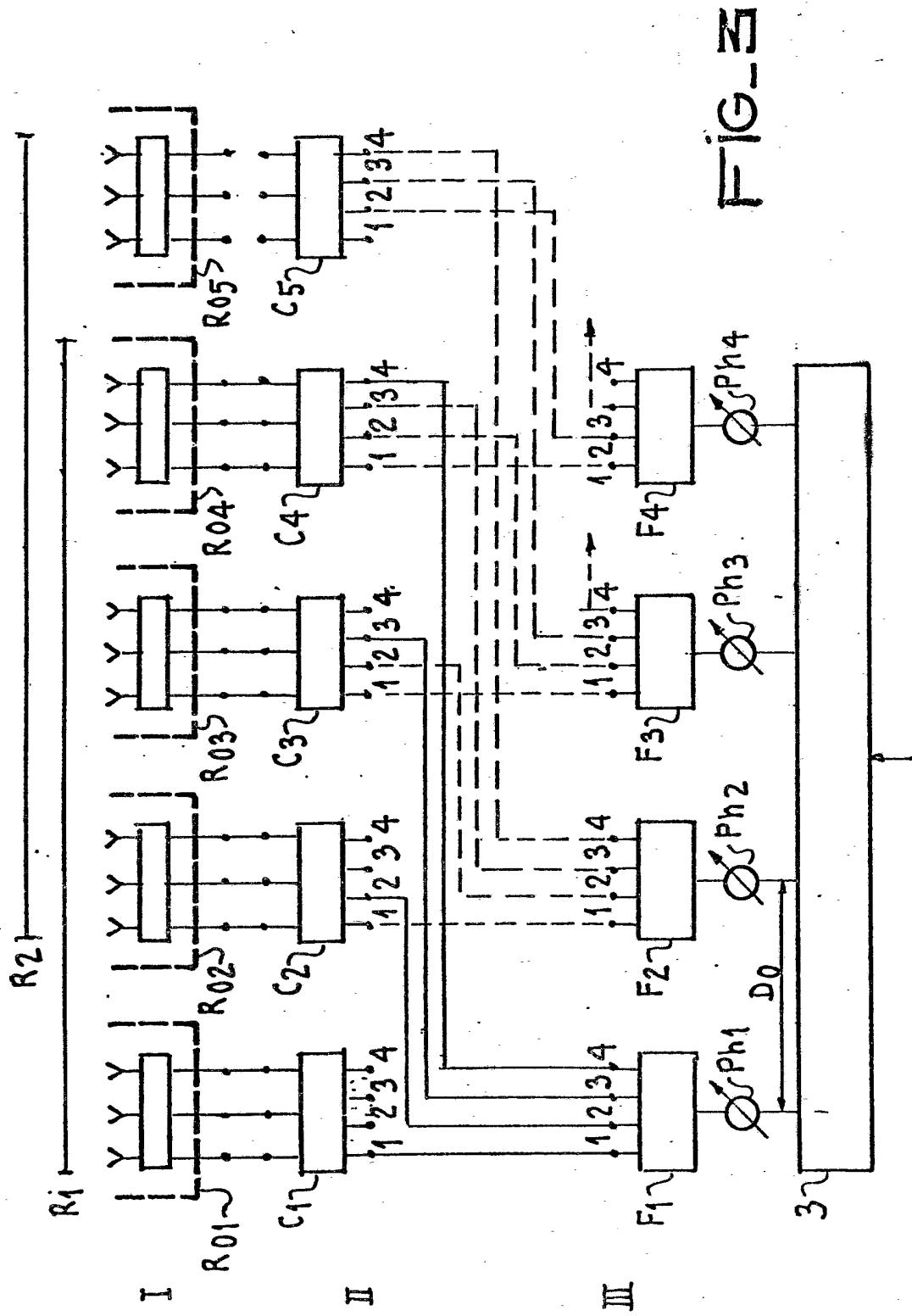
1/9

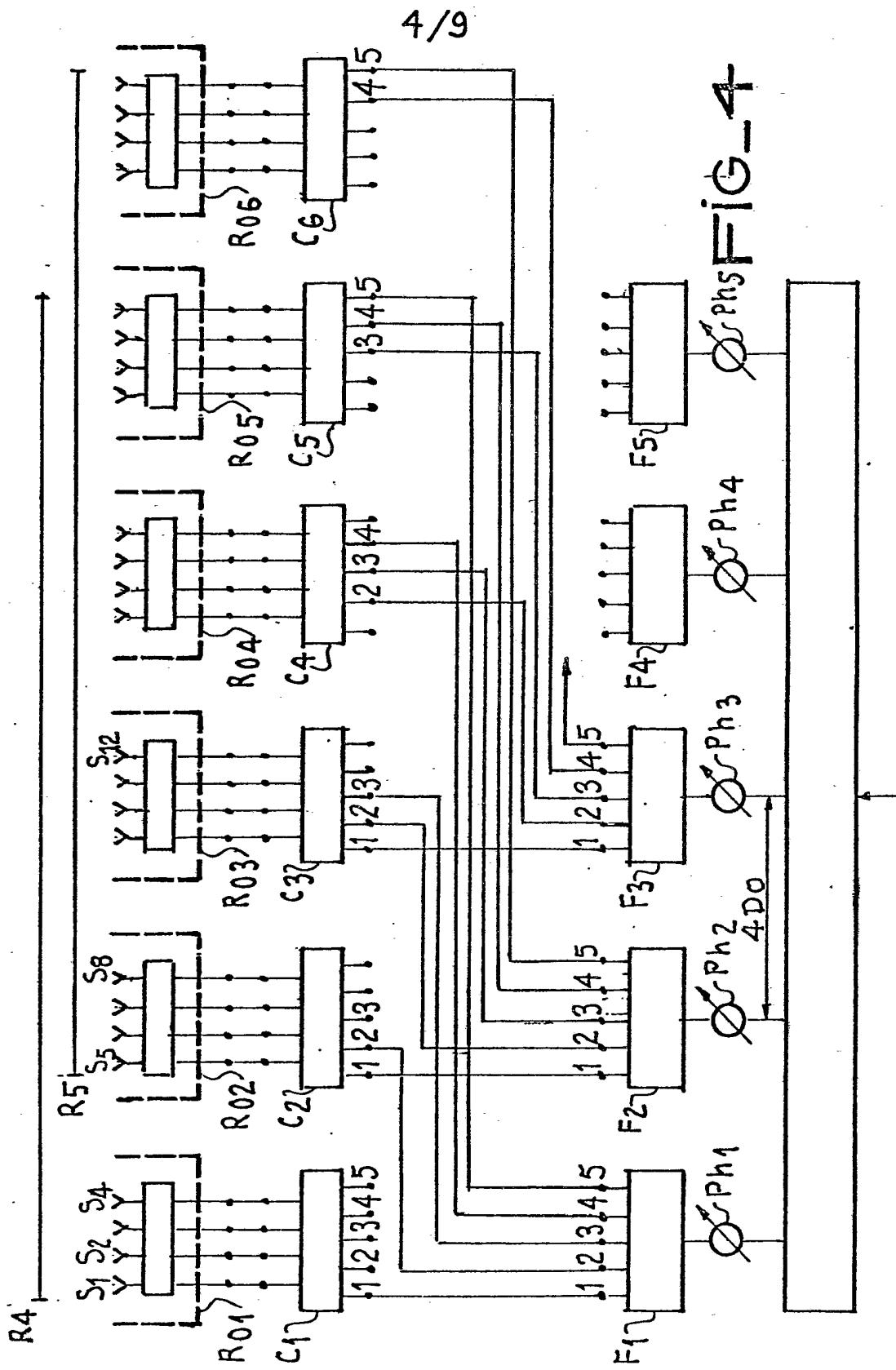


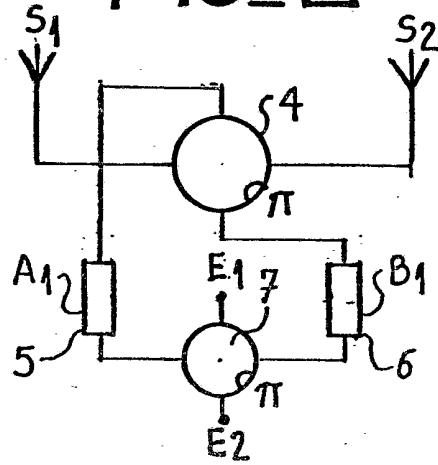
2/9



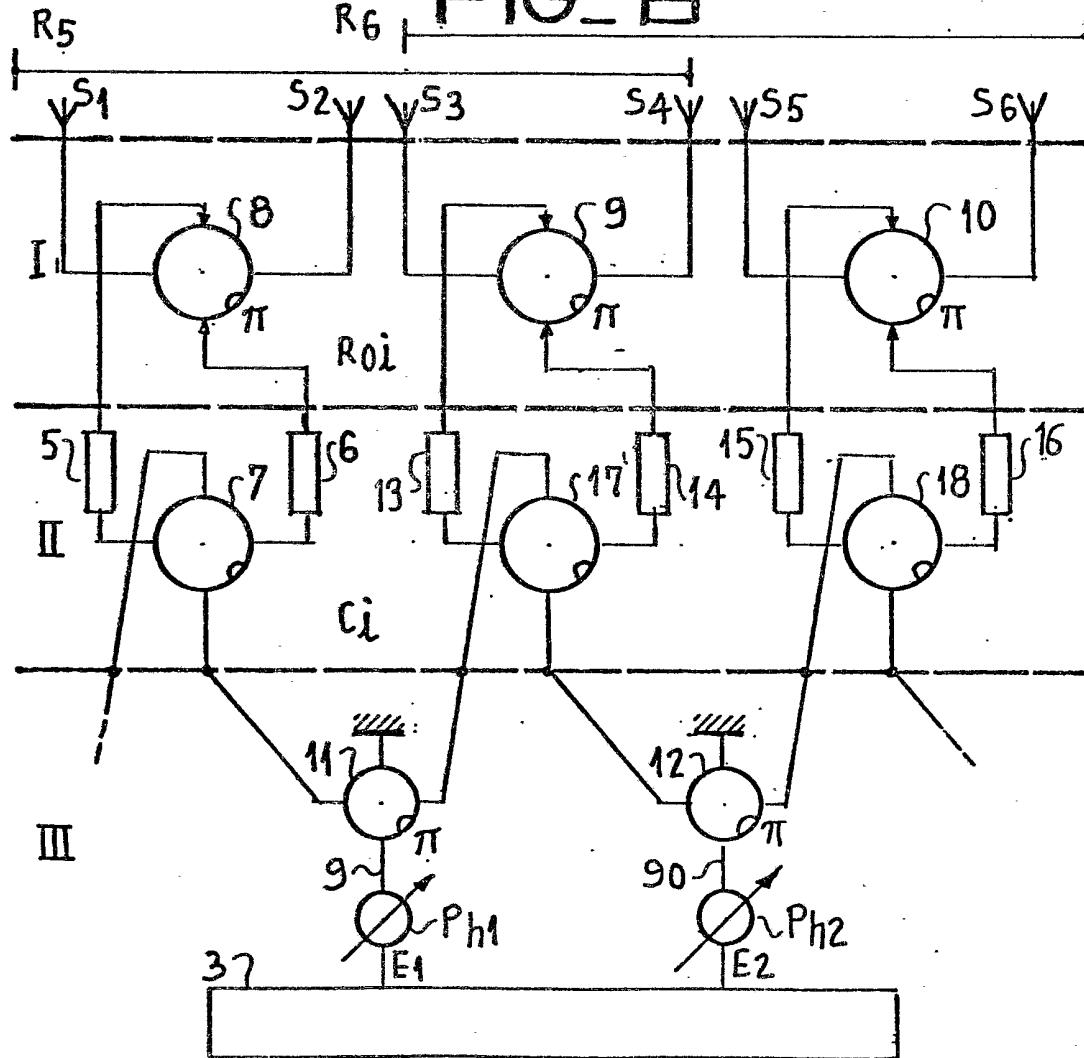
3/9





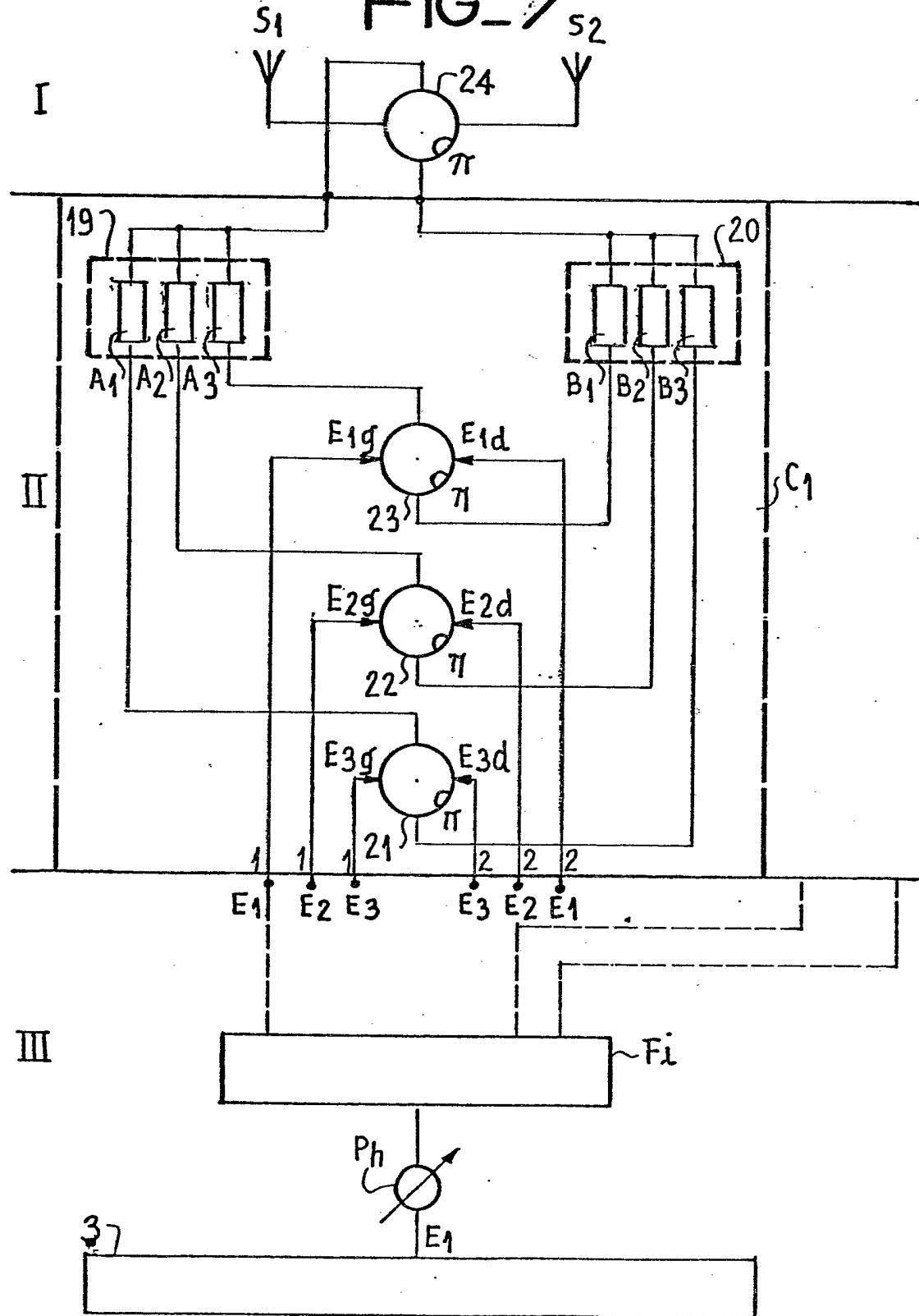
5/9  
FIG\_5

FIG\_6



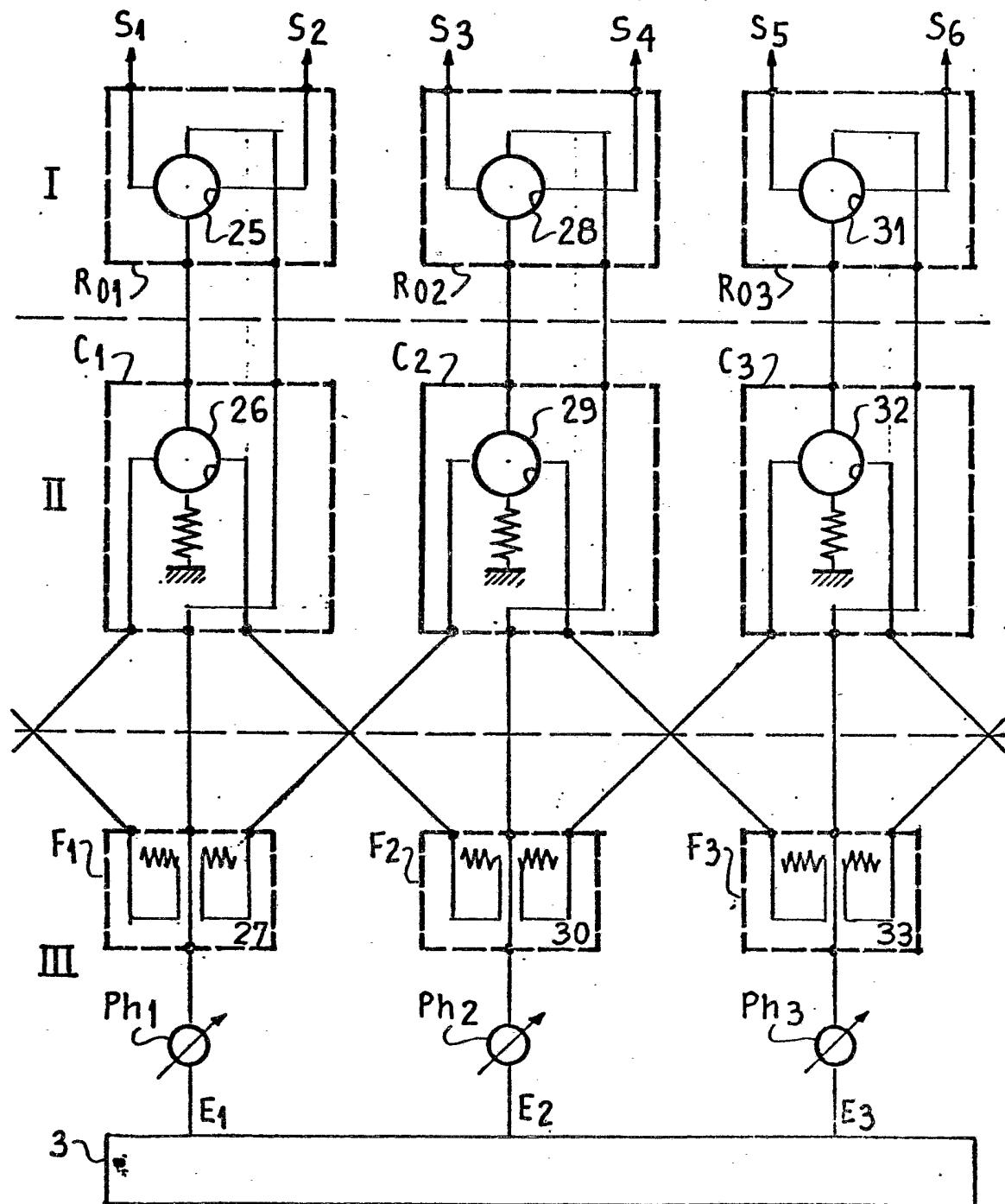
6/9

## FIG\_Z



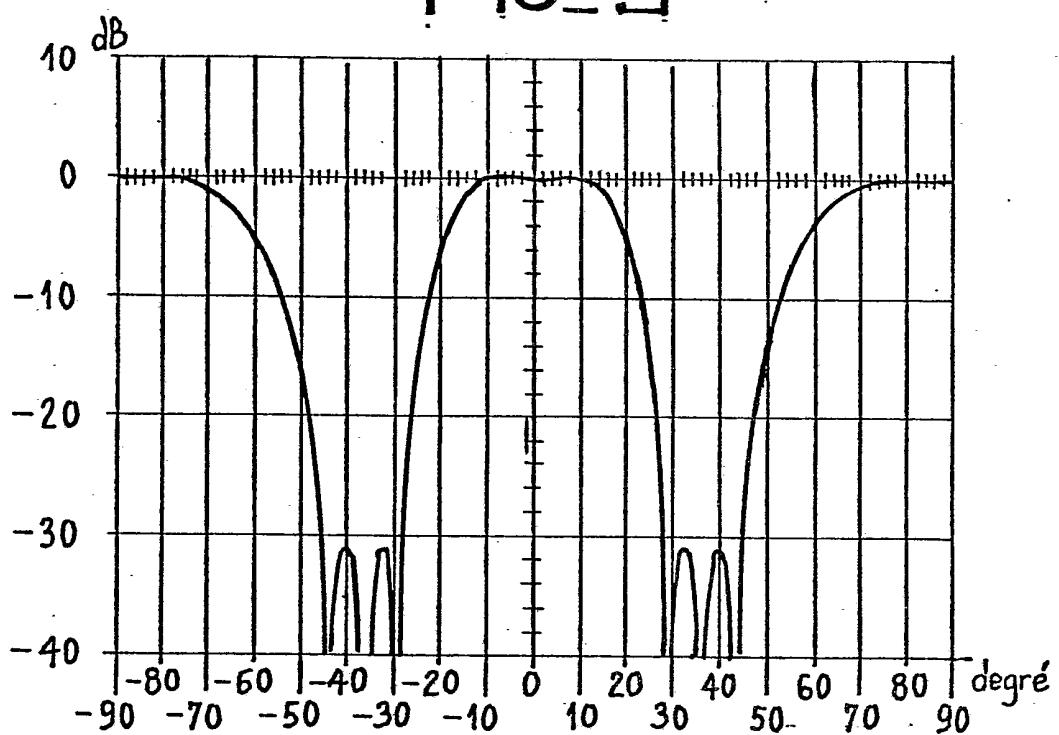
7/9

FIG\_8

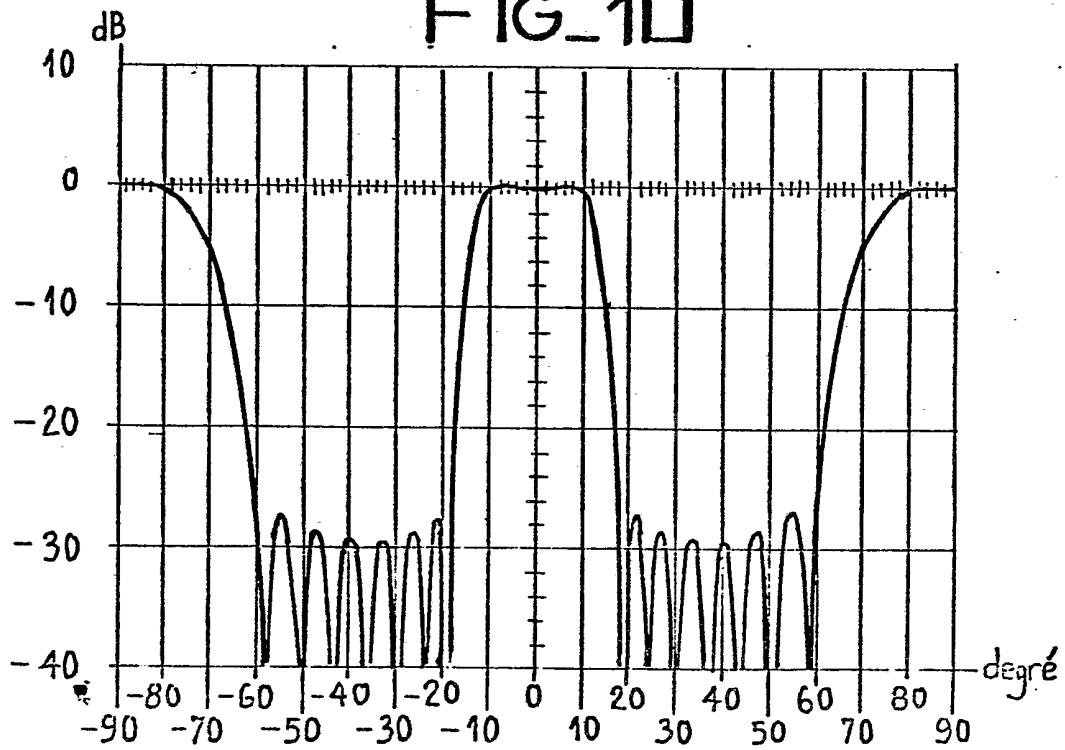


8/9

FIG\_9



FIG\_10



9/9

FIG\_11

