



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
21.06.2017 Bulletin 2017/25

(51) Int Cl.:
H01Q 3/44 (2006.01) **H01Q 19/32** (2006.01)
H01Q 25/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16204890.4**

(22) Date de dépôt: **16.12.2016**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

• **Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)**
75016 Paris (FR)

(30) Priorité: **17.12.2015 FR 1562606**

(71) Demandeurs:
• **Centre National d'Etudes Spatiales**
75001 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
• **MENUDIER, Cyrille**
87460 Saint Julien Le Petit (FR)
• **THEVENOT, Marc**
87570 Rilhac Rancon (FR)
• **ROMIER, Maxime**
31270 Cugnaux (FR)

(74) Mandataire: **Regimbeau**
20, rue de Chazelles
75847 Paris Cedex 17 (FR)

(54) **SYSTÈME ANTENNAIRE DE TYPE RÉSEAU**

(57) L'invention concerne un système antenneur comprenant un réseau d'éléments d'antennes (1, 2) comprenant :
- une pluralité d'éléments (1) primaires comprenant au moins un port d'accès (P);
- une pluralité d'éléments (2) secondaires comprenant au moins un port d'accès (P) ;
- une pluralité de circuits (3) d'alimentation configurés pour exciter au moins un port d'un élément (1) primaire ;
- une pluralité de charges (jX_i) réactives, idéalement, ou a minima peu dissipatives connectées à
o un des ports d'un élément primaire si tous les ports dudit élément primaire ne sont pas excités ;
o un port d'un élément secondaire
les éléments (2) secondaires étant excités par couplages mutuels avec les éléments (1) primaires, les charges permettant de configurer la contribution des éléments secondaires aux diagrammes de rayonnement orthogonaux dudit système antenneur.

FIG. 1a

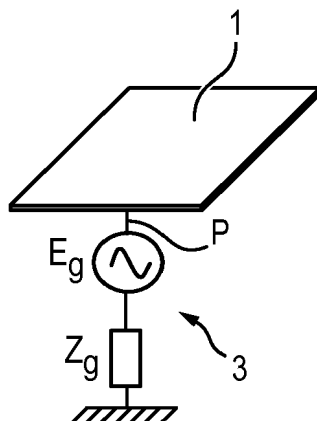


FIG. 1b

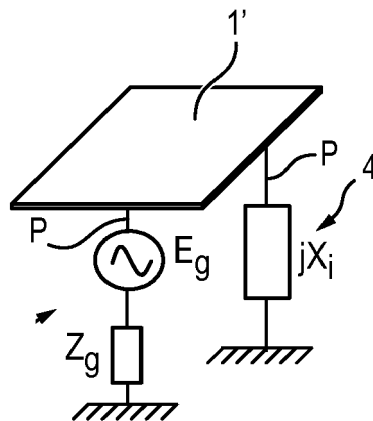
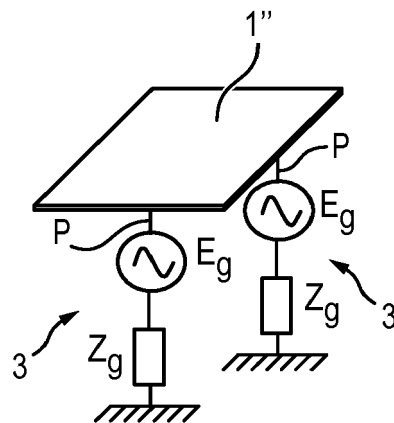


FIG. 1c



Description

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

[0001] L'invention concerne le domaine des systèmes antennaires du type réseau comprenant plusieurs éléments d'antennes excités.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] On connaît des systèmes antennaires du type réseau dans lesquels tous les éléments sont alimentés. Or un tel système est complexe et coûteux car il nécessite un circuit de répartition complexe.

[0003] On connaît également des systèmes antennaires du type lacunaires ou raréfiés dans lesquels on a retiré d'un réseau d'éléments un ou plusieurs éléments. Or la suppression de certains éléments conduit à une dégradation de performance et à des incertitudes quant au réglage de l'excitation des différents éléments pour obtenir des performances souhaitées.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0004] Un but de l'invention est de proposer un système antenne de type réseau comprenant un circuit d'alimentation qui est peu complexe et donc peu coûteux.

[0005] Un autre but de l'invention est de proposer une antenne dont les performances peuvent être facilement configurées.

[0006] Encore un autre but de l'invention est d'être moins encombrant qu'une antenne réseau de type classique, l'encombrement dépendant fortement du circuit d'alimentation.

[0007] A cet effet, l'invention propose un système antenne comprenant un réseau d'éléments d'antennes comprenant :

- une pluralité d'éléments primaires comprenant au moins un port d'accès (P);
- une pluralité d'éléments secondaires comprenant au moins un port d'accès (P) ;
- une pluralité de circuits d'alimentation configurés pour exciter au moins un port d'un élément primaire ;
- une pluralité de charges réactives, idéalement, ou a minima peu dissipatives connectées à

o un des ports d'un élément primaire si tous les ports dudit élément primaire ne sont pas excités ;

o un port d'un élément secondaire

les éléments secondaires étant excités par couplages mutuels avec les éléments primaires, les charges permettant de configurer la contribution des éléments secondaires aux diagrammes de rayonnement orthogonaux dudit système antenne.

[0008] L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :

- les éléments primaires et secondaires comportent tous deux ports d'accès ;
- les éléments primaires comportent deux ports d'accès et les éléments secondaires comportent un ou deux ports d'accès ;
- les éléments primaires et secondaires comportent un ou deux ports d'accès ;
- le réseau d'éléments d'antennes est configuré pour que le niveau de couplage entre chaque élément primaire et au moins un élément secondaire soit supérieur ou égal à un niveau de -23dB ;
- chaque port d'accès est associé à un mode de fonctionnement, dans le cas de plusieurs ports d'accès, les modes de fonctionnement sont orthogonaux entre eux ;
- les éléments primaires sont choisis dans le groupe suivant : patches, dipôles, structure résonantes, cornets ;
- le réseau d'éléments d'antennes est disposé selon une grille présentant une maille dont le pas est compris entre $0,2 \lambda$, et 3λ , λ étant longueur d'onde associée à une fréquence de fonctionnement du système antenne.

[0009] Les avantages de l'invention sont multiples.

[0010] En utilisant le couplage entre des éléments alimentés et non alimentés par le circuit d'alimentation on peut configurer de manière précise le diagramme de rayonnement du système antenne tout en ayant un circuit d'alimentation peu complexe (compte tenu que tous les éléments ne sont pas alimentés directement). En revanche, tous les éléments sont excités ; certains directement via le circuit d'alimentation (éléments primaires), les autres par couplage (éléments secondaires).

[0011] Le système est configurable en ce que la contribution au diagramme de rayonnement des éléments primaires s'effectue grâce à l'optimisation du circuit d'alimentation et la contribution des éléments secondaires s'effectue grâce à l'optimisation des charges d'impédances complexes. De même, il est possible de configurer un mode de fonctionnement permettant d'optimiser l'adaptation du système en même temps que le diagramme de rayonnement.

[0012] Il est possible d'optimiser l'adaptation du système en même temps que le diagramme de rayonnement.

[0013] Il est possible de générer des diagrammes orthogonaux en polarisation et/ou en fréquence grâce à l'utilisation de ports séparés en polarisation et/ou en fréquence sur tout ou partie des éléments rayonnants.

[0014] Dans tous les cas, l'optimisation utilise la connaissance de la matrice de couplage du réseau d'éléments rayonnants exprimée en chacun des ports des

éléments rayonnants.

PRESENTATION DES FIGURES

[0015] D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1a, 1b, 1c, 2a, 2b illustrent des éléments de base d'un système antenne selon l'invention ;
- la figure 3 illustre une vue d'ensemble d'un système antenne selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 illustre une vue d'ensemble d'un système antenne selon un second mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 illustre une vue d'ensemble d'un système antenne selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 6 illustre une vue d'ensemble d'un système antenne selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 illustre le principe du rayonnement du système antenne selon l'invention.

[0016] Sur l'ensemble des figures les éléments similaires portent des références identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0017] Les figures 1a, 1b, 1c, 2a, 2b illustrent des éléments de base d'un système antenne selon l'invention.

[0018] Les figures 1a, 1b, 1c illustrent un élément primaire 1, 1', 1'', comprenant au moins un port P d'accès (ici un ou deux port(s) d'accès). Au moins un port d'accès est excité par un circuit 3 d'alimentation (figures 1a, 1b, 1c). Dans le cas d'un seul port d'accès (figure 1a) ce dernier est excité par le circuit 3 d'alimentation. Dans le cas de deux ports où un seul port est excité par le circuit 3 d'alimentation (figure 1b) l'autre est connecté à une charge 4 d'impédance complexe jX_i . Les deux ports P de l'élément primaire peuvent aussi être excités chacun par le circuit 3 d'alimentation (figure 1c).

[0019] Un élément primaire est donc excité par un circuit 3 d'alimentation représenté conceptuellement sur les figures par un générateur E_g ; une résistance R_g en série. Tous les éléments primaires sont excités par un circuit d'alimentation, de la même manière ou de manière différenciée via une pondération en amplitude et phase du signal.

[0020] Les figures 2a et 2b illustrent un élément secondaire 2', 2'' comprenant au moins un port P d'accès (ici un ou deux port(s) d'accès). Chaque port d'accès est connecté à une charge 4 d'impédance complexe jX_i .

[0021] Chaque élément secondaire est connecté à une charge 4 d'impédance complexe jX_i connectée entre une ligne de masse et l'élément 2 secondaire (toutefois selon

les cas, les charges complexes ne sont pas nécessairement connectées à une ligne de masse commune, voir plus bas dans la description). Chaque charge 4 d'impédance complexe permet d'optimiser la phase du champ réémis par l'élément secondaire. En outre, chaque charge 4 est réglable afin de pouvoir modifier sa valeur selon les besoins.

[0022] Le circuit 3 d'alimentation et les charges 4 permettent de configurer les diagrammes de rayonnement qui résultent de la contribution des éléments primaires et secondaires.

[0023] De préférence, les charges 4 sont réactives pour éviter toute dissipation.

[0024] On décrit ci-dessous plusieurs configurations mettant en oeuvre les éléments décrits ci-dessus.

[0025] Pour chaque configuration, chaque élément (primaire ou secondaire) présente un ou plusieurs ports d'accès correspondant à des modes de fonctionnement différents (polarisation / fréquence).

[0026] Si l'élément primaire ou secondaire comprend deux ports d'accès alors ils sont orthogonaux c'est-à-dire qu'ils sont différenciés en polarisation et/ou en fréquence.

[0027] Si l'élément primaire ou secondaire comprend un seul port d'accès alors le port d'accès correspond à l'un ou l'autre des modes orthogonaux.

[0028] La figure 3 illustre un système antenne selon un premier mode de réalisation de l'invention dans lequel les éléments primaires et secondaires comportent un seul port d'accès. S'agissant des éléments primaires ils sont tous excités par un circuit d'alimentation.

[0029] La figure 4 illustre un système antenne selon un second mode de réalisation dans lequel les éléments primaires et secondaires comportent tous deux ports d'accès. Le système antenne selon ce premier mode de réalisation est constitué d'éléments primaires de la figure 1b ou 1c et d'éléments secondaires de la figure 2b.

[0030] La figure 5 illustre un système antenne selon un troisième mode de réalisation de l'invention dans lequel les éléments primaires comportent tous deux ports d'accès et les éléments secondaires comportent un ou deux ports d'accès. Le système antenne selon ce troisième mode de réalisation est constitué d'éléments primaires de la figure 1b ou 1c et d'éléments secondaires de la figure 2a ou 2b.

[0031] La figure 6 illustre un système antenne selon un quatrième mode de réalisation de l'invention dans lequel les éléments primaires et les éléments secondaires comportent tous un ou deux ports d'accès. Le système antenne selon ce quatrième mode de réalisation est constitué d'éléments primaires de la figure 1a, ou 1b ou 1c et d'éléments secondaires de la figure 2a ou 2b.

[0032] Dans chacun des modes de réalisation ci-dessus décrits l'excitation des éléments 1 primaires est due au circuit 3 d'alimentation tandis que celle des éléments 2 secondaires est obtenue par couplages mutuels avec les éléments primaires.

[0033] Ainsi, seuls les éléments primaires sont alimen-

tés et les éléments secondaires sont utilisés pour contribuer à l'obtention des performances souhaitées pour le système antenne.

[0034] Ainsi, il est possible de configurer le diagramme de rayonnement du système antenne.

[0035] De manière avantageuse, le circuit 3 d'alimentation et les charges 4 sont configurés pour que le niveau de couplage entre chaque élément 1 primaire et au moins un élément 2 secondaire soit supérieur ou égal à -23dB typiquement. Le niveau de couplage a une influence directe sur l'amplitude d'excitation des éléments secondaires, il doit donc être suffisant pour que la contribution des éléments secondaires soit significative.

[0036] De manière avantageuse, les éléments 1 primaires sont choisis dans le groupe suivant : patchs, dipôles, structure résonantes, cornets.

[0037] Le système antenne de l'invention comprend des éléments primaires et secondaires, de préférence identiques, disposés selon une grille périodique qui est rectangulaire ou bien triangulaire. Le fait d'alimenter certains éléments et pas d'autres, permet d'obtenir un meilleur rendement rapporté à la surface du réseau par rapport à un réseau lacunaire par exemple.

[0038] Suivant un mode de réalisation, les éléments primaires excités par le circuit d'alimentation et tous les éléments (primaires ou secondaires) qui ne sont pas excités sont en polarisation linéaire (H,V).

[0039] Selon un autre mode de réalisation, les éléments primaires excités par le circuit d'alimentation et tous les éléments (primaires ou secondaires) qui ne sont pas excités sont en polarisation circulaire (RHCP, LHCP).

[0040] Selon un autre mode de réalisation, les éléments primaires excités par le circuit d'alimentation sont en polarisation circulaires (RHCP, LHCP) et tous les éléments (primaires ou secondaires) qui ne sont pas excités sont en polarisation linéaire. Le système antenne fonctionne néanmoins en polarisation circulaire grâce à la gestion des charges connectées aux éléments en polarisation linéaire.

[0041] L'intérêt d'une telle configuration est une simplification des circuits à connecter aux éléments (la polarisation circulaire nécessitant généralement des circuits plus complexes).

[0042] Sur la figure 7 on illustre le principe du système antenne sur laquelle les différentes ondes correspondantes aux puissances incidentes et réfléchies (ou couplées) dans les ports de chaque élément rayonnant sont notées respectivement a_n^C , a_n^D , a_n^{C+D} , et b_n^C , b_n^D , b_n^{C+D} , n étant compris entre 1 et N , N étant le nombre total de ports de la structure. Sur cette figure le système antenne comprend M éléments rayonnants et N ports, un circuit d'alimentation qui comprend un premier circuit d'alimentation auxiliaire qui réalise les excitations E_g^C et un second circuit d'alimentation auxiliaire qui réalise les excitations E_g^D . Ce nombre de circuits d'alimentation auxiliaire n'est pas limitatif. Ainsi, sur la figure 2, certains éléments primaires comprennent deux ports d'alimenta-

tions Port 1, Port 2.

[0043] A chacun de ces éléments est associé un diagramme de rayonnement environné, noté Φ_n . On notera qu'ici la notion de diagramme environné est définie pour chaque élément rayonnant à sa position respective dans le réseau, ou au sens d'un formalisme périodique infini.

[0044] Au niveau des éléments excités par couplages, des charges d'impédances complexes, idéalement réactive X_n , sont considérées. Celles-ci sont de préférence sans pertes pour éviter de dissiper les puissances couplées b_n afin qu'elles participent de manière maximale à la synthèse du diagramme de rayonnement global. A chacune de ces charges est associé un coefficient de réflexion Γ_n , lié intrinsèquement à l'impédance caractéristique du port connecté. $[S]$ représente la matrice de couplage complète du système et $E_{g,n}^C$, $E_{g,n}^D$ et $Z_{g,n}$ traduisent les caractéristiques du signal incident sur les voies alimentées.

[0045] L'optimisation de ces charges doit satisfaire au minimum une contrainte sur l'objectif de rayonnement et une contrainte sur l'adaptation. Dans le cas d'une utilisation en double polarisation, un critère supplémentaire peut être introduit, portant sur l'isolation des ports ayant des polarisations croisées. Le même principe s'applique pour des utilisations en multi-fréquences.

[0046] Un tel système antenne permet de réaliser l'orthogonalité des diagrammes Φ^C et Φ^D , ces diagrammes étant la contribution des diagrammes environnés pondérés par les puissances incidentes.

[0047] Dans le mode de réalisation de la figure 7, un élément primaire peut être alimenté sur un port et connecté seulement à une charge sur l'autre de sorte que son comportement est à la fois celui d'un élément primaire et celui d'un élément secondaire. Ceci s'applique également dans le cas de plusieurs ports.

Revendications

1. Système antenne comprenant un réseau d'éléments d'antennes (1, 2) comprenant :

- une pluralité d'éléments (1) primaires comprenant au moins un port d'accès (P);
- une pluralité d'éléments (2) secondaires comprenant au moins un port d'accès (P) ;
- une pluralité de circuits (3) d'alimentation configurés pour exciter au moins un port d'un élément (1) primaire ;
- une pluralité de charges (jX_i) réactives, idéalement, ou a minima peu dissipatives connectées à

o un des ports d'un élément primaire si tous les ports dudit élément primaire ne sont pas excités ;

o un port d'un élément secondaire

les éléments (2) secondaires étant excités par couplages mutuels avec les éléments (1) primaires, les charges permettant de configurer la contribution des éléments secondaires aux diagrammes de rayonnement orthogonaux dudit système antenne.

5

2. Système antenne selon la revendication 1, dans lequel les éléments primaires et secondaires comportent tous deux ports d'accès.

10

3. Système antenne selon la revendication 1, dans lequel les éléments primaires comportent deux ports d'accès et les éléments secondaires comportent un ou deux ports d'accès.

15

4. Système antenne selon la revendication 1, dans lequel les éléments primaires et secondaires comportent un ou deux ports d'accès.

5. Système antenne selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau d'éléments d'antennes (1, 2) est configuré pour que le niveau de couplage entre chaque élément (1) primaire et au moins un élément (2) secondaire soit supérieur ou égal à un niveau de -23dB.

25

6. Système antenne selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque port d'accès est associé à un mode de fonctionnement, dans le cas de plusieurs ports d'accès, les modes de fonctionnement sont orthogonaux entre eux.

30

7. Système antenne selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les éléments (1) primaires sont choisis dans le groupe suivant: patchs, dipôles, structure résonantes, cornets.

35

8. Système antenne selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau d'éléments d'antennes est disposé selon une grille présentant une maille dont le pas est compris entre $0,2 \lambda$ et 3λ , λ étant longueur d'onde associée à une fréquence de fonctionnement du système antenne.

40

45

50

55

FIG. 1a

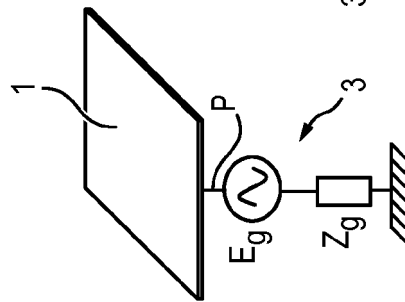


FIG. 1b

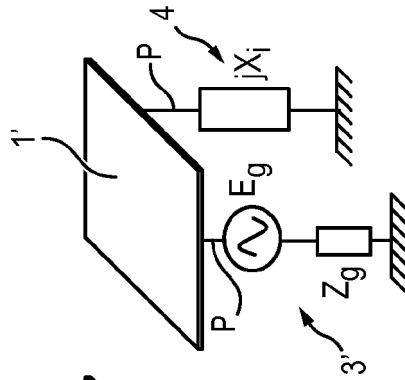


FIG. 1c

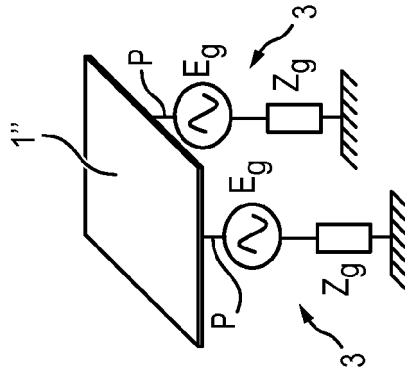


FIG. 2a

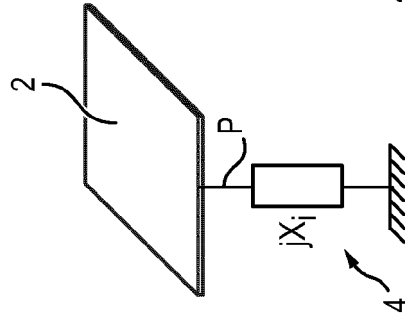


FIG. 2b

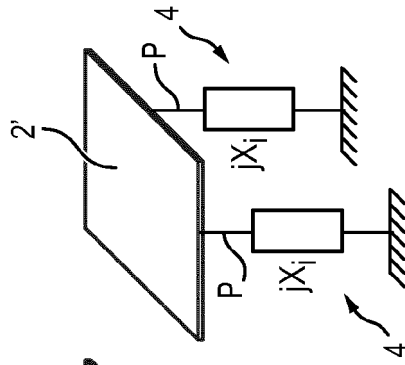


FIG. 3

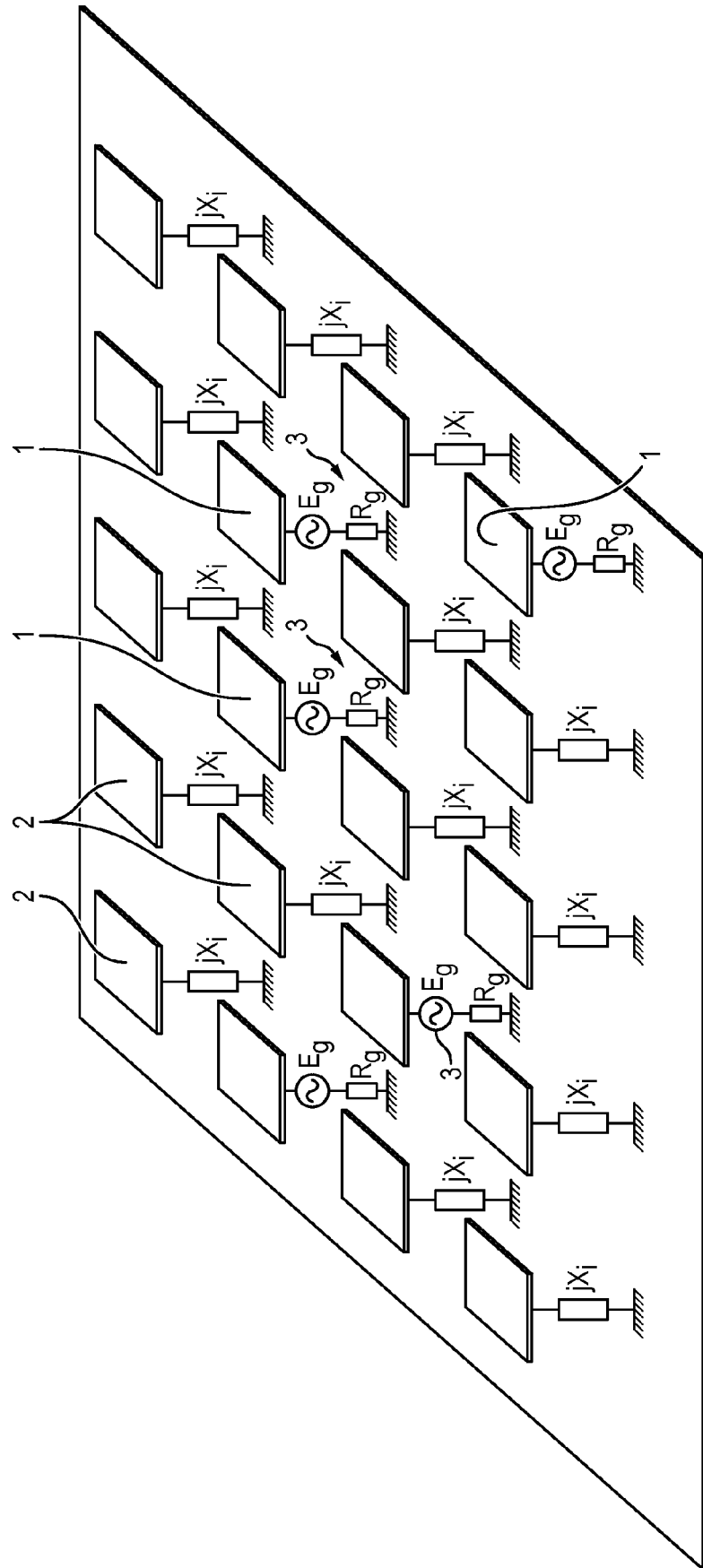


FIG. 4

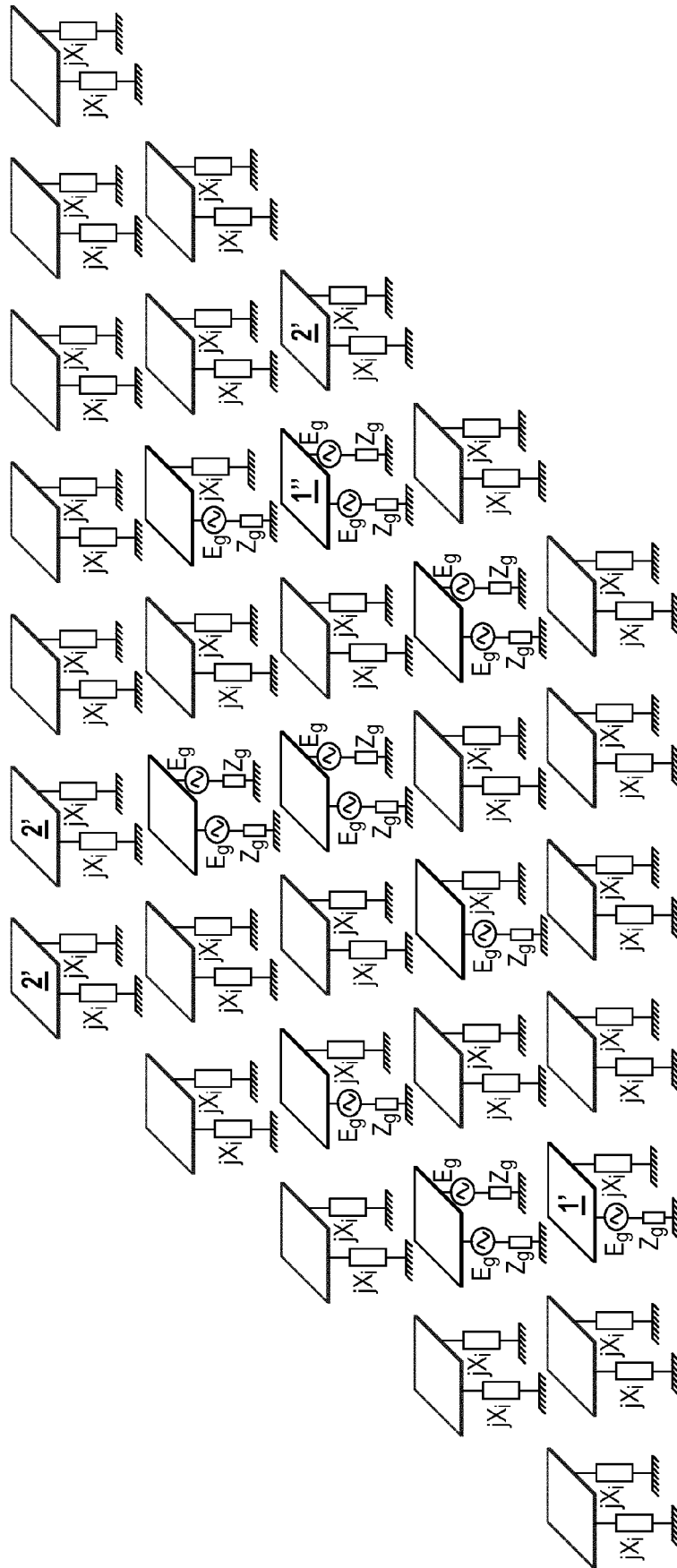


FIG. 5

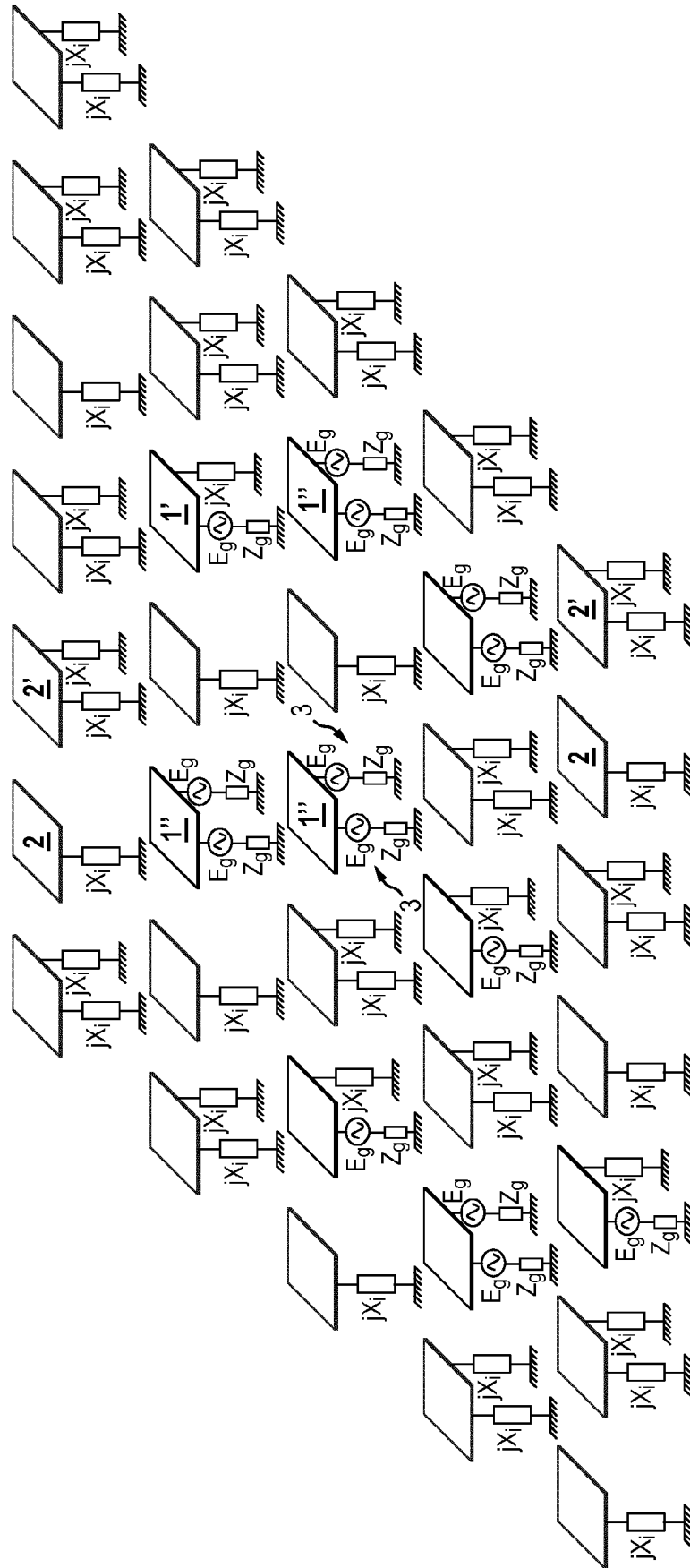


FIG. 6

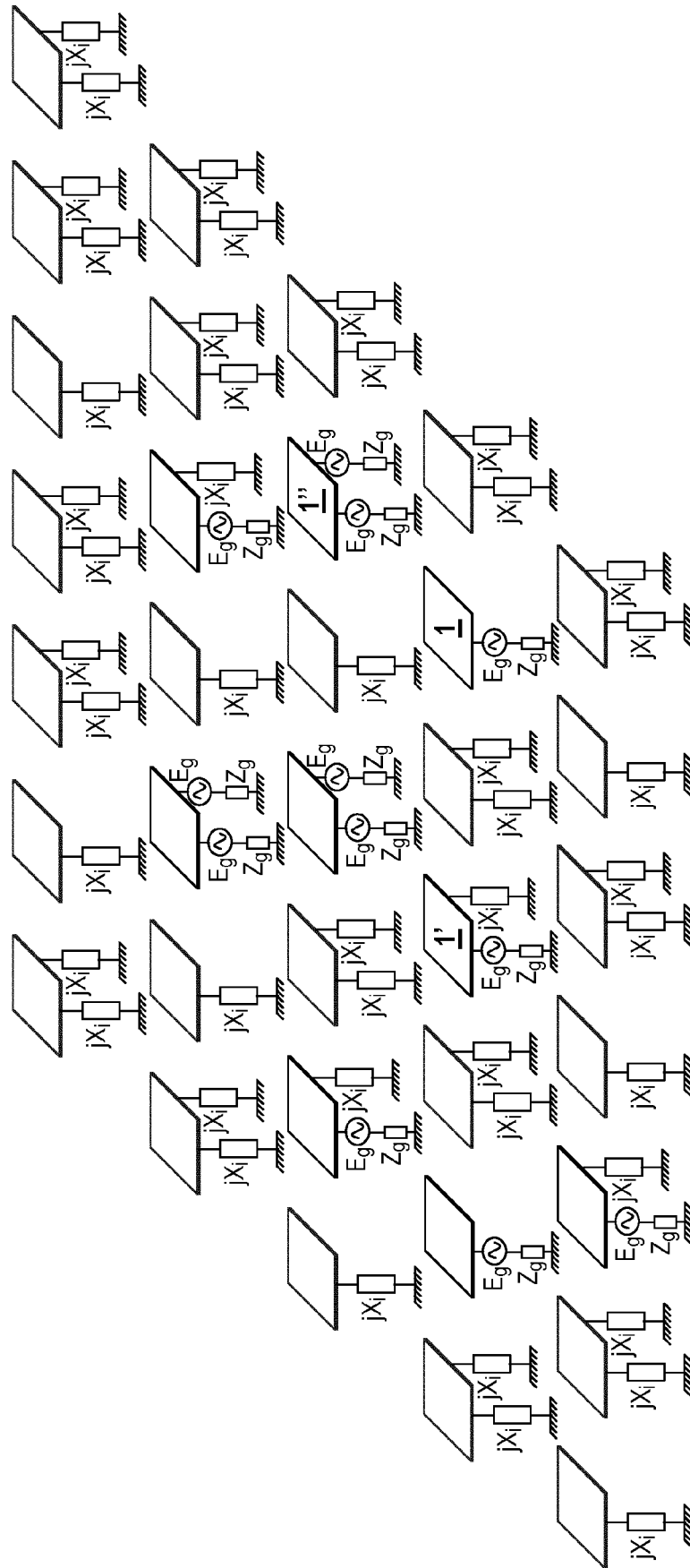
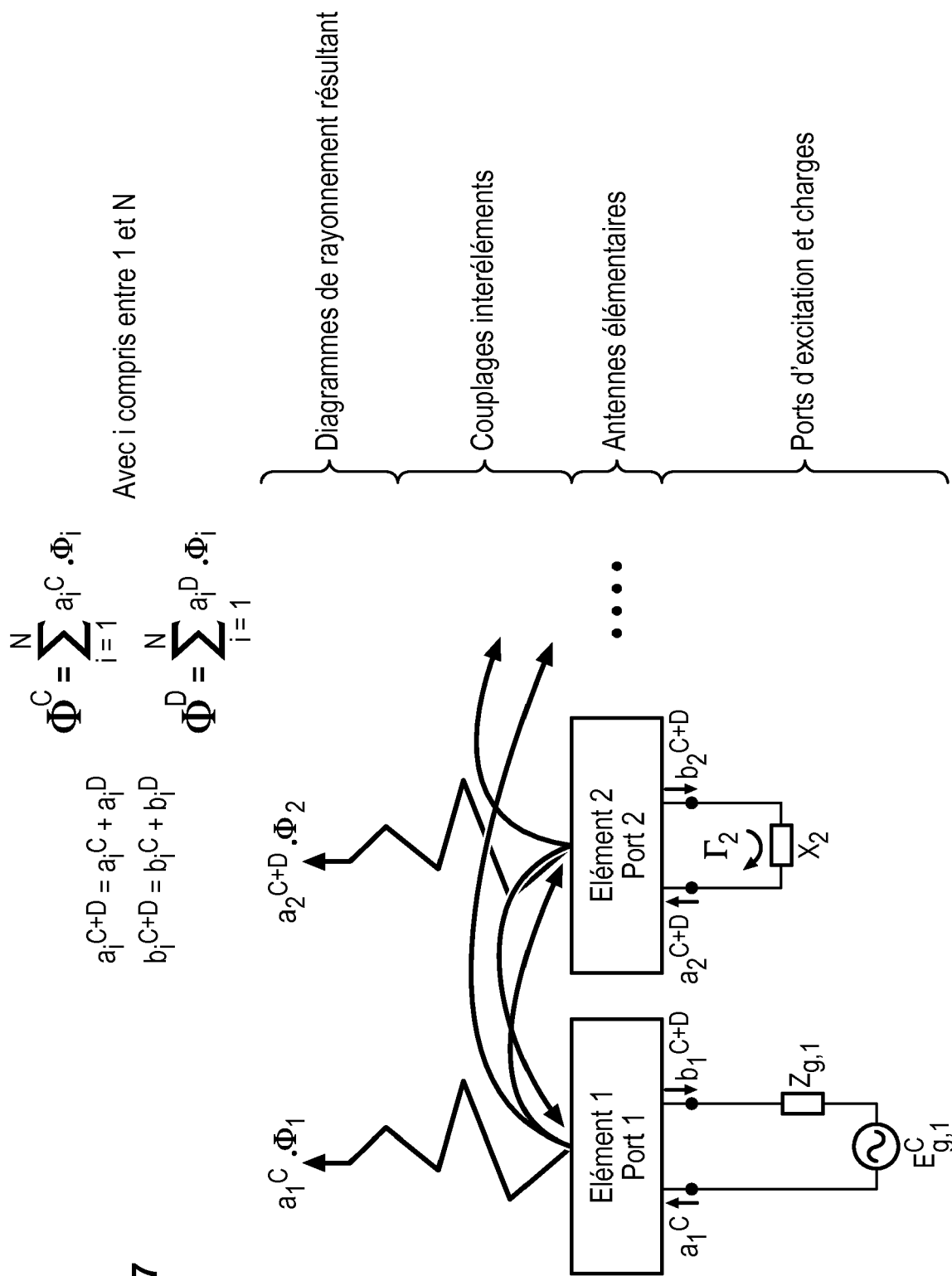


FIG. 7



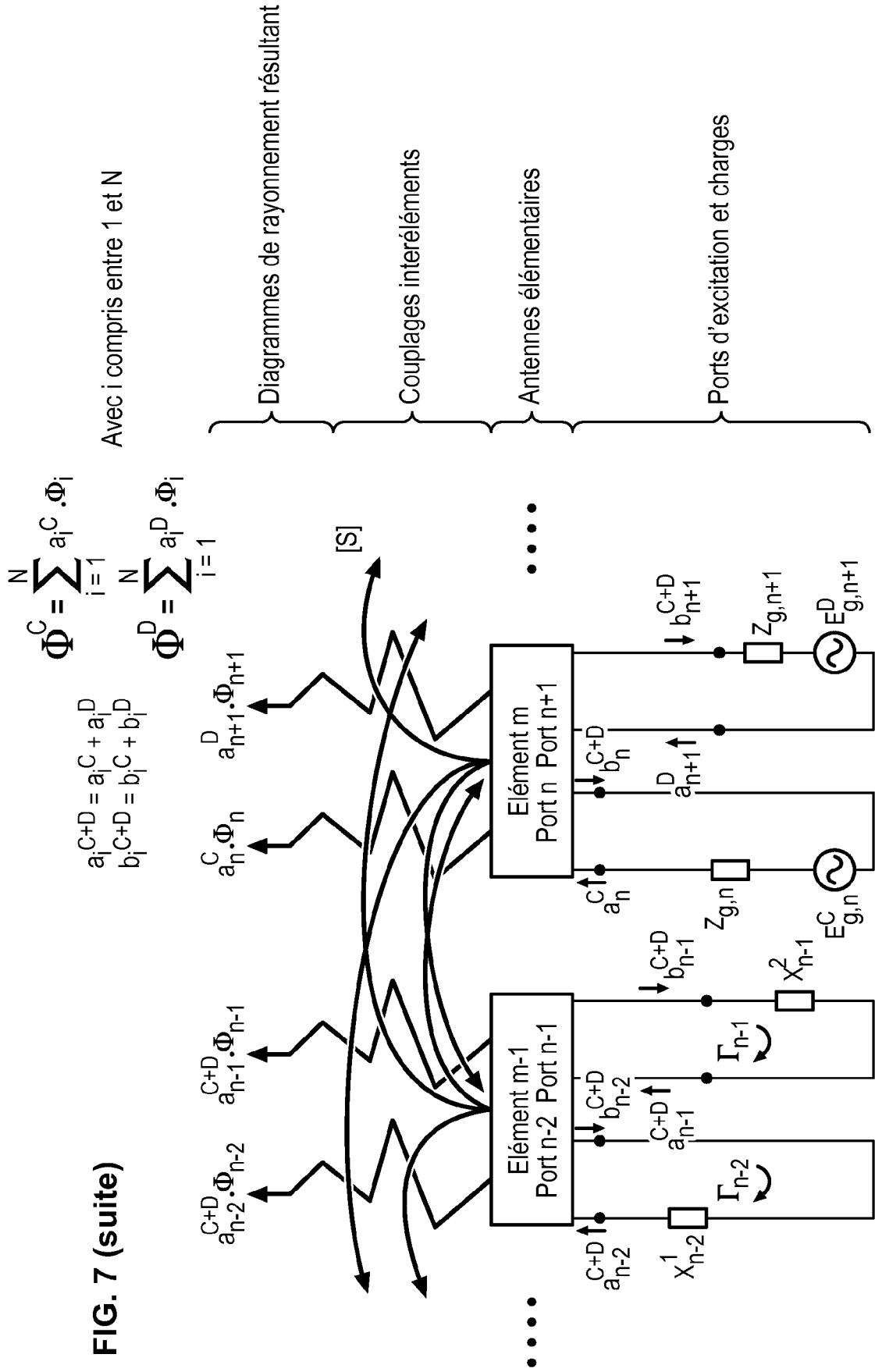
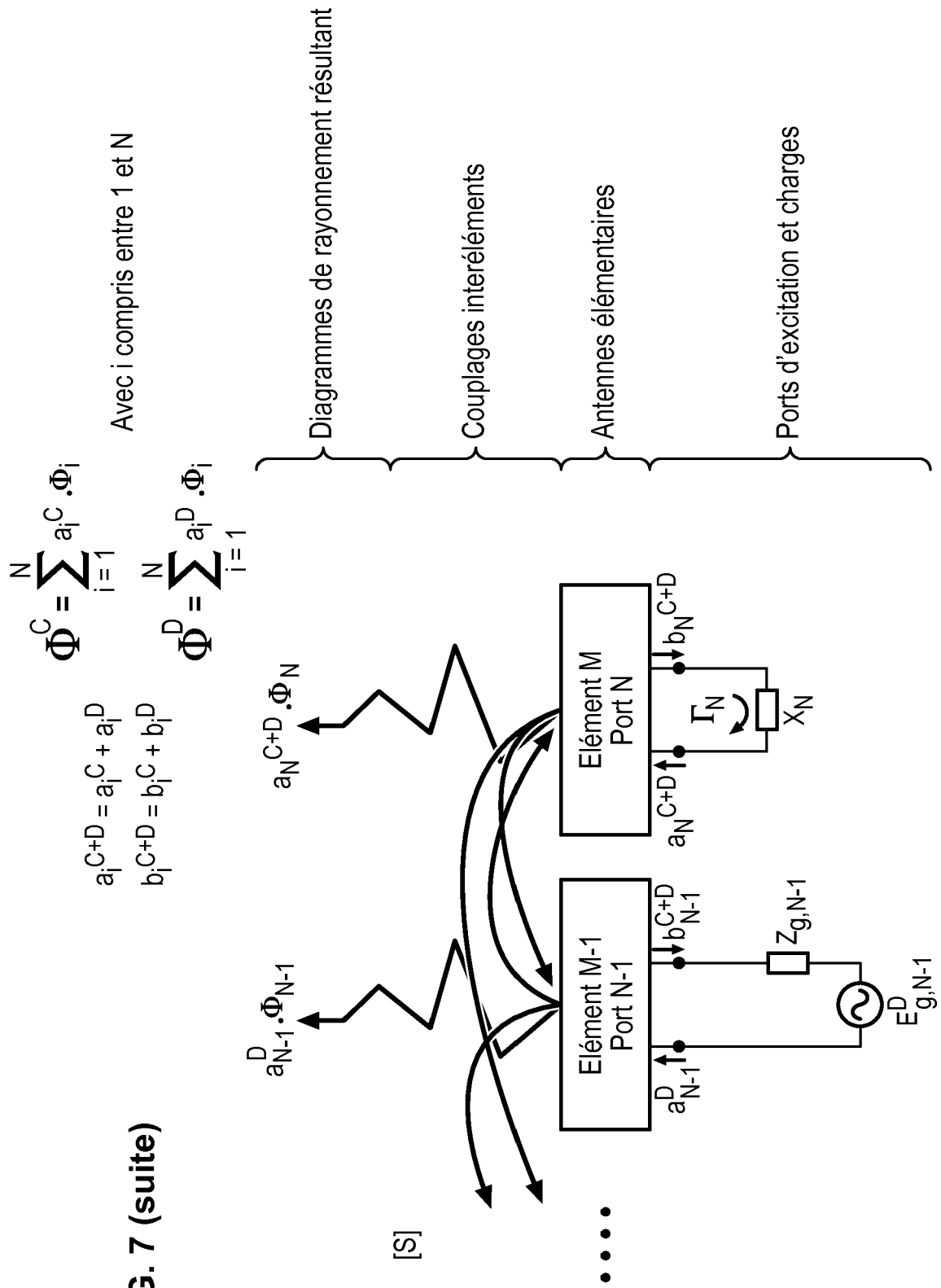


FIG. 7 (suite)





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 20 4890

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 2 117 075 A1 (NEC CORP [JP]) 11 novembre 2009 (2009-11-11) * alinéa [0017] - alinéa [0050]; figures 1-10 *	1-8	INV. H01Q3/44 H01Q19/32 H01Q25/00
Y	EP 2 178 163 A1 (FUJITSU LTD [JP]) 21 avril 2010 (2010-04-21) * alinéa [0018] - alinéa [0043]; figures 1-17 *	1-8	
A	US 9 196 959 B1 (DOANE JONATHAN P [US] ET AL) 24 novembre 2015 (2015-11-24) * colonne 3, ligne 59 - colonne 10, ligne 14; figures 1-5 *	1-8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		18 avril 2017	Degraeve, Alexis
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 16 20 4890

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-04-2017

10

Document brevet cité
au rapport de recherche

Date de
publication

Membre(s) de la
famille de brevet(s)

Date de
publication

15

EP 2117075 A1 11-11-2009

CN 101652898 A 17-02-2010

EP 2117075 A1 11-11-2009

JP 4983909 B2 25-07-2012

US 2010117922 A1 13-05-2010

WO 2008105126 A1 04-09-2008

EP 2178163 A1 21-04-2010

EP 2178163 A1 21-04-2010

JP 5035342 B2 26-09-2012

US 2010182214 A1 22-07-2010

WO 2009019740 A1 12-02-2009

US 9196959 B1 24-11-2015 AUCUN

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82