

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 112 660

②1 N° d'enregistrement national : 20 07514

⑤1 Int Cl⁸ : H 04 L 27/02 (2019.12), H 04 L 27/14, 27/22

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.07.20.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.01.22 Bulletin 22/03.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

⑦2 Inventeur(s) : JANY Clément et MARTINEAU Baudouin.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

⑦4 Mandataire(s) : BREVALEX.

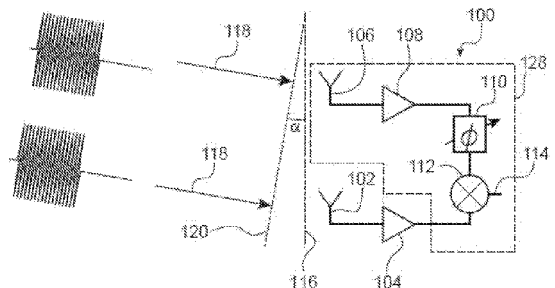
⑤4 DISPOSITIF ET PROCEDE DE RECEPTION ET DE DEMODULATION D'UN SIGNAL RF MODULE EN AMPLITUDE.

⑤7 Dispositif (100) de réception et de démodulation d'un signal RF modulé en amplitude, comprenant :

- une première antenne (102);
- un premier amplificateur (104) couplé à la première antenne;
- un module de réception (128) comportant :
 - a) une deuxième antenne (106);
 - b) un deuxième amplificateur (108) couplé à la deuxième antenne;
 - c) un déphaseur (110) couplé au deuxième amplificateur et appliquant un déphasage ϕ ;
 - d) un mélangeur (112) comprenant des entrées couplées au déphaseur et au premier amplificateur, et délivrant un produit de signaux reçus en entrée,

et dans lequel la valeur du déphasage ϕ est telle que le dispositif réalise une démodulation du signal RF lorsqu'un front d'onde (120) du signal RF forme, avec un axe d'alignement (116) des antennes, un angle α ayant une valeur particulière α qui est fonction du déphasage ϕ et d'une distance entre les antennes.

Figure pour l'abrégé : figure 1.



FR 3 112 660 - A1



Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF ET PROCEDE DE RECEPTION ET DE DEMODULATION D'UN SIGNAL RF MODULE EN AMPLITUDE

Domaine technique

[0001] L'invention concerne un dispositif et un procédé de réception et de démodulation d'un signal RF, ou radiofréquence, modulé en amplitude. L'invention est avantageusement utilisée dans un réseau d'émission radiofréquence intégré, par exemple dans le domaine de la communication, du radar, ou de l'imagerie.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0002] Les bandes dites millimétriques (fréquences comprises entre environ 30 et 300 GHz) sont utilisées pour les communications haut débit car elles offrent une bande passante élevée et dans certains cas l'accès à de grandes bandes non-licenciées (par exemple la bande 57-66 GHz). Pour les applications de communications courte portée (plusieurs millimètres à quelques centimètres), la consommation d'énergie est un paramètre très important à considérer, notamment pour les applications nomades (mobiles, tablettes, ...).

[0003] La modulation OOK (tout ou rien, ou « On-Off Keying » en anglais) est particulièrement adaptée à ce contexte des communications à haut débit et faible consommation, notamment parce qu'il est possible de démoduler un signal reçu sans avoir recours à une synthèse de fréquence, et ainsi être économe en énergie.

[0004] Pour de telles communications, l'utilisation d'une antenne réseau à commande de phase permet d'augmenter le gain de l'antenne équivalente. Lorsque la phase du réseau est programmable, il est même possible de définir la direction dans laquelle pointe le lobe principal du diagramme de rayonnement de l'antenne et ainsi de viser une zone particulière de l'espace.

[0005] Le document de A. Poon et al., « Supporting and Enabling Circuits for Antenna Arrays in Wireless Communications », Proceedings of the IEEE, Vol. 100, Issue 7, Juillet 2012, pp. 2207-2218, décrit plusieurs architectures comprenant des antennes réseau à commande de phase. Toutes ces architectures ne sont toutefois pas applicables aux fréquences dites millimétriques. De plus, ces architectures complexes nécessitent un oscillateur local qui est une source de consommation d'énergie importante.

Exposé de l'invention

[0006] Un but de la présente invention est de proposer un dispositif de réception et de démodulation d'un signal RF modulé en amplitude applicables aux bandes millimétriques, permettant, comme les architectures comprenant des antennes réseau à commande de

phase de l'art antérieur, d'augmenter le gain de l'antenne équivalente et de définir la direction dans laquelle pointe le lobe principal du diagramme de rayonnement de l'antenne mais dont la consommation électrique soit plus faible et qui soit simple à réaliser que ces architectures, et qui permette également de réaliser une démodulation directe du signal RF modulé en amplitude.

- [0007] Pour cela, la présente invention propose un dispositif de réception et de démodulation d'un signal RF modulé en amplitude, comprenant au moins :
- [0008] - une première antenne ;
- [0009] - un premier amplificateur comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de la première antenne ;
- [0010] - un module de réception comportant :
- [0011] a) une deuxième antenne ;
- [0012] b) un deuxième amplificateur comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de la deuxième antenne ;
- [0013] c) un déphaseur comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie du deuxième amplificateur et configuré pour appliquer un déphasage φ à un signal reçu sur son entrée ;
- [0014] d) un mélangeur comprenant une première entrée couplée électriquement à une sortie du déphaseur et une deuxième entrée couplée électriquement à une sortie du premier amplificateur, et configuré pour délivrer sur une sortie un produit de signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées,
- [0015] et dans lequel la valeur du déphasage φ est telle que le dispositif soit configuré pour réaliser une démodulation du signal RF modulé en amplitude reçu par les première et deuxième antennes lorsqu'un front d'onde du signal RF modulé en amplitude forme, avec un axe d'alignement des première et deuxième antennes, un angle α ayant une valeur particulière a qui est fonction de celle du déphasage φ et de celle d'une distance entre les première et deuxième antennes.
- [0016] Dans ce dispositif, le signal reçu par la deuxième antenne est déphasé afin de « compenser » l'avance ou le retard avec lequel ce signal est reçu par rapport à celui reçu par la première antenne, et aligner ainsi temporellement les signaux délivrés par les première et deuxième antennes. Le produit de ces deux signaux réalisé ensuite permet de démoduler directement, en temps réel, le signal RF en translatant l'énergie utile du signal RF dans la bande de base.
- [0017] En outre, en définissant la valeur du déphasage φ , il est possible de choisir la direction avec laquelle le signal RF modulé en amplitude doit être reçu pour pouvoir être démodulé.
- [0018] Ce dispositif ne nécessite pas d'oscillateur local, ce qui simplifie sa réalisation et permet d'avoir une consommation électrique plus faible que les architectures utilisant

un oscillateur local.

- [0019] Le dispositif est adapté pour réaliser une réception et une démodulation d'un signal RF modulé en amplitude selon n'importe quel type de modulation d'amplitude, numérique ou analogique (par exemple une modulation d'impulsions en amplitude ou PAM pour « Pulse-Amplitude Modulation » en anglais). Il est toutefois particulièrement bien adapté pour réaliser une réception et une démodulation de signal RF modulé en amplitude selon une modulation d'amplitude numérique telle qu'une modulation OOK ou ASK (modulation par déplacement d'amplitude, ou « Amplitude-Shift Keying » en anglais).
- [0020] Le dispositif peut comprendre n modules de réception, n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2, comportant chacun :
- [0021] - une antenne ;
- [0022] - un amplificateur comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de l'antenne dudit module de réception ;
- [0023] - un déphaseur comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de l'amplificateur dudit module de réception et configuré pour appliquer le déphasage φ à un signal reçu sur son entrée, la valeur du déphasage φ étant similaire pour tous les déphaseurs des n modules de réception ;
- [0024] - un mélangeur comprenant une première entrée couplée électriquement à une sortie du déphaseur dudit module de réception et une deuxième entrée couplée électriquement à la sortie d'un amplificateur dont l'entrée est couplée électriquement à une antenne adjacente à celle dudit module de réception, et configuré pour délivrer sur une sortie un produit de signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées ;
- [0025] et dans lequel les antennes des n modules de réception et la première antenne sont alignées les unes à côté des autres sur l'axe d'alignement et telles que les distances entre chacune de la première antenne et des antennes des n modules de réception et une antenne adjacente soient égales les unes aux autres.
- [0026] Dans ce dispositif, le module de réception qui comporte la deuxième antenne et le deuxième amplificateur correspond à un des n modules de réception.
- [0027] Le dispositif peut comporter en outre un circuit comprenant plusieurs entrées couplées électriquement aux sorties des mélangeurs des n modules de réception et configuré pour réaliser une combinaison linéaire entre des signaux appliqués sur ses entrées. En combinant ainsi les produits de signaux obtenus en sortie des mélangeurs, le rapport signal sur bruit du signal obtenu en sortie du circuit est meilleur que celui obtenu pour chacun des signaux obtenus en sortie des mélangeurs.
- [0028] De manière avantageuse, la combinaison linéaire peut correspondre à une addition.
- [0029] Le dispositif peut comporter en outre $n-1$ diviseurs de puissance comprenant chacun :
- [0030] - une entrée couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur d'un des n modules

de réception ;

- [0031] - une première sortie couplée électriquement à l'entrée du déphaseur dudit un des n modules de réception ;
- [0032] - une deuxième sortie couplée électriquement à la deuxième entrée du mélangeur d'un autre des n modules de réception dont l'antenne est adjacente à celle dudit un des n modules de réception.
- [0033] Le module de réception, ou chacun des n modules de réception, peut comporter en outre un filtre passe-bas dont une entrée est couplée électriquement à une sortie du mélangeur dudit module de réception, et lorsque le dispositif comporte le circuit configuré pour réaliser une combinaison linéaire entre les signaux appliqués sur ses entrées, les entrées dudit circuit peuvent être couplées électriquement aux sorties des filtres passe-bas des n modules de réception. De tels filtres passe-bas permettent d'améliorer le spectre du signal démodulé obtenu en supprimant les hautes fréquences présentes dans le signal démodulé et ne conserver ainsi que l'information utile en bande de base.
- [0034] Une distance entre deux antennes adjacentes dudit dispositif peut être égale à $\lambda/2$, avec λ correspondant à la longueur d'onde d'une porteuse du signal RF modulé en amplitude.
- [0035] Le déphaseur du module de réception ou de chacun des n modules de réception peut comporter au moins un modulateur vectoriel, et/ou le mélangeur du module de réception ou de chacun des n modules de réception peut comporter au moins une cellule de Gilbert.
- [0036] L'invention concerne également un procédé de réception d'un signal RF modulé en amplitude, comprenant au moins :
- [0037] - une réception du signal RF modulé en amplitude par au moins des première et deuxième antennes qui délivrent en sortie respectivement des premier et deuxième signaux de réception, puis
- [0038] - une amplification des premier et deuxième signaux de réception, puis
- [0039] - un déphasage φ du deuxième signal de réception amplifié, puis
- [0040] - une multiplication du premier signal de réception amplifié avec le deuxième signal de réception amplifié et déphasé,
- [0041] et dans lequel la valeur du déphasage φ est définie préalablement à la réception du signal RF modulé en amplitude en fonction d'une valeur particulière a d'un angle α formé entre un front d'onde du signal RF modulé en amplitude et un axe d'alignement des première et deuxième antennes et d'une valeur d'une distance entre les première et deuxième antennes.
- [0042] Le procédé peut être tel que :
- [0043] - la réception du signal RF modulé en amplitude est mise en œuvre par $n+1$ antennes

qui délivrent $n+1$ signaux de réception et qui sont agencées telles que les distances entre chacune de $n+1$ antennes et une antenne adjacente soient égales les unes aux autres ;

[0044] - l'amplification est mise en œuvre pour chacun des $n+1$ signaux de réception ;

[0045] - le déphasage φ est mis en œuvre pour n signaux de réception amplifiés ;

[0046] - la multiplication est mise en œuvre entre chacun des n signaux de réception amplifiés et déphasés et un des $n+1$ signaux de réception amplifiés et non déphasés issus de deux des $n+1$ antennes qui sont adjacentes ;

[0047] n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2.

[0048] Le procédé peut comporter en outre la mise en œuvre d'une combinaison linéaire des signaux correspondant aux résultats des multiplications mises en œuvre.

[0049] Le procédé peut comporter en outre la mise en œuvre d'un filtrage passe-bas du signal correspondant au résultat de la multiplication mise en œuvre ou de chacun des signaux correspondant aux résultats des multiplications mises en œuvre.

[0050] Une distance entre deux antennes adjacentes utilisées pour la réception du signal RF modulé en amplitude peut être égale à $\lambda/2$, avec λ correspondant à la longueur d'onde d'une porteuse du signal RF modulé en amplitude.

Brève description des dessins

[0051] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0052] [fig.1] représente schématiquement un dispositif de réception d'un signal RF modulé en amplitude, objet de la présente invention, selon un premier mode de réalisation ;

[0053] [fig.2] représente des exemples de signaux obtenus dans le dispositif de réception d'un signal RF modulé en amplitude, objet de la présente invention, selon le premier mode de réalisation ;

[0054] [fig.3] représente schématiquement un dispositif de réception d'un signal RF modulé en amplitude, objet de la présente invention, selon un deuxième mode de réalisation.

[0055] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

[0056] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

[0057] Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

[0058] EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0059] Un dispositif 100 de réception d'un signal RF modulé en amplitude selon un premier

mode de réalisation est décrit ci-dessous en lien avec la figure 1 qui représente schématiquement un tel dispositif 100.

- [0060] Le dispositif 100 comporte une première antenne 102 dont la sortie est couplée électriquement à l'entrée d'un premier amplificateur 104.
- [0061] Le dispositif 100 comporte également une deuxième antenne 106 dont la sortie est couplée électriquement à l'entrée d'un deuxième amplificateur 108.
- [0062] Le dispositif 100 comporte également un déphaseur 110 dont l'entrée est couplée électriquement à la sortie du deuxième amplificateur 108. Le déphaseur 110 est configuré pour appliquer un déphasage φ au signal reçu sur son entrée, c'est-à-dire le signal RF reçu par la deuxième antenne 106 et amplifié par le deuxième amplificateur 108. Sur l'exemple de la figure 1, la valeur du déphasage φ appliqué par le déphaseur 110 peut être ajustée. Selon un exemple de réalisation, le déphaseur 110 correspond à un modulateur vectoriel.
- [0063] Le dispositif 100 comporte en outre un mélangeur 112 comprenant une première entrée couplée électriquement à la sortie du déphaseur 110 et une deuxième entrée couplée électriquement à la sortie du premier amplificateur 104. Le mélangeur 112 est configuré pour délivrer sur une sortie 114 un produit des signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées, c'est-à-dire le produit du signal reçu par la première antenne 102 et amplifié par le premier amplificateur 104 et du signal reçu par la deuxième antenne 106, amplifié par le deuxième amplificateur 108 et déphasé par le déphaseur 110. Selon un exemple de réalisation, le mélangeur 112 correspond à une cellule de Gilbert.
- [0064] Le dispositif 100 est configuré pour recevoir et démoduler un signal RF modulé en amplitude lorsque ce signal arrive avec une orientation particulière par rapport à un axe d'alignement 116 des première et deuxième antennes 102, 106. Sur la figure 1, cette orientation particulière correspond une direction de propagation 118. Le front d'onde du signal RF modulé en amplitude se propageant selon la direction de propagation 118 est désigné, sur la figure 1, par la référence 120 et est perpendiculaire à la direction de propagation 118. Ce front d'onde 120 forme, avec l'axe d'alignement 116, un angle α . L'orientation particulière du signal RF pour laquelle le dispositif 100 réalise la démodulation du signal RF correspond donc également à une valeur particulière de l'angle α , appelée a .
- [0065] La valeur a est fonction de la distance entre les première et deuxième antennes 102, 106 et de la valeur du déphasage φ appliqué par le déphaseur 110. En effet, dans la configuration du dispositif 100 telle que représentée sur la figure 1, le signal RF à démoduler est reçu par la deuxième antenne 106 en avance par rapport à la première antenne 102. La valeur de cette avance dépend de la distance entre les première et deuxième antennes 102, 106 ainsi que de la valeur de l'angle α . Le déphasage φ

appliqué par le déphaseur 110 au signal reçu par la deuxième antenne 106 compense cette avance afin que les signaux appliqués sur les deux entrées du mélangeur 112 soient en phase l'un avec l'autre et donc alignés temporellement l'un avec l'autre. Le produit de ces signaux obtenu sur la sortie 114 du mélangeur 112 correspond au signal RF démodulé. La multiplication réalisée par le mélangeur 112 correspond à une translation de l'énergie utile du signal RF dans la bande de base.

- [0066] En définissant, préalablement à la réception du signal RF modulé en amplitude, la valeur du déphasage ϕ en fonction de la valeur a de l'angle α souhaitée, et en tenant compte de la distance entre les deux antennes 102, 106, le dispositif 100 est alors configuré pour que seuls les signaux RF formant l'angle $\alpha = a$ soient correctement démodulés par le dispositif 100, et que d'autres signaux RF dont le front d'onde forme, avec l'axe d'alignement 116, un angle de valeur différente de a ne soient pas démodulés par le dispositif 100 du fait que le produit de ces signaux ne reflètera pas l'information transmise par le signal RF modulé en amplitude.
- [0067] La figure 2 représente des exemples de signaux obtenus dans le dispositif 100 lorsque le front d'onde 120 du signal RF reçu par le dispositif 100 forme, avec l'axe d'alignement 116, un angle $\alpha = a$. Le signal RF modulé en amplitude reçu par les antennes 102, 106 correspond ici à un signal modulé OOK. Les références 122 et 124 désignent les signaux de réception obtenus en sortie des première et deuxième antennes 102, 106 respectivement. La référence 126 désigne le signal démodulé en bande de base obtenu en sortie du mélangeur 114, et qui correspond à l'information utile transmise par le signal RF modulé en amplitude.
- [0068] Dans le dispositif 100 précédemment décrit en lien avec la figure 1, la deuxième antenne 106, le deuxième amplificateur 108, le déphaseur 110 et le mélangeur 112 forment ensemble un module de réception 128 coopérant avec la première antenne 102 et le premier amplificateur 104. En variante, le dispositif 100 peut comporter plusieurs modules de réception similaires au module de réception 128.
- [0069] Un dispositif 100 de réception d'un signal RF modulé en amplitude selon un deuxième mode de réalisation est décrit ci-dessous en lien avec la figure 3 qui représente schématiquement un tel dispositif 100.
- [0070] Contrairement au dispositif 100 selon le premier mode de réalisation précédemment décrit qui ne comporte qu'un seul module de réception 128, le dispositif 100 selon le deuxième mode de réalisation comporte n modules de réception 128.1-128.n, n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2.
- [0071] Chacun des n modules de réception 128.1-128.n comporte une antenne 106.1-106.n et un amplificateur 108.1-108.n comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de l'antenne 106.1-106.n du module de réception.
- [0072] Chacun des modules 128.1-128.n comporte également un déphaseur 110.1-110.n

comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de l'amplificateur 108.1-108.n du module de réception et configuré pour appliquer un déphasage φ à un signal reçu sur son entrée. La valeur du déphasage φ est similaire pour tous les déphaseurs 110.1-110.n des n modules de réception 128.1-128.n.

[0073] Chacun des modules 128.1-128.n comporte également un mélangeur 112.1-112.n comprenant une première entrée couplée électriquement à une sortie du déphaseur 110.1-110.n du module de réception et une deuxième entrée couplée électriquement à la sortie d'un des amplificateurs 108.2-108.n et 104 dont l'entrée est couplée à l'une des antennes 106.2-106.n et 102 adjacente à celle du module de réception. Sur l'exemple de la figure 3, la deuxième entrée du mélangeur 112.1 du module de réception 128.1 est couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur 108.2 dont l'entrée est couplée électriquement à l'antenne 106.2 qui est adjacente à l'antenne 106.1. De même, la deuxième entrée du mélangeur 112.2 du module de réception 128.2 est couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur 108.3 dont l'entrée est couplée électriquement à l'antenne 106.3 qui est adjacente à l'antenne 106.2. Enfin, la deuxième entrée du mélangeur 112.n du module de réception 128.n est couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur 104 dont l'entrée est couplée électriquement à l'antenne 102 qui est adjacente à l'antenne 106.n. Chacun des mélangeurs 112.1-112.n est configuré pour délivrer sur sa sortie un signal correspondant au produit de signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées.

[0074] Dans ce dispositif 100 selon le deuxième mode de réalisation, les antennes 106.1-106.n des n modules de réception 128.1-128.n et la première antenne 102 sont alignées les unes à côté des autres sur l'axe d'alignement 116 et sont telles que les distances entre deux antennes adjacentes choisies parmi la première antenne 102 et les antennes 106.1-106.n des n modules de réception 128.1-128.n soient égales les unes aux autres, et ici égale à $\lambda/2$, avec λ correspondant à la longueur d'onde d'une porteuse du signal RF modulé en amplitude destiné à être reçu et démodulé par le dispositif 100. Sur l'exemple de la figure 3, la distance entre la première antenne 102 et l'antenne 106.n qui sont adjacentes l'une de l'autre est égale à la distance entre les antennes 106.2 et 106.3 qui sont adjacentes l'une de l'autre, et également égale à la distance entre les antennes 106.2 et 106.1 qui sont adjacentes l'une de l'autre.

[0075] Le dispositif 100 représenté sur la figure 3 comporte également $n-1$ diviseurs de puissance 130.1-130.n-1 comprenant chacun :

[0076] - une entrée couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur 108.2-108.n d'un des n modules de réception 128.2-128.n ;

[0077] - une première sortie couplée électriquement à l'entrée du déphaseur 110.2-110.n dudit un des n modules de réception 128.2-128.n ;

[0078] - une deuxième sortie couplée électriquement à la deuxième entrée du mélangeur

112.1-112.n-1 d'un autre des n modules de réception dont l'antenne 106.1-106.n-1 est adjacente à celle dudit un des n modules de réception 128.2-128.n.

[0079] Dans ce deuxième mode de réalisation, chacun des modules de réception 128.1-128.n comporte également un filtre passe-bas 132.1-132.n dont une entrée est couplée électriquement à une sortie du mélangeur 112.1-112.n dudit module de réception 128.1-128.n. Un tel filtre passe-bas peut également être couplé à la sortie du mélangeur 114 du dispositif 100 selon le premier mode de réalisation.

[0080] Le dispositif 100 comporte également un circuit 134 configuré pour réaliser une combinaison linéaire entre les signaux appliqués sur ses entrées et qui correspondent aux signaux obtenus en sortie des filtres passe-bas 132.1-132.n. Sur l'exemple de la figure 3, la combinaison linéaire réalisée par le circuit 134 correspond à une addition. En variante, d'autres types de combinaisons linéaires sont possibles.

[0081] Comme dans le premier mode de réalisation, en définissant, préalablement à la réception du signal RF modulé en amplitude, la valeur du déphasage φ en fonction de la valeur a de l'angle α souhaitée, et en tenant compte de la distance entre deux antennes adjacentes choisies parmi les antennes 102 et 106.1-106.n, le dispositif 100 est alors configuré pour que seuls les signaux RF formant l'angle $\alpha = a$ soient correctement démodulés par le dispositif 100. Le signal obtenu en sortie de chacun des mélangeurs 112.1-112.n est similaire au signal 126 précédemment décrit en lien avec la figure 2. En réalisant une combinaison linéaire telle qu'une addition sur ces signaux, le rapport signal/bruit obtenu en sortie du circuit 134 est alors amélioré.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif (100) de réception et de démodulation d'un signal RF modulé en amplitude, comprenant au moins :

- une première antenne (102) ;
- un premier amplificateur (104) comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de la première antenne (102) ;
- un module de réception (128, 128.1 - 128.n) comportant :
 - a) une deuxième antenne (106, 106.1 - 106.n) ;
 - b) un deuxième amplificateur (108, 108.1 - 108.n) comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de la deuxième antenne (106, 106.1 - 106.n) ;
 - c) un déphaseur (110, 110.1 - 110.n) comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie du deuxième amplificateur (108, 108.1 - 108.n) et configuré pour appliquer un déphasage φ à un signal reçu sur son entrée ;
 - d) un mélangeur (112, 112.1 - 112.n) comprenant une première entrée couplée électriquement à une sortie du déphaseur (110, 110.1 - 110.n) et une deuxième entrée couplée électriquement à une sortie du premier amplificateur (104, 104.1 - 104.n), et configuré pour délivrer sur une sortie un produit de signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées, et dans lequel la valeur du déphasage φ est telle que le dispositif (100) soit configuré pour réaliser une démodulation du signal RF modulé en amplitude reçu par les première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 - 106.n) lorsqu'un front d'onde (120) du signal RF modulé en amplitude forme, avec un axe d'alignement (116) des première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 - 106.n), un angle α ayant une valeur particulière a qui est fonction de celle du déphasage φ et de celle d'une distance entre les première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 - 106.n).

[Revendication 2]

Dispositif (100) selon la revendication 1, comprenant n modules de réception (128.1 - 128.n), n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2, comportant chacun :

- une antenne (106.1 - 106.n) ;
- un amplificateur (108.1 - 108.n) comprenant une entrée couplée électriquement à une sortie de l'antenne (106.1 - 106.n) dudit module de réception (128.1 - 128.n) ;
- un déphaseur (110.1 - 110.n) comprenant une entrée couplée élec-

triquement à une sortie de l'amplificateur (108.1 - 108.n) dudit module de réception (128.1 - 128.n) et configuré pour appliquer le déphasage φ à un signal reçu sur son entrée, la valeur du déphasage φ étant similaire pour tous les déphaseurs (110.1 - 110.n) des n modules de réception (128.1 - 128.n) ;

- un mélangeur (112.1 - 112.n) comprenant une première entrée couplée électriquement à une sortie du déphaseur (110.1 - 110.n) dudit module de réception (128.1 - 128.n) et une deuxième entrée couplée électriquement à la sortie d'un amplificateur (104, 108.2 - 108.n) dont l'entrée est couplée électriquement à une antenne adjacente (102, 106.2 - 106.n) à celle dudit module de réception (128.1 - 128.n), et configuré pour délivrer sur une sortie un produit de signaux appliqués sur ses première et deuxième entrées ;

et dans lequel les antennes (106.1 - 106.n) des n modules de réception (128.1 - 128.n) et la première antenne (102) sont alignées les unes à côté des autres sur l'axe d'alignement (116) et telles que les distances entre chacune de la première antenne (102) et des antennes (106.1 - 106.n) des n modules de réception (128.1 - 128.n) et une antenne adjacente (102, 106, 106.1 - 106.n) soient égales les unes aux autres.

[Revendication 3] Dispositif (100) selon la revendication 2, comportant en outre un circuit (134) comprenant plusieurs entrées couplées électriquement aux sorties des mélangeurs (112.1 - 112.n) des n modules de réception (128.1 - 128.n) et configuré pour réaliser une combinaison linéaire entre des signaux appliqués sur ses entrées.

[Revendication 4] Dispositif (100) selon la revendication 3, dans lequel la combinaison linéaire correspond à une addition.

[Revendication 5] Dispositif (100) selon l'une des revendications 2 à 4, comportant en outre $n-1$ diviseurs de puissance (130.1 - 130.n-1) comprenant chacun :

- une entrée couplée électriquement à la sortie de l'amplificateur (108.2 - 108.n) d'un des n modules de réception (128.2 - 128.n) ;
- une première sortie couplée électriquement à l'entrée du déphaseur (110.2 - 110.n) dudit un des n modules de réception (128.2 - 128.n) ;
- une deuxième sortie couplée électriquement à la deuxième entrée du mélangeur (112.1 - 112.n-1) d'un autre des n modules de réception (128.1 - 128.n-1) dont l'antenne (106.1 - 106.n-1) est adjacente à celle dudit un des n modules de réception (128.2 - 128.n).

[Revendication 6] Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le module de réception (128), ou chacun des n modules de réception

(128.1 – 128.n), comporte en outre un filtre passe-bas (132.1 – 132.n) dont une entrée est couplée électriquement à une sortie du mélangeur (112, 112.1 – 112.n) dudit module de réception (128, 128.1 – 128.n), et dans lequel, lorsque le dispositif (100) comporte le circuit (134) configuré pour réaliser une combinaison linéaire entre les signaux appliqués sur ses entrées, les entrées dudit circuit (134) sont couplées électriquement aux sorties des filtres passe-bas (132.1 – 132.n) des n modules de réception (128.1 – 128.n).

[Revendication 7] Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une distance entre deux antennes adjacentes (102, 106, 106.1 – 106.n) dudit dispositif (100) est égale à $\lambda/2$, avec λ correspondant à la longueur d'onde d'une porteuse du signal RF modulé en amplitude.

[Revendication 8] Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le déphaseur (110, 110.1 – 110.n) du module de réception (128) ou de chacun des n modules de réception (128.1 – 128.n) comporte au moins un modulateur vectoriel, et/ou le mélangeur (112, 112.1 – 112.n) du module de réception (128) ou de chacun des n modules de réception (128.1 – 128.n) comporte au moins une cellule de Gilbert.

[Revendication 9] Procédé de réception d'un signal RF modulé en amplitude, comprenant au moins :

- une réception du signal RF modulé en amplitude par au moins des première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 – 106.n) qui délivrent en sortie respectivement des premier et deuxième signaux de réception, puis
- une amplification des premier et deuxième signaux de réception, puis
- un déphasage φ du deuxième signal de réception amplifié, puis
- une multiplication du premier signal de réception amplifié avec le deuxième signal de réception amplifié et déphasé,

et dans lequel la valeur du déphasage φ est définie préalablement à la réception du signal RF modulé en amplitude en fonction d'une valeur particulière a d'un angle α formé entre un front d'onde (120) du signal RF modulé en amplitude et un axe d'alignement (116) des première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 – 106.n) et d'une valeur d'une distance entre les première et deuxième antennes (102, 106, 106.1 – 106.n).

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel :

- la réception du signal RF modulé en amplitude est mise en œuvre par $n+1$ antennes (102, 106.1 – 106.n) qui délivrent $n+1$ signaux de

réception et qui sont agencées telles que les distances entre chacune de $n+1$ antennes (102, 106.1 – 106.n) et une antenne adjacente (102, 106.1 – 106.n) soient égales les unes aux autres ;

- l'amplification est mise en œuvre pour chacun des $n+1$ signaux de réception ;

- le déphasage φ est mis en œuvre pour n signaux de réception amplifiés ;

- la multiplication est mise en œuvre entre chacun des n signaux de réception amplifiés et déphasés et un des $n+1$ signaux de réception amplifiés et non déphasés issus de deux des $n+1$ antennes qui sont adjacentes ;

n étant un nombre entier supérieur ou égal à 2.

- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 10, comportant en outre la mise en œuvre d'une combinaison linéaire des signaux correspondant aux résultats des multiplications mises en œuvre.
- [Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, dans lequel la combinaison linéaire correspond à une addition.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, comportant en outre la mise en œuvre d'un filtrage passe-bas du signal correspondant au résultat de la multiplication mise en œuvre ou de chacun des signaux correspondant aux résultats des multiplications mises en œuvre.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel une distance entre deux antennes adjacentes (102, 106, 106.1 – 106.n) utilisées pour la réception du signal RF modulé en amplitude est égale à $\lambda/2$, avec λ correspondant à la longueur d'onde d'une porteuse du signal RF modulé en amplitude.

[Fig. 1]

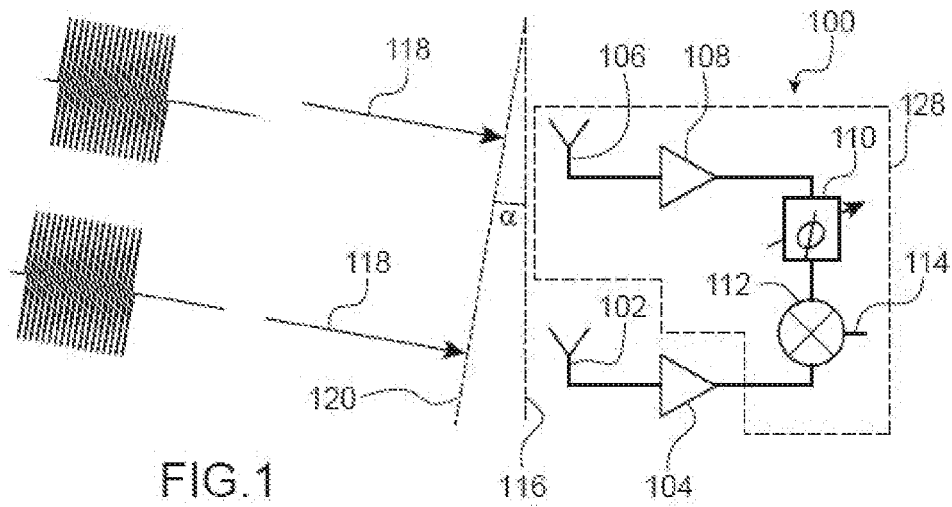


FIG. 1

[Fig. 2]

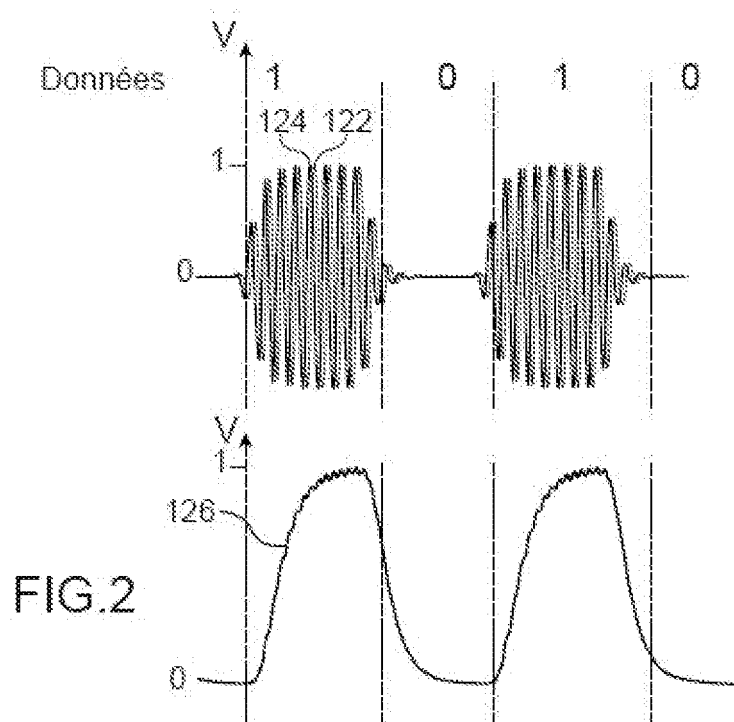


FIG. 2

[Fig. 3]

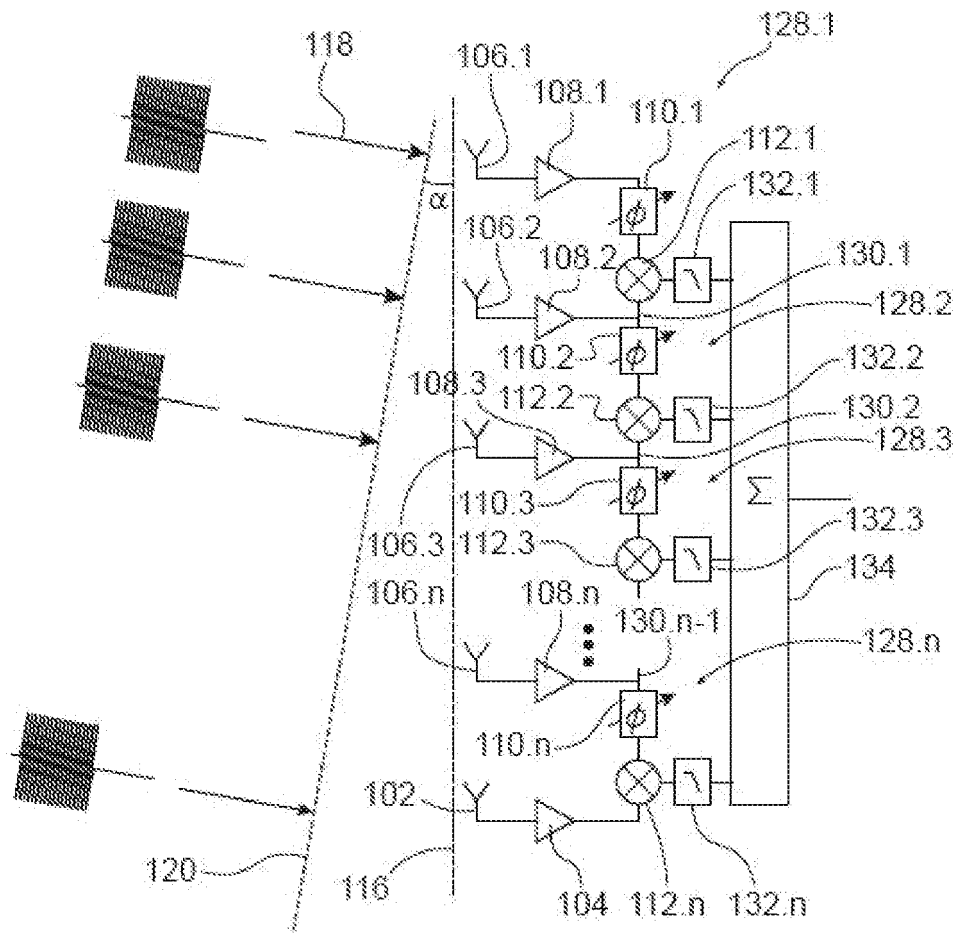


FIG.3

**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche

 N° d'enregistrement
 national

 FA 885111
 FR 2007514

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2007/206702 A1 (ADLER BERND [DE] ET AL) 6 septembre 2007 (2007-09-06)	1-7,9-14	H04L27/02 H04L27/14
Y	* alinéa [0040] - alinéa [0055] * -----	8	H04L27/22
Y	US 2009/156155 A1 (KRUG ERWIN [DE] ET AL) 18 juin 2009 (2009-06-18) * alinéa [0076] - alinéa [0078] * -----	8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H04L H04W
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		12 mars 2021	Iavarone, Federico
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2007514 FA 885111**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **12-03-2021**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2007206702 A1	06-09-2007	DE 102006008790 A1 US 2007206702 A1	06-09-2007 06-09-2007

US 2009156155 A1	18-06-2009	DE 102008062628 A1 JP 2009147943 A US 2009156155 A1	18-06-2009 02-07-2009 18-06-2009
