

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 46807 B1** (51) Cl. internationale : **H04H 20/22**

(43) Date de publication :
31.08.2021

(21) N° Dépôt :
46807

(22) Date de Dépôt :
29.08.2019

(71) Demandeur(s) :
EL MILOUD AR REYOUCHI, BP /89 RTM C/P/ 32000 AL HOCEIMA (MA)

(72) Inventeur(s) :
EL MILOUD AR REYOUCHI ; AHMED LICHIOUI ; KAMAL GHOUMID

(74) Mandataire :
SMANI MOHAMED

(54) Titre : **NOUVELLE ET EFFICACE MÉTHODE POUR LES MESURES CORRECTES ET PRÉCISES DE SYSTÈMES D'ANTENNE DE LA DIFFUSION ET DE LA TRANSMISSION**

(57) Abrégé : La méthode de mesure proposée pour les systèmes d'antenne est capable de fonctionner automatiquement à l'aide d'un algorithme efficace. Elle permet de transmettre tous les informations nécessaires relatives aux systèmes d'antenne, tel que définie dans la description, vers une unité d'affichage manipulable située à côté des émetteurs concernés, à savoir celle de Télévision Numérique Terrestre (TNT), radio FM, faisceau hertzien, satellite ou celle de la troisième, quatrième, cinquième génération des standards pour la téléphonie mobile. 3 GAG, 5G, et la transmission de tous les systèmes d'antenne des applications critiques: sûreté nationale, les radars de la marine marchande, transmission militaire, . L'unité d'affichage permet de collecter, enregistrer et afficher les mesures demandées. Elle est dotée d'une adresse IP, grâce à cette adresse, les valeurs mesurées peuvent être consultée à distance par un centre de contrôle. Les anomalies du système d'antenne peuvent être transmises vers les SMS ou les courriels pour y intervenir. Alors cette technique peut élargir la zone de couverture, améliorer la qualité du signal reçue, économiser l'énergie consommée, mettre fin aux puissances perdues dans le système d'antennes et suivre pas à pas les puissances transmises des émetteurs jusqu'au stade de rayonnement et finalement mettre fin à la méthode classique qui donne en générales des mesures erronées.

Nouvelle et efficace méthode pour les mesures correctes et précises de systèmes d'antenne de la diffusion et de la transmission

Abrégé Du Contenu Technique De L'invention

La méthode de mesure proposée pour les systèmes d'antenne est capable de fonctionner automatiquement à l'aide d'un algorithme efficace. Elle permet de transmettre tous les informations nécessaires relatives aux systèmes d'antenne, tel que définie dans la description, vers une unité d'affichage manipulable située à côté des émetteurs concernés, à savoir celle de Télévision Numérique Terrestre (TNT), radio FM, faisceau hertzien, satellite ou celle de la troisième, quatrième, cinquième génération des standards pour la téléphonie mobile. 3 G,4G, 5G, et la transmission de tous les systèmes d'antenne des applications critiques : sûreté nationale, les radars de la marine marchante, transmission militaire,

L'unité d'affichage permet de collecter, enregistrer et afficher les mesures demandées. Elle est dotée d'une adresse IP, grâce à cette adresse, les valeurs mesurées peuvent être consultée à distance par un centre de contrôle. Les anomalies du système d'antenne peuvent être transmises vers les SMS ou les courriels pour y intervenir. Alors cette technique peut élargir la zone de couverture, améliorer la qualité du signal reçue, économiser l'énergie consommée, mettre fin aux puissances perdues dans le système d'antennes et suivre pas à pas les puissances transmises des émetteurs jusqu'au stade de rayonnement et finalement mettre fin à la méthode classique qui donne en générales des mesures erronées./.

Nouvelle et efficace méthode pour les mesures correctes et précises de systèmes d'antenne de la diffusion et de la transmission

Description

Domaine d'application de l'invention

L'invention concerne une méthode interactive (procédé algorithmique) qui permet de mesurer en permanence avec précision et en temps réel toutes les valeurs des paramètres pour différents modèles de systèmes d'antenne de diffusion et de transmission. La méthode place l'adaptation d'antenne au centre de ses préoccupations. La méthode génère une banque de données de mesures, intégrée dans le menu de chaque émetteur ou à l'intérieur d'une unité d'affichage indépendante au niveau de chaque centre de diffusion ou de transmission. La technique met à profit sa technologie de pointe et la performance de son système de communication entre les capteurs associés à chaque antenne et le capteur central : nouveau algorithme de communication, nouvelles fonctionnalités d'affichage des mesures. La méthode peut aussi visualiser le texte de l'interface utilisateur de langues différentes ... Les principaux domaines d'application de l'invention peuvent repartir comme suite.

a. Domaine des télécommunications, Radio/TV

La méthode offre des services interactives et automatiques pour toutes les mesures relatives à tous les types de systèmes d'antenne de diffusion radio et télévision à savoir :

- Radio FM.
- La télévision numérique terrestre TNT.
- La radio numérique terrestre (RNT).

b. Domaine des communications téléphoniques.

- Mesure les paramètres et surveille les caractéristiques du système d'antenne relative à toutes les générations pour le système de téléphonie mobile.

c. Domaine des communications satellitaire.

- Mesure l'état instantané des antennes parabolique de Télévision par satellite.

d. Antenne radar utilisé dans de nombreux contextes :

- En météorologie pour détecter les orages,
- Contrôle du trafic aérien, pour la surveillance du trafic routier, par les militaires pour détecter les objets volants mais aussi les navires,
- En astronautique, etc.

La méthode peut même être utilisée pour l'antenne radar qui détecte et pistes les objets spatiaux. Ces domaines d'application sont donnés à titre d'exemples et, de façon non limitative.

État de l'Art

Depuis la création des antennes dans la fin du XIXe siècle, les communications sans-fil ne cessent de se développer et les applications sont aussi nombreux que variés. Les antennes, élément de base de ces dispositifs, sont définies comme des objets généralement métalliques pour recevoir et transmettre/diffuser les ondes radioélectriques, elles sont la base de tout système sans-fil. En effet, elles assurent la transition entre une ligne de transmission et l'espace libre [1]. En principe un système d'antenne doit être fiable de rayonner ou de capter les ondes électromagnétiques. Pour une communication de qualité, les émetteurs de diffusion ou transmission ont besoin des antennes adaptées pour "rayonner" de façon optimale. Toute antenne efficace en émission est adaptée à la réception.

Selon les applications, civiles ou militaires, telles que la télévision, le GSM, les transmissions par satellite, la détection... Les antennes doivent satisfaire des spécifications diverses. Afin de décrire et donc caractériser ces antennes, les antennistes utilisent un certain nombre de descripteurs fréquentiels. Leurs définitions sont standardisées par IEEE [2]. Les paramètres fondamentaux qui souvent illustrent le mieux les performances d'un système d'antennes sont :

Diagramme de rayonnement.

- Directivité.
- Gain.
- Polarisation.
- Impédance d'entrée.

- Coefficient de réflexion
- Facteur de qualité
- Hauteur effective.
- Bande passante
- L'adaptation(ROS) Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS) permet de définir l'adaptation de systèmes d'antenne.

Ces différents paramètres et les techniques de mesure associées sont détaillées dans [3] et de manière plus exhaustive dans [4, 5, 6].

Le Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS) traduit la présence d'ondes stationnaires dans la ligne de transmission reliée à l'antenne. Le ROS est donc directement

obtenu à partir du coefficient de réflexion ($\sqrt{\frac{P_r}{P_d}}$) S_{11} et S_{22} (voir Fig.3):

$$ROS = \frac{1 + \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}}{1 - \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}}, \text{ avec } P_r \text{ est la puissance de l'onde réfléchiée et } P_d \text{ est la puissance}$$

de l'onde directe.

Le problème d'adapter l'impédance de sortie de l'émetteur à celle de la ligne est dévoilé avec l'apparition des amplificateurs de puissance à transistors en émission. De plus une désadaptation d'impédance endommage les performances de l'émetteur qui ne peut pas débiter toute sa puissance dans l'antenne.

En présence d'un ROS important et d'une puissance d'émission trop élevée, les composantes de certains émetteurs peuvent être chauffés ou même brûlés. Heureusement la plupart des appareils modernes ont un système de protection qui réduit la puissance d'émission automatiquement proportionnellement au ROS, aux courants de gaine. Mais émettre avec 50 W dans un système d'antenne mal adapté alors qu'on a payé cher un émetteur de 500 W peut être frustrant.

Le ROS sera supérieur à 1 à cause de désadaptation au niveau de système d'antenne et le l'émetteur, prévu pour 50 ohms, ne sera pas chargé de façon optimale.

Brève description des figures constituant les dessins

D'autres objets, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront d'après la description suivante de modes de réalisation préférés, illustrées aux dessins annexés, on citera :

- Fig.1 est un schéma fonctionnel de mesure de ROS par watt mètre et par

analyseur réseau.

- Fig.2.a résultat de mesure d'adaptation d'antenne Dipôle pour radio FM mesure par un analyseur réseau.
- Fig.2.b résultat de mesure d'adaptation d'antenne YAGI pour radio FM mesure par un analyseur réseau.
- Fig.3 est un schéma fonctionnel simplifié d'un analyseur réseau avec les paramètres de réflexion à mesurer.
- Fig.4 est un schéma de principe d'un ensemble de systèmes d'antenne dont leurs connecteurs d'entrés sont équipés par des capteurs pour communiquer avec le capteur principal dans un réseau sans fil lequel l'invention est utilisée.
- Fig.5 est un exemple de schéma fonctionnelle d'un réseau qui représente une communication sans fil entre les 5 capteurs du système d'antenne 1 et le capteur principal. C'est un exemple de l'invention explicative à suivre pour éclaircir la mise en œuvre du procédé de l'invention.
- Fig.6 représente des résultats typiques de la performance de la communication sans fil de l'invention (taux d'erreurs binaires BER en fonction de rapport signal sur bruit SNR du canal) pour différent nombre d'antennes.

L'indication de l'état de la technique antérieure

Pour mesurer le ROS, on intercale entre l'émetteur et l'antenne ou sa ligne, un wattmètre (en le plaçant au plus près de l'antenne) qui mesurera P_d (puissance directe) et P_r (puissance réfléchie) pour différentes fréquences.

Actuellement, pour mesurer l'adaptation du système d'antenne, on utilise les analyseurs de réseau (également connus sous le nom d'analyseurs d'antenne ou de ROS) permettent d'effectuer des mesures sur les composants radios tels que les antennes, câbles, filtres, amplificateurs, etc....Le principe est schématisé dans la Fig.1.

Les analyseurs de réseau introduit dans les années 80 a permis une avancée considérable pour la rapidité des mesures. Une des principales limitations des analyseurs réseaux dans le contexte de systèmes d'antenne est que les mesures d'adaptation d'antenne ne reflètent pas exactement ni d'évaluer le plus précisément possible l'état réel des antennes surtout pour les antennes qui sont destinées à rayonner des puissances qui dépassent les centaines de watts. Malgré les bons résultats de mesure obtenues dans les normes cas des Fig.2a et Fig.2b. En général, les analyseurs réseaux ne peuvent pas détecter les pertes dans la ligne

ni les mauvais contacts au niveau des connecteurs des antennes. Malgré leurs performances, ils ne peuvent en aucun cas nous fournir des mesures exactes surtout lorsqu'il s'agit de diffuser ou transmettre de grande puissances. Un "bon" ROS n'implique pas forcément une émission parfaite. Une antenne très résistante transformera la puissance incidente en chaleur. Elle ne renverra quasiment rien, mais ne rayonnera rien non plus. De même, une ligne avec beaucoup de pertes dissipera la puissance sans la transmettre. Le ROS indiqué sera bon, aucun retour, mais l'antenne ne recevra pas grand-chose.

En effet, un ROS correct mesuré au plus près de l'émetteur avec un analyseur réseau ne signifie pas forcément que l'antenne fonctionne correctement. Les pertes des câbles (feeders) connecteurs et autres éléments sont à prendre en compte. À titre d'exemple, considérons que l'antenne est connectée sur l'émetteur avec un câble coaxial de 60 mètres de longueur qui nous occasionne 3 dB de pertes, on prend les mesures suivantes, comme indique dans la Fig.1 :

Mesure par le watt mètre au niveau de l'émetteur

- La puissance directe mesurée à la sortie de l'émetteur est : 50 watts.
- La puissance réfléchie mesurée au niveau de l'émetteur est : 1,5 watt.
- $ROS = 1,42$

Au niveau de l'antenne :

- Une mesure de ROS sur l'antenne donnera alors: Puissance directe = 25.59 W / Puissance réfléchie = 2.993 W.
- Le calcul nous donne un $ROS = 2,06$ (ce qui trop élevé: l'antenne ne fonctionne pas correctement)

Et pourtant, tout semble correct au niveau de l'émetteur ($ROS = 1,42$)

Mesure par analyseur réseau au niveau de l'émetteur :

- L'analyseur réseau envoie un signal de petite puissance vers l'antenne et reçoit un signal de retour puis il donne les résultats de la Fig. 2.a, Fig.2.b

Explications

Tout d'abord il faut noter que la mesure du ROS à l'émetteur permet de s'assurer que ce dernier est correctement chargé, et par conséquent éviter sa destruction.

Dans le cas de cet exemple, les pertes du câble sont de 3 dB, ce qui implique que la puissance directe est divisée, un peu prêt, par 2. L'émetteur envoie 50 W à l'antenne, il ne reste donc plus que la moitié, soit environ 25.59 W. L'antenne réfléchit 2.993

W (le ROS est de 2,06). Cette réflexion subit aussi les pertes du câble, la mesure à l'émetteur correspond donc à la moitié, c'est-à-dire 1.5 W (le ROS est alors de 1,42). Pour les mesures réalisées par analyseur réseau au niveau de l'émetteur on trouve les résultats de Fig.2 a, (antenne dipôle FM) et Fig2b, (Antenne Yagi FM) ces deux derniers résultats indiquent que les deux systèmes d'antenne (soit avec les dipôles ou Yagi) fonctionnent correctement mais leurs mises en œuvre présente des anomalies.

Pour s'affranchir a ces types de problèmes, la meilleure solution est donc de réaliser une mesure de ROS par un watts mètre directement sur l'antenne, chose qui est pas facile. La mesure du ROS à l'antenne permet de s'assurer qu'elle est correctement adaptée à la fréquence utilisée. On outre un ROS proche de 1, n'indique pas que l'antenne rayonne correctement. Cela prouve uniquement que l'antenne est correctement adaptée à la bonne impédance. En effet on n'a pas besoin de ROS seul mais les autres paramètres du système d'antenne sont aussi nécessaires. D'autre coté, lorsqu'il s'agit d'une anomalie au niveau de système d'antenne, on ne peut pas déterminer exactement la position de l'anomalie.

La présente méthode peut mesurer avec précision tous les paramètres y compris le ROS et peut aussi déceler les anomalies au différents endroits du système et localiser avec précision les défauts à partir des mesures affichées sur l'unité d'affichage tout en décrivant le problème et en les envoyant aux liens appropriés.

Exposé de l'invention

Les antennes sont en principe installées sur un pylône d'haute altitude ; il est donc difficile d'y intervenir. C'est au niveau des antennes que nous devons mesurer l'adaptation. Le ROS mètre doit être placer, au plus près de l'antenne, ce qui n'est pas toujours facile

La méthode proposée peut intervenir à l'aide d'échange d'information entre les nœuds (capteurs au niveau des antennes) avec un ou plusieurs nœuds centraux (capteurs centraux) selon les types de systèmes d'antenne. Fig.4 schématise le principe global de plusieurs systèmes d'antenne communiquant avec le capteur principal en lui fournissant les mesures des paramètres fondamentaux relatives à chaque système d'antenne dans un réseau sans fil, c'est l'objet de l'invention.

Cette méthode peut aussi rectifier la position horizontale ou verticale des antennes en visualisant le diagramme de rayonnement sur l'unité d'affichage. Elle permet de réorienter l'antenne parabolique : Modification son emplacement et de connaître le degré d'élévation tester son pointage. Elle permet aussi de vérifier l'orientation et la qualité du signal de réception.

La connaissance de fonctionnement des antennes de chaque direction, le distributeur d'antenne, l'état du feeder et des bretelles sont aussi capable de bien expliquer le déroulement du système d'antenne surtout lorsqu'il s'agit des pertes

de puissance avec la présence des réfléchies. La présente invention a pour objet de palier aux insuffisances d'informations et des défauts de mesures fournis par les analyseurs de réseau existants en se basant sur l'utilisation des techniques de codage pour fournir, dans le temps, l'état du système d'antenne. Pour cela on réalise un ensemble de procédés employés pour obtenir les mesures déterminées.

Le fonctionnement et la communication automatique sont gérées par les capteurs et le capteur central. Afin d'éviter la collision des paquets de données ; le mode accès multiple à répartition dans le temps (TDMA) est appliqué.

La présente description de l'invention n'est donnée qu'à titre indicatif et non limitatif elle peut varier selon les formes et les usages des systèmes d'antenne.

La principale motivation de cette méthode est donc de définir un nouveau moyen simple, rapide et compact de mesurer les caractéristiques des antennes. La nouvelle méthode proposée est améliorée par l'efficacité d'un algorithme, elle est appliquée, en principe, pour mesurer l'adaptation d'antenne à différents niveaux de systèmes d'antenne, mais aussi pour tous les autres paramètres des antennes pour le 'multicast', le 'broadcast' ou les antennes pour les réseaux cellulaires fonctionnent en « unicast » (ou « point-à-point »).

La Fig.5 est donné à titre d'exemples pour présenter les différentes étapes d'échange des données produite par la méthode de mesure. Elle est structurée par différentes parties constituant l'invention (réseau de capteurs) à savoir :

- Un nœud central installé à la sortie de chaque transmetteur (considérer comme référence) et qui communique sans fil avec tous les capteurs incorporés au niveau des connecteurs de chaque antenne. Il est à noter que chaque type de système antenne (VHF, UHF, parabole, xG) on lui désigne un nœud central.
- Unité d'affichage qui permet d'afficher tous les informations relatives à un type du système d'antenne (le nœud principal et l'unité d'affichage peut être installé dans la salle de contrôle).
- Des capteurs intelligents installés au niveau de chaque connecteur d'entrée d'antenne (panneaux, dipôles, parabole...). Les capteurs intelligents communiquent sans fil et d'une manière bidirectionnelle avec le nœud central concerné d'une distance de 100 m à vol d'oiseau.

Le fonctionnement de la nouvelle méthode proposée est la suivante:

Soit le dessin de modèle représenté dans la Fig. 5, on constate que tous les nœuds présentés dans le réseau atteignent le nœud central en un seul saut. Ce schéma facilite et simplifie tout à fait l'analyse de la méthode d'invention de

mesure.

On considère le système d'antenne 1 et on suppose que ce système est composé par cinq antennes, chaque antenne est dotée par un capteur intelligent intégré à son connecteur d'entrée et on suppose que chaque capteur va transmettre un paquet. Afin de simplifier la communication sans fil entre les nœuds, le mode d'accès au support à utiliser dans la méthode sera l'accès multiple à répartition dans le temps (TDMA). Ce support est basé sur le codage réseau aléatoire qui a pour objectif de protéger les paquets transmis vis-à-vis de paquets erronés et/ou perdus. La motivation pour utiliser cette technique de multiplexage, est que la méthode proposée exige que tous les nœuds soient capables de transmettre et de recevoir des données provenant d'autres nœuds et la TDMA c'est le moyen le plus simple de mettre cela en œuvre.

Le schéma d'échange de données sans fil dans la présente méthode (représentant l'efficacité de la mise en jeu de l'algorithme) comprend trois phases distinctes : phase d'envoi, phase de 'renvoie' et la phase décodage.

Phase d'envoi : Les cinq capteurs correspondants au cinq antennes sont maintenant en communication sans fil avec le nœud central, dans ce cas on a cinq nœuds, étiquetés comme suit : N_1, N_2, N_3, N_4, N_5 et un nœud central $N_{central}$ qui devrait recevoir les informations des capteurs relatives au cinq antennes.

Le nœud N_1 transmet son paquet p_1 et le nœud central ainsi que le reste des nœuds restent en silence et écoutent le p_1 transmis par le nœud N_1 . Les autres nœuds analysent les informations reçues et vérifient si p_1 est bien reçu ou non. Si le paquet p_1 a été correctement reçu, il sera enregistré sinon, p_1 est rejeté. Dans notre cas on suppose que les nœuds ayant correctement reçu les données sont $N_{i \neq 1}$ et $N_{j \neq 2}$ avec $i, j \in \{2, 3, 4, 5\}$. De plus, le nœud central stocke également les données envoyées par le nœud N_1 .

Comme expliqué précédemment pour le nœud N_1 , le paquet p_2 du nœud N_2 est ensuite immédiatement transmis, tandis que les autres nœuds du système d'antenne 1 écoutent le canal et stockent le p_2 s'ils estiment qu'il a été parfaitement reçu. Dans ce cas, on peut supposer que seuls les nœuds $N_{i \neq 2}$ et $N_{j \neq 2}$ avec $i, j \in \{1, 3, 4, 5\}$ stockent le paquet p_2 . Le nœud central stocke également le paquet p_2 .

Ces étapes sont répétées pour la transmission des paquets du reste des nœuds (N_3, N_4, N_5) du système d'antenne 1. Enfin, le nœud central a reçu tous les paquets

$(p_1, p_2, p_3, p_4 \text{ and } p_5)$ par conséquent le vecteur d'information u sera composé par des paquets originaires reçus par tous les nœuds du système d'antenne 1, $u = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$.

Phase de renvoie : Une fois que tous les nœuds ont transmis leurs paquets, la phase de renvoie commence. Tout d'abord, chaque nœud choisit aléatoirement les paquets reçus correctement lors de la phase précédente. C'est à cette phase que le codage réseau aléatoire intervient, par conséquent les nouveaux formats des paquets renviés peuvent prendre les formats suivants : $p_1 \oplus p_2 \oplus p_3 \oplus p_4 \oplus p_5$, où le symbole \oplus représente la somme binaire. Si par exemple on choisit que le nombre des paquets combinés $b=2$, alors les formes des paquets codés sont : $p_i \oplus p_j$ avec $i \neq j$, $i \text{ et } j \in \{1, 2, \dots, 5\}$, l'expression $p_i \oplus p_j$ représente la somme binaire des paquets p_i et p_j .

Le comportement de la phase de renvoie est assez similaire à celui de la phase précédente. Chaque nœud émet le nouveau paquet qu'il a créé au hasard, alors que le reste des paquets restent silencieux. La principale différence entre les deux phases est que dans cette seconde phase, seul le nœud central doit écouter et stocker les paquets.

Le processus de fonctionnement de cette deuxième phase de renvoie est présenté comme suit:

Premièrement, tous les nœuds du réseau (les capteurs des antennes du système 1) préparent le paquet qu'ils vont transmettre dans la phase de renvoie. Ensuite, le nœud N_1 renvoie le paquet codé correspondant avec les en-têtes nécessaires pour le décoder dans le nœud central. Le nœud central reçoit et stocke les informations reçues.

Ces étapes sont répétées pour les nœuds N_2, N_3, N_4 et N_5 , qui transmettent leurs paquets correspondants.

Enfin, le nœud central a reçu toutes les données (paquets) des deux phases. Ainsi, après ces deux phases, dans notre exemple et à partir de [7], le vecteur d'information codé c , c'est le vecteur résultant d'encoder le vecteur d'information u avec la matrice génératrice G , $c = uG$, par conséquent on a :

$c = uG = [c_1, c_2, \dots, c_N, c_{N+1}, c_{N+2}, \dots, c_{2N}]$. Pour simplification on suppose par exemple que :

- la réponse élaborée par le nœud N_1 est $p_1 \oplus p_5$
- la réponse élaborée par le nœud N_2 est $p_2 \oplus p_4$
- la réponse élaborée par le nœud N_3 est $p_1 \oplus p_3$

- la réponse élaborée par le nœud N_4 est $p_2 \oplus p_5$
- la réponse élaborée par le nœud N_5 est $p_3 \oplus p_4$

Par conséquent le vecteur d'information codé résultant, après les deux phases, doit être:

$$c = [p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_1 \oplus p_5, p_2 \oplus p_4, p_1 \oplus p_3, p_2 \oplus p_5, p_3 \oplus p_4]$$

Il est donc constitué par les paquets d'origine et les paquets codés comme le montre la Fig.5. Le nœud central peut construire la matrice génératrice G . Pour cela, la matrice qui exprime les équations de parité P est nécessaire. Cette matrice P est construite à partir des informations de la phase de renvoi en traduisant les paquets codés ($p_1 \oplus p_5, p_2 \oplus p_4, p_1 \oplus p_3, p_2 \oplus p_5, p_3 \oplus p_4$) dans la matrice P . Par conséquent, la matrice P résultante pour l'exemple précédent est:

$$P = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

Selon l'équation $G = I_N P$ voir [7], nous pouvons construire la matrice G chargée de générer ce code, qui est la suivante:

$$G = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

L'équation $G = I_N P$ définit que la matrice génératrice G peut être divisée en deux parties.

La première partie : correspond à la matrice identité I_N de taille N avec $N = 5$

dans notre exemple. Cette matrice représente l'identité de phase d'envoi dans lequel chaque nœud de système d'antenne transmet ses données, et ceci est représenté par 1 pour chaque élément $g_{i,i}$, $i \in \{1,5\}$.

La seconde partie : correspond à la matrice P , qui définit les équations de parité. De cette façon, on peut voir que dans la matrice génératrice G , chaque nœud correspond à deux colonnes, la colonne i pour la transmission durant la phase d'envoi et la colonne $N+i$ pour la transmission durant la phase de renvoie, ce qui correspond à un codage distribué ($N=5$, $i \in \{1,5\}$).

De plus, à partir de la matrice P , le nœud central peut construire la matrice H de contrôle de parité, comme indiqué dans [8].

$$H = \begin{bmatrix} \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{1} & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

Phase de décodage : Pour décoder les codes LDPC générés dans la méthode de mesures, l'algorithme somme-produit (Sum-Product) défini dans [9] sera utilisé. C'est un algorithme itératif qui estime la probabilité postérieure des paquets à partir de la matrice de contrôle de parité H , les paquets reçus et les probabilités des paquets qui traversent le canal. Plus précisément c'est la matrice de contrôle de parité H qui sera appliquée pour obtenir le vecteur d'information u transmis.

Manière de l'application de l'invention

Dans l'exemple précédente l'application est limitée pour un système d'antenne de 5 éléments, mais lorsqu'il s'agit de plusieurs systèmes dans un endroit plus dense, cas de notre invention, le concept de transmission sans fil par rafales sera largement présenté durant les deux phases. Dans ce cas rafale désigne l'ensemble des paquets que chaque nœud transmet consécutivement durant une durée. Une rafale a une durée T_r quand elle comprend r paquets transmis. Chaque nœud transmet n paquets à tour de rôle de sorte que, si k nœuds interviennent, le temps de cohérence T_c est inférieur à $k.T_n$, $T_c < k.T_n$ et, par conséquent, une fois le dernier nœud transmet sa dernière rafale le canal change, et le premier nœud

initialise son deuxième rafale en offrant des données sur un canal différent de celui de la rafale précédente.

La Fig.6 confirme la bonne transmission des informations entre les capteurs et le capteur central pour différent nombre des antennes. Elle indique que, pour un nombre plus grand d'antennes, la méthode de mesure offre une garantie de transmission des données. Au contraire, cela ne fait qu'augmenter la qualité de service du canal de transmission.

Références

- [1] C. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 3rd ed. Wiley, 2005.
- [2] IEEE, "Ieee standard definitions of terms for antennas," IEEE Std 145-1983, pp. 1–31, 1983.
- [3] C.A. Balanis, *Antenna Theory: Analys and Design*. Wiley, 1997.
- [4] « IEEE standard test procedures for antennas ». ANSI/IEEE Std 149 – 1979, 1979.
- [5] W.H. Kummer et E.S. Gillespie, « Antenna measurements ». *Proceedings of the IEEE*, vol. 66, no 4, pages 483–507, April 1978.
- [6] J.S. Hollis, T.J. Lyon et L. Clayton, *Microwave Antenna Measurements*. Atlanta, Georgia: Scientific-Atlanta, Inc, July 1970.
- [7] El Miloud Ar-Reyouchi, Ahmed Lichioui and Salma Rattal, "A Group Cooperative Coding Model for Dense Wireless Networks" *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 10(7), 2019. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0100750>
- [8] El Miloud Ar-Reyouchi, Youssra Chatei, Kamal Ghoumid, Maria Hammouti and Bekkay Hajji, "Efficient coding techniques algorithm for cluster-heads communication in wireless sensor networks," *AEÜ International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 82, pp. 294-304, September 2017.
- [9] D.J.C. MacKay. Good error-correcting codes based on very sparse matrices. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 45(2):399 –431, mar 1999. ISSN 0018-9448. doi: 10.1109/18.748992.

Méthode pour les mesures correctes et précises de systèmes d'antenne de la diffusion et de la transmission

Revendications du brevet

I : La méthode de mesure est destinée à mesurer, en temps réel, et à visualiser instantanément tous les paramètres fondamentaux, de différents types d'antennes d'émission /réception, à savoir :

- La puissance délivrée à l'antenne d'émission.
- La puissance réfléchie.
- Le rapport d'onde stationnaire (ROS), en déterminant le pourcentage d'adaptation d'antenne.
- L'état des antennes.
- La fréquence du signal émis.
- La visualisation du diagramme de rayonnement des systèmes d'antenne.
- Le calcul de la distance entre l'émetteur/récepteur et les points de mesure au niveau des antennes.
- La visualisation de la position, la directivité et des gains des antennes ainsi que le diagramme de rayonnement et l'impédance d'entrée.
- La puissance reçue au niveau de l'antenne réceptrice.
- L'historique des incidents.

La méthode est applicable et convient particulièrement pour la réception et l'émission des antennes de types :

- Diffusion de la Radio FM.
- Diffusion de Radio Numérique Terrestre (DAB).
- Télévision Numérique Terrestre (DVB).
- Transmission xG, transmission satellitaire, transmission d'information par faisceau hertzien.

La méthode interactive proposée est simple, rapide, efficace, précise et très économique ; elle est basée sur l'utilisation de:

- Des capteurs intelligents (clusters) associés à chaque antenne du système où ils sont chargés d'accueillir les informations nécessaires des antennes.
- Un algorithme basé sur le codage réseau et qui utilise le code linéaire correcteurs d'erreur (contrôle de parité de faible densité LDPC) pour l'optimisation de la communication de données.
- Nœud central (cluster Head) associé au système d'émission/réception, qui peut communiquer, télémétrer, contrôler et commander le système d'antenne

à travers les clusters.

- Unité d'affichage.
- Réseau de capteurs sans fil.

Les mesures sont fournies pour chaque point de référence du système d'antenne et elles sont affichées dans une unité qui peut être liée au réseau local ou Internet et munie d'une adresse IP.

2 : La méthode de mesure pour les systèmes d'antenne, selon la revendication 1, est applicable à toutes familles d'antennes, à l'origine de l'ensemble des structures qui permettent de rayonner (émetteur) ou de capter (récepteur) les ondes électromagnétiques. Ces antennes peuvent être filaires, à fentes, planaires, à ouverture, à réflecteurs, panneaux et dipôles. Ces antennes peuvent être utilisées pour tous les domaines approuvés des télécommunications, qu'il s'agisse des domaines civiles ou militaires.

3 : La méthode de mesure pour les systèmes d'antenne, selon les revendications 1 et 2, est une méthode appropriée pour surveiller et contrôler la propagation de la RF via les guides d'onde et les antennes. La méthode peut spécifier exactement les endroits de mesures dans les systèmes d'antenne. Par conséquent, elle peut aussi facilement localiser des anomalies en cas de défauts.

4 : La méthode de mesure pour les systèmes d'antenne, selon la revendication 1 et 3, peut relever les mesures de performance des systèmes d'antenne au moyen des capteurs spécifiés, les convertir en donnée numérisée lisible sur l'unité d'affichage. L'unité d'affichage est applicable aussi dans les réseaux de capteurs filaires (par exemple les capteurs de type EIA : Electronic Industries Alliance). Les capteurs filaires peuvent exploiter les deux technologies de raccordement : le câble coaxial et la fibre optique reliant l'ensemble des capteurs installés dans chaque point de mesure des systèmes d'antenne.

5 : Les valeurs de mesures obtenues par différentes antennes, utilisant la méthode de mesure pour les systèmes d'antenne selon les revendications 1 ou 2 ou 3 ou 4, peuvent être consultée à distance grâce à son adresse IP. La méthode peut même envoyer des messages SMS via internet ou des courriels depuis l'unité d'affichage.

Dessins

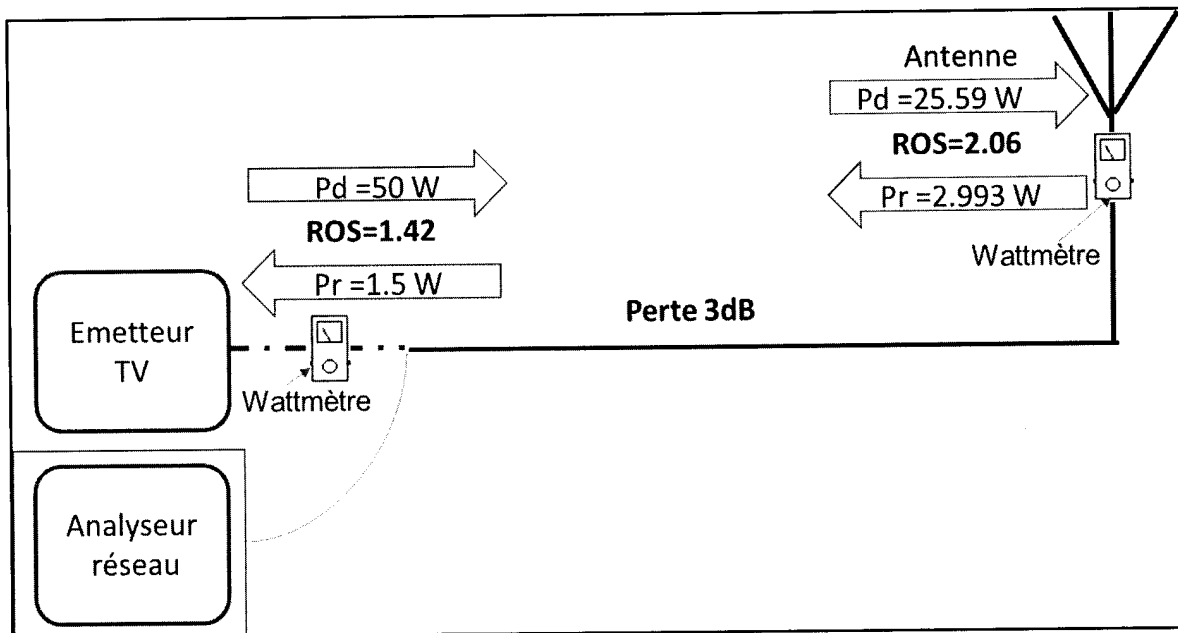


Fig.1

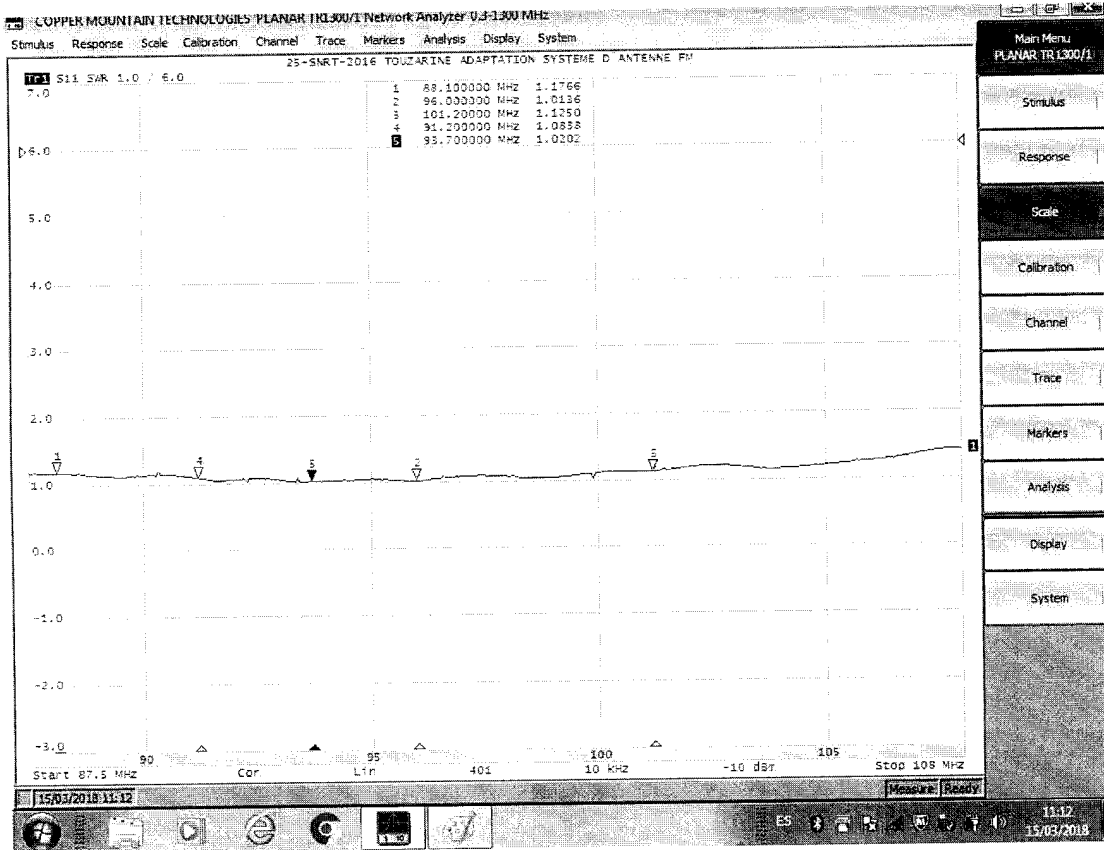


Fig.2.a

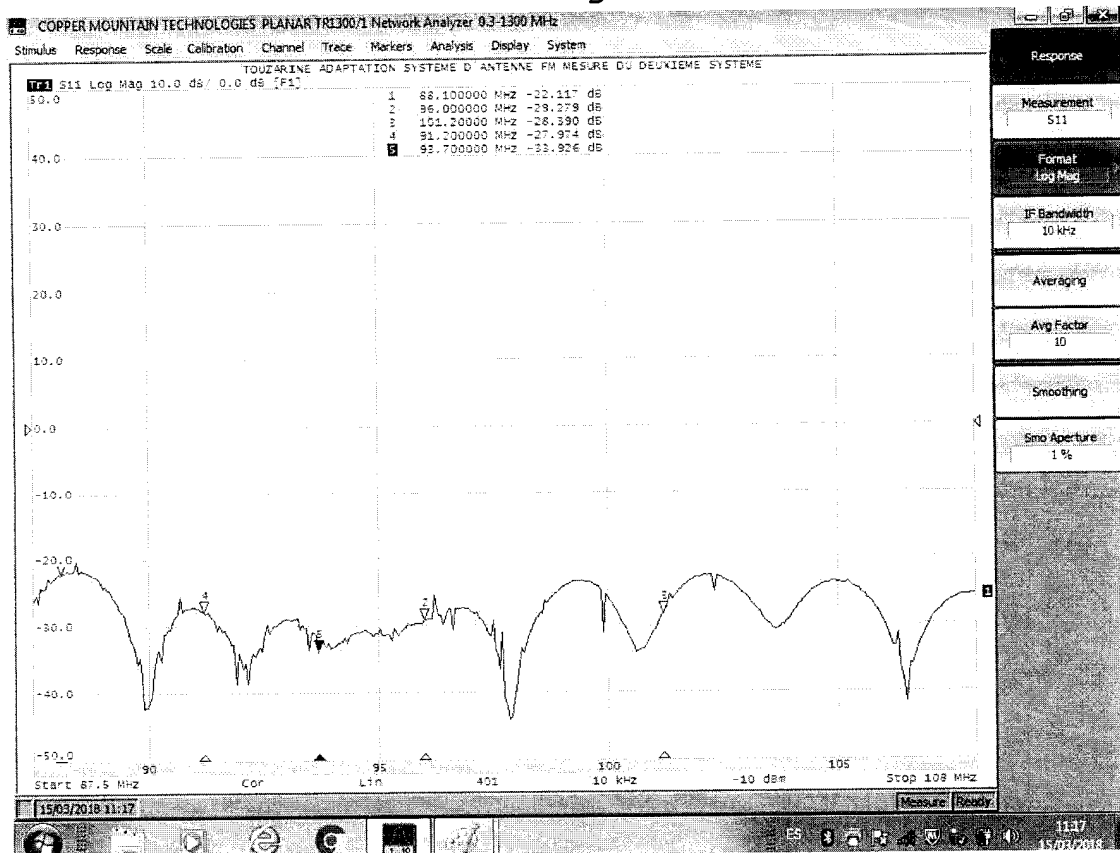


Fig.2.b

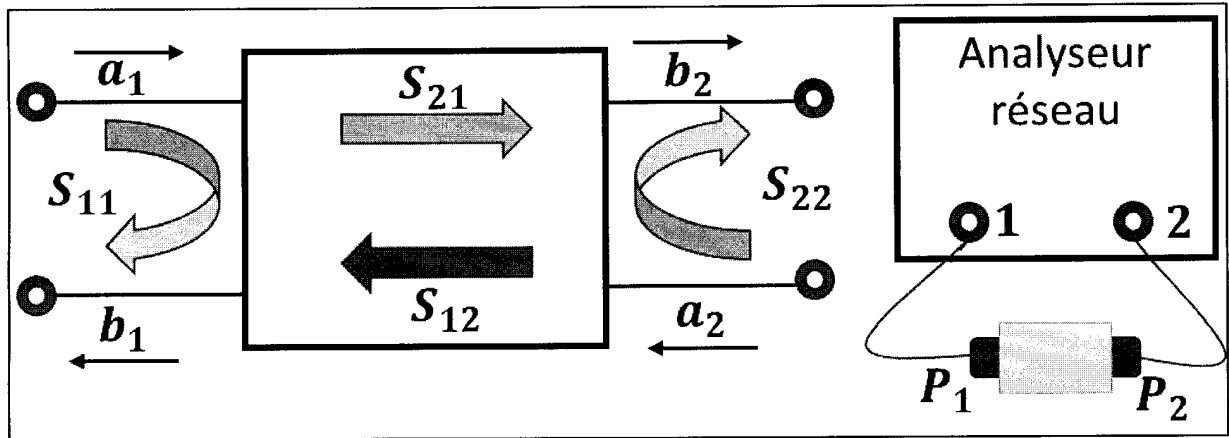


Fig.3

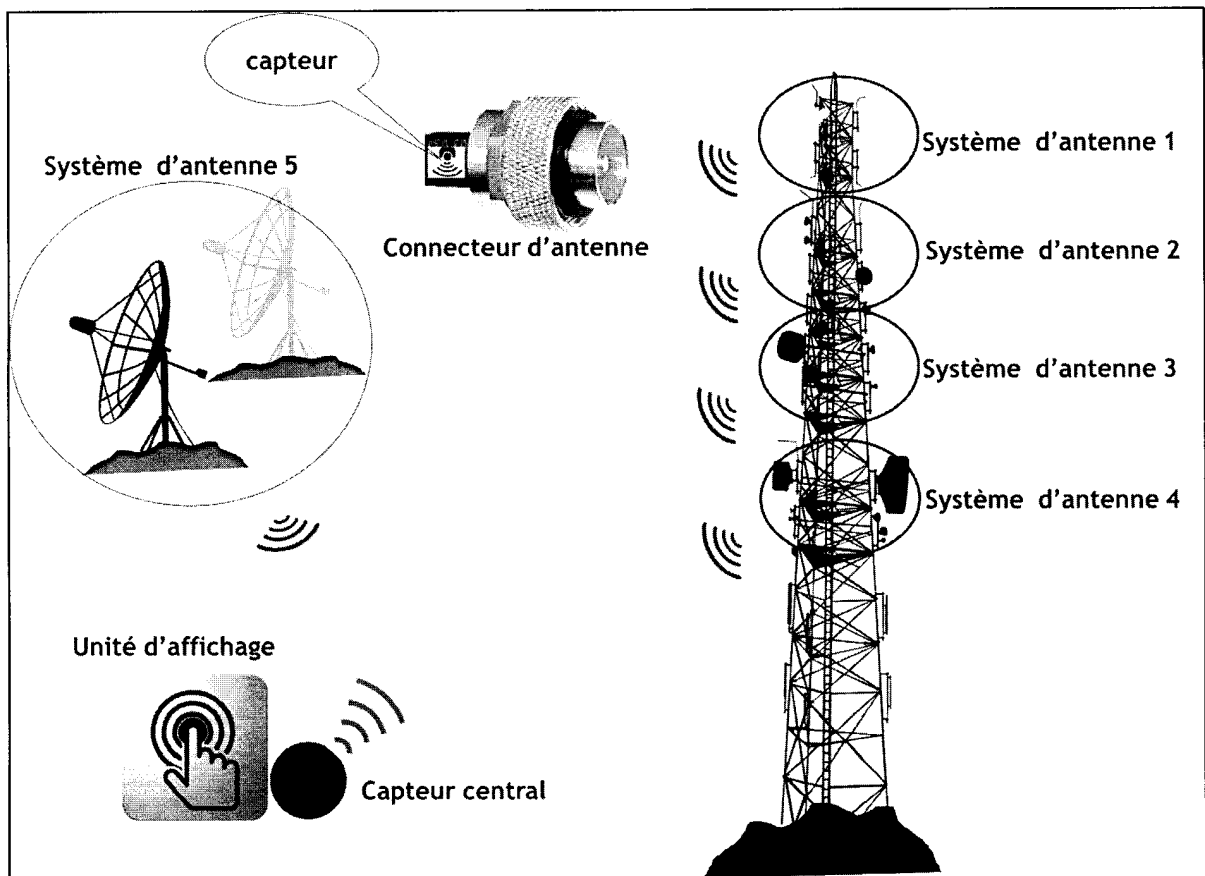


Fig.4

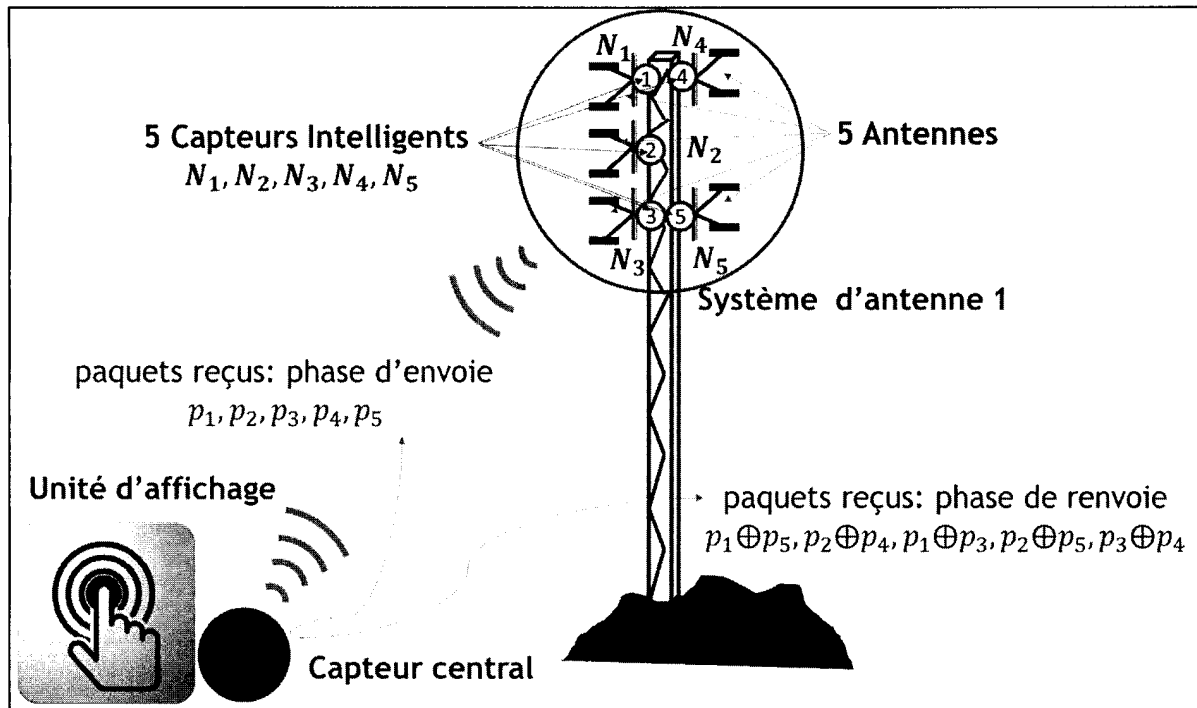


Fig.5

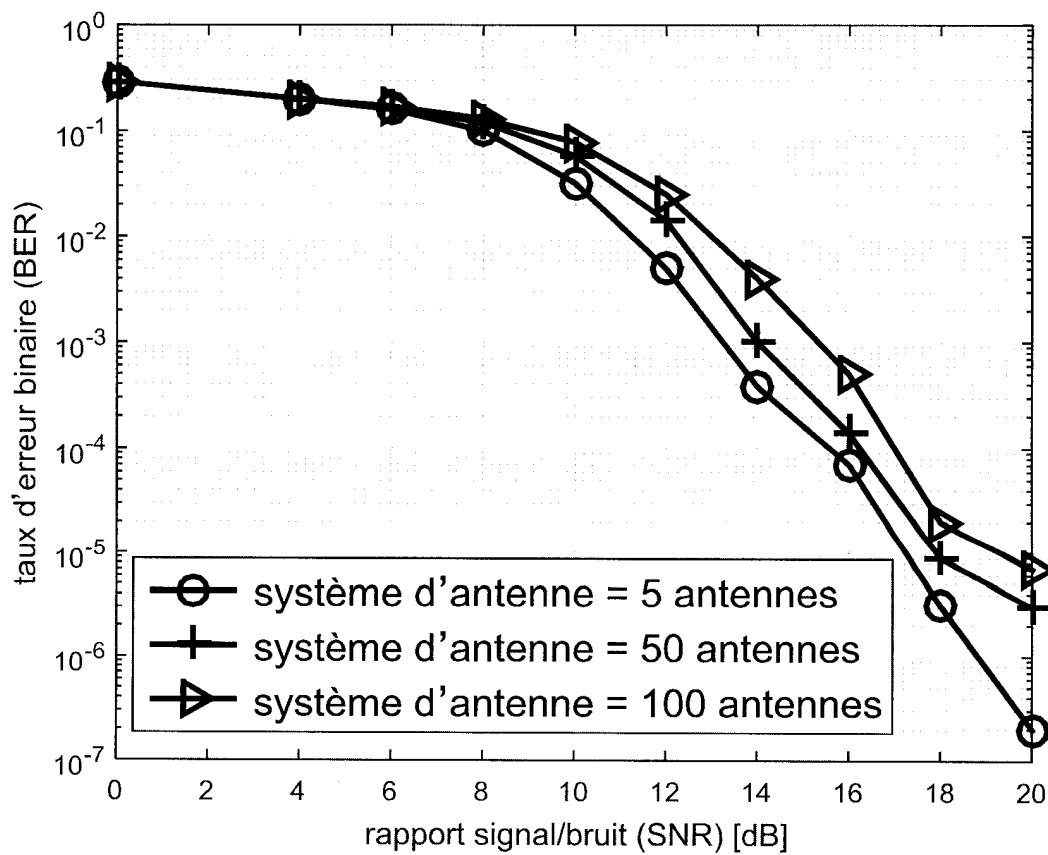


Fig.6

**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée
par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 46807	Date de dépôt : 29/08/2019
Déposant : EL MILOUD AR REYOUCHI	
Intitulé de l'invention : MÉTHODE POUR LES MESURES CORRECTES ET PRÉCISES DE SYSTÈMES D'ANTENNE DE LA DIFFUSION ET DE LA TRANSMISSION	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté <input type="checkbox"/> Cadre 5 : Défaut d'unité d'invention <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications exclues de la brevetabilité <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle	
Examineur: BAMI MOHAMMED	Date d'établissement du rapport : 27/01/2020
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales**Cadre 1 : base du présent rapport**

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
12 Pages
- Revendications
1-5
- Planches de dessin
4 Pages

Cadre 3 : Titre et Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés

- L'intitulé tel qu'il a été déposé «*NOUVELLE ET EFFICACE MÉTHODE POUR LES MESURES CORRECTES ET PRÉCISES DE SYSTÈMES D'ANTENNE DE LA DIFFUSION ET DE LA TRANSMISSION*» a été modifié et arrêté par l'examineur (voir intitulé de l'invention).

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : H04H20/22

CPC : H04H20/22

Plateformes et bases de données électroniques de recherche :

EPOQUENET, WPI, ScienceDirect, IEEE, ORBIT

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
A	Antenna performance measurements using wireless sensor networks DOI: 10.1109/ECTC.2006.1645879 ; J. Buckley ET AL ; 05/07/2006	1-5
A	US8831592B2 ; AT&T Intellectual Property I LP ; 09/09/2013	1-5

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

-« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

-« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

-« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs

-« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité**Cadre 4 : Remarques de forme et de clarté**

Les revendications 1-5 ne sont pas rédigées en deux parties de sorte à préciser les étapes de la méthode de mesure.

L'expression 'nouvelle méthode' dans la revendication 1 est vague et imprécise et laisse subsister un doute quant à la portée de protection demandée.

L'objet des revendications 1-5 manque donc de clarté au sens de l'article 35 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

Cadre 7 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non
Activité inventive	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non
Application Industrielle	Revendications 1-5	Oui
	Revendications aucune	Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : Antenna performance measurements using wireless sensor networks DOI:
10.1109/ECTC.2006.1645879

1. Nouveauté

Aucun document ne divulgue l'objet des revendications 1-5 qui est donc nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

2. Activité inventive

Le document D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 1 et divulgue :

Une méthode de visualisation et de mesure en temps réel des paramètres fondamentaux relatifs aux différents types de système d'antenne comprenant un code correcteur d'erreur CRC.

L'objet de la revendication 1 diffère de D1 en ce que :

- Le code correcteur d'erreur est un contrôle de parité de faible densité LDPC. Cette différence est un choix parmi d'autres que l'homme du métier sélectionnerait selon le cas pour fournir une alternative à la correction d'erreur, sans faire preuve d'esprit inventif.

- Les mesures s'effectuent à travers des capteurs distribués dans un réseau d'antenne qui communiquent avec un nœud central.

Le problème objectif que la présente demande se propose de résoudre peut donc être considéré comme : Améliorer la précision des mesures des paramètres fondamentaux des antennes.

Aucun document de l'état de la technique ne contient un enseignement ou une suggestion qui aurait incité l'homme du métier à adopter ladite solution sans faire preuve d'esprit inventif.

L'objet de la revendication 1 implique donc une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

L'objet des revendications dépendantes 2-5 implique une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

3. Application industrielle

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible.