

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 062 016

21 N° d'enregistrement national : 17 50387

51 Int Cl⁸ : H 04 W 28/04 (2017.01), H 04 W 24/04, H 04 B 17/00

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.01.17.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.07.18 Bulletin 18/29.

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) : SIGFOX Société anonyme — FR.

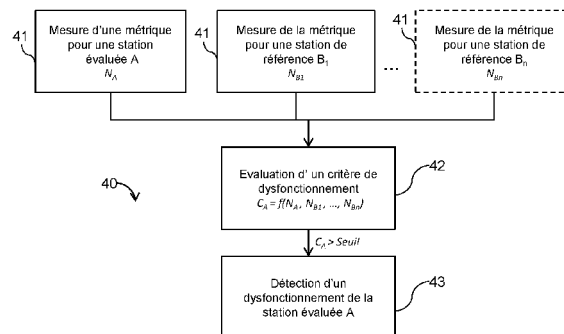
72 Inventeur(s) : FUMAT GUILLAUME.

73 Titulaire(s) : SIGFOX Société anonyme.

74 Mandataire(s) : IPSIDE.

54 PROCÉDE ET SYSTEME DE DETECTION D'UN DYSFONCTIONNEMENT D'UNE STATION DE BASE D'UN
SYSTEME DE COMMUNICATION SANS FIL.

57 L'invention concerne un procédé (40) de détection
d'un dysfonctionnement d'une station de base (81) d'un ré-
seau d'accès (80) d'un système (60) de communication
sans fil, dite station de base évaluée, ledit dysfonctionne-
ment étant détecté en évaluant un critère pour une métrique
représentative du fonctionnement d'une station de base du-
dit système (60) de communication sans fil en fonction de
valeurs de la métrique mesurées pour ladite station de base
évaluée et pour au moins une autre station de base (81),
dite station de base de référence.



FR 3 062 016 - A1



DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention appartient au domaine des réseaux de communication sans fil. Notamment, l'invention concerne un procédé de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base du réseau d'accès
5 d'un système de communication sans fil.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Un réseau de communication sans fil a généralement une structure cellulaire dans laquelle chaque cellule représente une zone géographique qui
10 est sous la couverture radio d'une station de base. On entend par cela qu'un terminal du système de communication sans fil se situant dans cette zone géographique peut échanger des données avec la station de base en utilisant des signaux radioélectriques. Par « signal radioélectrique », on entend une onde électromagnétique se propageant via des moyens non filaires, dont les
15 fréquences sont comprises dans le spectre traditionnel des ondes radioélectriques (quelques hertz à plusieurs centaines de gigahertz).

Une station de base est un nœud du réseau d'accès servant à relier les terminaux du système de communication sans fil présents dans la zone géographique couverte par la station de base à un commutateur du réseau
20 d'infrastructure. La surface de la zone géographique que peut couvrir une station de base dépend de plusieurs facteurs comme par exemple la distance de propagation des ondes radioélectriques utilisées par le système de communication sans fil, les obstacles présents sur la zone, le niveau des interférences radio observées sur la zone, la densité de trafic sur la zone, etc.
25 Pour couvrir tout le territoire d'un pays avec un système de communication sans fil, il faut un nombre très important de l'ordre de plusieurs milliers de stations de base.

Avec l'évolution croissante du nombre de stations de base permettant l'exploitation des différents systèmes de communication sans fil dans le monde
30 se pose le problème de la maintenance de ces stations de base. Une station de base est en effet un élément clé du réseau d'accès, et différentes raisons peuvent entraîner son dysfonctionnement. Ces raisons peuvent être liées à la station de base elle-même, par exemple suite à la dégradation d'un élément

matériel (cette dégradation peut être naturelle, par exemple à cause d'un phénomène de corrosion ou d'une tempête, ou résulter d'un acte de vandalisme) ou suite à une panne logicielle. Elles peuvent aussi être liées à l'environnement radio de la station de base, par exemple si un système tiers de communication sans fil cause des interférences radio suffisamment importantes pour mettre la station de base en dehors de son fonctionnement nominal.

Afin d'assurer une qualité de service sans interruption, il est nécessaire, pour les opérateurs des systèmes de communication sans fil, de détecter et corriger un dysfonctionnement d'une station de base de leur réseau d'accès au plus vite. Aussi, une méthode de diagnostic automatisée à distance permettant de détecter un dysfonctionnement d'une station de base est-elle indispensable pour optimiser les coûts de maintenance (centralisation de l'analyse de diagnostic, déplacement sur site de l'équipe de maintenance uniquement dans le cas où un dysfonctionnement est détecté, etc.).

Il est connu de surveiller à distance le bon fonctionnement d'une station de base du réseau d'accès d'un système de communication sans fil.

Par exemple, des dispositifs peuvent permettre de détecter une erreur matérielle dans la chaîne de transmission d'une station de base, par exemple en mesurant des paramètres comme le ROS (« Rapport d'Onde Stationnaire », VSWR pour « Voltage Standing Wave Ratio » dans la littérature anglo-saxonne) qui renseigne sur la qualité de l'adaptation d'impédance d'une antenne à une ligne de transmission. Les mesures peuvent être transmises à un serveur centralisé qui effectue un diagnostic et détecte par exemple un dysfonctionnement si la valeur du paramètre mesuré n'est pas dans une plage de valeurs attendues.

Dans un autre exemple, un dispositif, comme celui décrit dans la demande de brevet WO/1996/004760, peut permettre de détecter que le niveau de bruit mesuré par une station de base est anormalement élevé, et transmettre cette information à l'opérateur du réseau.

Dans les exemples décrits ci-dessus, et dans d'autres exemples connus de l'homme de l'art, il est parfois impossible de détecter une anomalie pour la station de base évaluée à partir de telles métriques. En effet, dans des

environnements radio particuliers, il est parfois impossible de détecter qu'une interférence est à l'origine de la non réception par la station de base de messages provenant des terminaux du système de communication. C'est le cas par exemple si une interférence forte se produit dans une bande du spectre fréquentiel différente mais proche de la bande du spectre fréquentiel à laquelle opère la station de base. Aussi, il est difficile de définir, pour une station de base donnée, si le nombre de terminaux en communication avec elle, ou bien si le nombre de messages qu'elle reçoit pendant une certaine durée, est correct intrinsèquement, car cela dépend du nombre de terminaux présents dans la zone de couverture de la station de base au moment où la mesure est effectuée, et ce nombre peut potentiellement être fortement variable.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour objectif de remédier à tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur, notamment ceux exposés ci-avant, en proposant une solution qui permette de prendre en compte, lors du diagnostic d'une station de base, le fonctionnement des stations de base voisines qui sont soumises à des conditions potentiellement très similaires à celles observées par la station de base considérée.

Dans la présente demande, il est considéré que deux stations de base d'un réseau d'accès d'un système de communication sans fil sont « voisines » l'une de l'autre si elles sont séparées par une distance inférieure à deux fois leur rayon de couverture. Par « rayon de couverture », on entend la distance maximale séparant un terminal de la station de base à laquelle la communication par signaux radioélectriques entre le terminal et la station de base est toujours possible. Ainsi, les zones géographiques desservies par deux stations de base voisines ont en général une intersection non nulle.

A cet effet, et selon un premier aspect, il est proposé par la présente invention, un procédé de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un réseau d'accès d'un système de communication sans fil, dite station de base évaluée, comportant les étapes suivantes :

- une mesure pour ladite station de base évaluée d'une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit

système de communication sans fil,

- une mesure de ladite métrique pour au moins une autre station de base, dite station de base de référence,
- une évaluation d'un critère de dysfonctionnement en fonction des valeurs de la métrique mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une station de base de référence,
- une détection d'un dysfonctionnement de ladite station de base évaluée lorsque le critère de dysfonctionnement est vérifié.

En effet, pour une station de base d'un tel système, il est attendu, d'une manière générale, qu'une métrique caractéristique du bon fonctionnement de la station de base évolue de manière sensiblement identique pour ses stations de base voisines. Si un écart observé entre les valeurs de la métrique mesurées pour la station de base et celles mesurées pour ses voisines est anormalement élevé, alors il y a très certainement un dysfonctionnement de la station de base auquel il faut remédier. Les stations de base voisines à la station de base évaluée peuvent ainsi jouer le rôle de stations de base de référence.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, l'invention peut comporter en outre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, l'étape d'évaluation du critère de dysfonctionnement comporte une comparaison de la valeur de la métrique mesurée pour ladite station de base évaluée avec une valeur calculée en fonction de valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence.

Ainsi, le critère de dysfonctionnement est par exemple évalué en comparant la valeur de la métrique mesurée pour la station de base évaluée avec la valeur moyenne, ou bien la valeur médiane, ou bien la valeur maximale ou minimale, des valeurs de la métrique mesurées pour les stations de base de référence.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, l'étape d'évaluation du critère de dysfonctionnement comporte la comparaison de la valeur de la métrique pour la station de base évaluée avec chacune des valeurs de la

métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, l'étape d'évaluation du critère de dysfonctionnement comporte un calcul d'un écart entre, d'une part, la valeur de la métrique mesurée pour la station de base évaluée et, d'autre part, la valeur de la métrique mesurée pour une station de base de référence ou une valeur calculée en fonction de valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence, ainsi qu'une comparaison de cet écart à une valeur seuil prédéfinie.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la valeur seuil est définie en fonction de la valeur de la métrique mesurée pour ladite station de base évaluée et/ou en fonction d'au moins une valeur de la métrique mesurée pour une station de base de référence.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base est une des métriques suivantes :

- le nombre de messages reçus de terminaux du système de communication sans fil par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
- le nombre de terminaux du système de communication sans fil pour lesquels au moins un message a été reçu par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
- un niveau de puissance moyen reçu par ladite station de base sur une bande fréquentielle prédéfinie du système de communication sans fil pendant une durée prédéfinie,
- une capacité de détection de messages émis par des terminaux du système de communication sans fil par ladite station de base, pour un niveau de puissance de référence et pour une bande fréquentielle prédéfinis.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, le procédé de détection comporte en outre une étape préalable de détermination d'au moins un ensemble, dit « parc de test », de terminaux du système de communication sans fil se trouvant simultanément sous la couverture radio de la station de base évaluée et d'au moins une station de base de référence.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base est une des métriques suivantes :

- 5 - le nombre des messages émis par les terminaux d'un parc de test reçus par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
- le nombre de terminaux d'un parc de test pour lesquels au moins un message a été reçu par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
- 10 - un niveau de puissance moyen reçu par ladite station de base pour les terminaux d'un parc de test pendant une durée prédéfinie,
- un niveau moyen de rapport signal sur bruit mesuré pour ladite station de base pour les terminaux d'un parc de test pendant une durée prédéfinie,
- 15 - la fréquence sur laquelle un signal provenant d'un terminal d'un parc de test est détecté par ladite station de base.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, plusieurs métriques différentes représentatives du fonctionnement d'une station de base sont mesurées pour ladite station de base évaluée et pour la ou les stations de base de référence, et le critère de dysfonctionnement est évalué en fonction des
20 valeurs des différentes métriques mesurées. De telles dispositions permettent avantageusement de détecter un dysfonctionnement en vérifiant des conditions ou des combinaisons de conditions sur plusieurs métriques différentes.

Selon un deuxième aspect, la présente invention concerne un produit programme d'ordinateur comportant un ensemble d'instructions de code de
25 programme qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ou plusieurs processeurs, configurent le ou les processeurs pour mettre en œuvre le procédé de détection d'un dysfonctionnement selon l'un quelconque des modes de mise en œuvre de l'invention.

Selon un troisième aspect, la présente invention concerne un dispositif
30 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un réseau d'accès d'un système de communication sans fil, dite station de base évaluée, comportant :

- des moyens configurés pour collecter des mesures d'au moins une

métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système de communication sans fil pour la station de base évaluée et pour au moins une autre station de base, dite station de base de référence,

- 5 - des moyens configurés pour évaluer un critère de dysfonctionnement en fonction des valeurs des métriques mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une station de base de référence,
- 10 - des moyens configurés pour détecter un dysfonctionnement de ladite station de base évaluée lorsque le critère de dysfonctionnement est vérifié.

Selon un quatrième aspect, la présente invention concerne un système de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un réseau d'accès d'un système de communication sans fil, dite station de base évaluée, comportant :

- 15 - un dispositif de mesure pour ladite station de base évaluée d'au moins une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système de communication sans fil,
- 20 - un dispositif de mesure de la ou les métriques pour au moins une autre station de base, dite station de base de référence,
- un dispositif de détection d'un dysfonctionnement de la station de base évaluée selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention.

Selon un cinquième aspect, la présente invention concerne un réseau d'accès d'un système de communication sans fil, comportant un système de détection d'un dysfonctionnement selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention.

PRÉSENTATION DES FIGURES

30 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple nullement limitatif, et faite en se référant aux figures 1 à 7 qui représentent :

- Figure 1 : une représentation schématique d'un exemple de

réalisation d'un système de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un système de communication sans fil,

- Figure 2 : une représentation schématique d'un système de communication sans fil,
- 5 - Figure 3 : un diagramme illustrant les principales étapes d'un procédé de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un système de communication sans fil,
- Figure 4 : une représentation schématique d'un ensemble, dit « parc de test », de terminaux du système de communication sans fil se trouvant simultanément sous la couverture radio de deux stations de base voisines,
- 10 - Figure 5 : un diagramme illustrant les principales étapes d'un mode préféré de mise en œuvre d'un procédé de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un système de communication sans fil,
- 15 - Figure 6 : une représentation schématique de deux parcs de test définis pour une station de base évaluée et deux stations de base de référence,
- Figure 7 : une représentation schématique d'un seul parc de test défini pour une station de base évaluée et deux stations de base de référence,
- 20

Dans ces figures, des références identiques d'une figure à une autre désignent des éléments identiques ou analogues. Pour des raisons de clarté, les éléments représentés ne sont pas à l'échelle, sauf mention contraire.

25

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION

Tel qu'indiqué précédemment, la présente invention vise à détecter un dysfonctionnement d'une station de base 81 d'un système 60 de communication sans fil, dite station de base évaluée, en évaluant un critère
30 pour une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système de communication sans fil en fonction des valeurs de la métrique mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une autre station de base 81 du système de communication, dite station de base de

référence.

Dans la suite de la description, on se place à titre d'exemple et de manière non limitative dans le cas d'un système 60 de communication sans fil à bande ultra étroite. Par « bande ultra étroite » (« Ultra Narrow Band » ou UNB dans la littérature anglo-saxonne), on entend que le spectre fréquentiel instantané des signaux radioélectriques émis par les terminaux est de largeur fréquentielle inférieure à un kilohertz. De tels systèmes de communication sans fil UNB sont particulièrement adaptés pour des applications du type M2M (acronyme anglo-saxon pour « Machine to Machine ») ou du type « Internet des objets » (« Internet of Things » ou IoT dans la littérature anglo-saxonne). Les stations de base voisines à la station de base évaluée peuvent alors jouer le rôle de stations de base de référence.

Dans un tel système 60 de communication sans fil, les échanges de données sont essentiellement monodirectionnels, en l'occurrence sur un lien montant entre des terminaux 70 et un réseau d'accès dudit système. Afin de minimiser les risques de perdre un message émis par un terminal, la planification du réseau d'accès est souvent réalisée de telle sorte qu'une zone géographique donnée est couverte simultanément par plusieurs stations de base, de telle manière qu'un message émis par un terminal peut être reçu par plusieurs stations de base. Ainsi, deux stations de base voisines l'une de l'autre devraient avoir des fonctionnements comparables dans la mesure où elles communiquent avec des flottes de terminaux relativement semblables, et elles subissent des contraintes radio sensiblement similaires.

La figure 1 représente schématiquement un exemple de réalisation d'un système 10 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base.

Tel qu'illustré par la figure 1, le système 10 de détection comporte :

- un dispositif 11 de mesure d'une métrique pour la station de base évaluée, ladite métrique étant représentative du fonctionnement de ladite station de base évaluée,
- au moins un autre dispositif 11 de mesure de la métrique pour une station de base voisine à la station de base évaluée et jouant le rôle de station de référence, et
- un dispositif 13 de détection d'un dysfonctionnement de la station

de base évaluée en fonction des mesures effectuées pour la station de base évaluée et pour une ou plusieurs stations de base de référence.

Dans des modes particuliers de réalisation, la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base est l'une des métriques suivantes :

- le nombre de messages de terminaux 70 du système 60 de communication sans fil reçus par la station de base pendant une durée prédéfinie,
- le nombre des terminaux 70 du système 60 de communication sans fil pour lesquels au moins un message a été reçu par la station de base pendant une durée prédéfinie,
- un niveau de puissance moyen reçu par la station de base sur une bande fréquentielle du système 60 de communication sans fil pendant une durée prédéfinie,
- une capacité de détection de messages émis par des terminaux 70 du système 60 de communication sans fil par la station de base, pour un niveau de puissance de référence et pour une bande fréquentielle prédéfinis.

De manière plus générale, il est à noter que les métriques listées ci-dessus sont données à titre d'exemples non limitatifs, et rien n'exclut d'utiliser d'autres métriques représentatives du fonctionnement d'une station de base du réseau d'accès considéré.

En outre, le dispositif 11 de mesure peut mesurer plusieurs métriques différentes, de telle sorte qu'un dysfonctionnement puisse être détecté en évaluant une combinaison de conditions sur ces métriques.

Par exemple, le dispositif 11 de mesure comporte un ensemble de moyens matériels et/ou logiciels, considérés comme connus de l'homme de l'art (antenne, filtre analogique, amplificateur, oscillateur local, mélangeur, convertisseur analogique/numérique, décodeur, produit programme d'ordinateur, etc.) configurés pour mesurer au moins l'une des métriques précédemment listées.

Par exemple, les signaux radioélectriques reçus par la station de base peuvent comporter des messages émis par des terminaux du système de

communication sans fil. Ces messages sont alors décodés par le dispositif 11 de mesure et il est ainsi possible de définir combien de messages ont été reçus par la station de base pendant une certaine durée. Un nombre de messages reçus par une station de base anormalement bas par rapport à une ou
5 plusieurs stations de base voisines peut révéler un dysfonctionnement de la station de base.

Dans un autre exemple, un message émis par un terminal du système de communication sans fil peut contenir un identifiant unique du terminal, et il est ainsi possible pour le dispositif 11 de mesure de définir le nombre de
10 terminaux différents pour lesquels au moins un message a été décodé pendant une certaine durée. Un nombre de terminaux en communication avec une station de base anormalement bas par rapport à une ou plusieurs stations de base voisines peut révéler un dysfonctionnement de la station de base.

Dans un autre exemple, la bande fréquentielle de multiplexage sur
15 laquelle opère une station de base d'un réseau de communication sans fil UNB est généralement large de quelques centaines de kilohertz. Le module au carré de la transformée de Fourier d'un signal global observé sur cette bande de fréquence est représentative de la densité spectrale de puissance du signal, et il est ainsi possible pour le dispositif 11 de mesure de calculer un niveau de
20 puissance moyen reçu par la station de base sur cette bande de fréquence. Ce niveau de puissance moyen reçu par la station de base permet de définir un plancher de bruit qui sert par exemple à caractériser le niveau de puissance minimale à partir duquel un signal va pouvoir être détecté par la station de base. Une valeur de plancher de bruit anormalement élevée par rapport à une
25 ou plusieurs stations de base voisines peut révéler un dysfonctionnement de la station de base.

Dans un autre exemple, une capacité de détection de messages par la station de base peut être définie comme étant le nombre théorique de messages pouvant être détecté par la station de base sur une bande de
30 fréquence et pour un niveau de puissance radio de référence prédéfinis.

Pour définir une telle capacité de détection de messages sur une bande de fréquence et sur une fenêtre temporelle données, un spectrogramme qui représente les niveaux de puissance d'un signal global reçu en différentes

fréquences de la bande fréquentielle, ainsi que leurs évolutions respectives dans le temps en différents instants de la fenêtre temporelle, peut être calculé. En d'autres termes, le spectrogramme est une représentation de la distribution spatiale de la puissance du signal global dans un espace de mesure
5 bidimensionnel fréquence/temps, délimité par la bande fréquentielle considérée et par la fenêtre temporelle considérée.

En présence d'une interférence, le niveau de puissance du signal global est localement plus élevé. Si cette interférence ne perturbe qu'une partie de la bande fréquentielle et/ou qu'une partie de la fenêtre temporelle, la zone
10 de l'espace de mesure couverte par cette interférence est de largeur spectrale inférieure à la largeur de la bande fréquentielle considérée et/ou de durée inférieure à la durée de la fenêtre temporelle considérée.

De manière analogue, le spectrogramme fait apparaître également des zones pour lesquelles le niveau de puissance du signal global est plus faible.
15 Dans une telle zone, il est en principe plus facile de détecter un message, sous réserve toutefois que les dimensions fréquentielle et temporelle de ladite zone soient supérieures à celles des messages.

Pour un niveau de référence de réception des messages, on estime le nombre maximal N_D de messages pouvant être positionnés dans l'espace de
20 mesure sans qu'ils n'interfèrent entre eux, dans des positions respectives pour lesquelles le niveau de référence vérifie un critère de détection par rapport au niveau de puissance local du signal global.

Pour le niveau de référence considéré, le critère de détection fait apparaître, dans l'espace de mesure, des zones, dites « zones disponibles »
25 dans lesquelles le critère de détection est vérifié et les messages sont susceptibles d'être détectés, et des zones, dites « zones perturbées », dans lesquelles le critère de détection n'est pas vérifié. En considérant des messages ayant une même largeur spectrale et une même durée, il est possible de définir des dimensions de référence d'un message dans l'espace
30 de mesure bidimensionnel fréquence/temps. Il est alors ensuite possible de déterminer si celles-ci sont inférieures aux dimensions d'une zone disponible et, le cas échéant, de calculer le nombre maximal de messages pouvant y être placés sans qu'ils n'interfèrent entre eux.

La capacité de détection de messages émis dans la bande fréquentielle considérée est alors estimée, pour le niveau de référence considéré, en fonction du nombre maximal N_D de messages détectés.

Une capacité de détection anormalement faible pour une station de base par rapport à une ou plusieurs stations de base voisines peut révéler un dysfonctionnement de la station de base.

Le dispositif 11 de mesure comporte également un module de communication permettant d'envoyer les mesures effectuées à un dispositif 13 de détection d'un dysfonctionnement.

Le dispositif 13 de détection comporte un ensemble de moyens matériels et/ou logiciels, considérés comme connus de l'homme de l'art, pour collecter l'ensemble des mesures effectuées par les dispositifs 11 de mesure pour la station de base évaluée et pour la ou les stations de bases de référence et pour détecter un dysfonctionnement de la station de base évaluée en fonction de ces mesures.

En particulier, le dispositif 13 de détection comporte un module de communication lui permettant de recevoir les mesures d'un dispositif 11 de mesure.

En outre, le dispositif 13 de détection comporte par exemple un ou plusieurs processeurs et une ou plusieurs mémoires (disque dur magnétique, mémoire électronique, disque optique, etc.) dans lesquelles est mémorisé un produit programme d'ordinateur, sous la forme d'un ensemble d'instructions de code de programme à exécuter pour mettre en œuvre une étape d'évaluation 42 et une étape de détection 43 d'un procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement qui sera décrit ci-après. Dans une variante, le dispositif 13 d'estimation comporte un ou des circuits logiques programmables, de type FPGA, PLD, etc., et/ou circuits intégrés spécialisés (ASIC) adaptés à mettre en œuvre les étapes précitées du procédé 40 de détection.

En d'autres termes, le dispositif 13 de détection comporte un ensemble de moyens configurés de façon logicielle (produit programme d'ordinateur spécifique) et/ou matérielle (FPGA, PLD, ASIC, etc.) pour mettre en œuvre l'étape d'évaluation 42 et l'étape de détection 43 du procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base.

Le dispositif 11 de mesure et le dispositif 13 de détection peuvent être un même équipement matériel ou bien des équipements matériels distincts. Dans le cas où il s'agit d'équipements matériels distincts, ils sont par exemple reliés par un lien de communication filaire ou sans fil. S'il s'agit d'un même
5 équipement matériel, alors les dispositifs sont par exemple reliés par un bus de communication interne.

La figure 2 représente schématiquement un système 60 de communication sans fil, comportant plusieurs terminaux 70 et un réseau d'accès 80 comportant plusieurs stations de base 81 reliées à un serveur 82.

10 Chaque station de base 81 est adaptée à recevoir des messages des terminaux 70 qui se trouvent à sa portée. Chaque message ainsi reçu est par exemple transmis au serveur 82 du réseau d'accès 80, éventuellement accompagné d'autres informations comme un identifiant de la station de base 81 qui l'a reçu, un niveau de puissance du signal transportant le message, la
15 fréquence centrale sur laquelle le message a été reçu, etc. Le serveur 32 traite par exemple l'ensemble des messages reçus des différentes stations de base 81. Le serveur 32 peut également héberger des applications de supervision du réseau d'accès.

Il est possible, par exemple que le dispositif 11 de mesure et le
20 dispositif 13 de détection soient tous les deux implantés au niveau d'une station de base 81. Dans ce cas, si un dysfonctionnement est détecté par la station de base, cette information peut être transmise au serveur 82 afin d'alerter l'opérateur du réseau d'accès 80.

Rien n'exclut cependant, suivant d'autres exemples, que le dispositif
25 11 de mesure soit implanté au niveau de la station de base, et que le dispositif 13 de détection soit implanté au niveau du serveur 82. Dans ce cas, le dispositif 13 de détection reçoit de manière centralisée les mesures de toutes les stations de base du réseau d'accès et effectue un diagnostic pour chaque station de base en mettant en œuvre les étapes d'évaluation 42 et de détection
30 43 du procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement.

Enfin, rien n'exclut non plus d'avoir un dispositif 11 de mesure implanté au niveau du serveur 82. Cela peut être le cas par exemple si le décodage des messages reçus par une station de base est réalisé par le serveur 82 du

réseau d'accès 80, auquel cas les métriques relatives au nombre de messages reçus par une station de base ne sont pas mesurables directement par la station de base.

5 Dans la suite de la description, on se place de manière non limitative dans le cas où les dispositifs 11 de mesure et le dispositif 13 de détection sont implantés au niveau du serveur 82.

La figure 3 représente schématiquement les principales étapes d'un procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base d'un système de communication sans fil.

10 Tel qu'illustré à la figure 3, le procédé 40 de détection comporte principalement les étapes de :

- mesure 41 pour la station de base évaluée d'une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système de communication sans fil,
- 15 - mesure 41 de ladite métrique pour au moins une autre station de base, dite station de base de référence,
- évaluation 42 d'un critère de dysfonctionnement en fonction des valeurs de la métrique mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une station de base de référence,
- 20 - détection 43 d'un dysfonctionnement de ladite station de base évaluée lorsque le critère de dysfonctionnement est vérifié.

La mesure 41 de la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base est par exemple effectuée de manière récurrente. La mesure 41 peut par exemple être effectuée par le dispositif 11 de mesure de manière
25 périodique avec une période fixe. Dans un autre exemple, la période de la mesure d'une métrique peut dépendre de l'évolution de la valeur de cette métrique dans le temps. Par exemple si la valeur de la métrique change significativement de valeur, la période de mesure peut-être diminuée, et si la valeur de la métrique est stable dans le temps, alors la période de mesure peut
30 être augmentée. Suivant un exemple encore différent, la mesure peut être effectuée sur réception d'une requête en provenance du serveur 82.

Dans un but de simplification, et à titre d'exemple, on se place dans la suite de la description de manière non limitative dans le cas où la métrique

représentative du fonctionnement d'une station de base utilisée par le procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement est le nombre de messages des terminaux 70 du système 60 de communication sans fil reçus par la station de base au cours des dernières 24 heures, et où le dispositif 11 pour une station 5 de base du réseau d'accès mesure cette métrique périodiquement plusieurs fois par jour, par exemple toutes les heures. Il est à noter que l'invention peut évidemment mettre en œuvre l'usage d'autres métriques représentatives du fonctionnement de la station de base, ou bien une combinaison de ces métriques, avec des périodes de mesure différentes, et ce choix ne constitue 10 qu'une variante de mise en œuvre de l'invention.

Ainsi, considérons par exemple une station de base évaluée A et une ou plusieurs stations de base voisines $B_j, j \in [1..M]$, M étant le nombre des stations de base voisines à la station de base A et jouant le rôle de stations de base de référence pour le procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement de ladite station de base A. Alors, l'étape de mesure 41 effectuée par le dispositif 11 de mesure pour la station de base A fournit toutes les heures le nombre N_A des messages reçus au cours des dernières 24 heures par la station de base A, et les dispositifs 11 de mesure pour les stations de base de référence B_j fournissent respectivement les nombres N_{B_j} des messages reçus au cours des 20 dernières 24 heures par les stations de base voisines B_j . Ces valeurs sont ensuite collectées par le dispositif 13 de détection qui peut alors effectuer un diagnostic pour la station de base A.

Dans l'étape d'évaluation 42, un critère de dysfonctionnement est évalué pour la station de base A en fonction des nombres N_A et N_{B_j} mesurés.

25 Dans des modes particuliers de mise en œuvre, un paramètre C_A est calculé comme étant la différence en valeur absolue entre le nombre N_A et la valeur moyenne des nombres N_{B_j} :

$$C_A = \left| N_A - \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M N_{B_j} \right|$$

Le critère de dysfonctionnement est alors considéré comme vérifié si 30 ce paramètre C_A est supérieur à un seuil prédéfini, auquel cas cela conduira à la détection 43 d'un dysfonctionnement de la station de base A.

Il peut cependant y avoir d'autres méthodes pour évaluer un critère de dysfonctionnement. En particulier, au lieu de calculer un écart entre le nombre N_A et la valeur moyenne des nombres N_{Bj} , il est possible de calculer un écart entre le nombre N_A et la valeur médiane ou maximale ou minimale des nombres N_{Bj} . Il est aussi envisageable de ne considérer qu'une seule station de base de référence, auquel cas un écart entre le nombre N_A et un nombre N_B peut être directement calculé. Le choix d'une telle méthode ne constitue qu'une variante de mise en œuvre de l'invention.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, le seuil est défini en fonction des nombres N_A et/ou N_{Bj} mesurés. Par exemple, le seuil est fixé comme étant 20% de la valeur moyenne des nombres N_{Bj} . Autrement dit, il y a un dysfonctionnement de la station de base A si l'équation ci-dessous est vérifiée :

$$C_A > \frac{20}{100} \cdot \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M N_{Bj}$$

Concrètement, cela signifie par exemple que la station de base A a reçu en moyenne au cours des dernières 24 heures 20% de messages en moins que ses stations de base de référence B_j .

Il peut cependant y avoir d'autres méthodes pour définir le seuil à partir duquel le critère de dysfonctionnement est vérifié. Par exemple, le seuil peut être un pourcentage de la valeur maximale ou minimale parmi les nombres N_A et N_{Bj} , ou bien tout simplement une valeur fixe prédéterminée. Le choix d'une telle méthode ne constitue qu'une variante de mise en œuvre de l'invention.

La valeur du seuil, ou la méthode avec laquelle cette valeur est définie, peut dépendre non seulement de la métrique considérée, mais aussi des caractéristiques de la planification du réseau d'accès du système de communication sans fil considéré. Par exemple, le seuil pour une métrique donnée et pour une station de base donnée peut dépendre de la proportion de la surface géographique couverte simultanément par la station de base et par une de ses voisines par rapport à la surface géographique totale couverte par la station de base. Plus la couverture est redondante entre les stations de base, et plus les valeurs de la métrique mesurées pour des stations de base

voisines seront proches dans un état de fonctionnement normal. La valeur d'un seuil de détection d'un dysfonctionnement peut ainsi être ajustée de manière appropriée par l'opérateur du réseau d'accès au moment de sa planification. De la même manière, la détermination des stations de base voisines à utiliser
 5 comme stations de base de référence dans le procédé de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base donnée peut être faite au moment de la planification du réseau d'accès.

Dans d'autres modes particuliers de mise en œuvre, l'évaluation 42 du critère de dysfonctionnement est effectuée en comparant la valeur de la
 10 métrique mesurée pour la station de base évaluée A avec chacune des valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence B_j. Par exemple, un paramètre C_{AB_j} est calculé pour chaque station de référence B_j comme étant la différence en valeur absolue entre le nombre N_A et le nombre N_{B_j} :

$$15 \quad C_{AB_j} = |N_A - N_{B_j}|, j \in [1..M]$$

Le critère de dysfonctionnement est alors par exemple considéré comme vérifié si chaque paramètre C_{AB_j} est supérieur à un seuil prédéfini, auquel cas cela conduira à la détection 43 d'un dysfonctionnement de la station de base A.

Par exemple, on peut définir le seuil comme étant un pourcentage de
 20 la valeur moyenne, ou bien un pourcentage de la valeur maximale des valeurs N_A et N_{B_j} de la métrique mesurée. Bien entendu, il est également possible de définir un seuil pour chaque couple (A, B_j) de stations de base, et comparer chaque paramètre avec le seuil correspondant. Dans notre exemple, si on définit le seuil comme étant 20% de la valeur maximale des nombres N_A et N_{B_j}
 25 pour chaque couple (A, B_j) de stations de base, alors un dysfonctionnement de la station de base A sera détecté si l'expression ci-dessous est vérifiée :

$$C_{AB_j} > \frac{20}{100} \cdot \max(N_A, N_{B_j}), \forall j \in [1..M]$$

Concrètement, cela signifie par exemple que la station de base A a reçu au cours des dernières 24 heures au moins 20% de messages en moins que
 30 chacune de ses stations de base de référence B_j.

La figure 4 est une représentation schématique d'un ensemble, dit « parc de test » 90, de terminaux 70 du système 60 de communication sans fil se trouvant simultanément sous la couverture radio de deux stations de base 81 voisines (A et B).

5 Tel qu'illustré par la figure 4, cela signifie que chaque terminal 70 du parc de test 90 est à une distance suffisamment proche des deux stations de base A et B pour pouvoir communiquer avec elles via des signaux radioélectriques. En particulier, cela signifie que les stations de base A et B sont toutes les deux capables de détecter des messages émis par les
10 terminaux du parc de test.

La figure 5 représente les principales étapes d'un mode préféré de mise en œuvre du procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base A d'un système de communication sans fil dans le cas où une seule station de base voisine B_j de référence est considérée. Même si cela
15 n'est pas représenté sur la figure 5, il est avantageux de répéter les étapes représentées à la figure 5 pour plusieurs stations de base B_j voisines à la station de base A, le critère de dysfonctionnement étant par exemple évalué en comparant la valeur de la métrique mesurée pour la station de base A avec
20 chacune des valeurs de la métrique mesurées pour les stations de base B_j de référence. Outre les étapes décrites ci-avant en référence à la figure 3, ce mode préféré de mise en œuvre comporte une étape préalable de détermination 44 d'un parc de test pour la station de base évaluée A et la station de base de référence B_j .

Dans notre exemple d'un système 60 de communication sans fil UNB
25 adapté à des applications du type M2M ou IoT, de nombreux terminaux 70 peuvent avoir une position géographique fixe. C'est le cas par exemple pour des terminaux de télé-relève de compteurs de gaz, d'eau, d'électricité, etc. ou pour des terminaux de télésurveillance de bâtiments ou de maison. De manière
30 avantageuse, le parc de test 90 est déterminé en choisissant des terminaux qui ont une position géographique fixe. On peut considérer par exemple qu'un terminal a une position fixe si le niveau de puissance radio moyen reçu par les deux stations de base pour ce terminal est sensiblement constant dans le temps. Il est également possible que des terminaux soient mobiles sur une

zone géographique limitée qui reste sous la couverture commune des deux stations de base. De manière générale, le parc de test 90 peut être déterminé en choisissant un nombre significatif, par exemple une centaine, de terminaux pour lesquels au moins un message a été reçu par les deux stations de base pendant une certaine durée (par exemple si au moins un message a été reçu de ce terminal par les deux stations de base chaque semaine au cours du dernier mois).

Ainsi, pour chaque couple (A, B_j) de stations de base, $j \in [1..M]$, M étant le nombre des stations de base voisines à la station de base A utilisées comme stations de base de référence dans le procédé 40 de détection, un parc de test, nommé AB_j est défini lors de l'étape de détermination 44.

Lors des étapes de mesure 41, pour chaque station de base A et B_j , une métrique représentative du fonctionnement de la station de base est effectuée sur le parc de test associé AB_j .

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique utilisée est un niveau de puissance moyen reçu par la station de base pour les terminaux 70 du parc de test 90 pendant une durée prédéfinie. Par exemple, il est possible de calculer un niveau de puissance reçu pour un signal (RSSI pour « Received Signal Strength Indicator » dans la littérature anglo-saxonne) comportant un message émis par un terminal 70 du parc de test 90. Il est alors possible de déterminer un niveau de puissance moyen reçu par la station de base pour l'ensemble des terminaux du parc pendant une certaine durée. Si le niveau de puissance moyen observé par la station de base évaluée pour les terminaux du parc de test est anormalement différent de celui observé par la station de base voisine, cela peut révéler un dysfonctionnement de la station de base. Le critère de dysfonctionnement peut aussi être l'observation d'un changement significatif de la différence entre le niveau de puissance moyen reçu par la station de base évaluée et le niveau de puissance moyen reçu par la station de base voisine.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique utilisée est un niveau moyen du rapport signal sur bruit (« Signal on Noise Ratio » ou SNR dans la littérature anglo-saxonne) pendant une durée prédéfinie pour

l'ensemble des signaux reçus par la station de base qui comportent un message émis par un terminal 70 du parc de test 90. Le rapport signal sur bruit pour un message correspond au rapport entre le niveau de puissance (RSSI) du signal comportant le message et le niveau de puissance moyen reçu par la station de base sur la bande fréquentielle de multiplexage sur laquelle elle opère. Si le niveau moyen du rapport signal sur bruit mesuré pour la station de base évaluée pour les terminaux du parc de test est anormalement différent de celui mesuré pour la station de base voisine, cela peut révéler un dysfonctionnement de la station de base. Le critère de dysfonctionnement peut aussi être l'observation d'un changement significatif de la différence entre le niveau moyen du rapport signal sur bruit mesuré par la station de base évaluée et celui mesuré par la station de base voisine.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique utilisée est un taux moyen de réception de trames d'un message émis par un terminal 70 du parc de test 90. En effet, dans notre exemple de système 60 de communication sans fil UNB adapté à des applications du type IoT, pour limiter le risque de perdre des messages, un terminal 70 émet chaque message sous la forme de trois trames identiques. En fonction de certains facteurs (environnement radio, dysfonctionnements éventuels, etc.), une station de base peut ainsi recevoir entre zéro et trois trames pour chaque message émis par un terminal qui est sous la couverture radio de cette station de base. D'autre part, il est possible pour le réseau d'accès de déterminer si un message a été perdu (dans ce cas aucune trame n'est reçue), par exemple en utilisant un numéro de séquence qui est incrémenté pour chaque nouveau message émis par un terminal. Il est ainsi possible de déterminer pour une station de base un taux moyen de réception de trames pour l'ensemble des terminaux d'un parc de test. Si le taux moyen de réception de trames d'un message mesuré pour la station de base évaluée pour les terminaux du parc de test est anormalement différent de celui mesuré pour la station de base voisine, cela peut révéler un dysfonctionnement de la station de base

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique utilisée est la fréquence sur laquelle un message provenant d'un terminal 70 du parc de test 90 est détecté par la station de base. Un oscillateur à quartz est

souvent utilisé dans les dispositifs électroniques des systèmes de télécommunications sans fil afin de générer une fréquence de référence pour les signaux radioélectriques à émettre ou à recevoir. Si la fréquence de résonnance d'un oscillateur à quartz est particulièrement précise, elle subit
5 toutefois une incertitude qui est généralement estimée à ± 20 ppm (ppm signifiant « parties par millions ») à une température ambiante de 25°C . L'imprécision d'un oscillateur à quartz peut être variable en fonction de certains facteurs du milieu ambiant, notamment en fonction de la température. Cette imprécision provoque une dérive fréquentielle D au niveau d'une station de
10 base qui explique que si un message est transmis sur une fréquence F par un terminal, il sera détecté par la station de base sur la fréquence $F \pm D$. Si la différence entre la fréquence sur laquelle un message provenant d'un terminal du parc de test est détecté par la station de base évaluée et la fréquence sur laquelle ce même message est détecté par la station de base voisine est trop
15 importante, cela peut révéler un dysfonctionnement lié à une dérive anormalement élevée de la fréquence de référence de l'une des stations de base. Il convient de noter que par « fréquence sur laquelle un message est détecté », on peut également entendre la fréquence moyenne sur laquelle chaque trame du message reçue par la station de base est détectée.

20 Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la métrique utilisée est le nombre de terminaux 70 du parc de test 90 pour lesquels au moins un message a été reçu par la station de base pendant une durée prédéfinie, par exemple au cours des dernières 24 heures. Si, au cours des dernières 24 heures, le nombre de terminaux du parc pour lesquels au moins un message a
25 été reçu par la station de base évaluée est anormalement bas par rapport au nombre des terminaux du parc pour lesquels au moins un message a été reçu par la station de base voisine, alors cela peut révéler un dysfonctionnement de la station de base évaluée.

De manière plus générale, il est à noter que les métriques décrites ci-
30 dessus sont données à titre d'exemples non limitatifs, et rien n'exclut d'utiliser d'autres métriques.

Dans des modes préférés de mise en œuvre, et pour la suite de la description, à titre d'exemple non limitatif, la métrique utilisée est le nombre des

messages émis par les terminaux 70 du parc de test 90 reçus par la station de base pendant une durée prédéfinie, par exemple au cours des dernières 24 heures.

Ainsi, lors des étapes de mesure 41, pour un couple de stations de base (A, B_j), les nombres N_{Aj} et N_{Bj} sont mesurés, par exemple toutes les heures, pour le parc de test correspondant AB_j (il est à noter que, comme cela sera expliqué plus tard, pour une station de base évaluée A, un parc de test différent peut être défini pour chaque station de base de référence B_j).

Dans l'étape d'évaluation 42, un critère de dysfonctionnement est évalué pour la station de base A en fonction des nombres N_{Aj} et N_{Bj} mesurés. Par exemple, un paramètre C_{ABj} est calculé pour chaque station de référence B_j comme étant la différence en valeur absolue entre le nombre N_{Aj} et le nombre N_{Bj} :

$$C_{ABj} = |N_{Aj} - N_{Bj}|, j \in [1..M]$$

Le critère de dysfonctionnement est alors considéré comme vérifié si chaque paramètre C_{ABj} est supérieur à un seuil prédéfini, auquel cas cela conduira à la détection 43 d'un dysfonctionnement de la station de base A. Comme déjà mentionné précédemment, chaque seuil peut-être défini comme étant une valeur fixe de référence, ou bien en fonction des valeurs N_{Aj} et/ou N_{Bj}. Par exemple, un dysfonctionnement de la station de base A est détecté si pour chacune de ses stations de base de référence B_j, les nombres N_{Aj} et N_{Bj} des messages reçus des terminaux du parc AB_j par la station de base A et la station de base B_j au cours des dernières 24 heures diffèrent de plus de 5%, ce qui se traduit par l'expression suivante :

$$C_{ABj} > \frac{5}{100} \cdot \max(N_{Aj}, N_{Bj}), \forall j \in [1..M]$$

L'intérêt d'utiliser un parc de test pour évaluer le fonctionnement d'une station de base par rapport à une autre station de base voisine est d'ajouter de la pertinence à la comparaison des mesures d'une métrique effectuées pour les deux stations de base. En effet, tous les terminaux du parc de test se trouvant simultanément sous la couverture radio des deux stations de base, dans un état normal de fonctionnement, une métrique basée sur les terminaux

de ce parc de test doit avoir sensiblement la même valeur pour les deux stations de base.

La figure 6 est une représentation schématique de deux parcs de test définis pour une station de base évaluée A et deux stations de base de référence B₁ et B₂.

Comme cela a été mentionné précédemment, lors de la mise en œuvre du procédé 40 de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base, il est avantageux de répéter les étapes représentées à la figure 5 pour plusieurs stations de base B_j de référence, le critère de dysfonctionnement étant par exemple évalué en comparant la valeur de la métrique mesurée pour la station de base A avec chacune des valeurs de la métrique mesurées pour les stations de base B_j de référence.

La figure 6 illustre ce principe pour deux stations de base 81-B₁ et 81-B₂ voisines à la station de base 81-A pour lesquelles deux parcs de test 90-AB₁ et 90-AB₂ sont définis. Dans un tel cas, pour le couple (A, B₁), la métrique est mesurée sur le parc de test AB₁ pour la station de base A et pour la station de base B₁. Pour le couple (A, B₂), la métrique est mesurée sur le parc de test AB₂ pour la station de base A et pour la station de base B₂. A partir de là, deux paramètres C_{AB1} et C_{AB2} peuvent être calculés et un dysfonctionnement de A est par exemple détecté si les deux critères sont supérieurs à un certain seuil prédéfini. Dans un autre exemple, il est également possible de définir un seul paramètre C_A à partir de l'ensemble des mesures effectuées, par exemple en calculant la différence en valeur absolue entre la valeur moyenne des mesures effectuées pour la station de base A et la valeur moyenne des mesures effectuées pour les stations de base voisines B₁ et B₂. Ce paramètre C_A peut alors être comparé à un seuil pour détecter un dysfonctionnement de la station de base A.

La figure 7 est une représentation schématique d'un seul parc de test défini pour une station de base évaluée A et deux stations de base de référence B₁ et B₂.

Dans d'autres mode de mise en œuvre, il est en effet envisageable de définir un unique parc de test pour un ensemble de stations de base de référence. La figure 7 illustre ce principe pour deux stations de base 81-B₁ et

81-B₂ voisines à la station de base 81-A pour lesquelles un unique parc de test 90-AB₁B₂ est défini. Les terminaux 70 de ce parc de test AB₁B₂ se trouvent simultanément sous la couverture de la station de base A et des deux stations de base de référence B₁ et B₂. Dans ce cas, toutes les mesures de la métrique pour la station de base A et pour les stations de base voisines B₁ et B₂ sont effectuées sur le même parc de test AB₁B₂. A partir de là, deux paramètres C_{AB1} et C_{AB2} peuvent être calculés et un dysfonctionnement de A est par exemple détecté si les deux paramètres sont supérieurs à un certain seuil prédéfini. Dans un autre exemple, il est également possible de définir un seul paramètre C_A à partir de l'ensemble des mesures effectuées, par exemple en calculant la différence en valeur absolue entre la mesure effectuée pour la station de base A et la valeur moyenne des mesures effectuées pour les stations de base voisines B₁ et B₂. Ce paramètre C_A peut alors être comparé à un seuil pour détecter un dysfonctionnement de la station de base A.

Il est à noter que les principes illustrés aux figures 6 et 7 pour deux stations de base de référence B₁ et B₂ sont transposables à un nombre quelconque de stations de base B_j voisines à la station de base A.

La description ci-avant illustre clairement que, par ses différentes caractéristiques et leurs avantages, la présente invention atteint les objectifs fixés. En particulier, dans les cas où l'observation du fonctionnement intrinsèque d'une station de base ne suffit pas à détecter un dysfonctionnement, l'invention permet d'atteindre ce but en prenant en compte le fonctionnement des stations de base voisines qui sont potentiellement soumises à des conditions très similaires à celles observées par la station de base évaluée.

De manière plus générale, il est à noter que les modes de mise en œuvre et de réalisation considérés ci-dessus ont été décrits à titre d'exemples non limitatifs, et que d'autres variantes sont par conséquent envisageables.

Notamment, la liste des métriques représentatives du fonctionnement d'une station de base a été donnée à titre d'exemple et elle n'est pas exhaustive. Rien n'exclut donc d'utiliser une autre métrique pour l'invention, ou d'utiliser plusieurs métriques différentes et de détecter un dysfonctionnement en fonction d'une combinaison de conditions sur ces métriques.

En outre, les périodes de mesure ou les méthodes proposées pour définir des critères de dysfonctionnement ou des seuils de détection d'un dysfonctionnement ont été données à titre d'exemple et ne représentent donc que des variantes de l'invention. Il en va de même pour le nombre de stations
5 de base voisines à utiliser comme stations de base de référence dans le processus de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base, ou la manière dont les parcs de test sont définis.

L'invention a été décrite en considérant un système 10 de communication sans fil UNB adapté à des applications du type M2M ou IoT.
10 Rien n'exclut cependant, suivant d'autres exemples, de considérer d'autres types de systèmes de communication. L'invention trouve cependant une application particulièrement avantageuse dans les systèmes de communication sans fil pour lesquels une forte redondance de la couverture radio est exploitée, c'est à dire pour lesquels des terminaux sont susceptibles de se
15 trouver à un instant donné en couverture radio de plusieurs stations de base.

REVENDEICATIONS

1. Procédé (40) de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base (81) d'un réseau d'accès (80) d'un système (60) de communication sans fil, dite station de base évaluée, caractérisé en ce qu'il comporte :
 - 5 - une mesure (41) pour ladite station de base évaluée d'une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système (60) de communication sans fil,
 - une mesure (41) de ladite métrique pour au moins une autre station de base (81), dite station de base de référence,
 - 10 - une évaluation (42) d'un critère de dysfonctionnement en fonction des valeurs de la métrique mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une station de base de référence,
 - une détection (43) d'un dysfonctionnement de ladite station de base évaluée lorsque le critère de dysfonctionnement est vérifié.
- 15 2. Procédé (40) selon la revendication 1 dans lequel l'évaluation (42) du critère de dysfonctionnement comporte une comparaison de la valeur de la métrique mesurée pour ladite station de base évaluée avec une valeur calculée en fonction de valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence.
- 20 3. Procédé (40) selon la revendication 1 dans lequel l'évaluation (42) du critère de dysfonctionnement comporte la comparaison de la valeur de la métrique mesurée pour la station de base évaluée avec chacune des valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence.
- 25 4. Procédé (40) selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'évaluation (42) du critère de dysfonctionnement comporte :
 - un calcul d'un écart entre, d'une part, la valeur de la métrique mesurée pour la station de base évaluée et, d'autre part, la valeur de la métrique mesurée pour une station de base de référence ou
 - 30 une valeur calculée en fonction de valeurs de la métrique mesurées pour plusieurs stations de base de référence,
 - une comparaison de l'écart à une valeur seuil prédéfinie.

5. Procédé (40) selon la revendication 4 dans lequel la valeur seuil est définie en fonction de la valeur de la métrique mesurée pour ladite station de base évaluée et/ou en fonction d'au moins une valeur de la métrique mesurée pour une station de base de référence.
- 5 6. Procédé (40) selon l'une des revendications précédentes dans lequel la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base (81) est une des métriques suivantes :
- 10 - le nombre de messages reçus de terminaux (70) du système (60) de communication sans fil par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
 - le nombre de terminaux (70) du système (60) de communication sans fil pour lesquels au moins un message a été reçu par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
 - 15 - un niveau de puissance moyen reçu par ladite station de base sur une bande fréquentielle prédéfinie du système (60) de communication sans fil pendant une durée prédéfinie,
 - une capacité de détection de messages émis par des terminaux (70) du système (60) de communication sans fil par ladite station de base, pour un niveau de puissance de référence et pour une
 - 20 bande fréquentielle prédéfinis.
7. Procédé (40) selon l'une des revendications 1 à 5 comportant en outre une étape préalable de détermination (44) d'au moins un ensemble, dit « parc de test » (90), de terminaux (70) du système (60) de communication sans fil se trouvant simultanément sous la couverture radio de la station de base évaluée et d'au moins une station de base de référence.
- 25 8. Procédé (40) selon la revendication 7, dans lequel la métrique représentative du fonctionnement d'une station de base (81) est une des métriques suivantes :
- 30 - le nombre des messages émis par les terminaux d'un parc de test (90) reçus par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,
 - le nombre de terminaux d'un parc de test (90) pour lesquels au moins un message a été reçu par ladite station de base pendant une durée prédéfinie,

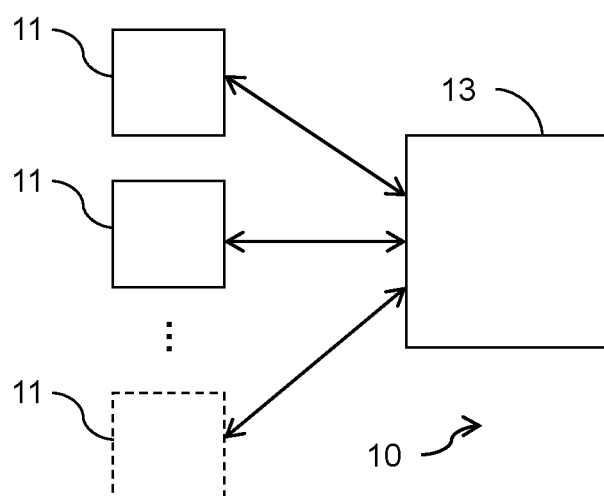
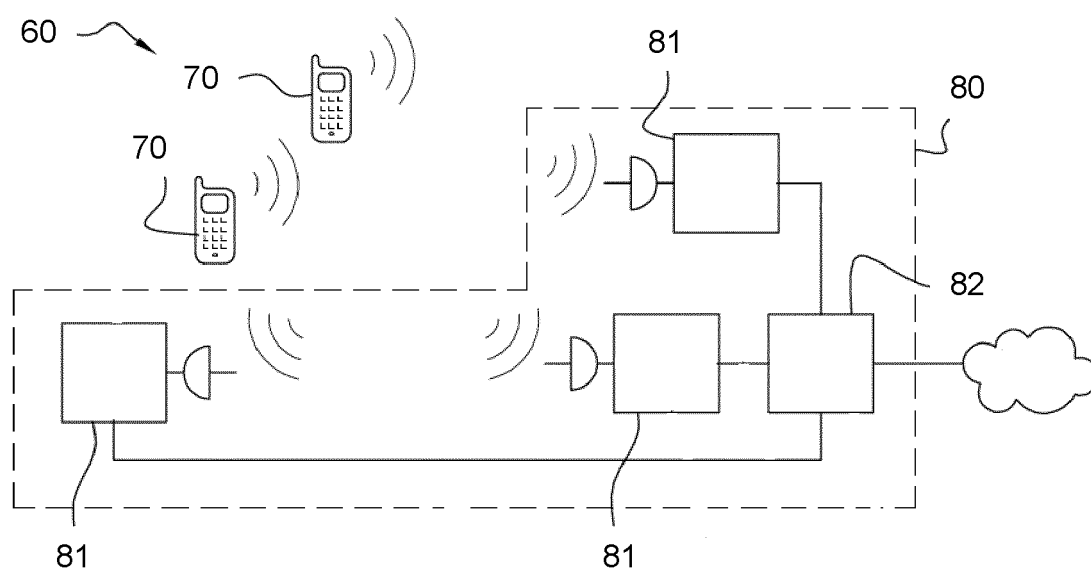
- un niveau de puissance moyen reçu par ladite station de base pour les terminaux d'un parc de test (90) pendant une durée prédéfinie,
 - un niveau moyen de rapport signal sur bruit mesuré pour ladite station de base pour les terminaux d'un parc de test (90) pendant une durée prédéfinie,
 - la fréquence sur laquelle un message provenant d'un terminal d'un parc de test (90) est détecté par ladite station de base.
- 5
- 9.** Procédé (40) selon l'une des revendications précédentes dans lequel plusieurs métriques différentes représentatives du fonctionnement d'une station de base dudit système de communication sans fil sont mesurées pour ladite station de base évaluée et pour la ou les stations de base de référence, et dans lequel le critère de dysfonctionnement est évalué en fonction des valeurs des différentes métriques mesurées.
- 10
- 10.** Produit programme d'ordinateur caractérisé en ce qu'il comporte un ensemble d'instructions de code de programme qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ou plusieurs processeurs, configurent le ou les processeurs pour mettre en œuvre un procédé (40) de détection d'un dysfonctionnement selon l'une des revendications 1 à 9.
- 15
- 11.** Dispositif (13) de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base (81) d'un réseau d'accès (80) d'un système de communication sans fil (60), dite station de base évaluée, caractérisé en ce qu'il comporte :
- 20
- des moyens configurés pour collecter des mesures d'au moins une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système (60) de communication sans fil pour la station de base évaluée et pour au moins une autre station de base (81), dite station de base de référence,
 - des moyens configurés pour évaluer un critère de dysfonctionnement en fonction des valeurs des métriques mesurées pour ladite station de base évaluée et pour au moins une station de base de référence,
 - des moyens configurés pour détecter un dysfonctionnement de ladite station de base évaluée lorsque le critère de dysfonctionnement est vérifié.
- 25
- 30

12. Système (10) de détection d'un dysfonctionnement d'une station de base (81) d'un réseau d'accès (80) d'un système de communication sans fil (60), dite station de base évaluée, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - un dispositif (11) de mesure pour ladite station de base évaluée d'au moins une métrique représentative du fonctionnement d'une station de base dudit système (60) de communication sans fil,
- un dispositif (11) de mesure de la ou les métriques pour au moins une autre station de base (81), dite station de base de référence, et
- 10 - un dispositif (13) de détection d'un dysfonctionnement de la station de base évaluée selon la revendication 11.

13. Réseau d'accès (80) d'un système (60) de communication sans fil caractérisé en ce qu'il comporte un système (10) de détection d'un dysfonctionnement selon la revendication 12.

1/4

**Fig. 1****Fig. 2**

2/4

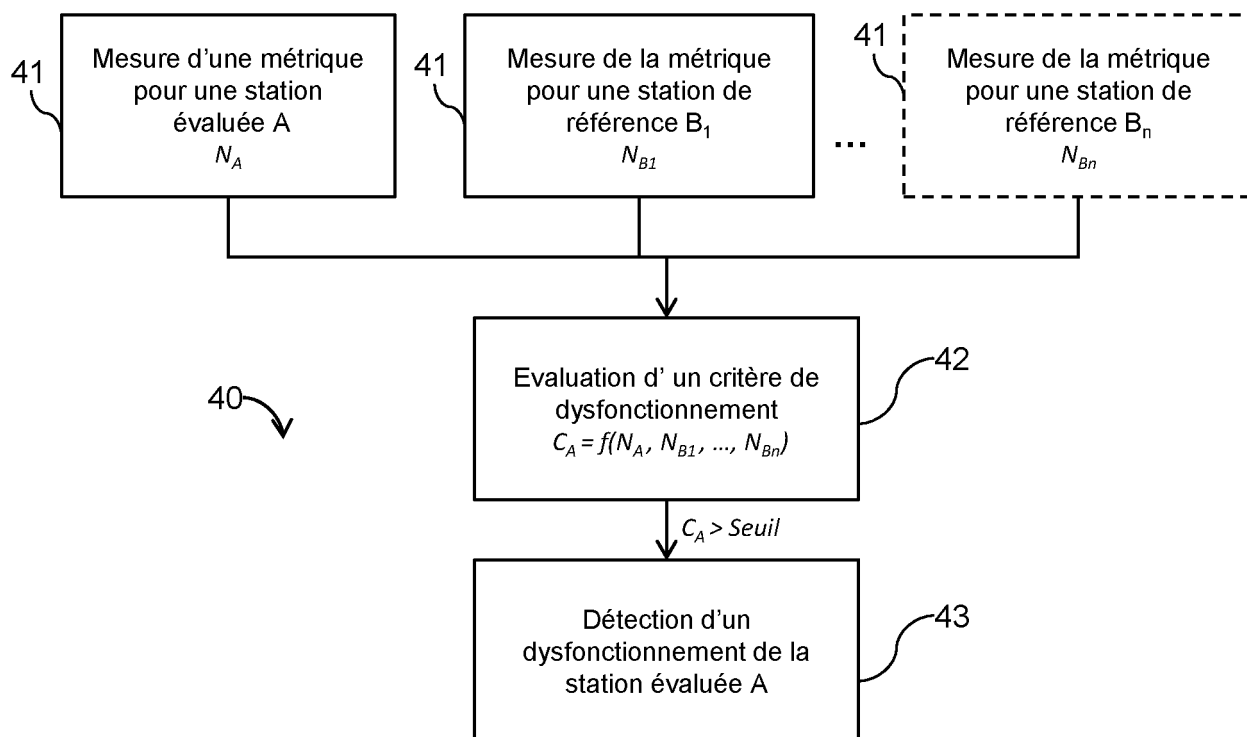


Fig. 3

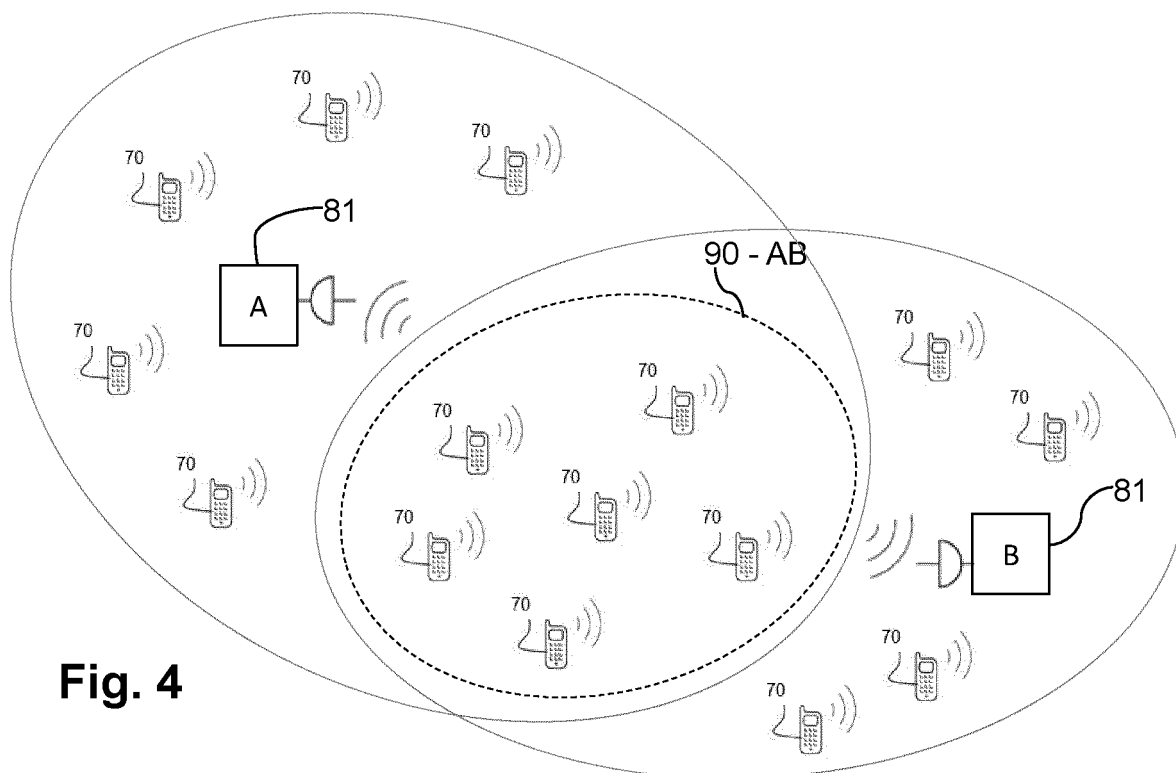


Fig. 4

3/4

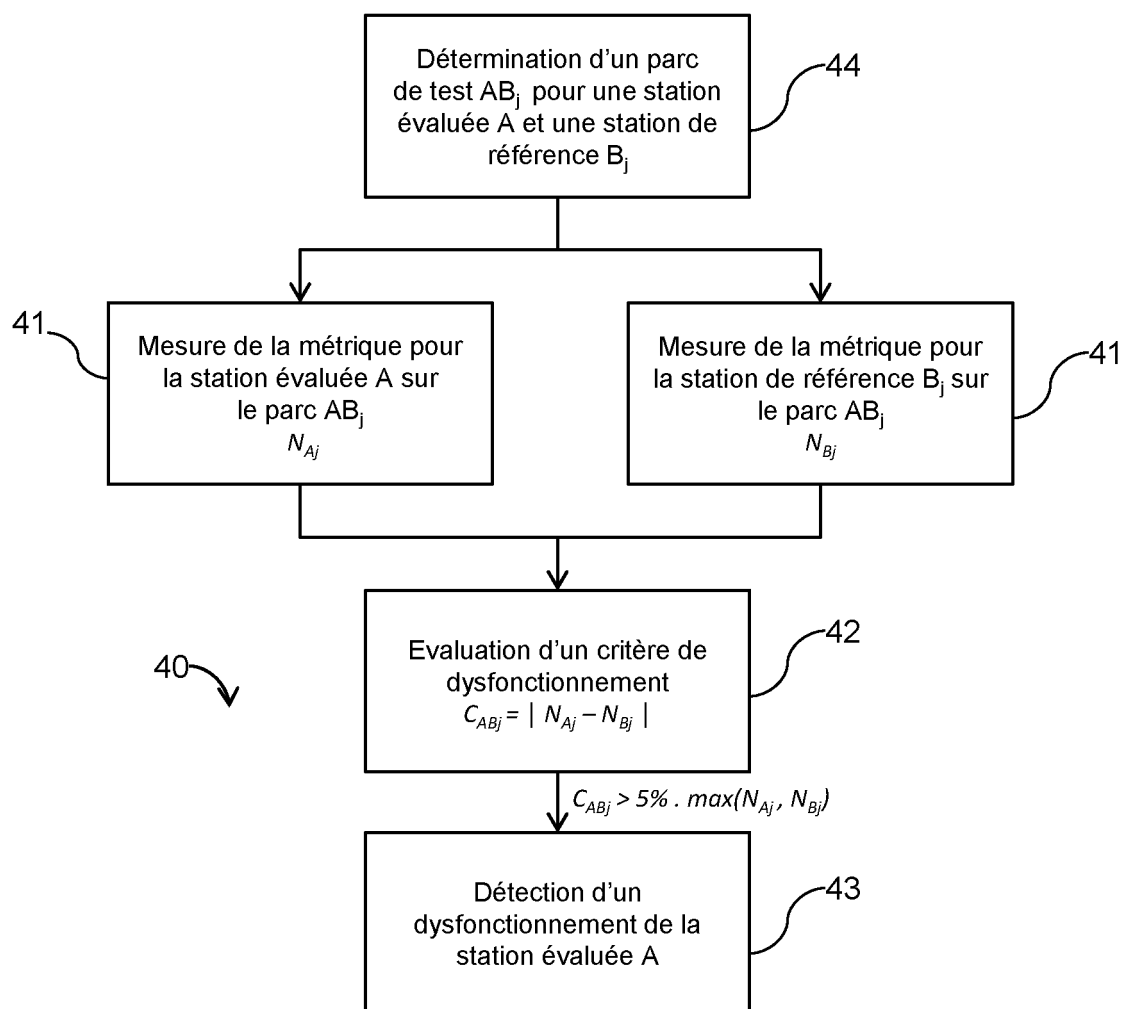


Fig. 5

4/4

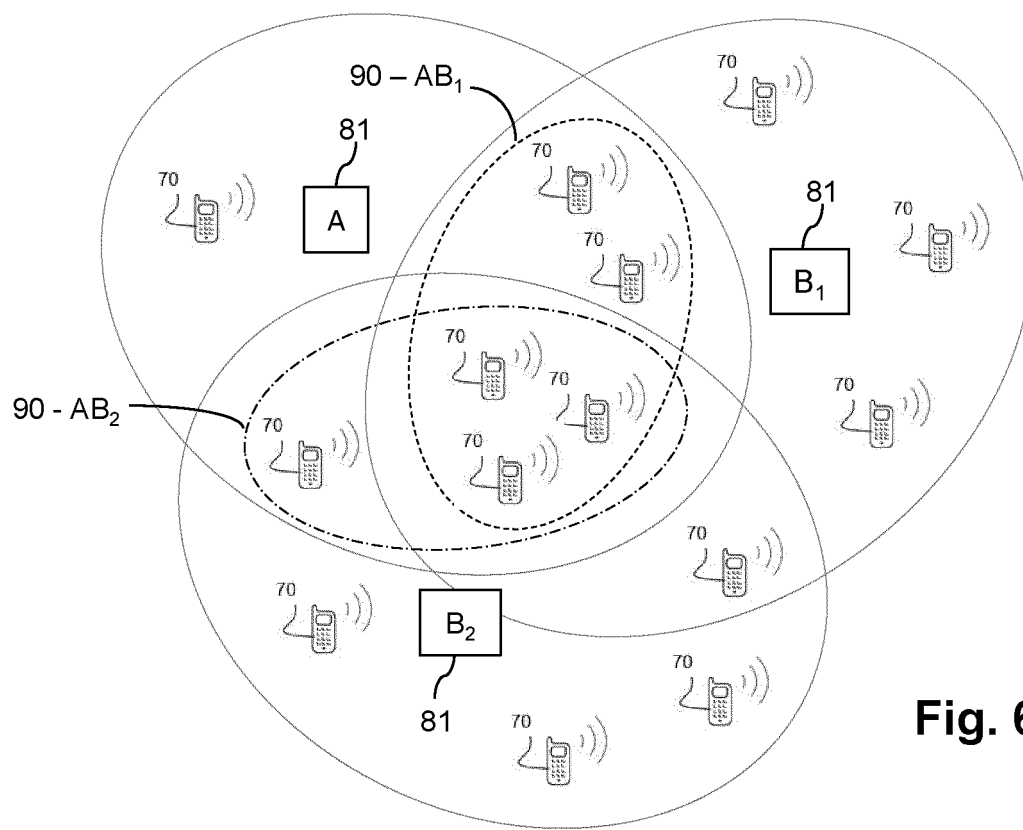


Fig. 6

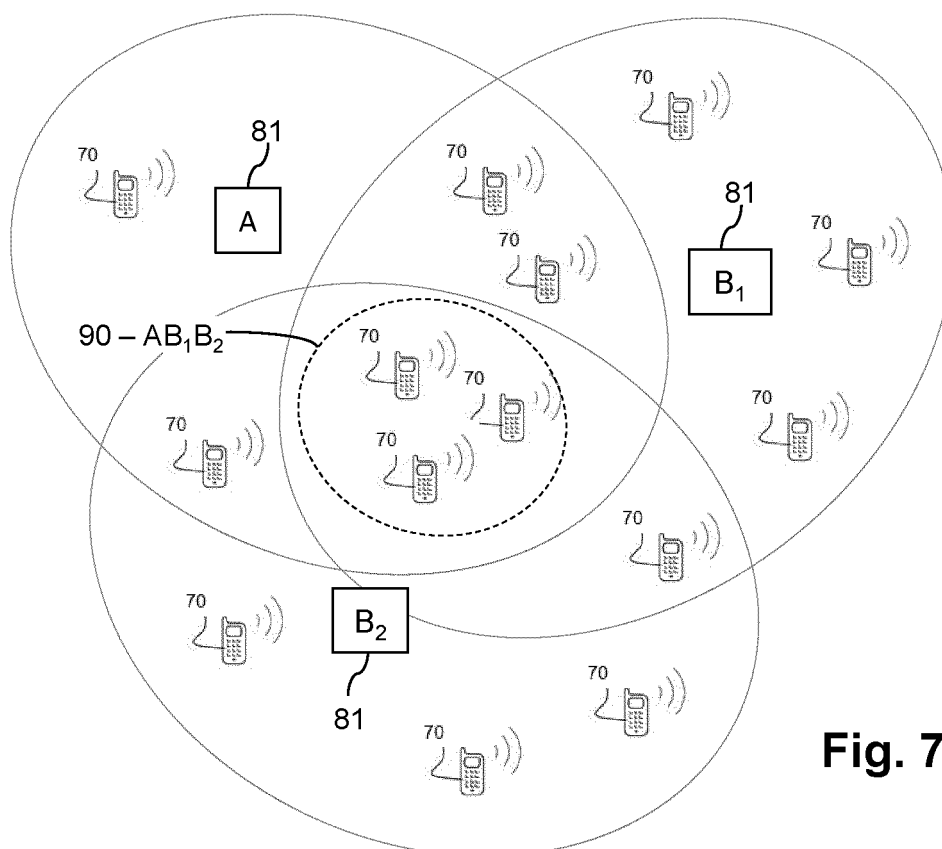


Fig. 7



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 837265
FR 1750387

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 2013/143550 A1 (OESTRUP PETER [SE] ET AL) 6 juin 2013 (2013-06-06) * alinéas [0007], [0009], [0014], [0016], [0033], [0039], [0034] - [0036], [0064], [0071], [0043], [0097], [0071] *	1-13	H04W28/04 H04W24/04 H04B17/00
X	EP 0 995 276 A2 (NOKIA NETWORKS OY [FI]) 26 avril 2000 (2000-04-26) * alinéas [0008], [0025] - [0026] *	1-13	
X	CHRISTIAN M MUELLER ET AL: "A Cell Outage Detection Algorithm Using Neighbor Cell List Reports", 10 décembre 2008 (2008-12-10), NETWORK AND PARALLEL COMPUTING; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE; LECT.NOTES COMPUTER], SPRINGER INTERNATIONAL PUBLISHING, CHAM, PAGE(S) 218 - 229, XP019113414, ISSN: 0302-9743 ISBN: 978-3-540-85989-5 * alinéas [0002], [02.1], [0005] *	1-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H04W H04B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 novembre 2017		Dionisi, M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1750387 FA 837265

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 **01-11-2017**

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 2013143550	A1	06-06-2013	EP	2591625 A1		15-05-2013
			US	2013143550 A1		06-06-2013
			WO	2012005633 A1		12-01-2012

EP 0995276	A2	26-04-2000	AT	369668 T		15-08-2007
			AU	4146799 A		29-11-1999
			CN	1315085 A		26-09-2001
			DE	69936753 T2		06-12-2007
			EP	0995276 A2		26-04-2000
			ES	2289812 T3		01-02-2008
			FI	981077 A		15-11-1999
			US	6718158 B1		06-04-2004
			WO	9959264 A2		18-11-1999
