

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 044 198

②1 N° d'enregistrement national : **15 61345**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 04 W 24/02 (2017.01), H 04 W 88/16, H 04 L 29/02**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 25.11.15.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 26.05.17 Bulletin 17/21.

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) : **SAGEMCOM ENERGY & TELECOM SAS Société par actions simplifiée — FR.**

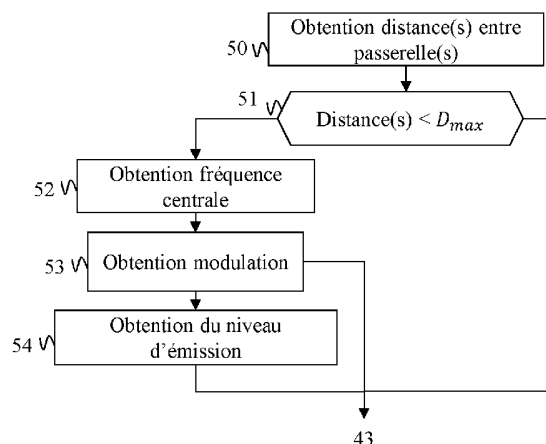
⑦2 Inventeur(s) : **TEBOULLE HENRI et MORO PAOLO.**

⑦3 Titulaire(s) : **SAGEMCOM ENERGY & TELECOM SAS Société par actions simplifiée.**

⑦4 Mandataire(s) : **CABINET LE GUEN ET MAILLET Société civile professionnelle.**

⑤4 **PROCEDE DE CONFIGURATION D'UNE PASSERELLE.**

⑤7 Procédé de configuration de paramètres de communication d'une première passerelle d'un réseau LoRa désignée par un serveur dudit réseau pour relayer une réponse à une requête contenant des données reçue par le serveur, les données provenant d'un terminal dudit réseau, la réponse étant transmise par le serveur et destinée au terminal. Le procédé comprend, lorsqu'il est mis en oeuvre par la première passerelle: obtenir des paramètres de communication; et, configurer la première passerelle de sorte à transmettre la réponse au terminal en utilisant lesdits paramètres; lesdits paramètres étant obtenus par une procédure de détermination déterminant (52, 53, 54), lorsqu'une distance entre la première passerelle et une seconde passerelle est inférieure à un seuil, des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la première passerelle vers le terminal et de minimiser une perturbation par ladite transmission de communications de la seconde passerelle.



FR 3 044 198 - A1



L'invention concerne un procédé de configuration de paramètres de communication d'une passerelle dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, un dispositif et un système mettant en œuvre le procédé.

5 L'Internet se transforme progressivement en un réseau étendu, appelé « Internet des objets », reliant toutes sortes d'objets devenus connectables. De nouveaux besoins en termes de réseaux sont alors apparus, et notamment des besoins en réseaux sans fil ayant une plus grande couverture que des réseaux cellulaires classiques et permettant de limiter une consommation d'énergie des équipements connectés. Parmi ces réseaux
10 sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie (« Low Power Wide Area Network (LPWAN) » en terminologie anglo-saxonne), on peut citer des réseaux basés sur la technologie LoRa (marque déposée) (« Long Range » en terminologie anglo-saxonne). La technologie LoRa opère sur des bandes de fréquences connues sous l'appellation « *Bande ISM* » (Industrie, Science et Médical)
15 comprenant des bandes de fréquences pouvant être utilisées librement pour des applications industrielles, scientifiques et médicales. La technologie LoRa est basée sur une technologie d'étalement de spectre permettant d'obtenir des communications bas débit ayant une bonne robustesse dans une bande ISM particulièrement bruitée.

Un réseau basé sur la technologie LoRa (appelé « réseau LoRa » par la suite) est
20 composé de stations de base ou passerelles (« gateways » en terminologie anglo-saxonne) généralement placées sur des points hauts afin de couvrir une grande zone géographique. Les passerelles sont aptes à détecter des messages émis dans leur zone par des équipements ou terminaux (« endpoints » en terminologie anglo-saxonne) et de les remonter vers au moins un serveur centralisé (« LoRa Network Server (LNS) »
25 en terminologie anglo-saxonne) qui les traitera.

Dans un réseau LoRa un équipement n'est pas rattaché à une passerelle. Toutes les passerelles à portée d'un terminal peuvent servir de relai entre ledit terminal et le serveur centralisé. Si une passerelle parvient à décoder un message émis par un terminal (voie montante), alors elle le retransmet au serveur centralisé pour traitement.
30 Si un message doit être transmis d'un serveur centralisé audit terminal (voie descendante), c'est le serveur centralisé qui se chargera de déterminer quelle passerelle doit relayer le message.

Les Figs. 4A, 4B, 4C, 5A, 5B et 5C illustrent la technologie d'étalement de spectre appliquée à un signal de données binaire.

La **Fig. 4A** illustre schématiquement un signal $d(t)$ de données binaires sur lequel doit être appliqué un étalement de spectre. Dans l'exemple de la Fig. 4A, le signal $d(t)$ prend des valeurs de tension « 1 » ou « -1 », la valeur de tension « 1 » indiquant un « 1 » binaire, la valeur de tension « -1 » indiquant un « 0 » binaire. Le signal $d(t)$ est de période bit T_d .

La **Fig. 4B** illustre schématiquement un signal $p(t)$ binaire pseudo aléatoire utilisé dans l'étalement de spectre. Dans l'exemple de la Fig. 4B, le signal $p(t)$ prend des valeurs de tension « 1 » ou « -1 », la valeur de tension « 1 » indiquant un « 1 » binaire, la valeur de tension « -1 » indiquant un « 0 » binaire. Le signal $p(t)$ est de période bit T_p avec la période bit T_p très inférieure à la période bit T_d . On note que le signal $p(t)$ est parfois appelé *signal d'étalement*.

La **Fig. 4C** illustre schématiquement un signal obtenu après application d'un étalement de spectre au signal de données binaire $d(t)$. Lors de l'étalement de spectre, le signal $d(t)$ est combiné au signal d'étalement $p(t)$: une combinaison d'une valeur de tension « 1 » avec une valeur de tension « 1 » donne une valeur de tension « 1 » ; une combinaison d'une valeur de tension « 1 » avec une valeur de tension « -1 » donne une valeur de tension « -1 » ; une combinaison d'une valeur de tension « -1 » avec une valeur de tension « -1 » donne une valeur de tension « 1 ». Le signal résultant de l'étalement de spectre, noté $d(t)p(t)$ est de période bit T_p lorsque la période bit T_d est un multiple de la période bit T_p .

La **Fig. 5A** illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal de données binaire $d(t)$. La densité spectrale de puissance, notée $DSP(d(t))$, prend la forme d'un lobe principal 70, centré sur une fréquence centrale et ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{2}{T_d}$, entouré de lobes secondaires (71, 72) ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{1}{T_d}$.

La **Fig. 5B** illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal binaire pseudo-aléatoire $p(t)$. La densité spectrale de puissance, notée $DSP(p(t))$, prend la forme d'un lobe principal, centré sur une fréquence centrale et ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{2}{T_p}$, entouré de lobes secondaires ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{1}{T_p}$.

La **Fig. 5C** illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal de données binaire sur lequel a été appliqué l'étalement de spectre. La densité spectrale de puissance, notée $DSP(d(t)p(t))$, prend la forme d'un lobe principal centré

sur une fréquence centrale et ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{2}{T_p}$, entouré de lobes secondaires ayant une largeur de bande de fréquences de $\frac{1}{T_p}$. On note qu'après application de l'étalement de spectre sur le signal de données binaire $d(t)$, le signal $d(t)p(t)$ conserve la même énergie que le signal $d(t)$ mais réparti sur une bande de fréquences plus grande.

La **Fig. 6** illustre schématiquement les densités spectrales de puissance d'un ensemble de canaux disponibles dans un réseau LoRa. La technologie LoRa définit un ensemble de canaux, chaque canal étant associé à une fréquence centrale d'un ensemble de fréquences centrales de la bande ISM utilisables dans les réseaux LoRa, dit *ensemble de fréquences centrales LoRa*. L'ensemble de fréquences centrales LoRa est représenté dans le tableau TAB 1 ci-dessous, chaque fréquence étant exprimée en MHz.

863.1	864.1	865.1	866.1	867.1	868.1	869.05
863.3	864.3	865.3	866.3	867.3	868.3	869.525
863.5	864.5	865.5	866.5	867.5	868.5	
863.7	864.7	865.7	866.7	867.7	868.85	
863.9	864.9	865.9	866.9	867.9		

TAB 1 :

Chaque canal est associé à une densité spectrale de puissance centrée sur une des fréquences centrales de l'ensemble de fréquences centrales LoRa. Les fréquences centrales 60 à 66 représentées dans la Fig. 6 sont des fréquences centrales consécutives de l'ensemble de fréquences centrales LoRa. Comme on peut le voir dans la Fig. 6, les densités spectrales de puissance associées à deux fréquences centrales consécutives, par exemple les fréquences centrales 63 et 64, se chevauchent largement. Il existe donc un risque non négligeable pour qu'une communication dans une bande spectrale centrée sur une première fréquence centrale, soit affectée par des interférences provoquées par des communications dans des bandes spectrales centrées sur des secondes fréquences centrales proches de la première fréquence centrale. Par exemple, une communication dans une bande spectrale centrée sur la fréquence centrale 63, serait affectée par des interférences provoquées par une communication dans une bande spectrale centrée sur la fréquence centrale 62 ou la fréquence centrale 64.

Un tel problème d'interférence peut se produire lorsqu'une pluralité de passerelles proches géographiquement n'ont pas été configurées judicieusement en termes de fréquences centrales, mais aussi en termes de puissance (ou niveau) d'émission ou encore en termes de modulations utilisées. En effet, si ces deux
5 passerelles utilisent des bandes spectrales centrées sur des fréquences centrales proches, leurs communications ont des chances non négligeables d'interférer.

Par ailleurs, il est connu que la bande ISM possède des caractéristiques (taux d'erreurs, rapport signal à bruit, bande passante, ...) variant très rapidement et imprédictibles. Une transmission de données se faisant sous forme de trames dans un
10 réseau LoRa, il n'est pas rare qu'une période de variation des caractéristiques d'un réseau LoRa soit de l'ordre d'une durée d'une ou quelques trames.

Il est souhaitable de pallier ces inconvénients de l'état de la technique. Il est notamment souhaitable de proposer une méthode permettant de configurer une passerelle d'un réseau LoRa en prenant en compte une proximité géographique de
15 ladite passerelle avec d'autres passerelles. Il est de plus souhaitable que cette méthode soit suffisamment réactive pour prendre en compte les variations rapides des caractéristiques du réseau LoRa.

Il est par ailleurs souhaitable de proposer une méthode qui soit simple à mettre en œuvre et à faible coût.

20 Selon un premier aspect de la présente invention, la présente invention concerne un procédé de configuration, dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, de paramètres de communication d'une passerelle, dite première passerelle, désignée par un serveur dudit réseau pour relayer des informations représentatives d'une réponse à une requête contenant des données reçue
25 par le serveur, les données provenant d'un terminal dudit réseau, les informations représentatives d'une réponse étant transmises par le serveur et destinées au terminal. Le procédé comprend lorsqu'il est mis en œuvre par la première passerelle : obtenir des paramètres de communication entre ladite première passerelle et ledit terminal ; et, configurer la première passerelle de manière à transmettre les informations
30 représentatives d'une réponse en utilisant chaque paramètre de communication obtenu ; les paramètres de communication étant obtenus par une procédure de détermination comprenant : obtenir au moins une information représentative d'une distance entre la première passerelle et au moins une seconde passerelle ; lorsqu'au moins une seconde passerelle est située à une distance de la première passerelle

inférieure à une distance prédéfinie, déterminer des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la première passerelle vers le terminal et de minimiser une perturbation par ladite transmission de communications de chaque seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie.

Ainsi, on minimise un risque pour que les communications de deux passerelles proches se perturbent mutuellement, car on applique ce principe pour l'ensemble des passerelles.

Selon un mode de réalisation, ledit réseau est basé sur la technologie LoRa, les données provenant du terminal étant issues d'une trame, dite trame montante, transmise en mode multidiffusion par le terminal et reçue par un ensemble de passerelles comprenant au moins la première passerelle, et les informations représentatives d'une réponse sont transmises par la première passerelle au terminal dans une trame, appelée trame descendante.

Selon un mode de réalisation, les paramètres de communication comprennent une fréquence centrale et une détermination de la fréquence centrale à utiliser par la première passerelle pour transmettre les informations représentatives d'une réponse consiste à sélectionner parmi un ensemble de fréquences centrales prédéfinies, une fréquence centrale ayant un écart avec des fréquences centrales, utilisées par chaque seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie, supérieur à un écart prédéfini.

Selon un mode de réalisation, les paramètres de communication comprennent en outre une modulation et/ou un niveau d'émission, et la modulation et/ou le niveau d'émission sont déterminés en utilisant des informations représentatives d'une qualité de réception mesurées lors de la réception de la trame montante par la première passerelle et comprenant une information représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu *RSSI* et une information de rapport signal sur bruit *SNR*.

Selon un mode de réalisation, une détermination de la modulation consiste à sélectionner parmi un ensemble de modulations, chaque modulation dudit ensemble étant associée à un débit binaire, une sensibilité de réception minimale admissible et un rapport signal sur bruit minimum acceptable, une modulation associée au débit binaire le plus élevé possible et vérifiant chaque critère parmi un premier et un second critères, le premier critère étant tel que l'information représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu *RSSI* doit être telle que :

$$RSSI \geq (S + C_{RSSI})$$

où S est la sensibilité de réception minimale admissible associée à ladite modulation et C_{RSSI} est une première constante prédéfinie et le second critère étant tel que l'information de rapport signal sur bruit SNR doit être telle que :

$$SNR \geq (A + C_{SNR})$$

5 où A est le rapport signal sur bruit minimum acceptable associé à ladite modulation et C_{SNR} est une deuxième constante prédéfinie.

Selon un mode de réalisation, lorsqu'une modulation a pu être sélectionnée, le niveau d'émission $POWE$ est déterminé de la manière suivante :

$$POWE = \max(N_{max} - \min((SNR - (A + C_{SNR}), (RSSI - (S + C_{RSSI}))), N_{min})$$

10 où N_{max} est un niveau d'émission maximal prédéfini, N_{min} est un niveau d'émission minimal prédéfini, $\min(x,y)$ est une fonction prenant le minimum entre une valeur x et une valeur y , $\max(x,y)$ est une fonction prenant le maximum entre la valeur x et la valeur y .

15 Selon un mode de réalisation, la procédure de détermination est mise en œuvre par ledit serveur, les informations représentatives d'une qualité de réception étant transmises au serveur par ladite première passerelle, et chaque paramètre de communication déterminé par la procédure de détermination est transmis par le serveur à la première passerelle.

Selon un mode de réalisation, les informations de distance sont déterminées à partir d'informations représentatives d'une géolocalisation de la première passerelle et de chaque seconde passerelle reçues par le serveur.

20 Selon un mode de réalisation, dans la procédure de détermination, la détermination de la fréquence centrale est mise en œuvre par la première passerelle, la détermination de la modulation et du niveau d'émission étant mise en œuvre par le serveur ou par la première passerelle.

25 Selon un mode de réalisation, les informations de distance sont déterminées à partir d'informations représentatives d'une géolocalisation des secondes passerelles reçues par la première passerelle.

30 Selon un mode de réalisation, chaque information de géolocalisation d'une seconde passerelle a été transmise dans une trame par une seconde passerelle ayant mesuré ladite information de géolocalisation, ladite seconde passerelle se faisant passer temporairement pour un terminal pour transmettre ladite trame.

Selon un mode de réalisation, préalablement à la transmission de la trame comprenant une information de géolocalisation, la seconde passerelle devant transmettre ladite trame a mis en œuvre une procédure d'identification lui permettant de s'identifier auprès d'autres passerelles appartenant audit réseau comprenant la première passerelle, ladite procédure d'identification étant basée sur une transmission
5 d'une signature représentative de ladite passerelle et reconnaissable par chaque passerelle dudit réseau sous forme d'une série de trames vides prédéfinie, chaque trame vide étant transmise avec un niveau d'émission prédéfini.

Selon un mode de réalisation, des paramètres de communication sont obtenus
10 pour chaque trame montante transmise par le terminal et relayée par la première passerelle ou à intervalles réguliers, une durée de chaque intervalle pouvant être fixe ou adaptée en fonction de statistiques sur une vitesse de variation de caractéristiques d'une bande de fréquences utilisée par ledit réseau.

Selon un deuxième aspect de l'invention, l'invention concerne un dispositif de
15 détermination de paramètres de communication d'une passerelle, dite première passerelle, avec un terminal, la première passerelle et le terminal étant compris dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie. Le dispositif comprend : des moyens d'obtention pour obtenir au moins une information représentative d'une distance entre la première passerelle et au moins une
20 seconde passerelle ; et, des moyens de détermination, mis en œuvre lorsqu'au moins une seconde passerelle est située à une distance de la première passerelle inférieure à une distance prédéfinie, pour déterminer des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la première passerelle vers le terminal et de minimiser une perturbation par ladite transmission de communications de chaque
25 seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie.

Selon un troisième aspect de l'invention, l'invention concerne un système de configuration, dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, de paramètres de communication d'une passerelle, dite
30 première passerelle, désignée par un serveur dudit réseau pour relayer des informations représentatives d'une réponse à une requête contenant des données reçues par le serveur, les données provenant d'un terminal dudit réseau, les informations représentatives d'une réponse étant transmises par le serveur et destinées au terminal. Le système comprend: des moyens d'obtention pour obtenir des paramètres de

communication entre ladite première passerelle et ledit terminal ; et, des moyens de configuration pour configurer la première passerelle de manière à transmettre les informations représentatives d'une réponse en utilisant chaque paramètre de communication obtenu ; et, un dispositif selon le deuxième aspect.

5 Selon un quatrième aspect de l'invention, l'invention concerne un programme d'ordinateur, comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif, le procédé selon le premier aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif.

10 Selon un cinquième aspect de l'invention, l'invention concerne des moyens de stockage, stockant un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif, le procédé selon le premier aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif.

15 Les caractéristiques de l'invention mentionnées ci-dessus, ainsi que d'autres, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un exemple de réalisation, ladite description étant faite en relation avec les dessins joints, parmi lesquels :

- la Fig. 1 illustre schématiquement un réseau LoRa dans lequel est mise en œuvre l'invention ;
- la Fig. 2A illustre schématiquement un module de traitement compris dans un 20 serveur ;
- la Fig. 2B illustre schématiquement un module de traitement compris dans une passerelle ;
- la Fig. 3A illustre schématiquement un procédé de configuration d'une passerelle selon l'invention;
- 25 - la Fig. 3B illustre schématiquement un procédé mis en œuvre par un serveur lors d'une réception de données en provenance d'un terminal;
- la Fig. 3C illustre schématiquement une procédure de détermination de paramètres de communication selon l'invention;
- la Fig. 4A illustre schématiquement un signal de données binaire sur lequel 30 doit être appliqué un étalement de spectre;
- la Fig. 4B illustre schématiquement un signal binaire pseudo aléatoire utilisé dans l'étalement de spectre;
- la Fig. 4C illustre schématiquement un signal obtenu après application d'un étalement de spectre au signal de données binaire;

- la Fig. 5A illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal de données binaire ;

- la Fig. 5B illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal binaire pseudo-aléatoire ;

5 - la Fig. 5C illustre schématiquement une densité spectrale de puissance du signal de données binaire sur lequel a été appliqué un étalement de spectre; et,

- la Fig. 6 illustre schématiquement les densités spectrales de puissance d'un ensemble de canaux disponibles dans un réseau LoRa.

L'invention est décrite par la suite dans un contexte de réseau LoRa. L'invention
10 s'applique toutefois dans d'autres contextes pour tous types de réseaux sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie et dans lesquels les communications utilisent la technologie d'étalement de spectre.

La **Fig. 1** illustre schématiquement un réseau LoRa 1 dans lequel est mise en œuvre l'invention.

15 Dans l'exemple de la Fig. 1, le réseau LoRa 1 comprend un serveur 10, deux passerelles 11A et 11B et un terminal 12. La passerelle 11A (respectivement la passerelle 11B) communique avec le serveur 10 par l'intermédiaire d'un lien de communication filaire ou sans fil 14A (respectivement 14B). La passerelle 11A (respectivement la passerelle 11B) communique avec le terminal 12 par
20 l'intermédiaire d'un lien de communication sans fil 13A (respectivement 13B).

Le serveur 10 comprend un module de traitement 100. La passerelle 11A (respectivement 11B) comprend un module de traitement 110A (respectivement 110B).

25 Dans un mode de réalisation, les passerelles 11A et 11B peuvent communiquer entre elles par l'intermédiaire d'un lien de communication sans fil 15. Pour ce faire, chaque passerelle souhaitant communiquer avec une autre passerelle utilise une fonctionnalité offerte par le protocole LoRaWAN qui est de permettre à une passerelle de se faire passer temporairement pour un terminal.

30 On note que les communications entre les terminaux et les passerelles et les communications entre passerelles d'un réseau LoRa utilisent des trames compatibles avec le protocole LoRaWAN, les trames étant transmises en mode multidiffusion (« broadcast » en terminologie anglo-saxonne). Le document LoRaWAN 1.1 (« draft LoRaWAN 1.1 » en terminologie anglo-saxonne) d'août 2015 définit les communications entre les terminaux et les passerelles d'un réseau LoRa.

On suppose par ailleurs par la suite que les canaux (et donc les fréquences centrales et bandes spectrales) utilisés par les passerelles 11A et 11B dans le réseau 1 pour communiquer avec le terminal 12 sont différents des canaux utilisés par le terminal 12 pour communiquer avec les passerelles 11A et 11B.

5 La **Fig. 2A** illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle du module de traitement 100 compris dans le serveur 10.

Selon l'exemple d'architecture matérielle représenté à la Fig. 2A, le module de traitement 100 comprend alors, reliés par un bus de communication 1000 : un processeur ou CPU (« Central Processing Unit » en anglais) 1001 ; une mémoire vive
10 RAM (« Random Access Memory » en anglais) 1002 ; une mémoire morte ROM (« Read Only Memory » en anglais) 1003 ; une unité de stockage telle qu'un disque dur ou un lecteur de support de stockage, tel qu'un lecteur de cartes SD (« Secure Digital » en anglais) 1004 ; au moins une interface de communication 1005 permettant au module de traitement 100 de communiquer avec d'autres modules ou dispositifs.
15 Par exemple l'interface de communication 1005 permet au module de traitement 100 de communiquer avec d'autres modules du serveur 10 ou avec d'autres dispositifs tels que les passerelles 11A et 11B.

Le processeur 1001 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la RAM 1002 à partir de la ROM 1003, d'une mémoire externe (non représentée), d'un
20 support de stockage (tel qu'une carte SD), ou d'un réseau de communication. Lorsque le serveur 10 est mis sous tension, le processeur 1001 est capable de lire de la RAM 1002 des instructions et de les exécuter. Dans un mode de réalisation, ces instructions forment un programme d'ordinateur causant la mise en œuvre complète ou partielle, par le processeur 1001, des procédés décrits ci-après en relation avec les Figs. 3B et
25 3C.

Les procédés décrits en relation avec les Figs. 3B et 3C peuvent être implémentés sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, par exemple un DSP (« Digital Signal Processor » en anglais) ou un microcontrôleur, ou être implémentés sous forme matérielle par une machine ou
30 un composant dédié, par exemple un FPGA (« Field-Programmable Gate Array » en anglais) ou un ASIC (« Application-Specific Integrated Circuit » en anglais).

La **Fig. 2B** illustre schématiquement un exemple d'architecture matérielle du module de traitement 110A compris dans la passerelle 11A. Le module de traitement 110B est identique.

Selon l'exemple d'architecture matérielle représenté à la Fig. 2B, le module de traitement 110A comprend alors, reliés par un bus de communication 1100 : un processeur ou CPU (« Central Processing Unit » en anglais) 1101 ; une mémoire vive RAM (« Random Access Memory » en anglais) 1102 ; une mémoire morte ROM (« Read Only Memory » en anglais) 1103 ; une unité de stockage telle qu'un disque dur ou un lecteur de support de stockage, tel qu'un lecteur de cartes SD (« Secure Digital » en anglais) 1104 ; au moins une interface de communication 1105 permettant au module de traitement 110A de communiquer avec d'autres modules ou dispositifs. Par exemple l'interface de communication 1105 permet au module de traitement 110A de communiquer avec le serveur 10 ou avec la passerelle 11B.

Le processeur 1101 est capable d'exécuter des instructions chargées dans la RAM 1102 à partir de la ROM 1103, d'une mémoire externe (non représentée), d'un support de stockage (tel qu'une carte SD), ou d'un réseau de communication. Lorsque la passerelle 11a est mise sous tension, le processeur 1101 est capable de lire de la RAM 1102 des instructions et de les exécuter. Dans un mode de réalisation, ces instructions forment un programme d'ordinateur causant la mise en œuvre complète ou partielle, par le processeur 1101, des procédés décrits ci-après en relation avec les Figs. 3A et 3C.

Les procédés décrits en relation avec les Figs. 3A et 3C peuvent être implémentés sous forme logicielle par exécution d'un ensemble d'instructions par une machine programmable, par exemple un DSP (« Digital Signal Processor » en anglais) ou un microcontrôleur, ou être implémentés sous forme matérielle par une machine ou un composant dédié, par exemple un FPGA (« Field-Programmable Gate Array » en anglais) ou un ASIC (« Application-Specific Integrated Circuit » en anglais).

La **Fig. 3B** illustre schématiquement un procédé mis en œuvre par un serveur lors d'une réception de données en provenance d'un terminal.

Dans l'exemple de la Fig. 3B, on suppose que le terminal 12 a transmis une trame à destination du serveur 10. Cette trame, dite trame montante, a été transmise en mode multidiffusion de sorte que chaque passerelle à portée du terminal 12 a reçu cette trame montante. Dans l'exemple du réseau LoRa 1, on suppose que les passerelles 11A et 11B reçoivent chaque trame montante transmise par le terminal 12. Lorsqu'une passerelle d'un réseau LoRa reçoit une trame montante destinée à un serveur, elle la décode et insère des données contenues dans cette trame montante dans une requête HTTP (protocole de transfert hypertext, « HyperText Transfer Protocol »

en terminologie anglo-saxonne), dite requête HTTP montante, puis transmet cette requête HTTP montante au serveur du réseau LoRa en point à point.

Dans une étape 40, le module de traitement 100 du serveur 10 reçoit au moins une requête HTTP contenant les données contenues dans la trame montante. Dans l'exemple de la Fig. 1, le serveur 10 reçoit donc deux requêtes HTTP montantes, l'une en provenance de la passerelle 11A et l'autre en provenance de la passerelle 11B. Lorsque le module de traitement 100 reçoit les requêtes HTTP montantes, il les traite.

Dans une étape 41, le module de traitement 100 désigne une passerelle parmi les passerelles ayant relayé la trame montante pour relayer des informations représentatives d'une réponse à la trame montante au terminal 12. Pour ce faire, le serveur 10 utilise une procédure de désignation basée, par exemple, sur une comparaison d'informations représentatives d'une qualité de réception mesurées lors de la réception de la trame montante par chaque passerelle ayant relayé la trame montante. Les informations représentatives d'une qualité de réception ainsi mesurées ont été transmises au serveur 10 par les passerelles 11A et 11B, par exemple en insérant ces informations dans les requêtes HTTP montantes dans un format JSON (notation d'objets en langage Javascript : « JavaScript Object Notation » en terminologie anglo-saxonne). Le serveur désigne par exemple la passerelle 11A ayant une qualité de réception supérieure à la passerelle 11B. Dans un mode de réalisation, les informations représentatives d'une qualité de réception comprennent une indication de puissance d'un signal reçu (« Received Signal Strength indication (RSSI) » en terminologie anglo-saxonne), le signal reçu correspondant à la trame montante, et un rapport signal sur bruit (« signal to noise ratio (SNR) » en terminologie anglo-saxonne) mesuré sur ledit signal. La passerelle désignée peut donc, par exemple, être la passerelle associée à la plus haute valeur d'indication de puissance d'un signal reçu, ou à la plus haute valeur de rapport signal sur bruit, ou maximisant une métrique combinant la valeur d'indication de puissance d'un signal reçu et la valeur de rapport signal sur bruit.

Dans une étape 42, le module de traitement 100 met en œuvre une procédure de détermination pour déterminer des paramètres de communications devant être utilisés par la passerelle désignée (ici la passerelle 11A). Nous décrivons la procédure de détermination par la suite en relation avec la Fig. 3C.

Dans une étape 43, le module de traitement 100 transmet une réponse en point à point en direction du terminal 12. Une seule réponse est transmise en direction du

terminal 12 pour l'ensemble des requêtes HTTP montantes concernant la même trame montante. Il est à noter que le protocole LoRaWAN permet toutefois de manière programmable de répéter une trame un certain nombre de fois (ce nombre étant typiquement égal à 2, soit 3 transmissions de la même trame au maximum dans ce cas), et ce dans le sens montant et dans le sens descendant, indépendamment. Des informations représentatives de la réponse sont insérées par le serveur 10 dans une requête HTTP, dite requête HTTP descendante, et la requête HTTP descendante est transmise en point à point à la passerelle désignée par le serveur 10. Dans l'exemple de la Fig. 1, la requête HTTP descendante est transmise à la passerelle 11A.

10 Dans un exemple de mise en œuvre du procédé décrit en relation avec la Fig. 3B, la trame montante transmise par le terminal 12 est une demande de rattachement au réseau LoRa 1. Cette demande, appelée JOIN REQUEST dans le protocole LoRaWAN, est ensuite relayée par chaque passerelle située à portée du terminal 12 (dans l'exemple de la Fig. 1, la trame contenant la demande de rattachement est relayée par les passerelles 11A et 11B) en l'encapsulant dans chaque requête HTTP montante générée. Lorsque le serveur accepte que le terminal 12 rejoigne le réseau LoRa 1, la requête HTTP descendante transmise par le serveur 10 encapsule une trame descendante, appelée JOIN ACCEPT, autorisant le terminal 12 à se rattacher au réseau LoRa 1. La trame descendante est ensuite transmise en mode multidiffusion par la passerelle 11A et le terminal 12 la reçoit.

Lorsqu'il reçoit la requête HTTP descendante transmise par le serveur 10, le module de traitement 110A de la passerelle 11A la décode et applique un procédé décrit ci-après en relation avec la Fig. 3A.

25 La **Fig. 3A** illustre schématiquement un procédé de configuration d'une passerelle selon l'invention.

Dans une étape 30, le module de traitement 110A obtient des paramètres de communication entre ladite passerelle 11A et ledit terminal 12. Chaque transmission par la passerelle 11A de trames descendantes en direction du terminal 12 suivant l'étape 30 doit utiliser les paramètres obtenus et cela tant que le module de traitement 110A n'obtient pas de nouveaux paramètres de communication. Lorsque, comme indiqué en relation avec l'exemple de la Fig. 3B, le serveur 10 met en œuvre la procédure de détermination (correspondant à l'étape 42), les paramètres de communication ont été déterminés par le module de traitement 100 du serveur 10. Dans ce mode de réalisation, les paramètres de communication sont transmis à la

passerelle 11A dans la requête HTTP descendante contenant les informations représentatives d'une réponse.

Dans un mode de réalisation, les paramètres de communications sont insérés dans la requête HTTP descendante dans le format JSON.

5 Dans un mode de réalisation, les paramètres de communication comprennent une fréquence centrale devant être utilisée par la passerelle 11A.

Dans un mode de réalisation, les paramètres de communication comprennent en outre une modulation et/ou un niveau d'émission devant être utilisés par la passerelle 11A.

10 Dans une étape 31, le module de traitement 110A configure la passerelle 11A pour que les informations représentatives d'une réponse soient transmises au terminal 12 en utilisant chaque paramètre de communication obtenu.

Dans un mode de réalisation, la passerelle désignée obtient des paramètres de communication pour chaque trame montante transmise par le terminal 12 qu'elle a relayée. Ainsi, la passerelle peut potentiellement obtenir de nouveaux paramètres de communication pour chaque trame descendante qu'elle a à transmettre à un terminal, ce qui assure une très grande réactivité face aux variations rapides des caractéristiques de la bande ISM.

20 Dans un mode de réalisation, la passerelle désignée obtient des paramètres de communication à intervalles réguliers, par exemple toutes les secondes ou toutes les minutes ou toutes les heures. Une durée de l'intervalle entre deux obtentions de paramètres de communication peut alors être fixe ou adaptée en fonction de statistiques sur la vitesse de variation des caractéristiques de la bande ISM, ce qui permet de réduire un coût calculatoire de la détermination de paramètres de communication.

25 La **Fig. 3C** illustre schématiquement une procédure de détermination de paramètres de communication selon l'invention.

30 Comme vu plus haut en relation avec l'étape 42 de la Fig. 3B, dans un mode de réalisation, la procédure de détermination de paramètres de communication est mise en œuvre par le module de traitement 100 du serveur 10.

Dans une étape 50, le module de traitement 100 obtient au moins une information de distance entre la passerelle 11A et au moins une autre passerelle, *i.e.* la passerelle 11B dans le réseau 1. Dans l'exemple de la Fig. 1, le module de traitement 100 obtient une information de distance entre la passerelle 11A et la passerelle 11B.

Dans un mode de réalisation, le module de traitement connaît des informations de géolocalisation de chaque passerelle du réseau 1 et en déduit les distances séparant chaque passerelle du réseau 1 prises deux à deux. Ces informations ont par exemple été obtenues lors de l'installation de ces passerelles et transmises par un installateur au serveur 10. Dans un mode de réalisation, chaque passerelle possède un module de géolocalisation (par exemple un module GPS (« Global Positioning System » en terminologie anglo-saxonne)) et est capable de transmettre au serveur 10 des coordonnées de géolocalisation (longitude, latitude, altitude) qu'elle a mesurées. Ces coordonnées de géolocalisation peuvent par exemple être insérées dans une requête HTTP montante sous format JSON, la requête HTTP montante pouvant être transmise à tout moment par chaque passerelle du réseau 1, par exemple lors de son installation ou sur requête du serveur.

Dans un mode de réalisation dans lequel un réseau LoRa comporte un plus grand nombre de passerelles, le module de traitement 100 pourrait recevoir des informations de distance comprenant une distance entre la passerelle désignée et chaque autre passerelle du réseau LoRa ou une distance entre la passerelle désignée et un ensemble de passerelles voisines de la passerelle désignée dans le réseau LoRa.

Dans une étape 51, le module de traitement 100 compare chaque distance obtenue avec une distance prédéfinie. La distance prédéfinie et une distance telle que deux passerelles situées à une distance inférieure à la distance prédéfinie pourrait perturber mutuellement leurs communications respectives. Lorsqu'au moins une passerelle d'un réseau LoRa est située à une distance de la passerelle désignée inférieure à la distance prédéfinie, le module de traitement 100 détermine lors d'étapes 52, 53 et 54, des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la passerelle désignée vers le terminal 12 et de minimiser une perturbation par ladite transmission de communications des passerelles du réseau LoRa situées à une distance de la passerelle désignée inférieure à la distance prédéfinie. Dans l'exemple de la Fig. 1, les étapes 52, 53 et 54 sont mises en œuvre lorsque la distance entre la passerelle 11A et la passerelle 11B est inférieure à la distance prédéfinie. Dans un mode de réalisation, la distance prédéfinie est égale à « 200m ».

Comme nous l'avons vu plus haut, les communications dans les réseaux LoRa utilisent la technologie d'étalement de spectre. Chacun des « 31 » canaux définis par la technologie LoRa est associé à une densité spectrale de puissance centrée sur une fréquence centrale. Deux passerelles proches géographiquement peuvent se perturber

mutuellement si elles émettent dans des bandes de fréquences proches, c'est-à-dire lorsque leur densité spectrale de puissance ont un recouvrement important. Il est donc préférable que des passerelles proches aient des densités spectrales de puissance ne se recouvrant pas ou peu. Il est possible de contrôler le recouvrement entre les densités spectrales de puissance associées à des passerelles en contrôlant un écart entre leurs fréquences centrales.

Dans l'étape 52, le module de traitement 100 obtient la fréquence centrale reçue par chacune des passerelles situées à une distance de la passerelle désignée inférieure à la distance prédéfinie. Dans un mode de réalisation, chaque requête HTTP montante transmise par une passerelle ayant relayé les données comprises dans la trame montante émise par le terminal 12 comprend une information représentative de la fréquence centrale reçue par ladite passerelle. Par exemple les requêtes HTTP montantes transmises par les passerelles 11A et 11B comprennent respectivement une information représentative de la fréquence centrale reçue par la passerelle 11A et une information représentative de la fréquence centrale reçue par la passerelle 11B. Cette information est par exemple insérée dans chaque requête HTTP montante sous format JSON. Indépendamment, le serveur 10 programmant les fréquences centrales à utiliser par chaque passerelle pour transmettre des trames à chaque terminal du réseau LoRa 1, il sait pertinemment quelle est la dernière fréquence centrale utilisée en émission par chaque passerelle pour communiquer avec chaque terminal.

Par la suite, lors de l'étape 52, le module de traitement 100 sélectionne dans l'ensemble de fréquences centrales LoRa, une fréquence centrale ayant un écart avec les fréquences centrales utilisées par les passerelles situées à une distance de la passerelle désignée inférieure à la distance prédéfinie supérieure à un écart prédéfini. Dans un mode de réalisation, l'écart prédéfini est égal à « 3 » Mhz. Dans l'exemple de la Fig. 1, si la fréquence centrale associée à la passerelle 11B est égale à « 863,1 » Mhz, le module de traitement 100 choisit une fréquence centrale supérieure à « 866,1 » Mhz, ce qui laisse « 15 » fréquences centrales possibles dans l'ensemble de fréquences centrales LoRa.

Optionnellement, il est possible d'agir sur d'autres paramètres de communication que la fréquence centrale. Parmi les paramètres pouvant être ajustés dans une communication LoRa, et en dehors de la fréquence centrale, il est possible d'agir sur une modulation et/ou un niveau d'émission utilisés par la passerelle désignée pour communiquer avec le terminal 12.

Dans un mode de réalisation, la modulation et/ou le niveau d'émission sont déterminés en utilisant les informations représentatives d'une qualité de réception mesurées lors de la réception de la trame montante reçue par la passerelle désignée. Comme nous l'avons vu plus haut, ces informations représentatives d'une qualité de réception comprennent une information représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu, représentée par la suite par une valeur *RSSI* et une information de rapport signal sur bruit, représentée par la suite par une valeur *SNR*.

Dans une étape 53, le module de traitement détermine la modulation en sélectionnant parmi un ensemble de modulations, chaque modulation dudit ensemble étant associée à un débit binaire, une sensibilité de réception minimale admissible et un rapport signal sur bruit minimum acceptable, une modulation associée au débit binaire le plus élevé possible et vérifiant chaque critère parmi un premier et un second critères.

La technologie LoRa définit « 7 » modulations possibles que nous avons regroupées dans le tableau TAB 2 ci-dessous.

Modulation	Débit binaire (Bits/s)	S (sensibilité de réception minimale admissible) (dBm)	A (rapport signal sur bruit minimum acceptable)(dB)
MOD 1	50000	-105	7.5
MOD 2	5489	-130	-7.5
MOD 3	3125	-132.5	-10
MOD 4	1758	-135	-12.5
MOD 5	977	-137.5	-15
MOD 6	537	-140	-17.5
MOD 7	293	-142.5	-20

TAB 2

Par exemple, la première modulation, MOD 1, est associée à un débit binaire de 50Kbits/s, une sensibilité de réception minimale admissible $S=-105$ dBm, et un rapport signal sur bruit minimal acceptable $A=7.5$ dBm.

Le premier critère est tel que l'information représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu *RSSI* doit être telle que :

$$RSSI \geq (S + C_{RSSI})$$

où C_{RSSI} est une première constante prédéfinie. Dans un mode de réalisation, $C_{RSSI} = 25 \text{ dBm}$, cette valeur permettant d'avoir une marge suffisante afin de minimiser les risques de retransmission de la trame dues à des variations rapides de perturbations dans la bande ISM, ce qui aurait des conséquences néfastes sur la charge
5 du réseau.

Le second critère est tel que l'information de rapport signal sur bruit SNR doit être telle que :

$$SNR \geq (A + C_{SNR})$$

où C_{SNR} est une deuxième constante prédéfinie. Dans un mode de réalisation, $C_{SNR} = 3 \text{ dB}$, cette valeur permettant d'avoir une marge suffisante afin de
10 minimiser les risques de retransmission de la trame dues aux variations rapides des perturbations dans la bande ISM, ce qui aurait des conséquences néfastes sur la charge du réseau. On considère ainsi qu'une transmission avec marge de bruit $< 3 \text{ dB}$ n'est pas viable.

Lorsqu'une modulation a pu être sélectionnée, le niveau d'émission, représenté
15 par une variable $POWE$, est déterminé lors de l'étape 54 de la manière suivante :

$$POWE = \max(N_{max} - \min((SNR - (A + C_{SNR})), (RSSI - (S + C_{RSSI}))), N_{min})$$

où N_{max} est un niveau d'émission maximal prédéfini, N_{min} est un niveau d'émission minimal prédéfini, $\min(x,y)$ est une fonction prenant le minimum entre une valeur x et une valeur y , $\max(x,y)$ est une fonction prenant le maximum entre la valeur x et la valeur y . Dans un mode de réalisation $N_{max} = 27 \text{ dBm}$ et $N_{min} = 0 \text{ dBm}$,
20 correspondant à des plages de valeurs typiquement utilisées pour des passerelles dans des réseaux LoRa en Europe.

Si aucune modulation ne peut être déterminée, le module de traitement 100 passe directement à l'étape 43. La requête HTTP descendante est transmise sans paramètres de communication relatifs à une modulation et à un niveau d'émission.
25 Lorsque la passerelle désignée reçoit cette requête HTTP descendante, elle ne reconfigure pas ses paramètres de communication relatifs à la modulation et au niveau d'émission et conserve par conséquent une modulation et un niveau d'émission obtenus précédemment. On peut également en variante de ce mode de réalisation appliquer dans ce cas la modulation la plus robuste (ici la modulation MOD 7).

30 Lorsqu'aucune passerelle du réseau LoRa n'est située à une distance de la passerelle désignée inférieure à la distance prédéfinie, le module de traitement 100 ne détermine pas de nouveaux paramètres de communication et passe directement à

l'étape 43. Dans ce cas, la requête HTTP descendante est transmise sans paramètre de communication et la passerelle désignée recevant cette requête HTTP descendante réutilise des paramètres de communication obtenus précédemment. On peut également en variante de ce mode de réalisation appliquer dans ce cas la modulation la plus robuste (*i.e.* MOD 7).

Dans un mode de réalisation, c'est la passerelle désignée (ici la passerelle 11A) par l'intermédiaire de son module de traitement (110A) qui met en œuvre la procédure de détermination décrite en relation avec la Fig. 3C. Dans ce mode de réalisation, le module de traitement 100 du serveur 10 met en œuvre les étapes 40, 41 et 43 décrites en relation avec la Fig. 3B et transmet à la passerelle désignée, une requête HTTP descendante contenant les données représentatives d'une réponse mais ne comprenant pas de paramètres de communication. La passerelle désignée recevant cette requête HTTP descendante, met en œuvre l'étape 42 lors de l'étape 30 et détermine donc elle-même ses paramètres de communication. Dans ce mode de réalisation, l'obtention des distances entre passerelles se base sur des informations échangées entre les passerelles. On suppose ici que les passerelles du réseau LoRa 1 se sont échangé des informations de géolocalisation qu'elles ont mesurées grâce à un module de géolocalisation. Pour mettre en œuvre ces échanges, chaque passerelle se fait passer temporairement pour un terminal et transmet une trame en mode multidiffusion comprenant ses informations de géolocalisation. Chaque passerelle recevant cette trame, extrait les informations de géolocalisation qu'elle contient, détermine une distance la séparant de la passerelle ayant émis cette trame, et stocke ladite distance pour l'utiliser lors de l'étape 50. Ces trames contenant des informations de géolocalisation peuvent être transmises par exemple, lors de l'installation de la passerelle ou à intervalles réguliers.

Dans un mode de réalisation, chaque passerelle du réseau LoRa 1 (ici les passerelles 11A et 11B) met en œuvre la procédure de détermination décrite en relation avec la Fig. 3C indépendamment d'une transmission d'une trame montante par le terminal 12. Cette mise en œuvre de la procédure de détermination peut se faire par exemple à intervalles réguliers. Comme dans le mode de réalisation précédent, dans ce mode de réalisation, l'obtention des distances entre passerelles se base sur des informations de géolocalisation échangées entre les passerelles. Ainsi, dans ce mode de réalisation, lorsqu'une passerelle désignée doit transmettre une trame descendante, elle la transmet avec les derniers paramètres de communication qu'elle a déterminés.

Dans ce mode de réalisation, les passerelles du réseau LoRa doivent se répartir les fréquences de l'ensemble de fréquences LoRa entre elles. Pour ce faire, sachant que chaque passerelle d'un réseau LoRa connaît une adresse MAC (Adresse de contrôle d'accès au médium : « MAC (Medium Access Control) Address » en terminologie anglo-saxonne) de chaque autre passerelle du réseau LoRa, les passerelles peuvent se répartir les fréquences centrales en fonction de leur adresse MAC. Par exemple, lorsque deux passerelles sont séparées d'une distance inférieure à la distance prédéfinie, la passerelle associée à une valeur d'adresse MAC la plus basse prend une fréquence centrale plus haute que l'autre passerelle.

10 Dans un mode de réalisation, les étapes 50, 51 et 52 de la procédure de détermination sont mises en œuvre par le module de traitement (ici 110A) de la passerelle désignée (ici 11A) lors de l'étape 30. Les étapes 53 et 54 sont quant à elles mises en œuvre par le module de traitement 100 du serveur 10 à la suite de l'étape 41. La passerelle désignée est donc capable de déterminer sa fréquence centrale, et le serveur 10 est capable de fournir à la passerelle une modulation et un niveau d'émission. Le serveur 10 (par l'intermédiaire de son module de traitement 100) et la passerelle 11A (par l'intermédiaire de son module de traitement 110A) forment donc un système mettant en œuvre le procédé de configuration des paramètres de communication de la passerelle 11A.

20 Jusque-là nous avons considéré que le réseau LoRa 1 n'était pas perturbé par un autre réseau LoRa. Dans ce cas, la configuration des passerelles ne concerne que les passerelles d'un même réseau, ici les passerelles 11A et 11B du réseau LoRa 1. Toutefois, il est possible qu'au moins un autre réseau LoRa perturbe le réseau LoRa 1. Il peut être utile dans ce cas d'être capable d'identifier les passerelles appartenant à un même réseau. De cette manière, dans le mode de réalisation où les passerelles échangent des informations de géolocalisation, une passerelle capable d'identifier les passerelles appartenant au même réseau peut reconnaître les trames contenant des informations de géolocalisation provenant de passerelles du même réseau. Ainsi, les trames contenant des informations de géolocalisation provenant de passerelles du même réseau peuvent être décodées alors que les autres trames contenant des informations de géolocalisation sont rejetées. Dans un mode de réalisation, chaque passerelle d'un même réseau, par exemple les passerelles 11A et 11B du réseau 1, applique une procédure d'identification. Cette procédure d'identification peut par exemple être mise en œuvre lors de l'installation de la passerelle ou à intervalles

réguliers. Lors de cette procédure d'identification chaque passerelle transmet en mode multidiffusion, une signature sous forme d'une série de trames vides. Chaque trame vide de ladite série est transmise avec un niveau d'émission prédéfini. Chaque trame vide peut par exemple être transmise avec un niveau d'émission choisi entre deux valeurs. Les deux valeurs du niveau d'émission peuvent par exemple être « +14 »dBm et « +5 »dBm. L'un des deux niveaux d'émission représente un « 1 » binaire alors que l'autre niveau d'émission représente un « 0 » binaire. La série de trames vides est donc représentative d'un mot binaire qu'une autre passerelle peut interpréter comme la signature de la passerelle ayant émis ladite série. En effet chaque passerelle recevant la série de trames vides, peut mesurer le niveau d'émission de chaque trame vide et en déduire le mot binaire associé. Dans ce mode de réalisation, chaque passerelle d'un même réseau LoRa connaît les signatures des autres passerelles du même réseau ou au moins des caractéristiques de ces signatures lui permettant de les reconnaître. Dans une variante de ce mode de réalisation, toutes les passerelles d'un même réseau LoRa ont la même signature. Ainsi, une passerelle est capable de déterminer, lorsqu'elle reçoit une série de trames vides, si la passerelle ayant émis ladite série appartient au même réseau LoRa qu'elle ou pas. Lorsqu'une première passerelle a été identifiée par une seconde passerelle comme appartenant au même réseau LoRa qu'une seconde passerelle, la seconde passerelle sauvegarde l'adresse MAC de la première passerelle et associe cette adresse MAC à une information indiquant que la première et la seconde passerelles appartiennent au même réseau LoRa. De cette manière, à chaque fois que la seconde passerelle reçoit une trame contenant des informations de géolocalisation et comportant une adresse MAC correspondant à une passerelle appartenant au même réseau LoRa, elle récupère les informations de géolocalisation. Sinon, la deuxième passerelle rejette la trame. On note que dans ce mode de réalisation, toutes les trames échangées (trames vides et trames contenant des informations de géolocalisation) sont émises par des passerelles se faisant passer temporairement pour des terminaux.

REVENDICATIONS

1) Procédé de configuration, dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, de paramètres de communication d'une passerelle (11A), dite première passerelle, désignée (41) par un serveur (10) dudit réseau (1) pour relayer des informations représentatives d'une réponse à une requête contenant des données reçue (40) par le serveur, les données provenant d'un terminal (12) dudit réseau, les informations représentatives d'une réponse étant transmises (43) par le serveur (10) et destinées au terminal (12), caractérisé en ce que

5
10 le procédé comprend lorsqu'il est mis en œuvre par la première passerelle :

obtenir (30) des paramètres de communication entre ladite première passerelle (11A) et ledit terminal (12) ; et,

configurer (31) la première passerelle (11A) de sorte à transmettre les informations représentatives d'une réponse en utilisant chaque paramètre de communication obtenu ;

15

les paramètres de communication étant obtenus (42) par une procédure de détermination comprenant :

obtenir (50) au moins une information représentative d'une distance entre la première passerelle (11A) et au moins une seconde passerelle (11B) ;

lorsqu'au moins une seconde passerelle est située à une distance de la première passerelle inférieure à une distance prédéfinie, déterminer (52, 53, 54) des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la première passerelle vers le terminal et de minimiser une perturbation par ladite transmission de communications de chaque seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie.

20
25

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit réseau est basé sur la technologie LoRa et en ce que les données provenant du terminal sont issues d'une trame, dite trame montante, transmise en mode multidiffusion par le terminal 12 et reçue par un ensemble de passerelles (11A, 11B) comprenant au moins la première passerelle (11A), et les informations représentatives d'une réponse sont transmises par la première passerelle (11A) au terminal (12) dans une trame, appelée trame descendante.

30

3) Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les paramètres de communication comprennent une fréquence centrale et en ce qu'une détermination de la fréquence centrale à utiliser par la première passerelle pour transmettre les informations représentatives d'une réponse consiste à sélectionner parmi un ensemble
5 de fréquences centrales prédéfinies, une fréquence centrale ayant un écart avec des fréquences centrales, utilisées par chaque seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie, supérieur à un écart prédéfini.

10 4) Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les paramètres de communication comprennent en outre une modulation et/ou un niveau d'émission, et en ce que la modulation et/ou le niveau d'émission sont déterminés en utilisant des informations représentatives d'une qualité de réception mesurées lors de la réception de la trame montante par la première passerelle et comprenant une information
15 représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu $RSSI$ et une information de rapport signal sur bruit SNR .

5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'une détermination de la modulation consiste à sélectionner parmi un ensemble de modulations, chaque
20 modulation dudit ensemble étant associée à un débit binaire, une sensibilité de réception minimale admissible et un rapport signal sur bruit minimum acceptable, une modulation associée au débit binaire le plus élevé possible et vérifiant chaque critère parmi un premier et un second critères, le premier critère étant tel que l'information représentative d'une indication de puissance d'un signal reçu $RSSI$ doit être telle que :

$$RSSI \geq (S + C_{RSSI})$$

25 où S est la sensibilité de réception minimale admissible associée à ladite modulation et C_{RSSI} est une première constante prédéfinie et le second critère étant tel que l'information de rapport signal sur bruit SNR doit être telle que :

$$SNR \geq (A + C_{SNR})$$

où A est le rapport signal sur bruit minimum acceptable associée à ladite modulation et C_{SNR} est une deuxième constante prédéfinie.

6) Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que, lorsqu'une modulation a pu être sélectionnée, le niveau d'émission *POWE* est déterminé de la manière suivante :

$$POWE = \max(N_{max} - \min((SNR - (A + C_{SNR})), (RSSI - (S + C_{RSSI}))), N_{min})$$

où N_{max} est un niveau d'émission maximal prédéfini, N_{min} est un niveau d'émission minimal prédéfini, $\min(x,y)$ est une fonction prenant le minimum entre une valeur x et une valeur y , $\max(x,y)$ est une fonction prenant le maximum entre la valeur x et la valeur y .

7) Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que la procédure de détermination est mise en œuvre par ledit serveur, les informations représentatives d'une qualité de réception étant transmises au serveur par ladite première passerelle, et en ce que chaque paramètre de communication déterminé par la procédure de détermination est transmis par le serveur à la première passerelle.

8) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les informations de distance sont déterminées à partir d'informations représentatives d'une géolocalisation de la première passerelle et de chaque seconde passerelle reçues par le serveur.

9) Procédé selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que, dans la procédure de détermination, la détermination de la fréquence centrale est mise en œuvre par la première passerelle, la détermination de la modulation et du niveau d'émission étant mise en œuvre par le serveur ou par la première passerelle.

10) Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que les informations de distance sont déterminées à partir d'informations représentatives d'une géolocalisation de chaque seconde passerelle reçues par la première passerelle.

11) Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que chaque information de géolocalisation d'une seconde passerelle a été transmise dans une trame par une seconde passerelle ayant mesuré ladite information de géolocalisation, ladite seconde passerelle se faisant passer temporairement pour un terminal pour transmettre ladite trame.

- 12) Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que, préalablement à la transmission de la trame comprenant une information de géolocalisation, la seconde passerelle devant transmettre ladite trame a mis en œuvre une procédure d'identification lui permettant de s'identifier auprès d'autres passerelles appartenant
5 audit réseau comprenant la première passerelle, ladite procédure d'identification étant basée sur une transmission d'une signature représentative de ladite passerelle et reconnaissable par chaque passerelle dudit réseau sous forme d'une série de trames vides prédéfinie, chaque trame vide étant transmise avec un niveau d'émission prédéfini.
- 10
- 13) Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 12 caractérisé en ce que des paramètres de communication sont obtenus pour chaque trame montante transmise par le terminal et relayée par la première passerelle ou à intervalles réguliers, une durée de chaque intervalle pouvant être fixe ou adaptée en fonction de
15 statistiques sur une vitesse de variation de caractéristiques d'une bande de fréquences utilisée par ledit réseau.
- 14) Dispositif de détermination de paramètres de communication d'une passerelle, dite première passerelle, avec un terminal, la première passerelle et le
20 terminal étant compris dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, caractérisé en ce que le dispositif comprend :
- des moyens d'obtention pour obtenir (50) au moins une information représentative d'une distance entre la première passerelle (11A) et au moins une seconde passerelle (11B) ; et,
- 25 des moyens de détermination, mis en œuvre lorsqu'au moins une seconde passerelle est située à une distance de la première passerelle inférieure à une distance prédéfinie, pour déterminer (52, 53, 54) des paramètres de communication permettant d'assurer une transmission fiable de la première passerelle vers le terminal et de
30 minimiser une perturbation par ladite transmission de communications de chaque seconde passerelle située à une distance de la première passerelle inférieure à la distance prédéfinie.
- 15) Système de configuration, dans un réseau sans fil à grande portée et permettant une faible consommation d'énergie, de paramètres de communication

d'une passerelle (11A), dite première passerelle, désignée (41) par un serveur (10) dudit réseau (1) pour relayer des informations représentatives d'une réponse à une requête contenant des données reçues (40) par le serveur (10), les données provenant d'un terminal (12) dudit réseau, les informations représentatives d'une réponse étant transmises (43) par le serveur (10) et destinées au terminal (12), caractérisé en ce que le système comprend:

- des moyens d'obtention (30) pour obtenir des paramètres de communication entre ladite première passerelle (11A) et ledit terminal (12) ; et,
- des moyens de configuration pour configurer (31) la première passerelle (11A) de manière à transmettre les informations représentatives d'une réponse en utilisant chaque paramètre de communication obtenu ;
- et, un dispositif selon la revendication 13.

16) Programme d'ordinateur, caractérisé en ce qu'il comprend des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif (100, 110A), le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif (100, 110A).

17) Moyens de stockage, caractérisés en ce qu'ils stockent un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour mettre en œuvre, par un dispositif (100, 110A), le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur dudit dispositif (100, 110A).

1/3

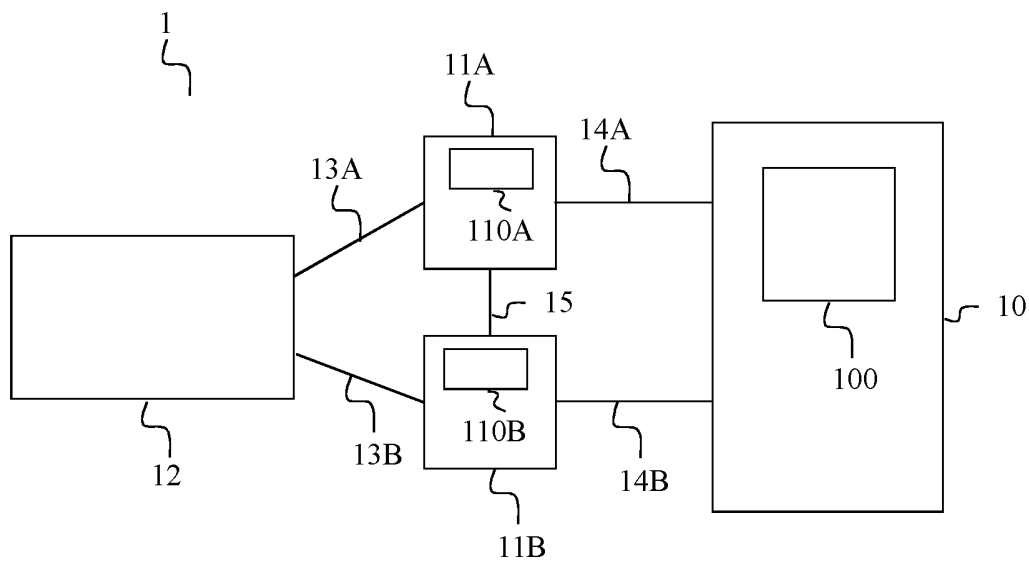


Fig. 1

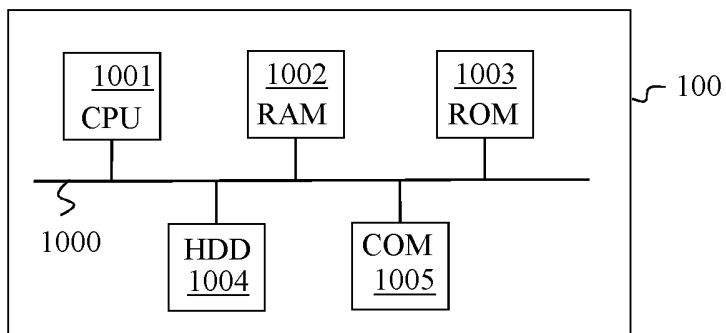


Fig. 2A

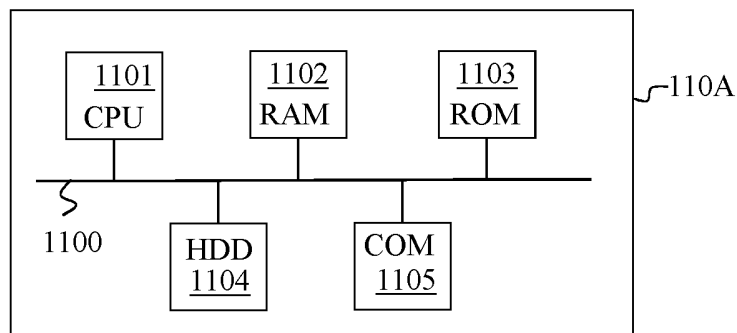


Fig. 2B

2/3

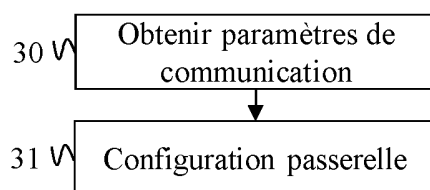


Fig. 3A

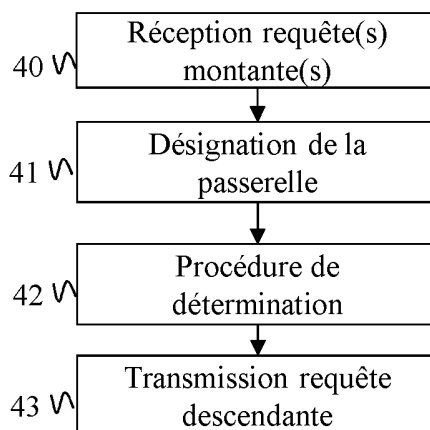


Fig. 3B

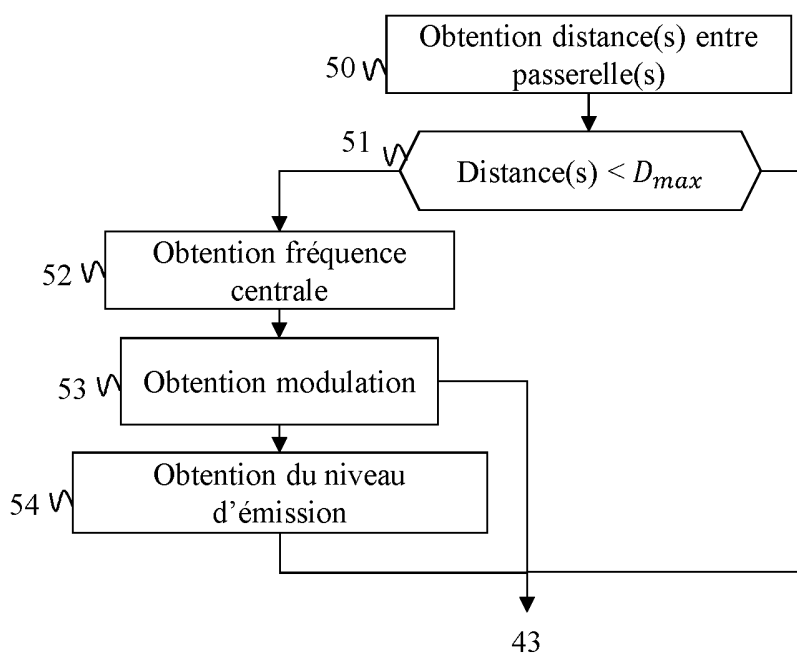


Fig. 3C

3/3

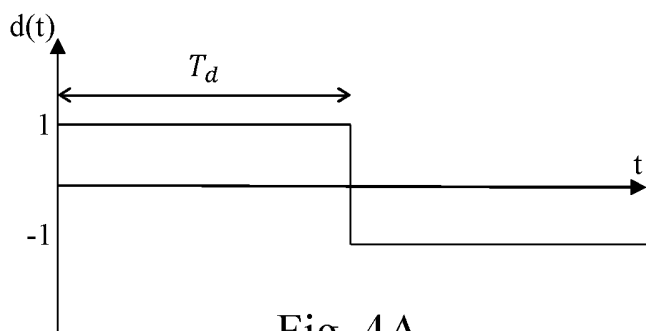


Fig. 4A

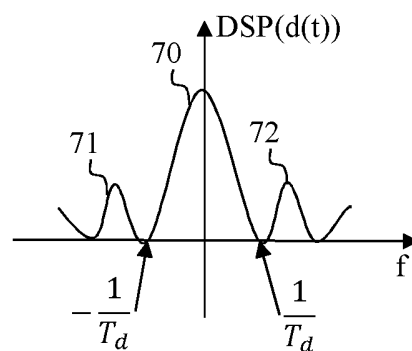


Fig. 5A

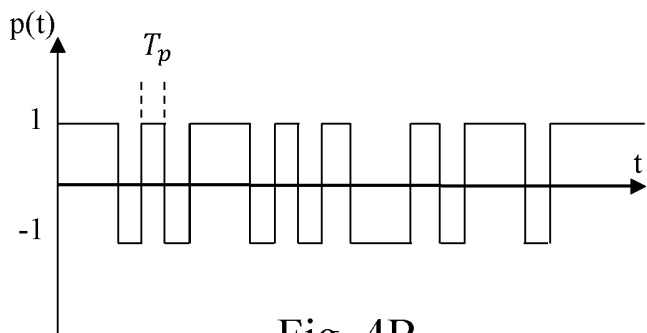


Fig. 4B

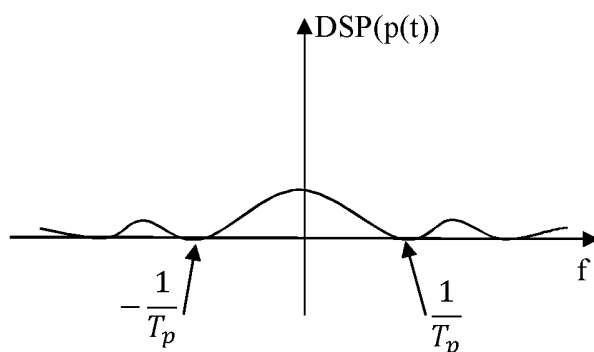


Fig. 5B



Fig. 4C

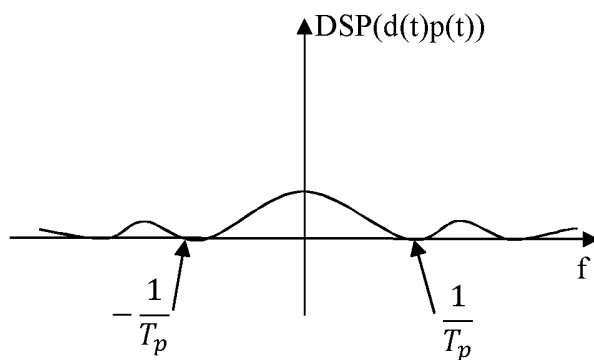


Fig. 5C

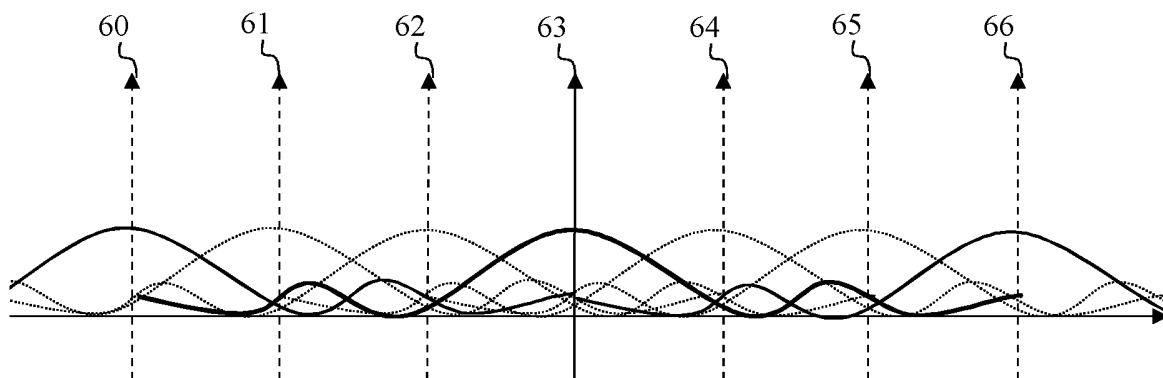


Fig. 6



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 821219
FR 1561345

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		
Y	"LoRa MAC Specification;LTN(14)011004_LoRa_MAC_Speci fications", ETSI DRAFT; LTN(14)011004_LORA_MAC SPECIFICATIONS, EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE (ETSI), 650, ROUTE DES LUCIOLES ; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS ; FRANCE, vol. ISG, 16 janvier 2014 (2014-01-16), pages 1-23, XP014159442, [extrait le 2014-01-16] * pages 1,11 - page 15 *	1-17	H04W24/02 H04L29/02 H04W88/16
Y	EP 0 709 983 A1 (IBM [US]) 1 mai 1996 (1996-05-01) * page 3, ligne 18 - page 4, ligne 47 * * page 10 - page 11 *	1-17	
Y	US 2009/042593 A1 (YAVUZ MEHMET [US] ET AL) 12 février 2009 (2009-02-12) * alinéa [0009] - alinéa [0015]; figure 4 * * alinéa [0078] - alinéa [0098] *	4-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H04W
E	EP 3 002 970 A1 (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 6 avril 2016 (2016-04-06) * alinéas [0015], [0016], [0036] - alinéa [0062] *	1-17	
A	EP 1 806 856 A1 (INTERDIGITAL TECH CORP [US]) 11 juillet 2007 (2007-07-11) * alinéa [0019] - alinéa [0025] * * alinéas [0030], [0031] *	1-17	
A	WO 2004/112325 A1 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; MANGOLD STEFAN [US]) 23 décembre 2004 (2004-12-23) * pages 3,13 - page 16 *	1-17	
	-/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 août 2016		Tozlovanu, Ana-Delia	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 821219
FR 1561345

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		
A	EP 0 544 095 A1 (MOTOROLA INC [US]) 2 juin 1993 (1993-06-02) * page 2 - page 4 * -----	1-17	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 août 2016		Tozlovanu, Ana-Delia	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>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</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1561345 FA 821219**

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 30-08-2016

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
EP 0709983	A1	01-05-1996	DE 69427404 D1	12-07-2001
			DE 69427404 T2	08-11-2001
			EP 0709983 A1	01-05-1996
			US 5781536 A	14-07-1998
			US 5870385 A	09-02-1999
			US 6597671 B1	22-07-2003

US 2009042593	A1	12-02-2009	AU 2008286999 A1	19-02-2009
			AU 2008287004 A1	19-02-2009
			AU 2008287008 A1	19-02-2009
			AU 2008287016 A1	19-02-2009
			BR PI0814867 A2	03-02-2015
			BR PI0814869 A2	03-02-2015
			BR PI0814943 A2	27-01-2015
			BR PI0815099 A2	18-02-2015
			CA 2693272 A1	19-02-2009
			CA 2693279 A1	19-02-2009
			CA 2693920 A1	19-02-2009
			CA 2694167 A1	19-02-2009
			CN 101779500 A	14-07-2010
			CN 101779502 A	14-07-2010
			CN 101779503 A	14-07-2010
			CN 101785349 A	21-07-2010
			CN 103476100 A	25-12-2013
			CN 104486830 A	01-04-2015
			EP 2177068 A2	21-04-2010
			EP 2177069 A2	21-04-2010
			EP 2186365 A2	19-05-2010
			EP 2186366 A2	19-05-2010
			HK 1208583 A1	04-03-2016
			JP 5275350 B2	28-08-2013
			JP 5290291 B2	18-09-2013
			JP 5602906 B2	08-10-2014
			JP 5726964 B2	03-06-2015
			JP 5755446 B2	29-07-2015
			JP 5932099 B2	08-06-2016
			JP 2010536307 A	25-11-2010
			JP 2010536308 A	25-11-2010
			JP 2010536309 A	25-11-2010
			JP 2010536311 A	25-11-2010
JP 2013158017 A	15-08-2013			
JP 2014030198 A	13-02-2014			
JP 2015165692 A	17-09-2015			
KR 20100051855 A	18-05-2010			
KR 20100053640 A	20-05-2010			
KR 20100053641 A	20-05-2010			

EPO FORM P0465

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

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1561345 FA 821219**

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 30-08-2016

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	
		KR 20100053642 A	20-05-2010	
		KR 20120124494 A	13-11-2012	
		MY 152059 A	15-08-2014	
		RU 2010108454 A	20-09-2011	
		RU 2010108468 A	20-09-2011	
		RU 2010108515 A	20-09-2011	
		RU 2010108527 A	20-09-2011	
		SG 184736 A1	30-10-2012	
		SG 184737 A1	30-10-2012	
		TW 200917695 A	16-04-2009	
		TW 200917696 A	16-04-2009	
		TW 200926643 A	16-06-2009	
		TW 200926644 A	16-06-2009	
		US 2009042593 A1	12-02-2009	
		US 2009042594 A1	12-02-2009	
		US 2009042595 A1	12-02-2009	
		US 2009042596 A1	12-02-2009	
		WO 2009023587 A2	19-02-2009	
		WO 2009023592 A2	19-02-2009	
		WO 2009023596 A2	19-02-2009	
		WO 2009023604 A2	19-02-2009	
EP 3002970	A1	06-04-2016	EP 3002970 A1	06-04-2016
			KR 20160038397 A	07-04-2016
			US 2016095113 A1	31-03-2016
EP 1806856	A1	11-07-2007	AUCUN	
WO 2004112325	A1	23-12-2004	EP 1639765 A1	29-03-2006
			JP 2007528134 A	04-10-2007
			KR 20060015649 A	17-02-2006
			US 2006148482 A1	06-07-2006
			WO 2004112325 A1	23-12-2004
EP 0544095	A1	02-06-1993	DE 69230716 D1	06-04-2000
			DE 69230716 T2	28-12-2000
			EP 0544095 A1	02-06-1993
			US 5708969 A	13-01-1998