

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la  
Propriété Intellectuelle  
Bureau international

(43) Date de la publication internationale  
06 août 2020 (06.08.2020)



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2020/157033 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
**H04B 7/155** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/EP2020/051982

(22) Date de dépôt international :  
28 janvier 2020 (28.01.2020)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
1900995 01 février 2019 (01.02.2019) FR

(71) Déposant : **SIGFOX** [FR/FR] ; 425, Rue Jean Rostand,  
31670 LABEGE (FR).

(72) Inventeurs : **CHALBOS, Nicolas** ; 1295 Route de Tou-  
louse, 31600 EAUNES (FR). **HUBERT, Loïc** ; 8 rue de la  
Poste, 31410 Saint-Sulpice-Sur-Lèze (FR). **MANSUY, Ar-  
naud** ; 49 rue Reclusane, 31300 TOULOUSE (FR).

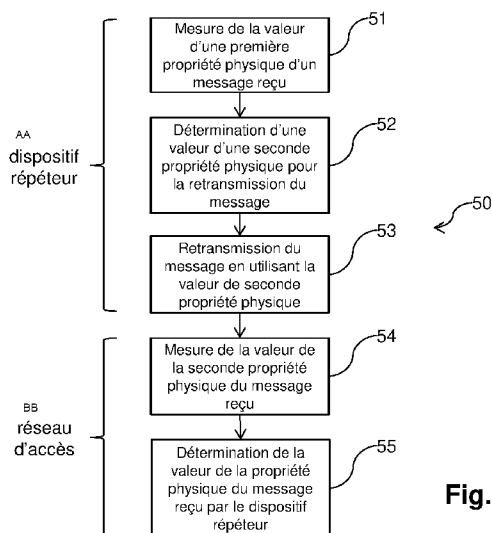
(74) Mandataire : **IPSIDE** ; 6, Impasse Michel Labrousse,  
31100 TOULOUSE (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,  
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,  
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,  
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,  
HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR,  
KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,  
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,  
ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM),  
européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES,  
FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK,  
MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR ACHIEVING WIRELESS COMMUNICATION BETWEEN A SENDER DEVICE AND A RECEIVER DEVICE BY MEANS OF A REPEATER DEVICE, WITHOUT LOSS OF INFORMATION ON A PHYSICAL PROPERTY

(54) Titre : PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE COMMUNICATION SANS FIL ENTRE UN DISPOSITIF ÉMETTEUR ET UN DISPOSITIF RÉCEPTEUR AU MOYEN D'UN DISPOSITIF RÉPÉTEUR, SANS PERTE D'INFORMATION SUR UNE PROPRIÉTÉ PHYSIQUE



AA: repeater device  
BB: access network  
51: Measuring the value of a first physical property of a received message  
52: Determining a value of a second physical property for the retransmission of the message  
53: Retransmitting the message using the value of the second physical property  
54: Measuring the value of the second physical property of the received message  
55: Determining the value of the physical property of the message received by the repeater device

Fig. 3

(57) Abstract: The present invention relates to a method (50) for achieving wireless communication between a sender device (20) and a receiver device (30) via a repeater device (40), comprising steps of: - (51) measuring, with the repeater device (40), the value of a first physical property of a message received from the sender device (20), - (52) determining, with the repeater device and depending on the value of the first physical property measured for the received message, the value of a second physical property to be used for the retransmission of said message, - (53) retransmitting, with the repeater device (40), the message to the receiver device (30), using the determined value of the second physical property.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé (50) de communication sans fil entre un dispositif émetteur (20) et un dispositif récepteur (30) par l'intermédiaire d'un dispositif répéteur (40), comportant des étapes de : - (51) mesure, par le dispositif répéteur (40), de la valeur d'une première propriété physique d'un message reçu du dispositif émetteur (20), - (52) détermination, par le dispositif répéteur et en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, de la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message, - (53) retransmission, par le dispositif répéteur (40), du message à destination du dispositif récepteur (30), en utilisant la valeur déterminée de la seconde propriété physique.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

**Procédé et système de communication sans fil entre un dispositif émetteur et un dispositif récepteur au moyen d'un dispositif répéteur, sans perte d'information sur une propriété physique**

**Domaine de l'invention**

La présente invention appartient au domaine des télécommunications numériques, et concerne plus particulièrement un procédé et un système de communication sans fil entre un dispositif émetteur et un dispositif récepteur  
5 par l'intermédiaire d'un dispositif répéteur.

**Etat de la technique**

De manière conventionnelle, un dispositif répéteur peut être mis en œuvre, par exemple, pour augmenter la portée d'un système de communication sans fil comportant des terminaux et un réseau d'accès sans fil comportant une  
10 pluralité de stations de base. En effet, il peut parfois se produire, pour diverses raisons, que des terminaux se trouvent hors de portée des stations de base, de sorte que les messages émis par ces terminaux ne peuvent pas être reçus par le réseau d'accès sans fil.

Dans un tel cas, il est possible de prévoir un dispositif répéteur, placé par  
15 exemple entre lesdites terminaux et une station de base dudit réseau d'accès sans fil, de telle sorte que ledit dispositif répéteur est adapté à recevoir les messages émis par les terminaux, et de telle sorte que le réseau d'accès sans fil est adapté à recevoir les messages émis par le dispositif répéteur. Dans un tel cas, le dispositif répéteur retransmet à destination du réseau d'accès sans fil  
20 les messages préalablement reçus desdits terminaux, de sorte que les terminaux peuvent échanger des messages avec ledit réseau d'accès sans fil par l'intermédiaire dudit dispositif répéteur.

Un inconvénient est que certaines informations, relatives à une propriété physique des messages reçus, peuvent être perdues lors de la mise en œuvre  
25 de tels dispositifs répéteurs. Or de telles informations peuvent être utiles pour certaines applications, notamment pour la géolocalisation.

Par exemple, les instants de réception d'un même message par plusieurs dispositifs récepteurs et/ou dispositifs répéteurs de positions géographiques respectives connues permettent d'estimer la position géographique du

dispositif émetteur qui a émis ledit message. En retransmettant le message, l'information sur la valeur de l'instant de réception dudit message par le dispositif répéteur peut être perdue.

De manière analogue, les puissances de réception d'un même message par plusieurs dispositifs récepteurs et/ou dispositifs répéteurs de positions géographiques respectives connues permettent d'estimer la position géographique du dispositif émetteur. Or du fait que les messages sont amplifiés par le dispositif répéteur, l'information sur la valeur de la puissance de réception dudit message par le dispositif répéteur peut être perdue.

10 Suivant encore un exemple, les fréquences de réception d'un même message par plusieurs dispositifs récepteurs et/ou dispositifs répéteurs de positions géographiques respectives connues permettent d'estimer la position géographique du dispositif émetteur (par des techniques connues dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de « Frequency Difference of Arrival » ou  
15 FDOA). En retransmettant le message, l'information sur la valeur de la fréquence de réception dudit message par le dispositif répéteur peut être perdue, en particulier si le dispositif répéteur retransmet le message reçu sur une fréquence différente de celle sur laquelle il a reçu ledit message.

Une solution possible réside dans l'ajout, dans les données incluses dans le message reçu, de données additionnelles représentatives de la valeur de la propriété physique considérée (par exemple instant de réception, puissance de  
20 réception, fréquence de réception, etc.).

Toutefois, une telle solution implique de démoduler et de décoder entièrement chaque message reçu, d'ajouter les données additionnelles, puis de réencoder et de remoduler le tout (données incluses initialement dans le message reçu et les données additionnelles). Ainsi, la complexité de calcul associée peut être élevée si le nombre de messages à retransmettre est important. En particulier, pour des applications du type M2M (acronyme anglo-saxon pour « Machine-to-Machine ») ou du type « Internet des objets » (« Internet of Things » ou IoT  
25 dans la littérature anglo-saxonne), le nombre de terminaux susceptibles d'émettre des messages à retransmettre peut s'avérer très élevé, et peut nécessiter une complexité de calcul trop importante.

En outre, une telle solution implique d'augmenter la quantité de données

incluses dans chaque message, et donc d'augmenter la durée de chaque message. Or dans les applications du type M2M et IoT, la durée de chaque message doit de préférence être réduite au maximum.

Enfin, il n'est parfois pas possible d'ajouter des données additionnelles dans  
5 les données incluses dans le message reçu. C'est le cas notamment lorsque les données incluses dans le message reçu comportent des données utiles et des données de contrôle, les données de contrôle étant incluses à des fins de sécurité et étant déterminées à partir desdites données utiles et d'une clé privée non connue a priori du dispositif répéteur. Dans un tel cas, l'ajout de  
10 données additionnelles par le dispositif répéteur risquerait de compromettre la sécurité du système de communication sans fil.

### **Exposé de l'invention**

La présente invention a pour objectif de remédier à tout ou partie des limitations des solutions de l'art antérieur, notamment celles exposées ci-avant,  
15 en proposant une solution qui permette de conserver, lors de la retransmission, des informations relatives à une propriété physique d'un message reçu, sans avoir à augmenter la durée dudit message lors de la retransmission.

A cet effet, et selon un premier aspect, l'invention concerne un procédé de communication sans fil entre un dispositif émetteur et un dispositif récepteur  
20 par l'intermédiaire d'un dispositif répéteur, ledit dispositif émetteur émettant un message dans une bande fréquentielle qui est reçu par ledit dispositif répéteur, ledit dispositif répéteur retransmettant dans ladite bande fréquentielle le message reçu à destination dudit dispositif récepteur. Le procédé comporte des étapes de :

- 25 - mesure, par le dispositif répéteur, de la valeur d'une première propriété physique du message reçu du dispositif émetteur,
- détermination, par le dispositif répéteur et en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, de la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message,
- 30 la seconde propriété physique étant différente de la première propriété physique,
- retransmission, par le dispositif répéteur, du message à destination du dispositif récepteur, en utilisant la valeur de la seconde propriété physique

déterminée en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu.

Ainsi, pour chaque message reçu, le dispositif répéteur mesure la valeur de la première propriété physique considérée, susceptible d'être perdue lors de la retransmission dudit message. A partir de la valeur mesurée, le dispositif  
5 répéteur détermine la valeur d'une seconde propriété physique, différente de la première propriété physique, à utiliser lors de la retransmission du message. La première propriété physique et la seconde propriété physique sont différentes, c'est-à-dire qu'elles sont de types respectifs différents. Par  
10 exemple, le temps (par exemple l'instant de réception ou de retransmission du message), la fréquence, la puissance et la phase correspondent à quatre propriétés physiques de types différents.

Par exemple, la première propriété physique correspond à l'instant de réception du message par le dispositif répéteur, et la seconde propriété  
15 physique correspond à la fréquence sur laquelle ledit message est retransmis. Ainsi, le dispositif répéteur mesure l'instant de réception du message, détermine la fréquence de retransmission en fonction de l'instant de réception dudit message, et retransmet ledit message sur la fréquence de retransmission déterminée. Un dispositif récepteur qui reçoit le message retransmis peut alors  
20 estimer l'instant auquel le dispositif répéteur a reçu ce message en fonction de la fréquence sur lequel ce message a été retransmis par le dispositif répéteur.

Suivant un autre exemple, la première propriété physique correspond à la puissance de réception du message par le dispositif répéteur, et la seconde  
25 propriété physique correspond à la fréquence sur laquelle ledit message est retransmis. Ainsi, le dispositif répéteur mesure la puissance de réception du message, détermine la fréquence de retransmission en fonction de la puissance de réception dudit message, et retransmet ledit message sur la fréquence de retransmission déterminée. Un dispositif récepteur qui reçoit le  
30 message retransmis peut alors estimer la puissance avec laquelle le dispositif répéteur a reçu ce message en fonction de la fréquence sur lequel ce message a été retransmis par le dispositif répéteur.

La valeur de la première propriété physique du message reçu est susceptible d'être perdue, notamment, si le nombre de valeurs possibles pour la première

propriété physique lors de la retransmission est très réduit. C'est pourquoi il est avantageux d'encoder la valeur de la première propriété physique du message reçu dans la valeur d'une seconde propriété physique du message retransmis, si le nombre de valeurs possibles pour la seconde propriété physique lors de la retransmission est plus important.

Par exemple, si la première propriété physique correspond à l'instant de réception d'un message, et si le dispositif répéteur ne retransmet pas immédiatement chaque message reçu (par exemple parce qu'il collecte des messages pendant une fenêtre de collecte de durée prédéterminée afin de les retransmettre simultanément), alors l'information sur l'instant de réception de chaque message est perdue. En effet, pour tous les messages reçus durant la fenêtre de collecte, il n'existe alors qu'un seul instant de retransmission possible. Il est alors avantageux d'encoder cette information dans une autre propriété physique du message retransmis, par exemple dans la fréquence de retransmission du message.

Suivant un autre exemple, si la première propriété physique correspond à la puissance de réception d'un message, et si le dispositif répéteur retransmet chaque message reçu avec une puissance de retransmission prédéfinie, identique pour tous les messages, alors l'information sur la puissance de réception de chaque message est perdue. En effet, quelle que soit la puissance de réception dudit message, il n'existe alors qu'une seule puissance de retransmission possible. Il est alors avantageux d'encoder cette information dans une autre propriété physique du message retransmis, par exemple dans la fréquence de retransmission du message.

En outre, seule la seconde propriété physique du message retransmis est utilisée pour encoder la valeur de la première propriété physique. Par conséquent, aucune donnée additionnelle n'est ajoutée aux données incluses par le dispositif émetteur dans le message reçu. En effet, le dispositif émetteur forme des données qui sont encodées et modulées sous la forme d'un message qui se présente sous la forme d'un signal radioélectrique. Ces données sont retransmises inchangées par le dispositif répéteur, et sans ajouter de données additionnelles qui seraient également encodées et modulées selon le même protocole que pour les données émises par le

dispositif émetteur. La durée du message retransmis est donc la même que celle du message reçu. Seule la valeur de la seconde propriété physique du message retransmis est impactée par l'invention. Cette seconde propriété physique, qui ne portait aucune information dans l'art antérieur, est  
5 avantageusement utilisée pour encoder la valeur de la première propriété physique du message reçu.

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

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la valeur de la seconde propriété physique du message retransmis est déterminée de telle sorte qu'un écart entre ladite valeur de la seconde propriété physique dudit message retransmis et une valeur de référence prédéterminée de ladite seconde  
15 propriété physique est représentatif d'un écart entre une valeur de référence de la première propriété physique et la valeur de ladite première propriété physique mesurée pour le message reçu.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, le procédé de communication sans fil comporte une étape de formation et de transmission, par le dispositif  
20 répéteur, d'un message de référence en utilisant la valeur de référence de la seconde propriété physique.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, le procédé de communication sans fil comporte des étapes de :

- mesure, par le dispositif récepteur, de la valeur de la seconde propriété  
25 physique du message reçu du dispositif répéteur,
- détermination, par le dispositif récepteur, de la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur en fonction de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu par ledit dispositif récepteur.

30 Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la première propriété physique est l'instant auquel le message est reçu par le dispositif répéteur, et la seconde propriété physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :

- fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,
- puissance avec laquelle ledit message est retransmis,
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la première propriété physique est la puissance avec laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur, et la seconde propriété physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :

- instant auquel ledit message est retransmis,
- fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,
- 10 - phase avec laquelle ledit message est retransmis.

Dans des modes particuliers de mise en œuvre, la première propriété physique est la fréquence sur laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur, et la seconde propriété physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :

- 15 - instant auquel ledit message est retransmis,
- puissance avec laquelle ledit message est retransmis,
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.

Selon un second aspect, la présente invention concerne un dispositif répéteur adapté à recevoir un message émis dans une bande fréquentielle par un dispositif émetteur et à retransmettre dans ladite bande fréquentielle le message reçu à destination d'un dispositif récepteur. Le dispositif répéteur comporte des moyens configurés pour :

- mesurer la valeur d'une première propriété physique du message reçu du dispositif émetteur,
- 25 - déterminer, en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message, la seconde propriété physique étant différente de la première propriété physique,
- retransmettre le message à destination du dispositif récepteur (30), en
- 30 utilisant la valeur de la seconde propriété physique déterminée en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu.

Dans des modes particuliers de réalisation, le dispositif répéteur 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 réalisation, le dispositif répéteur est configuré pour déterminer la valeur de la seconde propriété physique du message retransmis de telle sorte qu'un écart entre ladite valeur de la seconde propriété physique dudit message retransmis et une valeur de référence prédéterminée de ladite seconde propriété physique est représentatif d'un écart entre une valeur de référence de la première propriété physique et la valeur de ladite première propriété physique mesurée pour le message reçu.

Dans des modes particuliers de réalisation, le dispositif répéteur comporte des moyens configurés pour former et transmettre un message de référence en utilisant la valeur de référence de la seconde propriété physique.

Selon un troisième aspect, la présente invention concerne un système de communication sans fil comportant un dispositif récepteur et un dispositif répéteur selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention, et le dispositif récepteur comporte des moyens configurés pour :

- mesurer la valeur de la seconde propriété physique du message reçu du dispositif répéteur,
- déterminer la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur en fonction de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu par ledit dispositif récepteur.

### **Présentation des figures**

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 qui représentent :

[Fig. 1] Figure 1 : une représentation schématique d'un exemple de réalisation d'un système de communication sans fil,

[Fig. 2] Figure 2 : une représentation schématique d'un exemple de réalisation d'un dispositif répéteur,

[Fig. 3] Figure 3 : un diagramme illustrant les principales étapes d'un procédé de communication sans fil,

[Fig. 4] Figure 4 : un diagramme illustrant le fonctionnement d'un premier exemple de mise en œuvre du procédé de communication sans fil de la figure 3,

[Fig. 5] Figure 5 : un diagramme illustrant le fonctionnement d'un second exemple de mise en œuvre du procédé de communication sans fil de la figure 3,

[Fig. 6] Figure 6 : un diagramme illustrant le fonctionnement d'un troisième exemple de mise en œuvre du procédé de communication sans fil de la figure 3,

[Fig. 7] Figure 7 : un diagramme illustrant le fonctionnement d'un quatrième exemple de mise en œuvre du procédé de communication sans fil de la figure 3.

10 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.

### **Description des modes de réalisation**

La figure 1 représente schématiquement un système 10 de communication sans fil, comportant plusieurs terminaux 20 et un réseau d'accès 30 comportant plusieurs stations de base 31.

Les terminaux 20 et les stations de base 31 du réseau d'accès échangent des messages sous la forme de signaux radioélectriques. Par « signal radioélectrique », on entend une onde électromagnétique se propageant via des moyens non filaires, dont les fréquences sont comprises dans le spectre traditionnel des ondes radioélectriques (quelques hertz à plusieurs centaines de gigahertz).

Les terminaux 20 sont par exemple adaptés à émettre des messages sur un lien montant à destination du réseau d'accès 30, dans une bande fréquentielle prédéfinie. La bande fréquentielle utilisée sur le lien montant est de préférence une bande ISM (« Industrial, Scientific and Medical »), par exemple de fréquences inférieures à 1 gigahertz. Chaque station de base 31 est adaptée à recevoir les messages des terminaux 20 qui se trouvent à sa portée. Chaque message ainsi reçu est par exemple transmis à un serveur 32 du réseau d'accès 30, éventuellement accompagné d'autres informations comme un identifiant de la station de base 31 qui l'a reçu, la fréquence dudit message reçu, etc. Le serveur 32 traite par exemple l'ensemble des messages reçus par les stations de base 31.

En outre, le réseau d'accès 30 peut également être adapté à émettre, par l'intermédiaire des stations de base 31, des messages sur un lien descendant à destination des terminaux 20, lesquels sont le cas échéant adaptés à les recevoir. Les messages sont émis sur le lien descendant dans une bande  
5 fréquentielle prédéfinie. La bande fréquentielle utilisée sur le lien descendant peut être distincte de la bande fréquentielle utilisée sur le lien montant, ou bien la même bande fréquentielle peut être utilisée à la fois sur le lien montant et sur le lien descendant.

Tel qu'illustré par la figure 1, certains terminaux 20 se trouvent hors de portée  
10 du réseau d'accès 30, c'est-à-dire qu'ils se trouvent en dehors d'une zone de couverture  $Z_c$  dudit réseau d'accès 30. Pour permettre à ces terminaux 20 d'échanger des messages avec le réseau d'accès 30, le système 10 de communication sans fil comporte un dispositif répéteur 40, qui est dans la zone de couverture  $Z_c$ .

15 De préférence, le dispositif répéteur 40 est situé à la surface de la Terre. Par « situé à la surface de la Terre », on entend que le dispositif répéteur 40 est situé à une altitude égale ou inférieure à 25 kilomètres. En particulier, le dispositif répéteur 40 n'est alors pas embarqué dans un satellite en orbite terrestre. De préférence, tout ou partie des stations de base 31 et tout ou partie  
20 des terminaux 20 sont également situés à la surface de la Terre.

Dans la suite de la description, on se place de manière non limitative dans le cas où le dispositif répéteur 40 est mis en œuvre sur le lien montant, c'est-à-dire pour recevoir des messages émis par des terminaux 20 et les retransmettre à destination du réseau d'accès 30.

25 Rien n'exclut cependant, suivant d'autres exemples, de mettre en œuvre le dispositif répéteur 40 sur le lien descendant, c'est-à-dire pour recevoir des messages émis par des stations de base 31 et les retransmettre à destination des terminaux 20. De manière générale, le dispositif répéteur 40 peut être mis en œuvre sur le lien montant et/ou le lien descendant.

30 Le dispositif répéteur 40 peut mettre en œuvre des traitements plus ou moins complexes. Le choix d'un type particulier pour le dispositif répéteur 40 ne constitue qu'une variante d'implémentation de l'invention.

Le dispositif répéteur 40 est adapté à recevoir, dans la bande fréquentielle du

lien montant, les messages des terminaux 20 qui se trouvent à sa portée (représentée par une zone de couverture Zr sur la figure 1). Les messages reçus sont retransmis, dans la bande fréquentielle du lien montant sur laquelle lesdits messages ont été reçus, à destination du réseau d'accès 30. Les messages retransmis sont reçus par au moins une station de base 31 à portée de laquelle se trouve le dispositif répéteur 40.

De préférence, les messages retransmis par le dispositif répéteur 40 sont mis en forme selon le même protocole de communication que les messages émis par les terminaux 20. Ainsi, une station de base 31 reçoit les messages retransmis par le dispositif répéteur 40 de la même façon que les messages reçus des terminaux 20 qui se trouvent à sa portée, et donc comme s'ils avaient été reçus directement des terminaux 20 qui se trouvent en dehors de sa portée. En d'autres termes, c'est un même module de réception de la station de base 31 qui est utilisé pour recevoir chaque message émis sur le lien montant, qu'il s'agisse d'un message émis par un terminal 20 ou d'un message retransmis par le dispositif répéteur 40.

La figure 2 représente schématiquement un exemple non limitatif de réalisation d'un dispositif répéteur 40. Tel qu'illustré par la figure 2, le dispositif répéteur 40 comporte un module de réception 41, un module d'émission 42 et un circuit de traitement 43.

Le module de réception 41 est adapté à recevoir les messages émis sur le lien montant et le module d'émission 42 est adapté à (re)transmettre des messages sur le lien montant. Le module de réception 41 et le module d'émission 42 comportent notamment des circuits radioélectriques respectifs comportant des équipements (antenne, amplificateur, oscillateur local, mélangeur, filtre analogique, etc.) connus de l'homme de l'art.

Le circuit de traitement 43 est adapté à mettre en œuvre les traitements nécessaires après réception par le module de réception 41 et avant (re)transmission par le module d'émission 42, et en particulier pour mettre en œuvre avec ledit module de réception 41 et ledit module d'émission 42 les étapes qui concernent le dispositif répéteur 40 d'un procédé 50 de communication sans fil qui sera décrit ci-après. Le circuit de traitement 43 comporte par exemple un ou plusieurs processeurs et des moyens de

mémorisation (disque dur magnétique, mémoire électronique, disque optique, etc.) dans lesquels est mémorisé un produit programme d'ordinateur, sous la forme d'un ensemble d'instructions de code de programme à exécuter. Alternativement ou en complément, le circuit de traitement 43 comporte un ou des circuits logiques programmables (FPGA, PLD, etc.), et/ou un ou des circuits intégrés spécialisés (ASIC, etc.), et/ou un ensemble de composants électroniques discrets, etc.

En d'autres termes, le circuit de traitement 43, le module de réception 41 et le module d'émission 42 correspondent à des moyens configurés de façon logicielle (produit programme d'ordinateur spécifique) et/ou matérielle (FPGA, PLD, ASIC, composants électroniques discrets, circuit radioélectrique, etc.) pour mettre en œuvre les étapes qui concernent le dispositif répéteur 40 d'un procédé 50 de de communication sans fil décrit ci-après.

La figure 3 représente schématiquement les principales étapes d'un procédé 50 de communication sans fil entre les terminaux 20 et le réseau d'accès 30, par l'intermédiaire du dispositif répéteur 40.

Tel qu'illustré par la figure 3, le procédé 50 de communication sans fil comporte des étapes de :

- 51 mesure, par le dispositif répéteur 40, de la valeur d'une première propriété physique d'un message reçu d'un dispositif émetteur 20,
  - 52 détermination, par le dispositif répéteur 40 et en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, de la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message, la seconde propriété physique étant différente de la première propriété physique,
  - 53 retransmission, par le dispositif répéteur 40, du message à destination à destination d'au moins une station de base 31 du réseau d'accès 30, en utilisant la valeur de la seconde propriété physique déterminée en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu.
- Ainsi, pour chaque message reçu, le dispositif répéteur 40 mesure la valeur de la propriété physique considérée, susceptible d'être perdue lors de la retransmission dudit message. A partir de la valeur mesurée, le dispositif répéteur 40 détermine la valeur d'une seconde propriété physique, à utiliser

lors de la retransmission du message. La première propriété physique et la seconde propriété physique sont différentes, c'est-à-dire qu'elles sont de types respectifs différents. Par exemple, le temps (par exemple l'instant de réception ou de retransmission du message), la fréquence, la puissance et la phase correspondent à quatre propriétés physiques de types différents.

En d'autres termes, le dispositif répéteur 40 réalise une conversion de la première propriété physique du message reçu vers une seconde propriété physique du message retransmis, la valeur de la seconde propriété physique du message retransmis étant représentative de la valeur de la première propriété physique du message reçu.

Tel qu'illustré par la figure 3, le procédé 50 de communication sans fil peut comporter en outre, si le réseau d'accès 30 est configuré pour déterminer la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur 40, des étapes de :

- 54 mesure, par le réseau d'accès 30, de la valeur de la seconde propriété physique du message reçu du dispositif répéteur 40,
- 55 détermination, par le réseau d'accès 30, de la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur 40 en fonction de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu par le réseau d'accès 30.

Le message retransmis par le dispositif répéteur 40 est reçu par au moins une station de base 31 du réseau d'accès 30. En mesurant la valeur de la seconde propriété physique du message reçu par une station de base 31, on obtient une grandeur représentative de la valeur de la seconde propriété physique utilisée par le dispositif répéteur 40 pour retransmettre ce message. La valeur de la seconde propriété physique utilisée lors de la retransmission ayant été déterminée à partir de la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur 40 en appliquant une fonction connue du réseau d'accès 30, on comprend que le réseau d'accès 30 peut estimer la valeur de la première propriété physique à partir de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu du dispositif répéteur 40.

On décrit à présent des exemples non limitatifs de mise en œuvre du procédé 50 de communication sans fil, en considérant différentes combinaisons de

propriétés physiques pour la première propriété physique et la seconde propriété physique.

A) Conversion instant de réception / fréquence de retransmission

Suivant un premier exemple non limitatif, la première propriété physique  
5 correspond à l'instant auquel le message est reçu par le dispositif répéteur 40, et la seconde propriété physique correspond à la fréquence sur laquelle ledit dispositif répéteur 40 retransmet ledit message.

Dans la suite de la description, on se place de manière nullement limitative dans le cas où le dispositif répéteur 40, plutôt que de retransmettre  
10 immédiatement chaque message reçu, commence par collecter pendant toute la durée d'une fenêtre de collecte des messages émis par des terminaux 20. Ce mode de mise en œuvre est cependant également applicable lorsque le dispositif répéteur 40 retransmet immédiatement chaque message reçu.

La durée de la fenêtre de collecte doit permettre de collecter au moins deux  
15 messages qui ne sont pas reçus simultanément par le dispositif répéteur 40. Par conséquent, la durée de la fenêtre de collecte est avantageusement au moins deux fois supérieure à une durée de référence des messages émis par les terminaux 20. Si tous les messages ont la même durée, alors la durée de référence correspond à la durée de chaque message. Si les messages n'ont  
20 pas tous la même durée, la durée de référence correspond à la durée minimale que peut durer un message émis par un terminal 20. Dans des modes préférés de mise en œuvre, la durée de la fenêtre de collecte est au moins cinq fois supérieure à la durée de référence des messages, voire au moins dix fois supérieure à ladite durée de référence.

Après avoir collecté des messages pendant la durée de la fenêtre de collecte, le dispositif répéteur 40 retransmet les messages reçus. Suivant un exemple non limitatif, le dispositif répéteur 40 peut retransmettre simultanément au moins deux messages qui n'ont pas été reçus simultanément, afin de réduire l'occupation temporelle desdits messages lors de la retransmission par ledit  
30 dispositif répéteur 40. Le cas échéant, le dispositif répéteur 40, de préférence, retransmet simultanément tous les messages reçus, afin de minimiser l'occupation temporelle requise pour la retransmission.

La figure 4 représente schématiquement un spectrogramme, c'est-à-dire une

représentation fréquence / temps des signaux radioélectriques dans la bande fréquentielle utilisée pour l'émission et la retransmission sur le lien montant de messages par les terminaux 20 et par le dispositif répéteur 40.

Tel qu'illustré par la figure 4, la fenêtre de collecte, considérée comme étant de durée  $\Delta T$ , débute à un instant  $t_0$ . Le dispositif répéteur 40 reçoit, à un instant  $t_m$  ( $t_m > t_0$ ), un message  $M_m$  émis par un terminal 20, sur une fréquence  $F_m$  à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant.

Au cours de l'étape 51 de mesure, le dispositif répéteur 40 mesure l'instant  $t_m$  de réception du message  $M_m$  puis détermine, au cours de l'étape 52 de détermination et en fonction de l'instant  $t_m$  de réception, la fréquence  $F'_m$  sur laquelle ledit message doit être retransmis à destination du réseau d'accès 30. La fréquence  $F'_m$  de retransmission, qui dépend de l'instant  $t_m$  de réception du message  $M_m$ , est donc le plus souvent différente de la fréquence  $F_m$  sur laquelle ledit message  $M_m$  a été reçu par le dispositif répéteur 40. Ensuite, le dispositif répéteur 40 retransmet le message  $M_m$  à un instant  $t_r$  ( $t_r \geq t_0 + \Delta T$ ) et sur la fréquence  $F'_m$  déterminée en fonction de l'instant  $t_m$ .

Au cours de l'étape 52 de détermination, les fréquences de retransmission sont déterminées de telle sorte que deux messages reçus à des instants différents sont retransmis sur des fréquences différentes. De préférence, la fonction utilisée pour déterminer les fréquences de retransmission est telle qu'une fréquence à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant ne correspond qu'à un seul instant de réception à l'intérieur de la fenêtre de collecte. Eventuellement, plusieurs fréquences à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant peuvent correspondre à un même instant de réception à l'intérieur de la fenêtre de collecte. En effet, si deux messages sont reçus au même instant sur deux fréquences différentes, ceux-ci ne peuvent pas être retransmis simultanément sur la même fréquence (sauf éventuellement dans le cas d'un accès multiple par répartition en codes). En associant plusieurs fréquences possibles à un même instant de réception à l'intérieur de la fenêtre de collecte, ces deux messages pourront donc être retransmis sur des fréquences respectives différentes, toutes deux représentatives de l'instant auquel ces deux messages ont été reçus simultanément.

Dans des modes préférés de mise en œuvre, les fréquences de retransmission des messages sont déterminées de telle sorte qu'un écart fréquentiel entre une fréquence de retransmission d'un message et une fréquence de référence prédéterminée est représentatif d'un écart temporel entre un instant de référence et l'instant de réception dudit message par le dispositif répéteur 40. L'instant de référence est par exemple l'instant  $t_0$  de début de la fenêtre de collecte, l'instant  $(t_0 + \Delta T)$  de fin de ladite fenêtre de collecte, un instant prédéfini à l'intérieur de la fenêtre de collecte, l'instant  $t_r$  de retransmission du message, etc. La fréquence de référence est par exemple la fréquence minimale  $F_{\min}$  de la bande fréquentielle du lien montant, la fréquence maximale  $F_{\max}$  de la bande fréquentielle du lien montant, une fréquence prédéfinie à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant, etc.

Dans la suite de la description, on se place de manière non limitative dans le cas où l'instant de référence correspond à l'instant  $t_0$  de début de la fenêtre de collecte, et où la fréquence de référence correspond à la fréquence minimale  $F_{\min}$  de la bande fréquentielle du lien montant. Par exemple, l'écart fréquentiel est proportionnel à l'écart temporel. Pour un message  $M_m$  reçu à un instant  $t_m$ , l'écart fréquentiel  $\Delta F_m$  déterminant la fréquence  $F'_m$  de retransmission ( $F'_m = F_{\min} + \Delta F_m$ ) est par exemple déterminé selon l'expression suivante :

[Math. 1]

$$\Delta F_m = (F_{\max} - F_{\min}) \times (t_m - t_0) / \Delta T$$

Le message  $M_m$  retransmis par le dispositif répéteur 40 est reçu par au moins une station de base 31 du réseau d'accès 30. En mesurant la fréquence de réception dudit message par une station de base 31, on obtient une estimation de la fréquence  $F'_m$  de retransmission de ce message par le dispositif répéteur 40. La fréquence  $F'_m$  de retransmission du message par le dispositif répéteur 40 ayant été déterminée à partir de l'instant  $t_m$  de réception dudit message  $M_m$  en appliquant une fonction connue du réseau d'accès 30, on comprend donc que le réseau d'accès 30 peut estimer cet instant  $t_m$  de réception à partir de la mesure de la fréquence de réception du message  $M_m$  reçu du dispositif répéteur 40.

Dans le cas décrit précédemment, dans lequel l'écart fréquentiel à une fréquence de référence est représentatif de l'écart temporel entre l'instant de

réception et un instant de référence, plusieurs possibilités peuvent être envisagées pour déterminer l'instant  $t_m$  de réception du message  $M_m$  par le dispositif répéteur 40.

Notamment, l'instant de référence, s'il n'est pas connu par le réseau d'accès 30, peut être par exemple indiqué dans un message de référence formé et transmis par le dispositif répéteur 40. Alternativement, et de manière non limitative, le réseau d'accès 30 peut estimer l'instant de référence à partir de l'instant  $tr_x$  auquel le message  $M_m$  retransmis a été reçu par une station de base 31. Par exemple, si l'instant de référence correspond à l'instant  $t_0$  de début de la fenêtre de collecte, et en considérant que le réseau d'accès connaît la durée  $\Delta T$  de la fenêtre de collecte, l'instant de référence peut être estimé comme étant égal à  $(tr_x - \Delta T)$  en faisant les hypothèses suivantes :

- le temps de propagation entre le dispositif répéteur 40 et le réseau d'accès 30 est négligeable (de sorte que  $tr_x \approx tr$ ),
- le temps écoulé entre l'instant  $(t_0 + \Delta T)$  de fin de la fenêtre de collecte et l'instant  $tr$  de retransmission des messages par le dispositif répéteur 40 est négligeable (de sorte que  $(t_0 + \Delta T) \approx tr$ ).

Le dispositif répéteur 40 peut également inclure dans un message de référence des informations permettant au réseau d'accès 30 d'estimer l'instant de référence, comme par exemple la durée  $\Delta T$  de la fenêtre de collecte, le temps écoulé entre l'instant de fin de la fenêtre de collecte et l'instant  $tr$  de retransmission du message  $M_m$ , etc.

La fréquence de référence, si elle n'est pas connue par le réseau d'accès 30, peut être par exemple indiquée dans un message de référence formé et transmis par le dispositif répéteur 40. Alternativement, le dispositif répéteur 40 peut former un message de référence (pouvant inclure des informations utiles pour estimer l'instant de référence) et l'émettre directement sur la fréquence de référence, qui appartient le cas échéant à la bande fréquentielle du lien montant. Une telle émission d'un message de référence  $M_r$  sur la fréquence de référence est avantageuse en ce qu'elle permet au réseau d'accès 30 d'estimer une éventuelle erreur introduite par le dispositif répéteur 40 sur la génération des fréquences. En mesurant la fréquence de réception du message de référence, et en comparant cette fréquence de réception à la

fréquence de référence telle que générée par le réseau d'accès 30, il est possible de synchroniser en fréquences le dispositif répéteur 40 et la station de base 31 qui a reçu le message de référence. Une telle synchronisation en fréquences permet d'estimer avec une plus grande précision l'écart fréquentiel appliqué par le dispositif répéteur 40, et donc d'estimer avec une plus grande précision l'instant  $t_m$  de réception du message  $M_m$  par le dispositif répéteur 40. La figure 5 représente schématiquement un spectrogramme qui reprend les mêmes éléments que la figure 4, et qui représente en outre un message de référence  $M_r$  qui est transmis simultanément avec le message  $M_m$  retransmis, sur la fréquence de référence qui correspond dans cet exemple à la fréquence minimale  $F_{min}$  de la bande fréquentielle du lien montant.

#### B) Conversion instant de réception / puissance de retransmission

Suivant un second exemple non limitatif, la première propriété physique correspond à l'instant auquel le message est reçu par le dispositif répéteur 40, et la seconde propriété physique correspond à la puissance avec laquelle ledit dispositif répéteur 40 retransmet ledit message.

Dans la suite de la description, on se place de manière nullement limitative, comme ci-dessus en référence à la figure 4, dans le cas où le dispositif répéteur 40, plutôt que de retransmettre immédiatement chaque message reçu, commence par collecter pendant toute la durée d'une fenêtre de collecte des messages émis par des terminaux 20. Ce mode de mise en œuvre est cependant également applicable lorsque le dispositif répéteur 40 retransmet immédiatement chaque message reçu.

La figure 6 représente schématiquement un exemple de mise en œuvre de la conversion instant de réception / puissance de retransmission. Plus particulièrement, la partie A) de la figure 6 représente un spectrogramme, c'est-à-dire une représentation fréquence / temps des signaux radioélectriques dans la bande fréquentielle utilisée pour l'émission et la retransmission sur le lien montant d'un message par un terminal 20 et par le dispositif répéteur 40. La partie B) de la figure 6 représente un spectre fréquentiel de puissance du message retransmis par le dispositif répéteur 40.

Comme sur la figure 4, le dispositif répéteur 40 reçoit, à un instant  $t_m$  ( $t_m > t_0$ ), un message  $M_m$  émis par un terminal 20, sur une fréquence  $F_m$  à l'intérieur de

la bande fréquentielle du lien montant. Le dispositif répéteur 40 retransmet le message  $M_m$  à un instant  $t_r$  ( $t_r \geq t_0 + \Delta T$ ), par exemple sur la même fréquence  $F_m$  que celle sur laquelle ledit message a été reçu.

Au cours de l'étape 51 de mesure, le dispositif répéteur 40 mesure l'instant  $t_m$  de réception du message  $M_m$ . Ensuite, le dispositif répéteur 40 détermine, au cours de l'étape 52 de détermination et en fonction de l'instant  $t_m$  de réception, la puissance  $P_{tm}$  avec laquelle le message doit être retransmis à destination du réseau d'accès 30.

Au cours de l'étape 52 de détermination, les puissances de retransmission sont déterminées de telle sorte que deux messages reçus à des instants différents sont retransmis avec des puissances différentes.

Dans des modes préférés de mise en œuvre, les puissances de retransmission des messages sont déterminées de telle sorte qu'un écart de puissance entre une puissance de retransmission d'un message et une puissance de référence prédéterminée est représentatif d'un écart temporel entre un instant de référence et l'instant de réception dudit message par le dispositif répéteur 40. Comme précédemment, l'instant de référence est par exemple l'instant  $t_0$  de début de la fenêtre de collecte, l'instant  $(t_0 + \Delta T)$  de fin de ladite fenêtre de collecte, un instant prédéfini à l'intérieur de la fenêtre de collecte, l'instant  $t_r$  de retransmission du message, etc. La puissance de référence est par exemple une puissance maximale  $P_{tmax}$  de retransmission, une puissance minimale  $P_{tmin}$  de retransmission, une puissance prédéfinie entre la puissance maximale  $P_{tmax}$  et la puissance minimale  $P_{tmin}$ , etc.

Dans la suite de la description, on se place de manière non limitative dans le cas où l'instant de référence correspond à l'instant  $t_0$  de début de la fenêtre de collecte, et où la puissance de référence correspond à la puissance minimale  $P_{tmin}$  de retransmission. Par exemple, l'écart de puissance est proportionnel à l'écart temporel. Pour un message  $M_m$  reçu à un instant  $t_m$ , l'écart de puissance  $\Delta P_{tm}$  déterminant la puissance  $P_{tm}$  de retransmission ( $P_{tm} = P_{tmin} + \Delta P_{tm}$ ) est par exemple déterminé selon l'expression suivante :

[Math. 2]

$$\Delta P_{tm} = (P_{tmax} - P_{tmin}) \times (t_m - t_0) / \Delta T$$

Le message Mm retransmis par le dispositif répéteur 40 est reçu par au moins une station de base 31 du réseau d'accès 30. En mesurant la puissance de réception dudit message par une station de base 31, on obtient une estimation de la puissance  $P_{tm}$  de retransmission de ce message par le dispositif répéteur 40, aux pertes par propagation près.

Dans le cas décrit précédemment, dans lequel l'écart de puissance entre la puissance de retransmission et la puissance de référence est représentatif de l'écart temporel entre l'instant de réception et un instant de référence, plusieurs possibilités peuvent être envisagées pour déterminer l'instant de réception du message Mm par le dispositif répéteur 40.

Tout ce qui a été dit précédemment concernant l'instant de référence est également applicable dans le présent exemple.

La puissance de référence, si elle n'est pas connue par le réseau d'accès 30, peut être par exemple indiquée dans un message de référence formé et transmis par le dispositif répéteur 40. Les pertes par propagation peuvent être estimées selon toute méthode connue de l'homme de l'art. Ainsi, la puissance  $P_{tm}$  de retransmission du message Mm peut être estimée à partir de la mesure de la puissance avec laquelle le réseau d'accès 30 a reçu le message retransmis, et à partir de la connaissance a priori des pertes par propagation. L'écart de puissance peut ensuite être estimé afin de déterminer l'instant  $t_m$  de réception du message Mm par le dispositif répéteur 40.

Alternativement, le dispositif répéteur 40 peut former un message de référence et l'émettre directement avec la puissance de référence, par exemple sur une fréquence différente de la fréquence  $F_m$  de retransmission du message Mm.

Une telle émission d'un message de référence Mr avec la puissance de référence est avantageuse en ce qu'elle permet au réseau d'accès 30 de mesurer directement l'écart de puissance entre la puissance de référence et la puissance  $P_{tm}$  de retransmission, en supposant que les pertes par propagation sont les mêmes pour le message de référence et pour le message Mm retransmis.

La partie C) de la figure 6 représente schématiquement un spectre fréquentiel de puissance qui reprend les mêmes éléments que la partie B) de la figure 6, et qui représente en outre un message de référence Mr qui est transmis

simultanément avec le message  $M_m$  retransmis, avec la puissance de référence qui correspond dans cet exemple à la puissance minimale  $P_{tmin}$  de retransmission. Dans cet exemple, le message de référence  $M_r$  est transmis sur la fréquence minimale  $F_{min}$  de la bande fréquentielle du lien montant.

5 C) Conversion puissance de réception / fréquence de retransmission

Suivant un troisième exemple non limitatif, la première propriété physique correspond à la puissance avec laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur 40, et la seconde propriété physique correspond à la fréquence sur laquelle ledit dispositif répéteur 40 retransmet ledit message.

- 10 La figure 7 représente schématiquement un exemple de mise en œuvre de la conversion puissance de réception / fréquence de retransmission. Plus particulièrement, la partie A) de la figure 7 représente un spectre fréquentiel de puissance du message reçu d'un terminal 20. La partie B) de la figure 7 représente un spectre fréquentiel de puissance du message retransmis par le
- 15 dispositif répéteur 40.

Tel qu'illustré par la partie A) de la figure 7, le dispositif répéteur 40 reçoit un message  $M_m$ , émis par un terminal 20, avec une puissance  $P_{rm}$  et sur une fréquence  $F_m$  à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant.

- Au cours de l'étape 51 de mesure, le dispositif répéteur 40 mesure la
- 20 puissance  $P_{rm}$  de réception du message  $M_m$  puis détermine, au cours de l'étape 52 de détermination et en fonction de la puissance  $P_{rm}$  de réception, la fréquence  $F'_m$  sur laquelle ledit message doit être retransmis à destination du réseau d'accès 30. La fréquence  $F'_m$  de retransmission, qui dépend de la puissance  $P_{rm}$  de réception du message  $M_m$ , est donc le plus souvent
- 25 différente de la fréquence  $F_m$  sur laquelle ledit message  $M_m$  a été reçu par le dispositif répéteur 40. Ensuite, tel qu'illustré par la partie B) de la figure 7, le dispositif répéteur 40 retransmet le message  $M_m$  sur la fréquence  $F'_m$  déterminée en fonction de la puissance  $P_{rm}$ .

- Comme décrit précédemment, au cours de l'étape 52 de détermination, les
- 30 fréquences de retransmission sont déterminées de telle sorte que deux messages reçus avec des puissances de réception différentes sont retransmis sur des fréquences différentes.

Dans des modes préférés de mise en œuvre, les fréquences de retransmission des messages sont déterminées de telle sorte qu'un écart fréquentiel entre une fréquence de retransmission d'un message et une fréquence de référence prédéterminée est représentatif d'un écart de puissance entre une puissance de référence et la puissance  $P_{rm}$  de réception dudit message par le dispositif répéteur 40. La puissance de référence est par exemple la puissance maximale  $P_{rmax}$  de réception par le dispositif répéteur 40, la puissance minimale  $P_{rmin}$  de réception par ledit dispositif répéteur 40, une puissance prédéfinie entre la puissance maximale  $P_{rmax}$  et la puissance minimale  $P_{rmin}$ , etc. La fréquence de référence est par exemple la fréquence minimale  $F_{min}$  de la bande fréquentielle du lien montant, la fréquence maximale  $F_{max}$  de la bande fréquentielle du lien montant, une fréquence prédéfinie à l'intérieur de la bande fréquentielle du lien montant, etc.

Dans la suite de la description, on se place de manière non limitative dans le cas où la puissance de référence correspond à la puissance minimale  $P_{rmin}$  de réception, et où la fréquence de référence correspond à la fréquence minimale  $F_{min}$  de la bande fréquentielle du lien montant. Par exemple, l'écart fréquentiel est proportionnel à l'écart de puissance. Pour un message  $M_m$  reçu avec une puissance  $P_{rm}$ , l'écart fréquentiel  $\Delta F_m$  déterminant la fréquence  $F'_m$  de retransmission ( $F'_m = F_{min} + \Delta F_m$ ) est par exemple déterminé selon l'expression suivante :

[Math. 3]

$$\Delta F_m = (F_{max} - F_{min}) \times (P_{rm} - P_{rmin}) / (P_{rmax} - P_{rmin})$$

Le message  $M_m$  retransmis par le dispositif répéteur 40 est reçu par au moins une station de base 31 du réseau d'accès 30. En mesurant la fréquence de réception dudit message par une station de base 31, on obtient une estimation de la fréquence  $F'_m$  de retransmission de ce message par le dispositif répéteur 40. La fréquence de retransmission du message par le dispositif répéteur 40 ayant été déterminée à partir de la puissance  $P_{rm}$  de réception dudit message  $M_m$  en appliquant une fonction connue du réseau d'accès 30, on comprend donc que le réseau d'accès 30 peut estimer cette puissance  $P_{rm}$  de réception à partir de la mesure de la fréquence de réception du message  $M_m$  reçu du dispositif répéteur 40.

Dans le cas décrit précédemment, dans lequel l'écart fréquentiel à une fréquence de référence est représentatif de l'écart de puissance entre la puissance  $P_{rm}$  de réception et une puissance de référence, plusieurs possibilités peuvent être envisagées pour déterminer, au niveau du réseau d'accès 30, la puissance  $P_{rm}$  de réception du message  $M_m$  par le dispositif répéteur 40.

Par exemple, la puissance de référence, si elle n'est pas connue par le réseau d'accès 30, peut être par exemple indiquée dans un message de référence formé et transmis par le dispositif répéteur 40.

La fréquence de référence, si elle n'est pas connue par le réseau d'accès 30, peut être par exemple indiquée dans un message de référence formé et transmis par le dispositif répéteur 40. Alternativement, le dispositif répéteur 40 peut former un message de référence (pouvant inclure des informations utiles pour estimer la puissance de référence) et l'émettre directement sur la fréquence de référence, qui appartient le cas échéant à la bande fréquentielle du lien montant. Le cas échéant, le réseau d'accès 30 peut mesurer directement l'écart fréquentiel entre la fréquence de référence et la fréquence  $F'_m$  de retransmission, en calculant la différence entre les fréquences sur lesquelles le réseau d'accès 30 reçoit le message de référence et le message  $M_m$  retransmis par le dispositif répéteur 40.

La partie C) de la figure 7 représente schématiquement un spectre fréquentiel de puissance qui reprend les mêmes éléments que la partie B) de la figure 7, et qui représente en outre un message de référence  $M_r$  qui est transmis simultanément avec le message  $M_m$  retransmis, sur la fréquence de référence qui correspond dans cet exemple à la fréquence minimale  $F_{min}$  de la bande fréquentielle du lien montant. Dans cet exemple, le message de référence  $M_r$  est transmis avec la puissance minimale  $P_{tmin}$  de retransmission.

#### D) Variantes de mise en œuvre

De manière plus générale, l'invention est applicable à tout type de conversion d'une première propriété physique du message reçu vers une seconde propriété physique du message retransmis, dès lors que la seconde propriété physique est différente de la première propriété physique.

Par exemple, si la première propriété physique correspond à l'instant auquel le message est reçu par le dispositif répéteur 40, alors la seconde propriété physique peut être l'une quelconque des propriétés physiques suivantes :

- fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,
- 5 - puissance avec laquelle ledit message est retransmis,
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.

Suivant un autre exemple, si la première propriété physique correspond à la puissance avec laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur 40, alors la seconde propriété physique peut être l'une quelconque des propriétés

10 physiques suivantes :

- instant auquel ledit message est retransmis,
- fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.

Suivant un autre exemple non limitatif, si la première propriété physique correspond à la fréquence sur laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur 40, alors la seconde propriété physique peut être l'une quelconque des propriétés physiques suivantes :

- instant auquel ledit message est retransmis,
- puissance avec laquelle ledit message est retransmis,
- 20 - phase avec laquelle ledit message est retransmis.

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, l'invention a été décrite en considérant un dispositif répéteur 40 sur un lien montant entre des terminaux 20 et un réseau d'accès 30 d'un système 10 de communication sans fil. Toutefois, l'invention est applicable également sur le lien descendant entre le réseau d'accès 30 et les terminaux 20, voire dans un système 10 de communication sans fil de type ad hoc pour permettre par exemple des échanges entre terminaux 20, sans infrastructure de type réseau d'accès 30. L'invention est donc généralisable à un dispositif

30 répéteur 40 qui retransmet vers au moins un dispositif récepteur des messages reçus de dispositifs émetteurs. Sur le lien montant décrit précédemment, les dispositifs émetteurs correspondent à des terminaux 20 et/ou à d'autres

dispositifs répéteurs, tandis que les dispositifs récepteurs correspondent à des stations de base 31 et/ou à d'autres dispositifs répéteurs. Sur le lien descendant décrit précédemment, les dispositifs émetteurs correspondent à des stations de base 31 et/ou à d'autres dispositifs répéteurs, tandis que les  
5 dispositifs récepteurs correspondent à des terminaux 20 et/ou à d'autres dispositifs répéteurs.

En outre, dans le cas où un message de référence est formé et émis par le dispositif répéteur 40, il est à noter qu'il est possible d'émettre un seul message de référence pour plusieurs messages retransmis. Par exemple, dans le cas où  
10 le dispositif répéteur 40 collecte des messages reçus pendant toute la durée d'une fenêtre de collecte, alors il est possible d'émettre un seul message de référence avec tous les messages retransmis correspondant à des messages reçus pendant ladite fenêtre de collecte.

En outre, le message de référence, éventuellement transmis par le dispositif  
15 répéteur 40, peut prendre toute forme adaptée. Notamment, le message de référence peut se présenter, dans certains modes de réalisation, sous la forme d'une fréquence porteuse non modulée (c'est-à-dire un signal sinusoïdal), en particulier lorsque le message de référence est transmis sur la fréquence de référence et/ou avec la puissance de référence.

**Revendications**

- 1 - Procédé (50) de communication sans fil entre un dispositif émetteur (20) et un dispositif récepteur (30) par l'intermédiaire d'un dispositif répéteur (40), ledit dispositif émetteur émettant un message dans une bande fréquentielle qui est reçu par ledit dispositif répéteur, ledit dispositif
- 5 répéteur retransmettant dans ladite bande fréquentielle le message reçu à destination dudit dispositif récepteur, **caractérisé en ce que** le procédé comporte des étapes de :
- (51) mesure, par le dispositif répéteur (40), de la valeur d'une première propriété physique du message reçu du dispositif émetteur (20),
  - 10 - (52) détermination, par le dispositif répéteur et en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, de la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message, la seconde propriété physique étant différente de la première propriété physique,
  - 15 - (53) retransmission, par le dispositif répéteur (40), du message à destination du dispositif récepteur (30), en utilisant la valeur de la seconde propriété physique déterminée en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu.
- 2 - Procédé (50) selon la revendication 1, dans lequel la valeur de la seconde
- 20 propriété physique du message retransmis est déterminée de telle sorte qu'un écart entre ladite valeur de la seconde propriété physique dudit message retransmis et une valeur de référence prédéterminée de ladite seconde propriété physique est représentatif d'un écart entre une valeur de référence de la première propriété physique et la valeur de ladite
- 25 première propriété physique mesurée pour le message reçu.
- 3 - Procédé (50) selon la revendication 2, comportant une étape de formation et de transmission, par le dispositif répéteur, d'un message de référence en utilisant la valeur de référence de la seconde propriété physique.
- 4 - Procédé (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comportant
- 30 des étapes de :
- (54) mesure, par le dispositif récepteur (30), de la valeur de la seconde propriété physique du message reçu du dispositif répéteur (40),

- (55) détermination, par le dispositif récepteur (30), de la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur (40) en fonction de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu par le dispositif récepteur.
- 5 5 - Procédé (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la première propriété physique est l'instant auquel le message est reçu par le dispositif répéteur (40), et la seconde propriété physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :
- 10 - fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,  
- puissance avec laquelle ledit message est retransmis,  
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.
- 6 - Procédé (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la première propriété physique est la puissance avec laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur (40), et la seconde propriété
- 15 physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :
- instant auquel ledit message est retransmis,  
- fréquence sur laquelle ledit message est retransmis,  
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.
- 20 7 - Procédé (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la première propriété physique est la fréquence sur laquelle le message est reçu par le dispositif répéteur (40), et la seconde propriété physique est une propriété physique parmi les propriétés physiques suivantes :
- 25 - instant auquel ledit message est retransmis,  
- puissance avec laquelle ledit message est retransmis,  
- phase avec laquelle ledit message est retransmis.
- 8 - Dispositif répéteur (40) adapté à recevoir un message émis dans une bande fréquentielle par un dispositif émetteur (20) et à retransmettre dans
- 30 ladite bande fréquentielle le message reçu à destination d'un dispositif récepteur (30), **caractérisé en ce que** ledit dispositif répéteur comporte des moyens configurés pour :
- mesurer la valeur d'une première propriété physique du message reçu

du dispositif émetteur,

- déterminer, en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu, la valeur d'une seconde propriété physique à utiliser lors de la retransmission dudit message, la seconde propriété physique étant différente de la première propriété physique,
- 5       - retransmettre le message à destination du dispositif récepteur (30), en utilisant la valeur de la seconde propriété physique déterminée en fonction de la valeur de la première propriété physique mesurée pour le message reçu.
- 10   9 - Dispositif répéteur (40) selon la revendication 8, configuré pour déterminer la valeur de la seconde propriété physique du message retransmis de telle sorte qu'un écart entre ladite valeur de la seconde propriété physique dudit message retransmis et une valeur de référence prédéterminée de ladite seconde propriété physique est représentatif d'un écart entre une
- 15       valeur de référence de la première propriété physique et la valeur de ladite première propriété physique mesurée pour le message reçu.
- 10 - Dispositif répéteur (40) selon la revendication 9, comportant des moyens configurés pour former et transmettre un message de référence en utilisant la valeur de référence de la seconde propriété physique.
- 20   11 - Système (10) de communication sans fil comportant un dispositif récepteur (30) et un dispositif répéteur (40) selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif récepteur (30) comporte des moyens configurés pour :
- mesurer la valeur de la seconde propriété physique du message reçu du
- 25       dispositif répéteur (40),
- déterminer la valeur de la première propriété physique du message reçu par le dispositif répéteur (40) en fonction de la valeur de la seconde propriété physique mesurée pour le message reçu par ledit dispositif récepteur.

1/5

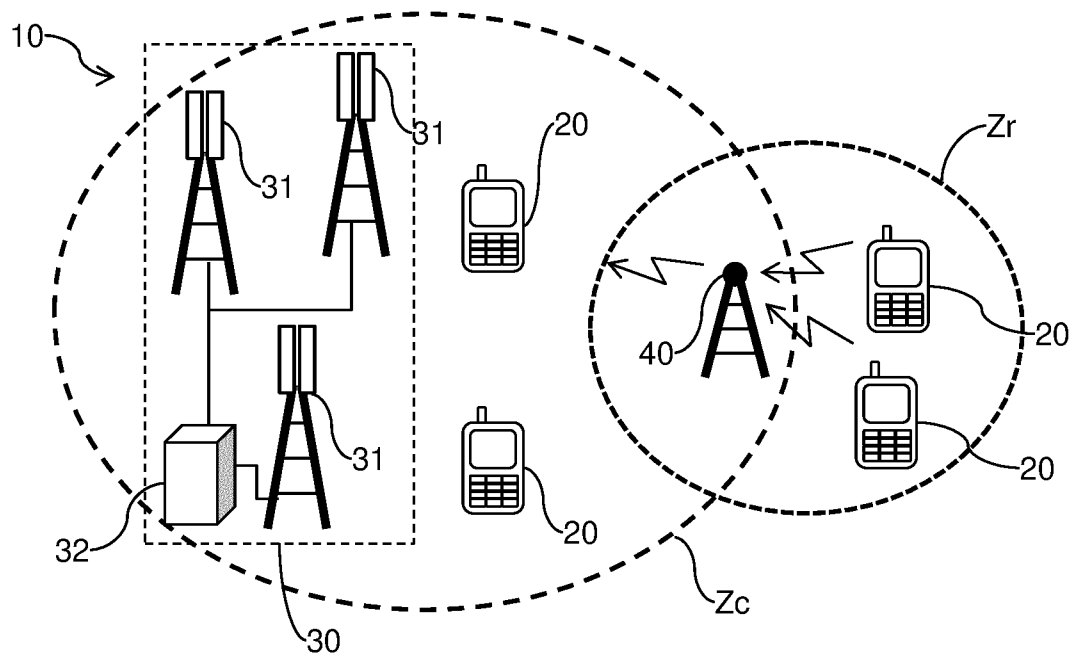


**Fig. 1**

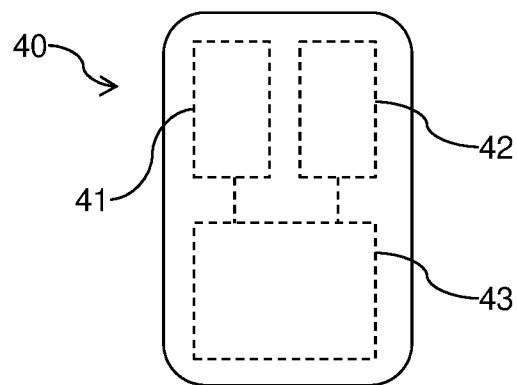
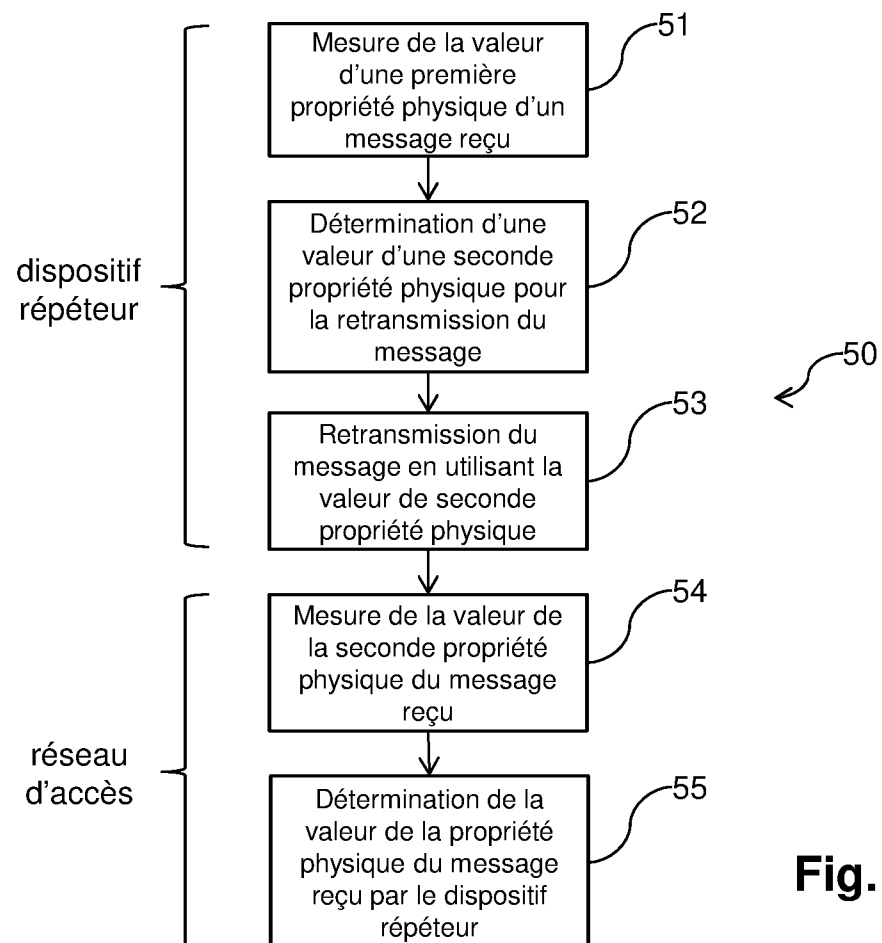
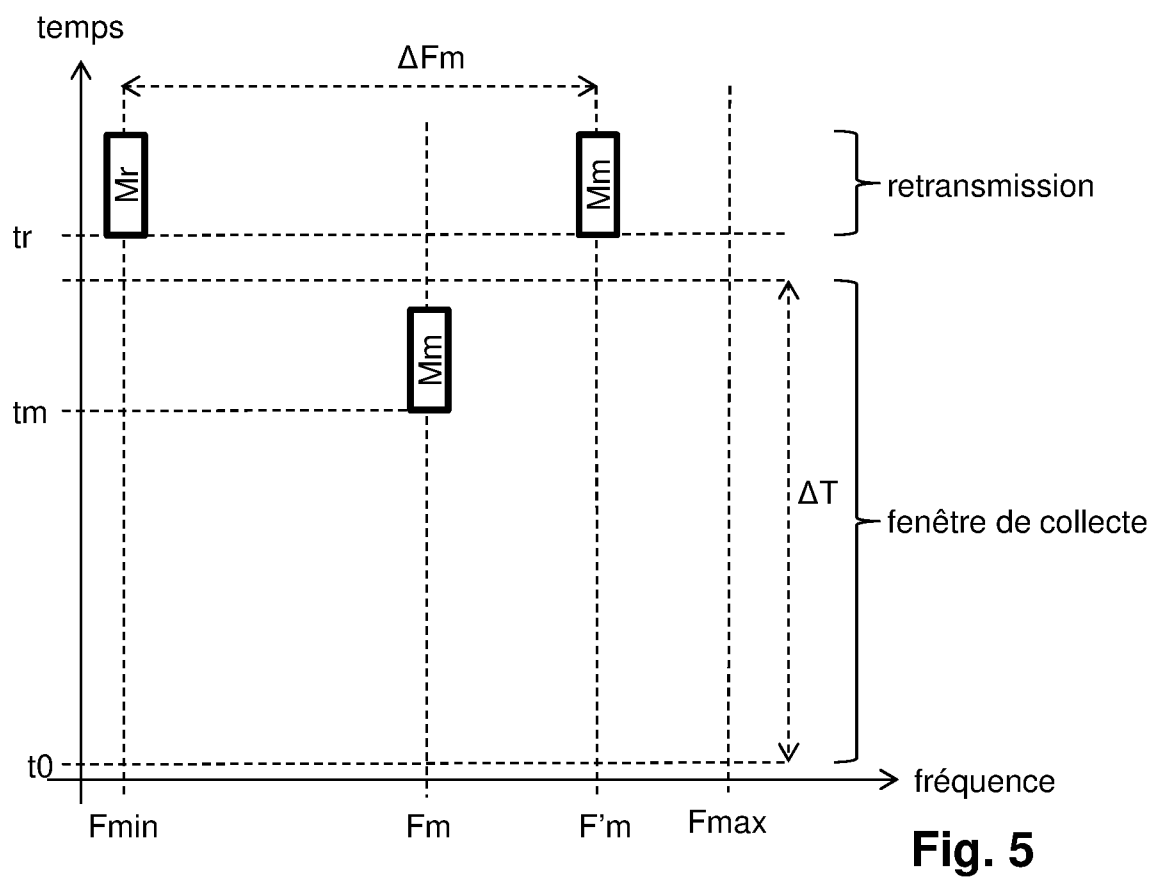
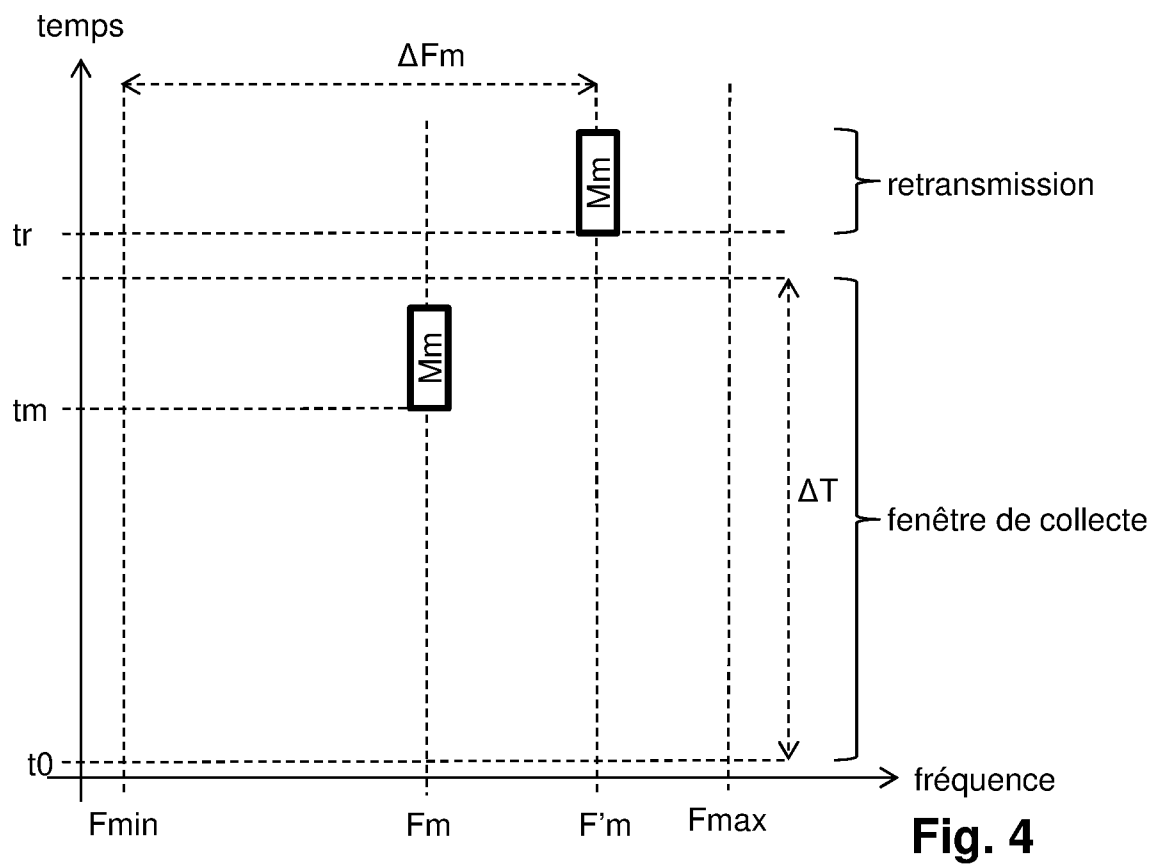


**Fig. 2**

2/5

**Fig. 3**

3/5



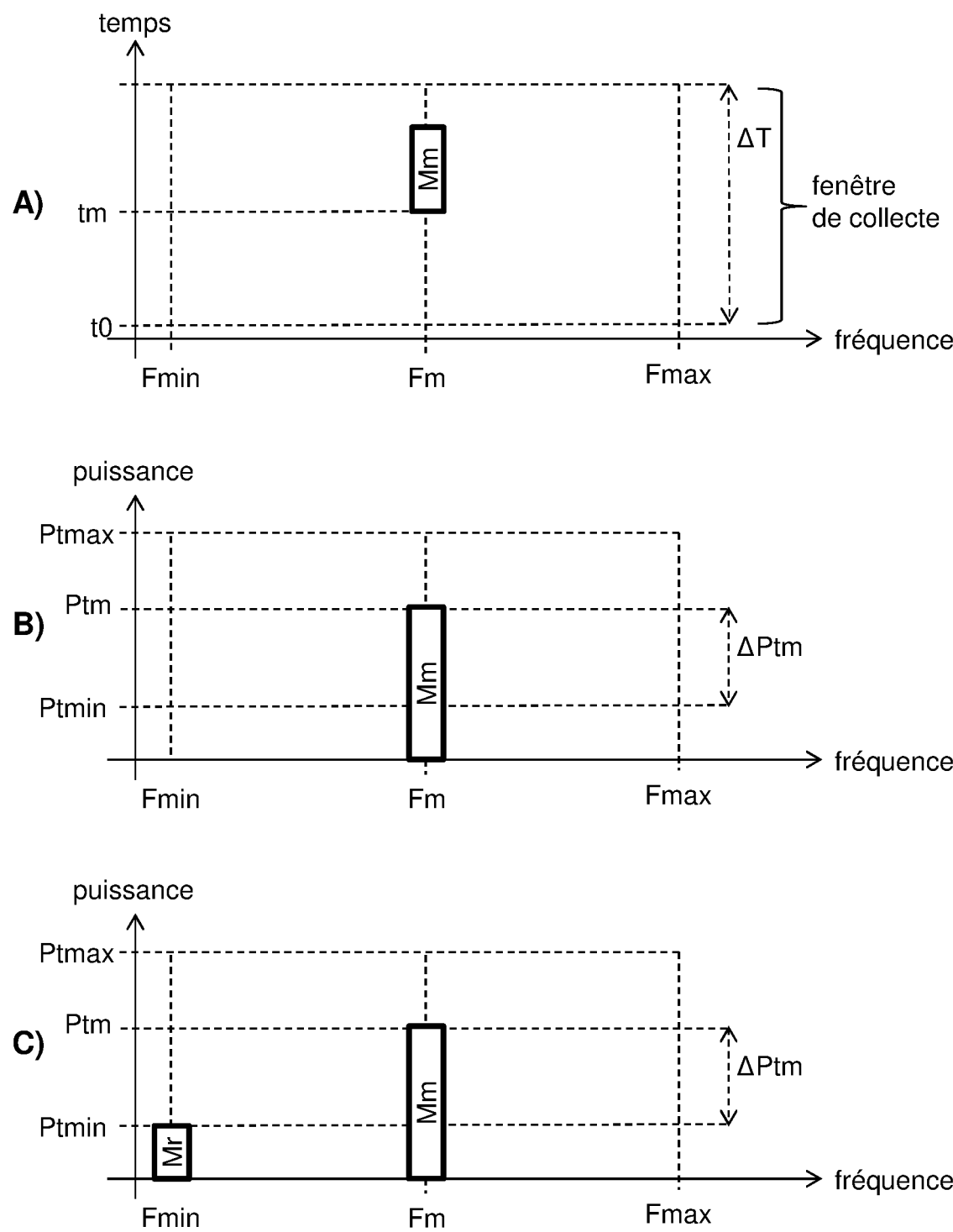


**Fig. 6**

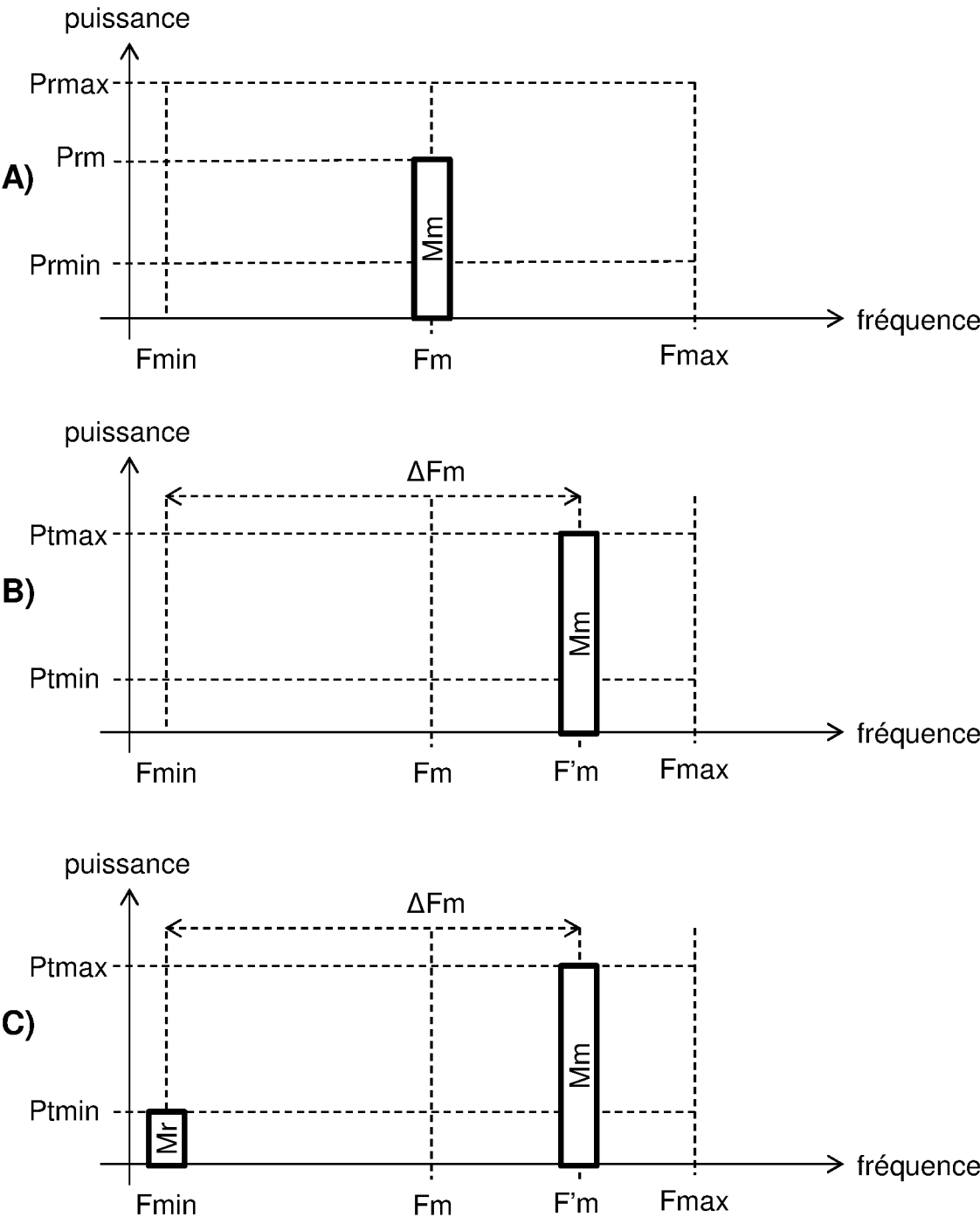


**Fig. 7**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/051982

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/155**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                             | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 2006153132 A1 (SAITO KENJI [JP]) 13 July 2006 (2006-07-13)<br>paragraph [0043] - paragraph [0046]; figure 1 | 1-11                  |
| A         | US 2018062803 A1 (ZIRPHILE LIONEL [FR] ET AL) 01 March 2018 (2018-03-01)<br>figure 4                           | 1-11                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**24 March 2020**

Date of mailing of the international search report

**09 April 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office**  
**p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk**  
**Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Belloni, Paolo**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/051982**

| Patent document<br>cited in search report |            |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |              |    | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|--------------|----|--------------------------------------|
| US                                        | 2006153132 | A1 | 13 July 2006                         | JP                      | 2006196985   | A  | 27 July 2006                         |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2006153132   | A1 | 13 July 2006                         |
| US                                        | 2018062803 | A1 | 01 March 2018                        | AU                      | 2016221526   | A1 | 28 September 2017                    |
|                                           |            |    |                                      | BR                      | 112017017519 | A2 | 17 April 2018                        |
|                                           |            |    |                                      | CN                      | 107431951    | A  | 01 December 2017                     |
|                                           |            |    |                                      | EP                      | 3259855      | A1 | 27 December 2017                     |
|                                           |            |    |                                      | ES                      | 2729448      | T3 | 04 November 2019                     |
|                                           |            |    |                                      | FR                      | 3033118      | A1 | 26 August 2016                       |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 6620161      | B2 | 11 December 2019                     |
|                                           |            |    |                                      | JP                      | 2018511972   | A  | 26 April 2018                        |
|                                           |            |    |                                      | KR                      | 20170126894  | A  | 20 November 2017                     |
|                                           |            |    |                                      | US                      | 2018062803   | A1 | 01 March 2018                        |
|                                           |            |    |                                      | WO                      | 2016132081   | A1 | 25 August 2016                       |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/051982

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
INV. H04B7/155  
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
H04B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie* | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents                           | no. des revendications visées |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| A          | US 2006/153132 A1 (SAITO KENJI [JP])<br>13 juillet 2006 (2006-07-13)<br>alinéa [0043] - alinéa [0046]; figure 1<br>----- | 1-11                          |
| A          | US 2018/062803 A1 (ZIRPHILE LIONEL [FR] ET AL)<br>1 mars 2018 (2018-03-01)<br>figure 4<br>-----                          | 1-11                          |



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

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

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

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

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

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

24 mars 2020

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

09/04/2020

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Belloni, Paolo

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/051982

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| US 2006153132 A1                                | 13-07-2006             | JP 2006196985 A                         | 27-07-2006             |
|                                                 |                        | US 2006153132 A1                        | 13-07-2006             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |
| US 2018062803 A1                                | 01-03-2018             | AU 2016221526 A1                        | 28-09-2017             |
|                                                 |                        | BR 112017017519 A2                      | 17-04-2018             |
|                                                 |                        | CN 107431951 A                          | 01-12-2017             |
|                                                 |                        | EP 3259855 A1                           | 27-12-2017             |
|                                                 |                        | ES 2729448 T3                           | 04-11-2019             |
|                                                 |                        | FR 3033118 A1                           | 26-08-2016             |
|                                                 |                        | JP 6620161 B2                           | 11-12-2019             |
|                                                 |                        | JP 2018511972 A                         | 26-04-2018             |
|                                                 |                        | KR 20170126894 A                        | 20-11-2017             |
|                                                 |                        | US 2018062803 A1                        | 01-03-2018             |
|                                                 |                        | WO 2016132081 A1                        | 25-08-2016             |
| -----                                           |                        |                                         |                        |