

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 101 157**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **19 10539**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 S 13/84** (2019.01), G 01 S 11/02, G 07 C 9/00,
F 02 N 11/08, F 02 N 11/10, B 60 R 25/00, E 05 B 81/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Mesure de distance basée sur phase avec temps d'acquisition constant.

②② Date de dépôt : 24.09.19.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 26.03.21 Bulletin 21/12.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 20.08.21 Bulletin 21/33.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *Valeo Comfort and Driving
Assistance SAS — FR.*

⑦② Inventeur(s) : *PATURE Joel et LECONTE Eric.*

⑦③ Titulaire(s) : *Valeo Comfort and Driving Assistance
SAS.*

⑦④ Mandataire(s) : *Valeo Comfort and Driving
Assistance - Service PI.*

FR 3 101 157 - B1



Description

Titre de l'invention : Mesure de distance basée sur phase avec temps d'acquisition constant

- [0001] La présente divulgation concerne la mesure d'une distance entre un véhicule et un identifiant.
- [0002] L'utilisation de certaines fonctionnalités d'un véhicule comme l'ouverture et le démarrage de celui-ci est traditionnellement autorisée à un utilisateur à partir d'une clé physique insérée dans une serrure. Des solutions alternatives sont proposées aujourd'hui pour remplacer cette utilisation traditionnelle avec un identifiant, possédé par l'utilisateur, en communication avec son véhicule. Notamment, ces solutions permettent d'autoriser l'utilisation de l'une de ces fonctionnalités lorsque l'utilisateur se situe dans une position spécifique par rapport à son véhicule, comme par exemple lorsqu'il se situe à proximité, ou bien à l'intérieur, du véhicule. Pour cela, ces solutions recherchent une connaissance précise de la distance entre l'utilisateur et son véhicule. Cela permet notamment d'éviter le vol du véhicule.
- [0003] Une solution envisagée parmi les solutions actuelles comprend l'évaluation d'une distance entre l'utilisateur et son véhicule à partir d'un échange de signaux entre l'identifiant et le véhicule. Plus précisément, cette solution détermine la distance à partir d'une mesure de l'amplitude d'un signal échangé entre le véhicule et l'identifiant. Cependant, une telle mesure de la distance peut être trompée par un attaquant, ce qui pose un problème de sécurité pour cette solution. Par exemple, l'attaquant peut amplifier avec un amplificateur le signal échangé entre le véhicule et l'identifiant pour simuler la présence de celui-ci près du véhicule. Le signal amplifié comprenant alors les codes d'identification de l'identifiant, l'attaquant peut ainsi utiliser les fonctionnalités du véhicule à la place de l'utilisateur. Dans cette attaque de type « attaque relais », l'attaquant ne fait que relayer et amplifier le signal entre l'identifiant et le véhicule pour tromper la mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule.
- [0004] C'est pourquoi, de nouvelles solutions sont aujourd'hui proposées avec une mesure fiable du point de vue sécurité d'une distance entre l'utilisateur et le véhicule. Ces nouvelles solutions déterminent la distance à partir d'une communication bidirectionnelle entre une première unité radio fréquence située sur l'identifiant et une deuxième unité radio fréquence située sur le véhicule comprenant des échanges de signaux entre les deux unités, et la détermination d'un déphasage entre les signaux échangés.
- [0005] Dans ce contexte, il existe un besoin d'améliorer la mesure de la distance entre un

identifiant et un véhicule.

- [0006] On propose pour cela un procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant. Le véhicule comprend une première unité radio fréquence et l'identifiant comprend une deuxième unité radio fréquence. Le procédé comprend une communication bidirectionnelle entre la première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence. La communication bidirectionnelle comprend, pour chaque canal de fréquence d'au moins deux canaux de fréquence, une émission d'un premier signal par la première unité radio fréquence et une émission d'un deuxième signal par la deuxième unité radio fréquence. Le procédé comprend en outre une détermination, pour chaque canal de fréquence, d'un déphasage respectif. Le déphasage respectif correspond à la somme d'une première phase et d'une deuxième phase. La première phase représente une différence entre le deuxième signal et le premier signal à un premier temps d'acquisition par la première unité radio fréquence. La deuxième phase représente une différence entre le premier signal et le deuxième signal à un deuxième temps d'acquisition par la deuxième unité radio fréquence. L'écart entre le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition est constant pour tous les canaux. Le procédé comprend en outre une détermination de la distance entre le véhicule et l'identifiant à partir des déphasages.
- [0007] Le procédé permet d'améliorer la mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule.
- [0008] La communication bidirectionnelle permet une mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule. Cela permet à l'utilisateur d'interagir avec son véhicule à partir de son identifiant. En effet, certaines fonctionnalités du véhicule peuvent ainsi être autorisées lorsque l'identifiant est situé dans un certain périmètre autour de son véhicule. Par exemple, l'utilisateur peut commander une ouverture d'une porte de son véhicule de manière sécurisée lorsqu'il est à proximité de son véhicule. Afin de sécuriser le véhicule, l'ouverture d'une porte du véhicule peut par exemple au contraire être interdite lorsque l'utilisateur est loin de son véhicule. Ainsi, le procédé permet d'améliorer l'autorisation de fonctionnalités du véhicule de manière sécurisée.
- [0009] La détermination des déphasages respectifs, et la détermination de la distance entre le véhicule et l'identifiant à partir des déphasages améliorent la mesure de la distance. En effet, la mesure de la distance à partir des déphasages peut difficilement être attaquée avec une simple amplification du signal. Ainsi, le procédé permet d'obtenir une mesure fiable de la distance en renforçant la difficulté d'une éventuelle attaque.
- [0010] Le procédé détermine un déphasage pour chaque canal de fréquence d'au moins deux canaux de fréquence. Le procédé détermine donc la distance à partir de plusieurs déphasages. Cette redondance permet au procédé d'améliorer la précision de la mesure de la distance. En outre, le fait que l'écart entre le premier temps d'acquisition et le

deuxième temps d'acquisition est constant permet d'améliorer la précision de chaque déphasage déterminé. En effet, l'écart constant permet une meilleure comparabilité des déphasages déterminés sur les différents canaux de fréquence entre eux. Ainsi, l'écart constant permet d'améliorer la précision de la distance déterminée.

- [0011] La communication bidirectionnelle peut comprendre en outre une synchronisation entre la première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence. La communication bidirectionnelle peut comprendre en outre un déclenchement synchronisé d'un minuteur par la première unité radio fréquence et par la deuxième unité radio fréquence.
- [0012] Le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition peuvent présenter chacun un écart constant respectif avec le déclenchement.
- [0013] L'émission du premier signal et l'émission du deuxième signal peuvent présenter chacune une durée respective supérieure à 5 μ s. L'émission du premier signal et l'émission du deuxième signal peuvent présenter chacune une durée respective inférieure à 500 μ s.
- [0014] Les canaux de fréquence peuvent être décalés. Le décalage entre au moins deux canaux de fréquence successifs peut être inférieur à 7500 kHz.
- [0015] Le nombre de canaux de fréquence peut être supérieur à 8. Le nombre de canaux de fréquence peut être inférieur à 500.
- [0016] Chaque canal de fréquence peut être supérieur à 1 GHz. Chaque canal de fréquence peut être inférieur à 10 GHz.
- [0017] Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence supérieure à 10 MHz. Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence inférieure à 150 MHz.
- [0018] Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence démarrant à 2.4 GHz.
- [0019] La première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence peuvent être chacune configurées pour émettre et recevoir des signaux sur un ensemble de 80 canaux de fréquence. Les canaux de fréquence de la communication bidirectionnelle peuvent appartenir audit ensemble. Les canaux de fréquence peuvent occuper chacun 1 MHz d'une bande de fréquence.
- [0020] On propose également un procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule comprend une mesure d'une distance entre le véhicule et un identifiant selon le procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule comprend une autorisation de la fonctionnalité en fonction de la distance mesurée.
- [0021] On propose également un programme informatique pouvant comprendre des ins-

tructions de code de programme pour l'exécution d'un procédé lorsque ledit programme est exécuté par un processeur du véhicule. Ce procédé exécutable peut comprendre le procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant. Ce procédé exécutable peut comprendre le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule.

- [0022] On propose également un programme informatique comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution du procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant, lorsque ledit programme est exécuté sur un processeur de l'identifiant.
- [0023] On propose également un système intégrable à un véhicule. Le système peut être configuré pour mesurer une distance entre le véhicule et un identifiant selon le procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant. Le système peut être configuré pour autoriser une fonctionnalité selon le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule. Le véhicule peut comprendre une première unité radio fréquence et l'identifiant peut comprendre une deuxième unité radio fréquence.
- [0024] On propose également un identifiant configuré pour mesurer une distance entre un véhicule et l'identifiant selon le procédé pour mesurer une distance entre un véhicule et un identifiant. Le véhicule peut comprendre une première unité radio fréquence et l'identifiant peut comprendre une deuxième unité radio fréquence.
- [0025] L'identifiant peut comprendre une clef physique ou un support de clef virtuelle. Par exemple, l'identifiant peut comprendre un téléphone mobile.
- [0026] On propose également un kit pouvant comprendre le système intégrable à un véhicule. Le kit peut comprendre l'identifiant.
- [0027] Des exemples non-limitants vont être décrits en référence aux figures suivantes :
- [0028] [fig.1] représente un exemple de signaux émis sur des canaux de fréquence par la première unité radio fréquence et reçus par la deuxième unité radio fréquence.
- [0029] [fig.2] représente un exemple de principe du calcul de mesure de la distance à partir d'une mesure du déphasage.
- [0030] [fig.3] représente un exemple de communication bidirectionnelle entre deux unités radio fréquence.
- [0031] [fig.4] représente un exemple d'architecture d'une unité radio fréquence.
- [0032] [fig.5] représente un exemple de mélangeurs utilisés pour obtenir les phases entre les signaux de la communication bidirectionnelle.
- [0033] [fig.6] représente un exemple d'un protocole d'une communication bidirectionnelle.
- [0034] [fig.7] représente un exemple d'un protocole pour mettre en œuvre le procédé.
- [0035] Dans la suite, il est fait référence à une première unité radio fréquence et un deuxième unité radio fréquence. Les expressions « première » et « deuxième » sont utilisées ici pour labéliser les unités radios fréquences uniquement, et n'expriment pas

un ordre ou un classement particulier. Il en est de même pour les autres objets divulgués, comme par exemple le premier signal et le deuxième signal.

[0036] Le véhicule peut être un véhicule terrestre. Par exemple, le véhicule peut être une automobile, un autocar, un camion, ou une moto.

[0037] L'identifiant peut être tout objet pouvant être porté par un utilisateur et permettant de le localiser par rapport au véhicule. Par exemple, l'identifiant peut former une clé physique, un boîtier électronique, un badge, ou une carte. Alternativement à ces exemples, l'identifiant peut être constitué d'un téléphone portable comprenant une application mobile dédiée.

[0038] Le procédé permet de mesurer une distance entre l'identifiant et le véhicule. La distance peut être une distance entre la première unité RF (acronyme de Radio Fréquence) du véhicule et la deuxième unité RF de l'identifiant. Par exemple, la distance peut être la distance euclidienne entre la première unité RF du véhicule et la deuxième unité RF de l'identifiant.

[0039] Le procédé comprend une communication bidirectionnelle entre la première unité RF et la deuxième unité RF. La communication bidirectionnelle comprend, pour chaque canal de fréquence d'au moins deux canaux de fréquence, une émission d'un premier signal par la première unité RF et une émission d'un deuxième signal par la deuxième unité RF. Chaque canal de fréquence de la communication bidirectionnelle définit un intervalle de fréquence. Les canaux de fréquence de la communication bidirectionnelle sont répartis sur une bande de fréquence. Les canaux de fréquence peuvent ne pas se superposer sur la bande de fréquence. Les canaux de fréquence peuvent être espacés ou collés les uns aux autres sur la bande de fréquence. Un signal émis sur un canal de fréquence possède une fréquence dans l'intervalle de fréquence du canal de fréquence sur lequel il est émis.

[0040] Les au moins deux canaux de fréquence forment un ensemble de canaux de fréquence comprenant au moins deux canaux de fréquence (appelé « les au moins deux canaux de fréquence » dans la divulgation). La communication bidirectionnelle comprend, pour chaque élément (i.e. canal de fréquence) de cet ensemble d'au moins deux canaux de fréquence (appelé « les au moins deux canaux de fréquence »), une émission d'un premier signal et une émission d'un deuxième signal. Ainsi, « pour chaque canal de fréquence » fait référence à chacun des canaux de fréquence de cet ensemble d'au moins deux canaux de fréquence (appelé « les au moins deux canaux de fréquence »). La communication bidirectionnelle comprend une émission d'un premier signal et une émission d'un deuxième signal pour chacun des canaux de fréquence de cet ensemble.

[0041] La communication bidirectionnelle comprend l'émission d'au moins deux signaux sur chaque canal de fréquence. La première unité RF émet le premier signal qui est

transmis puis reçu par la deuxième unité RF. Réciproquement, la deuxième unité RF émet le deuxième signal qui est transmis puis reçu par la première unité RF. Le premier signal peut par exemple être émis avant le deuxième signal. Par exemple, le deuxième signal peut être émis après la réception du premier signal par la deuxième unité RF. Le procédé comprend donc une communication bidirectionnelle entre le véhicule et l'identifiant grâce aux deux unités RF à partir de l'émission de signaux entre les deux unités RF sur chaque canal de fréquence.

- [0042] Le procédé comprend une détermination d'un déphasage pour chaque canal de fréquence. Le déphasage correspond à une somme d'une première phase et d'une deuxième phase. Par exemple, le déphasage peut être le résultat de l'addition de la première et de la deuxième phase. La première phase représente une différence entre le premier signal et le deuxième signal à un premier temps d'acquisition par la première unité RF. Le deuxième signal correspond à un deuxième signal émis par la deuxième unité RF et reçu par la première unité RF. La différence entre le premier signal et le deuxième signal correspond à la différence de phase entre le premier signal de la première unité RF et le signal émis par la deuxième unité RF lorsqu'il est reçu par la première unité RF. La différence de phase correspond à la différence de phase entre les deux signaux lorsqu'ils sont initialement générés par les unités RF, à laquelle vient s'ajouter en outre une différence de phase provenant du chemin parcouru par le deuxième signal lorsqu'il est transmis et reçu par la première unité RF après avoir été émis par la deuxième unité RF. La première phase représente la différence de phase entre le premier signal et le deuxième signal à un premier temps d'acquisition. Réciproquement, la deuxième phase représente une différence par la deuxième unité RF entre le deuxième signal généré par la deuxième unité RF et le premier signal émis par la première unité RF. La deuxième phase représente la différence de phase entre le deuxième signal et le premier signal à un deuxième temps d'acquisition.
- [0043] Ces éléments de la communication bidirectionnelle et/ou de la détermination de déphasages peuvent être exécutés de toute manière connue en soi dans le domaine, par exemple tel que décrit dans le document US 2018 321371 A1.
- [0044] L'émission du premier signal et l'émission du deuxième signal peuvent présenter chacune une durée respective supérieure à 5 μ s et/ou inférieure à 500 μ s.
- [0045] Cela permet d'améliorer la mesure de la distance.
- [0046] En effet, l'émission des signaux avec une durée supérieure à 5 μ s permet d'émettre une quantité suffisante d'ondes par signal. Ainsi, cette durée minimale permet la mesure de la différence de phase par chaque unité radio fréquence.
- [0047] En outre, l'émission des signaux avec une durée inférieure à 500 μ s permet d'améliorer la cadence d'émission des signaux, et donc la vitesse du procédé. En effet, les signaux peuvent ainsi être émis successivement sur chaque canal de fréquence en

gardant un temps d'exécution du procédé court. Ainsi, l'amélioration de la cadence d'émission permet de réduire le temps total du procédé avec des émissions successives de signaux sur chaque canal de fréquence.

- [0048] La durée de l'émission du premier signal et la durée de l'émission du deuxième signal peuvent par exemple être de l'ordre de 100 μ s.
- [0049] Les canaux de fréquence peuvent être décalés. Le décalage correspond à l'intervalle de fréquence entre les deux canaux de fréquence successifs, par exemple la distance en termes de fréquence entre les fréquences centrales des deux canaux de fréquence. Le décalage entre au moins deux canaux de fréquence successifs peut être inférieur à 7500 kHz.
- [0050] Un décalage inférieur à 7500 kHz permet l'amélioration de la mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule. En effet, un décalage inférieur à 7500 kHz permet la discrimination de la distance entre l'identifiant et le véhicule par une autre mesure, par exemple moins précise. Ainsi, un décalage inférieur à 7500 kHz permet d'améliorer la mesure de la distance déterminée.
- [0051] La détermination de la distance entre le véhicule et l'identifiant à partir des déphasages peut comprendre une détermination d'une valeur A de distance à partir des déphasages. Le procédé peut comprendre par ailleurs une détermination d'une valeur B de distance entre le véhicule et l'identifiant, indépendamment de la détermination de la valeur A et/ou sans utiliser les déphasages.
- [0052] La valeur A peut être plus précise que la valeur B. Mais étant déterminée à partir des déphasages, la valeur A peut être déterminée modulo une certaine distance critique correspondant à un décalage de 2π entre les déphasages déterminés sur les au moins deux canaux de fréquence successifs. En d'autres termes, on a la distance réelle qui est égale à un multiple de la distance critique, plus la valeur A. En effet, les déphasages sont déterminés modulo 2π . La valeur B permet ainsi de déterminer le modulo de la valeur A par rapport à ladite distance critique (i.e. ledit multiple).
- [0053] La détermination de la distance entre le véhicule et l'identifiant à partir des déphasages peut ainsi être fonction des valeurs A et B. Par exemple, le procédé peut déterminer la distance comme étant égale au modulo multiplié par la distance critique, plus la valeur A. De manière alternative, le procédé peut se limiter à déterminer la distance uniquement si ledit modulo est égal à zéro. En d'autres termes, le procédé peut simplement déterminer que la distance est supérieure à la distance critique dans un tel cas, sans la calculer exactement.
- [0054] La détermination de la valeur B peut avoir une précision plus faible que la détermination de la valeur A. La détermination de la valeur B peut avoir une incertitude absolue plus grande que celle de la valeur A. L'incertitude absolue est l'écart maximum possible entre la valeur déterminée et la valeur exacte. La valeur B peut être dé-

terminée par tout autre procédé de mesure d'une distance. Par exemple, la valeur B peut être déterminée par une mesure de la distance à partir du temps de parcours des signaux entre les deux unités RF (mesure de type « time of flight » en anglais). Les mesure de type « time of flight » ont généralement une précision ayant une incertitude absolue de l'ordre de 10 m.

[0055] La distance critique correspond à un décalage de 2π entre les déphasages déterminés sur les au moins deux canaux de fréquence successifs. La distance critique dépend donc de la différence de fréquence entre les au moins deux canaux de fréquence successifs. Une distance critique deux fois plus grande que l'incertitude absolue de la mesure de la valeur B permet la discrimination de la valeur A. En effet, la valeur B peut alors déterminer de manière fiable le modulo de la valeur A, et cela, en prenant en compte l'intervalle de confiance de la mesure de la valeur B. L'intervalle de confiance d'une mesure correspond à l'intervalle d'erreur de plus ou moins l'incertitude absolue autour de la valeur exacte que peut donner la mesure. Le procédé peut donc ainsi discriminer de manière fiable la valeur A lorsque l'intervalle de confiance de la mesure de la valeur B est inférieur à la distance critique. L'incertitude absolue de la précision de la mesure de la valeur B peut donc être inférieure à la moitié de la distance critique pour permettre la discrimination.

[0056] Une distance critique quatre fois plus grande que l'incertitude absolue de la mesure de la valeur B permet donc de discriminer la distance déterminée avec une marge de deux. Ainsi, une distance critique supérieure à 20 m permet au procédé de discriminer la valeur A avec une valeur B mesurée avec une mesure de type « time of flight » (ceux-ci ayant généralement une incertitude absolue de l'ordre de 10 m, et donc un intervalle de confiance de 20 m). Une distance critique supérieure à 40 m permet donc au procédé de discriminer la valeur A avec une mesure de la valeur B de type « time of flight » avec une marge de deux. Un décalage entre les au moins deux canaux de fréquence inférieur à 7500 kHz permet une distance critique supérieure à 40 m. Ainsi, le décalage inférieur à 7500 kHz entre les au moins deux canaux de fréquence permet de discriminer la valeur A avec une mesure de la valeur B de type « time of flight » ayant une précision de l'ordre de 10 m avec une marge de deux. Le décalage inférieur à 7500 kHz permet donc la discrimination de la valeur A avec une mesure de la valeur B de type « time of flight », ce qui améliore la mesure de la distance.

[0057] Le nombre de canaux de fréquence peut être supérieur à 8. Le nombre de canaux de fréquence peut être inférieur à 500.

[0058] Cela permet d'améliorer la mesure de la distance. En effet, un nombre de canaux de fréquence supérieur à 8 permet d'avoir un grand nombre de points de mesure de déphasage permettant de déterminer une valeur précise de la distance. Un nombre de canaux de fréquence supérieur à 8 permet d'obtenir un bon écart de fréquence entre la

fréquence la plus faible et la fréquence la plus élevée des canaux de fréquence avec un décalage de fréquence entre les au moins deux canaux de fréquence permettant la discrimination. Cet écart de fréquence entre la fréquence la plus faible et la fréquence la plus élevée permet d'améliorer la précision de la mesure. Ainsi, un nombre de canaux de fréquence supérieur à 8 permet d'obtenir une mesure précise de la distance. En outre, un nombre de canaux de fréquence inférieur à 500 permet d'améliorer la vitesse de réalisation du procédé. Ainsi, le fait que le nombre de canaux de fréquence soit compris entre 8 et 500 permet d'avoir une mesure précise avec un procédé efficace. Par exemple, le nombre de canaux peut être de l'ordre de 80, ce qui permet d'obtenir une bonne moyenne et une valeur précise de la distance entre l'identifiant et l'utilisateur.

- [0059] Le procédé détermine la distance entre l'identifiant et le véhicule à partir des déphasages déterminés pour chacun des canaux de fréquence. Le nombre de déphasages influence la précision de la mesure. Ainsi, un nombre de canaux de fréquence supérieur à 8 permet d'obtenir un nombre de déphasages suffisant pour permettre une mesure de la distance précise.
- [0060] Les signaux peuvent être émis successivement dans le temps sur les canaux de fréquence. Ainsi, le temps pour réaliser le procédé peut dépendre du nombre de canaux de fréquence. Pour que le procédé soit efficace, le nombre de canaux de fréquence peut être inférieur à 500. En effet, le procédé peut ainsi déterminer rapidement la mesure entre l'identifiant et le véhicule. Un nombre de canaux de fréquence inférieur à 500 permet donc au procédé de déterminer la distance entre l'identifiant et le véhicule efficacement.
- [0061] Le procédé peut comprendre en outre l'émission du premier signal et du deuxième signal sur au moins deux canaux de fréquence, les premier et deuxième signaux étant configurés pour avoir l'une ou quelconque combinaison des caractéristiques de signal définies ci-après. Chaque canal de fréquence peut être supérieur à 1 GHz. Chaque canal de fréquence peut être inférieur à 10 GHz. Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence supérieure à 10 MHz. Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence inférieure à 150 MHz. Les canaux de fréquence peuvent être répartis dans une bande de fréquence démarrant à 2.4 GHz. La première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence peuvent être chacune configurées pour émettre et recevoir des signaux sur un ensemble de 80 canaux de fréquence, les canaux de fréquence de la communication bidirectionnelle appartenant audit ensemble. Les canaux de fréquence peuvent occuper chacun 1 MHz d'une bande de fréquence.
- [0062] Cela permet de faciliter la mise en œuvre du procédé. En effet, de telles caractéristiques peuvent par exemple être utilisées par des transmetteurs RF (Radio

Fréquence) Bluetooth. Les première et deuxième unités RF peuvent ainsi comprendre des transmetteurs RF Bluetooth. Ces caractéristiques de signal permettent donc de faciliter l'implémentation du procédé et sa mise en œuvre. Notamment, les transmetteurs RF Bluetooth permettent nativement d'utiliser une communication bidirectionnelle sur plusieurs canaux de fréquence.

- [0063] On propose également un procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule comprend la mesure d'une distance entre le véhicule et un identifiant à partir du procédé pour mesurer la distance entre le véhicule et l'identifiant. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule comprend également une autorisation de la fonctionnalité en fonction de la distance mesurée. Le procédé peut par exemple autoriser la fonctionnalité si la distance mesurée entre l'identifiant et le véhicule est inférieure à une distance de sécurité. Le procédé peut également au contraire par exemple refuser l'autorisation de la fonctionnalité si la distance mesurée est supérieure à une distance de sécurité. La fonctionnalité peut par exemple être l'ouverture d'une porte du véhicule ou le démarrage du véhicule. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule peut par exemple autoriser l'ouverture d'une porte du véhicule lorsque la distance déterminée est inférieure à une distance de sécurité. La distance de sécurité peut par exemple être de l'ordre de 2 m. Le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule peut par exemple autoriser le démarrage du véhicule lorsque la distance déterminée correspond à une situation dans laquelle l'utilisateur est situé à l'intérieur du véhicule.
- [0064] Cela permet d'améliorer la sécurité du véhicule. En effet, le procédé réduit le risque qu'une autre personne utilise la fonctionnalité lorsque l'utilisateur n'est pas situé à une distance donnée de son véhicule. Ainsi, le procédé peut par exemple réduire le risque qu'un attaquant utilise une fonctionnalité lorsque l'utilisateur n'est pas à proximité dans un certain périmètre de son véhicule.
- [0065] On propose également un programme informatique comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution du procédé pour mesurer la distance entre le véhicule et l'identifiant et/ou du procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule lorsque ledit programme est exécuté par un processeur du véhicule.
- [0066] On propose également un programme informatique comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution du procédé pour mesurer la distance entre le véhicule et l'identifiant lorsque ledit programme est exécuté sur un processeur de l'identifiant.
- [0067] On propose également un système intégrable à un véhicule (par exemple sous forme d'un ou plusieurs boîtiers) et configuré pour mesurer une distance entre le véhicule et un identifiant selon le procédé pour mesurer la distance entre le véhicule et l'identifiant. Le véhicule peut comprendre une première unité radio fréquence et

l'identifiant peut comprendre une deuxième unité radio fréquence. Le système peut comprendre un premier processeur exécutant le programme informatique comprenant les instructions de code de programme pour l'exécution du procédé. Le système peut comprendre en outre une mémoire pour enregistrer des informations lors de l'exécution du procédé. Le système peut par exemple comprendre un transmetteur RF Bluetooth. Le système peut en outre comprendre un deuxième processeur pouvant interagir avec un processeur du véhicule pour autoriser une fonctionnalité selon le procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule. Le premier processeur et le deuxième processeur peuvent être le même processeur.

- [0068] On propose également un identifiant configuré pour mesurer une distance entre un véhicule et l'identifiant selon le procédé pour mesurer la distance entre le véhicule et l'identifiant. Le véhicule peut comprendre une première unité radio fréquence et l'identifiant peut comprendre une deuxième unité radio fréquence.
- [0069] L'identifiant peut former une clef physique ou un support de clef virtuelle. L'identifiant peut former un téléphone mobile comprenant une application dédiée.
- [0070] Le procédé peut déterminer la distance à partir des déphasages à partir d'un calcul de pentes entre chaque canal de fréquence comme celui décrit dans le document US 2018 321371 A1. Alternativement, le procédé peut déterminer la distance en utilisant une méthode à haute-résolution à partir d'une matrice d'autocorrélation déterminée à partir des déphasages et de l'amplitude des signaux reçus. Par exemple, Le procédé peut déterminer la distance à partir d'une méthode de type MUSIC (acronyme de l'anglais Multiple Signal Classification) ou de type ESPRIT (acronyme de l'anglais Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques) comme décrit dans le document FR 3 060 766 A1. Le procédé peut alternativement déterminer la distance à partir de n'importe quel algorithme équivalent.
- [0071] Des exemples du procédé vont maintenant être donnés en référence aux figures 1 à 7.
- [0072] La figure 1 montre un exemple de signaux émis 1 sur des canaux de fréquence par la première unité RF à des fréquences f_i sur n canaux de fréquence successifs, avec i allant de 1 à n , par exemple lors de la communication bidirectionnelle du procédé. La fréquence de chaque signal est différente du signal précédent. Ces signaux sont transmis et reçus par une deuxième unité RF. A la réception, les signaux ont subi une transformation induite par la transmission du signal entre les deux unités. La transformation peut par exemple être induite par des réflexions des signaux. La transformation peut alternativement par exemple être induite par un passage des signaux au travers d'un corps. Ils sont reçus sous une forme transformée 2 en amplitude a_i et en phase Φ_i . Par exemple, le signal 3 de fréquence f_1 est émis par la première unité RF et est reçu par la deuxième unité RF sous la forme d'un signal 4 de fréquence f_1 comprenant une amplitude a_1 et une phase Φ_1 . De même, le signal de fréquence f_2 est

reçu avec une amplitude a_2 et une phase Φ_2 . La communication bidirectionnelle comprend l'émission de tels signaux entre les deux unités RF et la réception de ces signaux dans la forme transformée.

[0073] La figure 2 montre un exemple de principe du calcul de mesure de la distance à partir d'une mesure du déphasage, sur lequel peut être basée la détermination de la distance par le procédé. Toutefois, le principe de mesure de la figure 2 est décrit pour une situation théorique où il n'y a pas de communication bidirectionnelle, à la différence du procédé. Cette situation permet de faciliter la compréhension du procédé. En effet, la phase à l'origine est supposée connue dans l'exemple de la figure 2, comme discuté ci-après. La communication bidirectionnelle du procédé permet de s'affranchir de cette contrainte.

[0074] Un transmetteur 13 émet un premier signal 11 de fréquence f_1 et un deuxième signal 12 de fréquence f_2 . Un récepteur 14 situé à une distance d_m du transmetteur reçoit le premier signal 11 et le deuxième signal 12. Le récepteur 14 mesure alors à la réception la phase et l'amplitude du premier signal 11 et du deuxième signal 12. Le premier signal 11 est reçu avec une phase φ_1 et le deuxième signal 12 est reçu avec une phase φ_2 . La phase de chaque signal varie à chaque instant avec la forme de sinusoïde de l'onde. Cependant, en connaissant la phase à l'origine φ_0 et la distance parcourue par l'onde d , la phase instantanée du signal φ_i à l'instant t est fournie par la formule suivante : $\varphi_i(t) = \varphi_0(t) + 2\pi * \frac{d}{\lambda}$

[0075] avec λ la longueur d'onde du signal considéré. Par exemple, pour une fréquence 2.4 GHz, la longueur d'onde est de l'ordre de 12.5 cm. La longueur d'onde λ peut être calculée à partir de la fréquence f du signal considéré et de la vitesse de propagation de l'onde c par la formule suivante : $\lambda = \frac{c}{f}$

[0076] En utilisant une seule fréquence, la phase reçue ne permet pas à elle seule de connaître le nombre de longueur d'onde dans la distance à mesurer. C'est pourquoi, deux signaux ayant des fréquences différentes sont utilisés. La différence de fréquence entre les deux signaux peut être de l'ordre de 1 MHz. En utilisant deux signaux de fréquence différente comme le premier signal 11 et le deuxième signal 12 et en faisant la soustraction entre les deux valeurs de phase obtenues pour chacun des signaux, la formule suivante permet de déterminer la distance d_m entre le transmetteur 13 et le récepteur 14 : $d_m = \frac{c}{2\pi} * \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{f_2 - f_1}$

[0077] La mesure de phase étant périodique de période 2π , cette formule n'est valable que si la distance mesurée n'est pas supérieure à une distance critique qui est fonction de la différence de fréquence entre les deux signaux. La périodicité de la mesure de phase induit un modulo de la longueur d'onde dans la distance déterminée. Par exemple pour

une différence de fréquence de 1 MHz, la distance critique est de l'ordre de 300 m. Afin d'améliorer la qualité de la mesure et surtout améliorer la précision, plusieurs acquisitions à différentes fréquences peuvent être réalisées. Les 300 m représentent une plage de mesure de 2π . Ainsi, en prenant 81 mesures espacées de 1 MHz chacune, les 300 m représentent une plage de $80 \cdot 2\pi$. En d'autres termes, 2π donne une plage de 3.75 m, ce qui induit une mesure précise de la distance. Encore en d'autres termes, pour 81 fréquences séparées de 1 MHz, cela donne 80 MHz d'écart, et donc une précision de 3.75m pour 2π . Le procédé de ces exemples peut donc réaliser 81 mesures espacées de 1MHz pour éviter les modulus de 3.75m, si seulement 2 mesures espacées de 80MHz sont faites.

[0078] Dans cet exemple simplifié théorique, la phase initiale à l'origine est connue. Or, ce n'est pas le cas pour les systèmes utilisés pour mesurer la distance entre un identifiant et un véhicule. C'est pourquoi, le procédé comprend une communication bidirectionnelle permettant de s'affranchir de cette contrainte. Un exemple de cette communication bidirectionnelle du procédé est notamment décrit en référence à la figure 3 ci-après.

[0079] La figure 3 montre un exemple de communication bidirectionnelle entre une première unité RF 21 et une deuxième unité RF 22. La première unité RF 21 comprend une première PLL 23, un premier transmetteur 24, un premier récepteur 25 et un premier mélangeur 26. La première PLL 23 génère une première sinusoïde interne à la fréquence f_A et avec une phase φ_A . La première sinusoïde interne est transmise au premier transmetteur 24 et au premier mélangeur 26. Le premier transmetteur 24 émet alors un premier signal 31 à partir de la première sinusoïde interne. Réciproquement, la deuxième unité RF 22 comprend une deuxième PLL 27, un deuxième transmetteur 28, un deuxième récepteur 29 et un deuxième mélangeur 30. La deuxième PLL 27 génère une deuxième sinusoïde interne à la fréquence f_B et avec une phase φ_B . La deuxième sinusoïde interne est transmise au deuxième transmetteur 28 et au deuxième mélangeur 30. Le deuxième transmetteur 28 émet alors un deuxième signal 32 interne à partir de la deuxième sinusoïde interne. Le deuxième signal 32 est reçu par le premier récepteur de la première unité RF 21 et est envoyé au premier mélangeur 26. Ainsi, le premier mélangeur 26 multiplie la première sinusoïde interne en sortie de la première PLL 23 et le deuxième signal 32 reçu. En sortie du premier mélangeur 26, la première unité RF détermine ainsi la phase Φ_A correspondant à la différence entre la première sinusoïde interne générée par la première PLL 23 et le deuxième signal 32 provenant de la deuxième unité RF 22 reçu avec une phase Φ_{R-A} . De même, la deuxième unité RF 22 détermine la phase Φ_B correspondant à la différence entre la deuxième sinusoïde interne générée par la deuxième PLL 27 et le premier signal 31 provenant de la première unité RF 21 reçu avec une phase Φ_{R-B} . Cet échange de signaux entre les deux

unités RF et la détermination des phases respectives sont répétés pour chaque canal de fréquence. Le procédé détermine ensuite la distance d_m entre la première unité RF 21 et la deuxième unité RF 22 à partir des phases Φ_A et Φ_B déterminées pour chaque canal de fréquence.

- [0080] La première unité RF 21 et la deuxième unité RF 22 peuvent être des récepteurs avec une fréquence intermédiaire de 0 Hz.
- [0081] Alternativement, la première unité RF 21 et la deuxième unité RF 22 peuvent être des récepteurs avec une fréquence intermédiaire différente de 0 Hz. Dans ce cas, le procédé peut comprendre une opération (par exemple logicielle) pour ramener les données à un référentiel égal à une fréquence intermédiaire de 0 Hz.
- [0082] La figure 4 montre un exemple d'architecture d'une unité RF. L'unité RF 81 comprend une PLL 82, un transmetteur 83, un récepteur 84 et deux mélangeurs 85 et 90. L'architecture de l'unité RF 81 permet au mélangeur 85 de mélanger un signal de fréquence f_{RX} 86 reçu par le récepteur 84 avec un signal interne de fréquence f_{TX} 87 généré par la PLL 83. Le mélangeur 85 permet ainsi d'obtenir la composante I d'un signal de fréquence f_{IF} correspondant à la différence de fréquence entre le signal 86 reçu par le récepteur 84 et le signal interne 87 généré par la PLL 83. L'unité RF 81 comprend un module de quadrature 88 permettant d'obtenir un signal en déphasage de $\pi/2$ 89 par rapport au signal interne 87. L'architecture de l'unité RF 81 permet au mélangeur 90 de mélanger le signal reçu 86 avec le signal en déphasage de $\pi/2$ 89. Le mélangeur 90 permet ainsi d'obtenir la composante Q du signal de fréquence f_{IF} correspondant à la différence de fréquence entre le signal reçu 86 et le signal interne 87.
- [0083] La figure 5 montre un exemple de mélangeurs utilisés pour obtenir les phases entre les signaux de la communication bidirectionnelle. Les formules mathématiques indiquées dans cette figure permettent de déterminer le déphasage dans le cas où les deux signaux émis ont une fréquence respective identique. Le procédé permet la détermination de la distance dans le cas où la différence de fréquence entre les deux signaux émis est non nulle. Les formules utilisées dans le cas où il existe une différence de fréquence entre les deux signaux émis sont indiquées par la suite.
- [0084] Une première unité RF comprend une première PLL 41 générant une première sinusoïde interne 42. Un premier transmetteur de la première unité RF émet la première sinusoïde interne 42 sous la forme d'un premier signal 43. Un premier récepteur de la deuxième unité RF reçoit le premier signal transmis par la première unité RF. Un premier mélangeur 45 de la deuxième unité RF multiplie le premier signal reçu 44 avec une deuxième sinusoïde interne 46 générée par une deuxième PLL 47 de la deuxième unité RF. Un premier filtre passe bas 48 de la deuxième unité RF filtre le résultat de la multiplication afin de déterminer la phase Φ_B correspondant à la différence de phase entre la deuxième sinusoïde interne 46 et le premier signal reçu 44.

- [0085] Réciproquement, un deuxième transmetteur de la deuxième unité RF émet la deuxième sinusoïde interne 46 sous la forme d'un deuxième signal 49. Un deuxième récepteur de la première unité RF reçoit le deuxième signal transmis par la deuxième unité RF. Un deuxième mélangeur 51 de la première unité RF multiplie le deuxième signal reçu 50 avec la première sinusoïde interne 42. Un deuxième filtre passe bas 52 de la première unité RF filtre le résultat de la multiplication afin de déterminer la phase Φ_A correspondant à la différence de phase entre la première sinusoïde interne 42 et le deuxième signal reçu 50.
- [0086] Le déphasage pour le canal de fréquence considéré correspond à une somme 53 des phases Φ_A et Φ_B ainsi déterminées. Un processeur peut par exemple additionner les phases Φ_A et Φ_B enregistrées préalablement sur une mémoire. Par exemple, le processeur et la mémoire peuvent être intégrés au véhicule. Les unités RF peuvent par exemple transmettre les phases au processeur et à la mémoire après les avoir déterminées.
- [0087] Ainsi, le procédé permet de déterminer un déphasage pour un canal de fréquence. Le procédé détermine ensuite de même le déphasage pour les autres canaux de fréquence. Le fait d'obtenir des déphasages sur plusieurs fréquences permet de s'affranchir du modulo de la longueur d'onde. Par ailleurs, la distance mesurée correspond à la distance de l'aller-retour entre les deux unités RF.
- [0088] Pour les deux unités RF, le mélangeur de l'unité RF donnée multiplie le signal reçu, émis par l'autre unité RF, par la sinusoïde interne générée par la PLL de l'unité RF donnée. C'est cette même sinusoïde interne qui est transmise à l'autre unité RF. La multiplication dans le mélangeur de la sinusoïde interne avec le signal reçu donne, lorsque la fréquence de la sinusoïde interne et la fréquence du signal reçu sont identiques, une somme d'un terme continu et d'un terme en cosinus à deux fois la fréquence. Après le passage dans le filtre passe bas, seulement le terme continu reste.
- [0089] Dans les formules indiquées sur la figure 5, les phases Φ_A et Φ_B sont indépendantes du temps. En effet, les fréquences des sinusoïdes internes des deux unités sont supposées identiques dans ces formules. Le procédé permet d'obtenir le déphasage pour chaque canal de fréquence de manière précise également dans le cas où il y a une différence de fréquence entre les deux sinusoïdes internes.
- [0090] Dans le cas des formules de la figure 5, chacune des phases Φ_A et Φ_B comprend un terme qui dépend de la distance et un autre terme qui dépend de la soustraction des deux phases initiales φ_A et φ_B . La somme des phases Φ_A et Φ_B permet d'annuler le terme dépendant de la soustraction des deux phases initiales φ_A et φ_B . Il reste ainsi après l'addition des phases Φ_A et Φ_B uniquement le terme dépendant de la distance.
- [0091] Le procédé permet d'obtenir le déphasage pour chaque canal de fréquence de manière précise également dans le cas où la différence de fréquence entre les deux si-

nusoïdes internes est non nulle. En effet, la différence de fréquence entre les deux sinusoïdes internes induit une dépendance des phases Φ_A et Φ_B au temps. Le procédé fixe l'écart entre les temps d'acquisition de la première phase Φ_A et de la deuxième phase Φ_B . Ainsi, les déphasages déterminés sur chaque canal de fréquence sont comparables entre eux. Le procédé comprenant ensuite une détermination de la distance à partir des déphasages déterminés, ceci permet au procédé d'améliorer la précision de la distance. Le temps entre deux acquisitions peut être sur une base de temps de 1 μ s. Avec une différence de fréquence entre les deux sinusoïdes internes de 10 kHz, 1 μ s peut donner une erreur maximale de 3,6°. Comme la mesure peut être répétée jusqu'à 80 fois, le terme moyen est très faible (0,045° de variation). Pour une mesure d'un temps de parcours, 1 μ s correspond à une distance de 150 m (300 m divisé par deux pour l'aller-retour). La mesure d'un temps de parcours peut présenter une base de temps de 125 ns (8 MHz). Cela donne une précision de 18,75 m (ou une incertitude absolue de l'ordre de 10 m). Comme la base de temps de 1 μ s peut ne pas être bien synchronisée entre les deux unités (les deux bases de temps ont un décalage inférieur à 1 μ s), l'acquisition à 8 MHz peut varier. Cette variation permet la mesure d'un temps de parcours avec une incertitude absolue de l'ordre de 10 m. Cette variation permet également d'améliorer la précision de la mesure de phase.

[0092] La figure 6 montre un exemple d'un protocole d'une communication bidirectionnelle du procédé. Le protocole 61 comprend une première partie préambule 62, une deuxième partie comprenant des données 63 et une troisième partie comprenant les différents signaux émis à différentes fréquences $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$. Chaque signal de l'ensemble de fréquence 66 comprend une émission 67 et réception 68. Un instant est marqué entre la fin de la deuxième partie et le début de la troisième partie par le déclenchement d'un minuteur 65 (ici le minuteur 65 est déclenché une seule fois initialement lors du protocole et pour tous les canaux, mais dans d'autres exemples il pourrait être redéclenché chaque fois pour chaque canal).

[0093] La figure 7 montre un exemple d'un protocole pour mettre en œuvre le procédé. Le protocole pour mettre en œuvre le procédé comprend un protocole principal 71 comprenant une première partie avec la communication bidirectionnelle entre les deux unités RF 72 et une deuxième partie de calcul de la distance entre les deux unités radio fréquence 73. La première partie comprend la mise en œuvre d'un protocole secondaire 74 pour chaque canal de fréquence. Le protocole secondaire 74 est mis en œuvre par le véhicule 75 et l'identifiant 76. Le protocole secondaire 74 comprend une première partie 77 correspondant à un échange de données entre le véhicule 75 et l'identifiant 76. Le protocole secondaire 74 comprend également une deuxième partie 78 correspondant à un échange d'un premier signal entre le véhicule 75 et l'identifiant 76 et d'un deuxième signal entre l'identifiant 76 et le véhicule 75. Le protocole se-

condaire comprend également une troisième partie 79 correspondant à un échange de données entre l'identifiant 76 et le véhicule 75. La troisième partie 79 correspond en outre à un envoi de la valeur du déphasage déterminée pour le canal de fréquence.

[0094] L'écart constant entre le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition va maintenant être décrit.

[0095] Le procédé permet de mesurer la distance entre une première unité RF et une deuxième unité RF à partir d'une communication bidirectionnelle. Le procédé peut comprendre la détermination d'une première phase Φ_A correspondant à la différence entre un premier signal généré par la première unité RF et un deuxième signal émis par la deuxième unité RF. Le procédé peut également comprendre la détermination d'une deuxième phase Φ_B correspondant à la différence entre le deuxième signal généré par la deuxième unité RF et le premier signal émis par la première unité RF. La première unité RF détermine la première phase à un instant t_1 . La deuxième unité RF détermine la deuxième phase est déterminée à un instant t_2 . La première phase et la deuxième phase sont déterminées pour chacun des canaux de fréquence i . Le procédé détermine ainsi le déphasage Φ_i correspondant à chacun des canaux de fréquence i à partir d'une somme des phases déterminées Φ_A et Φ_B pour chaque canal de fréquence.

[0096] La première unité RF peut comprendre une première PLL permettant de générer le premier signal avec une fréquence $f + \Delta f$ et une phase initiale φ_A , et la deuxième unité RF peut comprendre une deuxième PLL permettant de générer le deuxième signal avec une fréquence f et une phase initiale φ_B .

[0097] Les deux PLL peuvent avoir une horloge respective qui oscille à une fréquence différente l'une de l'autre. En effet, l'oscillation dépend du quartz et les quartz des deux unités RF peuvent avoir jusqu'à 100 ppm (2x50 ppm) de différence. La PLL de chaque unité RF multiplie cette différence par le ratio entre la fréquence du signal souhaitée en sortie et la fréquence du quartz. Les quartz pouvant avoir une fréquence de l'ordre de 32 MHz et la fréquence du signal pouvant être de l'ordre de 2.4 GHz, les quelques Hertz de différence entre les quartz des PLL peuvent devenir plusieurs kHz. Ainsi, la différence de fréquence entre la première PLL et la deuxième PLL induit une différence de fréquence Δf entre le premier signal et le deuxième signal, ceux-ci étant générés par la première PLL et la deuxième PLL respectivement. Cette différence de fréquence intervient dans la détermination de la première phase Φ_A et de la deuxième phase Φ_B . Les formules suivantes indiquent la conséquence de la différence de fréquence Δf sur la première phase Φ_A et la deuxième phase Φ_B déterminées :

$$\Phi_A = \left[2\pi \cdot f \cdot \left(t - \frac{d}{c} \right) + \varphi_B \right] - \left[2\pi \cdot (f + \Delta f) \cdot t + \varphi_A \right] + 2k\pi$$

$$\Phi_B = \left[2\pi \cdot (f + \Delta f) \cdot \left(t - \frac{d}{c} \right) + \varphi_A \right] - \left[2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_B \right] + 2k\pi$$

[0098] Dans l'expression de Φ_A , le premier terme entre crochet correspond au signal reçu

par la première unité RF et le deuxième terme entre crochet correspond au signal généré par la première unité RF. Dans l'expression de Φ_B , le premier terme entre crochet correspond au signal reçu par la deuxième unité RF et le deuxième terme entre crochet correspond au signal généré par la deuxième unité RF. Soit :

$$\Phi_A = -2\pi \cdot \Delta f \cdot t - \frac{2\pi \cdot f \cdot d}{c} + \varphi_B - \varphi_A + 2k\pi$$

$$\Phi_B = 2\pi \cdot \Delta f \cdot t - \frac{2\pi \cdot f \cdot d}{c} - \frac{2\pi \cdot \Delta f \cdot d}{c} + \varphi_A - \varphi_B + 2k\pi$$

[0099] Le déphasage Φ_i correspond à une somme de la première phase Φ_A et de la deuxième phase Φ_B . Le procédé peut par exemple déterminer le déphasage à partir de la formule suivante : $\Phi_i = \Phi_A + \Phi_B$

[0100] A partir des formules précédentes, on peut voir que le procédé détermine le déphasage à partir de la formule suivante :

$$\Phi_i = 2\pi \cdot \Delta f_i \cdot (t_1 - t_2) - \frac{4\pi \cdot f_i \cdot d}{c} - \frac{2\pi \cdot \Delta f_i \cdot d}{c} + 4k\pi$$

[0101] Le procédé permet d'obtenir un déphasage Φ_i pour chaque canal de fréquence i . Le procédé suppose constante la différence de fréquence Δf_i pour chaque canal de fréquence i de l'ensemble des canaux de fréquence. Dans cette expression, la fréquence $f_i + \Delta f_i$ correspond à la fréquence du premier signal émis par la première unité RF et la deuxième unité RF émet un deuxième signal avec une fréquence f_i . t_1 est le temps d'acquisition de la première unité RF. t_2 est le temps d'acquisition de la deuxième unité RF.

[0102] L'expression du déphasage peut ainsi comprendre quatre termes. Le procédé permet d'obtenir le deuxième terme à partir des déphasages déterminés et donc la distance. En effet, le deuxième terme contient la valeur de la distance d . Le procédé peut annuler les troisième et quatrième termes à partir d'un déphasage déterminé sur un autre canal de fréquence afin de déterminer la distance d . Le procédé peut par exemple soustraire le déphasage avec un autre déphasage déterminé sur un autre canal de fréquence pour annuler les troisième et quatrième termes.

[0103] Le procédé annule également le premier terme. En effet, l'écart entre le premier temps d'acquisition t_1 et le deuxième temps d'acquisition t_2 est constant. Avec un écart constant, le procédé peut ainsi obtenir des déphasages comparables sur les différents canaux de fréquence. Le procédé peut ainsi annuler ce premier terme, et ainsi améliorer la précision des déphasages. Par exemple, le procédé peut annuler ce premier terme en soustrayant le déphasage obtenu sur un canal de fréquence avec un déphasage déterminé sur un autre canal de fréquence. Le procédé peut alternativement comprendre, au cours de la détermination de la distance, tout autre type d'algorithme opérant cette annulation du premier terme au moyen d'autres calculs que ladite soustraction, comme par exemple un algorithme haute résolution tel que mentionné pré-

- cédemment. La distance entre les deux unités RF étant déterminée à partir des déphasages, le procédé permet ainsi d'améliorer la précision de la mesure de la distance.
- [0104] La communication bidirectionnelle peut comprendre une synchronisation entre la première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence. La communication bidirectionnelle peut comprendre un déclenchement synchronisé d'un minuteur par la première unité radio fréquence et par la deuxième unité radio fréquence.
- [0105] La synchronisation entre la première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence améliore la précision de la mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule. La synchronisation permet le déclenchement synchronisé du minuteur sur chaque unité radio fréquence. Ce minuteur permet d'acquérir la mesure de phase à un temps d'acquisition donné sur chaque unité. Le minuteur permet ainsi d'acquérir la première mesure de phase au premier d'acquisition t_1 donné et la première mesure de phase au deuxième temps d'acquisition t_2 donné. Ainsi, la synchronisation permet d'obtenir un écart constant entre les temps d'acquisition de chaque unité radio fréquence des phases. La synchronisation permet donc de maintenir un écart constant entre le premier temps d'acquisition t_1 et le deuxième temps d'acquisition t_2 . Les déphasages déterminés sont donc plus précis, ce qui améliore la précision de la mesure de la distance.
- [0106] Pour chaque canal de fréquence, le procédé détermine un déphasage à partir des phases déterminées sur chaque unité RF. La différence de fréquence entre le premier signal et le deuxième signal de la communication bidirectionnelle entre les deux unités RF induit une dépendance au temps des phases déterminées sur chaque unité RF. Le procédé améliore la détermination des déphasages avec un écart constant entre le premier temps d'acquisition t_1 et le deuxième temps d'acquisition t_2 pour chaque canal de fréquence. La synchronisation permet de maintenir cet écart constant. En effet, la synchronisation permet le déclenchement du minuteur sur chaque unité RF à partir d'un instant donné à la réception du signal. Par exemple, le minuteur peut être déclenché à partir de la fin de la réception d'une première partir d'identification du signal. Ainsi, la synchronisation et le déclenchement du minuteur permettent d'améliorer la précision de la mesure de la distance entre les deux unités RF.
- [0107] Le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition peuvent présenter chacun un écart constant respectif avec le déclenchement.
- [0108] Cela permet d'améliorer la précision de la mesure de la distance entre l'identifiant et le véhicule. En effet, maintenir un écart constant entre le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition avec le déclenchement permet d'obtenir un écart constant entre les temps d'acquisition sur chaque canal de fréquence. Ainsi, cela permet d'améliorer la précision du déphasage déterminé, et donc de la distance entre

l'identifiant et le véhicule. Par exemple, l'acquisition de la première phase et de la deuxième phase peut être réalisée après une durée définie après le déclenchement. L'écart constant permet en outre de simplifier le protocole du procédé, et donc son efficacité.

- [0109] La première unité RF du véhicule peut par exemple avoir un premier temps d'acquisition avec un premier écart avec le déclenchement constant pour tous les canaux de fréquence. La deuxième unité RF du véhicule peut par exemple avoir un deuxième temps d'acquisition avec un deuxième écart avec le déclenchement constant pour tous les canaux de fréquence. Ainsi, ceci permet de simplifier le protocole du procédé. En outre, ceci améliore la comparabilité des déphasages déterminées. En effet, le procédé permet ainsi une détermination du déphasage pour chaque canal de fréquence à un même instant donné du signal.
- [0110] Le procédé peut comprendre une détermination du déphasage à partir d'une mesure par échantillonnage de la première phase et de la deuxième phase. La première phase et la deuxième phase peuvent par exemple comprendre un nombre d'échantillons compris entre 1 et 500. Le nombre d'échantillons de la première phase et de la deuxième phase peut par exemple être de l'ordre de 128. L'écart entre le déclenchement du minuteur et l'instant d'acquisition peut par exemple correspondre au milieu de l'échantillonnage. L'instant d'acquisition de la première et de la deuxième phase peut par exemple correspondre à l'échantillon 64. Ainsi, le procédé permet d'augmenter la comparabilité des déphasages obtenus sur chaque canal de fréquence. En effet, le procédé peut permettre le prélèvement d'un échantillon au milieu de l'échantillonnage des phases sur chaque unité RF et pour chaque canal de fréquence. Ainsi, le procédé permet d'améliorer la précision de la mesure de la distance.
- [0111] Les transmetteurs RF Bluetooth permettent l'ajout d'une partie d'identification lors de l'émission et la réception de signaux. Ainsi, comme cette partie d'identification peut permettre un écart constant entre les temps d'acquisition à partir du déclenchement d'un minuteur, les transmetteurs RF Bluetooth sont particulièrement adaptés à ces exemples.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé pour mesurer une distance (d_m) entre un véhicule (75) et un identifiant (76), le véhicule (75) comprenant une première unité radio fréquence (21) et l'identifiant (76) comprenant une deuxième unité radio fréquence (22), le procédé comprenant :

- une communication bidirectionnelle (72) entre la première unité radio fréquence (21) et la deuxième unité radio fréquence (22), la communication bidirectionnelle (72) comprenant, pour chaque canal de fréquence d'au moins deux canaux de fréquence, une émission d'un premier signal (43) par la première unité radio fréquence (21) et une émission d'un deuxième signal (49) par la deuxième unité radio fréquence (22) ;
- une détermination, pour chaque canal de fréquence (i), d'un déphasage respectif (Φ_i), le déphasage respectif (Φ_i) correspondant à la somme d'une première phase (Φ_A) et d'une deuxième phase (Φ_B), la première phase (Φ_A) représentant une différence entre le deuxième signal et le premier signal à un premier temps d'acquisition (t_1) par la première unité radio fréquence (21), la deuxième phase (Φ_B) représentant une différence entre le premier signal et le deuxième signal à un deuxième temps d'acquisition (t_2) par la deuxième unité radio fréquence (22), l'écart entre le premier temps d'acquisition et le deuxième temps d'acquisition ($t_1 - t_2$) étant constant pour tous les canaux ; et
- une détermination de la distance (d_m) entre le véhicule (75) et l'identifiant (76) à partir des déphasages (Φ_i).

[Revendication 2]

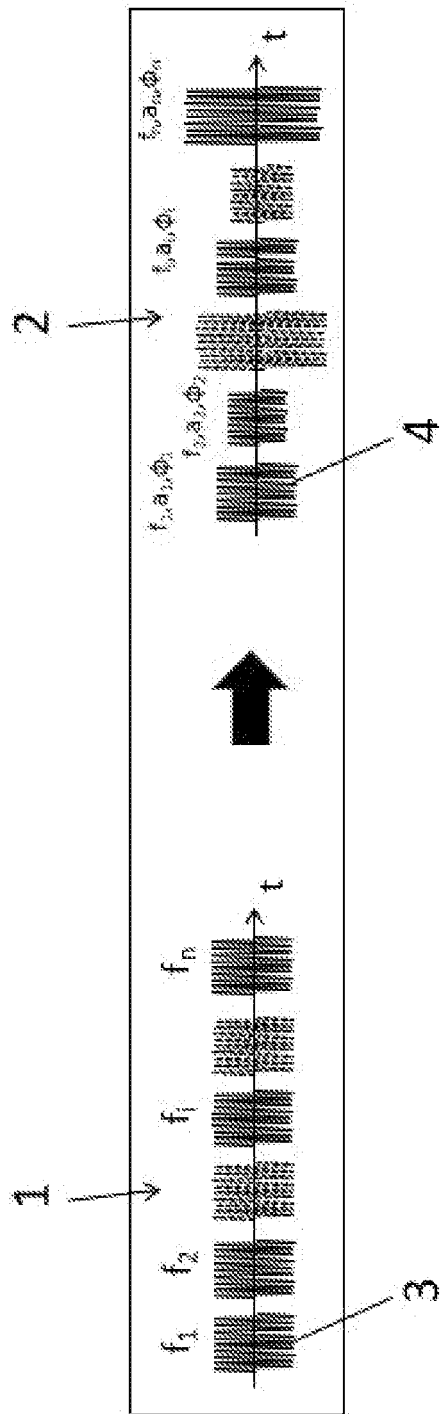
Procédé selon la revendication 1, dans lequel la communication bidirectionnelle (72) comprend en outre :

- une synchronisation entre la première unité radio fréquence et la deuxième unité radio fréquence ; et
- un déclenchement synchronisé d'un minuteur (65) par la première unité radio fréquence (21) et par la deuxième unité radio fréquence (22).

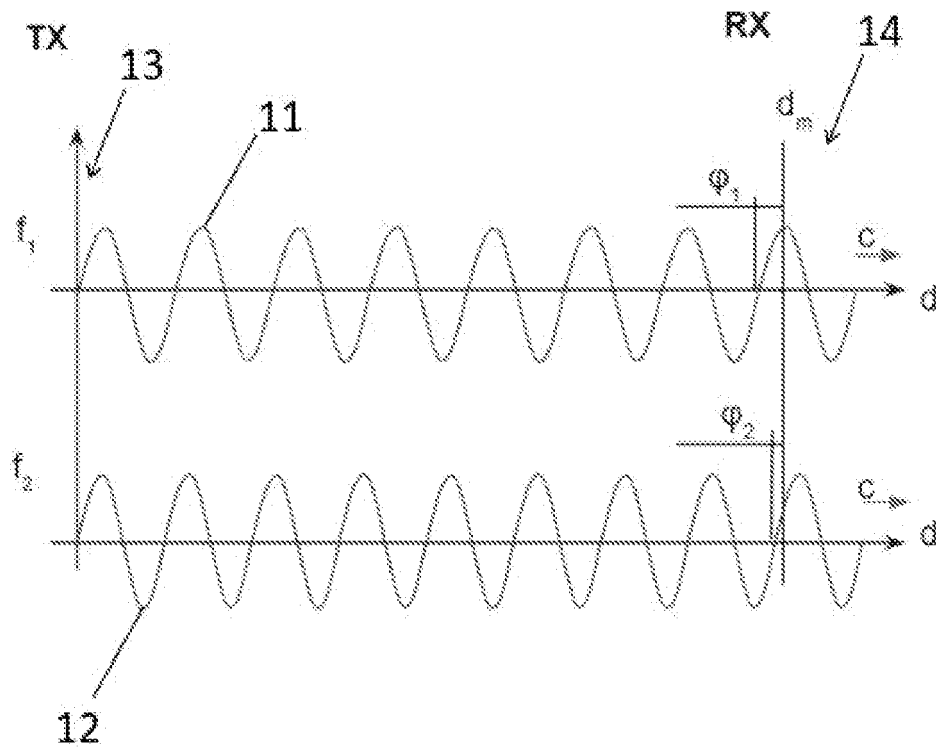
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel le premier temps d'acquisition (t_1) et le deuxième temps d'acquisition (t_2) présentent chacun un écart constant respectif avec le déclenchement (65).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 1, 2 ou 3, dans lequel l'émission du premier signal (43) et l'émission du deuxième signal (49) présentent chacune une durée respective supérieure à 5 μ s et/ou inférieure à 500 μ s.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les canaux de fréquence sont décalés, le décalage entre au moins deux canaux de fréquence successifs étant inférieur à 7500 kHz.
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le nombre de canaux de fréquence est supérieur à 8 et/ou inférieur à 500.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel :
- chaque canal de fréquence est supérieur à 1 GHz et/ou inférieur à 10 GHz,
 - les canaux de fréquence sont répartis dans une bande de fréquence supérieure à 10 MHz et/ou inférieure à 150 MHz,
 - les canaux de fréquence sont répartis dans une bande de fréquence démarrant à 2.4 GHz,
 - la première unité radio fréquence (21) et la deuxième unité radio fréquence (22) étant chacune configurées pour émettre et recevoir des signaux sur un ensemble de 80 canaux de fréquence, les canaux de fréquence de la communication bidirectionnelle appartenant audit ensemble, et/ou
 - les canaux de fréquence occupent chacun 1 MHz d'une bande de fréquence.
- [Revendication 8] Procédé pour autoriser une fonctionnalité d'un véhicule (75), le procédé comprenant :
- une mesure d'une distance (d_m) entre le véhicule (75) et un identifiant (76) selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 7 ; et
 - une autorisation de la fonctionnalité en fonction de la distance mesurée (d_m).
- [Revendication 9] Programme informatique comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution du procédé selon l'une quelconque des re-

- vendications 1 à 7 et/ou selon la revendication 8, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur du véhicule (75).
- [Revendication 10] Programme informatique comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, lorsque ledit programme est exécuté sur un processeur de l'identifiant (76).
- [Revendication 11] Système intégrable à un véhicule et configuré pour mesurer une distance (d_m) entre le véhicule (75) et un identifiant (76), le véhicule (75) comprenant une première unité radio fréquence (21) et l'identifiant (76) comprenant une deuxième unité radio fréquence (22), selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 7, et/ou pour autoriser une fonctionnalité selon le procédé de la revendication 8.
- [Revendication 12] Identifiant (76) configuré pour mesurer une distance (d_m) entre un véhicule (75) et l'identifiant (76), le véhicule (75) comprenant une première unité radio fréquence (21) et l'identifiant (76) comprenant une deuxième unité radio fréquence (22), selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 7.
- [Revendication 13] Identifiant (76) selon la revendication 12, dans lequel l'identifiant (76) comprend une clef physique ou un support de clef virtuelle, par exemple un téléphone mobile.
- [Revendication 14] Kit comprenant le système de la revendication 11 et/ou l'identifiant (76) de la revendication 12 ou 13.

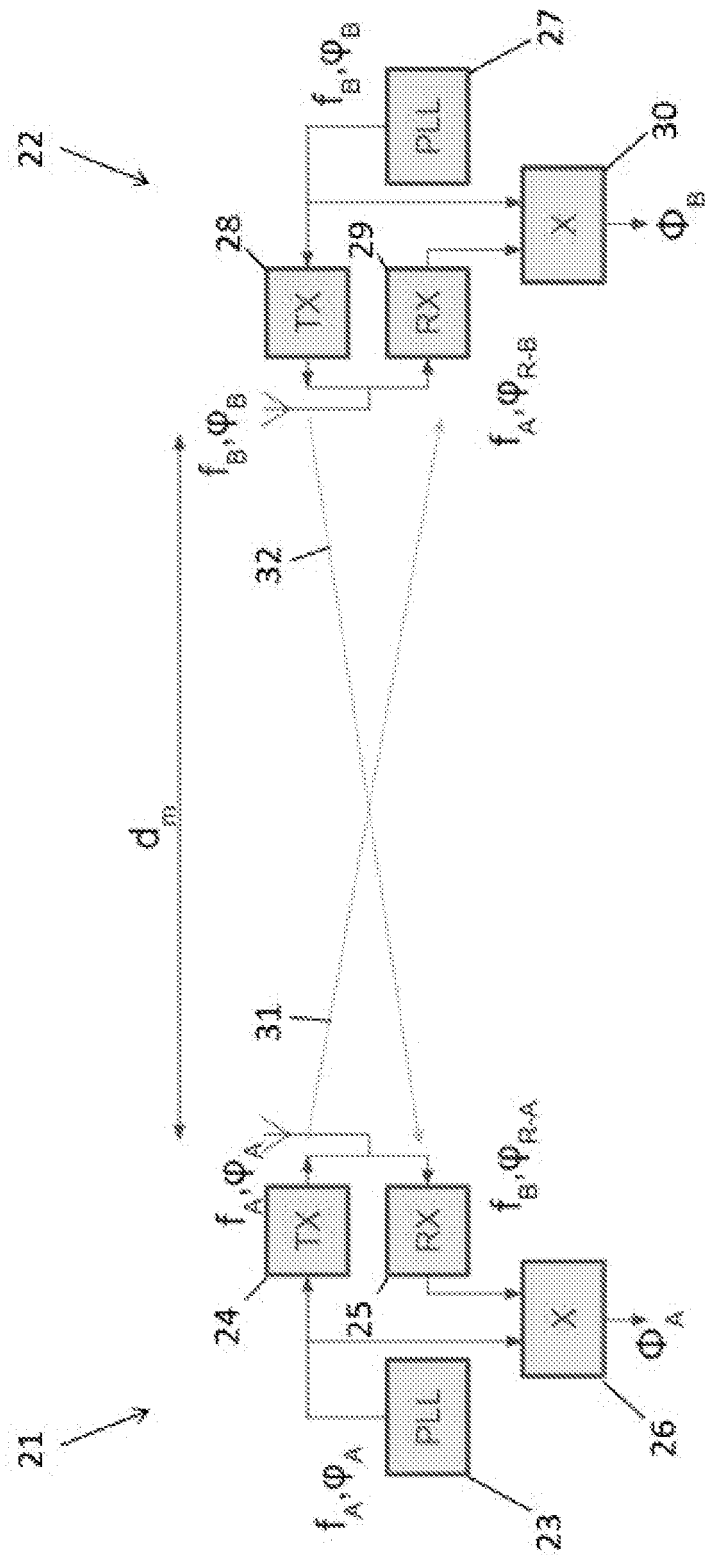
[Fig. 1]



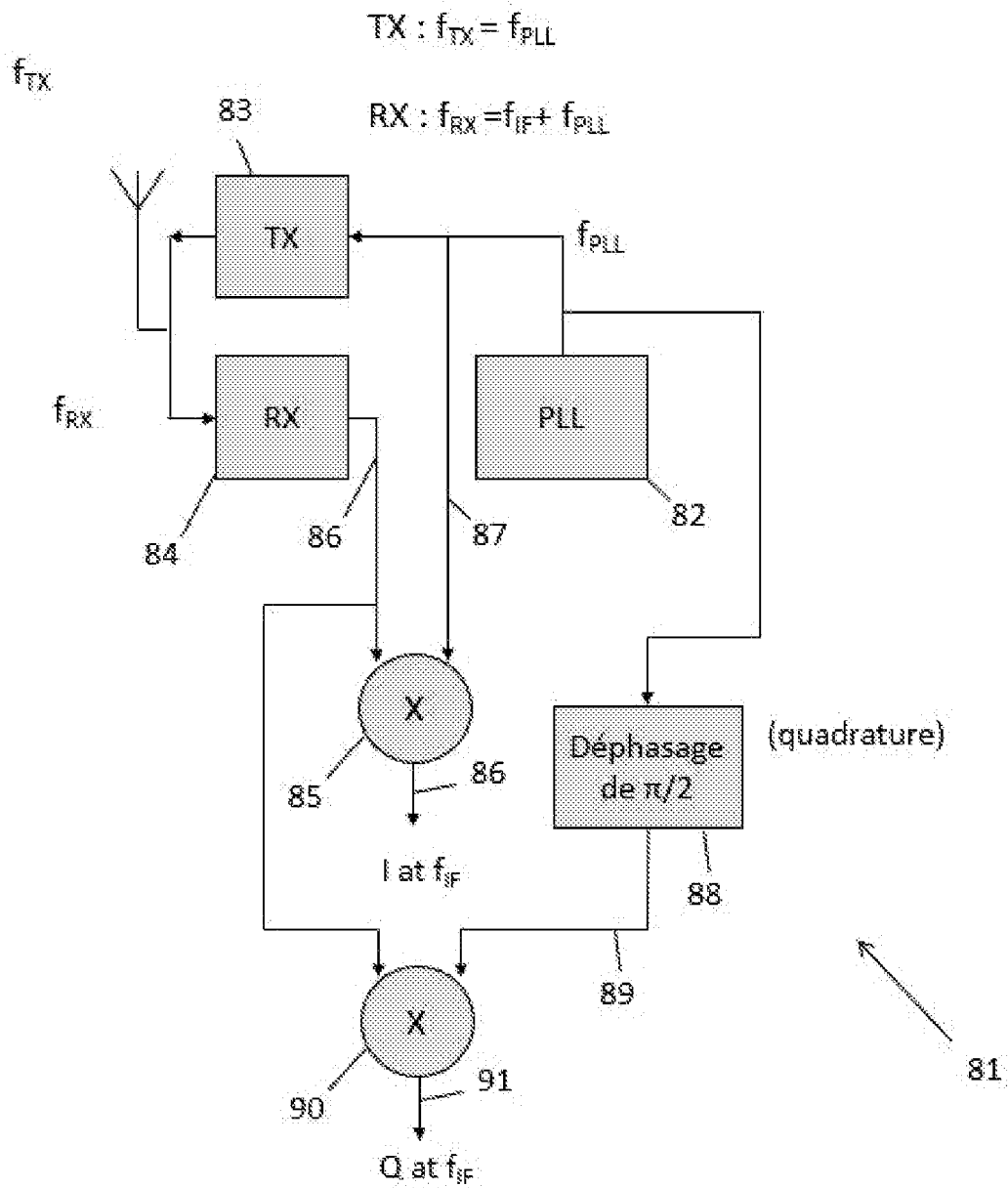
[Fig. 2]



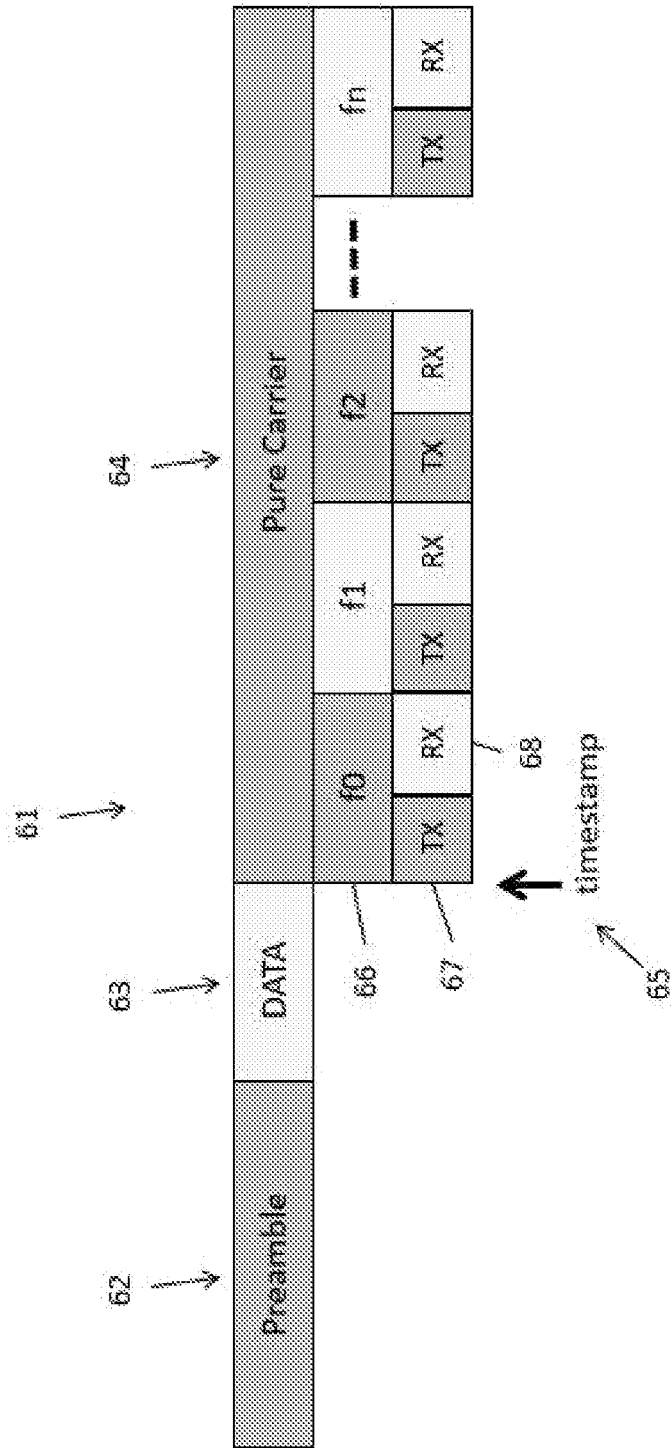
[Fig. 3]



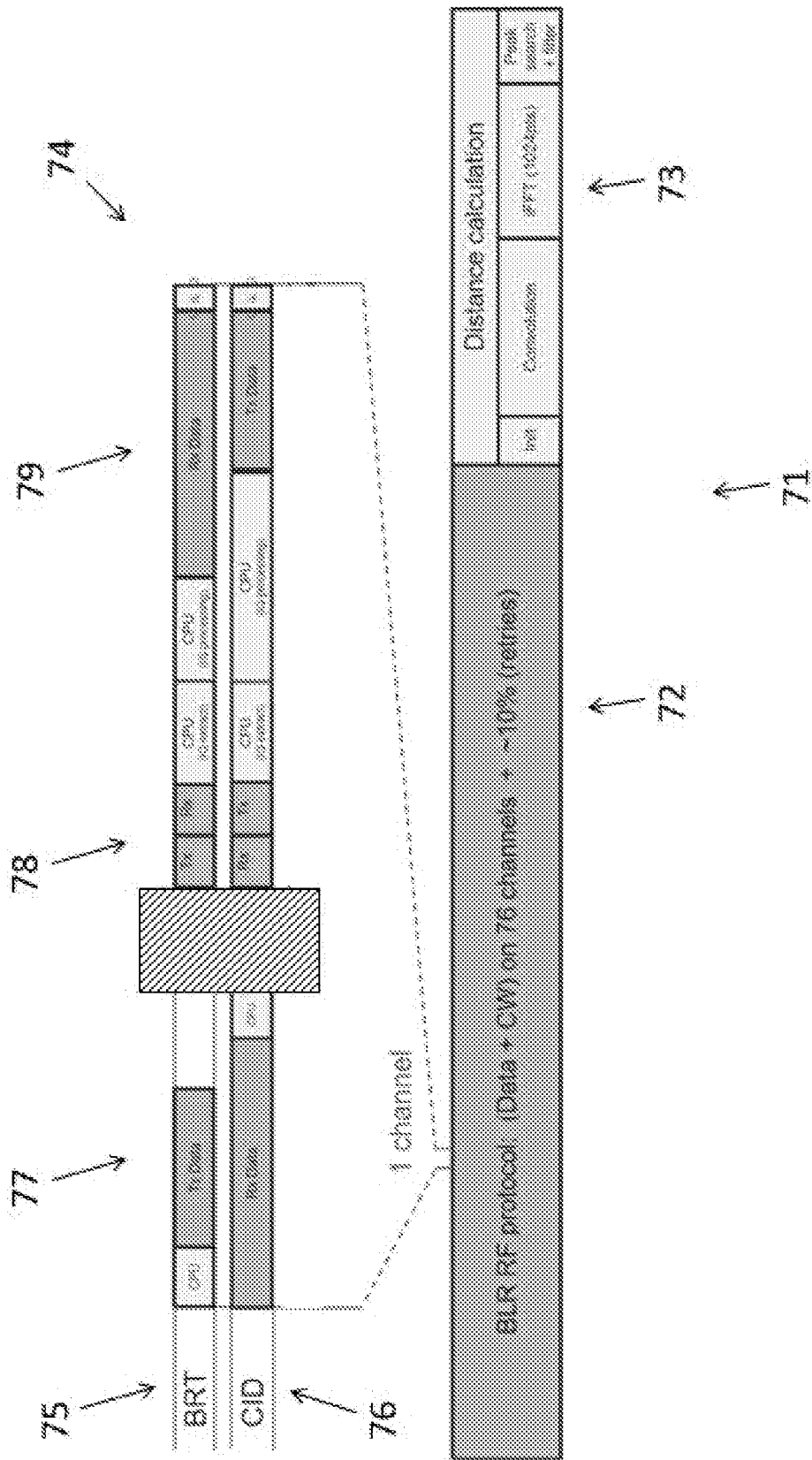
[Fig. 4]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

NEANT

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

DE 10 2004 038836 A1 (SIEMENS AG [DE])
23 février 2006 (2006-02-23)

US 5 220 332 A (BECKNER FREDERICK L [US]
ET AL) 15 juin 1993 (1993-06-15)

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT