

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 11.03.15.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.09.16 Bulletin 16/37.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : BOSTIK SA — FR et ESPCI INNOV
— FR.

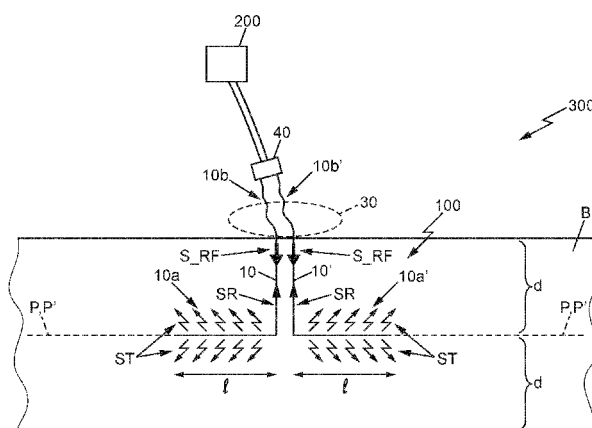
72 Inventeur(s) : MABIRE PHILIPPE, MAYER ANDRE,
HOLE STEPHANE, DITCHI THIERRY, GERON
EMMANUEL et MOKTHARI ZOE.

73 Titulaire(s) : BOSTIK SA, ESPCI INNOV.

74 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54 MESURE NON-DESTRUCTIVE DU TAUX D'HUMIDITE D'UN MATERIAU.

57 La présente invention concerne un procédé de mesure non-destructive d'un taux d'humidité d'un matériau (B), tel que par exemple un mortier ou un béton en cours de séchage, instrumenté par au moins un capteur (100) comportant une antenne (10, 10') de type filaire, par exemple du type dipolaire, dont une portion (10a, 10a') est noyée dans ledit matériau (B), et dont l'autre portion (10b, 10b') dépasse dudit matériau, ledit procédé comportant: - une étape d'émission (S1) au cours de laquelle un signal radiofréquence (S_RF) est émis par un appareil de mesure (200) de type réflectomètre à travers ladite antenne (10, 10') par l'intermédiaire de la deuxième portion (10b, 10b'), - une étape de réception (S2) au cours de laquelle, en réponse audit signal radiofréquence émis (S_RF), un signal réfléchi (SR) est reçu par ledit appareil de mesure (200), et - une étape d'analyse fréquentielle (S3) du signal réfléchi reçu (SR) pour déterminer le taux d'humidité dudit matériau (B).



MESURE NON-DESTRUCTIVE
DU TAUX D'HUMIDITE D'UN MATERIAU

Domaine technique et Art antérieur

5 La présente invention a trait au domaine des mesures, et concerne plus particulièrement les mesures dites non-destructives pour mesurer et suivre l'évolution du taux d'humidité d'un matériau.

 L'objet de la présente invention porte ainsi sur une technique de mesure non destructive permettant de mesurer, avec précision et à moindre coût, le taux d'humidité
10 d'un matériau.

 La présente invention trouve de nombreuses applications avantageuses, notamment dans l'industrie de la construction, et particulièrement l'industrie du bâtiment, en permettant de déterminer le taux d'humidité d'un matériau solide comprenant un ou plusieurs liants minéraux tel que par exemple le mortier ou le béton.

15 On peut citer comme exemple d'applications de la présente invention la construction d'ouvrages d'art (pont, barrage, etc.) ou de bâtiments (ou locaux) à usage d'habitation ou professionnel, ainsi que l'aménagement ou la réhabilitation desdits bâtiments, comprenant la pose de dalles de béton ou de chapes de mortier ou encore de ragréages.

20 D'autres applications avantageuses peuvent également être envisagées dans le cadre de la présente invention, comme par exemple la mesure et le suivi du taux d'humidité :

- d'un sol naturel (composé par exemple de limon, de sable, d'argile, etc.),
- d'un matériau solide exempt de liant minéral et comprenant un ou plusieurs
25 liants organiques (par exemple un corps gélatineux, un dérivé d'amidon, etc.),
- d'un matériau solide composite obtenu par frittage (par exemple un objet en céramique),
- d'un matériau pulvérulent (par exemple une farine, de la sciure de bois, etc.),
- 30 - de bois sous la forme par exemple de copeaux, de granulés ou de plaquettes, ou encore
- d'un matériau liquide.

Par taux d'humidité du matériau au sens de la présente invention, il faut comprendre ici dans toute la présente description qui suit la teneur en eau du matériau, c'est-à-dire la quantité d'eau contenue dans le matériau.

Le béton est un matériau de construction composite fabriqué à partir notamment
5 de granulats (graviers de taille supérieure à 1 cm) agglomérés par un liant minéral pulvérulent (par exemple un ciment, de la chaux ou du sulfate de calcium).

Le mortier est également un matériau de construction composite fabriqué à partir notamment de granulats (gravillons de taille inférieure à 1 cm) agglomérés par un liant minéral pulvérulent semblable à celui d'un béton.

10 Généralement, qu'il s'agisse d'un béton ou d'un mortier, le liant minéral est hydraté, autrement dit mis en contact avec de l'eau au cours d'un processus de mélange dénommé « gâchage », pour permettre l'agglomération des granulats.

On parle de béton (ou mortier) à base de liants hydrauliques.

Généralement, au cours des processus physiques et chimiques qui suivent la
15 mise en contact du matériau (béton ou mortier) avec l'eau de gâchage, une partie de cette eau reste liée aux cristaux formés à partir du liant minéral. On parle d'eau de cristallisation.

Une autre partie de l'eau, dite résiduelle, reste à l'état libre dans la porosité du béton (ou du mortier) ; cette eau résiduelle s'évapore au moins partiellement avec le
20 temps, laissant place à un matériau solide.

Dans le domaine du bâtiment, certains ouvrages en béton (notamment les dalles de béton) ou en mortier (notamment les chapes ou couches de ragréage) sont souvent appelés à recevoir un produit de recouvrement tel qu'une couche de résine synthétique, une couche de peinture, ou encore une couche d'un revêtement posé ou collé (un
25 parquet en bois, un carrelage ou encore un sol en plastique).

Avant de procéder au recouvrement du béton (par exemple sous la forme de dalle) ou du mortier (par exemple sous la forme d'une chape ou d'une couche de ragréage), il est impératif de s'assurer que le taux d'humidité résiduelle du matériau solide (béton ou mortier) soit suffisamment bas pour garantir une bonne tenue.

30 Une phase de séchage est donc nécessaire ; celle-ci peut prendre plusieurs jours, voire plusieurs semaines.

On note ici que le taux d'humidité résiduelle dans le béton (ou mortier) correspond au rapport entre le poids de l'eau libre et le poids du béton (ou mortier) sec.

Ce taux d'humidité résiduelle s'exprime usuellement en pourcentage ; on parle aussi de taux de siccité.

- 5 L'eau libre contenue dans le béton (ou mortier) s'évapore progressivement lors du séchage ; le taux d'humidité résiduelle va donc évoluer au cours de la phase de séchage.

 Ainsi, lorsque ce taux d'humidité est satisfaisant, il est possible de poursuivre l'ouvrage et d'appliquer par exemple sur la dalle de béton ou la chape de mortier (ou la
10 couche de ragréage) les couches supérieures.

 On comprend ici que, dans l'industrie de la construction, notamment du bâtiment, connaître le taux d'humidité d'un béton ou d'un mortier en cours de séchage est essentiel pour déterminer le moment le plus approprié pour poursuivre l'ouvrage ; connaître avec précision ce taux d'humidité permet d'optimiser les temps de
15 construction tout en garantissant la solidité et les propriétés relatives à la résistance mécanique de l'ouvrage.

 Les techniques développées jusqu'à présent pour déterminer avec précision le taux d'humidité à l'intérieur du béton ou du mortier sont bien souvent des techniques de mesures dites destructives.

- 20 Ces techniques destructives nécessitent une destruction partielle du matériau sur lequel il faut réaliser la mesure ; elles requièrent un prélèvement d'échantillon.

 L'opérateur en charge sur le chantier de contrôler le taux d'humidité du matériau solide (béton ou mortier) prélève à cœur un échantillon dudit matériau.

- 25 Ensuite, il réduit en poudre cet échantillon, puis le fait interagir avec par exemple du carbure de calcium dans une enceinte hermétique (bombe à carbure de calcium).

 Ceci provoque une réaction chimique entre le carbure et l'eau contenue dans l'échantillon de matériau testé.

- 30 Cette réaction entraîne un dégagement de gaz qui augmente la pression dans l'enceinte hermétique.

 Il existe donc un lien direct entre la quantité d'eau contenue dans l'échantillon de béton (ou de mortier) prélevé et la variation de pression sous l'enceinte.

Pour déterminer le taux d'humidité du béton (ou du mortier), l'opérateur mesure donc la variation de pression dans l'enceinte avec un baromètre ; de préférence, ce baromètre est intégré directement dans l'enceinte.

Il existe d'autres techniques de mesures destructives.

- 5 Suite à un prélèvement, il est possible alternativement de sécher en étuve l'échantillon prélevé (par exemple à 110°C), et ensuite de comparer le poids de l'échantillon avant et après séchage.

En fonction de cette comparaison, il est possible de déterminer la quantité d'eau contenue dans le béton (ou dans le mortier) avant séchage.

- 10 Ces différentes techniques sont destructives.

Bien que tolérable, le prélèvement d'un échantillon, nécessaire pour réaliser la mesure, n'est pas satisfaisant (surtout dans l'industrie de la construction et notamment celle du bâtiment).

- 15 Par ailleurs, il n'est pas vraiment possible avec ces techniques de tester l'homogénéité du séchage ; en effet, cela nécessiterait la réalisation de nombreux prélèvements dans l'ouvrage, par exemple une dalle en cours de séchage, ce qui entraînerait inévitablement plus de destructions.

Ces techniques destructives nécessitent de plus l'intervention relativement longue d'un technicien qualifié.

- 20 Dans ces conditions, il est difficile en utilisant ces techniques de suivre finement l'évolution du taux d'humidité d'un matériau tel que le béton ou le mortier : ces techniques sont en effet longues, complexes et fastidieuses à mettre en œuvre ; elles sont peu pratiquées sur chantier.

- 25 Il existe des techniques de mesures non-destructives permettant d'estimer le taux d'humidité d'un matériau.

Cependant, les techniques de mesures non-destructives développées jusqu'à présent ne sont pas entièrement satisfaisantes.

Le taux d'humidité d'un béton ou d'un mortier en cours de séchage peut en effet être mesuré en surface par un appareil du type humidimètre à pointe.

- 30 Un tel appareil utilise les propriétés relatives à la conductivité électrique du matériau testé.

On sait en effet que la conductivité électrique du béton ou du mortier varie en fonction de la teneur en eau : la présence d'eau dans le matériau favorise la conductivité de l'électricité dans le matériau.

Selon cette technique, une tension est donc appliquée entre deux voire plusieurs
5 pointes, ou électrodes, mises en contact avec le béton ou le mortier.

La résistance électrique mesurée entre les pointes donne alors une information sur la quantité d'eau dans le béton ou le mortier.

Avec cette technique, on observe toutefois des erreurs dans les mesures réalisées.

10 Ces erreurs proviennent principalement de réactions chimiques entre les électrodes et le béton ou le mortier.

On observe également un changement de percolation entre les grains du béton ou du mortier.

De plus, cette technique n'est pas satisfaisante ; en effet, le taux d'humidité
15 mesuré est celui en surface.

Or, la surface du béton ou du mortier sèche plus rapidement que le cœur.

La surface du matériau présente en outre des polluants comme de la poussière ainsi que des irrégularités qui peuvent fausser la mesure.

Le taux d'humidité qu'il est pertinent de prendre en considération pour
20 poursuivre l'ouvrage est donc celui à l'intérieur du béton (ou du mortier) ; c'est-à-dire celui à cœur.

Pour réaliser ces mesures à cœur, d'autres techniques existent ; elles sont toutefois plus complexes, et nécessitent l'intégration de capteurs dans le matériau.

Dans ces techniques, c'est bien souvent la permittivité diélectrique du matériau à
25 tester qui est le paramètre physique retenu pour réaliser la mesure.

En effet, cette constante diélectrique est de l'ordre de quelques unités pour la plupart des matériaux ; elle est de l'ordre de 80 pour l'eau.

Par conséquent, la présence d'eau dans un matériau tel que le béton ou le mortier augmente singulièrement la constante diélectrique mesurée.

30 Les lois de l'électromagnétisme sont alors utilisées pour faire la mesure, soit par effet capacitif à basse fréquence, soit avec une cavité résonante à haute fréquence.

L'inconvénient majeur des techniques utilisées est l'encombrement des capteurs utilisés ou leur faible rayon d'action lorsque ces capteurs sont miniaturisés.

En effet, comme la mesure doit être faite au cœur du matériau testé, un grand encombrement modifie nécessairement la façon dont le matériau sèche : la mesure
5 réalisée n'est donc pas fiable.

Lorsque le capteur est miniaturisé, le séchage n'est pas perturbé mais des incertitudes de mesure apparaissent de par l'aspect granulaire du béton ou du mortier : le rayon d'action d'un capteur miniaturisé est nécessairement petit.

La réponse du capteur diffère donc en fonction de son environnement ; la
10 réponse est différente selon qu'il est proche d'un constituant ou d'un autre du béton ou du mortier.

Les techniques de mesures non-destructives ne sont donc pas satisfaisantes, notamment pour des raisons de coûts (capteurs) et pour des raisons de précision.

Compte tenu des inconvénients mentionnés ci-dessus pour les différentes
15 techniques déployées jusqu'à présent, l'industrie de la construction, notamment celle du bâtiment, préfère augmenter la durée globale de la construction d'un ouvrage en laissant une marge de sécurité dans les temps de séchage.

Ceci engendre cependant des coûts indirects (durée générale du chantier, report de livraison, etc.).

20 Objet et résumé de la présente invention

La présente invention vise à améliorer la situation décrite ci-dessus.

Un des objectifs de la présente invention est de remédier aux différents inconvénients mentionnés ci-dessus en proposant une solution non-destructive, simple et peu coûteuse permettant de mesurer et de suivre avec précision le taux d'humidité à
25 cœur d'un matériau, en particulier d'un matériau solide comme par exemple le béton, le mortier ou encore d'autres matériaux.

A cet effet, l'objet de la présente invention concerne selon un premier aspect un procédé de mesure non-destructive pour mesurer un taux d'humidité d'un matériau.

Selon l'invention, le matériau dont il faut mesurer le taux d'humidité est
30 instrumenté par au moins un capteur qui comporte une antenne de type filaire.

Selon l'invention, cette antenne présente :

- une portion noyée dans le matériau, et

- une autre portion dépassant du matériau.

Avantageusement, le procédé selon l'invention comporte une étape d'émission au cours de laquelle un signal radiofréquence est émis par un appareil de mesure de type réflectomètre à travers l'antenne par l'intermédiaire de la deuxième portion.

- 5 Avantageusement, le procédé selon la présente invention comporte en outre une étape de réception au cours de laquelle, en réponse au signal radiofréquence émis, un signal réfléchi est reçu par l'appareil de mesure.

Suite à cette étape de réception, le procédé selon la présente invention comporte alors une étape d'analyse fréquentielle ; au cours de cette étape, les fréquences de
10 résonance du signal réfléchi reçu, pour une phase déterminée par rapport au signal radiofréquence émis, sont calculées et analysées pour déterminer le taux d'humidité du matériau.

Ainsi, grâce à cette succession d'étapes techniques, caractéristique de la présente invention, il suffit à la personne en charge de mesurer le taux d'humidité d'un matériau
15 de se munir d'un appareil de mesure du type réflectomètre, de préférence portatif, et de venir brancher cet appareil sur la portion de l'antenne dépassant du matériau.

Ensuite, la personne émet via cet appareil un signal radiofréquence à travers l'antenne.

Une partie du signal émis est alors réfléchi vers l'appareil de mesure, tandis
20 qu'une autre partie de ce signal est transmise dans l'environnement de l'antenne, c'est-à-dire ici dans le matériau.

Selon la fréquence du signal, l'efficacité de la transmission change.

Il existe donc des fréquences pour lesquelles la transmission est plus efficace.

Ces fréquences dépendent de la longueur de l'antenne mais également de la
25 constante diélectrique (permittivité relative) du matériau à proximité de l'antenne (par exemple le béton ou le mortier avec tous ses constituants dont l'eau).

Ainsi, les fréquences de transmission sont directement liées à la teneur en eau du matériau, mais également au comportement de l'eau à la fréquence des mesures.

Il est alors possible de discerner les différents types de liaisons des molécules
30 d'eau avec le matériau, et donc d'analyser plus finement le taux d'humidité et l'état d'avancement du séchage.

L'appareil de mesure reçoit donc, en réponse au signal émis, un signal réfléchi.

Ce signal réfléchi contient toutes les informations relatives à cette teneur en eau : ce qui n'est pas transmis dans le matériau est nécessairement réfléchi dans le capteur.

Il apparait donc un pic négatif dans le signal réfléchi aux fréquences où le signal est transmis.

5 On peut donc envisager plusieurs façons de faire les mesures :

- soit en suivant directement la fréquence des pics dans le signal réfléchi ;
- soit en suivant les fréquences pour une phase donnée du signal réfléchi par rapport au signal généré.

10 Cette dernière alternative est en fait une généralisation de la première puisque la position des pics dans le signal réfléchi correspond au cas particulier d'une phase nulle.

Dans un mode de réalisation avantageux, cette phase peut donc être nulle.

Avantageusement, lors de l'étape d'analyse fréquentielle, les coefficients de réflexion du signal réfléchi sont calculés pour déterminer les fréquences de résonance du signal réfléchi.

15 Avantageusement, le procédé selon la présente invention comporte une étape finale au cours de laquelle, lorsque le taux d'humidité mesuré est égal ou supérieur à un taux d'humidité seuil prédéterminé, la deuxième portion dépassant du matériau est sectionnée, de préférence au ras du matériau.

20 Ainsi, dans une application pour l'industrie de la construction, notamment du bâtiment, une fois que la teneur en eau visée pour le béton (ou pour le mortier) est atteinte, les fils dépassant du béton (ou du mortier) peuvent être coupés pour passer à l'étape suivante dans la réalisation de l'ouvrage.

Le capteur, c'est-à-dire les fils, sont donc perdus dans le matériau (par exemple dans le béton ou dans le mortier).

25 Compte tenu du coût d'un tel capteur, ceci est tout à fait acceptable par rapport aux solutions existantes décrites précédemment.

30 Le procédé de mesure proposé dans le cadre de la présente invention est donc simple et rapide à mettre en œuvre ; la personne en charge de la mesure du taux d'humidité d'un matériau tel que par exemple le béton ou le mortier n'a pas besoin d'avoir de qualification particulière car il lui suffit de brancher l'appareil de mesure à la portion de l'antenne dépassant du matériau, puis de lire le résultat affiché sur l'appareil.

On comprend ainsi que le procédé de mesure proposé dans le cadre de la présente invention est particulièrement intéressant pour l'industrie de la construction (et notamment l'industrie du bâtiment) : il permet à l'opérateur de mesurer, rapidement et plusieurs fois si nécessaire, le taux d'humidité d'un matériau comme le béton ou le mortier ; un tel procédé lui permet notamment de gérer efficacement les temps de séchage et de décider ou non la poursuite de l'ouvrage.

L'objet de la présente invention concerne, selon un deuxième aspect, une utilisation d'un procédé de mesure non-destructive tel que décrit ci-dessus pour mesurer le taux d'humidité d'un matériau solide comprenant un ou plusieurs liants minéraux.

Avantageusement, les liants minéraux sont notamment choisis parmi un ciment, de la chaux ou du sulfate de calcium.

Le matériau solide visé par ladite utilisation est de façon particulièrement avantageuse un béton ou un mortier en cours de séchage.

Avantageusement, lorsque le matériau est un mortier en cours de séchage, les fréquences de résonance supérieures ou égales à 1,8 GHz sont considérées comme caractérisant une présence d'eau de cristallisation dans le mortier, tandis que les fréquences de résonance strictement inférieures à 1,8 GHz sont considérées comme caractérisant une présence d'eau résiduelle dans le mortier.

On préfère, selon une variante tout particulièrement préférée de cette même utilisation, mettre en œuvre ledit matériau solide comme élément de la structure de sol d'un local à usage d'habitation ou professionnel, pour la pose d'une couche de revêtement de sol sur ladite structure.

On entend désigner par structure de sol la structure comprenant la dalle de béton qui résulte de l'ouvrage de gros œuvre correspondant à la construction du bâtiment, ladite dalle étant de préférence recouverte d'une chape de mortier et/ou d'une couche de ragréage obtenues par coulage de mortier liquide. La couche de ragréage a pour but de niveler les défauts de surface de la couche sous-jacente (dalle de béton ou chape de mortier), afin d'obtenir une surface plane et lisse, propre à recevoir un revêtement de sol.

Parmi les revêtements de sol, qui peuvent être posés, de préférence par collage, sur ladite structure, on peut citer par exemple, et de manière non limitative, un parquet, un carrelage, un revêtement souple comme de la moquette tricotée, touffetée, tissée,

floquée, en lés ou en dalles, un revêtement de sol aiguilleté, en lés ou en dalles, un revêtement de sol homogène ou hétérogène à base de polychlorure de vinyle, un revêtement de sol à base de polychlorure de vinyle sur support de jute ou de polyester ou sur support de polyester avec envers en polychlorure de vinyle, un revêtement de sol
5 à base de polychlorure de vinyle sur mousse, un revêtement de sol à base de polychlorure de vinyle avec support à base de liège, un revêtement de sol à base de polychlorure de vinyle expansé, une dalle semi flexible à base de polychlorure de vinyle ou encore une dalle d'aggloméré de liège avec couche d'usure à base de polychlorure de vinyle.

10 Selon cette dernière variante de réalisation, la mise en œuvre du matériau solide (B) sous la forme d'une dalle de béton ou d'une chape de mortier, ou encore d'une couche de ragréage, est particulièrement avantageuse.

L'objet de la présente invention concerne, selon un troisième aspect, une utilisation d'un procédé de mesure non-destructive tel que décrit ci-dessus pour mesurer
15 le taux d'humidité d'un matériau choisi parmi :

- un sol naturel,
- un matériau solide exempt de liant minéral et comprenant un ou plusieurs liants organiques,
- un matériau solide composite obtenu par frittage,
- 20 - un matériau pulvérulent,
- du bois, par exemple sous la forme de copeaux, de sciure, de granulés ou de plaquettes, ou
- un matériau liquide.

Dans ces différentes utilisations, on comprendra que le matériau est instrumenté
25 par au moins un capteur de mesure non-destructive comportant une antenne de type filaire :

- dont une portion est noyée dans le matériau, et
- dont l'autre portion dépasse du matériau.

Comme évoqué en préambule de la présente description, d'autres utilisations du
30 procédé selon l'invention peuvent également être envisagées dans le cadre de la présente invention.

Corrélativement, l'objet de la présente invention concerne, selon un quatrième aspect, un capteur de mesure non-destructive pour mesurer un taux d'humidité d'un matériau, ledit capteur étant configuré pour permettre la mise en œuvre des différentes étapes décrites ci-dessus.

5 Plus particulièrement, le capteur selon la présente invention comporte une antenne de type filaire :

- dont une portion est noyée dans le matériau, et
- dont l'autre portion dépassant du matériau est destinée à être connectée à un appareil de mesure du type réflectomètre.

10 De préférence, l'antenne est du type dipolaire.

Dans un mode de réalisation avantageux, l'antenne comprend deux fils présentant chacun :

- une première portion qui est noyée dans le matériau, et
- une deuxième portion libre qui dépasse du matériau.

15 De préférence, les premières portions s'étendent chacune au moins partiellement dans une direction sensiblement opposée l'une de l'autre.

Les deux fils forment ainsi une antenne du type lambda sur deux.

Dans une variante, les premières portions sont coplanaires ; en d'autres termes, les premières portions de chacun des deux fils s'étendent dans un même plan.

20 De préférence, ce plan est le plan médian ; ce plan médian correspond ici au plan qui s'étend dans la partie médiane du matériau (c'est-à-dire le plan s'étendant dans la couche centrale du matériau, à cœur).

Dans une autre variante, les premières portions sont chacune respectivement dans des plans qui s'étendent longitudinalement dans le sens du matériau.

25 De préférence, les plans sont sensiblement parallèles entre eux.

De la même façon que précédemment, chacun de ces plans s'étend sensiblement dans la partie médiane du matériau.

Dans un cas comme dans l'autre, le fait que les premières portions s'étendent dans la partie médiane du matériau permet de réaliser la mesure au plus près du cœur du
30 matériau.

De préférence, les fils de l'antenne présentent chacun des dimensions identiques (longueur, diamètre).

Avantageusement, chaque première portion présente une longueur comprise entre de l'ordre de 5 à 15 centimètres, de préférence sensiblement égale à 7,5 centimètres.

Avantageusement, chaque fil est isolé du matériau par une gaine protectrice, de
5 préférence en résine époxyde.

Il est préférable en effet que les fils soient isolés par une résine neutre de sorte à les rendre insensibles à leur environnement, par exemple le béton (ou le mortier) et toutes les réactions chimiques qui y ont lieu.

Avantageusement, l'antenne est munie d'une connectique configurée pour se
10 connecter à un appareil de mesure du type réflectomètre.

De préférence, chaque deuxième portion présente une section sécable, par exemple une prédécoupe ou un amincissement de section.

Avantageusement, il est possible de prévoir que le capteur comporte un flotteur amovible apte à être fixé temporairement à la portion dépassant du matériau ; ce flotteur
15 est configuré pour régler le positionnement du capteur dans le matériau, par exemple lors du coulage dudit matériau et/ou lorsque celui-ci est à l'état liquide.

Un tel flotteur est particulièrement avantageux pour positionner correctement le capteur par rapport au matériau à tester, notamment pour positionner les portions de l'antenne noyées dans le béton pendant le coulage du béton (ou du mortier) frais sur un
20 sol horizontal, par exemple lors du coulage d'une dalle de béton, d'une chape de mortier, ou encore d'une couche de ragréage.

Selon un cinquième aspect, la présente invention concerne également un système de mesure non-destructive pour mesurer un taux d'humidité d'un matériau.

De préférence, ce système comporte :

- 25
- un capteur de mesure non-destructive tel que décrit ci-dessus comportant une antenne de type filaire dont une portion est noyée dans le matériau, et dont l'autre portion dépasse du matériau, et
 - un appareil de mesure du type réflectomètre apte à se connecter au capteur par l'intermédiaire de la portion dépassant du matériau.

30 Ainsi, la présente invention, par ses différentes caractéristiques techniques structurelles et fonctionnelles, permet de mesurer simplement et avec précision le taux

d'humidité d'un matériau tel que par exemple un béton ou un mortier en cours de séchage.

La mesure est non-destructive et se fait à cœur par la présence d'un capteur peu coûteux.

5 Brève description des figures annexées

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description ci-dessous, en référence aux figures 1 à 6 annexées qui en illustrent un exemple de réalisation dépourvu de tout caractère limitatif et sur lesquelles :

- la figure 1 représente une vue schématique d'un système selon un exemple de réalisation avec un appareil de mesure du type réflectomètre connecté à un capteur de mesure non-destructive ayant une antenne de type dipolaire dont une portion est noyée dans une chape de mortier ;
- la figure 2 représente une vue en coupe d'une section du capteur conforme à l'exemple selon la figure 1 ;
- les figures 3a à 3h sont des graphiques, issus de résultats expérimentaux, représentant chacun l'évolution des coefficients de réflexion du signal réfléchi en fonction d'une fréquence allant de 100 MHz à 3GHz, ceci à différents instants pendant la phase de séchage du mortier ;
- les figures 4a, 4b et 4c sont des graphiques représentant l'évolution pendant les 30 premiers jours de séchage de la fréquence de chacun des pics fréquentiels observés pour les coefficients de réflexion ;
- les figures 5a, 5b et 5c sont des graphiques représentent l'évolution de la fréquence de chacun des trois pics observés et l'évolution de la masse du mortier pendant les premières heures de séchage ;
- la figure 6 est un organigramme illustrant le procédé selon un exemple de mise en œuvre.

Description détaillée d'un exemple de réalisation avantageux

Une mesure non-destructive selon un exemple de réalisation avantageux ainsi que le capteur associé vont maintenant être décrits dans ce qui va suivre en faisant référence conjointement aux figures 1 à 6.

L'exemple décrit ici concerne le suivi du taux d'humidité d'un mortier sous forme de chape.

On comprendra qu'il s'agit d'un exemple purement illustratif ne présentant en aucun cas un caractère limitatif.

En effet, comme énoncé précédemment, d'autres exemples de mise en œuvre pour des matériaux autres que le mortier peuvent être envisagés dans le cadre de la présente invention.

On sait qu'une phase de séchage est nécessaire pour qu'une chape de mortier atteigne des caractéristiques mécaniques compatibles avec les normes de la construction, notamment pour pouvoir poser une couche de revêtement sur ladite chape.

Jusqu'à présent, cette phase est contrôlée par des mesures complexes effectuées sur des prélèvements d'échantillons : par exemple une mesure destructive du type chimique utilisant du carbure de calcium ou une mesure de poids.

Dans l'exemple décrit ici, concevoir un capteur évitant ces prélèvements et permettant une mesure précise, peu coûteuse et simple à réaliser, afin de déterminer le taux d'humidité d'un mortier en cours de séchage est un des objectifs de la présente invention.

D'une part, cette mesure doit être non-destructive, notamment pour satisfaire aux exigences de l'industrie du bâtiment.

D'autre part, cette mesure doit se faire à cœur, et non en surface, pour être la plus précise.

Ceci est rendu possible dans le cadre de la présente invention par la conception d'un capteur 100, appelé encore capteur perdu.

Comme évoqué précédemment, pour déterminer les propriétés diélectriques d'un matériau comme le mortier et donc connaître son taux d'humidité, il est possible de réaliser des mesures à basse fréquence, par exemple en réalisant des mesures par effet capacitif. Ceci n'est pas très satisfaisant.

Le concept sous-jacent à la présente invention repose, lui, sur une mesure à haute fréquence utilisant une antenne hyperfréquence de type antenne dipolaire.

Dans l'exemple décrit ici, le capteur utilisé 100 comporte une antenne composée de deux fils 10 et 10'.

Lors d'une étape préalable S0, ce capteur 100 est inséré partiellement dans la chape de mortier B au cours de la pose, ici au cours du coulage de ladite chape.

Suite à cette étape S0, les deux fils 10-10' de l'antenne présentent chacun :

- une portion 10a-10a', appelée première portion, qui est noyée dans le mortier B, et
- une portion 10b-10b', appelée deuxième portion, qui dépasse du mortier B.

Dans l'exemple décrit ici, les premières portions 10a et 10a' s'étendent chacune
5 horizontalement respectivement selon des plans P et P'.

Ces plans P et P' sont sensiblement parallèles entre eux.

Plus particulièrement, dans cet exemple, les plans P et P' sont confondus : les premières portions 10a et 10a' sont donc coplanaires.

Dans l'exemple décrit ici, les premières portions 10a et 10a' s'étendent dans la
10 partie médiane de la chape de mortier B de sorte à permettre une mesure à cœur.

Pour favoriser le positionnement des fils 10 et 10' dans le mortier B, il est prévu selon l'invention d'utiliser un flotteur 30.

Plus particulièrement, ce flotteur 30 permet de régler la hauteur relative des premières portions 10a et 10a' des fils 10 et 10' dans le mortier B.

15 Dans cet exemple, le flotteur 30 est amovible et se fixe sur les deuxièmes portions 10b et 10b' des fils 10 et 10'. Le flotteur 30 permet la mise en place et le positionnement des fils 10 et 10' dans la chape de mortier B lors du coulage.

Une fois les fils 10 et 10' positionnés, on retire le flotteur 30.

Dans l'exemple décrit ici, les premières portions 10a et 10a' partent chacune
20 dans des directions opposées de manière à former une antenne dipolaire de type lambda sur deux.

Il est préférable que ces fils 10 et 10' soient isolés.

Dans l'exemple décrit ici et illustré en figure 2, il est prévu une gaine protectrice
20 et 20' pour chacun des fils 10 et 10'.

25 Cette gaine 20, 20' est composée au moins partiellement dans une résine neutre de sorte à ce que les fils 10 et 10' soient insensibles au mortier B et à toutes les réactions chimiques qui y ont lieu.

Le principe sur lequel repose la présente invention est d'envoyer de l'énergie électromagnétique dans les fils 10 et 10', et de mesurer les pertes par rayonnement de
30 ces fils 10 et 10'.

Au centre, les deux fils 10 et 10' (les deuxièmes portions 10b et 10b') sortent donc du mortier B de manière à pouvoir être connectés avec un appareil de mesure portatif approprié 200 ; cet appareil 200 est du type réflectomètre.

Dans l'exemple décrit ici, le capteur 100 comprend aux extrémités des portions 10b et 10b' dépassant de la chape de mortier B une connectique 40 spécifique qui permet au capteur 100 de se brancher au réflectomètre 200.

Plus particulièrement, dans l'exemple décrit ici, cette connectique 40 est configurée pour permettre au réflectomètre 200 d'être branché aux fils 10 et 10' par l'intermédiaire d'un câble coaxial, l'un étant connecté à l'âme centrale du câble et l'autre à la masse du câble.

Dans l'exemple décrit ici, une fois le réflectomètre 200 branché au capteur 100, l'opérateur envoie dans le capteur 100 un signal radiofréquence S_RF depuis le réflectomètre 200, ceci lors d'une étape d'émission S1.

Une partie de ce signal émis S_RF est alors réfléchi vers l'appareil de mesure 200 (on parle de signal réfléchi, noté SR), tandis qu'une autre partie de ce signal S_RF est transmise dans l'environnement du capteur 100, notamment dans le mortier B (on parle de signal transmis, noté ST).

L'appareil de mesure 200 reçoit alors ce signal réfléchi SR lors d'une étape S2.

La fréquence à laquelle l'énergie émise par le signal S_RF est la mieux transmise dans le mortier B dépend des propriétés électromagnétiques (notamment de la permittivité relative) du mortier B au voisinage du dipôle 100.

Cette fréquence dépend directement de la quantité d'eau contenue dans le mortier B.

En effet, comme mentionné précédemment, les fréquences du signal transmis ST sont directement liées à la teneur en eau du mortier B, mais également au comportement de l'eau à la fréquence des mesures.

La corrélation entre la fréquence de résonance et le taux d'humidité d'un matériau tel que le mortier se déduit des formules suivantes :

On sait tout d'abord que la fréquence de résonance est fonction de la vitesse de propagation $v\varphi$ des ondes électromagnétiques et de la longueur L de l'antenne constituée par les fils 10a et 10a' :

$$Fréquence_résonance = \frac{v\varphi}{2L}$$

La vitesse de propagation $v\varphi$ des ondes électromagnétiques dans le matériau est donnée par :

$$v\varphi = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

dans laquelle la variable ε_r est la permittivité relative du mortier.

- 5 La permittivité relative du mortier sec est de l'ordre de 2 à 7, tandis que la permittivité relative de l'eau est d'environ 80.

Des deux formules ci-dessus, on a la relation suivante entre la fréquence de résonance et le taux d'humidité du mortier :

$$Fréquence \text{ _ } résonance = \frac{c}{2L\sqrt{\varepsilon_r}}$$

- 10 Le signal réfléchi SR, accessible directement à partir de l'appareil de mesure 200, contient donc toutes les informations relatives à la teneur en eau du mortier B : en effet, si le signal est transmis par les fils 10, 10' vers le mortier B, celui-ci n'est pas réfléchi vers l'appareil 200.

- Il suffit alors de calculer les coefficients de réflexion propre au signal réfléchi
15 pour obtenir les fréquences de résonance.

Dans l'exemple décrit ici, la réponse en fréquence est enregistrée au cours du temps de 100MHz à 3 GHz, avec le réflectomètre 200 ou un analyseur de réseau.

- Suite à cette mesure, on calcule l'évolution du coefficient de réflexion pour ce signal SR en fonction de cette variation de fréquence, ceci à plusieurs instants pendant
20 le séchage.

Les figures 3a à 3h sont issues de résultats expérimentaux et représentent les coefficients de réflexion du signal réfléchi SR en fonction d'une fréquence allant de 100 MHz à 3GHz respectivement :

- le premier jour de séchage (figure 3a),
- 25 - le deuxième jour de séchage (figure 3b),
- le troisième jour de séchage (figure 3c),
- le cinquième jour de séchage (figure 3d),
- le dixième jour de séchage (figure 3e),
- le quinzième jour de séchage (figure 3f),
- 30 - le vingtième jour de séchage (figure 3g), et

- le trentième jour de séchage (figure 3h).

Comme illustré en figure 3a à 3h, il apparaît dans le signal réfléchi SR un pic négatif pour les fréquences dans lesquelles le signal S_RF est « le mieux » transmis dans le mortier B.

- 5 Dans ces figures, on distingue un premier pic PIC1 autour 500MHz, un deuxième pic PIC2 autour de 1GHz et un troisième pic PIC3 autour de 2,3GHz.

On notera ici que, dans les premières heures (voir figure 3a), il est également possible de distinguer un quatrième pic PIC4 ; ce pic PIC4 disparaît ensuite.

- 10 Chacun de ces pics PIC1, PIC2, PIC3 et PIC4 correspond donc aux fréquences de résonance de l'antenne constituée par les fils 10a et 10a' dans le mortier B.

La fréquence de résonance dépend directement de la permittivité relative du matériau, et donc du taux d'humidité du matériau.

On observe en outre qu'en fonction du temps les trois pics PIC1, PIC2, PIC3 de fréquence de résonance se déplacent vers les hautes fréquences.

- 15 Les figures 4a, 4b et 4c exploitent les résultats ci-dessus et représentent l'évolution des fréquences de chaque pic PIC1, PIC2 et PIC3 (fréquence de résonance) pendant les 30 premiers jours.

Après analyse, l'évolution des fréquences de résonance est franche et suit très bien l'évolution de la teneur en eau dans le mortier au cours du séchage.

- 20 On remarque notamment sur ces figures 4a, 4b et 4c une rupture de chaque courbe après une dizaine d'heures de séchage : ce point de rupture correspond à une diminution de la quantité d'eau qui s'évapore.

- 25 En concomitance avec ce point de rupture, on observe également que chacune des fréquences marque un changement : l'amplitude et le sens de variation sont différents selon le pic observé.

Les courbes des figures 4a et 4b relatives aux deux premières fréquences de résonance observées (correspondant aux deux premiers pics) évoluent de façon continue et quasi similaire.

- 30 La courbe de la figure 4c qui est relative à la troisième fréquence de résonance observée (correspondant au troisième pic) met en évidence une variation forte les cinq premiers jours ; ensuite, cette courbe montre une stabilisation de cette fréquence.

Si l'on compare les résultats de ces mesures avec des résultats de mesures connus du type mesures du poids, on s'aperçoit que l'évolution de ces fréquences de résonance est inverse à l'évolution du poids du mortier.

Ceci est confirmé par les graphiques des figures 5a, 5b et 5c qui représentent l'évolution de la fréquence de chacun des trois pics PIC1, PIC2 et PIC3 et l'évolution de la masse du mortier B pendant les premières heures de séchage.

L'analyse de ces graphiques permet de déduire qu'il existe un lien direct entre l'évolution de ces fréquences et l'évolution du poids.

L'analyse fréquentielle donne en plus une information très pertinente : les harmoniques des résonances du dipôle semblent en effet apporter des informations intéressantes sur la nature de l'eau présente dans le mortier.

Au début du séchage, il y a une forte évaporation d'eau jusqu'à la solidification du mortier (après deux à six heures de séchage).

Après quelques jours, l'eau est presque évaporée. Les fréquences du dernier pic ne changent quasiment plus après six jours de séchage.

Ainsi, les études menées ont permis d'observer que :

- les fréquences égales ou supérieures à 1,8 GHz donnent une information sur les changements d'eau de cristallisation ;
- les fréquences inférieures à 1,8 GHz donnent une information sur l'eau résiduelle (c'est-à-dire l'eau qui s'évapore du mortier).

Après calcul des coefficients de réflexion et détermination des fréquences de résonance, il est donc prévu une étape d'analyse fréquentielle S3 qui permet d'estimer avec précision le taux d'humidité du mortier B.

Cette analyse permet en outre de déterminer la nature de l'eau présente dans le mortier :

- eau résiduelle, ou
- eau de cristallisation.

Lorsque le taux d'humidité estimé lors de cette étape S3 atteint un taux seuil prédéterminé conforme aux normes en vigueur, alors l'opérateur peut couper la section 10b, 10b' dépassant de la chape de mortier B.

Ceci correspond à l'étape finale S4 de la mesure ; l'ouvrage peut se poursuivre.

Un premier avantage est que la mesure proposée ici dans le cadre de la présente invention est non destructive : il n'est donc plus nécessaire de prélever des échantillons dans le mortier.

De ce fait, les mesures réalisées ici selon la présente invention peuvent être
5 multipliées pour suivre précisément l'évolution de la teneur en eau du mortier.

Un deuxième avantage est que le capteur 100 est simplement composé de fils 10 et 10', aussi fins que nécessaires, et donc qu'il n'est pas invasif tout en restant non local puisque la mesure se fait sur toute la longueur des fils 10 et 10' et notamment sur la longueur des premières portions 10a et 10a'.

10 Un troisième avantage est de pouvoir analyser très finement la nature de l'eau contenue dans le mortier B : la mesure proposée dans le cadre de la présente invention donne en plus des informations complémentaires sur la nature de l'eau contenue dans le mortier.

En effet, comme expliqué dans le préambule de la présente description, seule
15 une partie de l'eau dans le mortier doit partir ; le reste fait partie de la composition du mortier sec ; ainsi, avec la mesure, on distingue dans le signal réfléchi :

- les fréquences égales ou supérieures à 1,8 GHz qui donnent une information sur les changements d'eau de cristallisation ;
- les fréquences inférieures à 1,8 GHz qui donnent une information sur l'eau
20 résiduelle (c'est-à-dire l'eau qui s'évapore du mortier).

Un des nombreux autres avantages de la mesure proposée ici dans le cadre de la présente invention est d'avoir un temps de mesure extrêmement court : il suffit en effet à l'opérateur chargé de réaliser la mesure de brancher le réflectomètre 200 sur la partie du capteur 100 dépassant du mortier B et de lire sur l'appareil de mesure 100 les
25 résultats sans effectuer de manipulations.

Cela permet, à temps d'intervention constante, de multiplier les mesures et d'optimiser l'avancement de la construction.

On remarquera également que, grâce à l'invention, il n'est plus nécessaire d'introduire dans le réflectomètre un résonateur.

30 On notera toutefois qu'un des désavantages de la présente invention est d'avoir un capteur 100 perdu dans la chape de mortier B.

Cependant, le capteur 100 utilisé ici n'est composé que de fils 10 et 10' : son coût est donc très faible en comparaison du coût horaire d'un technicien devant effectuer une mesure du type mesure chimique utilisant du carbure de calcium.

On notera de plus que laisser le capteur 100 dans la chape de mortier B n'est pas
5 défavorable du point de vue de la structure.

La présente invention met ainsi à disposition des acteurs de l'industrie de la construction, et particulièrement du bâtiment, une technologie simple d'utilisation pour mesurer et suivre l'évolution du taux d'humidité d'un matériau B tel que par exemple le mortier ou le béton en cours de séchage.

10 La technologie proposée ici nécessite par ailleurs peu de matériels : un simple système 300 composé d'un réflectomètre 200 et d'un capteur 100 instrumentant le matériau B à tester suffit.

Il devra être observé que cette description détaillée porte sur un exemple de réalisation particulier de la présente invention, mais qu'en aucun cas cette description ne
15 revêt un quelconque caractère limitatif à l'objet de l'invention ; bien au contraire, elle a pour objectif d'ôter toute éventuelle imprécision ou toute mauvaise interprétation des revendications qui suivent.

REVENDECATIONS

1. Procédé de mesure non-destructive pour mesurer un taux d'humidité d'un matériau (B) instrumenté par au moins un capteur (100) comportant une antenne (10, 10') de type filaire dont une portion (10a, 10a') est noyée dans ledit matériau (B), et dont l'autre portion (10b, 10b') dépasse dudit matériau (B), ledit procédé comportant les étapes suivantes :
 - une étape d'émission (S1) au cours de laquelle un signal radiofréquence (S_RF) est émis par un appareil de mesure de type réflectomètre (200) à travers ladite antenne (10, 10') par l'intermédiaire de la deuxième portion (10b, 10b'),
 - une étape de réception (S2) au cours de laquelle, en réponse audit signal radiofréquence émis (S_RF), un signal réfléchi (SR) est reçu par ledit appareil de mesure (200), et
 - une étape d'analyse fréquentielle (S3) au cours de laquelle, pour une phase déterminée par rapport audit signal radiofréquence émis (S_RF), les fréquences de résonance du signal réfléchi reçu (SR) sont calculées et analysées pour déterminer le taux d'humidité dudit matériau (B).
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel ladite phase est une phase nulle.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel, lors de l'étape d'analyse fréquentielle (S3), les coefficients de réflexion du signal réfléchi sont calculés pour déterminer les fréquences de résonance dudit signal réfléchi (SR).
4. Utilisation d'un procédé de mesure non-destructive selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 pour mesurer le taux d'humidité d'un matériau solide (B) comprenant un ou plusieurs liants minéraux.
5. Utilisation selon la revendication 4, caractérisée en ce que le matériau solide est un béton ou un mortier en cours de séchage.
6. Utilisation selon la revendication 5, caractérisée en ce que, lorsque le matériau (B) est un mortier en cours de séchage, les fréquences de résonance supérieures

ou égales à 1,8 GHz sont considérées comme caractérisant une présence d'eau de cristallisation dans ledit mortier, et les fréquences de résonance strictement inférieures à 1,8 GHz sont considérées comme caractérisant une présence d'eau résiduelle dans ledit mortier

5

7. Utilisation selon l'une des revendications 4 à 6, caractérisée en ce que le matériau solide (B) est mis en œuvre comme élément de la structure de sol d'un local à usage d'habitation ou professionnel, pour la pose d'une couche de revêtement de sol sur ladite structure.

10

8. Utilisation selon la revendication 7, caractérisée en ce que le matériau solide (B) est mis en œuvre sous la forme d'une dalle de béton ou d'une chape de mortier, ou encore d'une couche de ragréage.

15

9. Utilisation d'un procédé de mesure non-destructive selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 pour mesurer le taux d'humidité d'un matériau (B) choisi parmi:

- un sol naturel,
- un matériau solide exempt de liant minéral et comprenant un ou plusieurs liants organiques,
- un matériau solide composite obtenu par frittage,
- un matériau pulvérulent,
- du bois ou
- un matériau liquide.

20

25

10. Capteur de mesure non-destructive (100) pour mesurer un taux d'humidité d'un matériau (B), ledit capteur (100) comportant une antenne (10, 10') de type filaire :

- dont une portion (10a, 10a') est noyée dans ledit matériau (B), et
- dont l'autre portion (10b, 10b') dépassant dudit matériau (B) est destinée à être connectée à un appareil de mesure (200) du type réflectomètre.

30

11. Capteur (100) selon la revendication 10, dans lequel ladite antenne (10, 10') comprend deux fils (10 et 10') présentant chacun :
- une première portion (10a, 10a') noyée dans ledit matériau (B), et
 - une deuxième portion libre (10b, 10b') dépassant dudit matériau,
- 5 et dans lequel les premières portions (10a, 10a') s'étendent chacune au moins partiellement dans une direction sensiblement opposée l'une de l'autre.
12. Capteur (100) selon la revendication 11, dans lequel les premières portions (10a, 10a') sont chacune respectivement dans des plans (P, P') s'étendant
- 10 longitudinalement dans le sens dudit matériau (B), lesdits plans (P, P') étant sensiblement parallèles entre eux.
13. Capteur (100) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, dans lequel chaque fil (10, 10') est isolé dudit matériau (B) par une gaine protectrice (20, 20'), de préférence constituée au moins partiellement en résine époxyde.
- 15
14. Capteur (100) selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, comportant un flotteur (30) amovible fixé à la portion (10b, 10b') dépassant dudit matériau (B) et configuré pour régler le positionnement dudit capteur (100) dans le matériau
- 20 (B), par exemple lors du coulage dudit matériau.
15. Système de mesure non-destructive (300) pour estimer un taux d'humidité d'un matériau (B), ledit système (300) comportant :
- un capteur de mesure non-destructive (100) selon l'une des
- 25 revendications 10 à 14, comportant une antenne (10, 10') de type filaire dont une portion (10a, 10a') est noyée dans ledit matériau (B), et dont l'autre portion (10b, 10b') dépasse dudit matériau (B), et- un appareil de mesure (200) du type réflectomètre apte à se connecter

30 audit capteur (100) par l'intermédiaire de la portion (10b, 10b') dépassant dudit matériau (B).

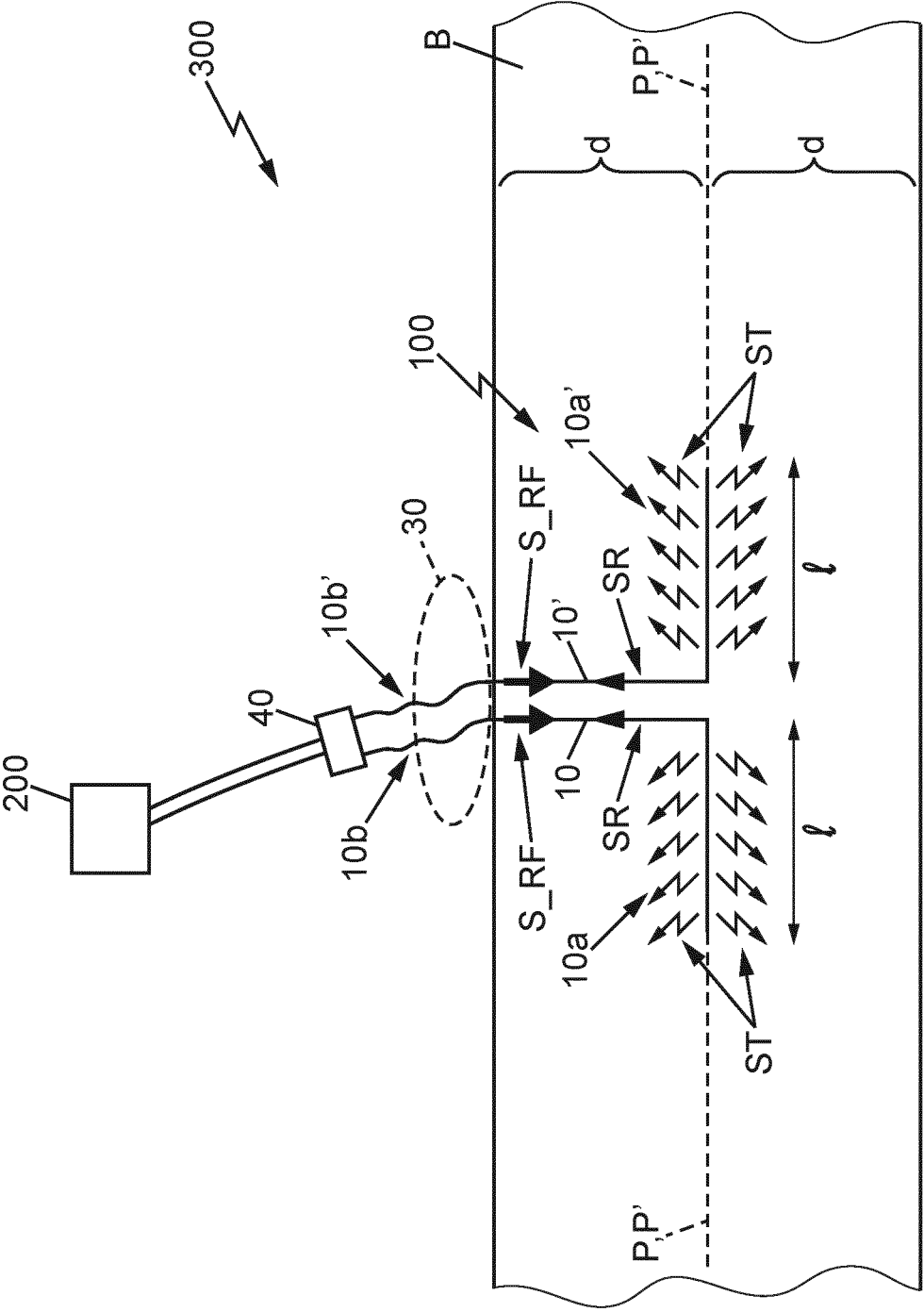
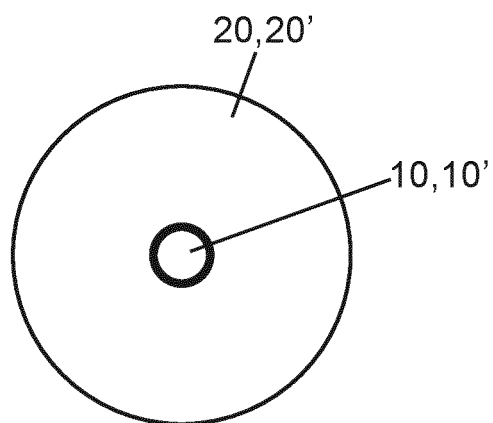
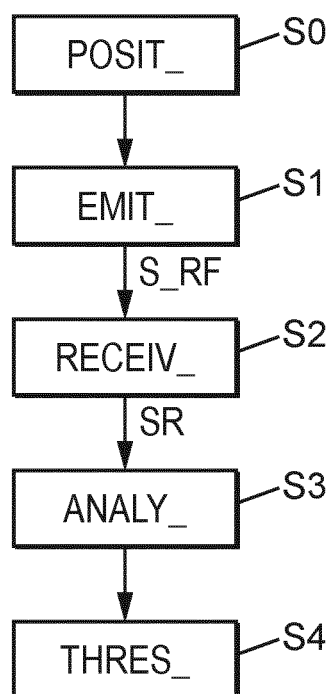
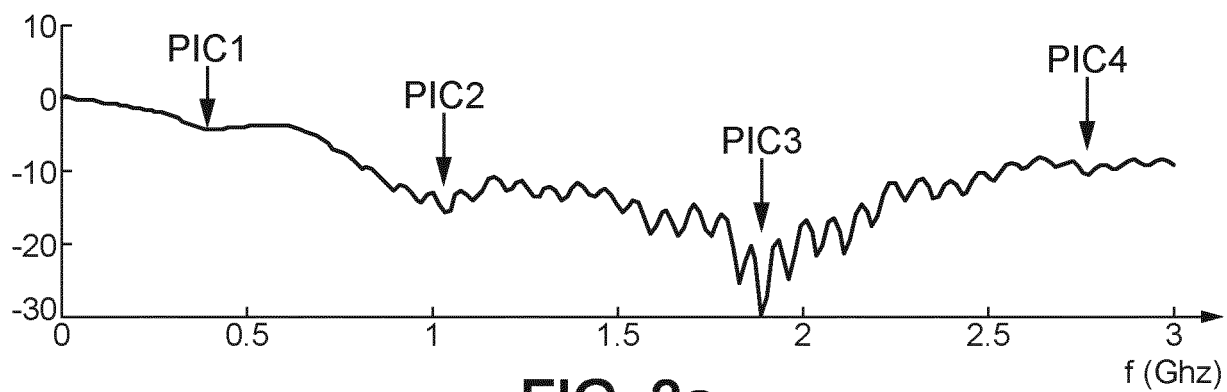
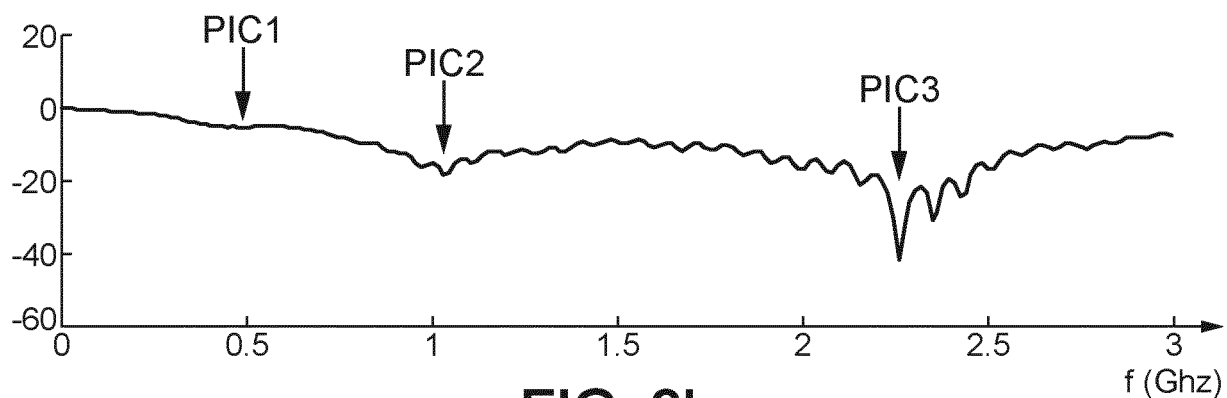
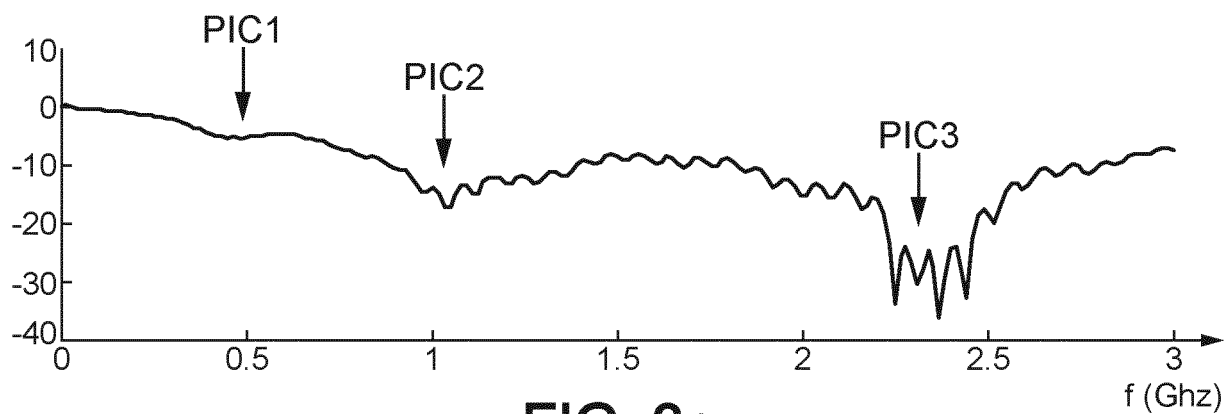
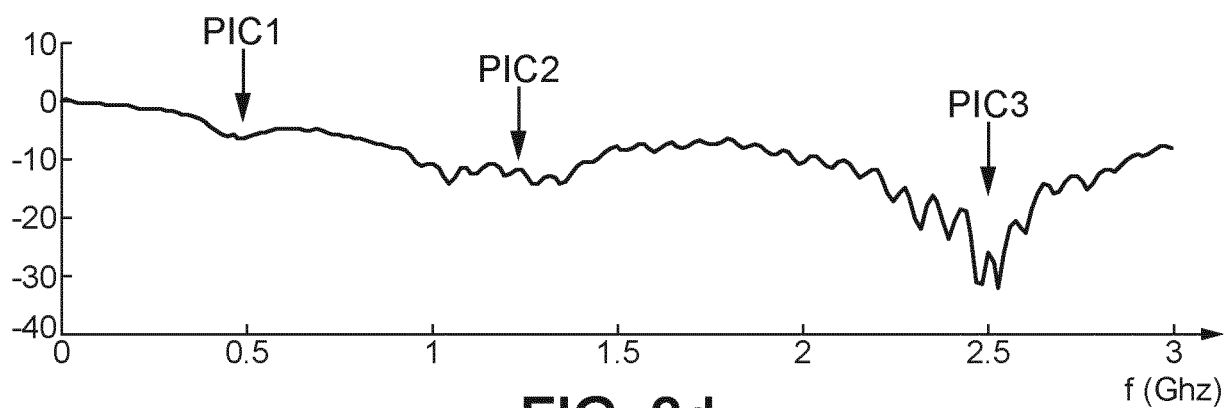


FIG. 1

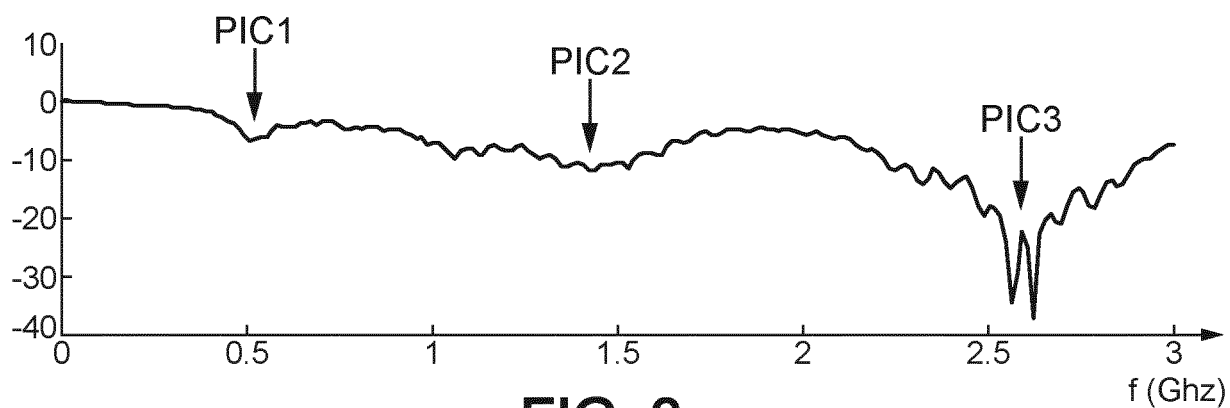
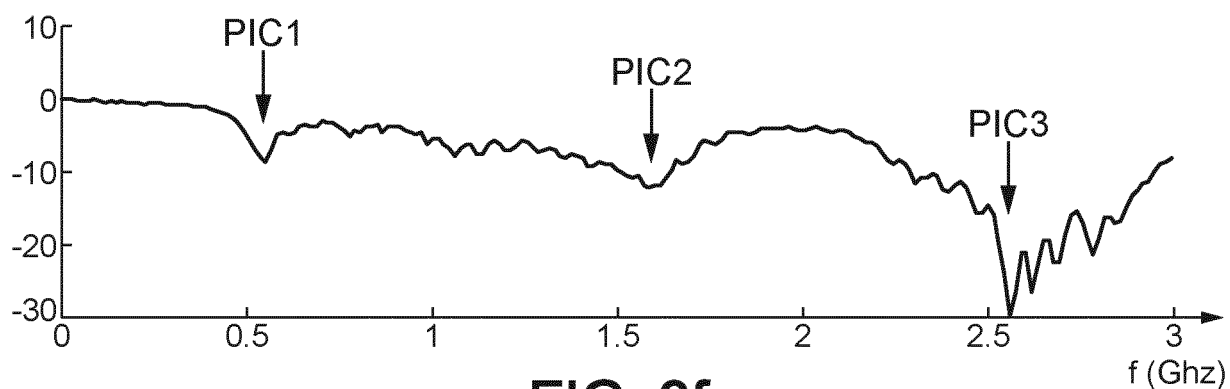
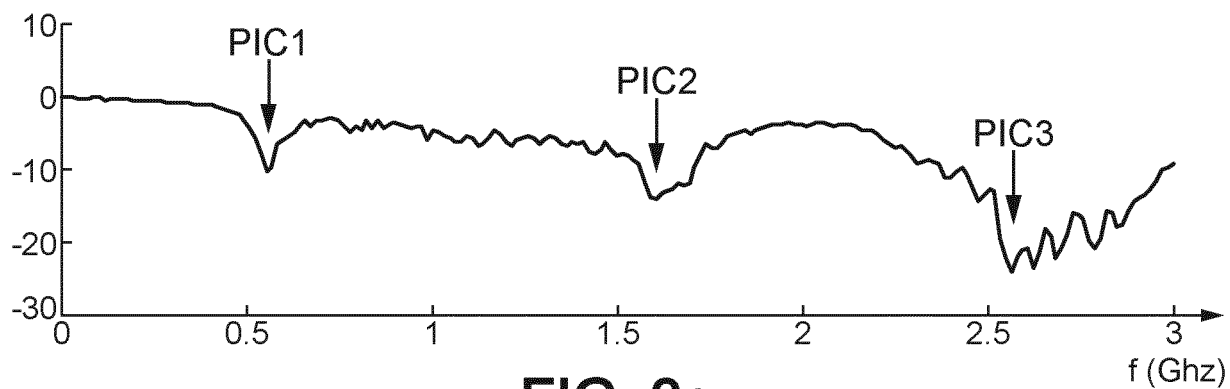
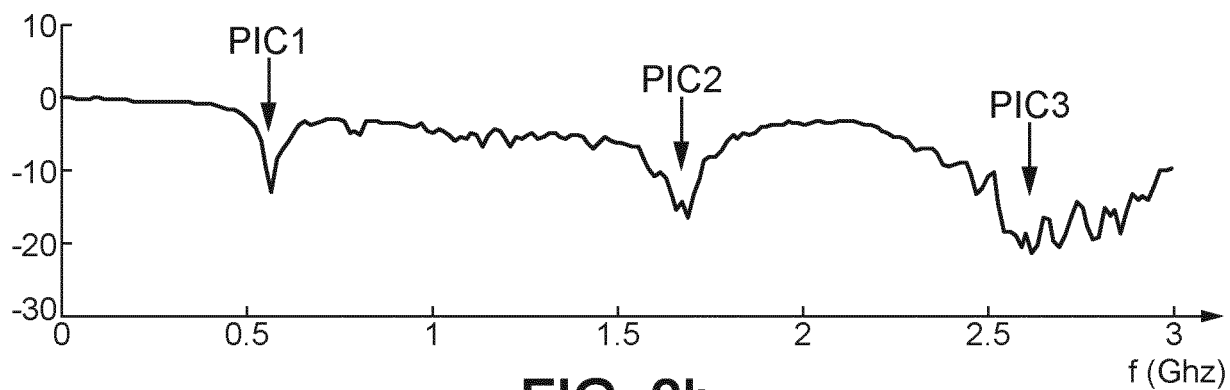
2/6

**FIG. 2****FIG. 6**

3/6

**FIG. 3a****FIG. 3b****FIG. 3c****FIG. 3d**

4/6

**FIG. 3e****FIG. 3f****FIG. 3g****FIG. 3h**

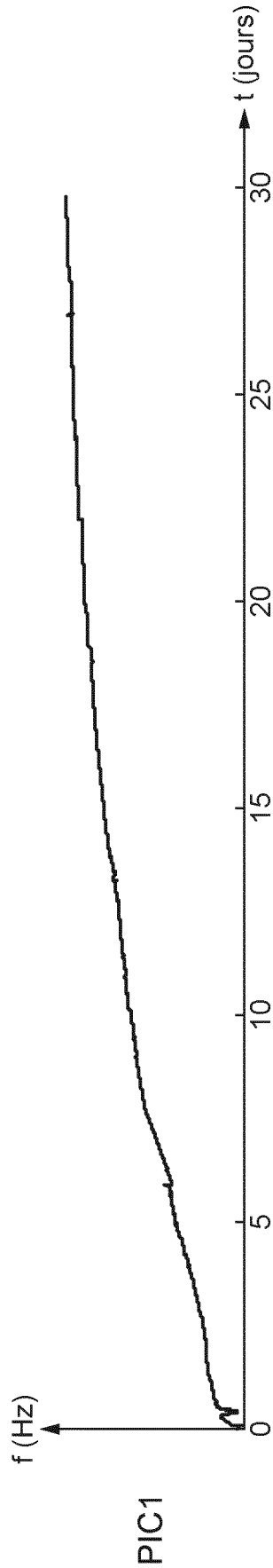


FIG. 4a

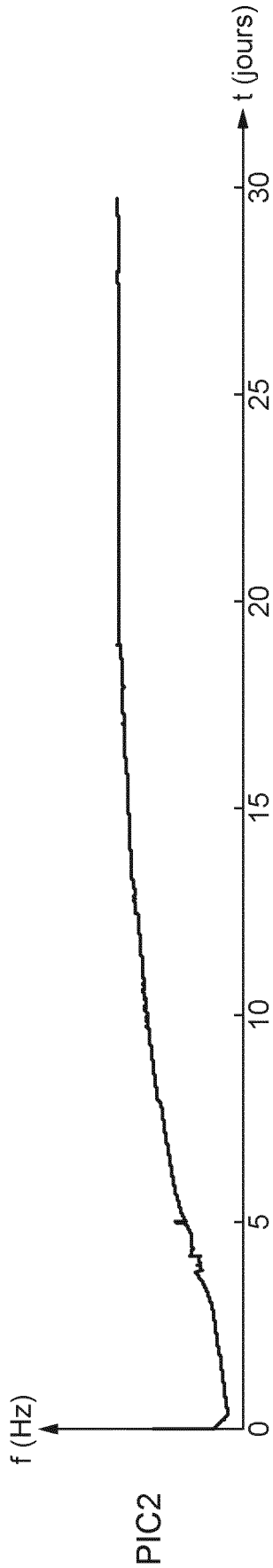


FIG. 4b

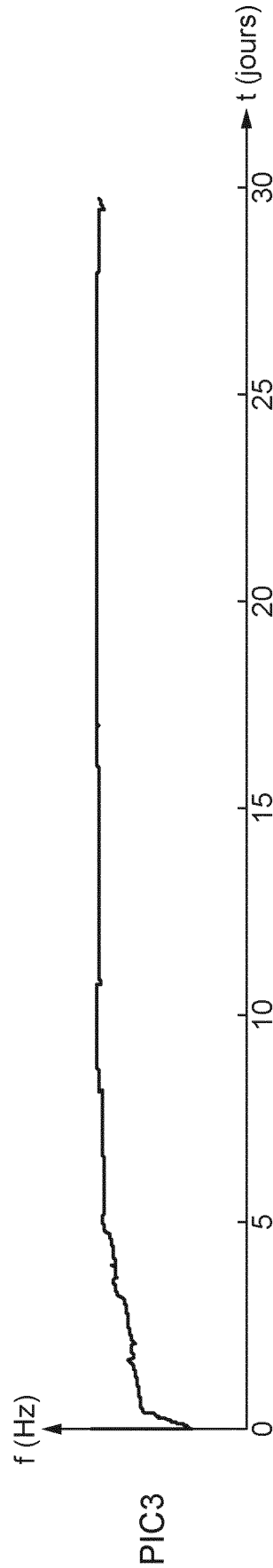


FIG. 4c

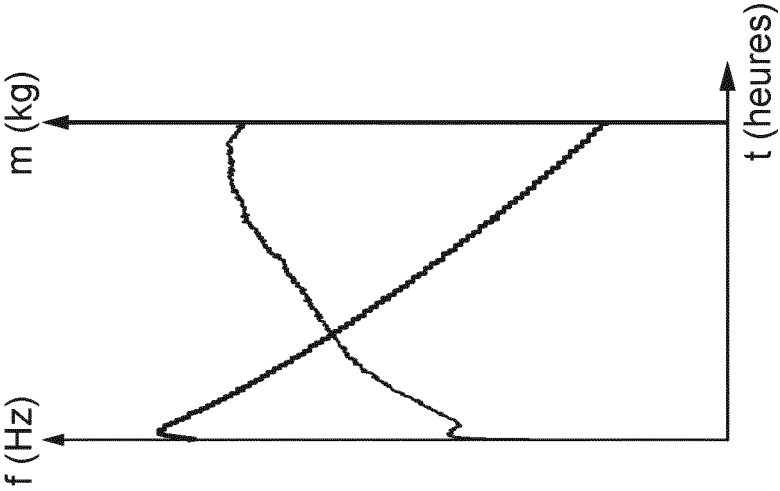


FIG. 5c

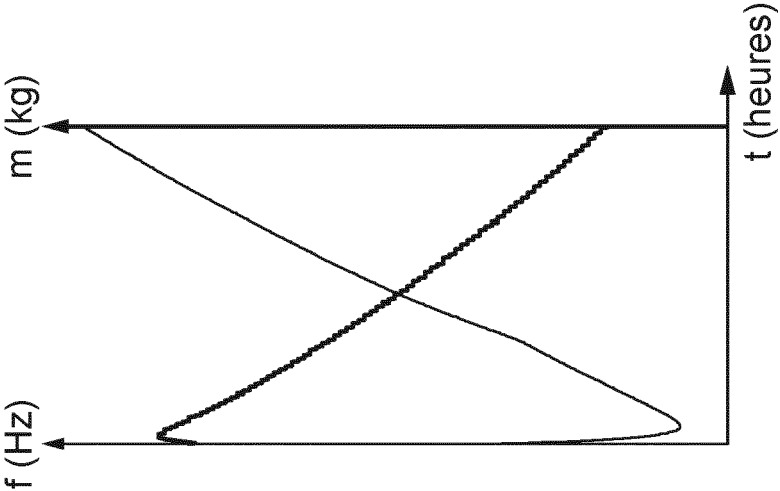


FIG. 5b

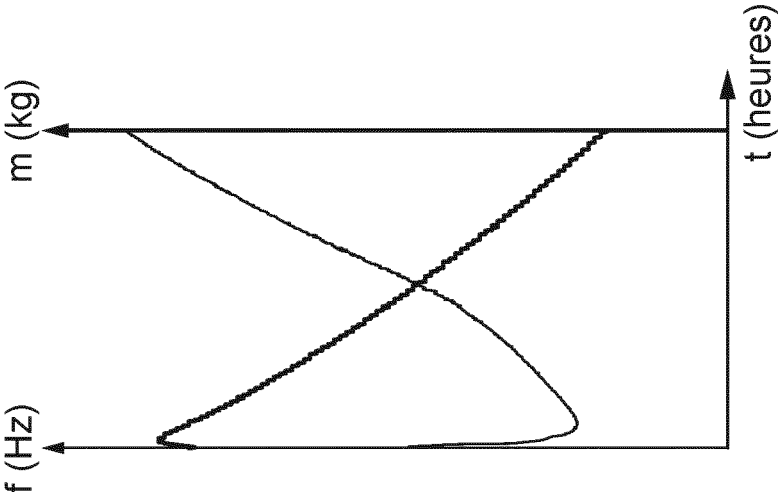


FIG. 5a



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 807670
FR 1552032

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 20 2013 102514 U1 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 17 juin 2013 (2013-06-17)	1,2,4,5, 9,10, 12-15	G01N22/04 G01N33/38
Y	* alinéas [0005], [0008], [0025], [0057], [0058]; figure 3 *	3,6-8,11	
Y	KUPFER K: "Radiofrequency and Microwave Moisture Sensing of Building Materials", SENSORS UPDATE, XX, XX, vol. 7, 1 janvier 2000 (2000-01-01), pages 27-50, XP002326260, DOI: 10.1002/1616-8984(200001)7:1<27::AID-SEUP2 7>3.0.CO;2-G	3,6-8	
A	* alinéa [02.3] *	1,2,4,5, 9-15	
Y	US 6 111 415 A (MOSHE DANNY S [IL]) 29 août 2000 (2000-08-29)	11	
A	* colonne 3, ligne 38 - ligne 46 *	1-10, 12-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G01N
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 novembre 2015		Martin, Hazel	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1552032 FA 807670

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-11-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 202013102514 U1	17-06-2013	DE 202013102514 U1	17-06-2013
		WO 2014198582 A1	18-12-2014

US 6111415 A	29-08-2000	AT 332500 T	15-07-2006
		DE 69932194 T2	14-06-2007
		EP 0935136 A2	11-08-1999
		US 6111415 A	29-08-2000
