

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 951 279**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **10 58225**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 01 S 15/10** (2006.01), G 01 P 5/24, G 01 F 1/66

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.10.10.

③0 Priorité : 12.10.09 DE 102009049069.8.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.04.11 Bulletin 11/15.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH — DE.

⑦2 Inventeur(s) : MUELLER ROLAND, HUEFTLE
GERHARD, HORSTBRINK MICHAEL, LANG TOBIAS,
RADWAN SAMI, KUENZL BERND et WANJA
ROLAND.

⑦3 Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

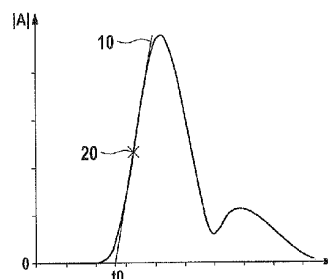
⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR AMÉLIORER LA MESURE D'UN TEMPS DE PARCOURS D'UN SIGNAL
D'ULTRASONS.

⑤7 Procédé de mesure du temps de parcours compre-
nant les étapes suivantes:

- envoi d'une impulsion d'ultrasons ayant une envelop-
pe,
- réception de l'impulsion correspondant à l'impulsion
d'émission transmise par l'espace,
- détermination de la différence de temps entre les deux
impulsions, correspondant au temps de parcours,
- la détermination de la différence de temps comprenant
les étapes suivantes:

* utiliser la différence de temps résultant de la comparai-
son de l'enveloppe de l'impulsion d'émission avec l'envelop-
pe de l'impulsion de réception,

* et avec la pente de l'enveloppe de l'impulsion de ré-
ception, on extrapole un instant de référence de cette impul-
sion que l'on compare à un instant de référence.



FR 2 951 279 - A1



Domaine de l'invention

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour mesurer le temps de parcours d'un signal d'ultrasons.

Etat de la technique

5 Il est connu dans le domaine de l'acoustique, de générer un signal d'ultrasons dans un volume et de déterminer les caractéristiques du volume à l'aide des ondes sonores reçues. La variation du signal constitue la base physique de la saisie des caractéristiques du volume.

10 Cette base physique est utilisée notamment pour saisir un temps de parcours et en déduire des caractéristiques de l'écoulement dans le volume. A titre d'exemple il y a par exemple en technique automobile, des capteurs de débit destinés à saisir le débit d'air entrant ou doser le carburant ou le mélange de carburant. En
15 principe, les capteurs de débit à ultrasons (également ceux réalisés selon l'invention décrite ensuite) peuvent s'utiliser dans tous les domaines de la technique dans lesquels on se propose de saisir un débit ou une vitesse de passage ou autres caractéristiques hydrauliques dans un volume.

20 Le document EP 0 750 180 A1 décrit un procédé de mesure fondé sur des ultrasons pour déterminer la vitesse d'écoulement. On utilise un instant de référence servant à la saisie du temps de parcours à l'aide duquel on détermine deux valeurs de seuil de la courbe enveloppe. Le point d'intersection entre la courbe enveloppe reçue et les
25 deux valeurs de seuil est utilisé pour trouver une approximation de l'instant de référence utilisable pour la saisie du temps de parcours. La saisie du temps de parcours dépend ainsi d'une part de la précision de cette approximation et d'autre part de la saisie de la valeur de seuil ce qui peut conduire à des évaluations significativement erronées en cas
30 de signaux encombrés de bruit.

Le document DE 101 06 308 C1 décrit un procédé de mesure de temps de parcours fondé sur des ultrasons ; selon ce procédé, on calcule un instant de référence à l'aide de l'amplitude instantanée de l'impulsion d'ultrasons. Le calcul du temps de parcours est ainsi
35 fondé sur la saisie du mouvement réel de la membrane d'ultrasons à la

vitesse de la fréquence porteuse en considérant la première demi-onde de l'amplitude instantanée, qui d'une part nécessite d'une part une saisie précise et à forte résolution dans le temps avec une fréquence de détection significativement supérieure à la fréquence porteuse et d'autre
5 part le calcul est entaché d'erreurs car la première demi-onde contient des erreurs et des effets de dispersion à cause des phases de mise en oscillation. Suivant le rapport signal/bruit, il n'est en outre pas évident d'identifier d'une manière parfaitement univoque la première demi-onde. Un exemple présenté dans ce document montre la saisie d'une
10 demi-onde plus courte que $0,3 \mu s$ et qui est analysée avec une très forte résolution à la fois dans le temps et pour l'amplitude. Il apparaît ainsi directement que le procédé décrit dans le document DE 101 06 308 C1 nécessite des calculs très importants et une saisie de données coûteuse.

C'est pourquoi les procédés de saisie de temps de par-
15 cours selon l'état de la technique sont compliqués c'est-à-dire coûteux. De plus, les mécanismes décrits dans l'état de la technique sont limités quant à la précision atteinte.

But de l'invention

La présente invention a pour but de développer un pro-
20 cédé et un dispositif permettant une meilleure mesure du temps de parcours des impulsions d'ultrasons.

Exposé et avantages de l'invention

A cet effet, l'invention concerne un procédé de mesure du temps de parcours comprenant les étapes suivantes :

- 25 - envoi d'une impulsion d'ultrasons d'émission ayant une enveloppe dans une zone de l'espace,
- réception d'une impulsion d'ultrasons de réception correspondant à l'impulsion d'ultrasons d'émission et renvoyée par l'espace,
- détermination d'une différence de temps entre l'impulsion
30 d'ultrasons d'émission et l'impulsion d'ultrasons de réception, correspondant au temps de parcours,
- la détermination de la différence de temps comprenant les étapes suivantes :
 - * prévoir la différence de temps comme résultat d'une étape de
35 comparaison de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons d'émission

avec une enveloppe prévue ou l'impulsion d'ultrasons de réception,

- * et avec la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception, on extrapole un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception que l'on compare à un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission et on considère la différence de temps comme résultat de l'étape de comparaison.

L'invention concerne également un dispositif de mesure de temps de parcours tel que défini ci-dessus caractérisé en ce qu'il comprend :

- une sortie émettant un signal représentant une impulsion d'ultrasons d'émission et ayant une enveloppe,
- une entrée pour recevoir une impulsion d'ultrasons de réception,
- un dispositif de saisie de temps pour saisir une différence de temps entre l'impulsion d'ultrasons d'émission et l'impulsion d'ultrasons de réception, différence de temps représentant le temps de parcours,
- le dispositif de saisie de temps comprenant :
 - * un comparateur comparant l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception à un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission,
 - * le comparateur prévoyant la différence de temps entre deux enveloppes comme résultat, et
 - * le comparateur étant conçu pour saisir la différence de temps entre un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception et un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission,
 - * le dispositif de mesure de temps comportant un générateur d'instant d'émission pour fournir un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission et un générateur d'instant de réception avec un différentiateur en fonction du temps et un extrapolateur relié à celui-ci,
 - * le différentiateur déterminant la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception et l'extrapolateur utilisant la pente fournie par le différentiateur pour extrapoler

l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception.

L'invention permet ainsi d'améliorer de manière significative la précision des mesures de temps de parcours d'ultrasons sans nécessiter de transducteur d'ultrasons, très précis, coûteux, ni de circuit de calcul offrant une précision appropriée. En principe, l'invention permet de saisir le temps de parcours dans une plage pratiquement illimitée du temps de parcours, à l'opposé des mécanismes de saisie, reposant sur une amplitude instantanée, de manière univoque comme par exemple le document DE 101 06 308 C1. A titre d'avantages particuliers, l'invention permet non seulement une réalisation simple et économique mais également une réduction simplifiée de manière significative des moyens de calcul par rapport à l'état de la technique. En particulier, les formes de réalisation de l'invention prévoient en outre une résolution réduite dans le temps pour le traitement des données correspondantes, ce qui diminue les moyens de traitement à mettre en œuvre et réduit l'utilisation de composants coûteux sans détérioration substantielle de la précision.

Le principe à la base de l'invention consiste à saisir le temps de parcours à l'aide d'instants de référence, et l'instant de référence de chaque impulsion d'ultrasons reçue est obtenu à l'aide de l'enveloppe de cette impulsion d'ultrasons reçue notamment en considérant la pente de l'enveloppe. Cela permet d'une part une bonne approximation et d'autre part un calcul de temps de parcours fait avec des moyens réduits car seule l'enveloppe est prise en compte et non l'amplitude instantanée. La pente de l'enveloppe est utilisée selon l'invention pour extrapoler un instant de référence de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. Cet instant de référence de l'impulsion d'ultrasons reçue est comparé à un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons émise. La différence de temps correspond au résultat de la comparaison. L'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons émise est l'instant lié selon une relation connue, constante ou du moins évaluée, dans le temps par rapport à la position chronologique de l'impulsion d'ultrasons émise, par exemple un repère de temps, un signal de déclenchement ou un flanc (premier flanc montant) d'un signal de com-

mande appliqué à un générateur de signal ou appliqué directement à un transducteur générant l'impulsion d'ultrasons d'émission.

5 L'instant de référence ou un repère de temps de l'impulsion d'ultrasons d'émission peut être prévu de manière simple en ce que par exemple on utilise le début de la commande ou un signal de déclenchement ou un signal de temps correspondant avec lequel on commande l'émission par l'émetteur. En particulier, il peut s'agir d'un flanc de déclenchement fourni par un générateur de signal et qui com-
10 mence directement à exciter le transducteur. L'approximation de l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception a pour but de retrouver l'instant de l'impulsion d'ultrasons émise dans l'impulsion d'ultrasons reçue.

Toutefois, le comportement de conversion et les phases transitoires au niveau du transducteur engendrent de fortes variations
15 de sorte que le son de l'impulsion d'ultrasons émise diffère fortement par la forme de son enveloppe, du signal de commande ou de l'enveloppe du signal de commande. Si par exemple une brève impulsion de commande est appliquée au générateur de fréquence du transducteur, l'amplitude instantanée augmente de demi-onde en demi-onde.
20 A la fin de l'excitation, le transducteur oscille encore pendant quelques demi-ondes de sorte que l'amplitude instantanée continue d'augmenter de demi-ondes en demi-ondes avant de diminuer de nouveau de demi-ondes en demi-ondes. Bien que le signal de commande soit d'une forme rectangulaire, dans cet exemple on a une évolution continue de
25 l'enveloppe du signal d'ultrasons émis. L'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue repose principalement sur la même forme que celle émise par le transducteur de sorte qu'en principe dans le signal d'ultrasons reçu, on ne retrouvera pas directement en principe l'enveloppe du signal de commande. En outre, on aura des distorsions
30 supplémentaires du fait du transducteur au moment de la réception, se traduisant par un premier comportement transitoire ainsi que d'autres distorsions de l'enveloppe par les oscillations ultérieures.

L'invention a considéré que malgré les distorsions de l'enveloppe occasionnées par l'émission (également par la réception) vis-
35 à-vis de l'enveloppe du signal de commande, on pourra détecter un ins-

tant de référence de l'enveloppe, d'une manière particulièrement bonne à l'aide de la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue ; l'instant de référence d'origine de l'impulsion d'ultrasons d'émission se retrouvera dans l'impulsion d'ultrasons de réception par extrapolation de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception en utilisant la
5 pente de l'enveloppe de cette impulsion d'ultrasons. L'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons émise est un instant lié par une relation de temps, fixe, à l'instant d'émission de l'impulsion d'ultrasons émise, par exemple un signal de déclenchement qui déclenche la génération de l'impulsion d'ultrasons ou d'un signal de générateur utilisé
10 pour la commande. L'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission peut être une caractéristique d'un tel signal de commande, par exemple l'instant du flanc montant ou un élément analogue.

On a constaté que la précision de l'instant de référence résultant de l'extrapolation faite à partir de la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue permet une saisie significativement plus
15 précise du temps de parcours par rapport à ce que permet l'état de la technique.

Selon une réalisation préférentielle de ce principe, en particulier on utilise l'instant maximum de la pente de l'enveloppe c'est-à-dire le point d'inversion du premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. Même sous l'effet d'un fort bruit, et d'une plus forte distorsion du signal de commande par le comportement du transducteur, on aura une précision élevée si le point d'inversion est
20 utilisé comme repère ou comme point de départ de l'extrapolation de l'instant de référence. En particulier, dans le cas de transducteurs utilisant le principe piézoélectrique, en réponse, une extrapolation utilisant ce point correspondant à la plus grande pente de l'enveloppe donnera une plus grande précision à la mesure du temps de parcours. On a
25 constaté en particulier que la saisie de l'instant de référence, en utilisant la plus grande pente, était particulièrement souple vis-à-vis de bruits et des autres parasites et en particulier par comparaison à des instants de référence reposant sur les saisies faites directement au début de l'impulsion reçue dont l'instant dépendait ainsi très fortement du
30 bruit ou d'autres caractéristiques variables. On a constaté que les
35

phases transitoires du transducteur forment de manière déterminante l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue mais que néanmoins le point présentant la plus forte pente, c'est-à-dire le point d'inversion d'un flanc, de préférence le premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue était une mesure fiable de la saisie de l'instant de référence, même si le transducteur vieillissait.

Dans le cas d'une pente essentiellement droite, par exemple dans un segment de l'enveloppe dans lequel se situe le point d'inversion, on peut notamment utiliser la tangente à ce segment. Comme le point d'inversion correspond au maximum de la pente et que pour un maximum d'une pente qui n'est pas particulièrement accentuée, le point d'inversion n'est pas particulièrement significatif, on peut utiliser dans ce cas la tangente directement à ce point d'inversion, ou à un point proche de celui-ci. Comme un maximum de la pente qui n'est pas accentuée de manière particulièrement prononcée correspond à un segment autour du point d'inversion, et qui a pratiquement une pente constante (cela correspond à un maximum de pente, qui est plat) une tangente qui peut être interpolée à ce point constitue une bonne alternative à un point d'inversion dont la position précise ne peut se définir avec une grande précision à cause de la forme étalée du maximum. La tangente au point d'inversion est ainsi synonyme de tangente au segment de la courbe de l'enveloppe où se trouve le point d'inversion. La tangente peut ainsi passer précisément par le point d'inversion ou dans le cas d'un maximum qui n'est pas particulièrement accentué de la pente, elle peut passer sur un segment comprenant le point d'inversion sans toutefois passer directement sur le point d'inversion. Dans ce dernier cas, la tangente peut passer par un point proche du point d'inversion et en outre être adaptée au segment de façon que l'intégrale des distances entre la tangente et le segment pour ce point du segment corresponde au minimum.

Selon l'invention, on calcule la dérivée dans le temps de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue pour saisir le maximum de la dérivée. En variante, on utilise la dérivée seconde de l'enveloppe en fonction du temps (d/dt^2), et cela est combiné à la saisie du change-

ment de signe algébrique de cette dérivée seconde ; ce changement de signe algébrique correspond au point d'inversion de l'enveloppe.

De plus, on saisit de préférence la pente de l'enveloppe, en particulier pour l'instant de référence ou pour le point d'inversion ou à proximité de celui-ci, c'est-à-dire l'instant du changement de signe algébrique de la dérivée seconde de l'enveloppe ou du maximum de la pente.

Ces deux procédures sont de préférence combinées c'est-à-dire on saisit l'instant du point d'inversion et la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue à l'endroit du point d'inversion. Ce point d'inversion correspond au maximum de la pente de l'enveloppe ou au changement de signe algébrique ou au passage par 0 de la dérivée seconde en fonction du temps de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons. Le point d'inversion est utilisé comme point d'appui pour l'extrapolation. Pour l'extrapolation, on saisit la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue, de préférence pour le point de l'enveloppe servant de point d'appui à l'extrapolation. Comme déjà indiqué, ce point d'appui correspond de préférence au point d'inversion du premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue ou au point de la pente maximale de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue.

Selon ce mode de réalisation préférentiel, l'extrapolation se fait sous la forme d'une extrapolation linéaire. Cette extrapolation linéaire s'appuie sur l'équation d'une droite dont les paramètres sont la pente et une constante correspondant à un segment sur l'axe y ; la pente de la droite correspond à la pente déterminée et la droite est décalée selon la constante variable de l'équation de la droite pour passer par le point d'appui. Cette extrapolation correspond ainsi à une tangente à l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue à l'endroit de l'enveloppe correspondant à un point d'inversion ou à un segment de l'enveloppe où se trouve le point d'inversion. Ce point d'inversion est de préférence le premier point d'inversion de l'enveloppe et il se situe ainsi sur le premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. On prévoit l'extrapolation avec une pente correspondant au premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue et qui correspond notamment à la pente au point d'inversion de l'enveloppe de

l'impulsion d'ultrasons reçue. En d'autres termes, la pente utilisée dans cette extrapolation correspond à la pente maximale de l'enveloppe, de préférence au niveau du premier flanc montant de l'enveloppe.

L'extrapolation utilise comme point d'appui le point prévu pour la pente, notamment le point d'inversion, qui se trouve de préférence sur le premier flanc montant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. Cette droite d'extrapolation ainsi prévue, c'est-à-dire la tangente, passe par le point d'inversion et l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons reçue est prévu par l'extrapolation du point d'appui le long de la droite jusqu'à ce que celle-ci coupe l'axe des temps (amplitude de l'enveloppe égale à 0). Comme on utilise de préférence le premier flanc montant, l'extrapolation représente ainsi une bonne approximation du début effectif de l'impulsion d'ultrasons. Au moins l'instant de référence ainsi obtenu se situe à une distance pratiquement constante dans le temps par rapport au début effectif de l'impulsion d'ultrasons ou constitue une évaluation appropriée. Il est à remarquer que cette extrapolation peut être prévue de façon très simple à l'aide de deux paramètres (pente/point d'appui) et l'instant de référence de l'enveloppe se calcule par une simple équation linéaire. En outre, on utilise uniquement l'enveloppe pour faire le calcul et non l'évolution de l'amplitude instantanée si bien que les moyens de calcul, la précision et la vitesse de détection minimale nécessaire sont considérablement réduits et peuvent se réaliser avec un coût réduit bien que la précision soit élevée. En particulier, à partir du signal de conversion saisi, à l'aide d'un circuit analogique ou un calcul numérique fait par un microordinateur, on a une solution souple pour calculer l'enveloppe c'est-à-dire séparer par filtrage la fréquence porteuse pour ne retenir pratiquement que les composantes de fréquence de l'enveloppe.

L'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue est saisie par l'amplitude instantanée de l'impulsion d'ultrasons reçue et par l'amortissement de blocage de la composante de fréquence de la porteuse de cette impulsion d'ultrasons ou d'un signal généré par d'autres étapes de traitement de cette impulsion d'ultrasons. Ne subsistent que des composantes de fréquence inférieure ou particulière, les composantes de fréquence définissant cette enveloppe. Le filtrage peut bloquer

la fréquence de la porteuse, notamment un filtrage passe-bas fait à l'aide d'un filtre passe-bas quelconque, à l'aide d'un intégrateur ou à l'aide d'un filtre décimateur.

5 L'impulsion d'ultrasons acoustique reçue est convertie par le transducteur en un signal électrique traité ensuite pour avoir l'enveloppe. De telles étapes de traitement comprennent les opérations suivantes : filtrage par un filtre passe-bas, blocage de la fréquence porteuse, redressement, modulation avec des signaux de référence, intégration par exemple dans une fenêtre de temps, formation de valeurs
10 maximales (ou aussi de valeurs minimales) de l'évolution instantanée du signal par exemple à l'aide d'un détecteur de maximum comportant un organe de maintien pour fournir la valeur maximale actuelle (c'est-à-dire la période passée du signal de porteuse) jusqu'à une autre valeur maximale (une période suivante de signal de porteuse) ou analogue. En
15 outre, le traitement du signal peut se faire de préférence sur un signal détecté qui peut être numérisé c'est-à-dire avoir une valeur discrète de sorte que les étapes de traitement comprennent également la détection et la conversion analogique/numérique. En outre, les étapes de procédé peuvent comporter les opérations suivantes : stockage provisoire du signal et/ou découpe et rejet de segments de temps au cours desquels
20 aucun signal n'a été reçu, par exemple des segments de temps qui commencent à des instants prédéfinis par rapport à l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission ou se terminent dans les mêmes conditions ou encore un segment de temps au cours duquel la puissance instantanée du signal de l'impulsion d'ultrasons reçue ne dépasse pas un seuil minimum prédéfini.
25

Comme enveloppe, on considère notamment les impulsions isolées qui ne sont pas plus longues que le temps de parcours global à prendre en compte (c'est-à-dire le trajet aller et le trajet retour
30 du signal d'ultrasons ou la traversée du trajet de transmission entre deux transducteurs) et qui se répètent pour une nouvelle période d'atténuation de l'écho. En particulier, l'enveloppe sera terminée si le début de l'enveloppe arrive déjà sur le récepteur (c'est-à-dire le transducteur), de préférence en tenant compte d'une durée de protection
35 supplémentaire, au cours de laquelle un dispositif de capteur commute

du mode d'émission au mode de réception. Une périodicité possible de l'enveloppe ne concerne que la répétition de la forme du signal dans une seule et même enveloppe ; en particulier cela désigne les émissions non répétées d'enveloppes pour la détection répétée de l'environnement.

5 L'enveloppe est ainsi associée à une seule et même période de détection et ne comprend en particulier pas plus qu'une seule période de détection ou son segment d'émission par rapport au début de la période de détection. La longueur de l'enveloppe est ainsi définie par le trajet aller et retour maximum à prévoir dans le capteur et la longueur de ce trajet aller et retour est donnée par les considérations de construction du capteur, par exemple à distance entre le transducteur et le réflecteur situé en regard ou par rapport à une paroi ou encore la longueur des enveloppes est définie par la distance entre les transducteurs, par exemple lorsque ces éléments sont l'un en regard de l'autre pour être associés à l'espace à détecter.

15 L'impulsion d'ultrasons émise est reçue comme impulsion d'ultrasons reçue qui correspond à l'impulsion d'ultrasons émise, réfléchiée dans l'espace ou ayant rayonné à travers celui-ci ou transmise par celui-ci. Dans cet espace, il y a un flux dont on saisit les propriétés par la mesure du temps de parcours. En particulier, la différence de temps obtenue ensuite (c'est-à-dire la différence entre deux instants de référence) dépend directement de la vitesse de circulation dans cet espace si bien que la différence de temps (c'est-à-dire le temps de parcours mesuré) permet de déterminer la vitesse de circulation. La différence de temps entre l'impulsion d'ultrasons émise et l'impulsion d'ultrasons reçue est saisie comme temps de parcours ; le temps de parcours est lui-même une grandeur de mesure physique permettant de déduire les propriétés physiques de l'écoulement ou circulation du flux.

25 La différence de temps est obtenue par comparaison des enveloppes de l'impulsion d'ultrasons émise et l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. On utilise de préférence indirectement l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue pour effectuer la comparaison, c'est-à-dire un repère de temps représentant le début ou de manière générale l'orientation dans le temps de l'impulsion d'ultrasons émise. La comparaison se rapporte à la différence de temps entre deux

impulsions d'ultrasons et peut être transmise comme décrit ci-dessus en considérant les caractéristiques de parcours de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue, notamment la pente de l'enveloppe. Comme impulsion d'ultrasons, on considère notamment l'impulsion
5 comme représentation du signal électrique. En variante, l'impulsion peut également être considérée dans sa forme acoustique. Entre une correspondance acoustique et électrique, on a le cas échéant des déformations du signal et des distorsions par le comportement en réponse du transducteur défini par le coefficient de transfert du transducteur (dépendant de la masse, de la force de rappel, de la résonnance, de
10 l'amortissement, etc.).

La considération de la pente consiste de préférence à déterminer le point d'inversion sur le premier flanc montant (ou aussi sur d'autres flancs) de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. La différence de temps peut s'exploiter par exemple à l'aide d'un compteur ou
15 de n'importe quelle autre logique d'exploitation, appropriée, de préférence sous forme numérique dans un microprocesseur. De la même manière, on compare les signaux numériques, de préférence à l'aide d'un microprocesseur, et les caractéristiques correspondantes du procédé peuvent être réalisées sous la forme d'un programme, ou par des circuits câblés, des circuits de calcul programmés ou une combinaison de tels moyens.

La forme de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue est définie pratiquement par la réponse du transducteur à un signal de
25 commande rectangulaire. Toutefois, la forme de l'onde dépend notamment de l'amortissement et de la masse du transducteur à ainsi que de son adaptation (impédance) acoustique selon le milieu de mesure ou la largeur de bande du transducteur ; il en résulte une réponse impulsionnelle caractéristique représentée à titre d'exemple. Dans le cas d'un
30 transducteur idéal (comme pour un transducteur piézoélectrique réel) avec une largeur de bande suffisamment élevée, on peut former l'impulsion émise comme onde sonore par une forme d'impulsion correspondante appliquée au signal de commande. En fonction du type de transducteur, cela permet de prévoir une plage plus large de différentes
35 formes des enveloppes, en particulier s'il ne faut pas de flanc particuliè-

rement accentué au début de l'impulsion d'ultrasons. Ainsi un autre mode de réalisation de base concerne des formes en partie idéalisées de l'enveloppe ayant des caractéristiques de forme essentielles pour la mise en œuvre de l'invention.

5 Un autre mode de réalisation prévoit pour l'enveloppe ou seulement un segment de l'enveloppe tel que la fonction d'auto-corrélation correspondante présente au moins un maximum. Dans le cas de plusieurs maxima, le maximum le plus grand se distingue de préférence de manière nette par rapport aux autres maxima, en particu-
10 lier les deux maxima les plus grands se distinguent d'une amplitude minimale pour éviter des significations multiples pour des différences grossières de temps. Selon un autre mode de réalisation susceptible d'être combiné avec le précédent, tout le tracé de l'enveloppe, de préférence toutefois seulement un segment de l'enveloppe, est une fonction
15 strictement monotone selon le temps. En d'autres termes, au moins par segment, l'enveloppe n'est pas constante ; on appelle "fonction strictement monotone dans le temps" ; une fonction qui, pour deux instants même si ceux-ci se suivent directement, n'a pas la même valeur. En variante à des fonctions strictement monotones, on peut également pré-
20 voir une fonction rectangulaire qui a certes une fonction d'auto-corrélation moins significative mais qui toutefois permet d'avoir une information plus précise par rapport à la différence de temps grossière grâce à ses flancs. En particulier, une fonction simple telle qu'une fonction rectangulaire permet une conversion simple du circuit
25 d'exploitation car celui-ci n'aura à s'orienter que sur un flanc. Selon une façon de considérer la situation, on appelle les endroits auxquels la fonction rectangulaire (ou toute autre fonction) présente un flanc, segment évoluant selon une fonction strictement monotone (cela signifie une fonction croissante strictement monotone ou une fonction décrois-
30 sante strictement monotone selon l'évolution du flanc) ; il est prévu dans l'intervalle un segment qui n'est pas strictement monotone mais constant. Il suffit ainsi pour l'enveloppe qui ne présente qu'un segment pour lequel une fonction non constante définit le tracé, c'est-à-dire une fonction strictement monotone, alors que d'autres zones peuvent être
35 prévues avec une forme de fonction non strictement monotone (par

exemple une fonction constante) car le segment correspondant à la fonction strictement monotone représente une caractéristique pour la saisie ultérieure. Dans le cas d'un système réel, la caractéristique d'excitation du transducteur doit être prise en compte qui transforme le signal d'excitation selon les caractéristiques du transducteur, en général d'une manière non proportionnelle en une amplitude instantanée du signal d'excitation.

Selon une conversion correspondant à la pratique, l'enveloppe peut correspondre au signal sonore produit par la commande d'un transducteur d'ultrasons par une impulsion rectangulaire, la réponse impulsionnelle du transducteur ayant une phase d'atténuation, significative, pour le flanc montant du signal de commande alors que l'intensité du signal augmente en continu mais non de manière brusque avec la pente du flanc du signal de commande. On peut prévoir une enveloppe séparée par laquelle la réponse du transducteur a une suite d'impulsions de commande ; cette suite d'impulsions de commande fait osciller le transducteur pour obtenir une enveloppe continue. A titre d'exemple, par d'autres brèves impulsions de commande une fois que le transducteur oscille déjà, on peut avoir une enveloppe avec d'autres maxima relatifs. De plus, on peut prévoir une enveloppe formée par une succession d'impulsions de commande qui se suivent directement et dont l'intervalle de temps est inférieur à une phase d'expansion et dont en outre l'enveloppe présente d'autres caractéristiques liées à des composants couplés au transducteur ou intégrés dans celui-ci et qui eux-mêmes se mettent le cas échéant à osciller ; cela se traduit par exemple par des états de flottement ou par des mécanismes d'amortissement agissant sur le transducteur ou le système couplé sur celui-ci.

L'enveloppe du signal résultant de la détection et du traitement consécutif de l'impulsion d'ultrasons émise et de celle reçue, reproduit un signal discret dans le temps avec un flux de données faible. Par exemple, le flux de données utilisées pour comparer les enveloppes (celles des impulsions d'ultrasons d'émission et celles des impulsions d'ultrasons de réception) se situe dans l'ordre de grandeur de la fréquence porteuse, par exemple dans une plage de un tiers jusqu'à dix

fois la fréquence porteuse ; le flux de données et la fréquence porteuse ne sont pas nécessairement dans un rapport égal à un nombre entier ou un rapport rationnel. Une interpolation ou une décimation génère une valeur de signal à partir de plusieurs instants de signaux détectés
5 ce qui réduit le travail à effectuer du fait de la quantité moindre d'informations.

En outre, le signal détecté et le cas échéant modifié par d'autres étapes de traitement de signal peut être filtré par un filtre de décimation. Le filtre de décimation simplifie un signal qui aura été dé-
10 tecté avec une vitesse de détection plus élevée en ce qu'il réunit plusieurs instants de détection successifs, en formant par exemple une valeur moyenne des points détectés et ainsi regroupés ; cela donne un taux de détection moindre et les différentes valeurs seront fondées sur une valeur moyenne d'un signal détecté plus haut. En formant la valeur
15 moyenne, on bloque les composantes de fréquences élevées si bien qu'un filtre de décimation agit sur le signal détecté dans le sens d'un filtre passe-bas. La formation de la valeur moyenne consistant à réunir différentes valeurs successives du signal détecté plus haut, peut être
20 considérée comme une intégration à fenêtre et celle-ci n'est pas glissante mais passe d'un groupe à l'autre pour intégrer chaque fois un groupe (et le cas échéant également le normer) pour en développer une valeur moyenne. De façon préférentielle, on utilise un filtre passe-bas numérique ou analogique qui élimine la fréquence de la porteuse et di-
vise par deux les composantes de fréquence de l'enveloppe.

25 Un autre mode de réalisation de l'invention prévoit que la caractéristique (par exemple le premier point d'inversion de l'enveloppe) à l'aide de laquelle on obtient l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons reçue, se situe après le début de l'impulsion d'ultrasons émise ou de l'impulsion d'ultrasons reçue, d'une durée minimale prédé-
30 finie. Ainsi, le point de départ à partir duquel on saisit la référence de temps ne se situe pas au bord de l'enveloppe, en particulier il ne se situe pas directement au début (de la montée) de l'enveloppe. La durée minimale est au moins égale à celle de la première durée transitoire du transducteur d'ultrasons au cours de laquelle s'établit un état oscillant
35 dans le transducteur et au cours duquel à côté d'un signal périodique,

on a des composantes parasites importantes ou des composantes de bruit. Le transducteur d'ultrasons est utilisé pour émettre, pour recevoir ou pour effectuer les deux opérations. La différence de temps est prévue ou déterminée à l'aide de l'instant de l'impulsion d'ultrasons reçue, si le tracé de l'impulsion d'ultrasons a une caractéristique suffisamment particulière. La caractéristique de l'enveloppe est le point de départ de l'instant de référence et constitue ainsi un point d'appui pour l'extrapolation. La caractéristique particulière est par exemple le point d'inversion servant de point d'appui à l'aide duquel on extrapole l'instant de référence, par exemple comme intersection de la tangente avec l'axe des temps. La caractéristique est saisie par la prise en compte de la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. La caractéristique peut s'obtenir par le maximum de la dérivée en fonction du temps de la pente ou par le passage par 0 de la dérivée seconde en fonction du temps, de la pente ; le maximum ou le passage par 0 représentent le point d'inversion de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons reçue. La saisie des caractéristiques peut se faire par la dérivée de l'impulsion d'ultrasons et la prise en compte de la dérivée en fonction du temps.

Pour l'extrapolation, on peut utiliser un unique point d'appui qui correspond au point d'inversion du premier flanc montant de l'enveloppe. En variante, pour l'extrapolation, on peut utiliser plusieurs points permettant de saisir le point d'inversion ou non et les points sont par exemple choisis pour leur pente qui dépasse une valeur minimale prédéfinie. Il en résulte un groupe de points avec une pente importante à partir desquels on peut extrapoler une droite ou une autre forme de courbe qui coupe l'axe des temps pour prévoir le point de référence. On peut en outre utiliser des points avec une pente plus élevée pour extrapoler le point d'appui à partir de ces points ; de point d'appui sera associé au point d'inversion pour qu'à l'aide de ce point d'appui, ainsi extrapolé, on puisse ensuite extrapoler l'instant de référence.

On peut également compenser un décalage entre deux directions de mesure avec un asservissement. Les directions de mesure sont deux orientations différentes par rapport à un écoulement du flux à mesurer ; les directions de mesure peuvent se distinguer notamment par leur amplitude vis-à-vis du flux de sorte qu'une première direction

de mesure correspond à la direction opposée au sens de l'écoulement et la seconde direction de mesure est une direction inclinée dans le sens de l'écoulement ou dirigée dans ce sens de l'écoulement. De telles différences peuvent découler des influences de la température ou de l'écoulement (flux) différents, et l'asservissement saisit le décalage en partant de mesures antérieures pour prévoir un coefficient de compensation ou une valeur de correction, pour les décalages futurs.

La réduction décrite ci-dessus faite à l'aide d'un filtre à décimation (qui remplace plusieurs points de détection, par exemple par une valeur moyenne) peut être prévue sous la forme d'un filtre Si^2 . La fonction de transfert du filtre Si^2 peut se définir par la relation $(\sin x/x)^2$.

En particulier, une décimation est avantageuse pour une fréquence de signal simple ou double car ainsi on élimine les harmoniques produites par la démodulation. Comme fréquence de signal, on a ici la fréquence de la porteuse. En particulier, on peut utiliser des filtres FIR pour filtrer la réception de l'impulsion d'ultrasons avant que celle-ci ne soit utilisée ensuite, en particulier en prévoyant une différence de temps grossière. Une telle utilisation de filtre FIR peut être combinée à l'utilisation d'un filtre à décimation ou remplacer un tel filtre à décimation.

Le procédé peut comporter la détermination de l'amplitude instantanée et l'enveloppe s'obtient par filtrage par filtre passe-bas (par exemple par une intégration sur une fenêtre) de l'amplitude instantanée. L'enveloppe correspond au tracé de l'intensité du signal de l'impulsion d'ultrasons reçue. En outre, selon un mode de réalisation, l'impulsion d'ultrasons, reçue, est filtrée par un filtre à décimation ou un filtre FIR.

Selon un autre mode de réalisation, on effectue la mesure du temps de parcours dans plusieurs directions et ces directions sont orientées selon la direction de l'écoulement dans l'espace saisi.

Selon l'invention, on utilise le tracé de l'impulsion d'ultrasons de réception pour avoir, à l'aide d'une extrapolation par une tangente, le point d'intersection de la tangente appliqué au point de la courbe enveloppe correspondant à la pente maximale, avec l'axe des

temps. Le point de pente maximale (qui sert de point d'appui pour l'extrapolation par la tangente et dont la pente correspond à la pente de la tangente) peut être saisi soit en décalant la montée du premier flanc de l'enveloppe ou encore (par exemple d'un maximum de pente faiblement accentué) interpolé à l'aide de points situés à proximité du maximum, par exemple : dont la pente ne diffère pas d'un écart maximum (par exemple 5 %) peut s'écarter de la pente maximale de l'enveloppe. A l'aide d'un ou plusieurs points plus haut, c'est-à-dire une pente maximale essentielle, on peut tout d'abord interpoler avec une pente maximale et ensuite ce point d'interpolation et la pente maximale peuvent être prévus par extrapolation avec la tangente au point de référence de l'enveloppe comme point d'intersection avec l'axe des temps. Ce point de référence est utilisé pour saisir la différence de temps en ce que le décalage dans le temps correspond à un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission, par exemple le flanc montant d'un signal de commande d'un capteur, pour être comparé à celui-ci.

L'invention concerne en outre un dispositif de temps de parcours tel que défini ci-après.

Comme autre forme de réalisation du dispositif de mesure de temps de parcours, on peut utiliser un filtre FIR ou un filtre à décimation comme indiqué ci-dessus et qui est branché entre l'entrée de l'impulsion d'ultrasons reçue et le comparateur. En outre, le dispositif de mesure de temps de parcours peut comporter un dispositif d'extrapolation relié au comparateur pour extrapoler un instant souhaité, plusieurs événements prévus par le comparateur et concernant la même impulsion d'ultrasons. L'instant souhaité peut être prévu par exemple par le comparateur relié pour introduire cet instant cible d'extrapolation ou instant de référence de l'impulsion d'ultrasons reçue pour la relier à l'extrapolateur. Pour prévoir un signal d'émission, le dispositif de mesure de temps de parcours comporte un générateur de signal, de préférence avec une sortie de signal de déclenchement reproduisant l'instant de départ du signal généré par le générateur de signal et qui prévoit ainsi un instant de référence pour l'impulsion d'ultrasons émise. De même, le dispositif de mesure de temps de parcours peut comporter une commande pour le générateur de signal à l'intérieur ou à

l'extérieur du dispositif de temps de parcours et qui prévoit l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons émise.

Le dispositif de mesure de temps de parcours peut être réalisé sous la forme d'un circuit programmable partiellement ou totalement tel qu'un processeur qui comporte le cas échéant des circuits logiques câblés de manière solidaire ainsi qu'un accumulateur coopérant avec le processeur et stockant les codes programmes permettant les fonctions décrites ci-dessus. Le dispositif de mesure de temps de parcours peut en outre comporter une interface entrée/sortie pour fournir les données respectives ou les signaux du processeur à partir de l'extérieur ou pour transmettre les événements générés par le processeur, vers l'extérieur, par exemple dans un transducteur ou un dispositif d'émission.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide d'exemples de réalisation représentés dans les dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 montre à titre d'exemple une impulsion d'ultrasons de réception,
- la figure 2 montre l'évolution dans le temps de l'amplitude de l'impulsion d'ultrasons présentés à la figure 1,
- la figure 3 montre la courbe du signal de la figure 2 après filtrage à l'aide d'un filtre décimal,
- la figure 4 montre une évolution analogue à celle de la figure 3 avec une conduction par la tangente, et
- la figure 5 montre un schéma par blocs d'un dispositif de mesure de temps de parcours selon l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

La figure 1 montre à titre d'exemple une impulsion d'ultrasons reçue avec une enveloppe ayant quatre segments évoluant de façon strictement monotone. Après un temps de pause en amont de ce tracé, on a un segment croissant fortement suivi d'un segment décroissant fortement. Le segment croissant fortement concerne la réaction d'un transducteur réel, ayant de l'inertie et de l'amortissement pour le flanc rectangulaire d'un signal de commande. Le segment forte-

ment décroissant est lui-même suivi par un segment légèrement croissant lui-même se poursuivant par un segment faiblement décroissant jusqu'à atteindre de nouveau une amplitude nulle. Celle-ci est le résultat de la coopération entre le transducteur et les autres systèmes oscillants couplés sur celui-ci. Les deux parties extrêmes du tracé représenté à la figure 1, c'est-à-dire les parties situées en dehors des quatre segments, montrent une forte influence perturbatrice par des sources de bruit. Les segments décrits, croissants et décroissants, définissent une enveloppe pour saisir une différence de temps par comparaison avec l'impulsion d'ultrasons d'émission. En outre, la figure 1 montre que la fréquence porteuse est constante en fonction du temps, au moins en première approximation.

La figure 2 montre l'impulsion d'ultrasons reçue, représentée à la figure 1 par une représentation en amplitude. Cette représentation en amplitude peut également être considérée comme l'intensité instantanée du signal ; les différentes zones du signal de la figure 1 se retrouvent à la figure 2. On remarque aux deux extrémités de la fonction représentée, des zones dans lesquelles l'enveloppe ou l'intensité de signal est nulle et ne représente ainsi qu'un signal de bruit. Dans l'intervalle, on a quatre zones ; tout d'abord une zone fortement croissante suivie d'une zone fortement décroissante elle-même suivie par une zone faiblement croissante et ensuite une zone faiblement décroissante jusqu'à ce que la plage de l'amplitude correspondant essentiellement à 0 soit de nouveau atteinte.

Par exemple, le premier flanc fortement croissant peut s'utiliser pour servir de caractéristique contenue à la fois dans l'impulsion d'ultrasons d'émission et celle de réception permettant de comparer entre elles les deux impulsions d'ultrasons à l'aide de cette caractéristique pour obtenir la différence de temps. Ce flanc croissant, donne le point d'appui servant de point de départ à l'extrapolation. On enlève toutefois d'abord la fréquence porteuse. On obtient l'enveloppe représentée à la figure 3.

On n'utilise pas l'amplitude instantanée représentée à la figure 2 pour calculer la différence de temps mais une forme de signal simplifiée de l'enveloppe telle qu'elle apparaît à la figure 3. La figure 3

représente le tracé de l'amplitude correspondant pratiquement à l'enveloppe ; le tracé de la fréquence porteuse n'apparaît pratiquement plus. Un tracé tel que celui représenté à la figure 3 résulte de celui de la figure 2 en faisant la moyenne en fonction du temps notamment en fil-
 5 trant à l'aide d'un filtre à décimation. On obtiendrait un tracé analogue par filtrage à l'aide d'un filtre passe-bas éliminant la fréquence porteuse. En particulier, par filtrage à l'aide d'un filtre à décimation, on obtient le tracé représenté à la figure 3 si celui-ci ne reprend que la valeur maximale d'un groupe de points de détection et si les points de détec-
 10 tion ainsi regroupés correspondent pour l'essentiel à une demi période (ou une période complète) ou multiple pris dans le temps. En variante, la courbe représentée à la figure 3, s'obtient si l'on démodule la fréquence de porteuse du signal de la figure 1 et que l'on poursuit ainsi le traitement avec un filtre passe-bas ou un filtre à décimation. Cette dé-
 15 modulation peut se faire par exemple en multipliant avec deux signaux de référence déphasés et l'évolution représentée à la figure 1 se calcule alors par exemple par un calcul $\arctg 2$ à partir des deux signaux filtrés.

La figure 4 montre un autre tracé d'une enveloppe utilisable dans le cadre de la présente invention.

20 La figure 4 sert à représenter une étape de procédé permettant d'obtenir l'instant de référence t_0 pour le mode de réalisation préférentiel de saisie de la différence de temps. Selon ce mode de réalisation, on saisit la pente de l'enveloppe et à partir de cette pente, on détermine la pente maximale. En particulier, on détermine la pente saisie
 25 à partir de l'instant 20 correspondant à la pente maximale. Cela correspond au point d'inversion du premier flanc montant de l'enveloppe. Le tracé représenté par la figure 3 a une pente qui diminue de nouveau jusqu'à atteindre le premier sommet (premier maximum relatif) pour diminuer ensuite. L'instant du maximum de cette pente s'obtient au
 30 point 20 auquel la pente de l'enveloppe est maximale. En ce point 20 de l'enveloppe (c'est-à-dire le point d'appui de l'extrapolation), on applique une tangente 10 qui coupe l'axe des temps t . La tangente 10 passe à l'instant 20 auquel la pente saisie de l'enveloppe est maximale, et à côté de l'instant de la pente maximale, on utilise également la valeur de la
 35 pente maximale elle-même comme pente de la tangente. En extrapolant

à l'aide de l'équation de la droite représentant ainsi la tangente, on obtient un instant t_0 qui correspond à l'instant de référence pour la saisie de la différence de temps. Pour l'application, pour prévoir la différence de temps, on utilise la tangente 10 pour comparer entre elles l'impulsion d'ultrasons émise et celle reçue, pour déterminer la différence de temps totale, de préférence basée sur t_0 . A partir du temps d'excitation connu du transducteur ou de la décélération prédéfinie entre le début de la commande et l'émission du signal par le transducteur (transducteur), on pourra tenir compte du retard de sorte que l'on obtient la différence de temps comme différence entre l'instant du déclenchement et l'instant t_0 ; à ce moment, le retard connu selon le système est additionné (ou est retranché). Si le début de la commande du transducteur d'ultrasons par l'impulsion d'ultrasons émise est connu, par exemple à l'aide d'un signal de déclenchement, il suffit de saisir uniquement le point t_0 à l'aide de la pente maximale du premier flanc croissant de l'enveloppe, pour calculer la différence de temps comme différence entre l'instant d'extrapolation t_0 et l'instant de déclenchement, et on tient compte d'une décélération prédéfinie correspondant au système pour tenir compte pour l'interpolation à partir de t_0 , des décélérations propres au système. La tangente 10 présente sa pente maximale pour le premier flanc croissant de l'enveloppe et elle coupe cette extrémité d'enveloppe en un point auquel la pente du premier flanc croissant est maximum car à la fois la pente et le point de la tangente peuvent se décrire comme cela est connu.

La figure 5 est un schéma par blocs d'un mode de réalisation du dispositif de mesure de temps de parcours selon l'invention comportant une sortie 110 pour fournir un signal reproduisant l'impulsion d'ultrasons émise ainsi qu'une entrée pour recevoir l'impulsion d'ultrasons reçue. La sortie 110 et l'entrée 120 peuvent être reliées à un transducteur d'ultrasons 130 représenté simplement en trait interrompu, de préférence par l'intermédiaire d'un commutateur 132 qui commute entre le mode de réception et le mode d'émission de sorte que le même transducteur 130 peut servir à la fois de récepteur et d'émetteur. De même (cela n'est pas représenté à la figure 5) un second commutateur et un second transducteur d'ultrasons peuvent servir

pour que le premier transducteur d'ultrasons fonctionne comme émetteur et le second comme récepteur ou inversement ; le sens d'émission de l'émetteur correspondant peut être commuté. Comme décrit ci-dessus, à la fois le commutateur 132 et le transducteur d'ultrasons 130
5 ne constituent pas une partie essentielle du dispositif de mesure de temps de parcours selon l'invention. Bien plus, la sortie et l'entrée sont de préférence conçues pour être raccordées au transducteur d'ultrasons 130 par l'intermédiaire du commutateur 132.

Le dispositif de mesure de temps de parcours comporte
10 en outre une source de signaux 140 générant un signal fourni par la sortie 110 à un transducteur d'ultrasons 130 directement relié.

Le dispositif de mesure de temps de parcours comporte en outre un dispositif de saisie de temps 150 qui, dans le mode de réalisation représenté à la figure 5, est relié à un générateur de signal 140
15 pour obtenir de celui-ci au moins un signal de déclenchement ou une autre information de temps correspondant au début de l'impulsion d'ultrasons d'émission. L'entrée 120 comme le dispositif de saisie de fenêtre 150 sont reliés pour permettre de saisir la différence de temps entre l'impulsion d'ultrasons reçue et l'impulsion d'ultrasons envoyée.
20 Pour cela, le dispositif de saisie de temps 150 comporte un comparateur 160 qui saisit la différence de temps à l'aide de l'impulsion comme décrit ci-dessus. Pour pouvoir effectuer par exemple les étapes représentées à l'aide de la figure 4, le comparateur 160 comporte un différentiateur 170, un dispositif 172 pour saisir la pente maximale ainsi qu'une installation d'extrapolation 174 permettant de prévoir l'instant
25 t_0 de l'impulsion d'ultrasons reçue comme décrit ci-dessus. L'installation d'extrapolation 174 est reliée au différentiateur 170 pour saisir l'instant de la pente et pour saisir la pente maximale avec le dispositif 172. Cet instant t_0 peut alors être comparé à l'information de temps
30 fournie par le générateur de signal 140 ; le comparateur 160 comporte en outre par exemple une mémoire ou un autre dispositif (non représenté) assurant une décélération systématique qui est prise en compte pour déterminer la différence de temps.

Si plusieurs dispositifs de mesure de temps de parcours
35 sont prévus ou sont utilisés pour mesurer plusieurs différences de

temps de parcours, global alors ces dispositifs de mesure concernent de préférence le même espace des impulsions à ultrasons.

N O M E N C L A T U R E

	10	Tangente
	20	Instant
5		
	110	Sortie de signal
	120	Entrée de signal
	130	Transducteur d'ultrasons
	132	Commutateur
10	140	Générateur de signal
	150	Dispositif de saisie de temps
	160	Comparateur
	170	Différentiateur
	172	Dispositif de saisie de la pente maximale
15	174	Installation d'extrapolation

RE V E N D I C A T I O N S

1°) Procédé de mesure du temps de parcours comprenant les étapes suivantes :

- 5 - envoi d'une impulsion d'ultrasons d'émission ayant une enveloppe dans une zone de l'espace,
- réception d'une impulsion d'ultrasons de réception correspondant à l'impulsion d'ultrasons d'émission et transmise par l'espace,
- détermination d'une différence de temps entre l'impulsion d'ultrasons d'émission et l'impulsion d'ultrasons de réception, cor-
10 respondant au temps de parcours,
- la détermination de la différence de temps comprenant les étapes suivantes :
 - * prévoir la différence de temps comme résultat d'une étape de comparaison de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons d'émission
15 avec une enveloppe prévue par l'impulsion d'ultrasons de réception,
 - * et avec la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception, on extrapole un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception que l'on compare à un instant de réf-
20 érence de l'impulsion d'ultrasons d'émission et on considère la différence de temps comme résultat de l'étape de comparaison.

- 2°) Procédé selon la revendication 1,
selon lequel l'extrapolation de l'instant de référence de l'impulsion
25 d'ultrasons de réception comprend les étapes suivantes :
- utiliser une dérivée en fonction du temps de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception et saisir le maximum de la dé-
rivée en fonction du temps ou le maximum de l'amplitude de la dé-
rivée en fonction du temps de l'enveloppe,
 - 30 - déterminer l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception à l'aide de l'instant où se produit le maximum ou le chan-
gement de signe algébrique de dérivée seconde de l'enveloppe en
fonction du temps.

3°) Procédé selon la revendication 1 ou 2,
procédé caractérisé en ce que
l'extrapolation de l'instant de référence de l'enveloppe d'ultrasons de
réception comprend les étapes suivantes :

- 5 - utiliser une pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception,
* l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception se
déterminant comme point d'intersection d'une droite correspondant à la pente de l'enveloppe.

10

4°) Procédé selon la revendication 1,
caractérisé par les étapes suivantes :

- déterminer le point d'inflexion (20) de l'enveloppe de l'impulsion
d'ultrasons de réception ainsi que la pente correspondante des en-
15 veloppes de l'impulsion d'ultrasons de réception à l'instant où se
produit le point d'inflexion, et
- l'extrapolation de l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons
de réception comprend les étapes suivantes :
 - utiliser une droite d'extrapolation (10) ayant une pente et pas-
20 sant par le point d'inflexion, et
 - utiliser l'instant de référence comme instant de l'intersection
de la droite d'extrapolation avec l'axe des temps.

5°) Procédé selon la revendication 1,
25 caractérisé en ce que
l'instant de référence de l'enveloppe se situe sur le premier flanc mon-
tant de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception ou encore la
pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception correspond
à une pente en un point du premier flanc montant de l'enveloppe de
30 l'impulsion d'ultrasons de réception ou encore la pente de l'enveloppe de
l'impulsion d'ultrasons de réception correspond à la pente au premier
point d'inflexion de l'enveloppes de l'impulsion d'ultrasons de réception.

6°) Procédé selon la revendication 1,
35 caractérisé par les étapes suivantes :

- utiliser les enveloppes de l'impulsion d'ultrasons de réception par amortissement ou blocage d'une fréquence porteuse de l'impulsion d'ultrasons de réception sans amortir principalement des composants de fréquence de l'enveloppe,
- 5 - filtrer par un filtre passe-bas, l'impulsion d'ultrasons de réception, le filtrage passe-bas bloquant la fréquence porteuse de l'impulsion d'ultrasons de réception et laissant passer pratiquement les composantes de fréquence de l'enveloppe,
- filtrer l'amplitude instantanée de l'impulsion d'ultrasons de réception par un intégrateur, un filtre passe-bas ou un filtre décimateur, le filtrage supprimant des composantes de la fréquence porteuse de l'amplitude instantanée sans pratiquement bloquer les composantes de fréquence de l'enveloppe, essentielles pour saisir les caractéristiques de tracé de l'enveloppe.

15

7°) Dispositif de mesure de temps de parcours, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une sortie (110) émettant un signal représentant une impulsion d'ultrasons d'émission et ayant une enveloppe,
- 20 - une entrée (120) pour recevoir une impulsion d'ultrasons de réception,
- un dispositif de saisie de temps (150) pour saisir une différence de temps entre l'impulsion d'ultrasons d'émission et l'impulsion d'ultrasons de réception, cette différence de temps représentant le temps de parcours,
- 25 - le dispositif de saisie de temps comprenant :
 - * un comparateur (160) comparant l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception à un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission,
 - 30 * le comparateur (160) prévoyant la différence de temps entre deux enveloppes comme résultat, et
 - * le comparateur saisissant la différence de temps entre un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception et un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission,
 - 35

- * le dispositif de mesure de temps comportant un générateur d'instant d'émission pour fournir un instant de référence de l'impulsion d'ultrasons d'émission et un générateur d'instant de réception avec un différentiateur (170) en fonction du temps et un extrapolateur (174) relié à celui-ci,
- * le différentiateur (170) déterminant la pente de l'enveloppe de l'impulsion d'ultrasons de réception et l'extrapolateur (174) utilisant la pente fournie par le différentiateur (170) pour extrapoler l'instant de référence (t_0) de l'impulsion d'ultrasons de réception.

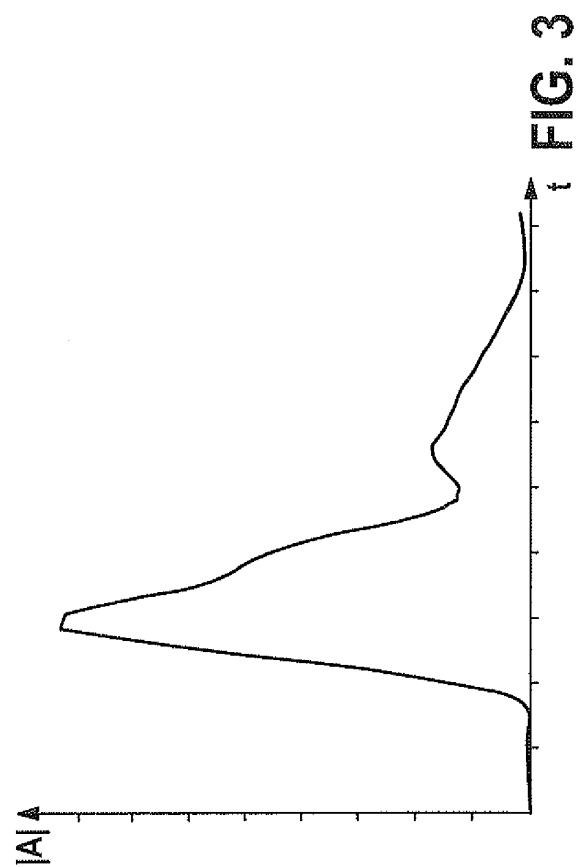
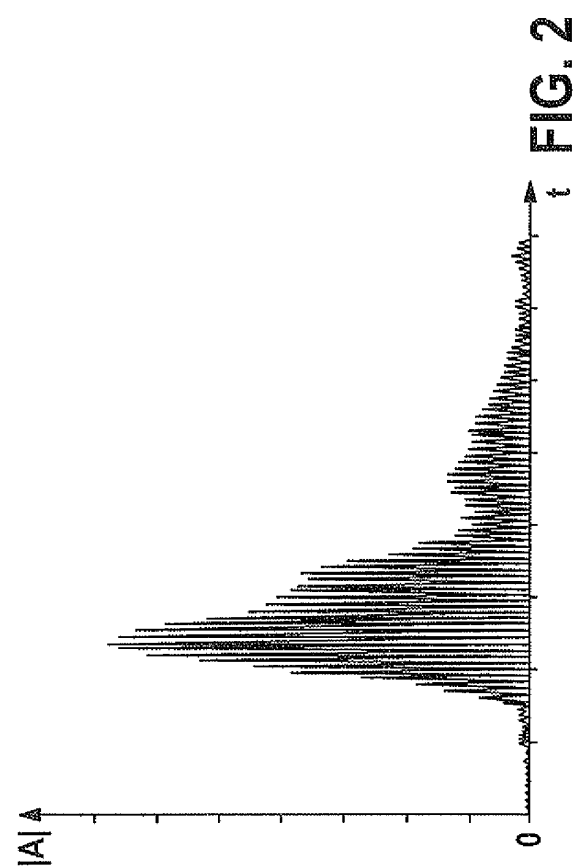
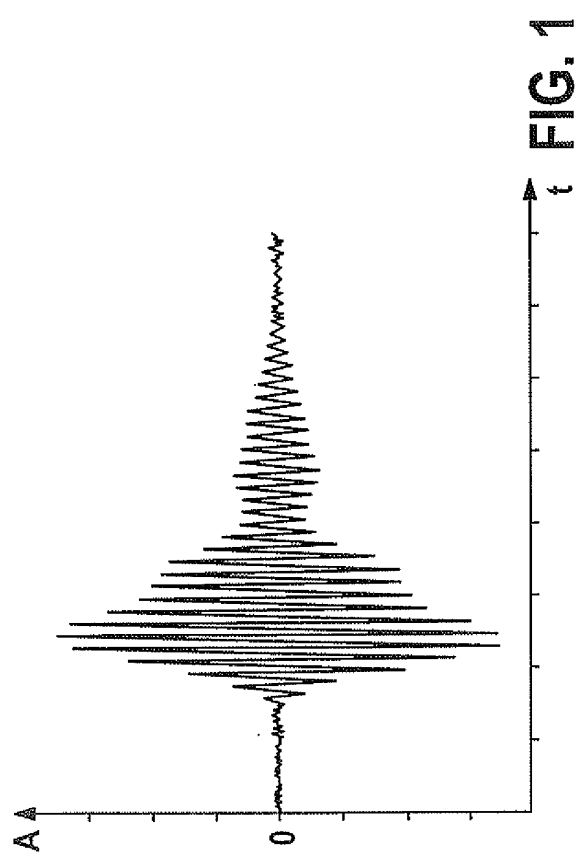
8°) Dispositif de mesure de temps de parcours selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'extrapolateur comporte un dispositif de saisie de maximum relié au différentiateur et fournissant l'instant du maximum de la pente fourni par le différentiateur, l'extrapolateur déterminant l'instant de référence de l'impulsion d'ultrasons de réception à l'aide de l'instant du maximum.

9°) Dispositif de mesure de temps de parcours selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que l'extrapolateur est un extrapolateur linéaire déterminant comme instant de référence (t_0) de l'impulsion d'ultrasons de réception l'instant du maximum de la pente, l'instant avec l'amplitude de l'enveloppe à cet instant comme point d'appui (20) de la droite et l'instant de l'intersection d'une droite passant par le point d'appui et ayant la pente de l'enveloppe à l'instant du maximum, avec l'axe des temps.

10°) Dispositif de mesure de temps de parcours selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte une unité de saisie de flanc relié directement ou indirectement à l'entrée et saisissant le premier flanc montant de l'enveloppe, ce dispositif étant relié à un générateur d'instant de réception pour déter-

miner à cet instant la période à l'intérieur de laquelle se trouve le premier flanc montant de l'enveloppe.

1 / 2



2 / 2

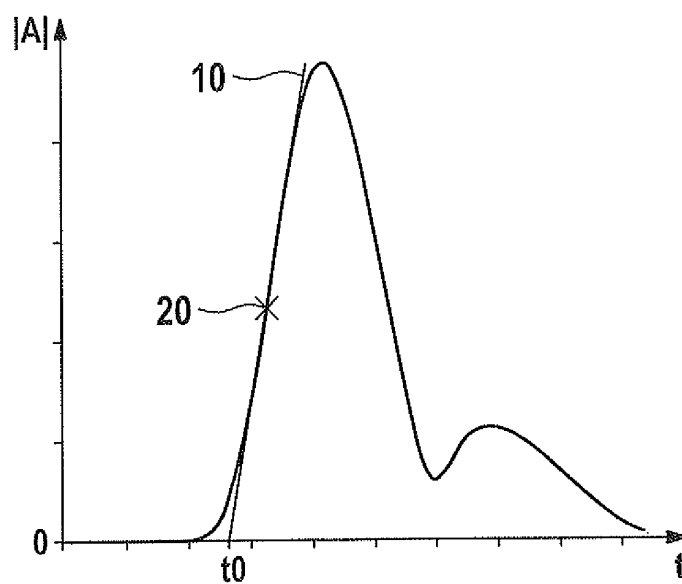


FIG. 4

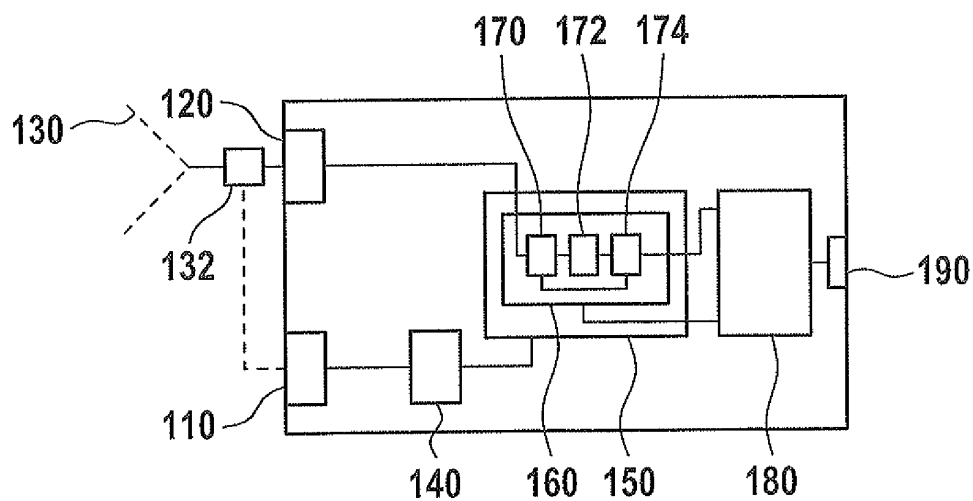


FIG. 5