

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **715 882 A2**

(51) Int. Cl.: **G08G** 1/00 (2006.01)
G01H 3/10 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00243/19

(71) Requérant:
Nicolas Salamolard, Rue des Creuset 17
1950 Sion (CH)
Bernard Attinger, 17, rue des Creusets
1950 Sion (CH)

(22) Date de dépôt: 27.02.2019

(43) Demande publiée: 31.08.2020

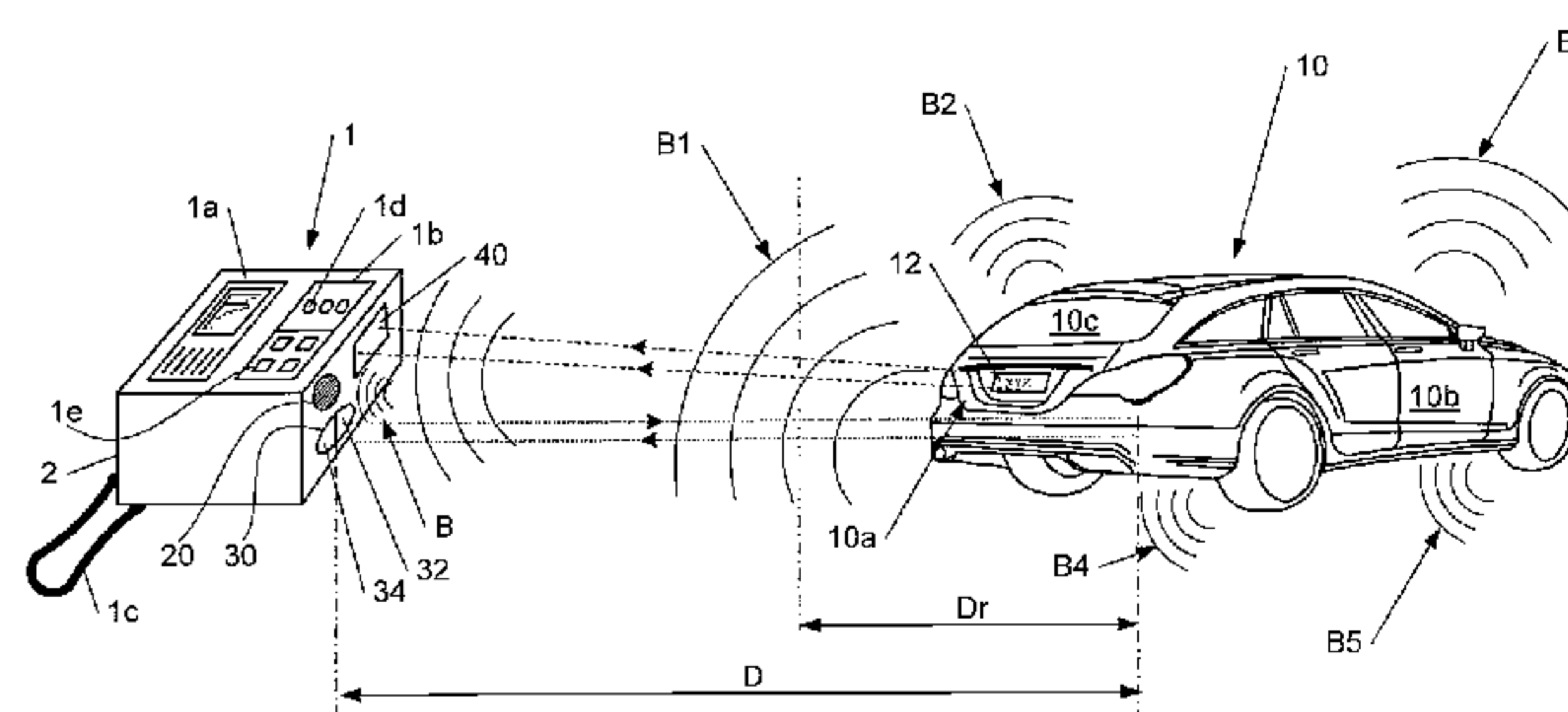
(72) Inventeur(s):
Bernard Attinger, 1950 Sion (CH)

(54) **Instrument acoustique et procédé pour reconnaître un signal acoustique émis par un véhicule.**

(57) La présente invention concerne un procédé pour reconnaître un signal acoustique d'un véhicule en déplacement et consiste à:

- viser avec un sonomètre (20) dans la direction d'un véhicule bruyant ;
- mesurer par un capteur sonore l'intensité sonore du véhicule bruyant (10) lorsqu'il se trouve dans une première position P1;
- déterminer la distance (D) entre le sonomètre et une des surfaces du véhicule (10) qui se trouve dans la première position P1;
- procéder à une première mesure I1 de l'intensité sonore rapporté à une distance de référence (Dr) pré-choisie relatif au véhicule (10) ;
- identifier le véhicule (10) si l'intensité sonore normalisé I1 à la distance de référence (Dr) est plus élevée qu'une valeur autorisée.

L'invention concerne aussi un instrument acoustique (1) comprenant un sonomètre (20), un système de mesure de distance entre le sonomètre (20) et un véhicule bruyant (10) ainsi qu'un système d'identification de ce véhicule (10).



Description

Domaine Technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de la pollution sonore, telle que provoquée par des véhicules bruyants. L'invention concerne plus particulièrement des méthodes et systèmes destinés à mesurer la distance à une source sonore et à déterminer son intensité par rapport à un référentiel. L'invention porte aussi sur la reconnaissance et l'identification d'un véhicule bruyant.

État de la technique

[0002] La pollution sonore est un problème récurrent des temps modernes. Une énorme quantité de véhicules à moteur, comme des voitures, des camions, des vélomoteurs, des trains et autres circulent partout tous les jours. La plupart de ces véhicules sont bruyants car utilisant des moteurs à combustion interne. Les pollutions induites par le son des véhicules peuvent avoir des nuisances graves sur la santé. La gamme des fréquences émises peut être très variable selon le type de véhicule. Du proche ultrason à l'infrason, une large gamme de longueurs d'onde peut être une source de stress ou avoir des conséquences pathologiques, selon l'intensité, la durée du bruit ainsi que la sensibilité des personnes voir des animaux.

[0003] Dans certains pays le bruit des véhicules est une source majeure de la pollution sonore. En France par exemple le seul impact humain de la pollution sonore des transports est estimé en 2016 à au moins 50 milliards d'euros par année. Il existe aussi des situations particulières comme des quartiers résidentiels ou des zones proches des hôpitaux ou maisons de repos où le bruit excessif produit par des véhicules peut être difficilement tolérable voire strictement interdit.

[0004] Pour limiter cela, des lois et des normes ont été mises en place, dans la plupart des pays, pour tous les véhicules homologués, au niveau des émissions sonores.

[0005] Cependant, lesdites normes ne sont pas nécessairement respectées. Certaines personnes changent des pièces entre deux contrôles du bruit de leur véhicule pour pouvoir être plus bruyant qu'autorisé, et ils sont donc difficiles à identifier.

[0006] Il existe donc un besoin à se doter d'appareils permettant de détecter si un véhicule est en infraction des normes, directement au moment des faits de l'infraction et de l'identifier. Ces informations permettraient de faire un contrôle sans laisser le temps au propriétaire de refaire des modifications.

[0007] Il existe un nombre d'instruments pour mesurer le bruit de véhicules mais ces instruments sont fixés à un certain endroit et mesurent le bruit d'un véhicule qui passe à une gamme de distances relativement limitées relativement à l'instrument de mesure sonore. Un des désavantages de tels systèmes est que les conducteurs peuvent aisément réduire leur allure lors du passage à leur proximité, comme cela se fait à l'approche de radars fixes pour mesurer la vitesse.

[0008] La situation se complique quand les véhicules en question ne sont pas des véhicules qui se déplacent sur une route ou un rail mais qu'il s'agit d'aéronefs tel que par exemple des hélicoptères ou des drones qui seront de plus en plus mis en oeuvre pour le transport de marchandises ou de personnes. Des systèmes fixes ou semimobiles ne sont pas du tout adaptés à ce type de véhicules.

Divulgaration de l'invention

[0009] L'invention porte sur un procédé et un système pour identifier un véhicule qui produit un bruit au-dessus d'une norme définie. Le véhicule est compris dans le sens large et peut comprendre non seulement des véhicules tels que des voitures, motos ou camions mais tout type de véhicule qu'il soit motorisé ou pas.

[0010] En particulier l'invention est réalisée par un procédé pour reconnaître un signal acoustique d'un véhicule en déplacement. Le procédé de l'invention consiste à:

- identifier le passage d'un véhicule bruyant;
- enclencher un sonomètre d'un instrument acoustique portable;
- viser avec le sonomètre dans la direction du dit véhicule bruyant ;
- mesurer le niveau sonore du véhicule bruyant lorsqu'il se trouve dans une première position;
- déterminer la distance entre le sonomètre et une des surfaces du véhicule qui se trouve dans la première position;
- déterminer l'intensité sonore (11) dudit véhicule bruyant à une distance de référence (Dr) pré-choisie relatif audit véhicule (10) ;
- identifier le véhicule (10) si l'intensité sonore (11) à la distance de référence (dR) est plus élevée qu'une valeur autorisée.

[0011] Dans une mise en oeuvre de la mesure du niveau sonore, la mesure de la dite distance, ainsi que l'identification du véhicule se font simultanément.

[0012] Dans une mise en oeuvre avantageuse, après les dites mesures sonores faites dans la dite première position, le niveau sonore du véhicule ainsi que la distance du véhicule par rapport au sonomètre sont mesurés dans une deuxième position du véhicule.

[0013] Dans une variante une deuxième valeur de l'intensité sonore normalisée (12) est déterminée.

[0014] Dans une variante la moyenne de la dite première (11) et deuxième (12) valeur de l'intensité normalisée est déterminée, la dite moyenne étant déterminée pour un spectre de fréquences prédéterminés.

[0015] Dans un mode d'exécution l'identification du véhicule est également faite dans la dite deuxième position du véhicule.

[0016] Dans une mode préféré l'identification du véhicule se fait par l'identification du matricule du véhicule.

[0017] Dans une variante l'identification du véhicule se fait par la reconnaissance de la forme et/ou de la marque du véhicule.

[0018] Dans une variante l'identification du véhicule se fait par la reconnaissance du matricule du véhicule et de la forme et/ou de la marque du véhicule.

[0019] Dans une variante l'identification du véhicule est fait par la reconnaissance d'un code d'identification intégré au véhicule, ce code d'identification étant autre que le matricule du véhicule.

[0020] Dans un mode avantageux un signal d'alarme est envoyé au véhicule signalant que le véhicule est trop bruyant.

[0021] Dans une variante le signal d'alarme est affiché à l'intérieur du véhicule afin d'alerter le conducteur du véhicule bruyant.

[0022] Dans un mode avantageux ledit instrument acoustique comprend des moyens pour déterminer et enregistrer le spectre sonore du véhicule bruyant.

[0023] L'invention est également réalisé par un instrument acoustique pour reconnaître un signal acoustique produit par un véhicule, l'instrument acoustique comportent un sonomètre et comprennent également:

- des moyens pour mesurer la distance du véhicule par rapport au sonomètre ;
- une unité de mémorisation des critères de seuil de détection du niveau sonore ;
- une interface homme-machine pour afficher une représentation du niveau sonore émis normalisée relatif à une distance de référence (dR) préalablement choisi ;
- des moyens pour identifier le véhicule.

[0024] Dans un mode de réalisation les dits moyens pour identifier le véhicule comprennent un système de vision permettant de reconnaître la plaque d'immatriculation du véhicule.

[0025] Dans un mode de réalisation les dits moyens pour identifier le véhicule comprennent un système de vision permettant de reconnaître la marque et/ou le type du véhicule.

[0026] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique comprend également un affichage d'une représentation du niveau sonore non normalisé.

[0027] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique comprend au moins deux sonomètres et/ou deux moyens pour mesurer la distance du véhicule relatif au sonomètre.

[0028] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance du véhicule relative au sonomètre sont des moyens optiques.

[0029] Dans un mode de réalisation les moyens optiques comprennent un laser.

[0030] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance du véhicule comportent un système radar.

[0031] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance du véhicule comprennent un système utilisant des techniques de triangulation.

[0032] Dans un mode de réalisation le son d'un véhicule peut être détecté jusqu'à une distance de 100m.

[0033] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique a la taille d'un téléphone portable ayant préférentiellement une longueur entre 15cm et 20cm, une largeur entre 7cm et 9cm et une épaisseur entre 5mm et 15mm.

[0034] Dans un mode de réalisation, les moyens pour identifier le véhicule comportent des lentilles et la longueur focale d'au moins une des lentilles de l'instrument a une longueur focale plus grande que l'épaisseur de l'instrument.

Brève description des dessins

[0035] D'autres caractéristiques de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1a est une vue schématique de l'utilisation d'un instrument acoustique selon l'invention;
- la figure 1b est une vue schématique de l'utilisation d'un instrument acoustique miniaturisé selon l'invention;
- la figure 2 est une vue schématique d'un aéronef comprenant un code d'identification et de la mise en oeuvre de mesures sonores et de distance faites en deux positions de l'aéronef;
- la figure 3 montre un schéma bloc du procédé de l'invention;
- la figure 4 est une vue schématique d'une configuration de mesure de référence de bruit;
- la figure 5 un schéma bloc des composants et de leur communications pour une mesure audio;
- la figure 6 est un schéma électronique utilisé pour amplifier le signal audio;
- la figure 7 montre la directivité d'un microphone du commerce;
- la figure 8 est une vue schématique d'un effet de repliement d'un signal lors d'un échantillonnage;
- la figure 9 est un schéma électronique utilisé avec le microcontrôleur PIC ;
- la figure 10 est un schéma électronique utilisé pour la lecture/écriture des SRAM;
- la figure 11 et la figure 12 montrent des signaux d'écriture et de lecture sur RAM en SP;
- la figure 13 est un schéma bloc des composants de l'instrument acoustique ainsi que leur bus de communication ;
- la figure 14 est un schéma bloc du comportement d'un microcontrôleur PIC lors d'un échantillonnage;
- la figure 15 est un schéma bloc du comportement d'un Raspberry Pi selon l'action de l'utilisateur;
- la figure 16 montre des résultats expérimentaux obtenus par un prototype de l'invention;
- la figure 17 montre une configuration de parallaxe optique destinée à déterminer une distance d'un objet ;
- la figure 18 illustre la reconnaissance d'une immatriculation d'un véhicule ;
- la figure 19 montre la relation entre la distance focale d'une optique et son angle de champ;
- la figure 20 montre un schéma de la relation entre l'angle de vue d'un objet, sa dimension et sa distance par rapport à un point d'observation;
- la figure 21 montre un instrument acoustique miniaturisé;
- la figure 22 montre un schéma de la méthode du procédé de mesure du son et l'identification d'un véhicule bruyant.

Modes de réalisation de l'invention

[0036] Tel que cela ressort plus précisément de la Fig.1, l'objet de l'invention concerne une nouvelle technique mise en oeuvre à l'aide d'une instrumentation acoustique pour reconnaître un signal acoustique émis par un véhicule. Les véhicules tels que voitures, vélomoteurs, camions, voire des trains et avions doivent respecter des normes de performances acoustiques. Il existe différentes normes dans différents pays qui permettent de fixer les seuils acoustiques émis par ces véhicules. Ces seuils peuvent être déterminés par plusieurs critères et en général un seuil est déterminé par un niveau sonore à ne pas dépasser à une certaine distance, par exemple une distance de 10 m. L'invention ne porte pas seulement sur la mesure et la détection sonore d'un véhicule à l'arrêt mais surtout sur la mesure de l'intensité sonore émise par un véhicule en mouvement. L'invention porte en particulier aussi sur l'identification de la plaque d'immatriculation du véhicule qui produirait bruit trop élevé. L'invention porte en outre aussi sur une méthode permettant de convoquer le propriétaire du véhicule trop bruyant afin qu'il se présente pour un contrôle de son véhicule.

[0037] Il est en outre compris que l'invention n'est pas limitée à des véhicules à moteur comme par exemple une automobile, une moto ou un vélomoteur, un autocar, un tramway, un bateau. Le terme „véhicule“ est ici compris dans son sens le plus large et est ici défini comme tout engin en mouvement qui produit du bruit, indépendant de sa nature, de son utilisation ou de la source de l'engin qui est à l'origine du bruit à mesurer par le procédé ainsi que l'instrument acoustique 1 de

l'invention. L'invention inclut donc par exemple également tout autre véhicule propulsés par d'autres moyens comme par exemple une propulsion par le vent ou la gravitation. L'invention porte surtout sur des véhicules en déplacement mais peut également être appliquée, au moins partiellement, à des véhicules immobiles ou stationnaires ce qui inclut des engins bruyant difficilement accessibles comme par exemple un drone qui reste stationnaire à une distance élevée de l'instrument acoustique, par exemple une distance de plus de 50m.

[0038] Il est compris que le procédé et l'instrument de mesure de l'invention sont applicables à des mesures de bruit émis par des véhicules situés à au moins 100m de l'instrument de mesure de l'invention comme décrit dans le présent document.

[0039] Il est également compris que le niveau sonore, défini aussi comme intensité sonore ou intensité du bruit mesurée, peut être exprimé en décibels (dB) ou dans une autre mesure comme une mesure de pression exprimé en Pascals par exemple.

[0040] La figure 1a illustre une configuration de mise en oeuvre de l'instrument acoustique 1 sonore de l'invention. Sur la figure 1a les bruits représentés par des flèches B peuvent provenir de différentes sources de bruit B3-B5. En général la majeure contribution du bruit généré par un véhicule 10 est produite par le moteur du véhicule 10. Le bruit d'un moteur peut se détériorer avec le dérèglement du véhicule 10 mais également par la détérioration de l'isolation sous le capot protecteur du moteur. D'autres sources de bruit peuvent s'ajouter au bruit du moteur, comme ceux produits par des pneus usés ou par l'utilisation de structures non aérodynamiques. L'objectif de l'invention est de déterminer le bruit cumulé de toutes les sources de bruits d'un véhicule bruyant. Bien entendu le but de la mesure acoustique vise à réduire le bruit des véhicules 10, mais également de réduire la consommation de combustible pour protéger l'environnement car souvent un moteur trop bruyant sera lié à une consommation de combustible excessif.

[0041] Il est aussi compris dans l'invention la détection d'un véhicule 10 qui comprend toute autre source de bruit qui n'est pas produit par le véhicule même mais produit par des accessoires tels que des sirènes ou haut-parleurs, pour ne citer que ces 2 exemples.

[0042] Plus précisément l'invention est réalisée par un procédé pour reconnaître un signal acoustique B produit par un véhicule 10, en particulier quand ce véhicule 10 est en déplacement. Ce procédé comprend les étapes suivantes, illustrés dans le schéma bloc de la figure 22 :

- identifier un véhicule bruyant 10 ; bien entendu le passage comprend l'éloignement du véhicule 10 ; bien entendu il est compris que le véhicule bruyant peut être en mouvement ou peut être stationnaire ;
- enclencher un sonomètre 20 d'un instrument acoustique 1 portable comme décrit ci-dessus;
- viser avec le sonomètre 20 dans la direction du dit véhicule bruyant 10 ;
- mesurer le niveau sonore émis par le véhicule bruyant 10 lorsqu'il se trouve dans une première position P1;
- déterminer la distance D entre le sonomètre 20 et une des surfaces 10a, 10b, 10c du véhicule 10 qui se trouve dans la première position P1;
- déterminer une première intensité sonore normalisée I1 par rapport à une distance de référence Dr déterminée, illustrée en figure 1; une telle mesure normalisée peut être déterminé par différents moyens comme des moyens électroniques et/ou informatiques comme discuté plus loin ;
- identifier le véhicule 10 si l'intensité sonore normalisé I1 à la distance de référence Dr est plus élevée qu'une norme prédéterminé autorisée, par exemple telle que décrite dans <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fe98a835-e656-11e3-8cd4-01aa75ed71a1/language-fr>.

[0043] Dans un mode de réalisation la mesure du niveau sonore, la mesure de la dite distance D, ainsi que l'identification du véhicule 10 se font simultanément. Il est bien compris que le terme „simultanément“ est limité par ce qui est possible à réaliser tenant compte des vitesses du son ainsi que la vitesse du signal envoyé au véhicule 10 et partiellement collecté comme dans le cas d'un système radar utilisant un laser. On comprendra que le terme „simultanément“ veut dire que la mesure du niveau sonore, la mesure de la dite distance D, ainsi que l'identification du véhicule se font dans un laps de temps inférieur à la seconde, préférablement inférieur à 500ms ou encore plus préférablement inférieur à 100ms (0.1 sec).

[0044] La figure 3 montre un schéma bloc du procédé de l'invention.

[0045] La figure 23 illustre un schéma des étapes du procédé de l'invention.

[0046] Lorsqu'un utilisateur entend un véhicule bruyant 10, stationnaire ou en mouvement, il allume l'instrument 1. Celui-ci se met en stand-by. Lorsque le véhicule 10 passe, l'instrument 1 est pointé sur celui-ci et une gâchette intégré préférablement dans un manche 1c de l'instrument 1 est pressée. Dans une variante le système 1 peut être enclenché automatiquement, par exemple en fonction du niveau sonore détecté. Dans un mode préféré trois données sont prises en simultané : le niveau sonore provenant de la direction pointée, la distance de la source pointée et une image du véhicule 10, en particulier de sa plaque d'immatriculation. Il est compris que dans des variantes l'instrument acoustique 1 décrit

ci-après peut comprendre des moyens pour aider l'instrument 1 à être orienté vers un véhicule bruyant 10. Ces moyens peuvent comprendre, par exemple, un détecteur de source de chaleur.

[0047] Une oreille humaine en bonne santé pour entendre des pressions sonores allant de 20 µPa à 20 Pa. Il en résulte un rapport 1 :1'000'000, peu pratique dans l'utilisation courante. Il a donc été mis en place une échelle logarithmique de niveaux sonores en décibels [dB], qui représente également mieux la perception du son par les humains. Le son se propageant par vague ayant des valeurs tantôt positives, tantôt négatives, il faut prendre la valeur efficace de celui-ci sur la durée de la mesure pour pouvoir avoir une moyenne. La relation entre la pression sonore, la pression efficace et une pression de référence est donné par :

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}$$

$$L_p = 20 \log_{10} \left(\frac{p_{rms}}{p_{ref}} \right)$$

- p: pression sonore [Pa]
- T: intervalle de temps traité [s]
- p_{rms}: pression efficace [Pa]
- p_{ref}: pression de référence [20 µPa]
- L_p: niveau sonore [dB]

[0048] Lorsque deux sources de son émettent à la même intensité, le niveau sonore en décibels n'est pas doublé, dû à la nature logarithmique des décibels, le niveau augmentera uniquement de 3 décibels. Cette différence diminue si le bruit additionnel est plus petit que le bruit de base.

$$L_{tot} = 10 \log [(p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_4^2) / p_0^2];$$

L_{tot}: Niveau sonore total ;

p_n: Pression sonore à additionner.

P₀: Pression de référence (20 µPa)

[0049] Par exemple, si un niveau de 10dB et de 15 dB s'additionnent, le résultat sera 16.2 (le niveau le plus élevé (15) + 1.2). Cette particularité permet de ne pas avoir à isoler la source sonore mesurée : l'instrument étant destiné à sonder les voitures les plus bruyantes, elles couvriront les bruits environnants plus faibles.

Pondération en fonction de la fréquence :

[0050] L'oreille peut entendre des fréquences allant de 20 Hz à 20 kHz ; elle a cependant une sensibilité différente selon la fréquence et ce facteur est pris en compte dans la mesure. Une pondération normalisée (pondération A de la norme CEI 61672-1 „Électroacoustique - Sonomètres“) a été établie pour avoir une meilleure représentation du son. Celle-ci est la pondération utilisée dans la plupart des références sur le son, dont les valeurs légales d'émission sonore automobile

[0051] Une valeur de niveau sonore évaluée en décibels selon la pondération A peut s'exprimer en dBA, même si la plupart des appareils et des documents l'indique simplement en dB. L'équation correspondante à la fonction de transfert se présente ainsi :

[0052]

$$H_A(f) = \frac{12194^2 * f^4}{(f^2 + 20.6^2) \sqrt{(f^2 + 107.7^2)(f^2 + 737.9^2)(f^2 + 12194^2)}}$$

$$A(f) = 20 \log_{10}(H_A(f)) + 2.00$$

- H_A(f) : Gain en fonction de la fréquence
- A(f) : Gain total [dB]

[0053] Lorsque le son parcourt une distance, il se fait de moins en moins audible. La perte de pression sonore sur la distance rend la mesure de son inutilisable sans la distance avec la source sonore correspondante. Ainsi, lors des mesures de son pour les contrôles et les normes, une distance normalisée est définie pour pouvoir comparer les résultats.

[0054] Pour une source sonore omnidirectionnelle, l'intensité sonore (exprimée en W/m^2) diminue selon le rapport $1/r^2$, où r est la distance parcourue par le son. L'énergie se répartit uniformément sur la sphère de l'onde sonore et l'aire de celle-ci augmente selon le carré de la distance. Étant donné que l'intensité sonore est proportionnelle au carré de la pression sonore p . Il en résulte que la pression sonore p , contrairement à l'intensité, diminue selon $1/r$.

[0055] Il permet ainsi d'établir la relation $p_2/p_1=r_1/r_2$, ou, en décibels :

$$L_2 = L_1 + 20 \log_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

[0056] Dans le procédé de l'invention le but est d'avoir la même mesure sonore qu'importe la distance entre l'instrument acoustique 1 et le véhicule 10. Pour se faire, une distance de référence dR doit être définie. Plusieurs possibilités sont possibles bien entendu. Par exemple l'on peut se baser sur des méthodes de mesure de son comme effectué lors des contrôles automobiles selon l'ordonnance suisse RS 741.41. (<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19950165/index.html>)

[0057] Comme illustré dans la figure 4 le véhicule 10 doit accélérer au maximum de la ligne AA' à la ligne BB'. L'intensité maximale mesurée par les deux microphones donne le résultat de la mesure. Si on émet l'hypothèse que la voiture est une source sonore ponctuelle à émission omnidirectionnelle, l'intensité maximale se mesurera à 7.5 m de la source. Mesurer la distance avec le véhicule 10 simultanément à la prise de son et ramener l'intensité sonore à ce qu'elle serait à 7.5m permettrait donc d'avoir une bonne approximation du respect ou non des valeurs autorisées.

[0058] Il existe différentes possibilités pour déterminer un niveau sonore à une certaine distance de référence, défini comme un niveau normalisé. Par exemple un circuit électronique peut procéder à une correction du niveau sonore mesuré par le sonomètre 20 tenant compte de la mesure de la distance D entre le sonomètre et une des surfaces du véhicule, sachant que l'intensité sonore diminue dégressivement d'un facteur qui est inversement proportionnel au carré de la dite distance D . Ladite correction de l'effet de dégression du signal et la détermination du niveau sonore à une distance de référence D_r peut se faire aussi ou au moins partiellement par des moyens informatiques.

[0059] Il est bien compris que l'incertitude de la mesure de la distance D entre le sonomètre 20 et une des surfaces de la voiture 10 sera déterminée par la section du signal qui est incidente sur la dite surface. Dans le cas d'un radar laser par exemple cette section peut-être de moins de 500 mm^2 . Dans le cas d'une mesure de distance d'un véhicule tel qu'une voiture ou une moto la précision de la distance D mesurée est d'environ 20cm sur une distance typique de 30m.

[0060] Bien entendu des moyens peuvent être mis en oeuvre pour pouvoir mesurer le niveau sonore à des distances supérieures à 100 m, par exemple 200 m ou 300 m. Dans ce cas des moyens plus sophistiqués doivent être déployés tel qu'un filtrage de certaines fréquences sonores typiques générés par le véhicule. Afin d'augmenter la sensibilité de la détection sonore, plusieurs sonomètres peuvent être intégrés dans l'instrument acoustique, ces sonomètres 20 peuvent avoir des caractéristiques de directivité ou de sensibilités différentes.

[0061] Les normes de bruit toléré sont bien entendu différentes selon les pays. Par exemple selon l'ordonnance RS 741.41 de la loi suisse sur l'émission sonore des véhicules à moteurs, les valeurs autorisées pour les voitures sont directement liées aux normes européennes en vigueur. Une mesure de son à une distance de référence préalablement choisie est montrée dans la figure 4, dans laquelle cette distance D_r est de 7.5m

[0062] Dans un mode d'exécution le niveau sonore du véhicule ainsi que la distance D du véhicule par rapport au sonomètre 20 sont mesurés aussi dans une deuxième position P2 du véhicule 10, comme illustré dans la figure 2 où le véhicule représenté est un drone 10.

[0063] Dans un mode d'exécution au moins une deuxième valeur de l'intensité sonore normalisée 12 est déterminée. Bien entendu plusieurs valeurs de l'intensité normalisée peuvent être déterminées pour une ou plusieurs positions du véhicule 10.

[0064] Dans une variante la moyenne de la dite première 11 et deuxième 12 valeur de l'intensité normalisée est déterminée, la dite moyenne étant déterminé pour un spectre de fréquences prédéterminés. Ceci permet d'obtenir une valeur plus fiable du bruit sonore normalisé.

[0065] Dans un mode d'exécution l'identification du véhicule 10 se fait par l'identification du matricule du véhicule 10, ce qui se fait typiquement quand le véhicule 10 est une voiture ou camion ou moto voire vélomoteurs. Des engins volants peuvent également comprendre un matricule ou un code qui les identifie.

[0066] Dans une variante l'identification du véhicule 10 se fait par la reconnaissance de la forme et/ou de la marque du véhicule 10. Ceci peut avoir plusieurs utilités par exemple lors de test de comparaison de plusieurs types de véhicules, comme par exemple des voitures ou des drones.

[0067] Bien entendu l'invention n'est pas limitée à la reconnaissance d'un matricule 12. Comme illustré, l'identification du véhicule 10 peut se faire par la reconnaissance du matricule 12 du véhicule 10 et de la forme et/ou de la marque du véhicule 10.

[0068] Dans un mode d'exécution l'identification du véhicule 10 est faite par la reconnaissance d'un code d'identification C intégré au véhicule 10. Il est compris ici que ledit code d'identification C est un code apparent sur le véhicule ou détectable par un instrument tel qu'un code à barres et peut être autre que le matricule 20 du véhicule 10.

[0069] Ledit code C peut servir à plus facilement reconnaître un véhicule. Le code C peut également être appliqué d'une manière adaptée pour faciliter la lecture du code tel qu'en une matière fluorescente. Le code C peut être conçu aussi pour diminuer le risque que le détenteur du véhicule ne modifie le véhicule pour empêcher de lire le matricule ou ledit code, par exemple en utilisant une couche antireflet ou une couche dispersant la lumière provenant du système de reconnaissance du code. Dans le futur par exemple des véhicules 10 comme les drones seront dotés probablement aussi d'un matricule ou d'un code C permettant d'identifier leur propriétaire ou additionnellement d'autres propriétés du véhicule 10. Lesdites propriétés peuvent être des propriétés optiques. D'une manière avantageuse ledit code C peut comprendre des structures augmentant la réflectivité. Le dit code C peut être un code à barres et peut également comprendre des structures réfléchissant particulièrement bien dans un domaine spectral prédéfini comme, par exemple, une gamme de longueurs d'onde entre 550nm et 690nm.

[0070] La mesure de la distance peut se faire par différentes méthodes. Une première méthode directe consiste à utiliser un système radar comme illustré dans la figure 1. Un tel radar peut être un radar basé sur un système optique comprenant un laser. De tels systèmes radar sont connus et ne sont pas commentés en plus de détails ici. La méthode de l'invention peut être mise en oeuvre de diverses façons permettant non seulement de déterminer le nouveau sonore mais additionnellement déterminer en même temps la vitesse ou la distance parcourue par un véhicule. Par exemple la figure 2 montre une situation de mesure de bruit d'un drone 10 qui se déplace d'une première position à une deuxième position sur une distance parcourue P. En visant le véhicule dans les deux positions et en mesurant les distances dans les deux positions P1, P2 il est possible de déduire la distance parcourue par le véhicule 10 à l'aide d'un instrument acoustique 1 qui comprend un système GPS ou un accéléromètre. D'une manière similaire il existe des situations où la distance parcourue P par le véhicule est connue (par exemple un train à vitesse constante) il suffit de pointer l'instrument acoustique 1 dans deux directions pour pouvoir déduire les distances d1, d2 du véhicule au sonomètre. Bien entendu avantageusement plusieurs méthodes de mesure de distance peuvent être déployées par un seul instrument 1, par exemple la combinaison d'une technique de triangulation et une mesure radar.

[0071] Dans une variante avantageuse un signal d'alarme peut être généré et envoyé au véhicule signalant que le véhicule 10 est trop bruyant.

[0072] Dans une autre variante le signal d'alarme est affiché à l'intérieur du véhicule 10 afin d'alerter le conducteur du véhicule 10 bruyant.

[0073] Dans un mode d'exécution ledit instrument acoustique 1 comprend des moyens pour déterminer et enregistrer le spectre sonore du véhicule 10 bruyant. Ceci permet d'identifier plus facilement l'origine du bruit produit par le véhicule, ce qui peut être avantageusement exploité pour identifier une amélioration du véhicule à communiquer à son conducteur. Dans des véhicules de luxe par exemple des informations comme le contenu spectral du bruit détecté par l'instrument acoustique 1 peuvent être transmises à son conducteur ou au système de pilotage autonome du véhicule.

[0074] Dans une variante avantageuse l'instrument acoustique 1 peut comprendre des moyens de visualisation de la distribution du bruit autour d'un véhicule, similaire à une analyse thermographique des fuites de chaleur d'un bâtiment. Dans ce cas par exemple des zones rouges peuvent visualiser des dépassements locaux d'au moins 50% de la norme, une couleur orange quand le niveau sonore est situé entre +30% et 50% du niveau sonore normalisé autorisé, et des zones vertes indiqueraient des zones où le niveau sonore est largement en dessous des normes par exemple moins que 30% de la norme autorisée.

[0075] Le niveau de bruit mesurable dépend des caractéristiques du sonomètre, c'est à dire sa directivité, et la distance mesurable dépend c'est à dire des moyens techniques mis en oeuvre pour mesurer cette distance. Avec l'évolution des microphones et des lasers du commerce on peut raisonnablement s'attendre à ce qu'une mesure de bruit à des distances supérieures 100 m puisse être déterminée.

[0076] L'invention est aussi réalisée par un instrument acoustique 1 pour reconnaître un signal acoustique produit par un véhicule 10. L'instrument 1 de l'invention correspond à plusieurs critères désirés :

- l'instrument de l'invention doit être léger et rapidement utilisable quand la situation se présente ;
- la mesure doit permettre d'avoir une estimation du bruit émis pour savoir si la norme d'émission maximale est respectée ou non ;
- la valeur du bruit doit correspondre au bruit perceptible par l'oreille humaine dans un rayon de 7 à 10 mètres autour de la source ;
- l'instrument acoustique 1 ne doit pas forcément servir de référence pour une contravention. Il doit surtout déterminer si un véhicule doit passer un contrôle d'émission sonore selon les normes légales ;

- l'instrument doit être utilisable jusqu'à une portée d'environ 100 mètres ;
- le système doit fonctionner sans être rechargé au minimum pendant 8h à 10h, correspondant à une journée de travail d'un opérateur.

[0077] Plus précisément l'instrument acoustique 1 de l'invention, illustré dans la figure 1a, 1b, 2 comprend au moins:

- des moyens pour mesurer la distance D du véhicule 10 relatif au sonomètre 20 ;
- une unité de mémorisation des critères de seuil de détection du niveau sonore ;
- des moyens de correction pour déterminer l'intensité sonore normalisée à une distance de référence Dr préalablement déterminée ;
- une interface homme-machine 1a pour afficher le niveau sonore émis normalisée relatif à une distance de référence Dr préalablement choisie ;
- des moyens pour identifier le véhicule 10.

[0078] Dans un mode de réalisation les dits moyens de correction sont des moyens électroniques ou des moyens informatiques. Dans une variante lesdits moyens de correction sont une combinaison d'un circuit électronique et des moyens informatiques.

[0079] Les dits moyens de correction permettent de prendre en compte les effets d'atténuation du bruit (aussi défini comme effet de dégression). Cette correction est effectuée par un processeur juste après une conversion en décibels avec un filtre numérique. La formule utilisée est la simple addition logarithmique précédemment évoquée, qui n'est d'autre que $1/r^2$ convertit en logarithme. Elle est effectuée dans l'étape „Traitement de données“ illustrée dans la fig.3, ou plus précisément dans „Calcul des dBA + Affichage“ de la fig.15. Il s'agit d'un calcul physique effectué par l'unité de calcul (le processeur) avec les données mesurées. Contrairement aux méthodes antérieures dans ce genre de calcul un filtre numérique programmé est utilisé plutôt qu'un filtre analogique, comme expliqué plus loin.

[0080] Dans un mode de réalisation les dites moyens pour identifier le véhicule 10 comprennent un système de vision 40 permettant de reconnaître la plaque d'immatriculation 12 du véhicule 10 et/ou de reconnaître la marque et/ou le type du véhicule.

[0081] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique 1 comprend également un affichage 1a du niveau sonore non normalisé. L'instrument 1 peut comprendre une interface 1b comprenant des moyens pour programmer des paramètres de l'instrument tel qu'un clavier 1e. L'instrument 1 peut également comprendre des éléments d'alerte 1d qui peuvent être des éléments sonores ou optiques pour indiquer le niveau du son détecté.

[0082] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique 1 comprend au moins deux sonomètres et/ou deux moyens pour mesurer la distance D du véhicule relative au sonomètre 20. Lesdits sonomètres et/ou les deux moyens pour mesurer la distance D peuvent être différents

[0083] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance D du véhicule 10 relative au sonomètre 20 sont des moyens optiques.

[0084] Dans un mode de réalisation les moyens optiques 4 comprennent au moins un laser.

[0085] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance D du véhicule 10 comportent un système radar.

[0086] Dans un mode de réalisation les moyens pour mesurer la distance D du véhicule 10 comprennent un système utilisant des techniques de triangulation, tel qu'illustré dans les figures 2, 17.

[0087] Dans une variante avantageuse l'instrument acoustique 1 de l'invention peut comprendre au moins deux sonomètres 40, le cas échéant différents. Dans une autre variante l'instrument acoustique 1 de l'invention peut comprendre au moins deux systèmes de mesure de distance et/ou au moins deux systèmes de prise de vue. Par exemple un des systèmes de vision peut avoir un grand angle de vue et le deuxième peut avoir un agrandissement élevé. Les dits deux systèmes de prise de vue peuvent être intégrés dans un seul et comprendre une optique zoom. Dans une variante cette optique zoom peut être déclenchée en fonction d'un niveau de bruit mesuré et en fonction d'un niveau prédéterminé programmé dans l'instrument acoustique 1.

[0088] Il est bien entendu que l'instrument acoustique 1 de l'invention peut être mis en oeuvre pour tout véhicule en stationnement. Dans un mode d'utilisation où le véhicule est à l'arrêt la mesure de la distance peut être inactive.

[0089] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique 1 est agencé afin de pouvoir réaliser des mesures de bruits à des distances supérieures à 150m voire plus de 200m.

[0090] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique a la taille d'un téléphone portable ayant préférentiellement une longueur entre 10cm et 25cm, une largeur entre 5cm et 15cm et une épaisseur entre 3 et 20 mm.

Exemple d'une réalisation d'un prototype d'instrument acoustique 1 selon l'invention :

Implémentation de la mesure sonore :

[0091] La figure 5 montre un exemple de l'implémentation d'une acquisition sonore

[0092] Le prototype est basé sur un nano-ordinateur monocarte, en particulier un Raspberry Pi 2 (réf : https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi). Les étapes suivantes sont exécutées.

[0093] Lorsque l'utilisateur veut prendre une mesure, le Raspberry Pi envoie un signal à un microcontrôleur PIC. Le signal amplifié d'un microphone est relié dans un convertisseur analogique-numérique AD de celui-ci, qui l'échantillonne et le stock dans de une mémoire vive de type RAM. Lorsque le PIC indique avoir terminé l'échantillonnage, le Raspberry Pi récupère les valeurs des mémoires et les garde en interne. L'utilisateur peut alors choisir d'afficher la valeur convertie en dBA ou de créer un fichier .wav pour écouter ou traiter l'enregistrement.

Implémentation du microphone

[0094] La première étape pour enregistrer du son est de mesurer la sortie d'un microphone. Le microphone du prototype est un modèle CMI-4537-SN69 de CUI inc. pour son faible prix, sa directivité unidirectionnelle et sa simplicité d'utilisation. Son signal est amplifié grâce à amplificateur audio LM386 de Texas Instruments, comme illustré dans la figure 6.

[0095] La résistance R1 et le condensateur C1 constituent le schéma classique pour alimenter et retirer la composante continue du microphone. Le potentiomètre R2 permet de régler le gain de l'entrée, le condensateur C2 permet d'avoir le gain maximum de l'amplificateur (200) tandis que les condensateurs C3 et C4 ainsi que la résistance R3 sont des recommandations du fabricant. Le condensateur C5 permet de faire un filtrage de l'entrée pour couper les perturbations issues de la communication entre d'autres composants (voir échantillonnage). Il forme un filtre RC avec le potentiomètre avec une fréquence de coupure d'environ 26.5 kHz. Cette valeur varie avec la valeur de R2, mais ces variations ne sont pas assez importantes dans notre plage d'utilisation pour avoir une influence sur la sortie. Un deuxième filtre RC à 25.5 kHz (R4 et C6) est placé en sortie pour éliminer les restes de bruit qui sont amplifiés par le circuit.

[0096] Le condensateur série proposé à la sortie par le fabricant a été retiré. Celui-ci a pour vocation de supprimer la composante continue DC du signal. Cependant, pour simplifier l'alimentation du système à une alimentation continue DC unique, cette composante doit être conservée. Il faut noter que la valeur de sortie du LM386 n'est pas rail-to-rail. Pour une alimentation de 3.3 V, la plage de sortie s'étend de 600 mV à 2.6 V, avec une valeur centrale de 1.6 V faisant office d'offset.

[0097] Le microphone utilisé a une directivité unidirectionnelle comme illustré dans la figure 7 : il capte bien le son devant lui, légèrement sur les côtés et quasiment pas derrière. Un bruit élevé couvrira les sons plus faibles. L'utilisation d'un microphone unidirectionnel permet en plus d'atténuer les sons venus d'autres directions que celle pointée, ce qui améliore encore la précision de la mesure.

Échantillonnage

[0098] Pour pouvoir enregistrer des valeurs analogiques comme le son, il faut procéder à un échantillonnage. Selon le théorème de Nyquist-Shannon, la fréquence d'échantillonnage minimum doit être de 40 kHz (deux fois la fréquence maximale mesurée, dans notre cas la fréquence maximale audible 20 kHz). Il existe cependant un phénomène de repliement, illustré dans la figure 8, pouvant survenir si des signaux existent au-dessus de 20 kHz : ils seraient repliés en miroir sur $F_s/2$ pour finir sur la bande audible et engendrer du bruit.

[0099] Pour limiter ceci, la fréquence d'échantillonnage est portée à 100 kHz. Les fréquences susceptibles de se replier sur la bande audible commenceraient à 80 kHz, fréquences à laquelle les signaux sont bien mieux coupés par les filtres. La durée d'échantillonnage est définie à une seconde, compromis entre rapidité de capture et cohérence des données : il y aura donc 100'000 échantillons par mesures.

Implémentation du microcontrôleur PIC

[0100] Un Raspberry Pi ne possède pas d'horloge temps réel et ses systèmes d'exploitation ne permettent pas ce genre d'application. Cette tâche est donc confiée à un deuxième processeur. Dû à sa relative simplicité d'utilisation et à l'accès au matériel de programmation nécessaire, un microcontrôleur PIC32 MX170F256B de Microchip a été utilisé. Celui-ci possède un convertisseur AD interne 10 bits, un port SPI et la possibilité d'utiliser un oscillateur externe pour accélérer ses modules.

[0101] Le PIC32 illustré dans la figure 9 contient plus de module qu'il n'a de pattes ; il offre la possibilité de choisir les pattes sur lesquelles les modules sont utilisés. Ceci inclut le module de programmation (RB0 et RB1), le convertisseur AD (RB3) et le SPI (RB11, RB13, RB14). Les signaux „Busy“ et „Start“, utilisé pour communiquer avec le Raspberry Pi, ainsi que la sélection de RAM sont placés sur des entrées-sorties classiques.

Implémentation mémoire RAM

[0102] Le microcontrôleur ne possède pas assez de mémoire RAM pour stocker tous les échantillons. L'échantillonnage étant fait sur 10 bits, les données seraient stockées sur 2 octets. Il en revient à une quantité totale de donnée de 200'000 octets pour une seconde à 100 kHz. Pour stocker ces valeurs pendant l'échantillonnage, il est ainsi nécessaire d'avoir recours à des mémoires externes très rapide. Deux mémoires SRAM 23LC1024 de 128 Ko communiquant en SPI (SPI : une interface de communication série, en anglais Serial Peripheral Interface), illustré en figure 10, ont été choisies pour le prototype il n'y avait pas de mémoire en boîtier DIL (pour prototypage) ayant suffisamment de place pour stocker toutes les données dans une seule d'entre elles.

[0103] Les deux mémoires sont branchées en parallèle sur le bus SPI, elles sont sélectionnées chacune à leur tour par le processeur.

[0104] La mesure d'une écriture sur RAM en SPI est illustrée en figure 11.

[0105] Les symboles MOSI et SCLK dans les figures 11 et 12 sont définis par :

- MOSI : Master Out Slave In : Le SPI utilise un système maître-esclave, ce qui signifie qu'un dispositif fait les demandes et donne les ordres (maître) et que l'autre ne peut que répondre (esclave). La pin MOSI représente la patte de sortie pour le maître et ainsi la patte d'entrée pour l'esclave (ligne où sont envoyés les ordres) ;
- MISO : Master In Slave Out : Patte d'entrée pour le maître et patte de sortie pour l'esclave (ligne où sont envoyés les réponses) ;
- SCLK : Serial Clock : fil sur lequel tourne un „clock“ (c.à.d une horloge, signal carré périodique d'une fréquence définit) servant à synchroniser la communication.

[0106] Dans l'exemple ci-dessus l'instruction arrive en premier (0x02 pour une écriture), puis l'adresse concernée sur 24 bits, et enfin deux octets de données. La mémoire est configurée pour fonctionner de manière séquentielle ; lorsqu'on écrit un octet supplémentaire sans redonner d'ordre, il sera écrit dans l'adresse suivante. Dans cet exemple, 0x01 sera écrit dans l'adresse 0x00D772 et 0xFF dans 0x00D773. Les données sont sur 16 bits (10 bits du convertisseur AD arrondi au supérieur), elles sont donc stockées sur deux octets. L'adresse doit ainsi être incrémentée deux par deux.

[0107] La lecture se passe de manière similaire à l'écriture et est illustrée dans la figure 12 : l'instruction est envoyée (0x03 pour lecture), puis l'adresse. Ensuite, l'horloge envoie deux groupes de huit coups d'horloge pour recueillir les deux octets sur une ligne MISO non affichée ici. Le premier sera celui de l'adresse demandée, et le second celui de l'adresse suivante.

Implémentation Raspberry Pi

[0108] Comme présenté sur le schéma bloc, le Raspberry Pi doit communiquer avec le microcontrôleur PIC et avec les RAMs comme illustré dans la figure 13. Celui-ci possède un module SPI intégré ainsi que divers entrées-sorties. Le Raspberry Pi possède également un port UART qui servira lors de l'implémentation du capteur de distance. Cette partie est discutée dans le chapitre lui étant dédié.

[0109] Pour une meilleure accessibilité et flexibilité lors des tests, un logiciel a été développé sur un système d'exploitation Linux (Raspbian). Celui-ci a été programmé en utilisant QT Creator pour pouvoir avoir une interface graphique agréable d'utilisation. Ceci permet de tester et modifier le code, ainsi que traiter les résultats directement sur le système d'exploitation. Le Raspberry Pi du prototype nécessite un clavier et une souris branchés sur les ports USB ainsi qu'un écran sur le port HDMI, ce qui ne sera plus nécessaire lors de l'industrialisation du système.

Programmation du PIC

[0110] Lorsque le système est enclenché, la fonction main patiente jusqu'à ce que le Raspberry Pi lui demande de faire un échantillonnage (figure 14). Dès que celui-ci met le signal „Start“ à 1, le PIC passe le signal „Busy“ au niveau haut. S'ensuit l'initialisation et le démarrage des modules SPI, ADC et timer, ainsi que le lancement de la conversion AD et l'initialisation des RAMs. La fonction main se remet ensuite en attente jusqu'à la fin de l'échantillonnage. Pendant ce temps, le timer va appeler son interruption toute les 10 µs pour récupérer les valeurs. Pendant l'interruption, on lit tout d'abord la valeur du convertisseur AD et on demande au PIC de relancer une conversion. Lancer la conversion à ce moment permet de l'effectuer en parallèle avec l'envoi des données à la RAM, ce qui permet d'économiser du temps. S'en suit la sélection de la RAM avec laquelle on veut communiquer en SPI, puis l'envoi de la valeur lue depuis le convertisseur. L'adresse de la RAM est ensuite incrémentée de deux (voir section „Implémentation mémoire RAM“). La moitié des valeurs 16 bits (50'000) sont envoyées à la première RAM. Lorsque c'est fait (adresse = 100'000), la deuxième RAM est sélectionnée, l'adresse est réinitialisée et le processus recommence. Lorsque 50'000 nouvelles valeurs ont été envoyées à la deuxième RAM, le timer et la communication SPI du PIC d'arrête et il indique que l'échantillonnage est terminé. Le PIC peut donc remettre le signal „Busy“ au niveau bas pour permettre au Raspberry Pi de récupérer les valeurs et continuer le travail.

Lorsque la main sur le SPI est relâchée, toutes les pattes relatives aux SPI sont configurées en entrée pour éviter d'avoir une influence.

Programmation du Raspberry Pi

[0111] Le schéma de fonctionnement des fonctions essentielles d'un Raspberry Pi du prototype 1 est illustré dans la figure 15, à savoir une fonction acquisition, réaliser un fichier sound.wav, lire un fichier sound.wav, conversion en dBA. L'interface utilisateur pour la gestion de la capture audio est constituée de quatre boutons. Le bouton d'acquisition envoie un signal au PIC pour effectuer l'échantillonnage, puis récupère les données pour les stocker en interne. Deux boutons sont destinés à lire et écrire dans un fichier *.wav. Le dernier applique le filtre de pondération A aux données et ressort la valeur en dBA.

Fonction „Acquisition“

[0112] Presser le bouton d'acquisition entame le processus de mesure. Tout d'abord, une ligne „Start“ reliée au PIC est mise au niveau haut pour indiquer qu'il doit lancer l'échantillonnage. Celui-ci répond en mettant la ligne „Busy“ au niveau haut le temps de l'acquisition. Le Raspberry Pi attend que „Busy“ revienne au niveau bas pour que les données soient toute stockées dans les RAMs. Ensuite, il active le SPI, lit 100'000 octets de chaque RAMs par groupe de deux et les stocke dans un tableau de 100'000 valeurs signée sur 16 bits. Les données sont sur 10 bits et ont un offset (voir section „Implémentation microphone“). L'offset est retiré, puis les valeurs multipliées pour couvrir les 16 bits (-32'768 à 32'767).

[0113] Dans la mesure ci-dessus est affichée la sélection active basse des mémoires RAMs lors de l'acquisition. Lors d'une lecture ou écriture, les RAMs sont rapidement sélectionnées, puis désélectionnées. On peut voir en première partie l'utilisation des RAMs par le PIC pour l'échantillonnage d'une seconde (500 ms par RAMs), puis en seconde partie la prise du relai par le Raspberry Pi pour lire les deux RAMs. Seule la première partie doit être temps réelle, la seconde n'étant que de la récupération de données. Après l'échantillonnage, la fonction „Convert into dBA“ est appelée automatiquement.

Fonction „Make sound.wav“

[0114] Pour des raisons d'expérimentation et de contrôle, un fichier *.wav (Waveform Audio File Format), fichier audio simple lisible est créé depuis l'ordinateur. Ce format est composé selon le tableau suivant:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ChunkID				ChunkSize				Format			
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Subchunk1ID				Subchunk1Size				AudioFormat		NumChannels	
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
SampleRate				ByteRate				BlockAlign		BitsPerSample	
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
Subchunk2ID				Subchunk2Size				data 0		data 1	
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
data 2		data 3		data 4		data 5		data 6		...	

[0115] Chaque numéro représente un octet. Le fichier est séparé en trois sections (chunk), chacune contenant son nom (ID), sa taille et son contenu. La première est l'entête RIFF (Resource Interchange File Format), commune au fichier répondant à ce modèle. S'en suis la section format, indiquant les caractéristiques du fichier. Finalement, la section data contient toutes les valeurs audio du fichier.

[0116] L' En-tête RIFF comprend:

- ChunkID : Contiens les lettres [RIFF] en ASCII (0x52494646)
- ChunkSize : Taille total du fichier hormis les deux premiers champs en octets. La taille des deux premières sections étant constante dans notre cas, la valeur sera 36 + SubChunk2Size pour un fichier non-compressé (PCM), ce qui donne pour notre fichier 200'036 (0x30D64).
- Format : Contiens les lettres [WAVE] en ASCII (0x57415645)

[0117] Section format :

- Subchunk1ID : Contiens les caractères [fmt] en ASCII (0x666d7420)
- Subchunk1Size : Taille de la section hormis les deux premiers champs en octets. Pour un fichier classique PCM, la taille est de 16 (0x10).
- AudioFormat : Format de codage. La valeur pour un fichier échantillonné non-compressé classique est 1.
- NumChannels : Indique le nombre de canaux. Pour du mono comme dans notre cas, la valeur est 1.
- SampleRate : Fréquence d'échantillonnage, ici 100'000 (0x186A0)
- ByteRate : Nombre d'octet par seconde. Des valeurs 16 bits sur un canal à 100'000 Hz donne 200'000 (0x30D40).
- BlockAlign : Nombre d'octets par block. 16 bits sur 1 canal donne 2.
- BitsPerSample : Nombre de bits par échantillon, ici 16 (0x10).

[0118] Section donnée :

- Subchunk2ID : Contiens les lettres [data] en ASCII (0x64617461)
- Subchunk2Size : Taille de la section hormis les deux premiers champs en octets. Pour 100'000 valeurs sur 16 bits, la taille est de 200'000 (0x30D40)
- Data : Les valeurs échantillonnées sont ensuite écrite les unes après les autres ici. En 16 bits, les valeurs doivent être signées.

[0119] Lorsque le bouton est pressé, le programme créé un fichier sound.wav (ou le modifie si celui-ci existe déjà) dans le dossier de compilation, écrit l'en-tête selon des valeurs prédéfinies, puis insère les données stockées en interne. Le fichier peut ensuite être lu par un programme de lecture audio ou ouvert sur Matlab.

Fonction „Read sound.wav“

[0120] Étant donné que l'on travaille uniquement avec un seul format de fichier dans le prototype (1 seconde à 100'000 échantillons 16 bits), la lecture du fichier se fait de manière très simple : le programme cherche un fichier sound.wav dans le dossier de compilation, saute l'en-tête et lit les données. Celles-ci deviennent ainsi utilisables comme si elles venaient d'être mesurées avec le PIC.

Fonction „Convert into dBA“

[0121] Ce bouton permet d'appliquer le filtre de pondération A au tableau de valeur, récupérer la valeur efficace de celui-ci et le mettre à l'échelle pour avoir une valeur en dBA. Ce filtre est nécessaire pour avoir une valeur sonore représentative de ce que l'oreille humaine entend. Il y avait deux possibilités pour implémenter le filtre :

- De manière analogique, à la sortie du microphone ;
- De manière numérique, depuis le Raspberry Pi.

[0122] La manière numérique a été privilégiée. Elle permet de tester le filtre sur ordinateur avant implémentation pour assurer la précision et économise des composants. Cela permet également de générer des fichiers .wav, les valeurs originales non filtrées étant disponibles sur le programme.

[0123] Pour éviter de devoir faire une correction trop grande lors de l'application de l'offset correctif, les valeurs sont tout d'abord mise à l'échelle unitaire pour aller de -1 à 1. S'en suis l'application du filtre : celui-ci a été redimensionné sur Matlab pour devenir un filtre numérique avec une fréquence d'échantillonnage de 100 kHz. Après l'application du filtre, la valeur efficace est calculée et convertie en dBA. Finalement, un offset représentant le gain du microphone est défini au moment de la calibration pour que les résultats correspondent à la réalité.

Filtre numérique

[0124] Le filtre numérique a été tout d'abord généré sur Matlab à l'aide du filtre de base cité dans théorie. La fréquence d'échantillonnage a été fixée à 100 kHz et le filtre se présente comme cela :

$$H_A(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{0.1754z^5 - 0.5983z^4 + 0.6395z^3 + 0.08228z^2 - 0.2374z + 0.1032}{z^6 - 4.875z^5 + 9.72z^4 - 10.11z^3 + 5.773z^2 - 1.708z + 0.2043}$$

[0125] Le filtre de base étant du 6^{ème} ordre, il a été séparé à l'aide de Matlab en 3 filtres chainés de 2^{ème} ordre. La raison est que plus l'ordre du filtre est élevé, plus les coefficients de celui-ci doivent être précis. Pour comparaison, le graphique ci-dessous compare le filtre analogique (bleu), le filtre numérique 6^{ème} ordre (rouge) et les trois filtres numériques 2^{ème} ordre mis en série.

[0126] Les coefficients des filtres numériques sont tous sur 32 bits ; le processeur du Raspberry Pi étant sur 32 bits, cela permet d'être plus rapide pour le calcul. Les trois filtres 2^{ème} ordre se montre suffisamment précis dans la plage utilisée (20 Hz à 20 kHz), il n'est donc pas nécessaire d'utiliser des coefficients sur plus de bits. Les trois filtres retenus sont les suivants :

$$H_{A1}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{z + 0.5884756}{z^2 - 0.9295781z + 0.2160289}$$

$$H_{A2}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{z^2 - 2.0002375z + 1.0002375}{z^2 - 1.9479506z + 0.9482561}$$

$$H_{A3}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{z^2 - 1.9997631z + 0.9997632}{z^2 - 1.9974139z + 0.9974147}$$

[0127] Le tout doit également être multiplié par un gain de 0.1753793 pour être similaire au filtre analogique. Pour pouvoir programmer ces filtres, il faut d'abord les transformer en équations aux différences. Le but de l'opération est de pouvoir calculer chacune des valeurs de sortie à partir des valeurs actuelle et précédente. Par exemple, pour obtenir la 10^{ème} valeur de sortie, on applique des coefficients sur les valeurs d'entrée 10, 9 et 8, ainsi que les valeurs de sortie 9 et 8, puis on additionne les résultats. Les filtres étant d'ordre 2, on utilise des valeurs jusqu'à k - 2, k étant l'indice de la valeur que nous voulant calculer. L'exposant de z dans les équations représente le décalage de l'indice. Étant donné qu'il est impossible d'utilisé des valeurs futurs, la première étape consiste à mettre les exposants en négatif en divisant le numérateur et le dénominateur par z² :

$$H_{A1}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{z^{-1} + 0.5884756z^{-2}}{1 - 0.9295781z^{-1} + 0.2160289z^{-2}}$$

$$H_{A2}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{1 - 2.0002375z^{-1} + 1.0002375z^{-2}}{1 - 1.9479506z^{-1} + 0.9482561z^{-2}}$$

$$H_{A3}(z) = \frac{Y(z)}{U(z)} = \frac{1 - 1.9997631z^{-1} + 0.9997632z^{-2}}{1 - 1.9974139z^{-1} + 0.9974147z^{-2}}$$

[0128] Il faut ensuite isoler la sortie intéressante, c'est-à-dire Y(z) :

$$Y1(z) = U(z^{-1}) + 0.5884756 U(z^{-2}) + 0.9295781 Y(z^{-1}) - 0.2160289 Y(z^{-2})$$

$$Y2(z) = U(z) - 2.0002375 U(z^{-1}) + 1.0002375 U(z^{-2}) + 1.9479506 Y(z^{-1}) - 0.9482561 Y(z^{-2})$$

$$Y3(z) = U(z) - 1.9997631 U(z^{-1}) + 0.9997632 U(z^{-2}) + 1.9974139 Y(z^{-1}) - 0.9974147 Y(z^{-2})$$

[0129] Pour finir, on peut remplacer z par l'indice k pour obtenir les équations finales :

$$Y1[k] = U[k - 1] + 0.5884756 U[k - 2] + 0.9295781 Y[k - 1] - 0.2160289 Y[k - 2]$$

$$Y2[k] = U[k] - 2.0002375 U[k - 1] + 1.0002375 U[k - 2] + 1.9479506 Y[k - 1] - 0.9482561 Y[k - 2]$$

$$Y3[k] = U[k] - 1.9997631 U[k - 1] + 0.9997632 U[k - 2] + 1.9974139 Y[k - 1] - 0.9974147 F[k - 2]$$

[0130] Chacune des fonctions représente donc la manière de calculer un élément spécifique du tableau. Pour programmer ces fonctions, il suffit maintenant de calculer chacune des 100'000 valeurs du premier tableau de sortie avec les valeurs

à filtrer en entrée, puis du deuxième en prenant le premier en entrée, et enfin du troisième avec le deuxième en entrée. Pour finaliser l'application du filtre de pondération A, le gain mentionné précédemment doit être appliquée à chacune des valeurs du tableau.

Test du prototype de l'instrument acoustique 1 de l'invention, en extérieur

[0131] Le prototype de l'instrument acoustique 1 a été testé en situation réelle et visait surtout à tester l'application du calcul d'atténuation. Pour éviter de déranger, le test est réalisé en forêt plutôt qu'en ville, le test exigeant qu'une source de son doive être suffisamment forte pour couvrir les autres.

Matériel :

[0132]

- 1 Capteur de distance laser Bushnell Tour v3
- 1 Source de son (Tondeuse à gazon)
- 1 Sonomètre Roline RO-1350

Configuration de la mesure :

[0133] Le véhicule 10 en question pour le test était une tondeuse à gazon est placée en bord de route, allumée. La personne effectuant la mesure se place à certaines distances définies grâce au capteur laser, puis mesure le son capté. Les mesures sont effectuées de plus en plus loin.

Résultat des mesures :

[0134] Les mesures ont été effectuées tous les 10 m jusqu'à 70 m. La mesure de distance avec ce laser à une précision de ±1 m, tandis que le sonomètre reste à ±1 dB de fluctuation. Les mesures sont représentées dans le tableau ci-dessous ainsi que dans la figure 17.

Tableau 1

[0135]

Distance [m]	1	10	20	30	40	50	60	70
Son [dBA]	81	66	60	55	52	50	48	47

[0136] On peut voir que l'atténuation en dBA ressemble au type 1/r dans la forme de la courbe, ce qui laisse entendre que l'atténuation en Pascal est de type 1/r conformément à la théorie. Ceci veut aussi dire que plus on se trouve proche de la source, plus la tolérance sur la distance aura de l'impact et plus on se trouve loin de celle-ci, plus la tolérance sur le son aura de l'impact.

[0137] Pour mieux se rendre compte de ce phénomène, voici un tableau dont chaque ligne représente une valeur mesurée reportée sur toutes les autres distances (la première ligne est la valeur mesurée à 1 m reportée sur les autres distances, la deuxième est la valeur mesurée à 10 m, etc.). Le tableau suivant montre les mesures en extérieur sur toutes les distances du test.

Tableau 2

[0138]

Distance :	1 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m
Mesure à 1 m [dBA]	81	61	54,9794	51,45757	48,9588	47,0206	45,43697	44,09804
Mesure à 10 m [dBA]	86	66	59,9794	56,45757	53,9588	52,0206	50,43697	49,09804
Mesure à 20 m [dBA]	86,0206	66,0206	60	56,47817	53,9794	52,0412	50,45757	49,11864
Mesure à 30 m [dBA]	84,54243	66,0206	58,52183	55	52,50123	50,56303	48,9794	47,64046
Mesure à 40 m [dBA]	84,0412	64,54243	58,0206	54,49877	52	50,06181	48,47817	47,13924
Mesure à 50 m [dBA]	83,9794	63,9794	57,9588	54,43697	51,9382	50	48,41638	47,07744
Mesure à 60 m [dBA]	83,56303	63,56303	57,54243	54,0206	51,52183	49,58362	48	46,66106

Distance :	1 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m
Mesure à 70 m [dBA]	83,90196	63,90196	57,88136	54,35954	51,86076	49,92256	48,33894	47

[0139] On peut remarquer que plus on s'éloigne, plus les calculs correspondent aux mesures. Ceci indique que la tolérance sur la distance à plus d'influence que la tolérance sur le bruit et qu'avec une mesure de distance plus précise, on pourrait prendre des mesures plus proches de la source.

Correction du déplacement du véhicule

[0140] Il est nécessaire de prendre en compte le déplacement de la source de bruit que l'on mesure. La mesure se son se fait sur une seconde, le véhicule sera ainsi plus loin de l'instrument de mesure à la fin de l'échantillonnage qu'au début. À longue distance, il y aura peu de différence au niveau du niveau sonore, mais celle-ci devient significative à mesure que l'on se rapproche de la source. L'erreur peut cependant être partiellement corrigée en tenant compte de la temporalité de la mesure de distance. Pour la durée de la mesure, l'atténuation du son peut être approximée comme une droite. La moyenne calculée pour le son correspondrait ainsi environ à la valeur centrale de l'échantillonnage si le niveau sonore émit par la voiture est constant, et la moyenne sorti par l'instrument représenterait donc le son reçu du véhicule lorsque l'échantillonnage est à moitié réalisé. C'est donc à ce moment-là qu'il faut prendre la mesure de distance pour limiter l'erreur.

Limitation des tolérances

[0141] La tolérance sur la mesure de distance a moins d'influence en étant plus éloigné. À 10 m, ± 1 m peut représenter quelques dB, tandis qu'à 60-70 m, la différence est à peine perceptible. Si on reprend le calcul d'atténuation :

$$L_2 = L_1 + 20 \log_{10} \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

[0142] La valeur r_2 est la distance à laquelle on veut rapporter le son et r_1 est la distance mesurée. La tolérance de L_1 est fixe et correspond à la précision de la mesure sonore de l'instrument. Vu que r_2 est une constante (7.5 m), il faut donc avoir une grande valeur de r_1 (et ainsi une petite valeur de tolérance en %) pour améliorer la précision de la mesure. Il est donc préférable de mesurer à moyenne ou longue distance. Le désavantage de la mesure à longue distance est l'augmentation de l'influence du bruit. Vu que le son mesurer diminue, les bruits ambiants auront plus d'influence sur la mesure. Ce phénomène est cependant limité par le fait que l'élément mesuré est défini comme étant le plus bruyant des environs. Cependant, le vent ou une distance trop élevée peut quand même fausser les résultats.

Conclusion

[0143] Le test décrit ci-dessus permet de se faire une idée des performances d'un instrument acoustique 1 de l'invention. Les résultats ont montrés que malgré les perturbations potentielles de l'extérieur, les calculs théoriques restent applicables. La limite de la détection du niveau sonore dépend de l'intensité de la source sonore et la mise en oeuvre d'améliorations optiques et électroniques de l'instrument.

[0144] Dans le chapitre suivant sont commentés divers aspects d'une réalisation d'un module de mesure de distance.

Mesure de distance

[0145] L'instrument acoustique doit pouvoir indiquer, depuis une distance allant jusqu'à 100 m, le son que produit une voiture à 7.5 m de celle-ci. Pour cela, il est nécessaire de savoir la distance qui sépare le véhicule et la personne qui mesure.

[0146] La mesure de distance allant jusqu'à 100m possède un nombre limité de possibilités et deux d'entre elle (méthodes A, B) ont été analysées en plus de détail.

[0147] Comparaison entre deux images (méthode A), illustré en figure 17 : dans cette technique deux instruments photo sont séparés d'une dizaine de centimètre prenant une image simultanément. La différence entre ces deux images permet de calculer la distance nous séparant de l'objet en question. Cette méthode s'est avéré compliquée avec les techniques de l'état de l'art et n'est pas le meilleur choix à cause de la complexité de l'analyse d'image comparée à la deuxième solution (B).

[0148] Capteur laser (méthode B : cette méthode consiste à utiliser un capteur laser industriel pour la mesure de distance. Ceux-ci ont une portée élevée, une grande précision et des interfaces normalisées. Cette solution semble préférable pour l'instrument acoustique 1. Les détails de ce système est décrite ci-après.

Mesure de la distance par laser (méthode B)

[0149] Pour confirmer la viabilité de la solution laser, des essais ont été effectués avec un capteur laser Bushnell Tour v3, initialement conçu pour le golf. Il a été confirmé qu'il est possible avec cette technologie de mesurer la distance de

véhicules en mouvement, même éloignés. Sur ce constat, un laser de la même firme a été recherché. En recherchant un laser compact et utilisable avec le Raspberry Pi, le choix s'est porté sur le Truysens S210. Le S210 est un laser longue distance pouvant mesurer de 46 cm jusqu'à 750 m pour une précision de ±4 cm. Il possède une interface UART pour être programmé et utilisé avec le Raspberry Pi. Il mesure 104.4 x 81.7 x 41.6 mm, ce qui le rend intégrable à un instrument portable. Il possède également un pointeur laser qui permet de cibler le véhicule que l'on veut mesurer. Il est alimenté de 12 à 24 V, une batterie de cette gamme de tension devra donc être utilisée.

[0150] Faute d'avoir sur le marché actuellement une meilleure alternative, le laser est surqualifié pour l'instrument acoustique 1. Il serait préférable dans le futur d'utiliser un laser moins cher avec une portée de mesure moindre (100-150 m) dans la mesure du possible.

Exemple de capture une image : cas d'une plaque d'immatriculation

[0151] Pour pouvoir avoir une suite à la détection d'un automobiliste trop bruyant, il faut pouvoir le retrouver. Il a été discuté d'insérer un appareil photo permettant de capturer la plaque d'immatriculation du véhicule au moment de la mesure.

[0152] Dans le cas de l'intégration d'un appareil photo, il est nécessaire de vérifier la résolution que celui-ci doit avoir pour que la plaque d'immatriculation soit lisible. Tous d'abord, il faut définir la résolution minimale que la plaque en elle-même peut avoir. Pour cela, une image de plaque d'immatriculation a été rétrécie sur ordinateur jusqu'à ce qu'elle ne soit plus lisible.

[0153] La plaque sur l'image illustrée en figure 18 ci-dessus a une largeur de 55 pixels. Une photo prise dans l'action sera de moins bonne qualité, une augmentation à un minimum de 100 pixels est donc préférable comme approximation. Un appareil photo est défini par sa résolution et la focale de son objectif. Un objectif standard a une focale de 50 mm, ce qui représente le champ de vision humain. Plus la focale augmente, plus le champ de vision diminue, et inversement. Pour le même appareil photo, la photographie d'une plaque à 100 mètres aura une plus grande résolution avec une plus grande focale. La figure 20 illustre les angles de vue selon la longueur focale de l'optique d'imagerie.

[0154] En fixant la distance maximale de la saisie de l'image à 100 mètres et sachant qu'une plaque d'immatriculation à une taille de 50 cm x 11 cm à l'arrière, on peut calculer la résolution minimum selon la focale que doit avoir un appareil photo pour que la plaque représente 100 pixels à 100 mètres de distance. Ceci est illustré en figure 21. En utilisant les formules suivantes, on obtient les résultats montrés dans le tableau ci-dessus pour différentes focales :

$$x = 2 * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\frac{0.5}{x} = \frac{100}{resol_{min}} \rightarrow resol_{min} = 200x$$

Tableau 3

[0155]

Focale (mm)	400 (6°)	200 (12°)	100 (24°)	80 (30°)	50 (47°)
Largeur min (px)	2096.311171	4204.169411	8502.262467	10717.9677	17392.495

[0156] On peut remarquer qu'avec une focale classique (50 mm), il faut une résolution très élevée pour pouvoir lire une plaque d'immatriculation. Avec une focale de 200 mm ou supérieure, les nombres deviennent plus raisonnables. Une résolution 4k pour l'appareil photo suffirait théoriquement pour lire une plaque à 100 m. Il faut cependant garder à l'esprit que plus la focale est élevée, plus il faut être précis lors de la capture d'image. Il serait nécessaire de faire des essais pour vérifier que ce facteur ne soit pas trop handicapant lors d'une utilisation en situation réelle. Pour pouvoir utiliser l'appareil dans toute luminosité, il peut être envisagé de prendre des photographies infrarouges si la couleur n'est pas nécessaire pour reconnaître le véhicule en infraction.

[0157] En conclusion, la réalisation du prototype de l'instrument acoustique 1 et les tests effectués ont montré que les améliorations doivent porter sur l'élimination de l'utilisation d'un écran et de remplacer le Raspberry Pi par un processeur plus adapté à un système embarqué.

Miniaturisation de l'instrument acoustique 1 de l'invention

[0158] Dans un mode de réalisation l'instrument acoustique 1 de l'invention a une taille miniaturisée afin d'avoir une dimension typique d'un téléphone portable.

[0159] La figure 21 montre un mode de réalisation non exhaustif d'une telle réalisation. Les dimensions et les éléments montrés dans la figure 22 ne le sont qu'à titre d'exemple et ne correspondent pas aux dimensions réelles. Les différents éléments peuvent avoir des rapports de dimensions différents selon des variantes. Aussi, l'emplacement relatif des divers

éléments de l'exemple de réalisation peuvent varier et d'autres éléments peuvent être ajoutés dans l'instrument acoustique miniaturisé de la figure 21. Plus précisément, afin de réduire les dimensions de l'instrument divers chemins optiques peuvent être déviés à l'aide de miroirs ou séparateurs de faisceaux. Dans la réalisation de la figure 21, deux systèmes de vision sont intégrés dans l'instrument acoustique 1. Un premier système est basé sur une lentille de courte focale 40a et un deuxième système est basé sur une lentille ayant une grande focale. L'intégration d'au moins deux systèmes de focales différentes permet notamment de pouvoir saisir une image avec large champ de vue et une image agrandie d'un détail du véhicule-

[0160] La figure 21 montre une coupe selon une ligne A-A' du système optique ayant une longue focale. La lumière captée par la lentille 48b est déviée de 45° par un miroir au moins semi-réfléchissant et est transmis sur un détecteur d'image 404 par un deuxième miroir 403. Une telle configuration permet de disposer d'une grande longueur focale dans un système 1 qui a une épaisseur e qui peut être 10% à 50% plus petite que la longueur focale d'au moins une des lentilles 34, 40b, 32 du système. Dans un mode de réalisation une des voies optiques par exemple les voies 402, 406 dans la figure 21, comprend un faisceau qui est dévié de 90° dans l'instrument 1. Dans une variante, à l'aide de plusieurs miroirs, au moins un des chemins optiques pourraient être conçu pour atteindre une longueur de $2 \times L + y \times w$, L étant la longueur de l'instrument et w sa largeur, y étant un nombre prédéfini. En choisissant par exemple $y = 1.5$ dans le cas du système optique comprenant la lentille 40b, le détecteur 404 se trouverait en proximité de la lentille 40b et 3 miroirs de déviation seraient positionnés dans les coins à l'intérieur de l'instrument 1. Afin d'optimiser le design géométrique des chemins optiques en forme de zigzag peuvent être mise en oeuvre. Les dimensions d'un instrument portable sont préférablement : une longueur entre 10cm et 25cm, une largeur entre 5cm et 15cm et une épaisseur entre 3mm et 20mm. D'autres dimensions sont bien entendus aussi possibles, Il est compris que certains détecteurs comme celui du récepteur 34a de la lumière rétrodiffusé du radar optique ainsi que l'émetteur optique, par exemple un laser 32a peuvent être disposé dans le plan de l'instrument ou dans l'épaisseur comme montré dans la figure 21.

[0161] Dans une variante l'instrument optique comprend une couche électronique qui est placée sur le dos de l'instrument comme montré dans l'exemple de la figure 21. Bien entendu l'électronique et les alimentations nécessaires peuvent être disposées dans les espaces vides entre les différents éléments. L'instrument 1 peut comprendre un viseur 60 et peut aussi comprendre deux viseurs étant agencés pour permettre une vision binoculaire à l'observateur. Bien entendu certains éléments comme le viseur ou au moins une des lentilles de l'instrument peuvent être agencés pour permettre un mouvement de ces éléments. Par exemple le viseur peut être rétractable.

[0162] Dans une variante d'exécution d'autres systèmes optiques peuvent être intégrés dans l'instrument 1, comme par exemple un flash infrarouge. Bien entendu l'instrument 1 peut comprendre une batterie externe 5000 permettant d'augmenter l'autonomie de l'instrument.

[0163] L'instrument acoustique 1 de l'invention ainsi que le procédé de mesure d'une intensité sonore normalisée par rapport à une distance de référence D_r d'un véhicule peut s'appliquer dans le domaine industriel. Par exemple l'instrument et la méthode de l'invention peut être utilisé pour des mesures acoustiques d'une installation de machines produisant un bruit. En particulier l'instrument 1 de l'invention est utile pour mesurer, contrôler ou monitorer le bruit produit par des installations bruyantes qui sont difficiles d'accès. Ces installations peuvent être statiques ou comprenant des parties ou éléments qui sont en mouvement.

Revendications

1. Procédé pour reconnaître un signal acoustique d'un véhicule en déplacement, caractérisé en ce qu'il consiste à :
 - viser avec un sonomètre d'un instrument acoustique (1) portable dans la direction d'un véhicule bruyant ;
 - mesurer par un capteur sonore l'intensité le niveau sonore du véhicule bruyant (10) lorsqu'il se trouve dans une première position (P1);
 - déterminer la distance (D) entre le sonomètre et une des surfaces du véhicule qui se trouve dans la première position (P1);
 - déterminer l'intensité sonore (11) dudit véhicule bruyant à une distance de référence (D_r) pré-choisie relatif audit véhicule (10) ;
 - identifier le véhicule (10) si l'intensité sonore (11) à la distance de référence (D_r) est plus élevée qu'une valeur autorisée.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la mesure du niveau sonore, la mesure de la dite distance (D), ainsi que l'identification du véhicule se font simultanément.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que, après les dites mesures sonores faites dans la dite première position (P1), le niveau sonore du véhicule ainsi que la distance (D) du véhicule par rapport au sonomètre (20) est mesurée dans une deuxième position (P2) du véhicule (10).
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'au moins une deuxième valeur du niveau sonore du véhicule bruyant (10) st déterminé à la dite distance de référence (D_r) relatif audit véhicule (10) est déterminée.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'une moyenne de la dite première (11) et deuxième (12) valeur de l'intensité normalisée est déterminée, la dite moyenne étant déterminé pour un spectre de fréquences prédéterminés.
6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé en ce que l'identification du véhicule (10) est également faite dans la dite deuxième position (P2) du véhicule (10).
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'identification du véhicule (10) se fait par l'identification du matricule du véhicule (10).
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'identification du véhicule (10) se fait par la reconnaissance de la forme et/ou de la marque du véhicule (10).
9. Procédé selon les revendications 7 et 8, caractérisé en ce que l'identification du véhicule (10) se fait par la reconnaissance l'identification du matricule (20) du véhicule (10) et de la forme et/ou de la marque du véhicule (10).
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'identification du véhicule (10) est faite par la reconnaissance d'un code d'identification (C) optique intégré au véhicule (10), ce code d'identification optique (C) étant autre que le matricule (20) du véhicule (10).
11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'un signal d'alarme est envoyé au véhicule signalant que le véhicule (10) est trop bruyant.
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le signal d'alarme est affiché à l'intérieur du véhicule (10) afin d'alerter le conducteur du véhicule (10) bruyant.
13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ledit instrument acoustique (1) comprend des moyens à déterminer et enregistrer le spectre sonore du véhicule (10) bruyant.
14. Instrument acoustique (1) pour reconnaître un signal acoustique produit par un véhicule (10), l'instrument acoustique (1) comportant un sonomètre (20), caractérisé en ce que l'instrument acoustique (1) comprend:
 - des moyens pour mesurer la distance (D) du véhicule (10) relatif au sonomètre (2) ;
 - une unité de mémorisation des critères de seuil de détection du niveau sonore ;
 - une interface homme-machine pour afficher le niveau sonore émis par le véhicule (10) à une distance de référence (Dr) préalablement choisi ;
 - des moyens pour identifier le véhicule (10).
15. Instrument acoustique (1) selon la revendication 14, caractérisé en ce que les dites moyens pour identifier le véhicule (2) comprennent un système de vision (6) permettant de reconnaître la plaque d'immatriculation (20) du véhicule.
16. Instrument acoustique (1) selon la revendication 14 ou 15, caractérisé en ce que les dites moyens pour identifier le véhicule comprennent un système de vision (6) permettant de reconnaître la marque et/ou le type du véhicule (10).
17. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 14 à 16, caractérisé en ce que l'instrument acoustique (1) comprend également un affichage du niveau sonore du véhicule (10) à la dite distance (D).
18. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 14 à 17, caractérisé en ce que l'instrument acoustique (1) comprends au moins deux sonomètres et/ou deux moyens pour mesurer la distance (D) du véhicule relatif au sonomètre (20).
19. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 14 à 18, caractérisé en ce que les moyens pour mesurer la distance (D) du véhicule (10) relative au sonomètre (2) sont des moyens optiques.
20. Instrument acoustique (1) selon la revendication 19, caractérisé en ce que les moyens optiques (4) comprennent un laser.
21. Instrument acoustique (1) selon la revendication 19 ou 20, caractérisé en ce que les moyens pour mesurer la distance (D) du véhicule (10) est un système radar.
22. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 18 à 20, caractérisé en ce que les moyens pour mesurer la distance (D) du véhicule (10) comprennent un système utilisant des techniques de triangulation.
23. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 14 à 22, caractérisé en ce que le son d'un véhicule peut être détecté jusqu'à une distance de 100m.
24. Instrument acoustique (1) selon l'une des revendications 14 à 23, caractérisé en ce que sa dimension a la taille d'une téléphone portable ayant préféablement une longueur l entre 10 cm et 25 cm, une largeur w entre 5 cm et 15 cm et une épaisseur e entre 3 mm et 20 mm.
25. Instrument acoustique (1) selon la revendication 24, caractérisé en ce que la longueur focale d'au moins une des lentilles de l'instrument (34, 40b, 32) a une longueur focale plus grande que l'épaisseur e de l'instrument.

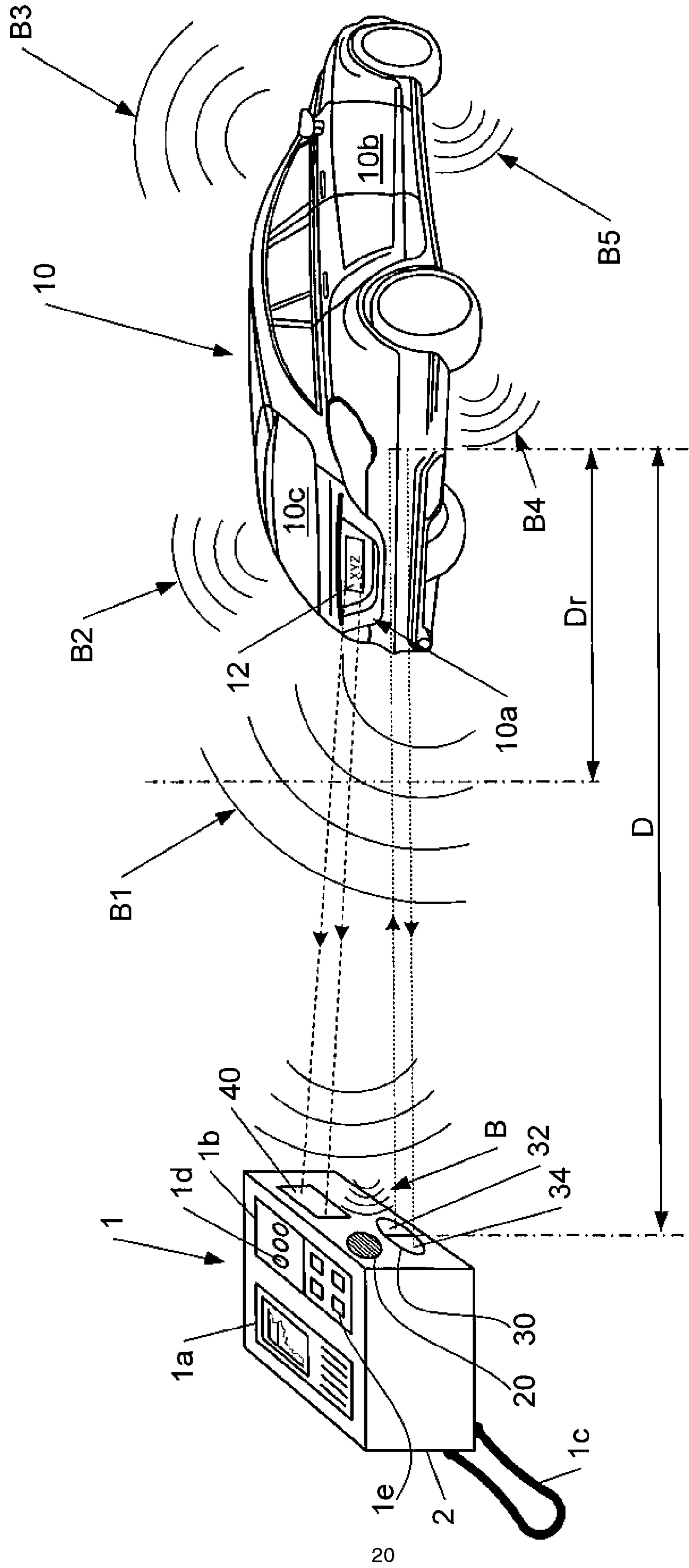


Fig. 1a

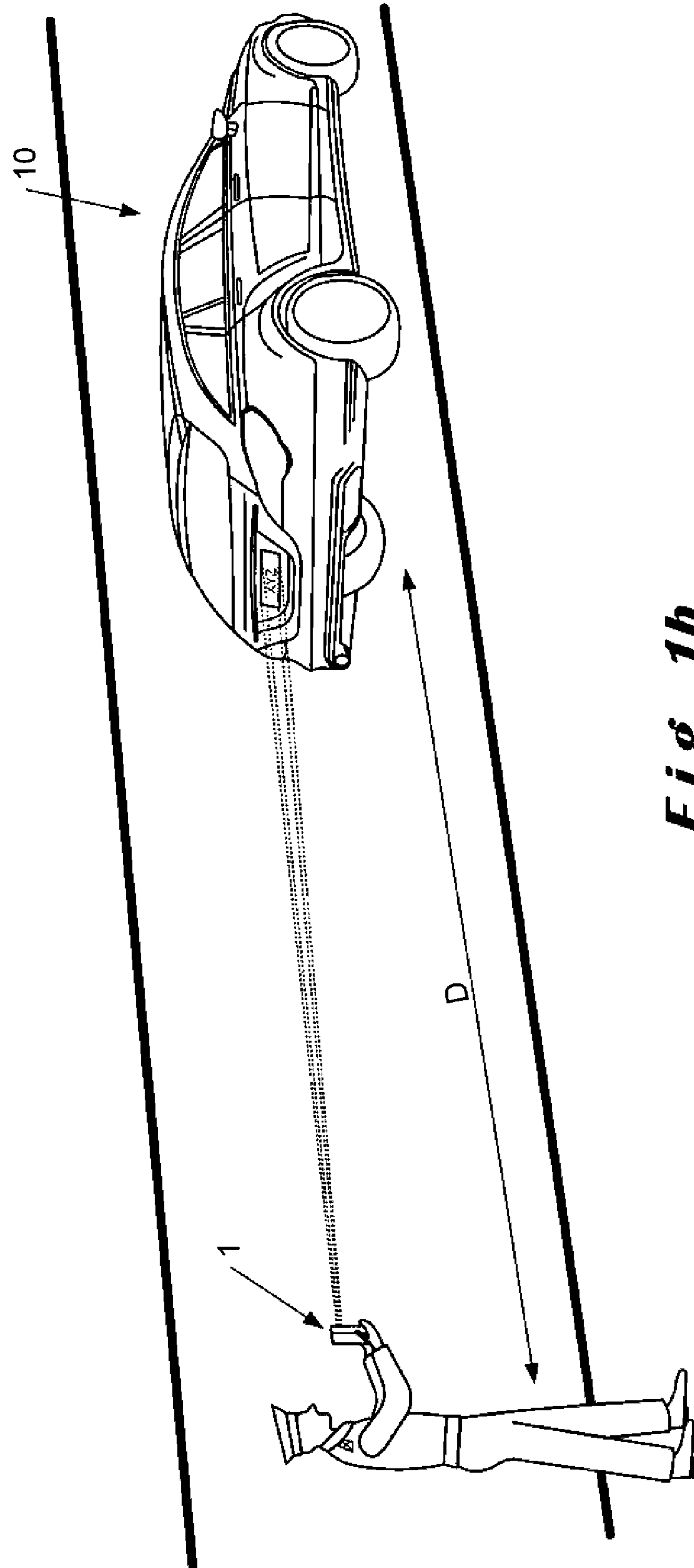


Fig. 1b

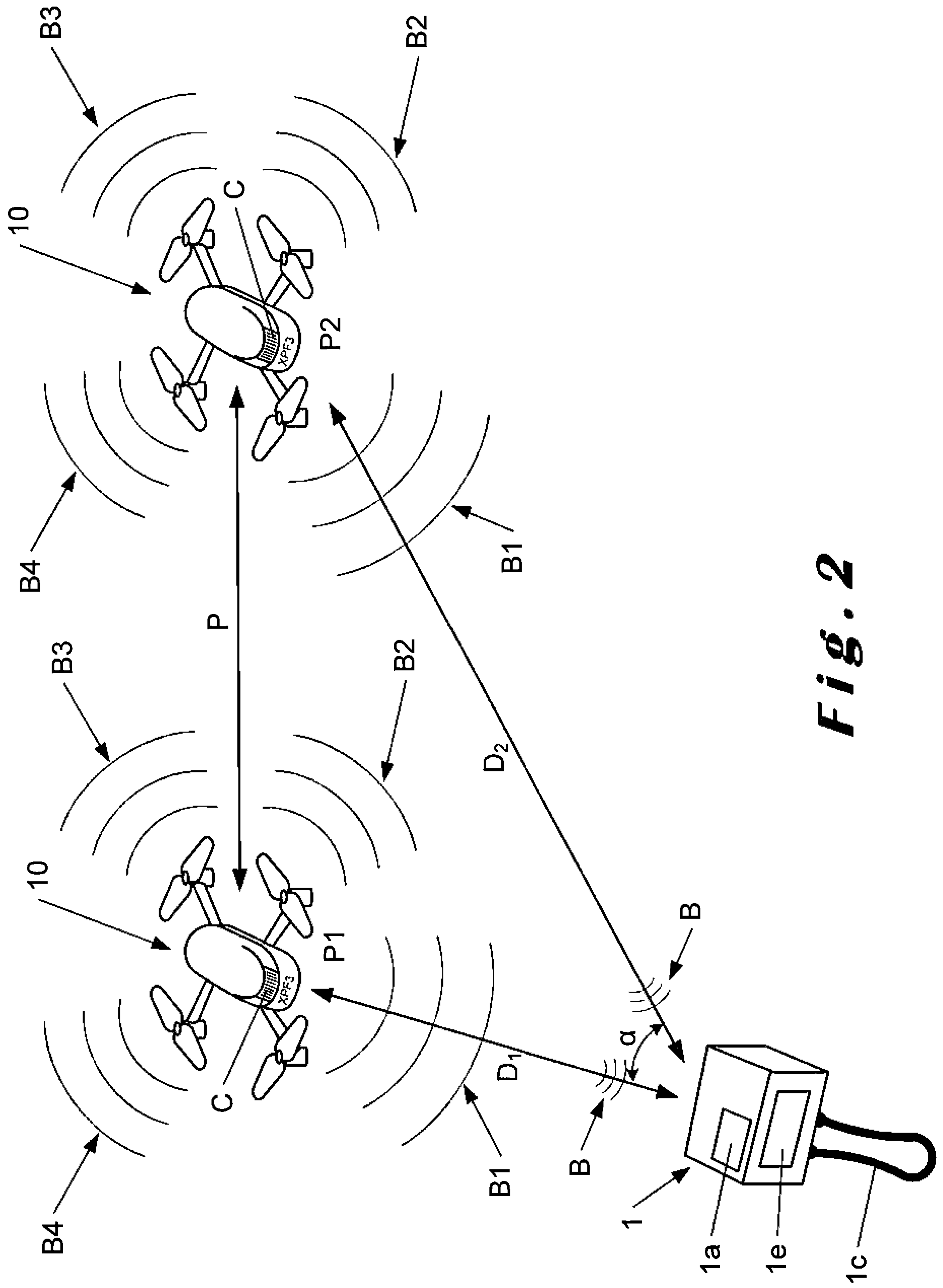


Fig. 2

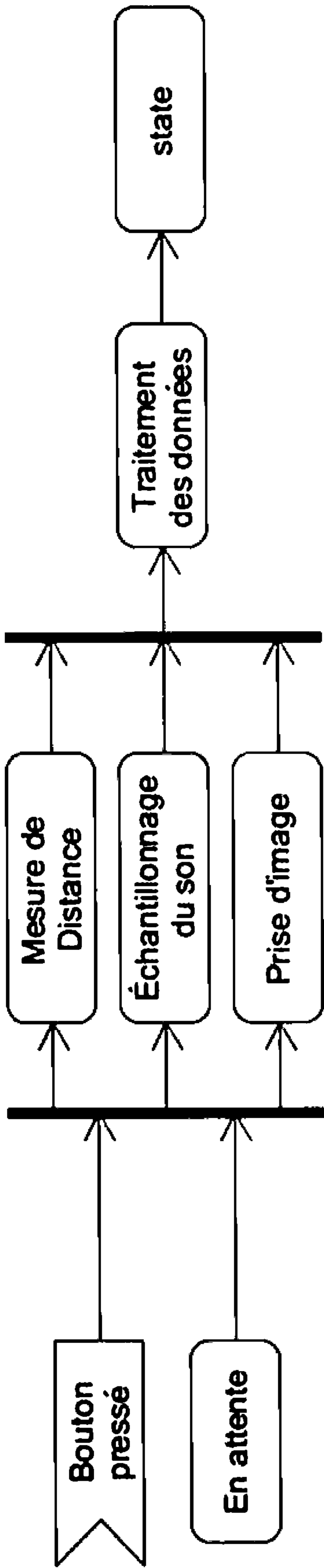


Fig. 3

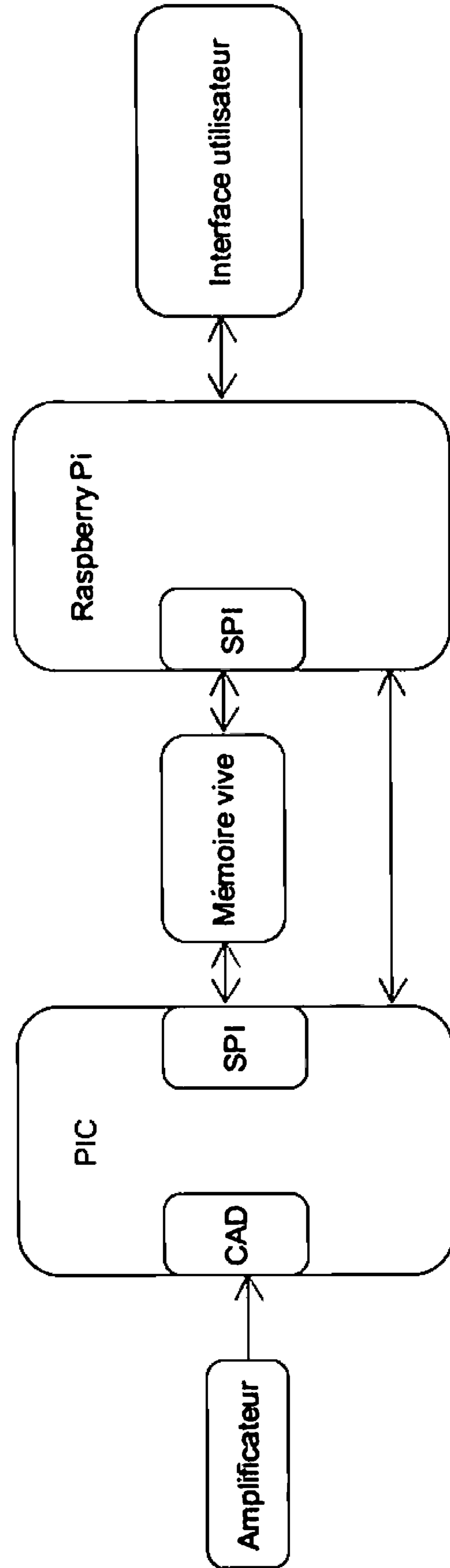


Fig. 5

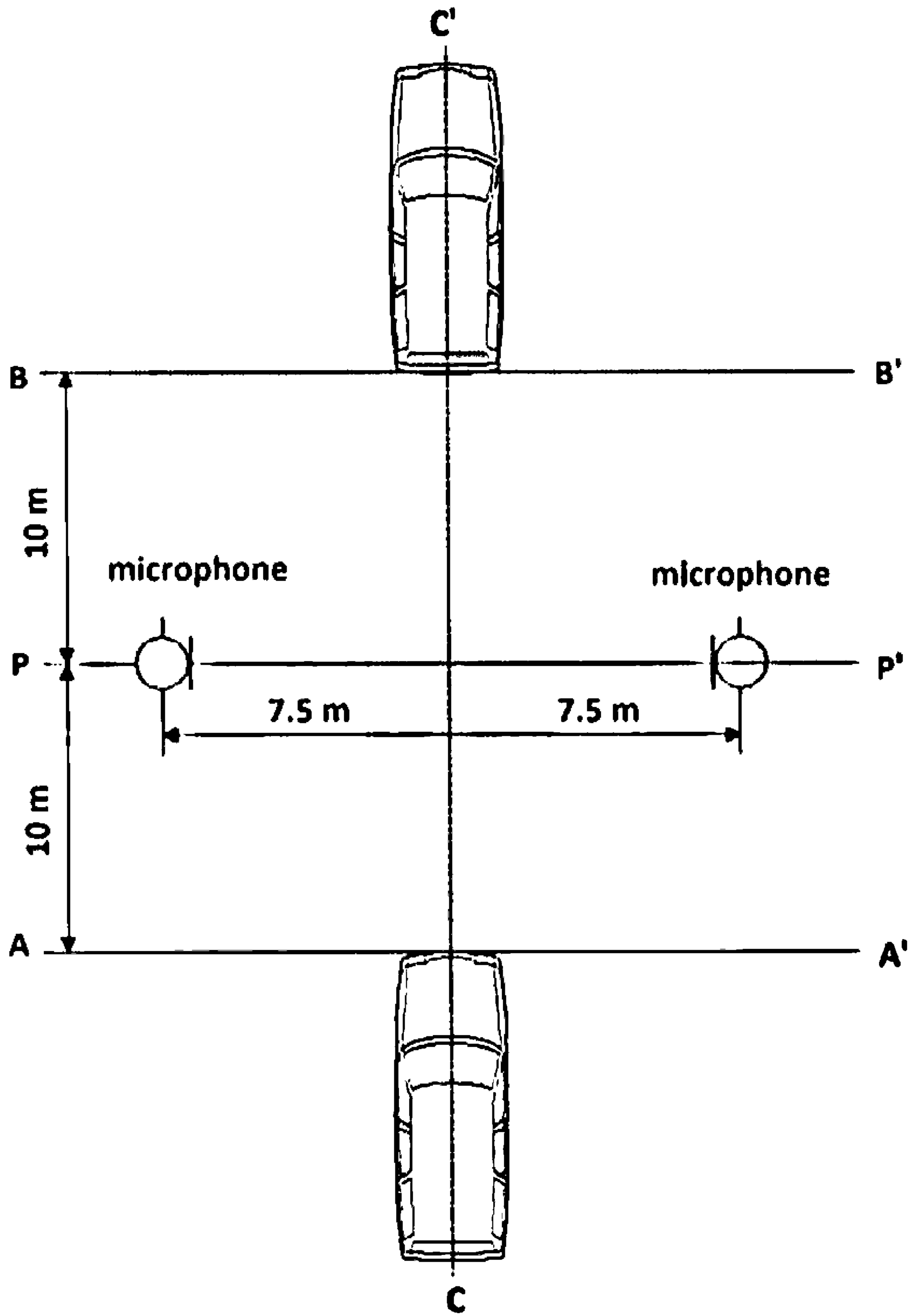


Fig. 4

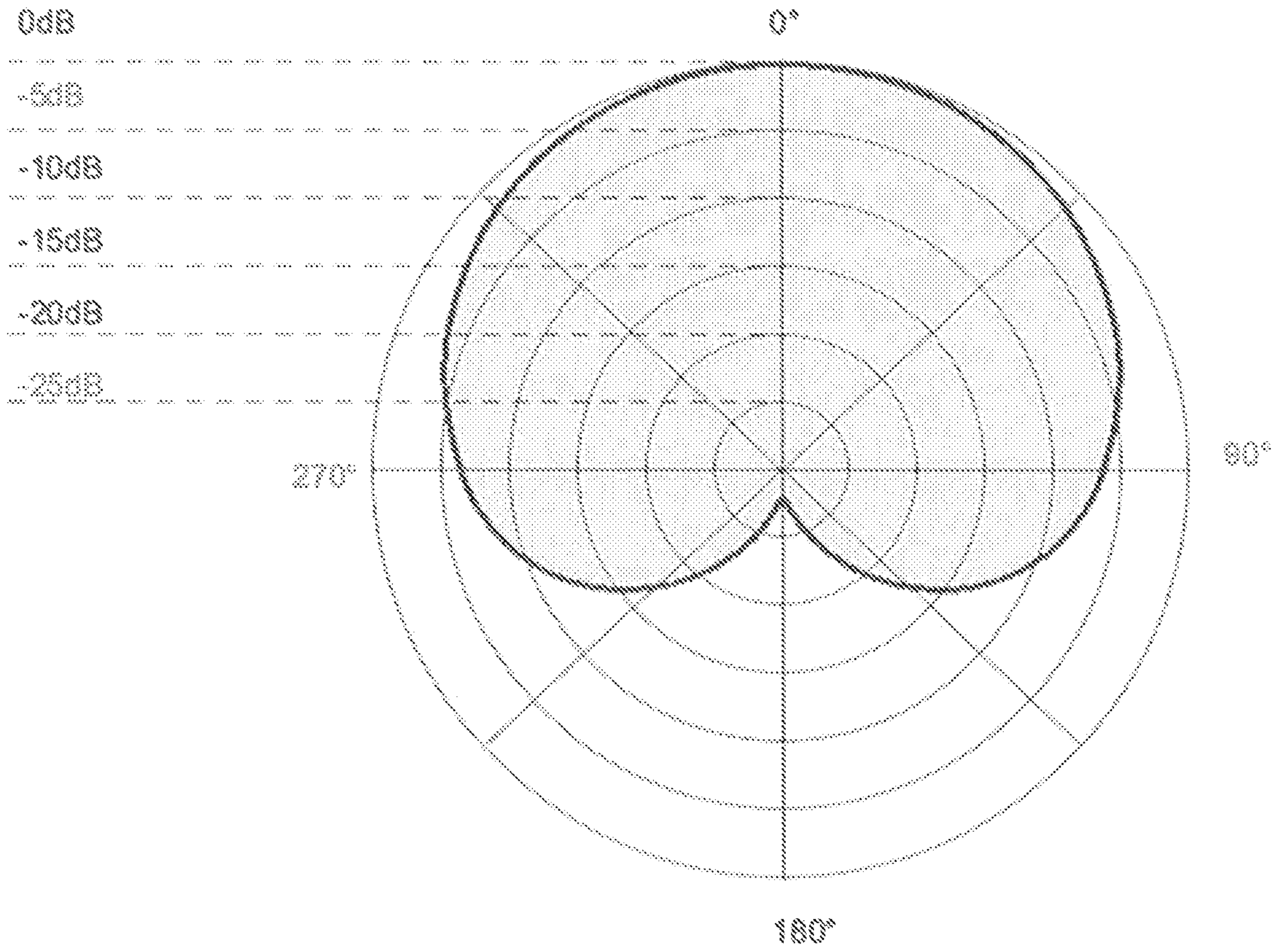
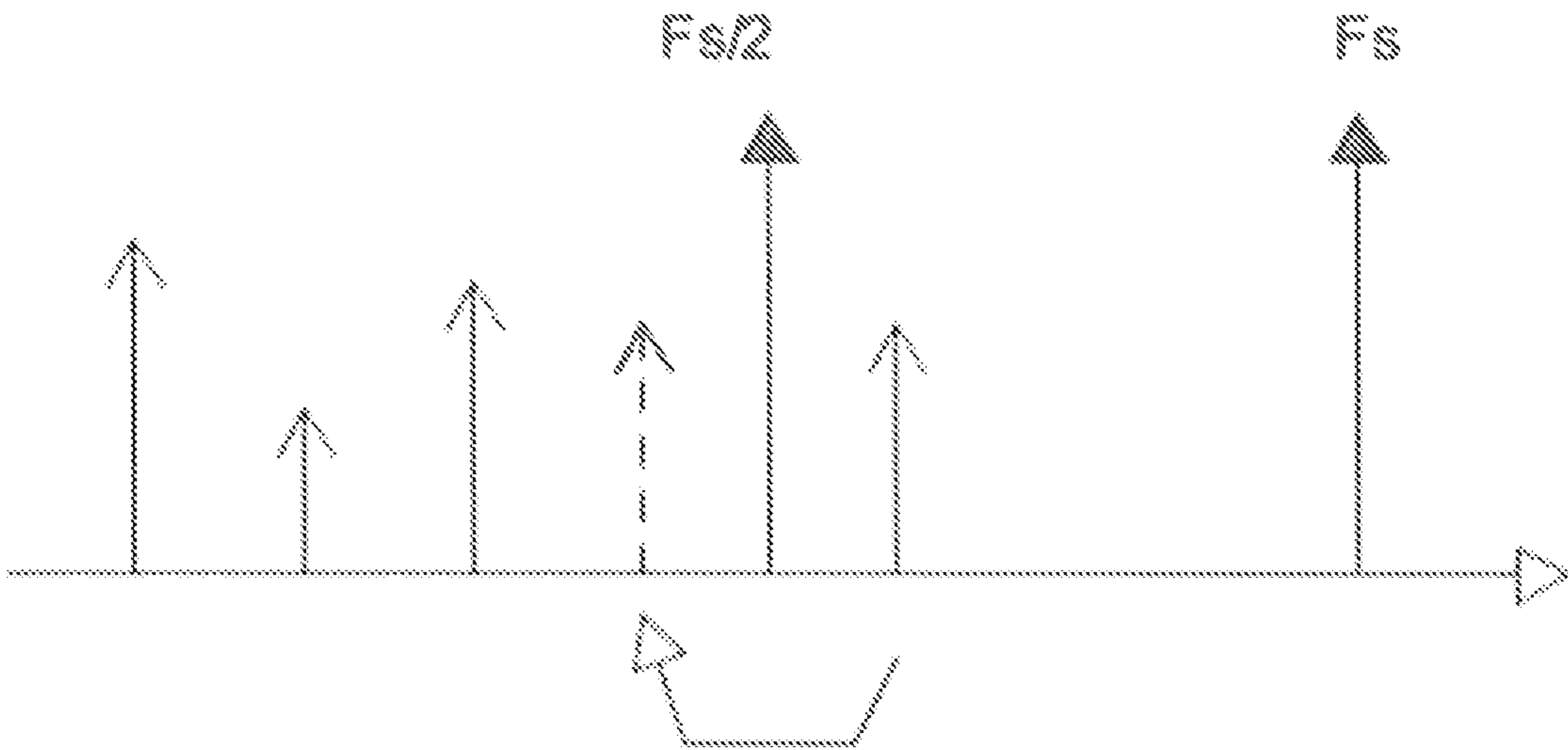


Fig. 7



Replément

Fig. 8

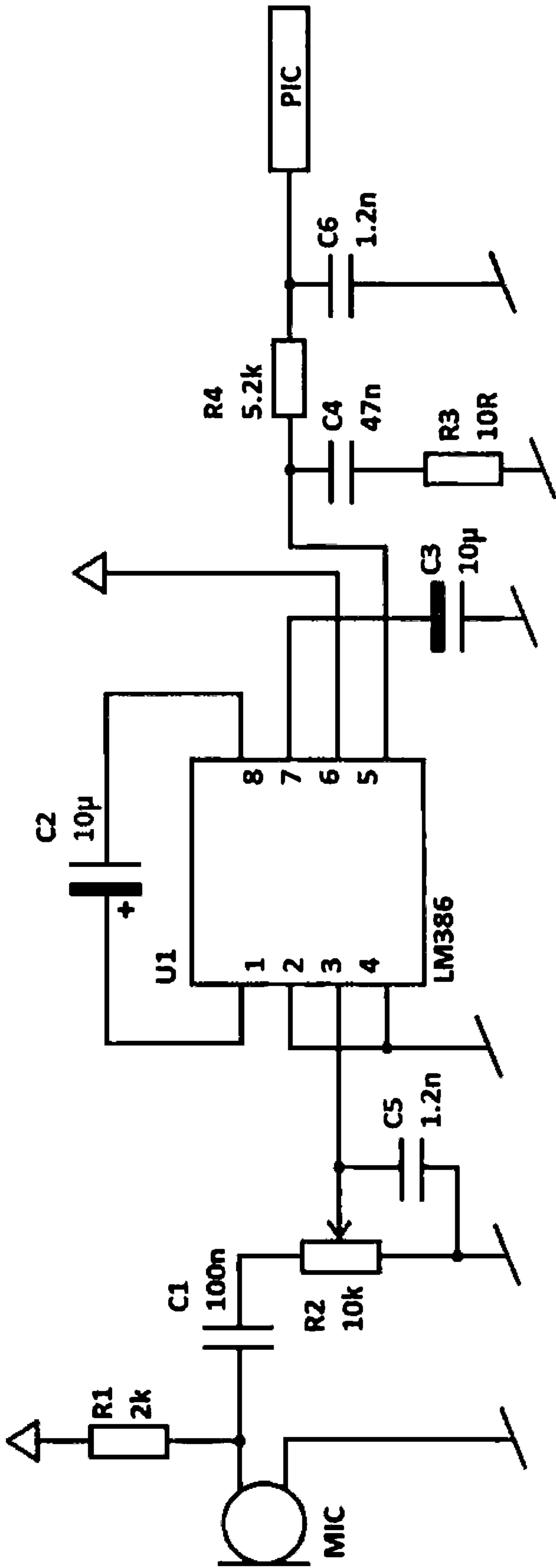


Fig. 6

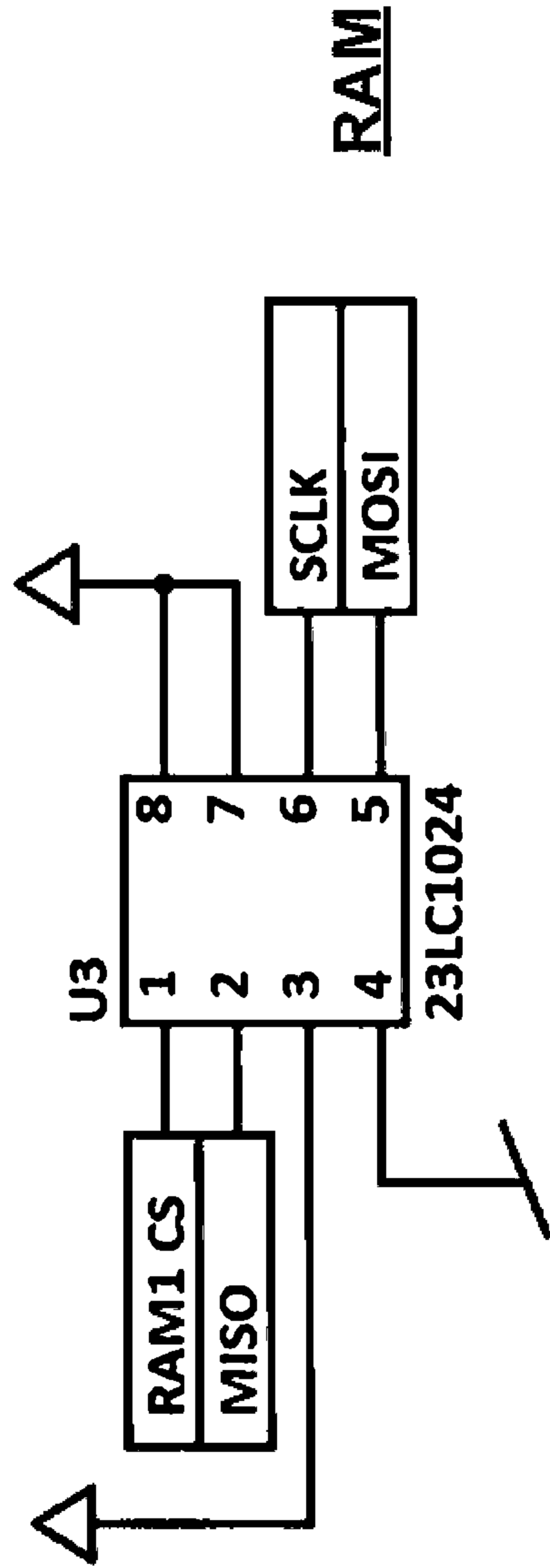


Fig. 10

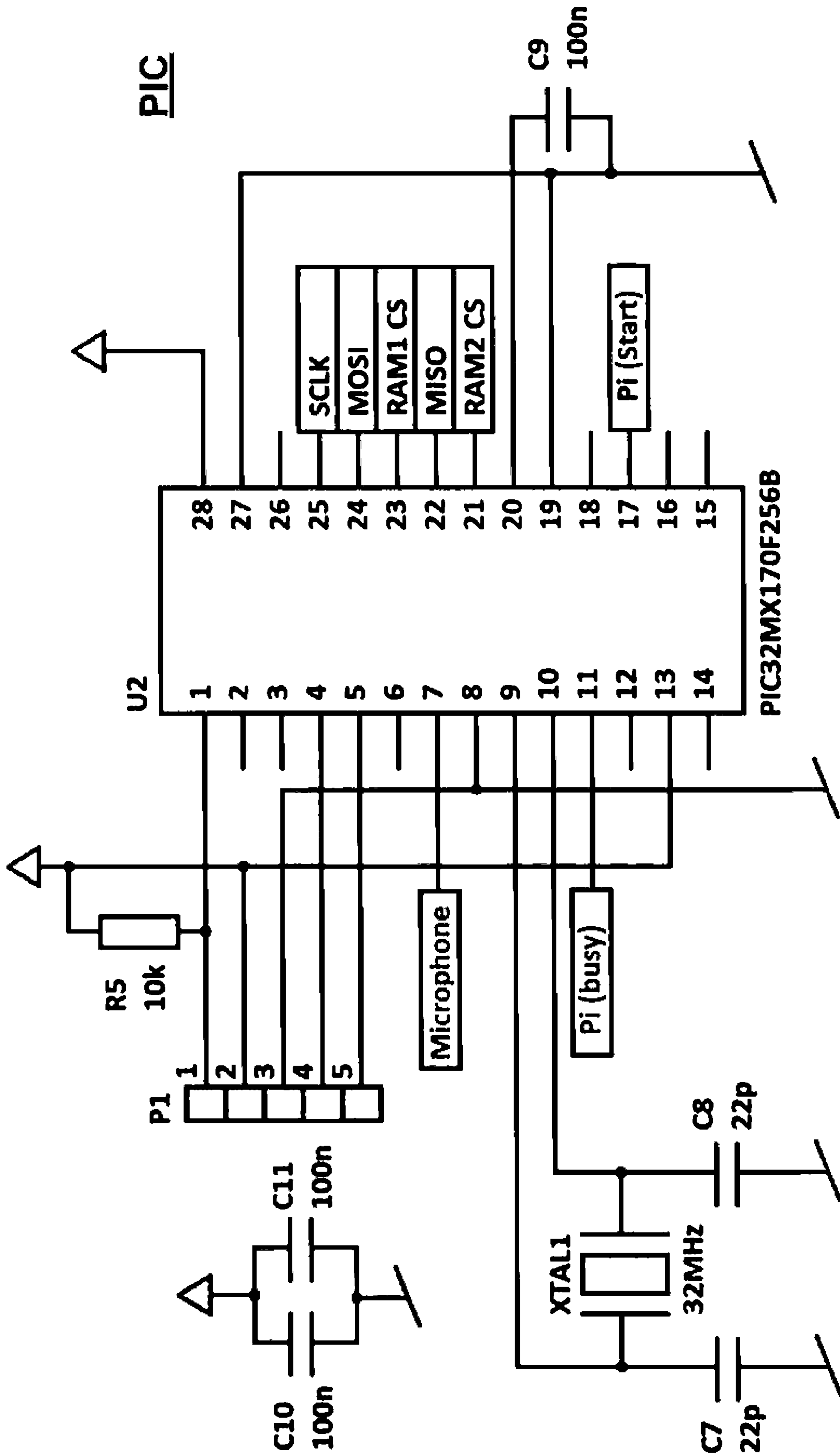


Fig. 9

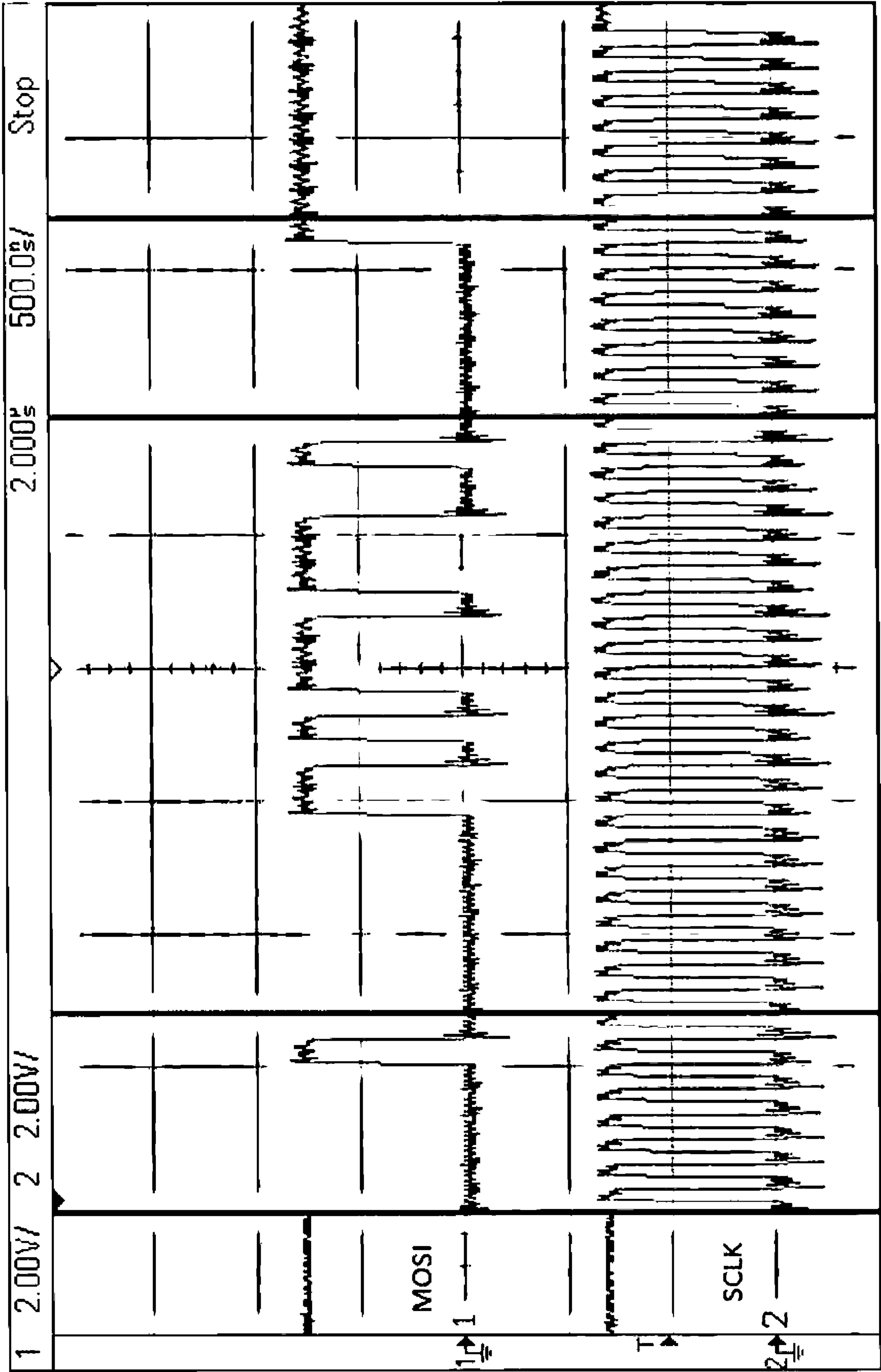


Fig. 11

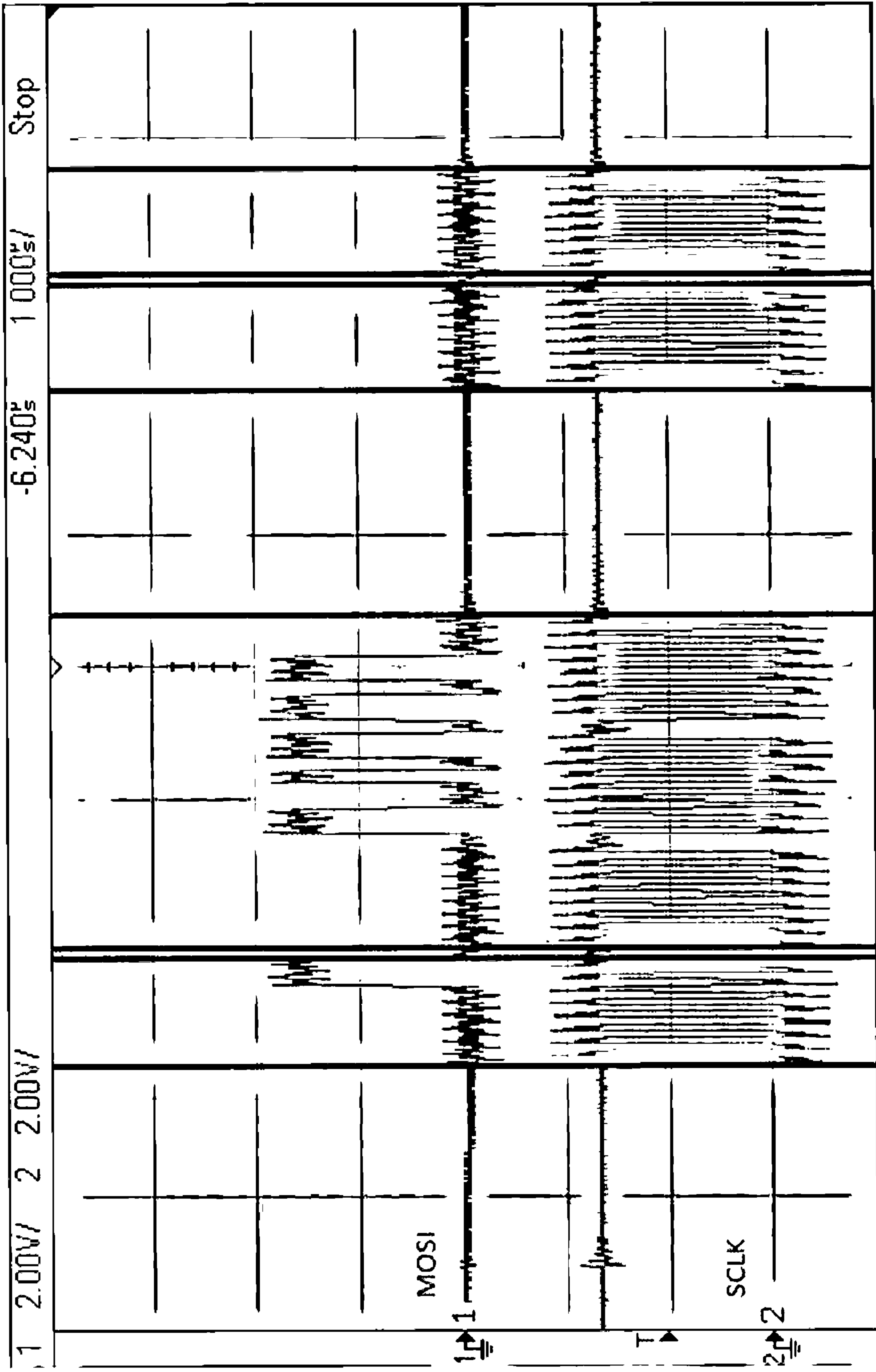


Fig. 12

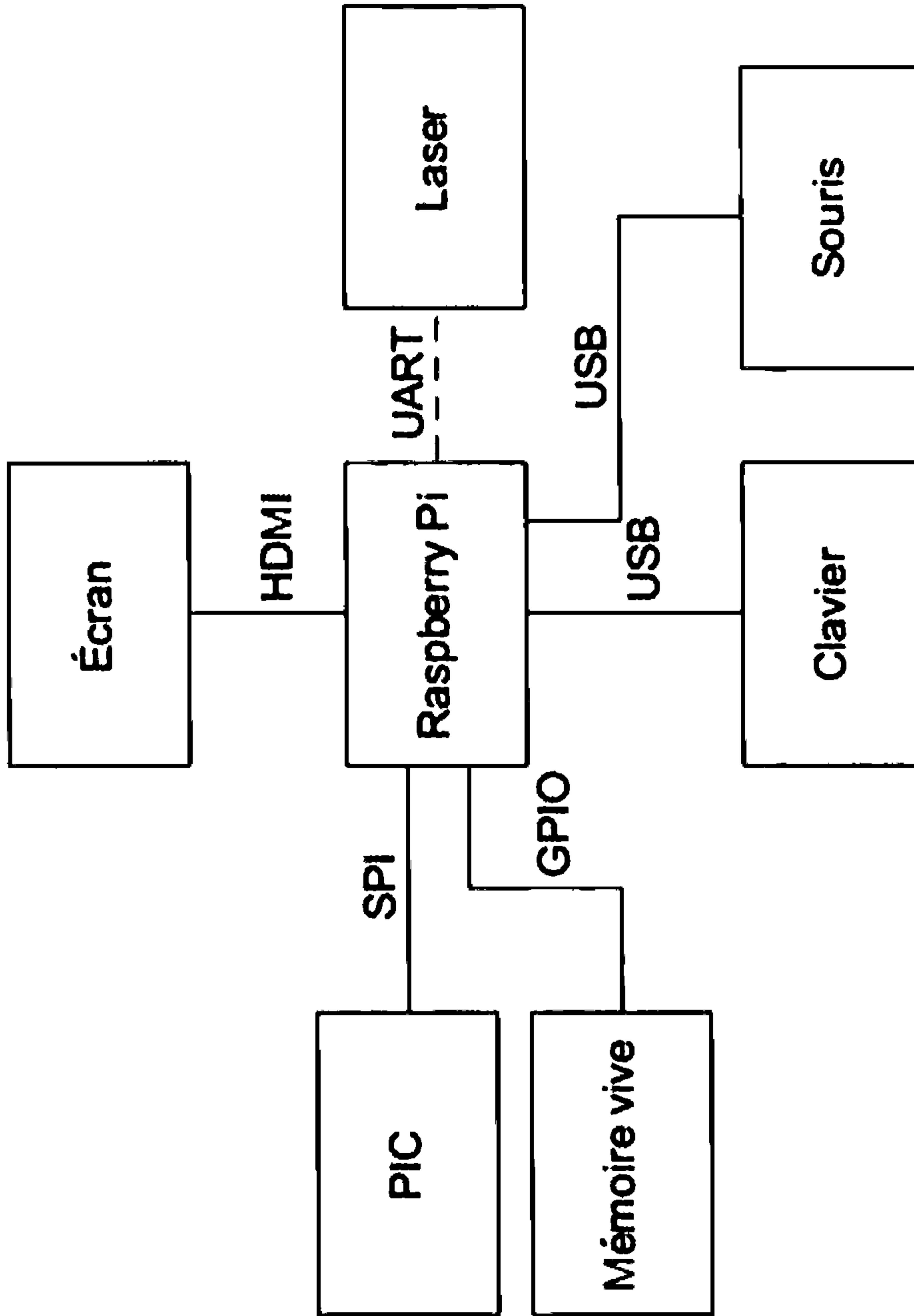


Fig. 13

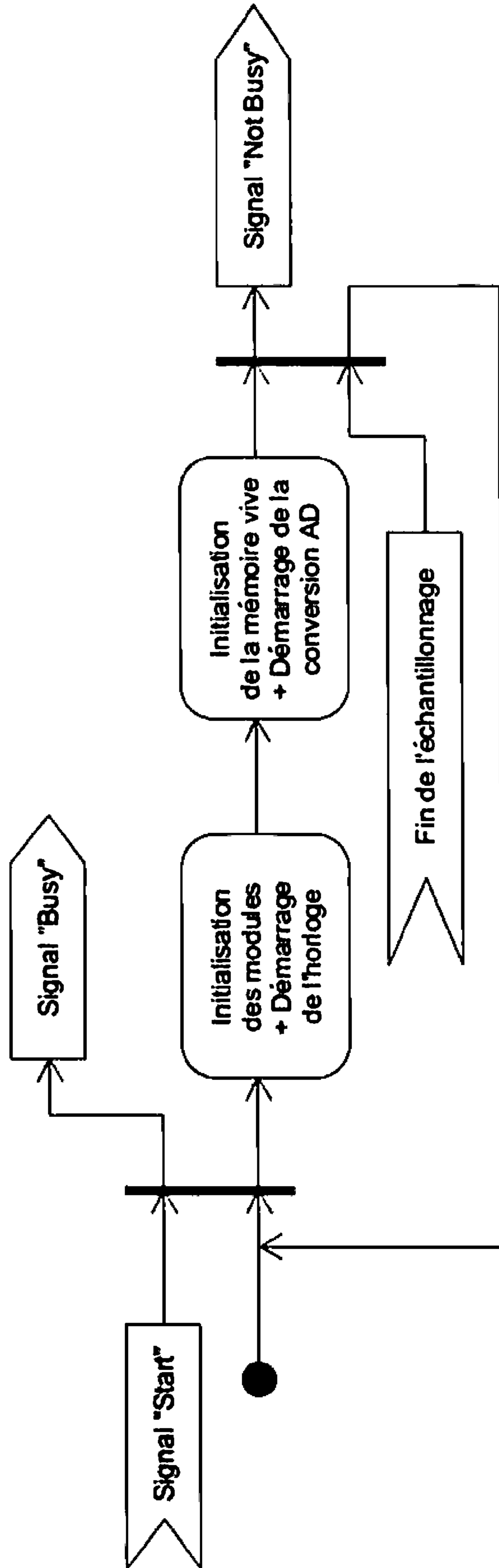


Fig. 14

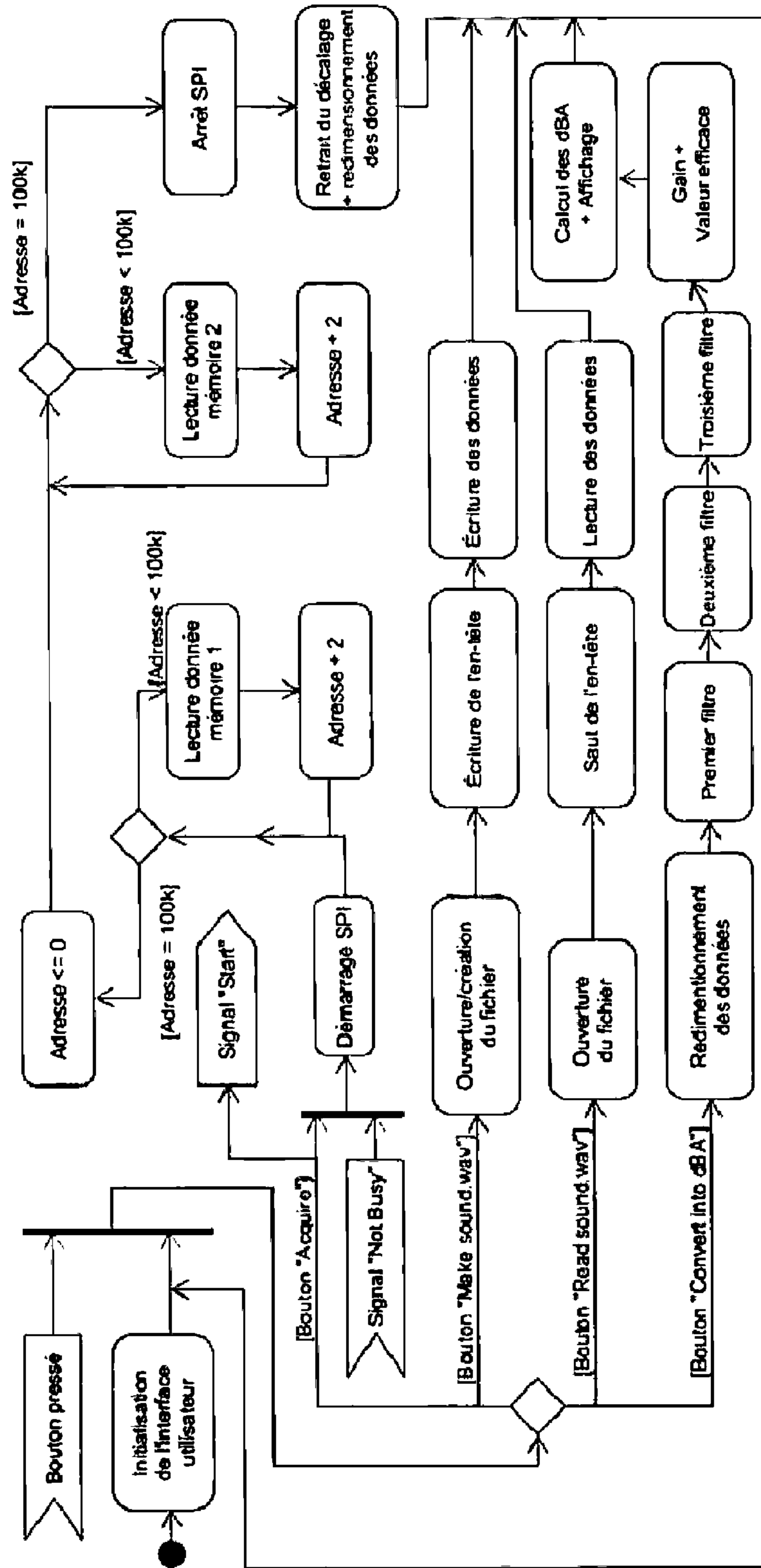


Fig. 15

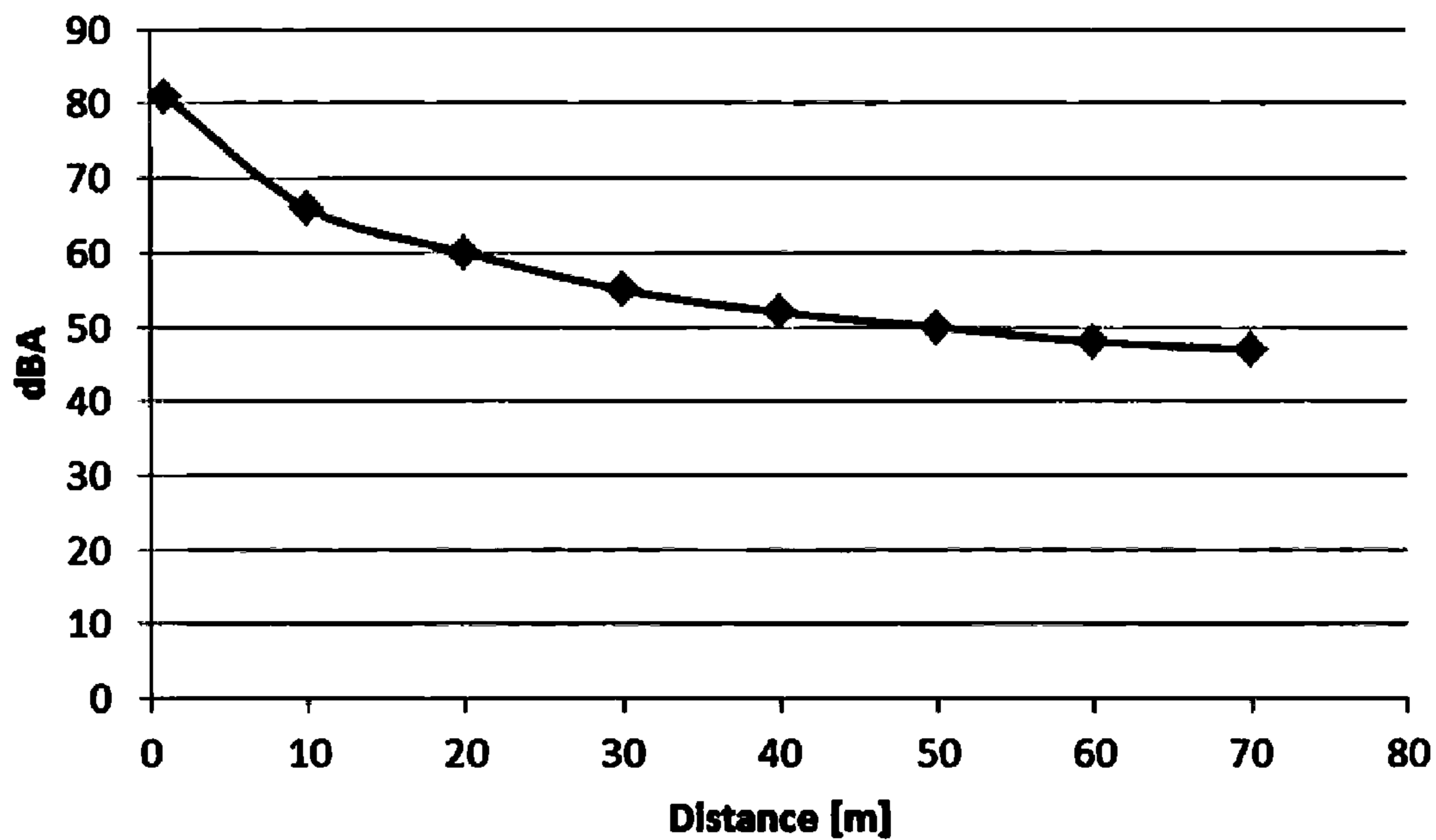


Fig. 16

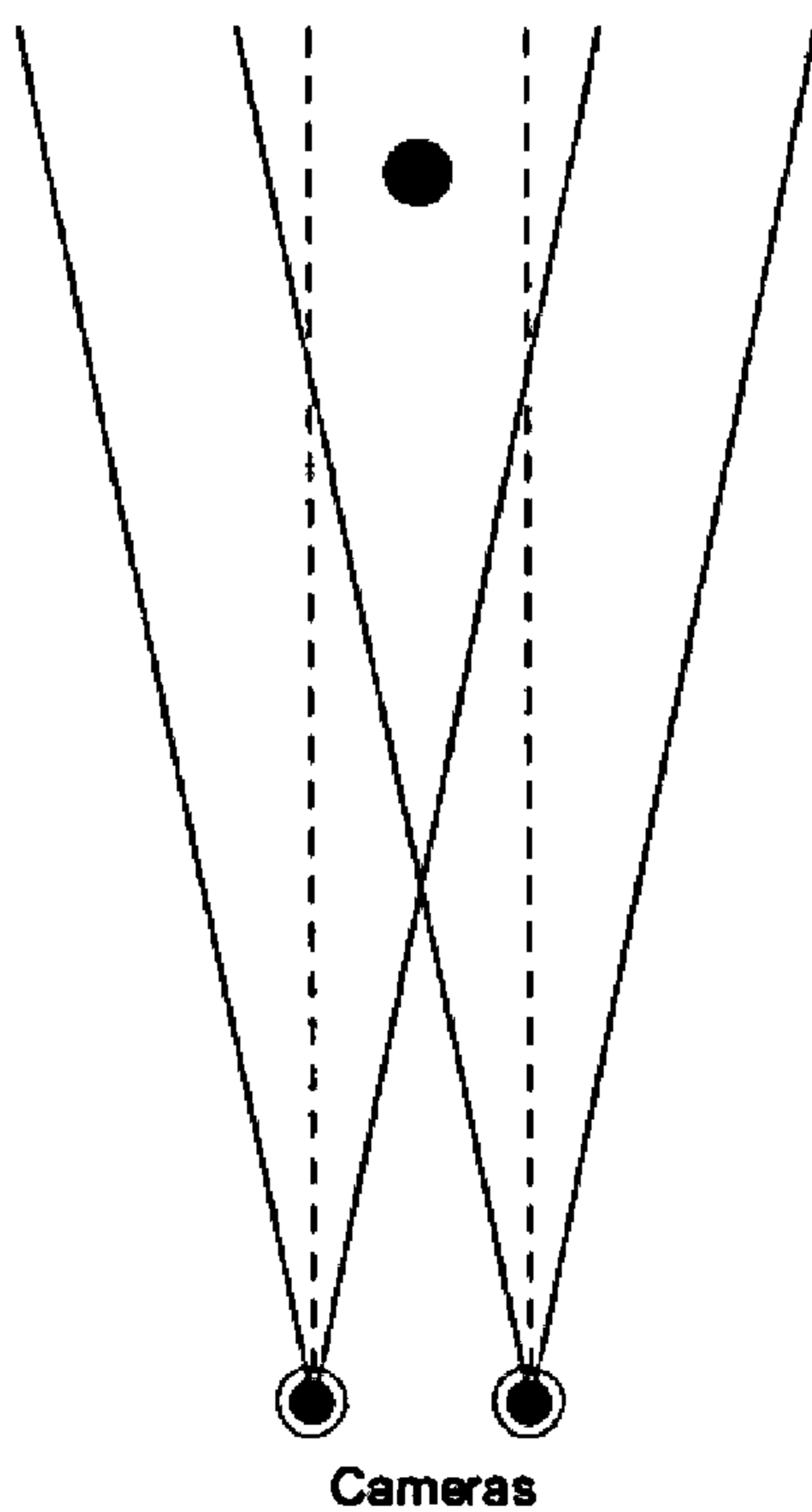
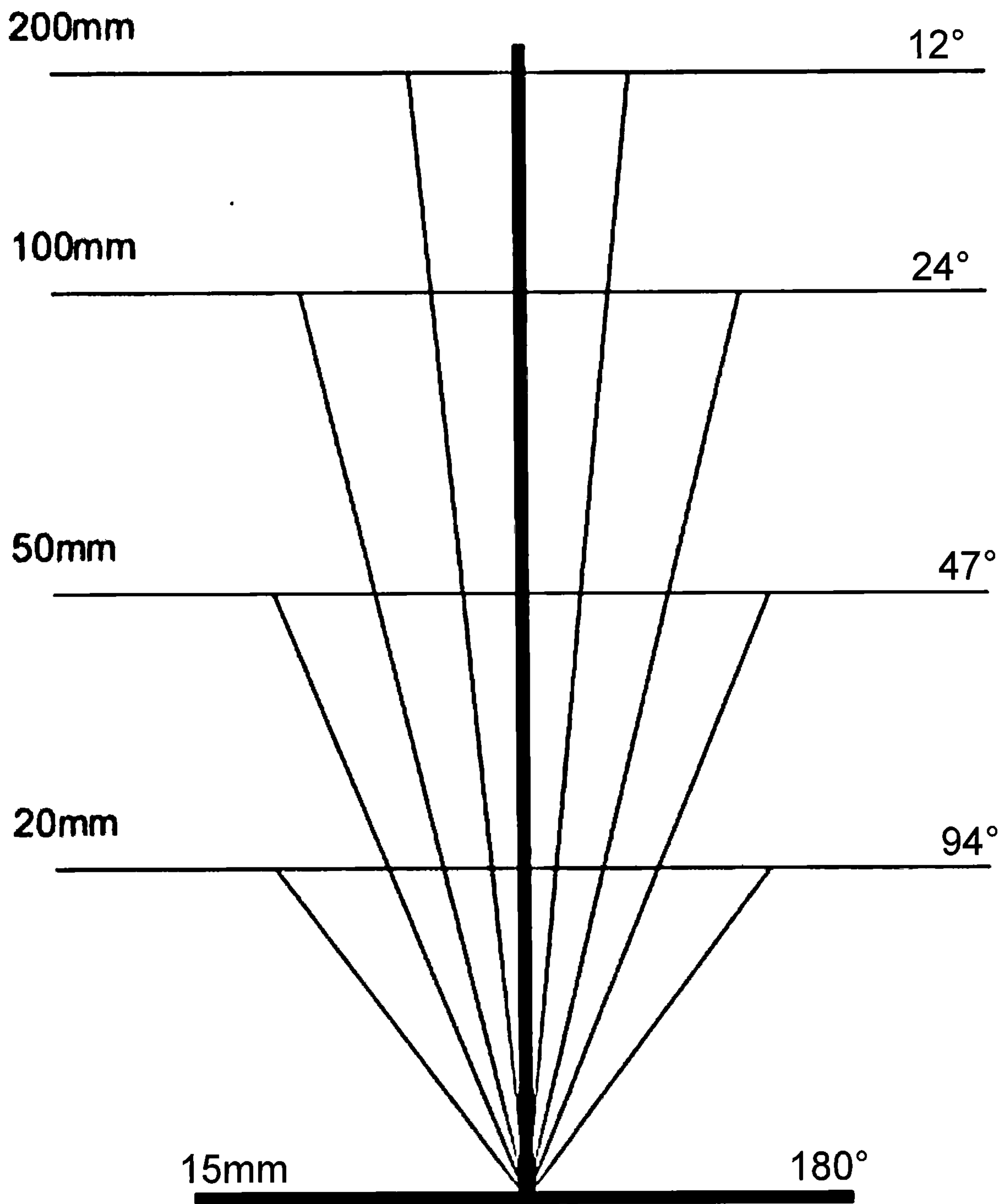


Fig. 17



Distance Focale / Angle de champ

Fig. 19

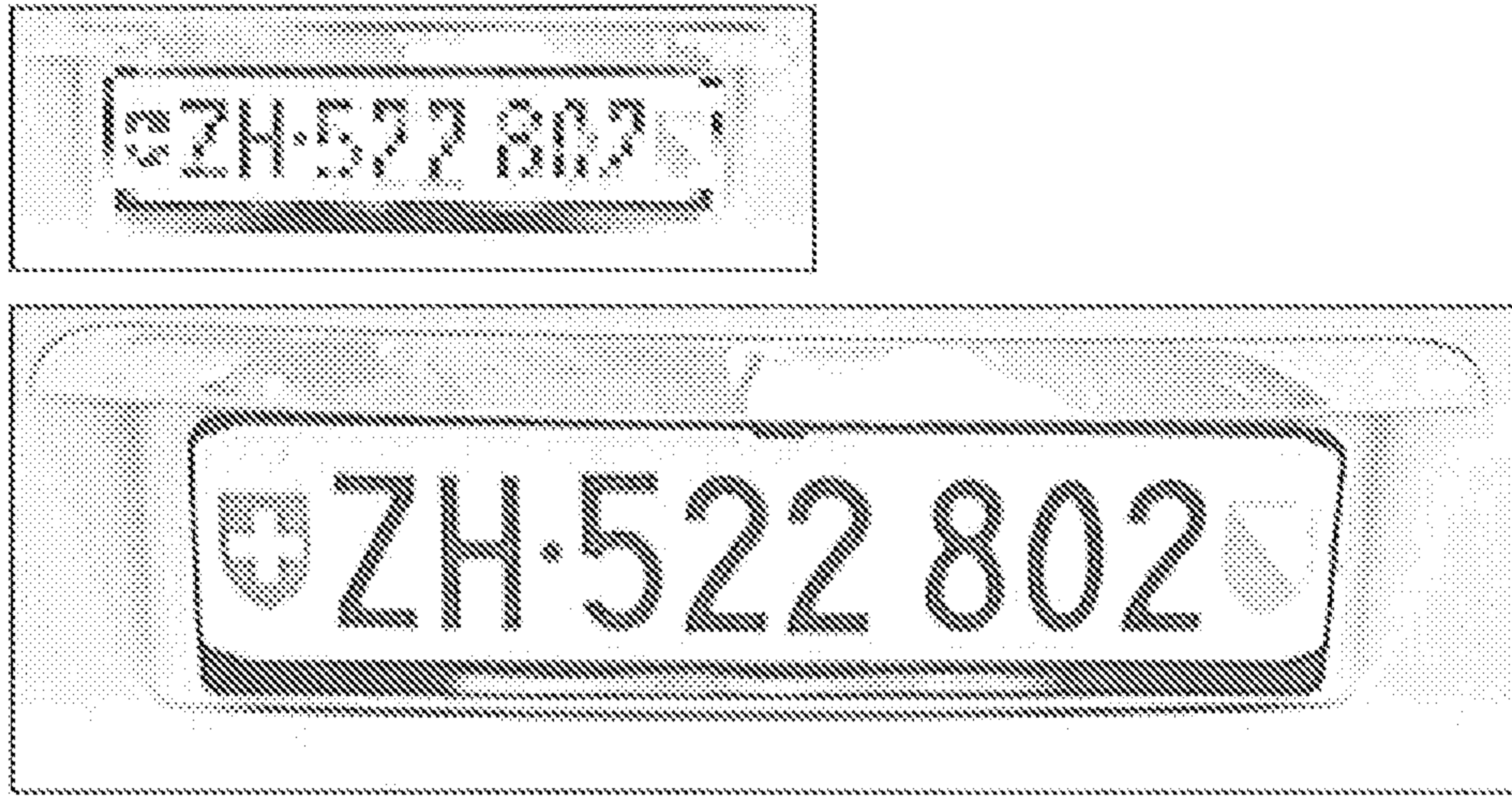


Fig. 18

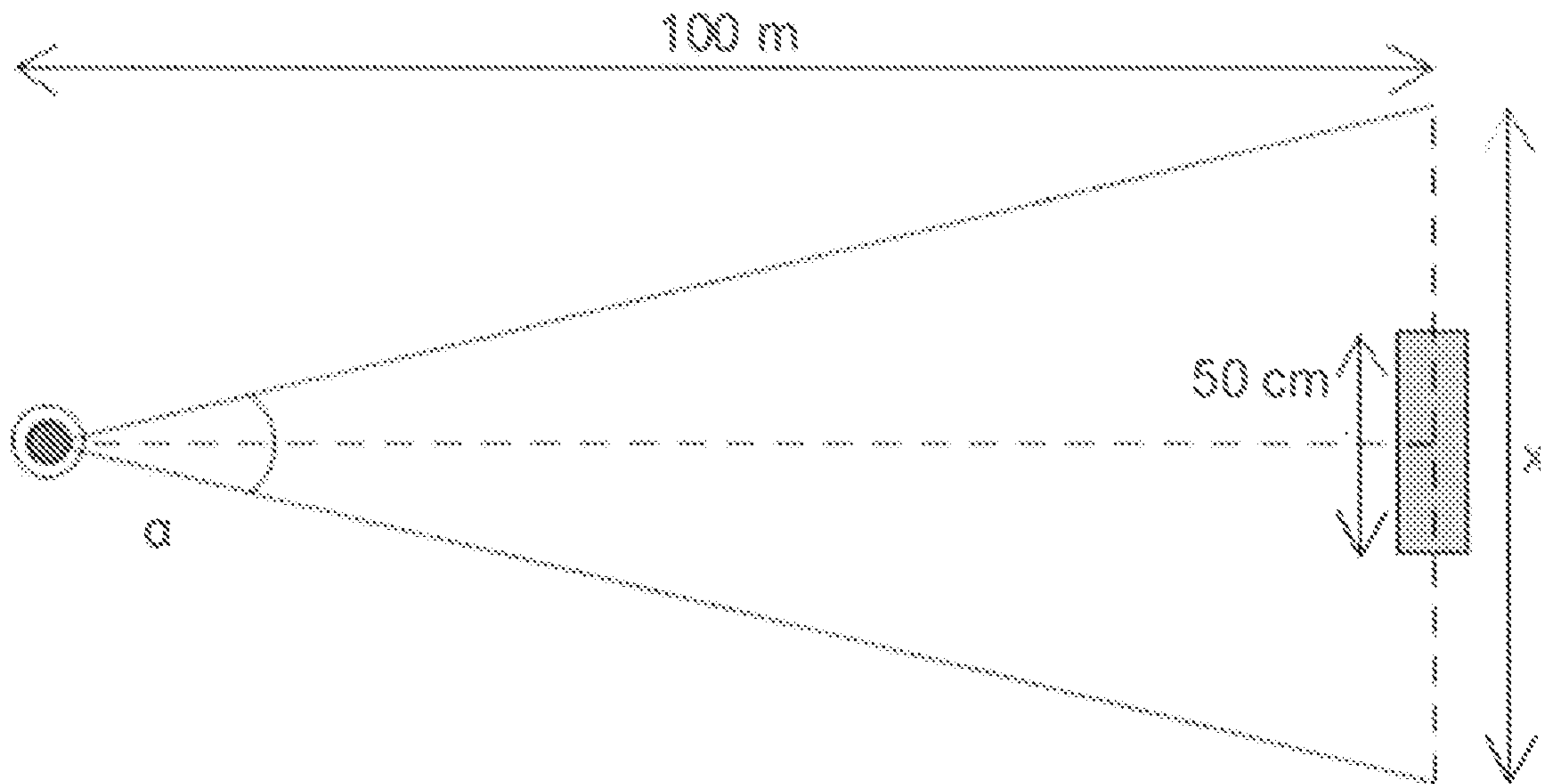


Fig. 20

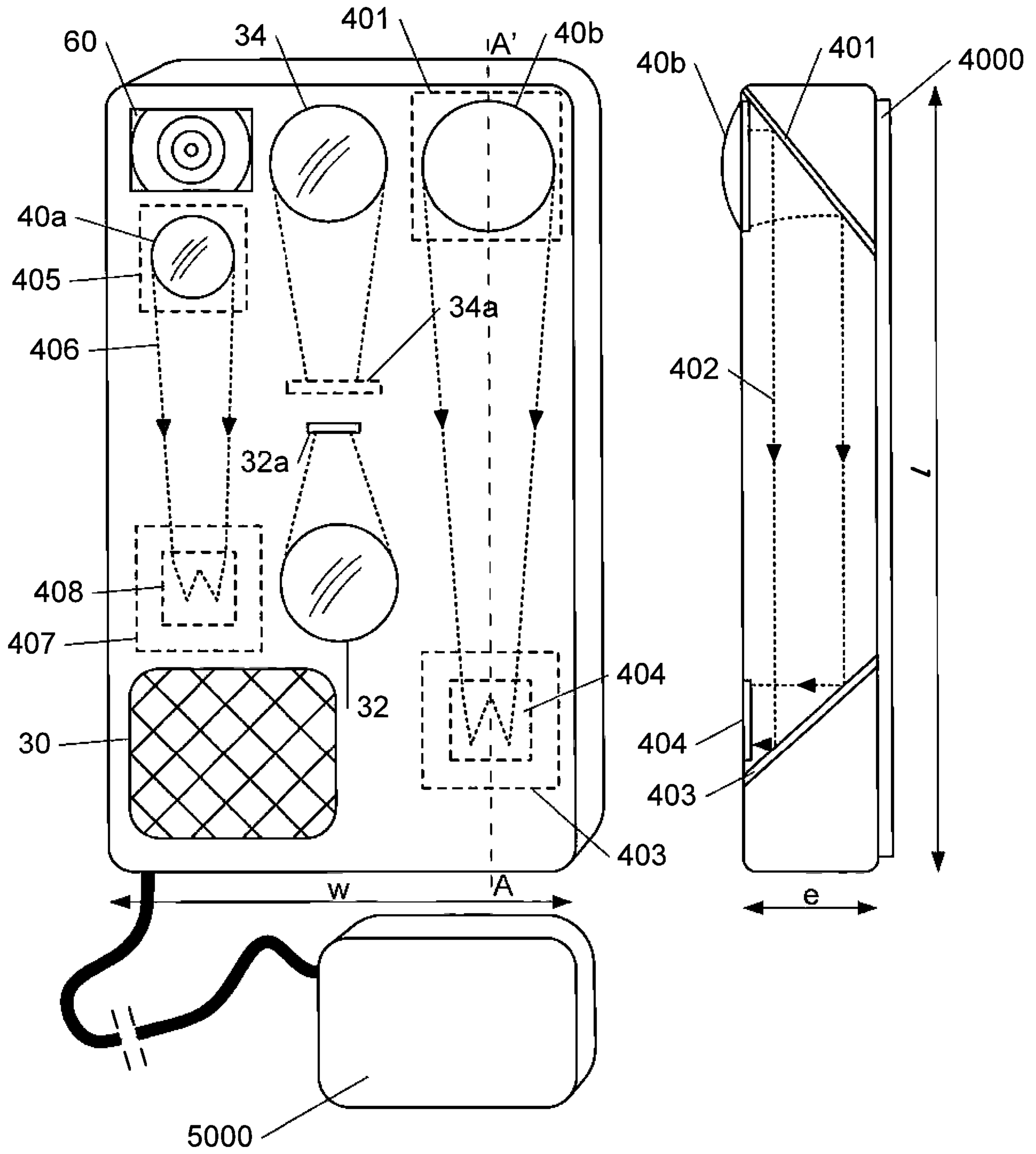


Fig. 21

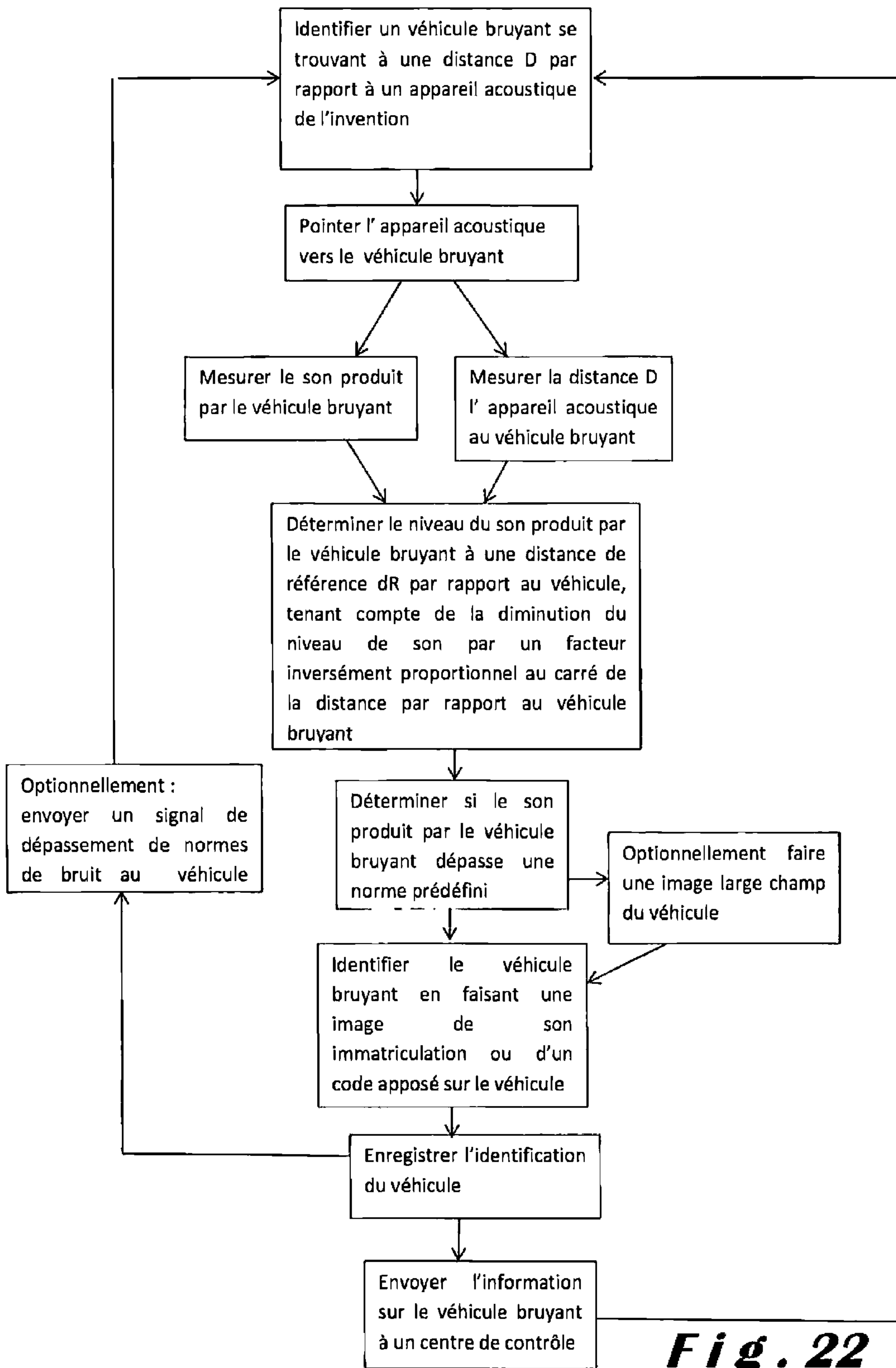


Fig. 22