

DISPOSITIF DE MESURE DE DEPLACEMENT NUMERIQUE

5 L'invention est relative à un dispositif de mesure de déplacement. La notion de mesure de déplacement s'étend ici à la mesure d'une position par rapport à une position de référence. De façon générale, un dispositif de mesure de déplacement, enregistre une information analogique issue d'un capteur, la convertit en donnée numérique, et la transmet à un calculateur afin que la mesure
10 de déplacement soit exploitée.

Un dispositif de mesure de déplacement utilisant un capteur optique est présenté dans le document US 2009/0248351. Un élément mobile se déplace selon une direction perpendiculaire à celle de la direction d'émission d'un faisceau lumineux et un capteur optique linéaire à réseau de pixels de type CCD
15 (« Charged Coupled Device ») ou CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), enregistre les données relatives au flux lumineux transmis partiellement obstrué par l'élément mobile ainsi obtenu. L'information analogique issue des capteurs est convertie en données numériques qui sont intégrées à un module de calcul qui à partir de celles-ci détermine la position de l'élément mobile.

20 Un tel dispositif présente des désavantages, en particulier la conversion de l'ensemble des informations analogiques issues du capteur en données numériques. En effet, le bruit analogique s'additionne aux erreurs et au bruit de la conversion numérique. Ce bruit indésirable limite la dynamique (rapport signal sur bruit) du signal mesuré. En outre, la conversion nécessite un
25 temps et une puissance de calcul non négligeables.

En particulier, lorsque le dispositif est utilisé dans un microphone, le bruit de fond et la conversion analogique-numérique sont considérés comme les principaux facteurs limitatifs de la dynamique.

Il apparaît donc avantageux de contourner la limite dynamique
30 analogique et de limiter autant que ce peut les inconvénients de la conversion analogique-numérique.

Pour cela, l'invention propose un dispositif de mesure de déplacement d'un élément mobile se déplaçant selon au moins une direction, comprenant :

- une source lumineuse adaptée à émettre un faisceau lumineux ;
 - au moins un organe optique apte à intercepter le faisceau lumineux
- 5 et relié audit élément mobile de manière à suivre son mouvement ;
- au moins un capteur à pixels apte à capter le faisceau transmis déterminé par la position relative de l'organe optique par rapport à la source lumineuse, les pixels étant disposés de manière à ce que certains au moins d'entre eux reçoivent un éclairage qui varie avec la position de l'élément mobile
- 10 au cours de son mouvement ;
- un module comparateur apte à comparer les valeurs issues des pixels dudit au moins un capteur à deux seuils distincts et à leur assigner des valeurs logiques telles que :
- à toutes valeurs lumineuses inférieures au premier seuil est
- 15 assignée une même première valeur logique ;
- à toutes valeurs lumineuses supérieures au deuxième seuil est assignée une même deuxième valeur logique ;
- à toutes valeurs lumineuses situées entre les deux seuils est respectivement assignée une conversion de cette valeur représentative de cette
- 20 valeur apte à être traitée par les moyens de calcul ; et
- un module de calcul apte à déterminer la position de l'élément mobile à partir des données issues du module comparateur.

L'utilisation d'un module comparateur permet d'assigner à certains pixels du capteur une valeur logique qui ne correspond pas nécessairement à la

25 conversion du signal analogique reçu par le capteur en signal numérique. Ainsi le dispositif n'est pas uniquement dépendant de la performance d'un convertisseur ou de moyens de calcul associés.

De ce fait, les temps de calcul nécessaires à la détermination de la position de l'élément mobile sont réduits, de même que la puissance de calcul

30 associée. La transmission des données peut donc être simplifiée et sa vitesse augmentée.

On notera qu'en outre, la précision de la détermination de la position de l'élément mobile n'est plus dépendante que du nombre de pixels choisis et qu'il suffit d'augmenter ce nombre pour l'améliorer.

En particulier, la première valeur logique peut être la valeur 0 et la
5 deuxième valeur logique la valeur 1.

Les seuils peuvent prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0 et 1, en particulier un premier seuil par exemple compris entre 0 et 0.5 et un second seuil compris entre 0.5 et 1. Par exemple, le premier seuil est égal à 0.1 et le second seuil à 0.9.

10 Ceci permet notamment de déterminer avec précision la position de l'organe optique en ne convertissant que quelques valeurs analogiques, ce qui limite l'utilisation du convertisseur tout en augmentant la précision globale du dispositif.

Selon un mode de réalisation particulier, l'organe optique comprend un
15 cache dont au moins une partie du contour forme un angle non nul avec ladite au moins direction du mouvement de l'élément mobile.

Par exemple, il s'agit d'un cache massif dont le mouvement du contour par rapport à la source lumineuse fait varier l'éclairement reçu par les pixels du capteur.

20 Alternativement, il s'agit d'un cache comprenant une ouverture ou une fente dont le mouvement du contour interne fait varier l'éclairement reçu par les pixels du capteur.

Selon un autre mode de réalisation particulier, l'organe optique est adapté à réfléchir une partie du faisceau lumineux.

25 Dans ce cas, l'organe optique, dit de réflexion, réfléchit en fonction de son mouvement une partie variable du faisceau lumineux. Chaque partie réfléchie du faisceau lumineux est alors projetée sur le capteur.

Selon une caractéristique possible, le dispositif comprend en outre un deuxième organe optique adapté à dimensionner l'image du contour du premier
30 organe optique et à en faire la mise au point.

L'utilisation d'un tel organe supplémentaire permet d'améliorer la qualité de l'image reçue par le capteur, en particulier lorsque cet organe est placé

dans le chemin optique entre le premier organe optique et le capteur. Pour cela, ce deuxième organe optique est constitué de tous moyens de mise au point, de redirection ou de dimensionnement de cette de l'image du premier organe optique sur le capteur, tels que des lentilles, des fibres optiques ou des miroirs.

5 Selon une caractéristique possible, le capteur est un capteur optique linéaire formé d'au moins une rangée de pixels disposés selon un motif linéaire.

De cette façon, la position de l'organe optique peut être déterminée de façon simple par calcul de la distance entre les pixels marquant son contour. D'autres arrangements de pixels peuvent toutefois être envisagés.

10 Afin de corriger d'éventuelles erreurs liées à des erreurs de positionnement ou de calcul, une correction trigonométrique des déplacements de l'organe optique dans d'autres directions que celle du mouvement mesuré est effectuée.

On entend ici par correction trigonométrique le fait de déterminer
15 (calculer) les erreurs de positionnement du capteur en observant les déformations de l'image projetée par rapport au capteur et en en déduisant l'angle de rotation du capteur par rapport à son point d'attache sur la partie mobile.

Le terme trigonométrique provient du fait que l'on utilise dans cet objectif des relations mathématiques de trigonométrie bien connues sur le contour
20 de l'image telle que projetée.

Si l'organe optique a par exemple deux contours parallèles dont la distance l'un par rapport à l'autre est connue au préalable, cette dernière pourra être calculée et confirmée grâce à la mesure de la distance entre les contours de l'image formée sur le capteur optique.

25 L'absence de mouvement angulaire autour de son point d'attache à la partie mobile, autrement dit l'absence d'erreur de positionnement, se caractérise par une image projetée non déformée sur le capteur

Dans le cas contraire, la déformation géométrique de l'image observée permettra de calculer l'angle de rotation par rapport à la position
30 nominale à l'aide de relations de trigonométrie.

Les lois optiques concernant la projection de la forme ou de l'inclinaison de chaque contour de l'organe optique sur le capteur, ou, le cas

échéant, la distance relative de plusieurs contours, permettent en effet de vérifier les données obtenues par des formules mathématiques et de les corriger. D'autres méthodes de correction impliquant une redondance de calcul, un ajout de pixels supplémentaires ou des calibrations d'éléments utilisés peuvent
5 cependant être envisagées.

De cette façon une conversion analogique-numérique n'est pas nécessaire car l'information issue du comparateur est une valeur logique, et donc directement numérique qui permet de limiter les erreurs liées au convertisseur.

Ainsi, en outre, la transmission des données peut être simplifiée et sa
10 vitesse augmentée.

En particulier, la première valeur logique peut être la valeur 0 et la deuxième valeur logique la valeur 1. Dans ce cas particulier, le seuil est égal à 0.5.

Ceci permet notamment de déterminer avec précision la position de
15 l'organe optique en ne convertissant que quelques valeurs analogiques, ce qui limite l'utilisation du convertisseur tout en augmentant la précision globale du dispositif.

A nouveau, la transmission des données peut être simplifiée et sa vitesse augmentée par rapport à des systèmes de l'art antérieur.

20 En particulier, la première valeur logique peut être la valeur 0 et la deuxième valeur logique la valeur 1. Les seuils peuvent prendre n'importe quelle valeur comprise entre 0 et 1, en particulier un premier seuil par exemple compris entre 0 et 0.5 et un second seuil compris entre 0.5 et 1. Par exemple, le premier seuil est égal à 0.1 et le second seuil à 0.9.

25 Afin d'obtenir précisément la position physique de chaque pixel du capteur, le dispositif comporte en outre un module d'adressage des pixels dudit au moins un capteur selon la valeur logique leur ayant été assignée.

Ceci permet de faciliter le calcul de la position de l'organe optique.

De façon à détecter d'éventuelles erreurs, les valeurs d'adressage des
30 pixels dont les valeurs captées sont situées entre lesdits premier et second seuils sont comparés au nombre de pixels décomptés dans chaque groupe.

L'invention concerne également un microphone comportant un dispositif de mesure de déplacement selon l'invention.

L'invention concerne également un procédé de mesure de déplacement comportant les étapes suivantes :

- 5 - émission d'un faisceau lumineux ;
- positionnement d'un organe optique apte à intercepter le faisceau lumineux et relié audit élément mobile de manière à suivre son mouvement ;
- captage par un capteur à pixels du faisceau transmis déterminé par la position relative de l'organe optique par rapport à la source lumineuse, les
10 pixels étant disposés de manière à ce que certains au moins d'entre eux reçoivent un éclaircissement variant avec la position de l'élément mobile au cours de son mouvement ;
- comparaison de valeurs issues du captage à deux seuils distincts de manière à leur assigner des valeurs logiques telles que :
15 - à toutes valeurs lumineuses inférieures au premier seuil est assignée une même première valeur logique ;
- à toutes valeurs lumineuses supérieures au deuxième seuil est assignée une même deuxième valeur logique ;
- à toutes valeurs lumineuses situées entre les deux seuils est
20 respectivement assignée une conversion de cette valeur représentative de cette valeur apte à être traitée par les moyens de calcul ; et
- détermination de la position de l'élément mobile à partir des données issues du module comparateur.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la
25 description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique en perspective d'un dispositif de mesure de déplacement selon l'invention ;
- la figure 2a est une vue schématique de la projection de l'image de
30 l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, l'organe optique étant dans une première position ;

- la figure 2b est une vue schématique de la projection de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, l'organe optique étant dans une deuxième position ;
- la figure 2c est une vue schématique de la projection de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, l'organe optique étant dans une troisième position ;
- la figure 3a est une alternative à la figure 2a, l'organe optique ayant une forme différente et les pixels du capteur étant alignés dans une direction horizontale ;
- la figure 3b est alternative à la figure 2a l'organe optique ayant une forme différente et les pixels du capteur étant alignés dans une direction horizontale ;
- la figure 3c est alternative à la figure 2a l'organe optique ayant une forme différente et les pixels du capteur étant alignés dans une direction horizontale ;
- la figure 4a est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un premier mode de réalisation ;
- la figure 4b est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 4c est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un troisième mode de réalisation ;
- la figure 4d est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un quatrième mode de réalisation ;

- la figure 4e est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un cinquième mode de réalisation ;
- 5 - la figure 4f est une vue schématique de la projection du contour de l'image de l'organe optique sur le capteur du dispositif selon l'invention et des pixels de ce même capteur, les pixels étant dans une configuration correspondant à un sixième mode de réalisation ;
- la figure 5a est un agrandissement d'un détail de la figure 2a ;
- 10 - la figure 5b est une alternative à la figure 5a, l'organe optique ayant un contour transversal à l'horizontale ; et
- la figure 6 est un schéma par blocs illustrant les relations entre les différents modules selon l'invention.

Le dispositif de mesure de déplacement 1 présenté à titre d'exemple à
15 la figure 1 comporte au moins une source lumineuse 2, un organe optique 4 relié à une partie mobile 5 de l'élément dont on mesure le déplacement, un capteur 6, et des moyens d'analyse 8 (représentés ici de façon schématique et non dans sa forme de réalisation finale).

La source lumineuse 2 crée un faisceau lumineux fixe 9 suivant un
20 chemin optique de façon à être capté par le capteur 6.

La source lumineuse 6 est notamment apte à émettre au moins une longueur d'onde adaptée à la sensibilité du capteur, de même que sa puissance, afin d'exploiter une grande partie de sa plage dynamique.

De manière préférentielle, le faisceau lumineux 9 qu'elle génère est
25 d'intensité homogène dans l'espace et constante dans le temps utile de la mesure par le capteur 6.

En variante, le faisceau lumineux 9 peut être plus intense en certaines zones particulières.

Dans le mode de réalisation présenté sur cette figure 1, la source
30 lumineuse est un laser générateur de ligne 10. Toutefois, d'autres solutions peuvent être envisagées.

En particulier, il peut s'agir d'une diode LED, une diode laser ou une barre de diodes lasers, un laser télécentrique, un laser pulsé, un générateur de ligne laser, ou encore des combinaisons de toutes ces solutions avec une ou plusieurs lentilles, un ensemble de fibres optiques, un cône de fibres optiques
5 (« taper » en terminologie anglo-saxonne), un collimateur, un ou plusieurs miroirs.

De façon optionnelle, la source lumineuse 2 peut être associée à un ou plusieurs dispositifs optiques 12 permettant de former un faisceau lumineux 9 plus homogène, de le dimensionner, de le déformer ou de le diriger. Dans le mode de réalisation présenté à la figure 1, le dispositif optique 12 est une lentille.

10 Dans d'autres modes de réalisation non représentés, la source lumineuse 2 est dupliquée de manière à générer des plans lumineux parallèles vers plusieurs capteurs ou un capteur à plusieurs rangées de pixels. Cette ou ces sources lumineuses sont notamment aptes à émettre plusieurs longueurs d'ondes ou des plans lumineux d'intensités différentes afin d'améliorer la fiabilité du
15 capteur. En particulier, chaque longueur d'onde émise par la ou les sources est choisie de manière à limiter les interférences avec la lumière ambiante.

Après passage à travers la lentille 12 ou tout autre dispositif optique parmi ceux-cités ci-dessus, le faisceau lumineux 9 est intercepté dans son chemin optique par l'organe optique 4.

20 L'organe optique 4 est un élément solidaire ou faisant partie de la partie mobile 5 dont on veut mesurer le mouvement. Il est de préférence réalisé dans un matériau rigide, opaque ou réfléchissant (ou possédant un revêtement réfléchissant), ou encore déviant la lumière (fibre optique) selon les différents modes de réalisation. Il est de préférence de masse négligeable par rapport à
25 celle de la partie mobile afin de limiter toute influence qu'elle pourrait avoir sur son mouvement.

L'organe optique 4 est positionné dans un plan contenant la ou les dimension(s) spatiale(s) mesurée(s) du mouvement ou dans un plan parallèle à ce dernier plan. Dans tous les cas, le plan dans lequel se trouve l'organe optique
30 4 forme une intersection avec le faisceau lumineux 9.

Dans le mode de réalisation présenté à la figure 1, la partie mobile 5 a un mouvement vertical. L'organe optique 4 est ici opaque et intercepte le faisceau

lumineux 9 qui est projeté de façon transversale, selon une direction avantageusement perpendiculaire au mouvement, c'est-à-dire horizontalement.

De cette façon, l'organe optique 4 obstrue, selon son mouvement, une partie variable du faisceau lumineux et délimite une zone variable que l'on
5 nommera par la suite zone d'ombre. Chaque partie non obstruée est alors projetée sur et captée par les pixels du capteur 6.

Dans un premier mode de réalisation alternatif non représenté, l'organe optique 4 comprend des moyens de réflexion tels qu'un ou plusieurs miroirs afin de réfléchir, selon son mouvement, une partie variable du faisceau
10 lumineux 9. Chaque portion réfléchie du faisceau lumineux 9 est alors projetée sur les pixels du capteur 6.

Dans tous les cas, les dimensions de l'organe optique 4 sont choisies de manière à ce que la longueur maximale et l'épaisseur de la zone d'ombre ou l'image lumineuse projetée sur le capteur soient adaptées aux dimensions de la
15 surface sensible totale du capteur.

Par exemple, dans le mode de réalisation présenté à la figure 1, l'organe optique de 18 μm de hauteur est centré sur un capteur linéaire de 256 pixels, chaque pixel étant un carré de 12 μm de côté.

En particulier, le faisceau lumineux 9 peut avoir une épaisseur telle que
20 la lumière qui en est issue et est projetée sur le capteur 6 recouvre une grande partie ou l'intégralité de la surface sensible des pixels du capteur 6.

Le dispositif 1 peut également comporter sur le chemin optique entre l'organe optique 4 et le capteur 6, un organe optique de projection 13, fixe, et dont le rôle est notamment d'améliorer la qualité de l'image reçue par le capteur.

25 En particulier, cet organe optique de projection 10 comprend, individuellement ou en combinaison, des moyens de mise au point de l'image optique sur le capteur, des moyens de redirection du faisceau lumineux 9 en direction du capteur 6, et des moyens de dimensionnement de l'image de l'organe optique 4 sur le capteur 6.

30 Dans le mode de réalisation présenté à la figure 1, l'organe optique de projection 13 est une lentille plano-concave.

D'autres éléments peuvent cependant être envisagés, tels qu'une lentille convergente ou convexe, un miroir, de la fibre optique, ou encore un cône de fibres optiques (« taper »).

Dans le mode de réalisation présenté à la figure 1, ainsi qu'aux figures 5 2a-c, 3a-c 4a-f et 5a-b, le capteur 6 est un capteur optique linéaire formé d'au moins une rangée de pixels alignés ou disposés selon un motif linéaire, autrement dit les pixels s'étendent le long d'une ligne pour former une surface sensible linéaire continue.

Le capteur 6 est positionné de sorte que le mouvement de l'image de 10 l'organe optique 4 sur ce dernier soit proportionnel au mouvement de la partie mobile 5 dans la ou les dimensions spatiales mesurées.

Le nombre de pixels du capteur 6 est fonction de la précision numérique additionnelle voulue par rapport à un pixel unique. Si cette précision additionnelle est de n bits, le nombre de pixels du capteur est 2^n . Ainsi, par 15 exemple, une précision additionnelle de 8 bits nécessite 256 pixels.

Le capteur 6 est notamment un capteur CCD (« Charged Coupled Device »), CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), de type photodiode array ou à obturateur électronique ou optique.

Les figures 2a-c illustrent trois positions de la zone d'ombre 14 projetée 20 par l'organe optique 4 de la figure 1. Sur ces figures, la zone d'ombre 14 est un rectangle dont les côtés sont parallèles à ceux des pixels qui se déplace le long de la direction d'alignement des pixels du capteur 6.

Sur la figure 2a, la partie mobile étant dans une position médiane, l'organe optique 4 est en une position médiane, la zone d'ombre 14 a donc une 25 position médiane sur le réseau de pixels du capteur 6.

Sur la figure 2b, l'organe optique 4 est en position haute, la zone d'ombre 14 est donc placée vers les pixels supérieurs sur le capteur 6.

Sur la figure 2c, l'organe optique 4 est en position basse, la zone d'ombre 14 est donc placée vers les pixels inférieurs sur le capteur 6.

30 Alternativement, l'organe optique 4 a deux contours non parallèles formant un angle non nul avec la direction du mouvement de l'élément mobile 5, comme par exemple l'organe optique dont la zone d'ombre 14' est représentée

aux figures 3a-3c. On notera que sur ces figures, la direction du mouvement de l'élément mobile 5 est perpendiculaire à celle de l'alignement des pixels du capteur 6.

Ici la zone d'ombre 14' a la forme d'un rectangle évidé par un triangle dont les contours des bords internes viennent obstruer la lumière reçue par les pixels du capteur 6.

Ainsi sur la figure 3a, l'organe optique 4 est en position médiane, la zone d'ombre 14' couvre ainsi les pixels périphériques et une partie des pixels de la partie centrale du réseau capteur optique 6.

Sur la figure 3b, l'organe optique 4 est en position haute, la zone d'ombre 14' couvre ainsi les pixels périphériques du capteur optique 6.

Sur la figure 3c, l'organe optique 4 est en position basse, la zone d'ombre 14' couvre ainsi quasiment tous les pixels périphériques du capteur optique 6 à l'exception des pixels médians.

On va maintenant décrire différents arrangements possibles du réseau de pixels du capteur optique 6.

Dans les modes de réalisation particuliers présentés aux figures 4c, 4e et 4f, les pixels sont alignés selon deux rangées (mais plus peuvent être envisagés) de manière à fournir une correction mécanique des mouvements latéraux indésirables de l'organe optique ou d'autres éléments du dispositif, un suréchantillonnage, et/ou une amélioration de la dynamique du capteur 6.

Par exemple, chaque rangée de pixels est sensible à une longueur d'onde différente.

Alternativement, dans les modes de réalisation présentés aux figures 4b, 4d et 4f, les pixels sont inclinés les uns par rapport aux autres.

Dans ce mode de réalisation pour lequel un agrandissement de la figure 2a est présenté à la figure 5a, le contour de la zone d'ombre et les côtés des pixels sont parallèles. Toutefois, ils peuvent être obliques comme par exemple dans le mode de réalisation illustré figure 5b.

Sur ces figures, la zone d'ombre 14 évolue avec le mouvement de la partie mobile 5 à travers le mouvement de l'organe optique 4, en l'occurrence le

long de la verticale. Ainsi la zone d'ombre 14 éclaire différents pixels du capteur 6 à chaque position.

Plus particulièrement, sur la figure 5a, la zone d'ombre 14, d'une hauteur correspondant à un pixel et demi (cette hauteur varie avec les dimensions de l'organe optique 4), assombrit entièrement le pixel 6.4 et assombrit partiellement le pixel 6.5. Les autres pixels, 6.1, 6.2, 6.3, 6.6, 6.7 et 6.8 sont quant à eux totalement éclairés par le faisceau lumineux 9 issu de la source lumineuse 2.

A chacun des pixels 6.n est allouée une valeur analogique ou numérique proportionnelle à la lumière reçue délivrée par chaque pixel. Cette valeur est ensuite analysée par les moyens d'analyse 8. En cas de mesure unique, elle permet le calcul de la position de la partie mobile 5. En cas de mesure cyclique, elle permet le calcul d'un signal numérique représentatif des vibrations de la partie mobile.

La figure 6 illustre le fonctionnement des moyens d'analyse 8 à travers les différents modules qu'il comporte. Il convient de noter que ces modules ne sont pas nécessairement indépendants et peuvent être intégrés directement dans certains éléments tels que le capteur. Par exemple, le module d'adressage peut être intégré directement au capteur.

Les valeurs électriques ou numériques des pixels du capteur 6 sont transmises au module comparateur 20 par exemple par une sortie parallèle adressée ou sous la forme d'un train d'impulsion en fonction du type de capteur utilisé.

Le module comparateur 20 trie les pixels en comparant leur valeur analogique ou numérique à un ou plusieurs seuils.

Dans un premier mode de réalisation, il n'y a qu'un seul seuil S, par exemple correspondant à la moitié de la valeur de saturation en lumière du pixel.

Les pixels délivrant une valeur inférieure à ce seuil S sont considérés comme étant exclusivement dans une zone d'ombre. Leurs valeurs sont ignorées et une valeur logique GB (groupe B pour bas) est envoyée au module de comptage 22 pour les dénombrer.

Les pixels délivrant une valeur supérieure à ce seuil S sont considérés comme étant exclusivement dans une zone éclairée. Leurs valeurs sont ignorées et une valeur logique GH (groupe H pour haut) est envoyée au module de comptage 22 pour les dénombrer.

- 5 Dans un second mode de réalisation, le module comparateur 20 trie les pixels en les comparants à deux seuils, un seuil bas SB et un seuil haut SH. Le premier seuil correspond de préférence à une valeur comprise entre 0 et 0.5 fois la valeur de saturation en lumière d'un pixel, par exemple 0.1. Le second seuil correspond de préférence à une valeur comprise entre 0.5 et 1 fois la valeur de
10 saturation en lumière d'un pixel, par exemple 0.9.

Les pixels délivrant une valeur inférieure au seuil SB sont considérés comme étant exclusivement dans une zone d'ombre. Leurs valeurs sont ignorées et une valeur logique GB (groupe B pour bas) est envoyée au module de comptage 22 pour les dénombrer.

- 15 Les pixels délivrant une valeur supérieure au seuil SH sont considérés comme étant exclusivement dans une zone éclairée. Leurs valeurs sont ignorées et une valeur logique GH (groupe H pour haut) est envoyée au module de comptage 22 pour les dénombrer.

- Les valeurs comprises entre les deux seuils sont transmises au
20 module de conversion 26. Elles correspondent aux pixels limitrophes partiellement éclairés (6.4 et 6.5 sur la figure 5a) qui déterminent le contour de l'organe optique 4.

- Le module de conversion 26 est soit un convertisseur analogique/numérique dans le cas d'un capteur optique analogique, soit un
25 convertisseur numérique/numérique dans le cas d'un capteur optique numérique ou à convertisseur intégré.

Ainsi le module de conversion 26 convertit la valeur analogique ou numérique issue du pixel analysé en une valeur logique (numérique) qui est envoyée au module de comptage 22.

- 30 Quelque soit le mode de réalisation, en parallèle au fonctionnement du module comparateur 20 et du module de conversion 26, le module d'adressage

24 collecte l'adresse de chaque pixel, autrement dit sa position physique sur le capteur.

L'adresse est soit fournie par le capteur 6, soit obtenue par identification des sorties parallèles du capteur (sorties indépendantes par pixel ou
5 par groupes de pixels, pour permettre une fréquence de lecture plus rapide), soit obtenue par le comptage d'arrivée des données en série soit une combinaison de ces moyens. Les informations collectées sont transmises au module de comptage 22.

Le module de comptage 22 dénombre et assigne les pixels à des
10 groupes en fonction des valeurs logiques transmises par le module comparateur 20. Il y associe également les informations provenant du module d'adressage 24. Ainsi, à chaque pixel est associé une adresse et une valeur logique.

Dans le cas d'un mode de réalisation à deux seuils, les valeurs logiques indiquant un pixel limitrophe (i.e. délivrant une valeur entre les seuils SB
15 et SH) permettent notamment de confirmer la bonne délimitation des groupes de pixels.

Au terme du cycle d'analyse, le nombre, le type et l'adresse des pixels contenus dans chaque groupe ainsi que leur désignation sont envoyés au module de calcul 28.

20 Le module de calcul 28 collecte les données du module de comptage 22 et corrige les éventuelles erreurs en comparant les informations reçues à des informations de référence et en calculant leur décalage numérique.

Un premier type de correction inclus la comparaison des valeurs d'adressage des pixels dits limitrophes aux pixels décomptés dans chaque
25 groupe. Si une disparité est détectée, elle est corrigée par le module de calcul 28.

Alternativement ou en complément, le module de calcul 28 utilise les informations du module de mémoire 30 qui contient des données de référence pour les comparer aux données mesurées. Ces informations correspondent aux données obtenues lorsque la partie mobile est dans sa position de référence. De
30 telles données sont réinitialisées ou enregistrées par exemple lors d'une procédure de calibration. Pour une mesure relative à la position précédente ou une mesure de déplacement on utilisera les données de la mesure précédente.

Le module de mémoire 30 peut contenir également des caractéristiques du dispositif 1 comme les dimensions de l'organe optique 4 et toute autre donnée permettant les corrections d'erreur.

En particulier, lors de la calibration, le module de mémoire intègre un point ou un ensemble de points de calibration de référence ainsi qu'un modèle d'interpolation pour les valeurs intermédiaires. Une telle interpolation suit un modèle linéaire ou inclut des modèles de déformation optique ou de distorsions électroniques.

Alternativement ou en complément, un protocole d'auto calibration est implémenté dans le dispositif 1 pour permettre la prise en compte de l'usure, des modifications du milieu dans lequel la mesure est opérée (pression, température, etc.) ou de la déformation de l'organe optique 4 ou tout autre élément du dispositif.

Pour cela les informations comme la position de repos de la partie mobile 5 et/ou les dimensions de l'organe optique 4 sont réactualisées périodiquement.

Enfin, les lois optiques concernant la projection du contour de l'organe optique 4 permet la vérification et la correction des données. En particulier, une correction trigonométrique des déplacements de l'organe optique 4 dans d'autres dimensions spatiales que celles du mouvement mesuré peut être opérée.

Une fois les éventuelles erreurs corrigées, le module de calcul 28 détermine les pixels recevant l'image du contour de l'organe optique 4. Dans le cas où l'image du contour se trouve entre deux pixels, la succession consécutive d'un pixel d'un groupe et d'un pixel d'un groupe différent indique cette position. Le premier pixel après la transition de groupe est sélectionné comme localisation du contour.

Dans le cas du mode de réalisation à deux seuils, ces pixels sont notamment à chercher dans le groupe associé aux valeurs entre les deux seuils.

Ainsi la position du contour de l'organe optique 4 est déterminée, et par voie de conséquence celle de la partie mobile 5 l'est également.

En particulier, le module de calcul 28 possède une précision $N+n$ où N est la précision en bits du module de conversion 26 et où n le nombre de pixels du

capteur. La précision du dispositif est donc augmentée par rapport à la précision du module de conversion 26.

Les modes de réalisation du dispositif et procédé présentés ci-dessus ne sont que des exemples possibles de mise en œuvre de l'invention, qui ne s'y

5 limite pas.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de mesure de déplacement d'un élément mobile se déplaçant selon au moins une direction, caractérisé en ce qu'il comprend :

- 5 - une source lumineuse adaptée à émettre un faisceau lumineux ;
- au moins un organe optique apte à intercepter le faisceau lumineux et relié audit élément mobile de manière à suivre son mouvement ;
- au moins un capteur à pixels apte à capter le faisceau transmis déterminé par la position relative de l'organe optique par rapport à la source
- 10 lumineuse, les pixels étant disposés de manière à ce que certains au moins d'entre eux reçoivent un éclairage qui varie avec la position de l'élément mobile au cours de son mouvement ;
- un module comparateur apte à comparer les valeurs issues des pixels dudit au moins un capteur à deux seuils distincts et à leur assigner des
- 15 valeurs logiques telles que :
- à toutes valeurs lumineuses inférieures au premier seuil est assignée une même première valeur logique ;
- à toutes valeurs lumineuses supérieures au deuxième seuil est assignée une même deuxième valeur logique ;
- 20 - à toutes valeurs lumineuses situées entre les deux seuils est respectivement assignée une conversion de cette valeur représentative de cette valeur apte à être traitée par les moyens de calcul ; et
- un module de calcul apte à déterminer la position de l'élément mobile à partir des données issues du module comparateur.

25 2. Dispositif de mesure de déplacement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe optique comprend un cache dont au moins une partie du contour forme un angle non nul avec ladite au moins direction du mouvement de l'élément mobile.

30 3. Dispositif de mesure de déplacement selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe optique est adapté à réfléchir une partie du faisceau lumineux.

4. Dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un second organe optique adapté à dimensionner l'image du contour du premier organe optique et à en faire la mise au point.

5 5. Dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit au moins un capteur est un capteur optique linéaire formé d'au moins une rangée de pixels disposés selon un motif linéaire.

6. Dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il réalise une correction trigonométrique des
10 déplacements de l'organe optique dans d'autres directions que celle du mouvement mesuré.

7. Dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un module d'adressage des pixels dudit au moins un capteur selon l'ordre d'arrivée des données.

15 8. Dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un module de comptage des pixels dudit au moins un capteur formant des groupes selon leur adressage et la valeur logique leur ayant été assignée.

9. Dispositif de mesure de déplacement selon les revendications 7 et 8,
20 caractérisé en ce que les valeurs d'adressage des pixels dont les valeurs captées sont situées entre lesdits premier et second seuils sont comparés au nombre de pixels décomptés dans chaque groupe.

10. Microphone caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de mesure de déplacement selon l'une des revendications 1 à 9.

25 11. Procédé de mesure de déplacement d'un élément mobile se déplaçant selon au moins une direction, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- émission d'un faisceau lumineux ;
- positionnement d'un organe optique apte à intercepter le faisceau
30 lumineux et relié audit élément mobile de manière à suivre son mouvement ;
- captage par un capteur à pixels du faisceau transmis déterminé par la position relative de l'organe optique par rapport à la source lumineuse, les

pixels étant disposés de manière à ce que certains au moins d'entre eux reçoivent un éclairage variant avec la position de l'élément mobile au cours de son mouvement ;

- comparaison de valeurs issues du captage à deux seuils distincts de
- 5 manière à leur assigner des valeurs logiques telles que :
 - à toutes valeurs lumineuses inférieures au premier seuil est assignée une même première valeur logique ;
 - à toutes valeurs lumineuses supérieures au deuxième seuil est
 - 10 assignée une même deuxième valeur logique ;
 - à toutes valeurs lumineuses situées entre les deux seuils est respectivement assignée une conversion de cette valeur représentative de cette valeur apte à être traitée par les moyens de calcul ; et
 - détermination de la position de l'élément mobile à part des données issues du module comparateur.