

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.09.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.03.23 Bulletin 23/11.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public — FR.

72 Inventeur(s) : HUDIN Charles, HAFEZ Moustapha,
HEHN Nicolas et PANÉELS Sabrina.

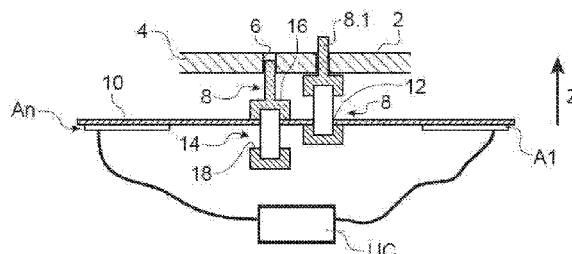
73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sement public.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 DISPOSITIF A SURFACE RECONFIGURABLE, NOTAMMENT AFFICHEUR POUR AFFICHER DES
CARACTERES BRAILLE.

57 Afficheur tactile comportant une surface d'affichage
(2) munie de perçages (6), une plaque (10) guide d'onde,
munie de perçages (12), des picots (8), chaque picot (8)
étant monté coulissant dans un perçage (6) de la surface
d'affichage (2) et un perçage (12) de la plaque guide d'onde
(10) dans une direction (Z), entre une première position et
une deuxième position, des actionneurs (A1) fixés à la
plaque guide d'onde (10) provoquant un déplacement hors-
plan de la plaque guide d'onde, et une unité de commande
(UC) commandant les actionneurs (A1) selon le procédé de
focalisation d'onde par retournement temporel, de sorte que
les actionneurs (A1) génèrent une onde dans la plaque
guide d'onde (10) localisée au niveau du ou des picots (8) à
activer, qui génère une impulsion dans la plaque guide
d'onde (10) et provoque déplacement du ou des picots (8)
qui passe(nt) du position à l'autre, des moyens de maintien
dudit picot (8) dans chacune des positions.

Figure pour l'abrégé : 1.



Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF A SURFACE RECON- FIGURABLE, NOTAMMENT AFFICHEUR POUR AFFICHER DES CARACTERES BRAILLE

[0001] **DOMAINE TECHNIQUE ET ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

[0002] La présente invention se rapporte à un dispositif à surface reconfigurable, notamment un afficheur tactile, notamment pour afficher des caractères Braille, présentant un encombrement réduit.

[0003] On cherche à réaliser des afficheurs tactiles capables d'afficher des caractères Braille, ce type d'afficheur est appelé « plage Braille » ou « Braille display » en terminologie anglo-saxonne.

[0004] Les personnes malvoyantes peuvent lire un texte qui a été traduit dans l'alphabet Braille, dans lequel chaque caractère est représenté dans une matrice de six points sur deux colonnes, chaque caractère étant formé par un à six points en relief. L'accès à des contenus numériques en utilisant l'alphabet Braille requiert l'utilisation d'une plage Braille qui est un objet lourd, encombrant, fragile et coûteux.

[0005] Chaque caractère Braille est représenté par une cellule Braille pouvant comporter 1 à 6 points.

[0006] Une plage Braille est constituée de plusieurs centaines de picots de diamètre de l'ordre de 1,5 mm et distant d'environ 2,5 mm. La hauteur typique d'un point Braille est de l'ordre de 0,5 mm. La force de maintien d'un picot est de l'ordre de 0,15 N.

[0007] Chaque point doit pouvoir être actionné indépendamment.

[0008] Un exemple d'un afficheur pouvant être utilisé comme plage Braille est décrit dans le document *J. J. Zarate and H. Shea, "Using pot-magnets to enable stable and scalable electromagnetic tactile displays", IEEE Transactions on Haptics, 2016, pp. 1-8*. Cet afficheur comporte des picots montés coulissant à travers une plaque. Chaque picot comporte un aimant et un actionneur formé par une bobine électromagnétique est disposé sous le picot. Le sens du courant circulant dans la bobine détermine le déplacement vers le haut ou vers le bas du picot. Cet afficheur requiert un actionneur par picot. L'encombrement est donc important. En outre, l'espace disponible entre les picots est limité du fait de la position relative des picots imposée dans le cas d'une plage Braille. En outre, le courant électrique requis pour activer un picot et relativement important, de l'ordre de 0,7 A, ce qui limite le nombre de picots actionnables simultanément. Le courant requis peut être réduit en augmentant la taille des aimants, ce qui réduit la densité d'actionneurs et donc de picots. En outre, le maintien en position requiert une alimentation électrique continue des bobines, ce qui est très

consommateur d'énergie. Il est proposé d'ajouter des dispositifs de verrouillage mais ceux-ci ne sont pas décrits, et dans tous les cas l'ajout de tels dispositifs seraient encombrants, complexes à mettre en œuvre et augmenterait le temps pour faire passer le picot d'un état à un autre.

Exposé de l'invention

[0009] C'est par conséquent un but de la présente invention d'offrir un dispositif à surface reconfigurable ne présentant pas les inconvénients ci-dessus.

[0010] Le but énoncé ci-dessus est atteint par un dispositif à surface reconfigurable comportant au moins un picot monté coulissant à travers une plaque, ledit picot étant apte à prendre au moins deux positions, et au moins un actionneur pour faire passer le picot au moins d'une position à l'autre, des moyens de maintien de chaque picot dans l'une de ses positions, une plaque formant guide d'onde en interaction avec ledit picot, et une unité de commande configurée pour commander ledit au moins un actionneur en utilisant le procédé de focalisation d'onde par retournement temporel, de sorte qu'il génère une onde dans le guide d'onde localisée au niveau du picot, qui provoque l'apparition d'une impulsion hors-plan dans le guide d'onde et le déplacement dudit picot de sorte à la faire passer d'une position à l'autre. Ainsi l'actionneur peut être éloigné du picot, notamment il n'est plus nécessaire qu'il se soit aligné avec celui-ci dans la direction verticale comme cela est le cas dans les dispositifs de l'état de la technique.

[0011] Avantageusement, les moyens de maintien sont bistables, ce qui permet de ne pas requérir d'énergie pour maintenir le picot dans l'une ou l'autre des positions.

[0012] Dans un mode de réalisation, les moyens de maintien bistables sont de type magnétique, l'énergie délivrée par l'actionneur est suffisante pour faire passer le picot d'une position stable à l'autre. Par exemple chaque picot porte un aimant. Dans un autre mode de réalisation, les moyens de maintien bistables sont mécaniques.

[0013] Dans un autre mode de réalisation, les moyens de maintien sont de type électrostatique.

[0014] En d'autres termes, les inventeurs ont pensé à associer le principe de retournement temporel et un système de maintien en position, l'onde générée par retournement temporel est focalisée en une ou plusieurs zones formant une source d'énergie mécanique donnant l'impulsion de changement d'état et le changement d'état est assisté et confirmé par les moyens de maintien.

[0015] La présente invention est d'autant plus avantageuse lorsque plusieurs picots et plusieurs actionneurs sont mis en œuvre. D'une part les actionneurs peuvent être disposés à distance des picots, par exemple ils peuvent être disposés sur le bord du guide d'onde. D'autre part, un nombre d'actionneurs inférieur au nombre de picots est

avantageusement mis en œuvre. Ainsi l'encombrement des moyens d'actionnement sont réduits par rapport aux dispositifs de l'état de la technique.

- [0016] En outre, les picots sont activés à distance et plusieurs picots peuvent être activés simultanément.
- [0017] De manière particulièrement avantageuse, le dispositif à surface reconfigurable forme un afficheur tactile, notamment un afficheur de caractères Braille.
- [0018] Un objet de la présente demande est alors un dispositif à surface reconfigurable comportant une surface reconfigurable munie de m perçages, m étant un entier positif au moins égal à 1, une plaque formant guide d'onde, dite plaque guide d'onde, m picots, chaque picot étant monté coulissant dans un perçage de la surface reconfigurable dans une direction orthogonale à la plaque guide d'onde, et apte à prendre une première position et une deuxième position, au moins dans la deuxième position, une extrémité du picot faisant saillie de la surface reconfigurable, au moins un actionneur fixé à la plaque guide d'onde apte à provoquer un déplacement hors-plan de la plaque guide d'onde, et une unité de commande configurée pour commander ledit au moins un actionneur selon le procédé de focalisation d'onde par retournement temporel, de sorte que ledit actionneur génère une onde dans la plaque guide d'onde localisée au niveau du au moins un picot, qui génère une impulsion dans la plaque guide d'onde et provoque le déplacement dudit picot de sorte à le faire passer au moins de la première position à la deuxième position, et des moyens de maintien dudit picot au moins dans la deuxième position.
- [0019] Dans un exemple avantageux, les moyens de maintien sont des moyens de maintien bistables configurés pour que ladite impulsion provoque le passage d'un état stable vers l'autre état stable.
- [0020] Par exemple, les moyens de maintien bistables sont tels qu'ils exercent un effort de rappel maintenant le picot dans la première position et un effort de rappel maintenant le picot dans la deuxième position.
- [0021] Avantageusement la plaque guide d'onde est munie de m perçages, chaque perçage de la plaque guide d'onde étant aligné avec un perçage de la surface reconfigurable, chaque picot étant monté coulissant dans un perçage de la surface reconfigurable et un perçage de la plaque guide d'onde.
- [0022] Dans un exemple de réalisation, le picot comporte un premier épaulement configuré pour être en appui contre la plaque guide d'onde dans la première position et un deuxième épaulement configuré pour être en appui contre la plaque guide d'onde dans la deuxième position.
- [0023] Dans un autre exemple de réalisation, les moyens de maintien bistables comportent soit au moins un aimant solidaire du picot et une plaque guide d'onde en matériau ferromagnétique, soit au moins un aimant solidaire de la plaque guide d'onde et un

élément en matériau ferromagnétique solidaire du picot.

- [0024] Les premier et deuxième épaulements peuvent être portés par des aimants permanents et la plaque guide d'onde est en matériau ferromagnétique. En variante, les premier et deuxième épaulements sont portés par des éléments en matériau ferromagnétique et la plaque guide d'onde porte des aimants permanents ou est un aimant permanent.
- [0025] Les moyens de maintien bistables sont mécaniques.
- [0026] En variante, les moyens de maintien sont électrostatiques, au moins le deuxième épaulement formant une électrode et la plaque portant la surface reconfigurable forme une électrode.
- [0027] Selon une caractéristique additionnelle, ledit au moins un actionneur est apte à générer des ondes de flexion ou des ondes de Lamb dans la plaque guide d'onde.
- [0028] Avantageusement, le dispositif à surface reconfigurable comporte plusieurs actionneurs répartis sur les bords de la plaque guide d'onde.
- [0029] Un autre objet de la présente demande est un afficheur tactile comportant un dispositif à surface reconfigurable selon l'invention, dans lequel la surface reconfigurable est une surface d'affichage tactile et le dispositif comporte une pluralité de picots.
- [0030] Très avantageusement, les picots, lorsqu'ils sont dans leur deuxième position, ne font pas saillie de la surface d'affichage, ledit afficheur formant une plage Braille.
- [0031] Un autre objet de la présente demande est un procédé d'affichage tactile sur un afficheur tactile selon l'invention, comportant plusieurs picots, ledit procédé comportant :
 - la sélection des picots à faire passer de la première position à la deuxième position ou inversement, à partir d'un contenu numérique à afficher,
- [0032] - l'envoi d'au moins un ordre audit au moins un actionneur de modifier la position des picots sélectionnés,
 - la génération par le au moins un actionneur d'ondes focalisées dans la plaque guide d'onde au niveau des picots sélectionnés, ladite focalisation étant obtenue par le procédé de focalisation par retournement temporel.

Brève description des dessins

- [0033] La présente invention sera mieux comprise sur la base de la description qui va suivre et des dessins en annexe sur lesquels:
- [0034] [Fig.1] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon un premier de mode de réalisation,
- [0035] [Fig.2] est une vue de dessus d'un plaque guide d'onde munie d'actionneurs pouvant

être mise en œuvre dans la présente invention,

- [0036] [Fig.3A] est une représentation graphique de l'énergie potentielle en mJ d'un picot du dispositif de la [Fig.1] en fonction de de sa position dans la direction Z,
- [0037] [Fig.3B] est une représentation graphique de la force de rappel en N s'appliquant à un picot du dispositif de la [Fig.1] en fonction de de sa position dans la direction Z,
- [0038] [Fig.4] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un afficheur tactile selon le premier de mode de réalisation,
- [0039] [Fig.5] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon le premier de mode de réalisation,
- [0040] [Fig.6] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon le premier de mode de réalisation,
- [0041] [Fig.7] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon le premier de mode de réalisation,
- [0042] [Fig.8] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon le premier de mode de réalisation,
- [0043] [Fig.9] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un autre exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon le premier de mode de réalisation,
- [0044] [Fig.10] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon un deuxième mode de réalisation,
- [0045] [Fig.11A] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'un exemple de réalisation d'un dispositif à surface reconfigurable selon un troisième de mode de réalisation,
- [0046] [Fig.11B] est une représentation schématique d'une variante du dispositif de la [Fig.11A],
- [0047] [Fig.12] est une transcription de la lettre d en Braille,
- [0048] [Fig.13] est une représentation schématique d'une vue en coupe longitudinale d'une variante du dispositif de la [Fig.1].

[0049] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

- [0050] La description qui va suivre portera plus particulièrement un afficheur tactile notamment un afficheur tactile formant une plage Braille, mais la présente demande porte plus généralement sur un dispositif à surface reconfigurable comme cela sera

décrit ci-dessous.

- [0051] Par ailleurs, l'afficheur tactile selon l'invention peut être utilisé pour afficher tac-
tilement des images ou tout autre contenu.
- [0052] Sur la [Fig.1], on peut voir une vue en coupe partielle d'un afficheur tactile selon un
exemple d'un premier mode de réalisation.
- [0053] L'afficheur comporte une surface d'affichage 2 ou surface de lecture portée par une
plaque 4. Dans l'exemple représenté l'afficheur a une forme rectangulaire mais cette
forme n'est pas limitative et toute autre forme telle que circulaire ou ovale, voire toute
autre forme ne sort pas du cadre de la présente invention.
- [0054] La plaque 4 comporte une pluralité de perçages 6 normaux à la plaque 4. L'afficheur
comporte des picots 8, chaque picot 8 étant monté coulissant dans un perçage 6 le long
d'une direction Z normale à la plaque 4.
- [0055] L'afficheur comporte également un guide d'onde ([Fig.2]) formé par une plaque 10
en matériau ferromagnétique percée d'autant de perçages 12 que de perçages 6, chaque
perçage 12 étant aligné avec un perçage 6 dans la direction Z. Chaque picot 8 est
monté coulissant à la fois dans un perçage 6 et dans un perçage 12.
- [0056] Dans cet exemple, chaque picot 8 est configuré pour prendre deux positions stables,
une première position dite position basse, dans laquelle le picot ne fait pas saillie de la
surface de lecture, et une deuxième position dite position haute, dans laquelle le picot
fait saillie de la surface de lecture.
- [0057] La plaque 10 a dans l'exemple représenté et de manière préférée les mêmes di-
mensions extérieures que la plaque 4.
- [0058] L'afficheur comporte au moins un actionneur A1, de préférence plusieurs actionneurs
A1, A2, A3...An fixés sur le guide d'onde. Dans l'exemple représenté et de manière
avantageuse les actionneurs sont fixés le long des bords de la plaque guide d'onde, ce
qui permet de laisser libre toute la zone centrale pour les picots. De préférence, les ac-
tionneurs ne sont pas disposés sur les axes de symétrie de la plaque guide d'onde ce qui
est favorable à l'obtention d'une focalisation précise des ondes. Les actionneurs
peuvent être des actionneurs piézoélectriques, par exemple en céramique piézo-
électrique. En variante, les actionneurs sont électromagnétiques.
- [0059] Les actionneurs sont tels qu'ils sont aptes à générer des ondes provoquant un dé-
placement hors-plan du guide d'onde, typiquement il s'agit d'ondes de flexion ou
d'ondes de Lamb, par exemple le mode de Lamb A0.
- [0060] L'afficheur comporte également une unité de commande UC configurée pour
commander les actionneurs de sorte qu'ils focalisent les ondes générés en des points
donnés par le procédé de focalisation par retournement temporel dont le principe est
décrit dans le document *C. Hudin, J. Lozada, and V. Hayward, 'Localized Tactile
Feedback on a Transparent Surface through Time-Reversal Wave Focusing', IEEE*

Transactions on Haptics, vol. 8, no. 2, pp. 188–198, Apr. 2015. L'unité de commande est reliée aux actionneurs par exemple par des fils électriques.

[0061] Pour focaliser l'onde sous un picot et générer l'impact, chaque actionneur est piloté avec un signal correspondant à la réponse impulsionnelle entre cet actionneur et le point focal.

[0062] Nous allons décrire brièvement le principe de la focalisation par retournement temporel.

[0063] Le principe du retournement temporel des ondes repose sur l'invariance de l'équation de propagation d'ondes par renversement du temps et sur le principe de réciprocité.

[0064] Soit :

[Math 1]

$$h(x_a | x_q, y_a | y_q, t)$$

le déplacement hors plan de la surface enregistré au cours du temps t en un point de coordonnées (x_a, y_a) après qu'un signal impulsionnel a été émis par un actionneur en (x_q, y_q) . On appelle $h(x_a | x_q, y_a | y_q, t)$ la réponse impulsionnelle entre les points a et q .

[0065] En considérant que la réponse du système plaque et actionneur est linéaire, si l'actionneur situé en q émet non plus une impulsion mais un signal $s_q(t)$, le déplacement au point a en est alors donné par :

[Math 2]

$$u(x_a, y_a, t) = h(x_a | x_q, y_a | y_q, t) \otimes s_q(t) \text{ avec } \otimes \text{ l'opérateur de}$$

convolution.

Ainsi, si l'actionneur situé en q émet, non plus une impulsion mais la réponse impulsionnelle retournée temporellement depuis l'instant T jusqu'à l'instant initial $t = 0$, soit :

[Math 3]

$$s_q(t) = h(x_a | x_q, y_a | y_q, T - t) \text{ avec } 0 < t < T,$$

le déplacement produit en un point b quelconque sera :

[Math 4]

$$\begin{aligned} u(x_b, y_b, t) &= h(x_b | x_q, y_b | y_q, t) \otimes s_q(t) = h(x_b | x_q, y_b | y_q, t) \otimes h(x_a | x_q, y_a | y_q, T - t) \\ &= \int_0^t h(x_b | x_q, y_b | y_q, t - \xi) h(x_a | x_q, y_a | y_q, T - \xi) d\xi \end{aligned}$$

Le déplacement est ainsi le résultat de l'intégrale du produit de deux fonctions qui ne sont a priori pas corrélées, dont le résultat est donc de moyenne nulle. On a en un point

b et un instant t quelconques un déplacement de moyenne nulle qui constitue une vibration de fond présente sur l'ensemble de la plaque. En revanche, à l'instant $t = T$ correspondant à la fin de la phase d'émission par l'actionneur, on obtient au point a un déplacement :

[Math 5]

$$u(x_a, y_a, T) = \int_0^T h(x_a | x_q, y_a | y_q, T - \xi)^2 d\xi$$

On intègre cette fois une quantité strictement positive. Le résultat est un déplacement non nul de grande amplitude. Ce déplacement est obtenu uniquement au point a et à l'instant T , d'où la focalisation des ondes dans l'espace et dans le temps.

[0066] Dans le cas où Q actionneurs sont utilisés, leurs contributions s'additionnent pour donner :

[Math 6]

$$u(x, y, t) = \sum_{q=1}^Q u_q(x, y, t)$$

Le contraste est défini comme le rapport entre le déplacement au point de focalisation au temps T et l'écart type de ce déplacement en un point quelconque b . Il est obtenu par la relation :

[Math 7]

$$C = \sqrt{BT_c} \sqrt{\frac{Q\tau(1 - e^{-2T/\tau})}{(Q+1)\tau(1 - e^{-\frac{2T}{\tau}}) + T_c}}$$

Avec Q le nombre d'actionneurs, T la durée de la fenêtre de retournement, τ la constant de temps d'atténuation des vibrations dans la plaque et T_c le temps caractéristique de la plaque ou densité modale de la plaque en secondes, ou mode propre par Hz et $B = f_{max} - f_{min}$ la bande passante, en hertz des signaux émis par les actionneurs.

[0067] Dès lors que la focalisation est répétée dans le temps avec une période T_r , le contraste est affecté selon la relation :

[Math 8]

$$\hat{C} = C\sqrt{1 - e^{-2T_r/\tau}}$$

Pour préserver le contraste, les focalisations successives sont répétées avec une période $T_r \geq \tau$.

[0068] La fréquence moyenne des signaux définit la résolution maximale atteignable par la relation :

[Math 9]

$$R_s = \sqrt[4]{\frac{D}{\rho_s}} \sqrt{\frac{8}{2\pi f_m}}$$

Avec R_s la résolution spatiale, ou largeur à mi-hauteur du point de focalisation, $f_m = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}$ la fréquence moyenne des signaux émis, D la rigidité en flexion et ρ_s la masse par unité de surface de la plaque. Les réponses impulsionnelles $h(t)$ peuvent être obtenues soit de façon expérimentale en enregistrant effectivement les réponses impulsionnelles, soit par simulation, soit de manière analytique lorsque la géométrie reste simple.

[0069] On réalise ensuite une base de données des réponses impulsionnelles retournées en différents points ou zone de la surface situés sous les picots par étalonnage, cette base de données est utilisée pour générer les signaux envoyés aux actionneurs. Il peut être envisagé de ne pas réaliser une base de données des points sous tous les picots, et de déterminer les réponses impulsionnelles entre les points de la base de données, par exemple par interpolation, ce qui permet de réduire le temps de réalisation de la base de données et sa taille.

[0070] Pour faire basculer un picot de son état bas à son état haut, l'impact généré par le guide d'onde sur le picot 8 est dirigé vers le haut. Pour le faire basculer de son état haut à son état bas, l'impact est dirigé vers le bas. Ce changement de direction s'obtient par exemple en multipliant le signal de pilotage des actionneurs par un facteur -1.

[0071] De même, pour actionner simultanément plusieurs picots, on peut additionner les réponses impulsionnelles correspondant à chaque picot et piloter les actionneurs avec cette somme. On obtient alors une focalisation en plusieurs points, éventuellement dans des directions différentes selon la bascule souhaitée.

[0072] L'amplitude de l'impulsion sous chaque picot dépend de la tension efficace de pilotage et du nombre de picots simultanément actionnés. Une forte puissance permet de commuter plusieurs picots simultanément.

- [0073] La tâche de focalisation peut être plus grande que la section d'un picot, mais le maximum de la vitesse de déplacement de la plaque guide d'onde est situé sous le picot à activer, seul ce picot sera activé. La vitesse de la plaque guide d'onde en dehors de la zone du maximum de vitesse décroît rapidement. Pour une résolution spatiale égale à deux fois la distance entre deux picots, les picots adjacents au picot à activer ont une vitesse de l'ordre de 50% de la vitesse de picot à activer. Ils ne sont alors pas activés.
- [0074] Pour maximiser la qualité de focalisation, la plaque guide d'onde peut être telle qu'elle favorise le caractère chaotique de la propagation des ondes dans la plaque en lui donnant une géométrie complexe associant bords rectilignes et bords courbés, en évitant les axes de symétrie et en maintenant la plaque de façon inhomogène.
- [0075] Ainsi tout ou partie des actionneurs $A_1, \dots, A_n$ sont commandés pour focaliser les ondes qu'ils génèrent dans le guide d'onde au niveau des perçages 12 dans lesquels sont montés les picots. Les actionneurs peuvent focaliser leurs ondes en un ou plusieurs points du guide d'onde.
- [0076] L'unité de commande génère ses ordres aux actionneurs sur la base d'un contenu numérique à affiche, par exemple une page d'un livre. Elle traduit ce contenu en picots à actionner et en emplacements d'impulsion à générer dans la plaque guide d'onde.
- [0077] Les picots 8 sont configurés pour être sensibles aux mouvements hors-plan localisés provoqués par la commande des actionneurs.
- [0078] Les picots 8 sont tous de structure similaire, un seul picot sera décrit en détail.
- [0079] Le picot 8 comporte un aimant permanent 14 de forme cylindrique de révolution de diamètre tel qu'il coulisse dans le perçage 12 et est guidé par celui-ci. L'axe de l'aimant est orienté dans la direction Z. Les pôles de l'aimant sont situés aux extrémités longitudinales de l'aimant.
- [0080] Le picot 8 comporte également un premier épaulement 16 et un deuxième épaulement 18, les épaulements 16, 18 étant situés de part et d'autre de la plaque guide d'onde 10. Le premier épaulement 16 est orienté de sorte que celui-ci soit en appui sur une première face du guide d'onde en regard de la plaque 4 lorsque le picot est dans sa première position. Le deuxième épaulement 18 est orienté de sorte que celui-ci soit en appui sur une deuxième face du guide d'onde opposée à la première face, lorsque le picot est dans sa deuxième position.
- [0081] En outre le picot 8 comporte une extrémité 8.1 destinée à faire saillie de la surface de lecture. Dans l'exemple représenté, le perçage 10 a un diamètre inférieur à celui du perçage 12, le diamètre de l'extrémité 8.1 est inférieur à celui de l'aimant. En variante, l'extrémité 8.1 du pion et l'aimant ont le même diamètre.
- [0082] Dans cet exemple, le premier épaulement 16 et le deuxième épaulement 18 sont rapportés sur les extrémités longitudinales de l'aimant.

- [0083] Le fonctionnement de l'afficheur de la [Fig.1] va maintenant être décrit en relation avec les figures 3A et 3B.
- [0084] La coopération de l'aimant 14 et de la plaque guide d'onde ferromagnétique 10 génère une force de rappel entre le picot 8 et la plaque ferromagnétique 10 telle que, soit le picot 8 est poussé vers le bas vers sa première position stable, le premier épaulement 16 étant en appui contre la première face du guide d'onde 10, soit le picot 8 est poussé vers le haut vers sa deuxième position stable, le deuxième épaulement 18 étant en appui contre la deuxième face du guide d'onde 10. Sur la [Fig.3A], on peut voir l'énergie potentielle E_p en mJ d'un picot 8 en fonction de sa position en mm le long de la direction Z, le sens positif va du bas vers le haut. La position $z = 0$ correspond à la position dans laquelle la mi-hauteur de l'aimant coïncide avec le plan médian de la plaque guide d'onde, qui est un maximum local et un point d'équilibre instable. On constate que l'énergie potentielle comporte deux puits aux positions -2,5 mm et +2,5 mm environ, qui correspondent aux positions stables théoriques du picot.
- [0085] Δz correspond au déplacement selon Z du picot entre les positions basse et haute.
- [0086] De préférence, les positions des premier et deuxième épaulements sont des positions hors équilibres PHE1, PHE2 telle que la force de rappel exercée par l'aimant sur le picot plaque le premier épaulement 16 ou le deuxième épaulement 15 sur la première face ou la deuxième face du guide d'onde 10 respectivement. En outre l'énergie requise pour passer d'un état à l'autre désignée ΔE sur la [Fig.3A] est de ce fait plus faible. Sur la [Fig.3B], on peut voir représentée la force de rappel F en N générée par l'aimant en fonction de la position de l'aimant le long de la direction Z en mm.
- [0087] En dehors des phases de transition, le premier épaulement 16 ou le deuxième épaulement 18 est plaqué contre la première ou la deuxième face du guide d'onde 10 respectivement.
- [0088] Dans cet exemple, en position basse le picot 8 est à une position z de -1,7 mm environ et l'aimant exerce une force de rappel de -3,2 N environ. En position haute, le picot 8 est à une position z de 1,7 mm environ et l'aimant exerce une force de rappel de 3,2 N environ.
- [0089] Le passage d'une position stable à l'autre est obtenu par l'énergie cinétique fournie par l'impulsion de la déformation hors-plan des ondes focalisées dans le guide d'onde sous le picot concerné.
- [0090] L'énergie cinétique transmise est déterminée de sorte à être supérieure à la barrière de potentiel ΔE entre les deux positions du picot.
- [0091] L'énergie cinétique du picot s'écrit $E_c = \frac{1}{2}MV^2$ avec M sa masse et V sa vitesse. On peut donc définir une vitesse de libération $|V| = \sqrt{\frac{2\Delta E}{M}}$ à partir de laquelle le picot acquiert suffisamment d'énergie pour basculer d'un état à l'autre.

- [0092] L'unité de commande les actionneurs de sorte à focaliser les ondes sur une ou plusieurs zones du guide d'onde situés sous les picots.
- [0093] En outre, l'unité de commande les actionneurs de sorte qu'ils génèrent une impulsion orientée vers le haut ou vers le bas pour faire passer le picot d'une position haute à une position basse et inversement.
- [0094] Par exemple, on souhaite afficher tactilement la lettre.
- [0095] Sur la [Fig.12], on peut voir la transcription du d en braille. Chaque point comporte un numéro de 1 à 6.
- [0096] L'unité de commande les actionneurs de sorte qu'ils génèrent des impulsions vers le haut sous les picots 1, 4 et 5 de sorte à faire passer uniquement ces picots en position haute, les picots 2, 3, 6, restant en position basse.
- [0097] Lorsqu'un autre caractère doit être affiché à la place du d, de préférence l'unité de commande UC commande les actionneurs pour qu'ils génèrent des impulsions vers le bas sous les picots 1, 4 et 5 afin qu'ils passent en position basse. Tous les picots sont en position basse. Ensuite des impulsions sont générées sous les picots que l'on souhaite faire passer en position haute.
- [0098] La coopération de l'aimant et de la plaque ferromagnétique forme des moyens de maintien bistable qui assurent un maintien en position sans apport d'énergie, ce qui est particulièrement adapté à un afficheur tactile portable.
- [0099] En outre l'invention permet une vitesse de rafraîchissement compatible avec l'affichage Braille. En effet, le temps de focalisation est de l'ordre de quelques milli-secondes.
- [0100] Pour une plage Braille, le système bistable est par exemple dimensionné pour obtenir une extrusion Δz du picot entre environ 0,5 mm et environ 1 mm et une force de maintien de l'ordre de 0,15 N.
- [0101] Selon les standards de l'écriture Braille, l'entraxe entre deux points adjacents est de l'ordre de 2,7 mm, la distance entre les axes de deux picots et alors choisie de l'ordre de 2,7 mm. Grâce à l'invention, puisque les actionneurs ne sont pas sous chaque picot, une telle disposition relative des picots est facilement atteignable.
- [0102] La présente invention peut s'appliquer à l'affichage d'autres éléments, par exemple des contours ou des images, dans ce cas les distances entre picots peuvent être plus ou moins grandes. Il peut être envisagé de réaliser un afficheur tactile comportant des picots dont l'entraxe est de 1,3 mm. Lorsque des images sont affichées tous ou partie des picots peuvent être activés et lorsque des caractères sont à afficher, un picot sur deux est activé pour retrouver les standards d'affichage de l'écriture Braille.
- [0103] L'actionnement par focalisation par retournement temporel permet d'actionner le ou les picots souhaités sans affecter les autres. Ainsi dans le cas d'une écriture Braille chacun des six picots d'un caractère peut être activé indépendamment sans risquer

d'activer par erreur un picot voisin.

- [0104] Grâce à l'invention, on peut activer à distance n'importe quel picot à partir d'un ensemble réduit d'actionneurs. Le nombre d'actionneurs est indépendant du nombre de points de la matrice de picots, néanmoins ce nombre est lié à la puissance nécessaire à l'actionnement d'un picot et à la vitesse de rafraîchissement souhaitée. Il est envisageable de réaliser un dispositif à un seul actionneur et plusieurs picots.
- [0105] Sur les figures 4 à 11, on peut voir représentés différents afficheur comportant au moins deux picots, l'un des picots étant en position basse et l'autre picot étant en position haute.
- [0106] Sur la [Fig.4], on peut voir un autre exemple d'afficheur tactile selon le premier mode de réalisation.
- [0107] Dans cet exemple, l'aimant permanent unique 14 de chaque picot 108 est remplacé par deux aimants 114.1, 114.2 séparés par un élément en matériau amagnétique 115. L'aimant 114.1 est en contact avec le premier épaulement 116, l'aimant 114.2 est en contact avec le deuxième épaulement 118. La masse des picots est ainsi réduite, ce qui diminue l'énergie d'activation par rapport à l'afficheur de la [Fig.1]. Le fonctionnement est similaire à celui de l'afficheur de la [Fig.1]. La force de rappel s'exerce soit principalement entre l'aimant 114.1 et la plaque guide d'onde 110, soit principalement entre l'aimant 114.2 et la plaque guide d'onde 110.
- [0108] Sur la [Fig.5], on peut voir un autre exemple d'afficheur selon le premier mode de réalisation, dans lequel les picots 208.1, 208.2 comportent chacun deux aimants, 214.1, 214.2, l'un 214.1 étant disposé entre le guide d'onde 210 ferromagnétique et la plaque portant la surface de lecture 204, l'autre 214.2 étant situé de l'autre côté de la plaque guide d'onde 210. Les aimants sont par exemple en forme d'anneau. Dans l'exemple représenté des cales 215.1, 215.2 en matériau amagnétique sont en contact avec la face de chaque aimant orientée vers une face de la plaque guide d'onde 210, ce qui permet de réduire la force d'attraction entre chaque aimant et la plaque ferromagnétique. Un picot sans cale ou avec uniquement une cale ne sort pas du cadre de la présente demande.
- [0109] Sur la [Fig.6], on peut voir un autre exemple d'afficheur selon le premier mode de réalisation dans lequel les aimants permanents sont fixés à la plaque guide d'onde 310. Chaque picot 308 comporte une tige 320 montée coulissante dans la plaque guide d'onde et dans la plaque 4. Chaque tige comporte des extensions transversales 322, 324 portant les premier 316 et deuxième 318 épaulements. Les extensions transversales sont en matériau ferromagnétique.
- [0110] La plaque guide d'onde 310 porte pour chaque picot 308 des aimants 314.1, 314.2 montés pour l'un sur une face de la plaque et pour l'autre sur l'autre face de la plaque et entourant le passage 312 respectivement. Les aimants sont en forme d'anneau. En

position basse, l'extension transversale 322 vient en appui contre l'aimant 314.1 et en position haute l'extension transversale 324 vient en appui contre l'aimant 314.2.

- [0111] Dans cet exemple, la plaque guide d'onde peut être réalisée dans un matériau différent d'un matériau ferromagnétique.
- [0112] Le fonctionnement de l'afficheur de la [Fig.6] est similaire à celui de l'afficheur de la [Fig.1], mais les forces de rappel sont générées entre les aimants et les extensions transversales en matériau ferromagnétique.
- [0113] Sur la [Fig.7], on peut voir un autre exemple de réalisation d'un afficheur tactile selon le premier mode de réalisation.
- [0114] Dans cet exemple, l'aimant 414 est porté par le picot 408 et est situé à l'extrémité longitudinale du picot située à l'opposé de l'extrémité destinée à faire saillie de la surface de lecture. En outre, l'afficheur comporte en plus de la plaque portant la surface de lecture et la plaque guide d'onde, une structure ferromagnétique 426 parallèle à la plaque guide d'onde et située à l'opposé de la plaque 404 par rapport à la plaque guide d'onde.
- [0115] La structure ferromagnétique 426 comporte deux plaques ferromagnétiques 428 séparées par un matériau amagnétique 430. La structure comporte des perçages 432 alignés avec les perçages 412 de la plaque guide d'onde 410 et dans chacun desquels est monté coulissant l'extrémité d'un picot comportant l'aimant.
- [0116] Chaque picot comporte deux extensions transversales 422, 424.
- [0117] Pour chaque picot, l'aimant 414 tend à s'aligner sur l'une ou l'autre des plaques ferromagnétiques 428 et à exercer une force de rappel. Sur la [Fig.7], le picot 408 est en position basse, l'aimant 414 est aligné avec la plaque 426, et l'extension transversale 422 est plaquée contre la première face de la plaque guide d'onde 410. Lorsqu'une impulsion est donnée au picot 408 par la plaque guide d'onde via l'extension transversale 442, le picot 408 est déplacé vers le haut, l'aimant est attiré par la plaque ferromagnétique 428, le picot 408 passe en position haute (position du picot à droite sur la [Fig.7]).
- [0118] Dans cet exemple, de préférence la plaque guide d'onde est réalisée dans un matériau différent d'un matériau ferromagnétique.
- [0119] Il est à noter que des interactions peuvent apparaître entre les aimants qui peuvent créer des instabilités et complexifier le contrôle de chacun des picots. Avantageusement, comme cela est représenté sur la [Fig.13], qui est une variante de l'afficheur de la [Fig.1], des boucliers magnétiques B sont mis en œuvre pour limiter ces interactions. Dans cet exemple, chaque bouclier a une forme de lame ferromagnétique cloisonnant les aimants sans toucher la plaque guide d'onde. Ces boucliers servent à canaliser le flux magnétique des aimants de sorte à limiter les interférences entre eux.

- [0120] Sur la [Fig.8], on peut voir un autre exemple de réalisation d'un afficheur tactile selon le premier mode de réalisation réduisant les interactions entre les aimants.
- [0121] Dans cet exemple, tout le guide d'onde 510 est réalisé dans un matériau formant un aimant permanent, l'aimantation étant orientée dans la direction Z. Cet exemple se rapproche de celui de la [Fig.6], dans lequel les aimants étaient rapportés sur la plaque guide d'onde. Cet exemple de réalisation présente l'avantage de supprimer les interactions entre les aimants des différents moyens bistables.
- [0122] Le fonctionnement de cet afficheur est similaire à celui de la [Fig.1].
- [0123] On constate que l'extension transversale 522 du picot 508 ne vient pas en butée contre la plaque 504 en position haute, la butée est assurée uniquement par l'extension transversale 524. En variante, les extensions transversales 522 et 524 entrent en contact simultanément avec la plaque 504 et l'aimant permanent respectivement, néanmoins cela requiert un ajustement rigoureux.
- [0124] Sur la [Fig.9], on peut voir un autre exemple de réalisation de l'afficheur tactile combinant à la fois une force de rappel magnétique et une force de rappel mécanique.
- [0125] Dans cet exemple, l'aimant permanent 614 est formé par une plaque distincte du guide d'onde 610 et est disposé à l'opposé de la plaque 604 par rapport au guide d'onde.
- [0126] Les picots 608 comportent une extension transversale 624 à l'extrémité longitudinale 608.2 opposée à l'extrémité longitudinale 608.1 destinée à faire saillie de la surface d'affichage. L'extension transversale 624 est en matériau ferromagnétique, de sorte à exercer une force de rappel vers le bas. L'extension transversale 622 formant le premier épaulement est en matériau amagnétique, ce qui ne génère pas de force de rappel entre cet épaulement et l'aimant, plaquant l'extension transversale 622 contre la face supérieure de la plaque guide d'onde 610. Un moyen de rappel mécanique 634, tel qu'un ressort hélicoïdal, est monté entre la plaque 604 et l'extension transversale 622 exerçant une force de rappel vers le haut, plaquant l'extension transversale 624 contre la face inférieure de la plaque guide d'onde 610. Le ressort est dimensionné pour exercer une force de rappel proche de celle exercée par une extension transversale en matériau ferromagnétique et l'aimant.
- [0127] Sur la [Fig.10], on peut voir un autre exemple de réalisation d'un afficheur selon un deuxième mode de réalisation dans lequel le maintien bistable est obtenu par des moyens mécaniques.
- [0128] L'afficheur comporte des picots 708 présentant chacun des premier et deuxième épaulements portés par des extensions transversales 722, 724, une plaque guide d'onde 710 et une plaque 704 portant la surface de lecture. Les picots traversent le guide d'onde, les deux extensions transversales 722, 724 étant situées de part et d'autre de la plaque guide d'onde 710, les picots traversent également la plaque 704.
- [0129] En outre l'afficheur comporte des moyens de maintien bistables comportant une

membrane 736 disposée entre la plaque guide d'onde 710 et la plaque 704 et traversée par les picots 708. La membrane ne s'interpose pas entre le premier épaulement et la plaque guide d'onde. Les picots sont solidaires en mouvement de la membrane.

- [0130] La membrane comporte des zones configurées pour présenter deux états stables. La membrane peut être constituée d'une pluralité d'éléments 738 incurvés ayant deux états stables de type clinquant. De tels éléments 738 sont décrits dans le document A. Asher, E. Benjamin, L. Medina, R. Gilat, and S. Krylov, "*Bistable Micro Caps Fabricated by Sheet Metal Forming*", *J. Micromech. Microeng.*, vol. 30, no. 6, p. 065002, Apr. 2020. On peut envisager une plaque rigide percée de trous obturés chacun par un disque bistable, ledit disque étant traversé par un picot.
- [0131] L'impulsion ou l'impact délivré par le guide d'onde 710 provoque le passage d'un état présentant une courbure à un autre état présentant une courbure opposée.
- [0132] Sur la [Fig.10], on peut voir deux éléments 738 dans deux états opposés.
- [0133] Sur la [Fig.11A], on peut voir un autre exemple de réalisation d'un afficheur tactile selon un troisième mode de réalisation dans lequel les moyens de maintien sont de type électrostatique .
- [0134] L'afficheur comporte une électrode 840 unique fixée sous la plaque 804 et des électrodes individuelles 842 fixées à chacun des picots et formant également le premier épaulement et le deuxième épaulement. Une couche isolante électrique 844 recouvre l'électrode 840 pour éviter un court-circuit entre l'électrode 840 et une ou des électrodes 842.
- [0135] Le fonctionnement de l'afficheur de la [Fig.11A] est le suivant.
- [0136] Un premier potentiel est appliqué à l'électrode 840.
- [0137] L'électrode 842 du picot 808 que l'on veut déplacer est mise à un deuxième potentiel. Une impulsion mécanique est exercée par la plaque guide d'onde 810 sur le picot 808 via l'électrode 842 provoquant le déplacement vers le haut du picot dont le déplacement est assisté par la force d'attraction électrostatique entre l'électrode 840 et l'électrode 842. L'électrode 842 entre en contact avec la couche isolante 844 et le picot est maintenu en position haute par l'attraction électrostatique.
- [0138] Chaque électrode 842 peut être polarisée séparément, ce qui permet un actionnement individuel des picots.
- [0139] Lorsque les électrodes 840 et 842 sont au même potentiel, l'attraction électrostatique disparaît et le picot revient en position basse par gravité.
- [0140] En variante, l'électrode 840 peut être remplacée par des électrodes individuelles.
- [0141] Dans cet exemple, le maintien en position haute requiert une alimentation électrique.
- [0142] Sur la [Fig.11B], on peut voir une variante e réalisation de l'afficheur de la [Fig.11A] dans laquelle la plaque guide d'onde 810' ne comporte pas de perçage, l'électrode 842 reposant sur le guide d'onde. Chaque picot n'est alors guidé en translation que par le

perçage dans la plaque 804. En effet, le retour en position basse étant obtenu par gravité, aucune impulsion n'est à transmettre par le guide d'onde au picot par coopération entre un épaulement et la face inférieure du guide d'onde.

- [0143] Le procédé de focalisation par retournement temporel est particulièrement efficace lorsque le milieu de propagation est complexe, ce qui est le cas dans les modes de réalisations des figures 1 à 11A, dans lesquels la plaque guide d'onde est percée et chargée de picots qui diffractent les ondes.
- [0144] Dans les exemples décrits, la position basse des picots correspond à une position complètement rentrée des picots, i.e. ne faisant pas saillie de la surface de lecture. Il sera compris qu'un picot fait saillie de la surface d'affichage quelle que soit sa position ne sort pas du cadre de la présente invention. Par ailleurs, les différents picots peuvent faire saillie de la surface de lecture avec des hauteurs différentes.
- [0145] En outre, le dispositif selon l'invention peut être utilisé pour afficher des images tactiles et pas uniquement des caractères en écriture Braille.
- [0146] Le dispositif peut par exemple remplacer un ouvrage papier en écriture Braille. Une page est affichée à la fois sur l'afficheur et à chaque changement de pages l'affichage est modifié.
- [0147] Le dispositif à surface reconfigurable selon l'invention peut également être utilisé pour déplacer des objets, par exemple un objet sphérique. Pour cela, les picots sont activés successivement pour mettre en rotation l'élément sphérique suivant un chemin donné. Les picots peuvent présenter des hauteurs différentes, certains servant à guider l'objet et les autres à le déplacer. L'unité de commande est alors configurée pour déplacer l'objet selon une trajectoire donnée.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif à surface reconfigurable comportant une surface reconfigurable (2) munie de m perçages (6), m étant un entier positif au moins égal à 1, une plaque (10) formant guide d'onde, dite plaque guide d'onde, m picots (8), chaque picot (8) étant monté coulissant dans un perçage (6) de la surface reconfigurable dans une direction (Z) orthogonale à la plaque guide d'onde (10), et apte à prendre une première position et une deuxième position, au moins dans la deuxième position, une extrémité du picot (8) faisant saillie de la surface reconfigurable (2), au moins un actionneur (A1) fixé à la plaque guide d'onde (10) apte à provoquer un déplacement hors-plan de la plaque guide d'onde, et une unité de commande (UC) configurée pour commander ledit au moins un actionneur (A1) selon le procédé de focalisation d'onde par retournement temporel, de sorte que ledit actionneur (A1) génère une onde dans la plaque guide d'onde (10) localisée au niveau du au moins un picot (8), qui génère une impulsion dans la plaque guide d'onde (10) et provoque le déplacement dudit picot (8) de sorte à le faire passer au moins de la première position à la deuxième position, et des moyens de maintien dudit picot (8) au moins dans la deuxième position.
- [Revendication 2] Dispositif à surface reconfigurable selon la revendication 1, dans lequel les moyens de maintien sont des moyens de maintien bistables configurés pour que ladite impulsion provoque le passage d'un état stable vers l'autre état stable.
- [Revendication 3] Dispositif à surface reconfigurable selon la revendication 2, dans lequel les moyens de maintien bistables sont tels qu'ils exercent un effort de rappel maintenant le picot (8) dans la première position et un effort de rappel maintenant le picot (8) dans la deuxième position.
- [Revendication 4] Dispositif à surface reconfigurable selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la plaque guide d'onde est munie de m perçages (12), chaque perçage (12) de la plaque guide d'onde (10) étant aligné avec un perçage (6) de la surface reconfigurable (2), chaque picot (8) étant monté coulissant dans un perçage (6) de la surface reconfigurable (2) et un perçage (12) de la plaque guide d'onde (10).
- [Revendication 5] Dispositif à surface reconfigurable selon la revendication 4, dans lequel le picot (8) comporte un premier épaulement (16) configuré pour être en appui contre la plaque guide d'onde (10) dans la première position et un deuxième épaulement (18) configuré pour être en appui contre la plaque

- guide d'onde (10) dans la deuxième position.
- [Revendication 6] Dispositif à surface reconfigurable selon les revendications 3 et 4, dans lequel les moyens de maintien bistables comportent soit au moins un aimant (14) solidaire du picot (8) et une plaque guide d'onde (10) en matériau ferromagnétique, soit au moins un aimant solidaire de la plaque guide d'onde et un élément en matériau ferromagnétique solidaire du picot.
- [Revendication 7] Dispositif à surface reconfigurable selon les revendications 5 et 6, dans lequel les premier et deuxième épaulements (16, 18) sont portés par des aimants permanents et la plaque guide d'onde est en matériau ferromagnétique.
- [Revendication 8] Dispositif à surface reconfigurable selon les revendications 5 et 6, dans lequel les premier et deuxième épaulements sont portés par des éléments en matériau ferromagnétique et la plaque guide d'onde porte des aimants permanents ou est un aimant permanent.
- [Revendication 9] Dispositif à surface reconfigurable selon la revendication 2 ou 3, dans lequel les moyens de maintien bistables sont mécaniques.
- [Revendication 10] Dispositif à surface reconfigurable selon l'une quelconque des revendications 5, 7 ou 8, dans lequel les moyens de maintien sont électrostatiques, au moins le deuxième épaulement formant une électrode et la plaque portant la surface reconfigurable forme une électrode.
- [Revendication 11] Dispositif à surface reconfigurable selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit au moins un actionneur (A1) est apte à générer des ondes de flexion ou des ondes de Lamb dans la plaque guide d'onde (10).
- [Revendication 12] Dispositif à surface reconfigurable selon l'une des revendications précédentes, comportant plusieurs actionneurs répartis sur les bords de la plaque guide d'onde (10).
- [Revendication 13] Afficheur tactile comportant un dispositif à surface reconfigurable selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la surface reconfigurable est une surface d'affichage tactile et le dispositif comporte une pluralité de picots (8).
- [Revendication 14] Afficheur tactile selon la revendication 13, dans lequel les picots, lorsqu'ils sont dans leur deuxième position, ne font pas saillie de la surface d'affichage (2), ledit afficheur formant une plage Braille.
- [Revendication 15] Procédé d'affichage tactile sur un afficheur tactile selon la revendication 13 ou 14, comportant plusieurs picots, ledit procédé comportant :
- la sélection des picots à faire passer de la première position à la

deuxième position ou inversement, à partir d'un contenu numérique à afficher,

- l'envoi d'au moins un ordre audit au moins un actionneur de modifier la position des picots sélectionnés,
- la génération par le au moins un actionneur d'ondes focalisées dans la plaque guide d'onde au niveau des picots sélectionnés, ladite focalisation étant obtenue par le procédé de focalisation par retournement temporel.

[Fig. 3A]

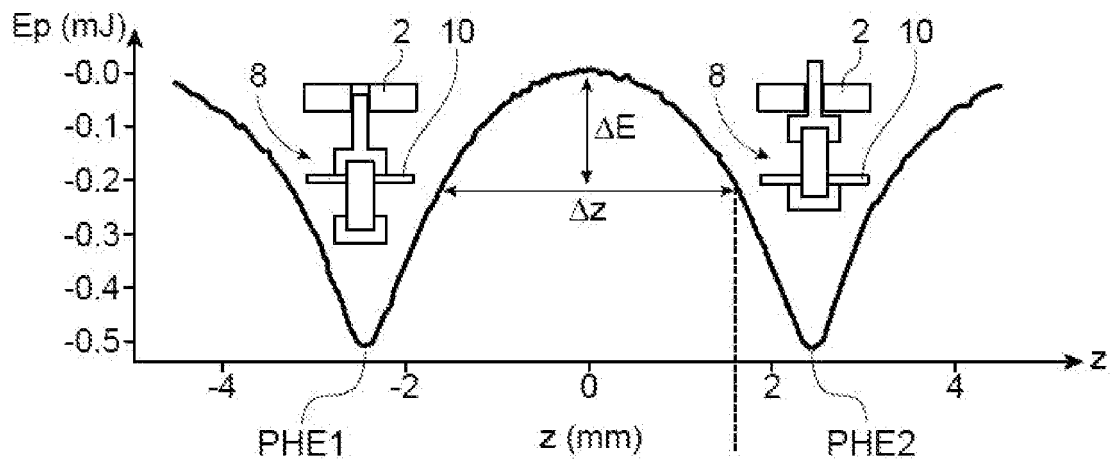


FIG.3A

[Fig. 3B]

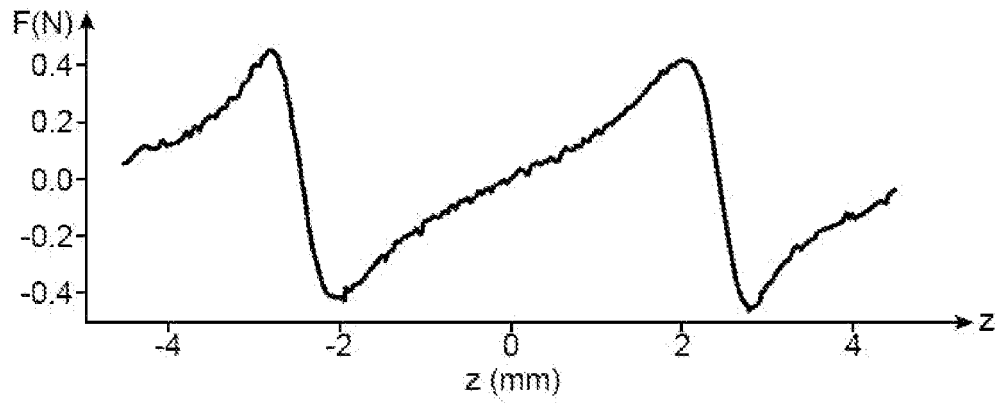


FIG.3B

[Fig. 4]

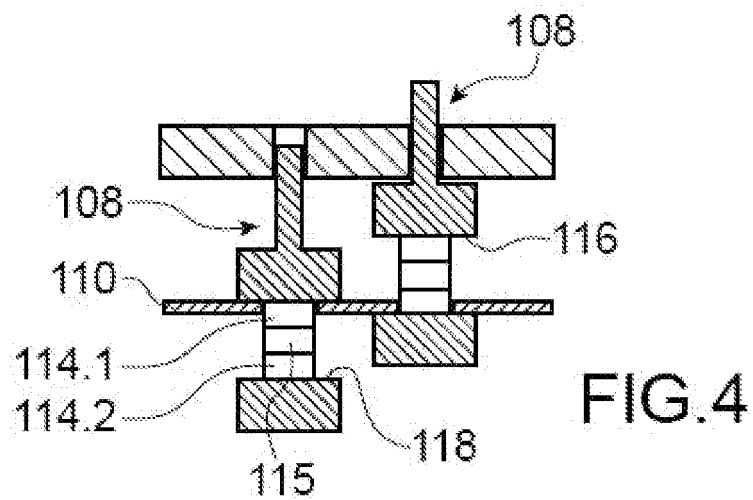
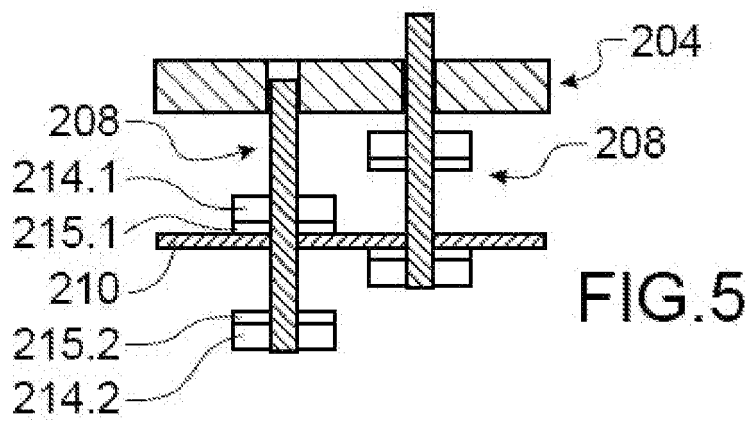
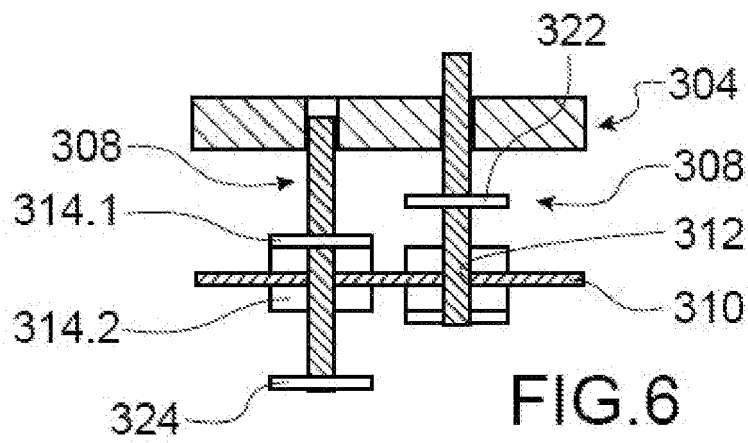


FIG.4

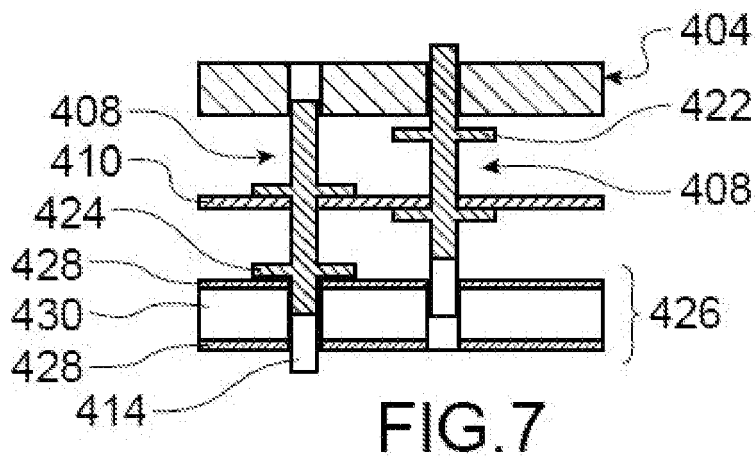
[Fig. 5]



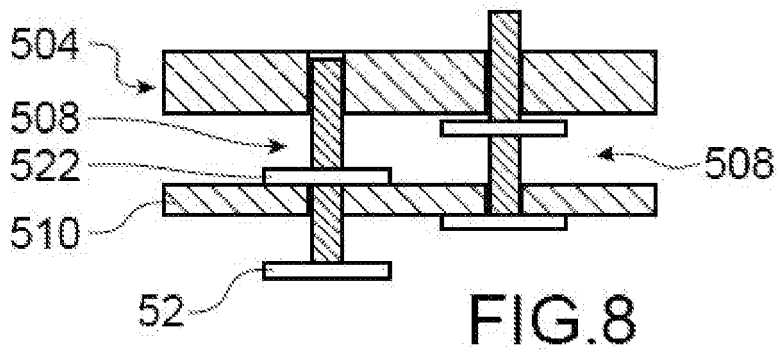
[Fig. 6]



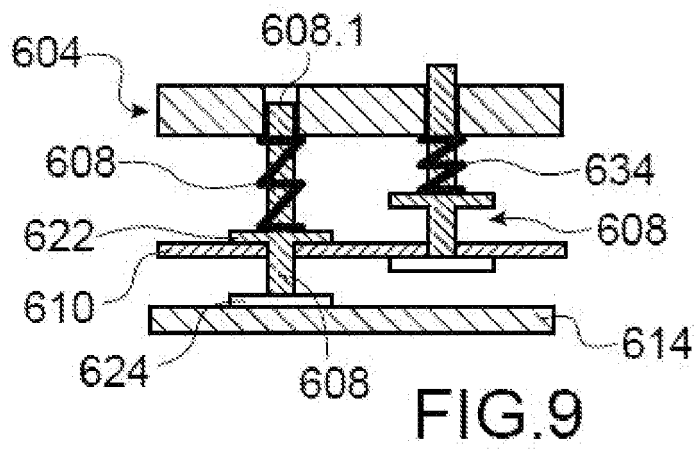
[Fig. 7]



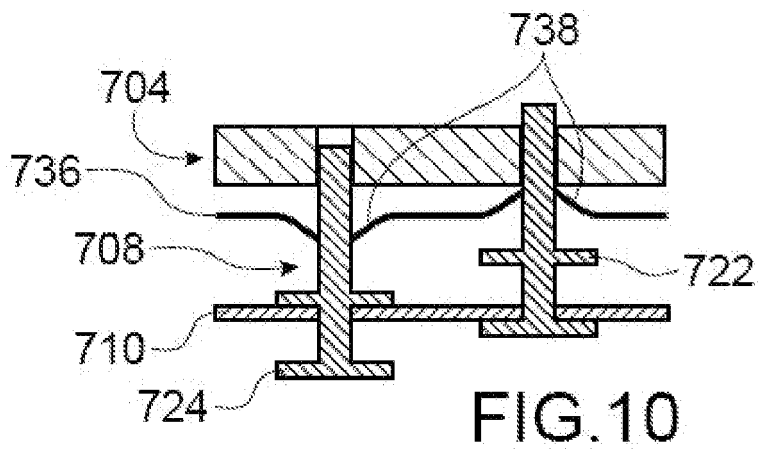
[Fig. 8]



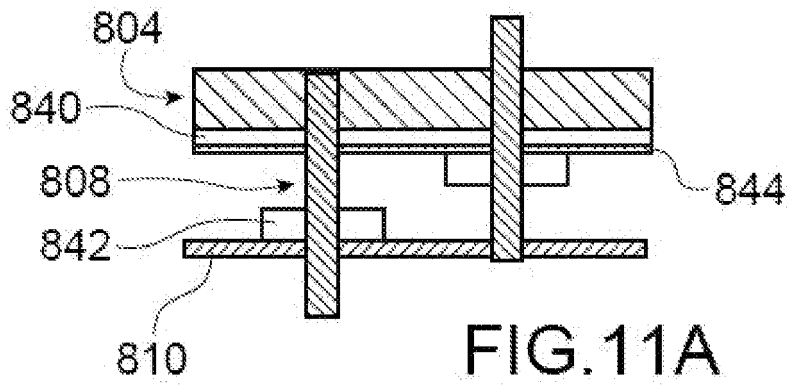
[Fig. 9]



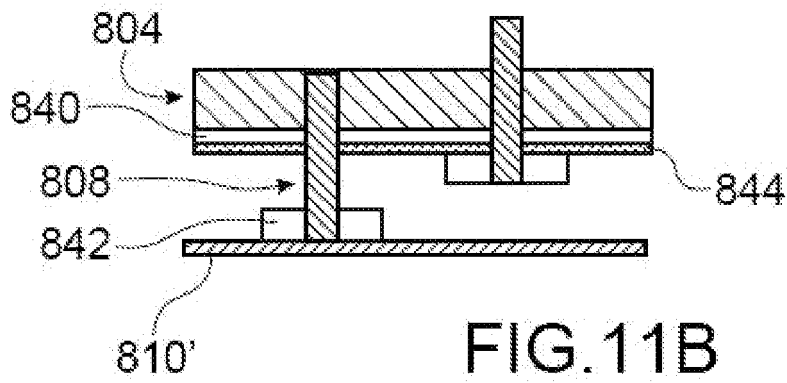
[Fig. 10]



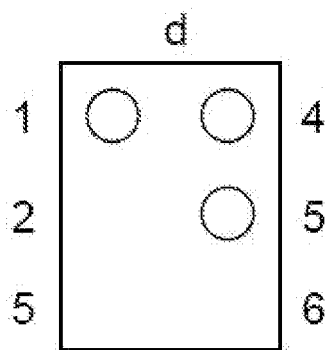
[Fig. 11A]



[Fig. 11B]



[Fig. 12]



[Fig. 13]

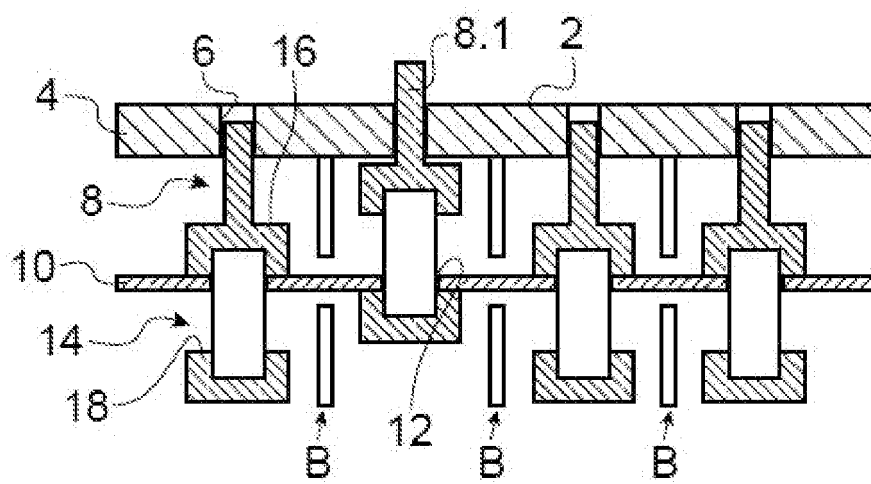


FIG.13

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

 établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
national
FA 899372
FR 2109555

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 2015/169060 A1 (HUDIN CHARLES [FR] ET AL) 18 juin 2015 (2015-06-18) * alinéa [0012] - alinéa [0025] * * alinéa [0054] - alinéa [0058] * * alinéa [0077] - alinéa [0079] * * alinéa [0094] - alinéa [0101] * * alinéa [0117] - alinéa [0119] * -----	1-15	G09B21/00 G09B21/02 G06F3/00
A	FR 3 065 547 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 26 octobre 2018 (2018-10-26) * le document en entier * -----	1-15	
A	US 2012/113020 A1 (BAI MINGSIAN R [TW] ET AL) 10 mai 2012 (2012-05-10) * alinéa [0005] - alinéa [0010] * -----	1-15	
A,D	HUDIN CHARLES ET AL: "Localized Tactile Feedback on a Transparent Surface through Time-Reversal Wave Focusing", IEEE TRANSACTIONS ON HAPTICS, IEEE, USA, vol. 8, no. 2, 1 avril 2015 (2015-04-01), pages 188-198, XP011584737, ISSN: 1939-1412, DOI: 10.1109/TOH.2015.2411267 [extrait le 2015-06-17] * le document en entier * -----	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G09B G06F
A	WO 2020/084220 A1 (MOVING MAGNET TECH [FR]) 30 avril 2020 (2020-04-30) * alinéa [0001] - alinéa [0004] * -----	1-15	
A	WO 96/04637 A1 (CARETEC GES MBH [AT]; LITSCHER DIETMAR [AT]; SCHWERTNER CHRISTOPH [AT]) 15 février 1996 (1996-02-15) * page 3, alinéa 2 - page 5, alinéa 1 * ----- -/--	1-15	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 avril 2022		Hanon, David	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 899372
FR 2109555

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	FR 2 399 555 A1 (TRETIAKOFF OLEG [FR]) 2 mars 1979 (1979-03-02) * le document en entier * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 avril 2022		Hanon, David	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2109555 FA 899372**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-04-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2015169060 A1		18-06-2015	CN	104428733 A	18-03-2015
			EP	2859428 A1	15-04-2015
			FR	2991791 A1	13-12-2013
			JP	6126214 B2	10-05-2017
			JP	2015518990 A	06-07-2015
			US	2015169060 A1	18-06-2015
			WO	2013182611 A1	12-12-2013

FR 3065547 A1		26-10-2018	CN	110546594 A	06-12-2019
			EP	3596582 A1	22-01-2020
			FR	3065547 A1	26-10-2018
			US	2021291227 A1	23-09-2021
			WO	2018197794 A1	01-11-2018

US 2012113020 A1		10-05-2012	TW	201220151 A	16-05-2012
			US	2012113020 A1	10-05-2012

WO 2020084220 A1		30-04-2020	CN	112912974 A	04-06-2021
			EP	3871238 A1	01-09-2021
			FR	3087935 A1	01-05-2020
			JP	2022505489 A	14-01-2022
			KR	20210082220 A	02-07-2021
			US	2022005639 A1	06-01-2022
			WO	2020084220 A1	30-04-2020

WO 9604637 A1		15-02-1996	AU	7040894 A	04-03-1996
			EP	0784841 A1	23-07-1997
			ES	2123804 T3	16-01-1999
			US	6109922 A	29-08-2000
			WO	9604637 A1	15-02-1996

FR 2399555 A1		02-03-1979	AUCUN		
