

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

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

**3 084 507**

②1 N° d'enregistrement national : **18 57100**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **G 10 H 1/053 (2018.01)**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 30.07.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.01.20 Bulletin 20/05.

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) : *ARTURIA Société par actions simplifiée* — FR.

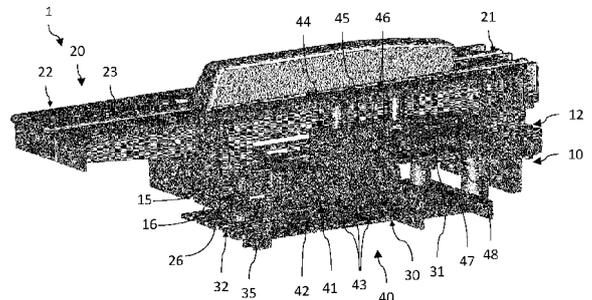
⑦2 Inventeur(s) : AUBERT THOMAS, PILLET BRUNO et FERRAGUT LIONEL.

⑦3 Titulaire(s) : ARTURIA Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : INNOVATION COMPETENCE GROUP.

⑤4 **CLAVIER D'INSTRUMENT DE MUSIQUE ELECTRONIQUE A TOUCHES SENSIBLES PERMETTANT UNE MODULATION DU SON.**

⑤7 L'invention porte sur un clavier d'instrument de musique électronique comportant un dispositif de modulation du son émis par au moins l'une des touches (20) en fonction d'un signal électrique représentatif de la position de celle-ci lorsqu'elle est située dans une course de modulation faisant suite à une course d'enfoncement. Le dispositif de modulation comporte notamment des capteurs capacitifs (40) de position, comportant une électrode fixe (41) assemblée à la structure de maintien (10) et une électrode mobile (44) assemblée à la touche (20), destinées à former un condensateur électrique à capacité variable, les électrodes fixe (41) et mobile (44) comportant chacune au moins une ailette (43, 46), celle-ci étant configurées de sorte qu'une surface en regard (S) des ailettes (43, 46) varie avec la position de la touche (20), les ailettes (43, 46) étant alors espacées d'une distance (d) sensiblement constante.



FR 3 084 507 - A1



## **CLAVIER D'INSTRUMENT DE MUSIQUE ELECTRONIQUE A TOUCHES SENSIBLES PERMETTANT UNE MODULATION DU SON**

### **DOMAINE TECHNIQUE**

[001] Le domaine de l'invention est celui des instruments de musique électronique, et porte plus précisément sur un clavier d'un tel instrument  
5 comportant des touches sensibles permettant une modulation du son émis lorsqu'une touche est enfoncée, à partir d'un signal représentatif de la position ou de la pression exercée sur la touche (fonction dite aftertouch).

### **ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

10 [002] Les claviers d'instruments de musique permettent d'émettre des sons musicaux lorsque les touches sont enfoncées par un utilisateur. Le son musical peut alors être notamment caractérisé par sa durée, sa hauteur, son intensité et son timbre.

[003] Il existe par ailleurs des claviers permettant de moduler de manière  
15 continue le son émis lorsqu'une touche est enfoncée, cela à partir d'un signal représentatif de la position de la touche ou de la pression exercée sur celle-ci. Cette fonction est appelée « aftertouch » et on parle alors de « clavier aftertouch ». Il peut ainsi s'agir de modifier l'intensité ou le timbre du son émis, entre autres.

[004] D'une manière générale, par modulation, on entend ici une modification  
20 d'au moins une caractéristique du son musical émis par l'instrument de musique en fonction des caractéristiques d'un signal d'aftertouch, c'est-à-dire un signal représentatif de la position de la touche ou de la pression exercée sur la touche lorsque le son est émis.

[005] Il existe des claviers, par exemple des claviers d'orgues, sensibles à la  
25 position des touches dans leur course d'enfoncement. Ainsi, lorsqu'une touche commence à être enfoncée par le musicien, un son est immédiatement émis dont l'intensité peut varier en fonction de la position de la touche. La course d'enfoncement est définie par une position haute de repos et une position basse

d'extrémité. Le son est émis et modulé lorsque la position de la touche varie dans la course d'enfoncement.

[006] D'autres claviers aftertouch sont configurés de sorte que le son n'est émis qu'au terme de la course d'enfoncement, la fonction d'aftertouch pouvant alors  
5 être activée. Dans ce cas, le son est généralement modulé à partir d'un signal représentatif d'une pression supplémentaire exercée par le musicien sur la touche. Plus précisément, la course d'enfoncement est alors définie entre la position haute de repos et une position basse d'émission à partir de laquelle le son est émis. Lorsque le son est émis et qu'une pression supplémentaire est exercée sur la  
10 touche, la modulation du son est alors effectuée.

[007] A titre d'exemple, le brevet US5552561 décrit un clavier d'instrument de musique électronique dans lequel les touches sont chacune munies d'un capteur de position et d'un capteur de pression. Le capteur de position est adapté à déterminer une information de vélocité de la touche lorsqu'elle est en cours  
15 d'enfoncement, et le capteur de pression est adapté à fournir un signal représentatif de la pression supplémentaire exercée par le musicien pour moduler le son émis. Chaque capteur de pression est ici un capteur résistif : il comporte un film électriquement conducteur dont la résistivité électrique varie en fonction de la pression exercée par la touche sur le film.

[008] D'autres types de capteurs de pression peuvent être utilisés. Ainsi, l'article de McPherson intitulé *Buttons, handles, and Keys: Advances in Continuous-Control Keyboard Instruments*, *Computer Music Journal*, 39:2, 28-46, 2015, décrit un capteur optique à base de diodes électroluminescentes. La position de la touche puis la pression supplémentaire exercée sur celle-ci sont déterminées à  
25 partir de la détection du flux lumineux émis par la diode et réfléchi par la touche. Le taux de réflexion optique permet d'en déduire la position de la touche dans la course d'enfoncement, ainsi que la pression exercée sur la touche lorsque cette dernière est en bout de course d'enfoncement.

[009] Il existe cependant un besoin de disposer d'un clavier d'instrument de  
30 musique électronique comportant un dispositif amélioré de modulation du son émis par une touche lorsque celle-ci est enfoncée.

[0010] Il existe également un besoin de disposer d'un clavier d'instrument de musique électronique permettant la modulation du son de la touche enfoncée, qui permette également d'augmenter le confort de jeu par l'utilisateur.

## 5 EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0011] L'invention a pour objectif de remédier au moins en partie aux inconvénients de l'art antérieur, et plus particulièrement de proposer un clavier d'instrument de mesure électronique présentant une fonction améliorée de modulation du son émis lorsque la touche est enfoncée. Par ailleurs, le confort de jeu de l'utilisateur peut être également amélioré.

[0012] Pour cela, l'objet de l'invention est un clavier d'instrument de musique électronique, comportant :

- une structure de maintien ;
- une pluralité de touches, montées pivotantes sur la structure de maintien, et aptes à occuper, dans une course d'enfoncement, une position allant d'une position haute de repos à une première position basse à partir de laquelle un son est destiné à être émis, puis, dans une course de modulation du son émis, une position allant de la première position basse à une deuxième position basse d'extrémité ;
- des premiers organes de rappel, adaptés chacun à exercer une première force de rappel sur une touche en direction de la position haute de repos ;
- un dispositif de modulation du son émis par au moins l'une des touches en fonction d'un signal électrique représentatif de la position de celle-ci lorsqu'elle est située dans la course de modulation.

Selon l'invention, le dispositif de modulation comporte :

- des deuxièmes organes de rappel, adaptés chacun à exercer une deuxième force de rappel sur une touche en direction de la première position basse, et présentant une intensité supérieure à celle de la première force de rappel,
- des capteurs capacitifs de position, adaptés chacun à fournir le signal électrique représentatif de la position d'une touche, comportant chacun :
  - une électrode fixe assemblée à la structure de maintien et une électrode mobile assemblée à la touche, destinées à former ensemble

un condensateur électrique à capacité variable, comportant chacune au moins une ailette, les ailettes étant configurées de sorte qu'une surface en regard des ailettes de l'électrode fixe et de l'électrode mobile varie avec la position de la touche, lesdites ailettes étant alors  
5 espacées d'une distance sensiblement constante.

[0013] Certains aspects préférés mais non limitatifs de ce clavier sont les suivants.

[0014] Les électrodes fixe et mobile comportent chacune, de préférence, une pluralité d'ailettes agencées mutuellement de manière à s'entrelacer lorsque la touche est enfoncée.

10 [0015] Les ailettes des électrodes fixe et mobile sont de préférence orientées transversalement à un plan de rotation pivot desdites touches. Le plan de rotation pivot est défini comme étant le plan de déplacement des touches dans la course d'enfoncement et dans la course de modulation.

[0016] Les électrodes fixe et mobile peuvent comporter chacune une pluralité  
15 d'ailettes. Les ailettes de l'électrode fixe présentent de préférence une largeur, suivant un axe orthogonal à un plan de rotation pivot desdites touches, supérieure à celle des ailettes de l'électrode mobile.

[0017] Les ailettes de l'électrode fixe s'étendent de préférence de manière continue sous lesdites touches.

20 [0018] Les deuxièmes organes de rappel peuvent être choisis parmi un ressort à lame et un ressort hélicoïdal.

[0019] Le dispositif de modulation comporte de préférence une première valeur seuil prédéterminée de la capacité variable à partir de laquelle la course de modulation est définie. Autrement dit, lorsque la capacité variable du  
25 condensateur électrique formé par l'électrode fixe et l'électrode mobile est supérieure ou égale à la première valeur seuil, le son émis par la touche est modulé par le dispositif de modulation.

[0020] Les capteurs capacitifs sont chacun, de préférence, adaptés à fournir en  
30 outre un signal électrique de position de la touche lorsque celle-ci est située dans la course d'enfoncement.

[0021] Le dispositif de modulation comporte, de préférence, une deuxième valeur seuil prédéterminée de la capacité variable définissant la position basse d'émission. Autrement dit, lorsque la capacité variable du condensateur électrique formé par l'électrode fixe et l'électrode mobile est supérieure ou égale à la deuxième valeur seuil, le son correspondant à la touche est émis.

[0022] L'invention porte également sur un instrument de musique électronique, comportant un clavier selon l'une quelconques des caractéristiques précédentes.

### **BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS**

10 [0023] D'autres aspects, buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de formes de réalisation préférées de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1A est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un clavier d'un instrument de musique électronique selon un mode de réalisation ;

la figure 1B est une vue en coupe transversale, schématique et partielle, d'un clavier selon une variante du mode de réalisation illustré sur la fig.1A ;

les figures 2A à 2C sont des vues en coupe transversale, schématiques et partielles, du clavier représenté sur la fig.1B à trois instants de fonctionnement, à savoir à l'état de repos (fig.2A), lorsqu'une touche occupe une position basse d'émission du son émis par l'instrument de musique (fig.2B), puis lorsque la touche occupe une position de modulation du son émis (fig.2C).

### **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

25 [0024] Sur les figures et dans la suite de la description, les mêmes références représentent les éléments identiques ou similaires. De plus, les différents éléments ne sont pas représentés à l'échelle de manière à privilégier la clarté des figures. Par ailleurs, les différents modes de réalisation et variantes ne sont pas exclusifs les uns des autres et peuvent être combinés entre eux. Sauf indication contraire, les termes « sensiblement », « environ », « de l'ordre de » signifient à 10% près. Par

ailleurs, l'expression « comportant un » doit être comprise comme « comportant au moins un », sauf indication contraire.

[0025] L'invention porte sur un clavier d'un instrument de musique électronique, 5  
présentant une fonction de modulation du son émis lorsqu'une touche est en bout de course d'enfoncement. Dans la suite de la description, cette fonction est appelée fonction aftertouch.

[0026] Comme mentionné précédemment, la fonction d'aftertouch correspond à la modulation, c'est-à-dire la modification d'au moins une caractéristique du son 10  
musical émis par l'instrument de musique, en fonction d'un signal électrique, dit d'aftertouch, représentatif de la position de la touche lorsque celle-ci occupe une position dans une course de modulation faisant suite à la course d'enfoncement. La caractéristique modifiée du son émis en fonction du signal d'aftertouch peut être l'intensité du son, son timbre, l'effet d'un filtre (une valeur de la fréquence de 15  
coupure par ex.), etc...

[0027] Le clavier peut présenter une fonction d'aftertouch monophonique ou polyphonique. L'aftertouch monophonique est la modulation, à partir d'un seul signal d'aftertouch, du son émis par toutes les touches également enfoncées. L'aftertouch polyphonique est la modulation du son émis par chacune des touches 20  
enfoncées, à partir de leur propre signal d'aftertouch.

[0028] Le clavier peut être, à titre d'exemples, celui d'un piano numérique ou d'un synthétiseur. Il peut comporter 88 touches, dont des touches de notes non altérées (touches blanches) et des touches de notes altérées (touches noires). La fonction d'aftertouch est avantageusement associée à chacune des touches du clavier, mais 25  
peut n'être associée qu'à une partie des touches.

[0029] Comme décrit en détail plus loin, les touches sont montées pivotantes sur une structure de maintien du clavier, c'est-à-dire qu'elles peuvent être déplacées dans un plan de rotation pivot. Au repos, elles occupent une même position haute de repos. Lorsqu'un son doit être émis par une touche, celle-ci est enfoncée jusqu'à 30  
une première position basse à partir de laquelle le son est émis, cette position étant appelée par la suite 'position basse d'émission'. Le débattement allant de la position haute de repos à la position basse d'émission est appelé course

d'enfoncement. Dans la course d'enfoncement, le son n'est pas émis, hormis lorsque la touche occupe la position basse d'émission. La fonction d'aftertouch n'est alors pas encore activée.

[0030] Lorsque le son émis doit être modulé, donc dans le cadre de la fonction  
5 d'aftertouch, la touche est davantage enfoncée par l'utilisateur, et entre ainsi dans une course dite de modulation définie entre la position basse d'émission et une deuxième position basse dite d'extrémité, qui fait suite à la course d'enfoncement. Ainsi, dans la course de modulation, la fonction d'aftertouch est activée et le son émis est modifié à partir d'un signal électrique représentatif de la position de la  
10 touche.

[0031] La figure 1A est une vue en perspective, schématique et partielle, d'un clavier 1 d'instrument de musique électronique selon un mode de réalisation. La figure 1B est une vue en coupe longitudinale, schématique et partielle, d'un clavier  
15 1 selon une variante du mode de réalisation illustré sur la fig.1A, qui s'en distingue essentiellement par une disposition différente d'un circuit imprimé de mesure de la polarité électrique d'une l'électrode mobile.

[0032] L'instrument de musique est ici un piano numérique comportant 88 touches  
20 20, dont des touches diatoniques et des touches chromatiques. Le clavier 1 présente une fonction d'aftertouch polyphonique et les touches 20 sont chacune associées à un capteur capacitif de position 40 permettant d'obtenir un signal électrique d'aftertouch représentatif de la position de la touche 20.

[0033] On définit ici et pour la suite de la description un repère direct tridimensionnel orthogonal (X,Y,Z), où l'axe X est orienté suivant l'axe  
25 longitudinal des touches 20, l'axe Y est orienté suivant l'axe de la liaison pivot d'enfoncement des touches 20, et l'axe Z est orienté de manière sensiblement orthogonale au plan principal du support 11 de la structure de maintien 10. Dans la suite de la description, les termes « inférieur / bas » et « supérieur / haut » s'entendent comme étant relatifs à un positionnement croissant lorsqu'on s'éloigne  
30 du support 11 suivant la direction +Z. Le terme « vertical » s'entend comme étant relatif à une orientation suivant l'axe Z.

[0034] Le clavier 1 comporte une structure de maintien 10 sur lequel les touches 20 sont montées pivotantes, et un dispositif de modulation du son musical.

[0035] Dans cet exemple, la structure de maintien 10 est formée d'un support 11 rigide et d'un châssis 12 assemblé au support 11. Le châssis 12 permet de maintenir  
5 les touches 20 suspendues au-dessus du support 11 suivant l'axe Z. Il comporte une partie arrière 13 au niveau de laquelle les touches 20 sont assemblées par liaison pivot et contraintes en rotation par un organe de rappel 18 (non représenté). Cet organe de rappel 18 peut être un ressort, par exemple un ressort hélicoïdal 18 (cf. fig.2A-2C). Le châssis 12 comporte une partie avant 14 ayant une portion formant  
10 butée 15 vis-à-vis des touches 20 et définissant la position haute de repos. La portion formant butée 15 peut être entourée d'un matériau élastique 16 permettant d'amortir le mouvement des touches 20. Le châssis 12 comporte également un cadre 17 reliant les parties arrière 13 et avant 14, sur lequel est fixée une électrode fixe 41 des capteurs capacitifs de position, comme décrit en détail plus loin.

[0036] Les touches 20 sont assemblées au châssis 12 et s'étendent  
15 longitudinalement entre une première extrémité 21 contrainte et une deuxième extrémité 22 dite libre. La première extrémité 21 est dite contrainte dans la mesure où elle est assemblée au châssis 12 par une liaison mécanique de type pivot. La deuxième extrémité 22 est dite libre dans la mesure où elle comporte une surface  
20 supérieure 23 sur laquelle un utilisateur appuie pour enfoncer la touche 20 suivant la direction -Z. Aussi, les touches 20 peuvent pivoter autour d'un même axe pivot orienté suivant l'axe Y (et donc peuvent être déplacées dans le plan de rotation pivot XZ), et sont chacune contraintes en rotation autour de l'axe pivot par l'organe de rappel 18. Celui-ci est fixé à la structure de maintien 10 et à la touche,  
25 de manière à exercer une force de rappel qui tend à déplacer l'extrémité libre 22 de la touche 20 suivant la direction +Z. Ainsi, une touche 20 enfoncée par un utilisateur subit une force de rappel d'intensité  $F_1$  qui tend à la ramener vers la position haute de repos. Les touches 20 comportent, au niveau de l'extrémité libre 22, un bras 24 s'étendant de manière sensiblement verticale vers le support 11. Le  
30 bras vertical 24 comporte une échancrure 25 permettant de recevoir la portion formant butée 15 du châssis 12, et une partie de contact 26 s'étendant sous l'échancrure 25. Ainsi, la partie de contact 26 du bras vertical 24 présente une surface supérieure de contact 27 destinée à être au contact de la portion formant

butée 15 lorsque la touche 20 occupe la position haute de repos, et une surface inférieure de contact 28 destinée à être au contact d'un deuxième organe de rappel 30 lorsque la touche 20 occupe une position comprise dans la course de modulation.

5 [0037] Le dispositif de modulation comporte, pour chacune des touches 20, un deuxième organe de rappel 30, et un capteur capacitif de position 40 adapté à fournir un signal électrique de position (signal d'aftertouch). Il comporte en outre un module électronique de modulation (non représenté) connecté au capteur capacitif 40 et adapté à moduler le son émis lorsque la touche 20 est enfoncée, en  
10 fonction d'un signal électrique représentatif de la position de la touche 20 fourni par le capteur capacitif 40.

[0038] L'organe de rappel 30 est adapté à exercer une force de rappel sur la touche 20 lorsqu'elle occupe une position comprise entre la position basse d'émission (à partir de laquelle le son est émis) et une deuxième position basse dite d'extrémité,  
15 provoquant une rotation de la touche 20 autour de l'axe pivot suivant la direction +Z,. Il s'agit ici d'un ressort à lame 30, mais d'autres types de ressort peuvent convenir, par exemple un ressort hélicoïdal. L'intensité F2 de la force de rappel est supérieure à l'intensité F1 de la force de rappel du ressort hélicoïdal 18, par exemple de l'ordre de dix fois supérieur. La lame 30 est ici fixée en une extrémité  
20 31 sur le support 11 par l'intermédiaire d'une cale 33, et comporte une extrémité opposée 32 laissée libre, et située sous le bras vertical 24 de la touche 20. Les organes de rappel 30 sont distincts les uns des autres, et associés chacun à une touche 20 différente. La surface supérieure de l'extrémité libre 32 de la lame 30 est ici avantageusement revêtue d'un matériau élastique 35 d'amortissement, de  
25 manière à éviter tout bruit ou oscillation de la lame 30 lorsque le bras vertical 24 vient à son contact. Une cale d'arrêt 34 peut être disposée sur le support 11, en regard de l'extrémité libre 32 de la lame 30, de manière à définir la position basse d'extrémité.

[0039] Ainsi, chaque touche 20 est mobile en rotation autour de l'axe pivot et peut  
30 occuper une position allant, dans la course d'enfoncement, de la position haute de repos à la position basse d'émission (à partir de laquelle le son est émis). Dans la course d'enfoncement, le ressort hélicoïdal 18 exerce une force de rappel d'intensité F1 tendant à ramener la touche 20 dans la position haute de repos.

Lorsque l'utilisateur souhaite activer la fonction d'aftertouch, il exerce une pression supplémentaire sur la touche 20 et celle-ci entre dans la course de modulation. La touche 20 occupe alors une position située entre la position basse d'émission, celle-ci étant exclue, et la position basse d'extrémité. Dans la course de modulation, le ressort à lame 30 exerce une force de rappel d'intensité  $F_2$  supérieure à l'intensité  $F_1$ , et tend à ramener la touche 20 dans la position basse d'émission. Le fait que la force de rappel présente une intensité  $F_2$  supérieure à l'intensité  $F_1$  du ressort hélicoïdal 18 permet à l'utilisateur d'avoir un ressenti physique de l'entrée de la touche 20 dans la course de modulation du son musical, et donc de l'activation de la fonction d'aftertouch.

[0040] Le capteur capacitif de position 40 est adapté à fournir un signal représentatif de la position de la touche 20 lorsque celle-ci est située au moins dans la course de modulation. Dans cet exemple, le signal électrique est avantageusement représentatif de la position de la touche 20 tant dans la course d'enfoncement que dans la course de modulation. Comme décrit plus loin, cela permet de prédéfinir de manière électronique une valeur seuil d'émission du son et une valeur seuil de modulation, voire d'obtenir également une information sur la vitesse de la touche 20 lors de la phase d'enfoncement.

[0041] Le capteur capacitif 40 comporte deux électrodes 41, 44 (armatures) agencées l'une vis-à-vis de l'autre de manière à former un condensateur électrique sensiblement plan à capacité variable. Le milieu diélectrique séparant les deux électrodes est ici de l'air. D'une manière connue, la valeur de la capacité  $C$  d'un condensateur plan varie linéairement en  $S/d$  :  $C = \epsilon \times S/d$ , où  $\epsilon$  est la permittivité du milieu diélectrique,  $S$  est la surface en regard des électrodes 41, 44, et  $d$  la distance séparant les électrodes 41, 44 l'une de l'autre. Dans le cadre de l'invention, les électrodes 41, 44 sont agencées de sorte que la surface en regard  $S$  varie avec la position de la touche, alors que la distance  $d$  reste sensiblement constante, voire constante. Par distance  $d$  sensiblement constante, on entend que l'éventuelle variation de  $d$  lors de la variation de  $S$  a un effet négligeable sur la valeur de la capacité  $C$ . La surface en regard  $S$  est définie comme la surface des ailettes 43, 46 des électrodes 41, 44 qui sont en regard l'une de l'autre, c'est-à-dire en face l'une de l'autre suivant une direction orthogonale à la surface des ailettes. Dans le cadre de l'invention, la surface en regard  $S$  varie entre une valeur minimale  $S_{\min}$ , et une

valeur maximale  $S_{\max}$  associée à la position basse d'extrémité. La valeur minimale peut être associée à la position basse d'émission, ou de préférence à la position haute de repos. La surface en regard S est, dans cet exemple, avantageusement transversale à l'axe longitudinal X, et la distance d séparant les ailettes 43, 46 des électrodes fixe 41 et mobile 44 est ici orientée sensiblement suivant l'axe longitudinal X.

[0042] Les électrodes 41, 44 sont formées d'une électrode fixe 41, indépendante de la position de la touche 20, et d'une électrode mobile 44 fixée à la touche 20. Autrement dit, l'électrode fixe 41 est assemblée sans degré de liberté au châssis 12 de la structure de maintien 10, alors que l'électrode mobile 44 est assemblée sans degré de liberté à la touche 20. Chaque touche 20 comporte ici une électrode mobile 44 distincte. L'électrode fixe 41 peut être commune à toutes les touches 20. Autrement dit, les électrodes fixes 41 relatives aux différentes touches 20 peuvent être formées d'une seule et même électrode fixe 41 s'étendant continûment sous l'ensemble des touches 20.

[0043] Les électrodes fixe 41 et mobile 44 comportent chacune au moins une ailette 43, 46, c'est-à-dire une partie rigide conductrice mince. Par mince, on entend que l'épaisseur est inférieure aux dimensions de largeur (suivant l'axe Y) et de hauteur (suivant l'axe Z). La ou les ailettes 43, 46 de chaque électrode 41, 44 s'étendent de préférence à partir d'un support conducteur de manière transversale, et ici de manière sensiblement orthogonale, au plan du support conducteur. Autrement dit, l'électrode fixe 41 comporte ici un support conducteur 42 sensiblement plan fixé au châssis 12, à partir duquel s'étendent au moins une ailette 43, et ici une pluralité d'ailettes 43, transversalement à l'axe longitudinal X, suivant la direction +Z en direction de la touche 20. Les ailettes 43 de l'électrode fixe 41 peuvent être sensiblement parallèles les unes aux autres, voire être concentriques les unes aux autres. Elles peuvent être sensiblement planes ou former chacune une surface sensiblement courbe suivant une direction. Dans cet exemple, les ailettes 43 forment chacune une surface plane suivant l'axe Y et courbe suivant l'axe Z. Elles sont concentriques et présentent un rayon de courbure centré sur l'axe pivot. De même, l'électrode mobile 44 comporte ici un support conducteur 45 fixé à une surface inférieure de la touche 20, à partir duquel s'étendent au moins une ailette 46, et ici une pluralité d'ailettes 46, transversalement à l'axe longitudinal X,

suivant la direction  $-Z$  en direction du support 11. Les ailettes 46 de l'électrode mobile 44 peuvent être parallèles les unes aux autres ou être concentriques les unes aux autres. Elles forment ici chacune une surface sensiblement courbe suivant une seule direction, à savoir l'axe  $Z$  et sont sensiblement concentriques les unes aux autres autour de l'axe pivot. Ainsi, le capteur capacitif de position 40 de la touche 20 est en mesure de fournir un signal électrique représentatif de position. Cette mesure capacitive présente l'avantage d'être linéaire sur sensiblement tout le déplacement de la touche 20, ce qui améliore la précision et/ou la résolution de la mesure capacitive quelle que soit la position de la touche 20.

[0044] Les ailettes 46 de l'électrode mobile 44 sont avantageusement agencées vis-à-vis de celles 43 de l'électrode fixe 41 de manière à former un entrelacement d'ailettes. Autrement dit, une ailette 46 d'électrode mobile 44 est destinée à venir se positionner, lorsque la touche 20 est enfoncée, entre deux ailettes 43 de l'électrode fixe 41. Ainsi, la capacité variable mesurée par le capteur capacitif 40 est formée de la somme de la capacité de chaque condensateur élémentaire formé par une ailette 46 d'électrode mobile 44 située en regard d'une ailette 43 d'électrode fixe 41.

[0045] Les ailettes 43, 46 des électrodes fixe 41 et mobile 44 sont avantageusement orientées de manière transversale à l'axe longitudinal  $X$  des touches 20, c'est-à-dire au plan  $XZ$  de rotation pivot des touches 20. Autrement dit, la surface des ailettes 43, 46 est sensiblement parallèle (cas d'une ailette plane) ou localement tangente (cas d'une ailette courbe) au plan  $XZ$  de rotation pivot des touches 20. Cette orientation des ailettes 43, 46 est particulièrement avantageuse dans la mesure où la valeur mesurée de la capacité ne varie sensiblement pas dans le cas d'un léger débattement latéral de la touche 20 suivant l'axe  $Y$ , ou de torsion de la touche, dans la course d'enfoncement ou de modulation. La mesure de la capacité variable reste ainsi précise malgré les éventuels légers défauts d'assemblage des touches 20 sur la structure de maintien 10, ce qui améliore la fiabilité du dispositif de modulation du son.

[0046] Par ailleurs, alors que les ailettes 46 des électrodes mobiles 44 sont distinctes les unes des autres, celles 43 des électrodes fixes 41 peuvent s'étendre de manière continue suivant l'axe  $Y$  sous chacune des touches 20. Autrement dit,

concernant chaque touche, la largeur suivant l'axe Y des ailettes 46 de l'électrode mobile 44 est avantageusement inférieure à la largeur des ailettes 43 de l'électrode fixe 41. Ainsi, lorsque la touche 20 occupe une position quelconque dans la course d'enfoncement et/ou de modulation, la surface en regard S des ailettes 43, 46 reste  
5 sensiblement constante malgré un éventuel débattement latéral de la touche 20 suivant l'axe Y. La mesure de la capacité variable C reste donc précise et n'est sensiblement pas dégradée dans le cas d'un débattement latéral ou de torsion de la touche 20, ce qui contribue également à améliorer la fiabilité du dispositif de modulation du son.

10 [0047] Les électrodes fixe 41 et mobile 44 présentent des potentiels électriques différents. L'électrode fixe 41 est de préférence portée à la masse, alors que l'électrode mobile 44 présente ici un potentiel électrique variable dont la valeur est mesurée de manière à déterminer le signal électrique représentatif de la position de la touche 20. Pour cela, chaque capteur capacitif 40 comporte de préférence un  
15 circuit électronique, par exemple un circuit imprimé 47 (PCB, pour *Printed Circuit Board*, en anglais), permettant de mesurer le potentiel électrique de l'électrode mobile 44. Un ruban 48 électriquement conducteur peut permettre d'assurer la connexion électrique entre l'électrode mobile 44 et le circuit imprimé 47. Le circuit imprimé 47 peut être fixé à la structure de maintien 10, à proximité de la touche 20  
20 correspondante. Dans l'exemple de la fig.1A, le circuit imprimé 47 est fixé au châssis 12 entre l'électrode fixe 41 et le ressort à lame 30. Dans l'exemple de la fig.1B, le circuit imprimé 47 est positionné au-dessus de l'électrode fixe 41, entre l'électrode mobile 44 et la partie arrière 13 du châssis 12.

[0048] Le signal électrique représentatif de la position de la touche 20 peut être  
25 obtenu de différentes manières connues en soi. Ainsi, il peut être obtenu par mesure de la tension électrique aux bornes des électrodes fixe 41 et mobile 44 en réponse à l'injection d'un courant électrique alternatif. Il peut également être obtenu comme modulation de l'amplitude d'une onde sinusoïdale produite par un oscillateur au travers d'un filtre dont la valeur de la capacité du condensateur  
30 formé par les électrodes fixe 41 et mobile 44 modifie la fréquence de coupure. Enfin, et toujours à titre d'exemple, le signal représentatif peut être obtenu à partir de la valeur d'un retard temporel de transmission d'un signal créneau dans un circuit RC formé par le condensateur. Le temps de charge du circuit RC en réponse

au signal créneau injecté permet de déterminer la position de la touche 20. Ces méthodes électriques sont données à titre purement illustratif et d'autres approches sont possibles.

[0049] De préférence, le capteur capacitif 40 est adapté à fournir un signal  
5 représentatif de position de la touche 20 lorsque celle-ci est située dans la course de modulation (entre la position basse d'émission et la position basse d'extrémité), mais également lorsqu'elle est située dans la course d'enfoncement (entre la position haute de repos et la position basse d'émission). Autrement dit, le capteur capacitif 40 est avantageusement adapté à fournir le signal représentatif de  
10 position de la touche 20 dès lors qu'elle est enfoncée, et donc avant que la position basse d'émission soit atteinte. Ceci est particulièrement avantageux car cela permet de définir une valeur seuil de la capacité à partir de laquelle on considère que la touche 20 a atteint la position basse d'émission du son. Cette position basse d'émission peut être définie comme la position de contact entre le bras vertical 24  
15 de la touche 20 et le ressort à lame 30. Cependant, cette position de contact peut être modifiée dans le temps, notamment en fonction de l'évolution de la tenue mécanique du ressort à lame (ou plus largement de l'organe de rappel 30) voire de celle du matériau amortisseur éventuellement utilisé.

[0050] Il peut ainsi être plus intéressant de définir la position basse d'émission à  
20 partir d'une valeur seuil de la capacité variable et non pas à partir de la position de contact entre la touche 20 et l'organe de rappel. En d'autres termes, il peut être avantageux de décorrélérer l'aspect mécanique de l'aspect électrique pour l'émission du son et l'entrée dans la phase de modulation du son. Le comportement du clavier 1 lors de l'émission et de la modulation du son reste ainsi plus précis et stable dans  
25 le temps, ce qui améliore la fiabilité du dispositif de modulation. De plus, le fait de décorrélérer les aspects mécaniques et aspects électriques offre un degré de liberté supplémentaire dans l'adaptation du clavier 1 au jeu et au ressenti musicien, et peut ainsi offrir davantage de confort de jeu. Pour cela, les ailettes 43 de l'électrode fixe 41 et celles 46 de l'électrode mobile 44 présentent chacune une hauteur  
30 suivant l'axe Z suffisante pour que la valeur de la capacité C augmente dès lors que la touche 20 commence à être enfoncée.

[0051] Le fonctionnement du clavier 1 selon la variante illustrée sur la fig.1B est maintenant décrit en référence aux figures 2A à 2C, qui illustrent différents instants d'utilisation du clavier 1.

5 [0052] La fig.2A illustre le clavier 1 pour lequel la touche 20 occupe la position haute de repos. Le ressort hélicoïdal 18 exerce ainsi une force de rappel sur la touche 20 de manière à la faire pivoter autour de l'axe pivot suivant la direction +Z. La touche 20 est maintenue dans cette position par le contact formé entre la butée 15 de la partie avant 14 du châssis 12 et la surface supérieure de contact 27 du bras vertical 24 de la touche 20. L'électrode mobile 44 est ainsi maintenue à  
10 distance de l'électrode fixe 41, de sorte que la surface en regard S des ailettes 43, 46 est sensiblement nulle ou minimale. Aussi, le capteur capacitif 40 mesure une valeur minimale de la capacité du condensateur formé par les électrodes 41, 43. Le signal représentatif de la position de la touche 20 présente ainsi une valeur indiquant que la touche 20 occupe la position haute de repos.

15 [0053] La fig.2B illustre le clavier 1 pour lequel la touche 20 a été enfoncée par un utilisateur suivant la direction -Z, jusqu'à ce qu'elle occupe la position basse d'émission du son. Ainsi, le bras vertical 24 de la touche 20 est venu au contact de l'extrémité libre 32 du ressort à lame 30. Cependant, celui-ci n'est sensiblement pas déformé par la touche 20. Les ailettes 46 de l'électrode mobile 44 ont été  
20 déplacées en conséquence suivant la direction -Z de manière à venir s'entrelacer avec les ailettes 43 de l'électrode fixe 41. La surface en regard S des ailettes 43, 46 a donc augmenté, et donc également la valeur de la capacité C du condensateur formé par les électrodes 41, 43. A noter que l'espacement d entre les ailettes 46 de l'électrode mobile 44 et les ailettes 43 de l'électrode fixe 41 n'a sensiblement pas  
25 été modifié au cours de l'enfoncement de la touche 20. La capacité C varie donc linéairement avec la variation de la surface en regard S, ce qui permet d'obtenir une mesure capacitive à haute précision et/ou résolution quelle que soit la position de la touche 20. La touche 20 est en bout de course d'enfoncement, de sorte que le son est alors émis par l'instrument de musique électronique. Cependant, le ressort  
30 à lame n'est sensiblement pas déformé, de sorte que la touche 20 n'est pas encore entrée dans la course de modulation du son. Plus précisément, la fonction d'aftertouch n'est pas activée dans la mesure où la valeur mesurée de la capacité C reste inférieure à une valeur seuil  $C_{th}$  à partir de laquelle la phase d'aftertouch est

activée. Le fait de corrélérer l'activation / désactivation de la phase d'aftertouch à une valeur seuil  $C_{th}$  de la capacité formée par les électrodes fixe 41 et mobile 44, et non pas à une mesure de déformation mécanique du ressort à lame 30 ou à un contact électrique entre le bras vertical 24 de la touche 20 et le ressort à lame 30, permet d'améliorer la fiabilité de l'activation de la fonction d'aftertouch, et donc la stabilité du comportement du clavier 1 dans le temps.

[0054] La fig.2C illustre le clavier 1 pour lequel la touche 20 est entrée dans la course de modulation, et donc est située entre la position basse d'émission et la position basse d'extrémité. Aussi, les ailettes 46 de l'électrode mobile 44 se sont davantage déplacées en direction du support conducteur 42 de l'électrode fixe 41, augmentant ainsi la surface en regard S entre les ailettes 43, 46 et donc la valeur de la capacité C du condensateur. Celle-ci est donc supérieure ou égale à la valeur seuil  $C_{th}$  d'activation de la fonction d'aftertouch. Le son émis est alors modulé en fonction du signal représentatif de la position de la touche 20, par exemple à partir d'un écart entre la capacité effective mesurée et la valeur seuil  $C_{th}$ . Par ailleurs, l'utilisateur a un ressenti physique d'avoir activé la fonction d'aftertouch dans la mesure où il provoque la déformation du ressort à lame 30, celle-ci présentant une intensité F2 de la force de rappel supérieure à celle de la force de rappel du ressort hélicoïdal 18. Aussi, il est en mesure, par le déplacement de la touche 20 dans la course d'aftertouch, d'assurer une modulation plus ou moins importante du son émis.

[0055] Enfin, l'utilisateur peut ensuite désactiver la fonction d'aftertouch en relâchant la pression exercée sur la touche 20, provoquant ainsi un déplacement de celle-ci hors de la course de modulation. La valeur de la capacité C devient ainsi inférieure à la valeur seuil  $C_{th}$  prédéfinie, de sorte que la fonction d'aftertouch est désactivée. Lorsqu'il relâche encore la touche, la valeur de la capacité C diminue encore, de sorte que le son n'est plus émis par l'instrument. La touche 20 revient alors dans la position haute de repos.

[0056] Le fait de décorrélérer la définition des phases d'émission et de modulation du son des aspects mécaniques permet de définir aisément différentes valeurs seuil de la capacité du condensateur formé par les électrodes 41, 43. En effet, il est possible de prédéfinir une première valeur seuil  $C_{th1}$  d'émission du son, puis une deuxième valeur seuil  $C_{th2}$  de modulation du son. Ainsi, lorsque la capacité effective du

condensateur est inférieure à  $C_{th1}$ , le son n'est pas émis par l'instrument de musique. Lorsqu'elle est supérieure ou égale à  $C_{th1}$  mais inférieure à  $C_{th2}$ , le son est émis mais la modulation du son reste désactivée. Enfin, lorsqu'elle est supérieure ou égale à  $C_{th2}$ , le son émis est modulé à partir d'un signal représentatif de la position de la touche, par exemple à partir de l'écart entre la valeur effective de la capacité et  $C_{th2}$ . Ainsi, il est possible d'adapter les valeurs seuils  $C_{th1}$ ,  $C_{th2}$ , voire de définir des valeurs seuils supplémentaires, en fonction de la position de la touche, du comportement mécanique du clavier 1 dans le temps, voire en fonction du confort de jeu souhaité par l'utilisateur. Le clavier 1 présente ainsi une fiabilité améliorée et permet une adaptation du clavier 1 aux exigences des utilisateurs, tout en bénéficiant de la précision et/ou de la résolution associées au capteur capacitif dont les électrodes sont munies d'ailettes comme décrit précédemment.

[0057] Des modes de réalisation particuliers vont être décrits se rapportant à un clavier à fonction d'aftertouch polyphonique. Cependant, comme mentionné précédemment, ces modes de réalisation peuvent être adaptés à d'autres types de claviers d'instrument de musique électronique, par exemple des claviers présentant une fonction d'aftertouch monophonique et à tout type de claviers MIDI. Par ailleurs, le signal électrique représentatif de position de la touche peut être également utilisé lors de la course d'enfoncement pour déterminer une information de vélocité de la touche, ou toute autre information, et ainsi de moduler le son émis en fonction de cette information.

## REVENDICATIONS

1. Clavier (1) d'instrument de musique électronique, comportant :
  - o une structure de maintien (10) ;
  - 5 o une pluralité de touches (20), montées pivotantes sur la structure de maintien (10), et aptes à occuper, dans une course d'enfoncement, une position allant d'une position haute de repos à une première position basse à partir de laquelle un son est destiné à être émis, puis dans une course de modulation du son émis, une position allant de la première position basse à une deuxième position basse
  - 10 d'extrémité ;
  - o des premiers organes de rappel (18), adaptés chacun à exercer une première force de rappel sur une touche (20) en direction de la position haute de repos ;
  - o un dispositif de modulation du son émis par au moins l'une des touches (20) en fonction d'un signal électrique représentatif de la position de celle-ci lorsqu'elle
  - 15 est située dans la course de modulation ;
 caractérisé en ce que le dispositif de modulation comporte :
  - des deuxièmes organes de rappel (30), adaptés chacun à exercer une deuxième force de rappel sur une touche (20) en direction de la première position basse, et présentant une intensité (F2) supérieure à celle (F1) de
  - 20 la première force de rappel,
  - des capteurs capacitifs de position (40), adaptés chacun à fournir le signal électrique représentatif de la position d'une touche (20), comportant chacun :
    - une électrode fixe (41) assemblée à la structure de maintien (10) et
    - 25 une électrode mobile (44) assemblée à la touche (20), destinées à former ensemble un condensateur électrique à capacité variable, comportant chacune au moins une ailette (43, 46), les ailettes (43, 46) étant configurées de sorte qu'une surface en regard (S) des ailettes (43, 46) de l'électrode fixe (41) et de l'électrode mobile (44)
    - 30 varie avec la position de la touche (20), lesdites ailettes (43, 46) étant alors espacées d'une distance (d) sensiblement constante.

2. Clavier (1) selon la revendication 1, dans lequel les électrodes fixe (41) et mobile (44) comportent chacune une pluralité d'ailettes (43, 46) agencées mutuellement de manière à s'entrelacer lorsque la touche (20) est enfoncée.
3. Clavier (1) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les ailettes (43, 46) des électrodes fixe (41) et mobile (44) sont orientées transversalement à un plan de rotation pivot desdites touches (20).
4. Clavier (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, les électrodes fixe (41) et mobile (44) comportant chacune une pluralité d'ailettes (43, 46), dans lequel les ailettes (43) de l'électrode fixe (41) présentent une largeur, suivant un axe orthogonal à un plan de rotation pivot desdites touches (20), supérieure à celle des ailettes de l'électrode mobile (44).
5. Clavier (1) selon la revendication 4, dans lequel les ailettes (43) de l'électrode fixe (41) s'étendent de manière continue sous lesdites touches (20).
6. Clavier (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les deuxièmes organes de rappel (30) sont choisis parmi un ressort à lame et un ressort hélicoïdal.
7. Clavier (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel le dispositif de modulation comporte une première valeur seuil ( $C_{th}$ ;  $C_{th2}$ ) prédéterminée de la capacité variable à partir de laquelle la course de modulation est définie.
8. Clavier (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel les capteurs capacitifs (40) sont chacun adaptés à fournir en outre un signal électrique de position de la touche (20) lorsque celle-ci est située dans la course d'enfoncement.
9. Clavier (1) selon la revendication 8, dans lequel le dispositif de modulation comporte une deuxième valeur seuil ( $C_{th1}$ ) prédéterminée de la capacité variable définissant la position basse d'émission.
10. Instrument de musique électronique, comportant un clavier (1) selon l'une quelconques des revendications précédentes.

1/2

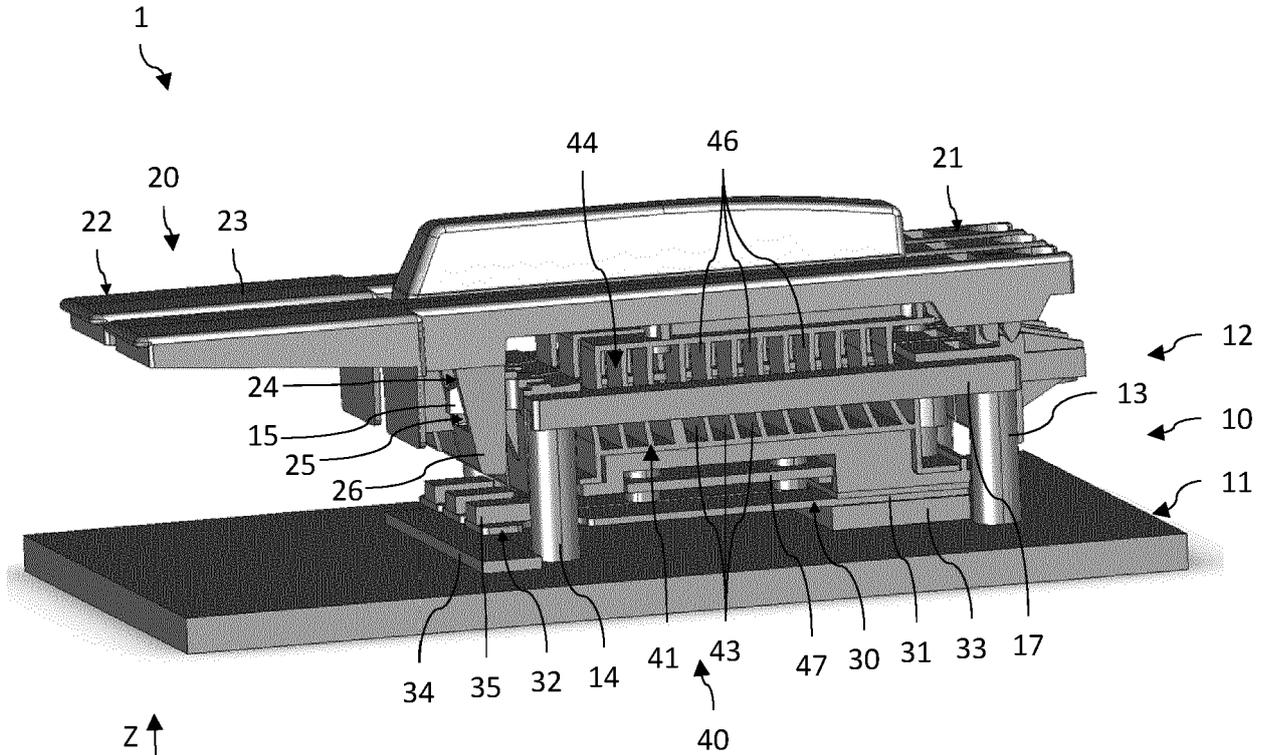


Fig.1A

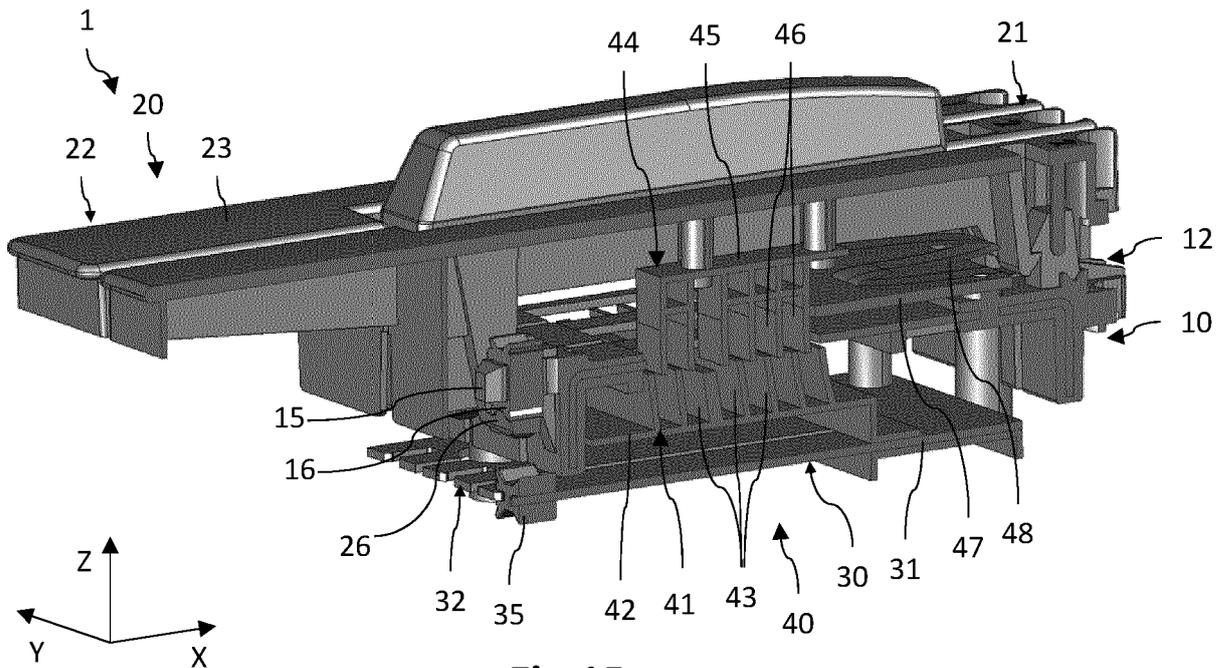


Fig.1B

2/2

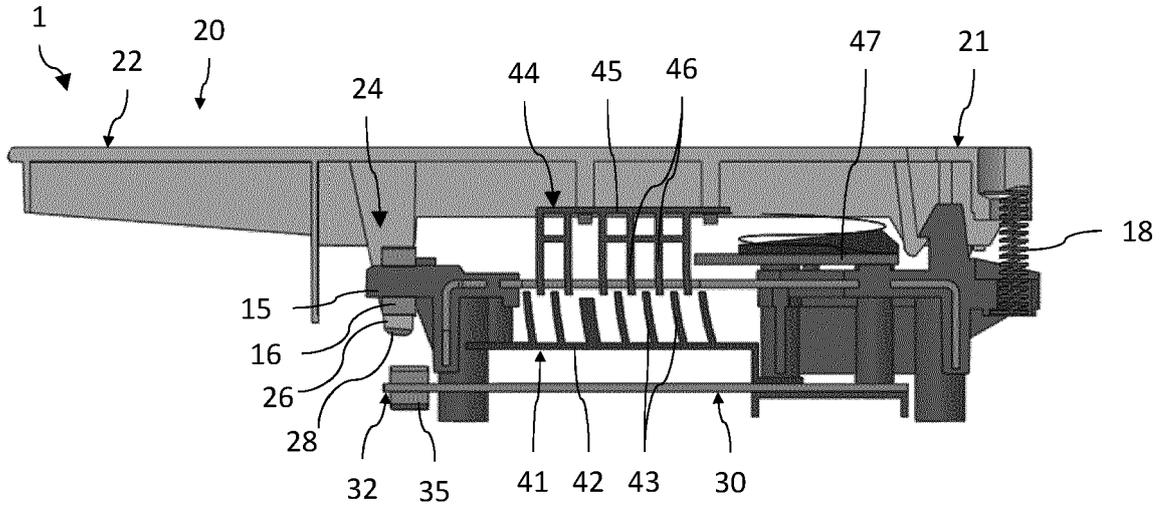


Fig.2A

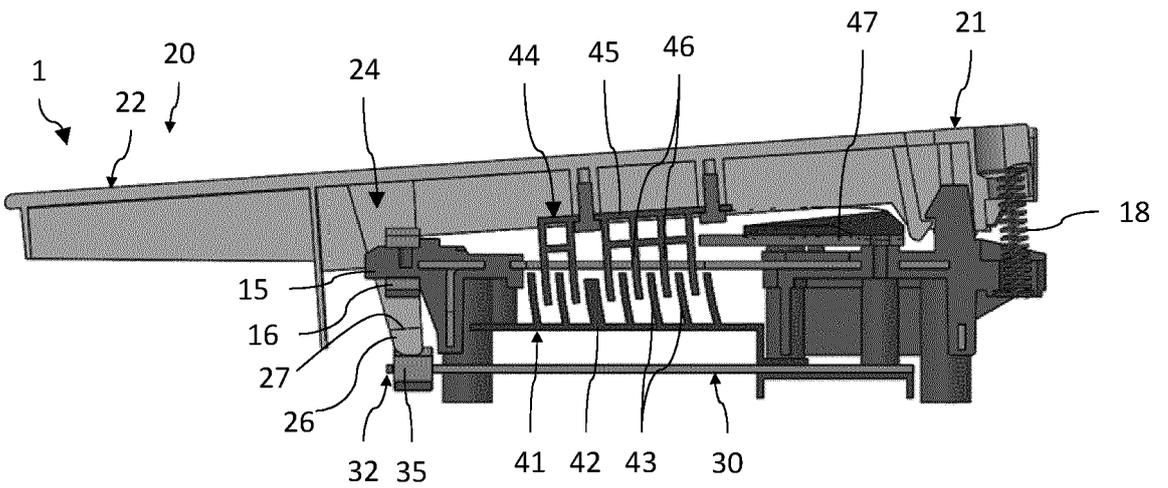


Fig.2B

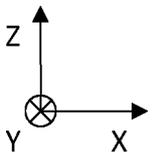
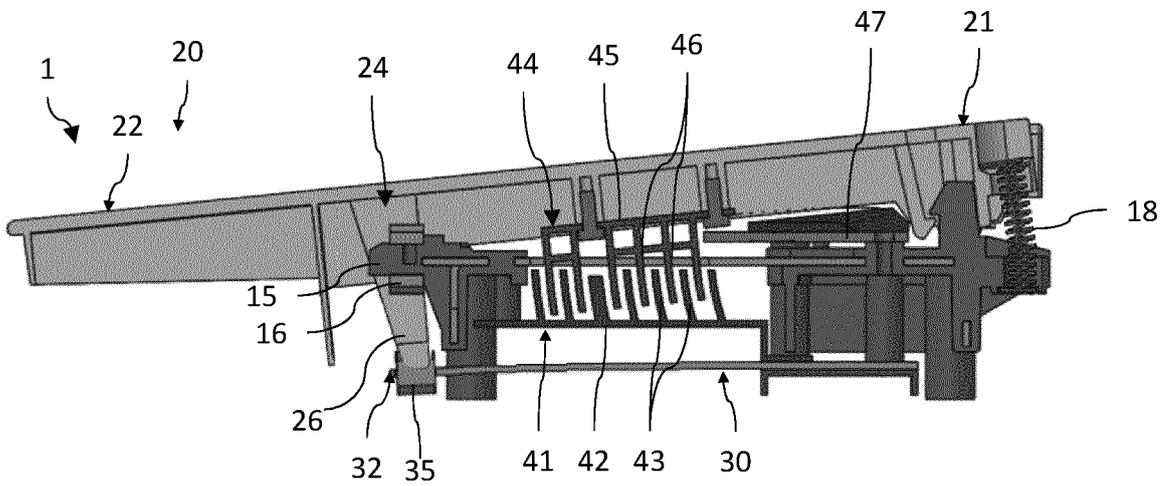


Fig.2C

**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement  
 national

 FA 857833  
 FR 1857100

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	JP 2007 263992 A (YAMAHA CORP) 11 octobre 2007 (2007-10-11) * abrégé; figures 2,3,5,8 * * alinéa [0021] - alinéa [0030] * * alinéa [0033] - alinéa [0039] * * alinéa [0042] - alinéa [0046] * -----	1-10	G10H1/053
A	JP 3 465312 B2 (YAMAHA CORP) 10 novembre 2003 (2003-11-10) * abrégé; figures 1,2,3,4,8-11 * * alinéa [0015] - alinéa [0020] * * alinéa [0022] - alinéa [0030] * -----	1-10	
A	US 2 809 547 A (LE CAINE HUGH) 15 octobre 1957 (1957-10-15) * abrégé; figures 1,5,6,8 * -----	1-10	
A	DE 21 15 304 A1 (ROSENBERG, WERNER) 12 octobre 1972 (1972-10-12) * le document en entier * -----	1-10	
A	JP 2017 167443 A (CASIO COMPUTER CO LTD) 21 septembre 2017 (2017-09-21) * abrégé; figures 1-6,11,13 * * alinéa [0015] - alinéa [0030] * * alinéa [0035] - alinéa [0050] * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			G10H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
19 juin 2019		Lecoinge, Michael	
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 1857100 FA 857833**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **19-06-2019**

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
JP 2007263992 A	11-10-2007	JP 4821398 B2 JP 2007263992 A	24-11-2011 11-10-2007
JP 3465312 B2	10-11-2003	JP 3465312 B2 JP H0784576 A	10-11-2003 31-03-1995
US 2809547 A	15-10-1957	FR 1145749 A GB 799312 A US 2809547 A	29-10-1957 06-08-1958 15-10-1957
DE 2115304 A1	12-10-1972	AUCUN	
JP 2017167443 A	21-09-2017	AUCUN	