

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 641 077

(21) N° d'enregistrement national : 88 17084

(51) Int Cl^s : G 01 L 1/16, 5/22; G 01 P 13/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 23 décembre 1988.

(71) Demandeur(s) : Société dite : THOMSON CSF. — FR.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1990.

(72) Inventeur(s) : Erich Spitz et François Micheron, Thomson CSF, SCPI.

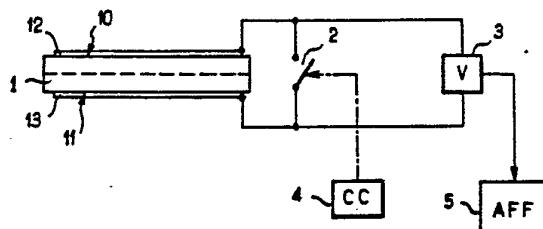
(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(73) Titulaire(s) :

(54) Dispositif capteur de flexion.

(74) Mandataire(s) : René Lardic, Thomson CSF, SCPI.

(57) Capteur de flexion comportant un élément bimorphe polymère piézoélectrique 1 enserré entre deux électrodes 12, 13 permettant de détecter des variations de charges sur les faces 10, 11 du bimorphe. Un dispositif de court-circuit permet de court-circuiter les électrodes à intervalles réguliers de façon à ce que l'ensemble du dispositif puisse par intégration de différentes mesures, effectuer des mesures dynamiques de différentes flexions du bimorphe.



R 2 641 077 - A1

DISPOSITIF CAPTEUR DE FLEXION

L'invention concerne un dispositif capteur de flexion et plus particulièrement un dispositif capteur de flexion à base d'éléments en matériau polymère piézoélectrique.

5 L'invention trouve des applications dans la conception d'un ensemble de capteurs à polymère piézoélectrique capables de mesurer les mouvements des doigts de la main, et ceux de la main elle-même. Ce dispositif peut être utilisé entre autres comme un organe d'entrée à un calculateur pour la manipulation des données dans un espace à plusieurs dimensions, et pour 10 l'apprentissage des robots. Le système proposé peut être étendu à l'ensemble ou une partie des mouvements du corps humain (pilotage d'engins) ou à la détection du mouvement de tout organe mobile ou articulé.

15 Les interfaces homme-machine informatique manuels sont aujourd'hui très variés : claviers, souris, joysticks, trackballs, écrans tactiles. Ces dispositifs procurent une localisation spatiale en 2 dimensions. Plus récemment, ont été introduits des dispositifs avec localisation en 3 dimensions (3 coordonnées de l'espace 3D), et en 6 dimensions (3 coordonées 20 de l'espace 3D et 3 angles).

25 Ces derniers dispositifs sont habituellement composés par des antennes d'émission-réception hertzienne : l'antenne d'émission tenue par la main comporte 3 solénoides à axes orthogonaux excités respectivement par 3 fréquences, pouvant être déplacée dans un espace 3D qui comporte 3 antennes de réception à axes orthogonaux. De tels systèmes s'avèrent en particulier très utiles pour l'observation d'images médicales 3D calculées à partir de coupes scanner X ou IRM.

30 Une évolution de ces dispositifs d'interfaces multidimensionnels a été développée par la société VPL Research; il s'agit d'un gant comportant des capteurs optiques de flexion placés au niveau de certaines articulations de la main. (2 capteurs par doigt, et un capteur d'abduction pouce-index, soit

11 capteurs). Ces capteurs très simples tels que décrits dans le brevet US 4 542 291 (Zimmerman) consistent en des tubes flexibles dont les surfaces cylindriques internes sont réfléchissantes ; une fibre optique d'émission est connectée à l'entrée d'un de ces tubes, et une fibre de réception à la sortie : la quantité de lumière transmise d'une fibre à l'autre dépend de l'état de flexion du tube, de même que la quantité de lumière réfléchie dans la première. La mesure de l'un ou l'autre de ces flux lumineux permet de déterminer l'état de flexion statique du capteur ainsi que les flexions dynamiques. Ces 11 capteurs, associés à un capteur de position 3D et d'orientation semblent suffisants pour fournir à un calculateur les informations de position et de mouvements de la main et des doigts. En bout des doigts du gant, peuvent être placés des capteurs de pression qui fournissent des informations concernant la préhension d'objets ; à l'inverse, des actuateurs peuvent être placés aux mêmes positions, qui fournissent une impression tactile à l'opérateur.

Les vingt trois informations (11 flexions de doigts, 3 positions et 3 angles de la main, 5 pressions en bouts des doigts) permettent de manipuler des données dans un espace à autant de dimensions, pour l'apprentissage d'une main de robot par exemple.

Si ces capteurs de flexion sont simples dans leur principe, leur mise en œuvre est compliquée par la nécessité d'utiliser pour chacun un émetteur et un récepteur de lumière ; ils sont de plus limités aux faibles angles de flexion et leur symétrie cylindrique impose un guidage et un positionnement précis pour n'être sensibles qu'aux flexions dans un plan donné. Même dans ce cas, la réponse est quadratique : des flexions égales et opposées ne peuvent être discernées.

Enfin, ils s'avèrent relativement épais (plusieurs millimètres), rigides, et peu extensibles : l'extension est en effet prohibée, puisque par effet de Poisson, une extension entraînerait une variation de diamètre, donc de transmission et

de réflexion optiques ; on notera qu'un tel capteur est d'ailleurs sensible à tout type de contraintes entraînant une variation notable dans la géométrie de sa surface interne réfléchissante.

5 L'invention met en oeuvre une technique différente basée sur des éléments en matériaux polymères piézoélectriques qui permettent d'obtenir des capteurs plus simples, plus aisés à réaliser et fournissant une souplesse d'utilisation plus grande.

10 On trouvera un exemple de réalisation d'éléments en matériaux polymères piézoélectriques dans les brevets français n° 81 24564 et n° 81 24265 déposés le 31 décembre 1981.

15 L'invention concerne donc un dispositif capteur de flexion comprenant au moins un bimorphe de polymères piézoélectriques enserré entre deux électrodes caractérisé en ce qu'il comporte :

- un dispositif de court-circuit pour connecter de façon faiblement résistive les deux électrodes l'une à l'autre ;

- un dispositif de mesure de tension connecté aux deux électrodes

20 - un circuit de commande pour commander à intervalles réguliers la mise en court-circuit des deux électrodes par le dispositif de court-circuit.

25 - des moyens d'exploitation de mesures connectés aux dispositifs de mesure, recevant de celui-ci, des valeurs de tension de mesures réalisées entre les différents intervalles où les électrodes ne sont pas court-circuitées, et intégrant ces différentes valeurs de tension pour déterminer toute variation de flexion du bimorphe.

30 De plus, on prévoit de connecter le dispositif de mesure de tension aux deux électrode par un circuit d'adaptation d'impédance présentant une faible impédance au dispositif de mesure de tension.

35 L'invention concerne également un dispositif caractérisé en ce qu'une face principale comporte une électrode commune et l'autre face principale comporte une pluralité

d'électrodes individuelles placées en vis-à-vis de l'électrode commune.

Dans ce dispositif, le bimorphe est de forme générale allongée et les électrodes individuelles sont disposées selon le sens de la longueur du bimorphe, les dispositifs de mesure de tension étant situés à une extrémité du bimorphe ou déportés par des connexions au processeur et étant connectés aux circuits d'adaptation d'impédance des différentes électrodes individuelles.

L'invention concerne également un dispositif caractérisé en ce que l'enveloppe de protection comporte principalement deux parties protégeant chacune une face principale du bimorphe, l'une des parties de l'enveloppe de protection étant appliquée à une partie d'un corps animé pour que le dispositif puisse détecter toute déformation de cette partie du corps animé.

Enfin, l'invention concerne un dispositif caractérisé en ce que le bimorphe est soit monoétiré et présente des propriétés piézoélectriques anisotropes, soit isotrope et qu'il comporte des fentes perpendiculaires à l'axe de flexion à laquelle est soumis le bimorphe, en particulier lorsqu'il est isotrope.

Les différents objets et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre faite à titre d'exemple en se reportant aux figures annexées qui représentent :

- la figure 1, un exemple d'un élément capteur de flexion connu dans la technique ;
- la figure 2, un schéma simplifié du dispositif capteur de flexion selon l'invention ;
- la figure 3, une variante du dispositif de la figure 2 ;
- la figure 4, un exemple de circuit mettant en œuvre le capteur de la figure 3 ;
- la figure 5, un exemple de capteur multiple selon l'invention ;
- les figures 6 et 7 des exemples de réalisation détaillés d'un capteur selon l'invention ;

- la figure 8, un exemple d'application du capteur de l'invention à la détection des mouvements d'un doigt de la main ;
- la figure 9, un exemple d'application du capteur de l'invention à la détection des mouvements des différents doigts d'une main ;
- la figure 10, une variante de réalisation du capteur de l'invention.

Le capteur de flexion proposé utilise un bimorphe de polymère piézoélectrique tel que représenté en figure 1, c'est-à-dire deux films de polymères piézoélectriques, collés entre eux, de sorte que leurs polarisations soient antiparallèles. Ces polymères sont préférentiellement du type PVF₂, L'axe des chaînes polymères étant parallèle à l'axe O_x (polymère mono orienté).

On trouve une description d'un tel bimorphe dans les brevets français n° 81 24564 et 81 24565.

En utilisant les notations de la figure 1, les deux équations décrivant le fonctionnement du bimorphe sont :

$$Q = CV + PF$$

$$D = PV + SF$$

avec : Q charge engendrée

V tension entre électrodes

C capacité du bimorphe = $\frac{\epsilon_0 b}{h}$, ϵ_0 permittivité

P coefficient piézoelectrique = $3/2 d_{31} \cdot l^2/h^2$ où
d₃₁ est le coefficient piézoelectrique transverse intrinsèque du piézoelectrique.

F force appliquée à l'extrémité du bimorphe

D déplacement de l'extrémité du bimorphe

S compliance du bimorphe = $4l^3/hbE$, où E est le module d'young

Dans le cas d'une mesure de tension, c'est-à-dire en circuit ouvert, on obtient la tension en fonction du déplacement

$$V(1-P^2/SC) = - PD/SC$$

Applications numériques :

$$l = 4\text{cm} ; b = 1 \text{ cm} ; h = 0,5\text{mm} ; \epsilon = 10^{-10} \text{ Fm}^{-1}$$

d'où $C = 80 \text{ pF}$.

$$d_{31} = 20 \cdot 10^{-12} \text{ CN}^{-1}$$

$$5 \quad d'où P = 2 \cdot 10^{-7} \text{ CN}^{-1}$$

$$E = 3 \cdot 10^9 \text{ Nm}^{-2}$$

$$d'où S = 0,07 \text{ mN}^{-1}$$

$$P^2/SC \ll 1$$

$$P/Sc = 3,6 \cdot 10^4 \text{ V.m}^{-1}$$

10 Ainsi pour $D = 1\text{mm}$ ($\theta = D/L = 0,025 \text{ rad}$)

$$V = 36 \text{ volts}$$

15 Cependant, dans un tel capteur, on note un temps de relaxation des charges au terme duquel la différence de potentiel qui a pu être créée est annulée. On ne connaît donc plus la position statique (flexion statique) du capteur. Il convient donc, selon l'invention, de fonctionner en dynamique et de faire des mesures par échantillonnages. Ces échantillonnages permettent après intégration de déterminer une position statique à partir d'une position de référence.

20 La figure 2, représente un schéma simplifié permettant de réaliser un tel procédé. Le dispositif de la figure 2 comporte un bimorphe 1 muni sur ses faces 10 et 11 d'électrodes 12 et 13.

Aux électrodes 12 et 13 sont connectés :

- 25 - un dispositif de court-circuit 2 représenté par un contact et commandé périodiquement par un circuit de commande 4.
- un dispositif de mesure de tension 3 qui mesure la différence de potentiel traduisant les variations de charges sur les faces 10 et 11 lors d'une flexion du bimorphe 1.

30 Le dispositif de mesure de tension 3 communique les différentes mesures réalisées dans les intervalles où les électrodes ne sont pas court-circuitées, à des moyens d'exploitation de mesure 5. Ces moyens d'exploitations 5 intègrent continuellement les valeurs fournies par le dispositif de mesure 3 et fournit à chaque instant la position du bimorphe

1 par rapport à une position de référence, la position non fléchie par exemple.

Ainsi, la déformation (flexion) du bimorphe 1 peut se faire aussi bien à vitesse lente, à un rythme saccadé, ou par des flexions, dans un sens ou dans un autre. Malgré cela, dans tous les cas, le dispositif connaîtra la position du bimorphe.

La figure 3 prévoit un circuit d'adaptation d'impédance 6 permettant de présenter une impédance de sortie faible au dispositif de mesure de tension 3.

Le dispositif de court-circuit 2 et le circuit d'adaptation d'impédance peuvent être réalisés, comme cela est représenté en figure 4, sous la forme d'un circuit possédant un premier transistor à effet de champs T1 donc la source est connectée à l'électrode 13 du bimorphe 1, la grille est connectée à l'électrode 12 du bimorphe. Un condensateur Ci connecte la grille au drain de ce transistor.

Un deuxième transistor T'1 possède sa source connectée à un potentiel négatif et à la source du transistor T1 par un conducteur de connexion C'1 et son drain connecté au drain du transistor T1 par un conducteur de connexion C1. Une résistance de polarisation R connecte les drains des transistors à un potentiel positif. La sortie 50 du circuit est connectée au drain du transistor T'1.

La grille du transistor T'1 reçoit un train d'impulsions permettant de rendre passant puis bloquant alternativement le transistor T'1 et de ce fait le transistor T1. Les deux électrodes 12 et 13 sont donc court-circuitées périodiquement et entre les périodes de court-circuits des électrodes 12 et 13 un signal de mesure de tension est fourni sur la sortie SO.

Si on désigne par tr le temps de relaxation du bimorphe, avec par exemple pour tr une valeur de une seconde, la fréquence d'échantillonnage pourra être par exemple égale à 10/tr pour avoir une précision de mesure suffisante (soit une fréquence d'échantillage de 10 Hz pour tr = 1 seconde).

Selon l'invention, il est donc nécessaire que la tension aux bornes du bimorphe soit cycliquement remise à zéro: en combinant la nécessité d'utiliser un transistor à effet de champ pour abaisser l'impédance, le schéma proposé représenté 5 sur la figure 2 fournit un exemple de réalisation détaillée du dispositif de l'invention.

Pour la valeur de capacité $C_1 \geq C$, le gain de l'étage d'adaptation est inférieur à 1, et l'impédance de sortie de l'ordre de $1k\Omega$, ou moins selon le transistor et R. Dans sa 10 version la plus simple l'échantillonneur est constitué d'un transistor qui met périodiquement en court-circuit la sortie du transistor d'adaptation, donc le bimorphe, via la capacité C_1 .

La figure 5 représente un dispositif capteur dans lequel le bimorphe 1 a une forme allongée.

15 La face 11 du bimorphe est recouverte d'une électrode 13. La face 10 possède plusieurs électrodes E1, E2, E3 disposées dans le sens de la longueur du bimorphe 1. A chaque électrode E1, E2, E3 est associé un transistor à effet de champ T1, T2, T3. Le drain de chacun de ces transistors est connectée par un 20 conducteur de connexion (C1, C2, C3) au drain d'un deuxième transistor à effet de champ correspondant (T'1, T'2, T'3). Les transistors T'1, T'2, T'3 sont disposés à l'extrémité 14 du bimorphe 1 selon l'exemple de la figure 5. Mais ils peuvent aussi être déportés vers des circuits extérieurs non représentés 25 tels que des circuits de traitement.

Les sources des transistors T1, T2, et T3 sont connectés à l'électrode 13. Selon l'exemple de la figure 6, cette connexion se fait à l'aide d'un conducteur de connexion traversant dans le sens de l'épaisseur le bimorphe 1. Selon 30 l'exemple de réalisation de la figure 7, cette connexion se fait en prévoyant de loger chaque transistor T1, T2 et T3 dans une cavité pratiquée dans l'épaisseur du bimorphe 1.

Chaque couple de transistors T1-T'1, T 2-T'2, T 3-T'3 est agencé comme le circuit de la figure 4.

35 Le dispositif de la figure 5 permet ainsi de détecter

toute flexion en différentes zones (3 zones selon l'exemple pris) du bimorphe.

On remarquera qu'une flexion du bimorphe au niveau de l'électrode E3, par exemple, engendrera des charges sur les 5 deux faces du bimorphe dans la zone de flexion. L'électrode E3 et les circuits qui lui sont associés permettront de détecter cette flexion. De plus, cette flexion engendrera des charges sous les conducteurs C1 et C2. Ceux-ci seront donc susceptibles de communiquer des différences de potentiels à leurs circuits associés mais cela ne sera pas le cas en raison de l'impédance faible de sortie des transistors et les créations de charges sous les conducteurs C1 et C2 ne seront donc pas détectées. 10

Le dispositif de l'invention peut être appliqué à la détection de mouvement de tout corps animé et notamment de 15 tout corps articulé. Plus précisément, il peut être appliqué à la détection des mouvements des membres d'un corps humain. Pour cela, on place un ou plusieurs capteurs tels que celui de la figure 5 dans une enveloppe de protection et on plaque l'une 20 des faces, 11 par exemple, du bimorphe contre le membre dont on veut détecter les mouvements. L'enveloppe de protection permet d'appliquer le bimorphe contre le membre de façon à le rendre quasiment solidaire du membre.

Par exemple, pour la détection des mouvements d'un doigt de main, on prévoira un capteur par articulation, soit à 25 prévoir 3 capteurs de flexion par doigt.

Un bimorphe a alors la longueur comprise entre l'extrémité du doigt et le poignet, sa largeur est environ 5mm. Il est pris en sandwich entre deux gants de tissus ou de polymère enfilés l'un dans l'autre, de façon à se trouver tout 30 du long en contact avec le doigt considéré, soit sur le dessus de la main, soit à l'intérieur de la main (voir figure 8).

L'électrode interne du bimorphe (côté peau) couvre toute la surface du bimorphe ; cette électrode 13, commune à tous les capteurs est par exemple au potentiel zéro.

35 Au niveau des 3 articulations, se trouve des

électrodes non jointives E_1 , E_2 , E_3 , sur l'autre face du bimorphe. Ces trois électrodes ont de préférence des surfaces identiques pour avoir une même réponse piézoélectrique à une même sollicitation. Ces surfaces peuvent être différentes, si l'on souhaite pondérer les 3 signaux de flexion des trois articulations.

Collés à proximité des électrodes E_1 , E_2 , E_3 se trouvent les transistors d'adaptation T_1 , T_2 , T_3 . Les sources de ces transistors sont réunies à l'électrode commune par une connexion passant par un trou ménagé dans le film bimorphe. Des transistors en microboitiers peuvent être utilisés pour le minimum de surépaisseur ; ces transistors peuvent eux-mêmes être logés dans des cavités du polymère (voir figure 7), si leur épaisseur est voisine de celle du bimorphe 1. Ces transistors peuvent être des transistors réalisés en couches minces (silicium amorphe) déposées sur des surfaces flexibles type Kapton.

Les sorties des capteurs se font par des pistes métalliques déposées du côté des électrodes E_1 , E_2 , E_3 comme décrit précédemment en relation avec la figure 5. En pratique, le circuit constitué par E_1 , E_2 , E_3 , C_1 , C_2 , C_3 est obtenu en une seule fois par évaporation métallique à travers un masque, ($Cr + Al$), soit par gravure d'une électrode pleine.

Il est très important de noter que bien que tout le bimorphe soit piézoélectrique, les conducteurs C_1 , C_2 , C_3 , ne collectent que les signaux respectivement issus des électrodes E_1 , E_2 , E_3 . Ceci est dû à la faible impédance de sortie des transistors, qui fait par exemple qu'une flexion en E_3 , où C_1 , et C_2 sont aussi pliés, engendre une tension négligeable dans C_1 et C_2 du fait de leur basse impédance.

C'est cette particularité qui permet au capteur multiple de fonctionner.

La structure précédente peut être étendue au cinq doigts de la main comme cela est représenté en figure 9, on prévoit alors 5 bandes de bimorphes avec un total de 14

capteurs (électrodes) disposés sur ces bimorphes. En supplément, il peut être prévu quatre capteurs d'abduction mesurant les écarts angulaires entre doigts, dans un plan, soit 18 capteurs par main.

5 Les capteurs d'abduction sont aussi simples à réaliser que les capteurs de flexion, en technologie polymères piézoélectriques. Par contre, du fait de leur forte courbure permanente, ils ne sont pas réalisables par la technologie optique citée précédemment de VPL Research. L'invention apporte donc un progrès indéniable dans cette 10 technique.

La réalisation de capteurs pour détecter les mouvements des différents doigts d'une main se fera en prévoyant un gant intérieur GI et un gant extérieur GE, les capteurs étant logés et maintenus en place entre ces deux gants 15 (voir figure 8).

Selon une variante de réalisation de l'invention on prévoit de réaliser les deux gants (gant interne GI et gant externe GE) mentionnés précédemment à l'aide de matériaux polymères piézoélectriques. Les deux gants sont polarisés en sens opposés de façon à réaliser une structure bimorphe couvrant toute la main. Des jeux d'électrodes et les transistors d'adaptation peuvent être placés selon les figures précédemment décrites voire même en plus grand nombre.

Compte tenu de la complexité de la surface d'un gant, 25 il n'est pas possible de prévoir localement une orientation préférentielle des chaînes macromoléculaires, qui privilierait la réponse électrique à une flexion parallèle à un axe donné comme précédemment.

Autrement dit, un petit élément de surface du gant 30 aura une réponse piézoélectrique isotrope dans son plan. Cette propriété est liée à l'utilisation du copolymère polarisé P (VF₂ -TrFE), qui n'a pas besoin d'être monoétiré comme le polymère PVF₂ pour présenter des propriétés piézoélectriques. Afin de privilégier la réponse à la flexion selon un axe déterminé, et puisque le polymère a une réponse isotrope, c'est 35

donc à la configuration du capteur que revient le rôle de sélection de l'axe de flexion.

Selon l'invention on prévoit en supplément de ménager dans le gant capteur des fentes perpendiculaires à l'axe de flexion. Ces fentes ont pour objet de supprimer toutes tensions mécaniques de direction parallèle à l'axe de flexion privilégié.

De façon plus générale, un capteur de flexion peut être réalisé comme cela est représenté en figure 10 en prévoyant dans une plaque de bimorphe 1, réalisé en un matériau du type P(VF₂-TrFE) (voir précédemment) des fentes F1, F2, F3. Les faces 10 et 11 sont revêtues d'électrodes 12, 13. Le capteur ainsi obtenu réagira à toute flexion ayant pour effet de faire fléchir le bimorphe autour d'un axe de flexion XX perpendiculaire aux fentes F1, F2, F3.

Le dispositif de l'invention peut bien sûr être appliqué au cas des polymères monoétirés, les fentes étant parallèles à la direction des chaînes : la discrimination des flexions perpendiculaires et parallèles aux chaînes s'en trouvera accrue.

Les dispositifs décrits précédemment peuvent être étendus à toute articulation (coude, genou, épaule, cou, etc...). L'extension ultime du gant est le vêtement du corps entier.

Les avantages inhérents à ce type de capteurs sont :

- générateurs de tension ou de charge linéaires en flexion, même aux angles supérieurs à 90°. La flexion selon un axe perpendiculaire aux chaînes engendre un signal 10 fois plus intense que lorsque la flexion est effectuée parallèlement aux chaînes.

- géométrie planaire, donc possibilité de flexions limitées selon un seul axe.

- insensibilité complète à tout type de contraintes homogène (pression uniaxiale, biaxiale, hydrostatique), et changement de température.

- faibles épaisseurs (quelques microns à quelques

centaines de microns), d'où grande souplesse, et flexions possibles jusqu'à 180°.

5 - possibilité de localiser plusieurs capteurs de flexion sur le même bimorphe, et d'utiliser le film polymère comme circuit souple d'interconnexion, par dépôts localisés de conducteurs.

10 Afin de profiter pleinement des avantages d'un tel capteur, il est nécessaire de lui associer un transistor à effet de champ placé à proximité ; le rôle de ce transistor est d'abaisser l'impédance de sortie du capteur, ce qui facilite la transmission des signaux, et augmente les degrés de liberté dans la conception de la connectique.

15 On notera que dans son principe, un tel capteur fournit des informations dynamiques et non statiques : en partant par exemple de la configuration plane, une flexion engendre une certaine quantité de charges, qui s'écoulent en quelques secondes, voire quelques minutes à travers la résistance de fuite du piézoélectrique ; au delà du temps de relaxation des charges tr, la différence de potentiel 20 initialement engendré s'est annulée, et il n'est donc plus possible de déterminer la flexion statique. Aussi faut-il intégrer les signaux fournis (échantillonnage, numérisation, intégration numérique) pour déterminer une flexion statique, à partir d'un état de référence, par exemple, la flexion nulle.

25 Il est bien évident que la description qui précède n'a été faite qu'à titre d'exemple non limitatif et que d'autres variantes peuvent être envisagées sans sortir du cadre de l'invention. Les exemples numériques et les types de matériaux n'ont été indiqués que pour illustrer la description.

REVENDICATIONS

1 - Dispositif capteur de flexion comprenant au moins un bimorphe de polymères piézoélectriques (1) enserré entre deux électrodes (12, 13) caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5 - un dispositif de court-circuit (2) pour connecter de façon faiblement résistive les deux électrodes (12, 13) l'une à l'autre ;
- un dispositif de mesure de tension (3) connecté aux deux électrodes (12, 13)
- un circuit de commande (4) pour commander à intervalles réguliers la mise en court-circuit des deux électrodes (12, 13) par le dispositif de court-circuit (2).
- des moyens d'exploitation de mesures (5) connectés aux dispositifs de mesure, recevant de celui-ci, des valeurs de tension de mesures réalisées entre les différents intervalles où les électrodes (12, 13) ne sont pas court-circuitées, et intégrant ces différentes valeurs de tension pour déterminer toute variation de flexion du bimorphe 1.

2 - Dispositif capteur de flexion selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de mesure de tension (3) est connecté aux deux électrodes (12, 13) par un circuit d'adaptation d'impédance (6) présentant une faible impédance au dispositif de mesure de tension (3).

3- Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le bimorphe (1) est de forme générale plane possédant deux faces principales (10 et 11) munies chacune d'au moins une électrode (12, 13), deux électrodes en vis à vis des deux faces formant un couple d'électrodes.

4 - Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une face principale (10) comporte une électrode commune (13) et l'autre face principale (11) comporte une pluralité d'électrodes individuelles (E1, E2, E3) placées en vis-à-vis de l'électrode commune (13).

5 - Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'à chaque électrode individuelle (E1, E2, E3) est associé un circuit d'adaptation d'impédance (T1, T2, T3) lequel est connecté par au moins un conducteur de liaison (C1, C2, C3) à un dispositif de mesure de tension (T'1, T'2, T'3).

10 6 - Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que le bimorphe (1) est de forme générale allongée, et que les électrodes individuelles (E1, E2, E3) sont disposées selon le sens de la longueur du bimorphe (1), les dispositifs de mesure de tension étant situés à une extrémité (14) du bimorphe (1) et étant connectés aux circuits d'adaptation d'impédance (T1, T2, T3) des différentes électrodes individuelles.

15 7 - Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que :

- le dispositif de court-circuit (2) et le circuit d'adaptation d'impédance (T1) sont constitués d'un premier transistor à effet de champ (6) dont la grille est connectée à une première électrode (12), la source est connectée à une deuxième électrode (13).

20 - le dispositif de mesure de tension (3) comporte un deuxième transistor à effet de champ (T'1) dont la source est connectée à la source du premier transistor à effet de champ, la grille reçoit des impulsions d'échantillonnage, le drain est connecté au drain du premier transistor à effet de champ et est connecté également à un circuit de sortie.

25 - un circuit de polarisation R est connecté aux drains des transistors.

30 8 - Dispositif selon l'une des revendications 6 ou 7 caractérisé en ce que la source de chaque premier transistor à effet champ (T1, T2, T3) est connectée à la deuxième électrode par une connexion traversant le bimorphe (1).

9 - Dispositif selon la revendication 8 caractérisé en ce que chaque premier transistor est placé dans une cavité située dans l'épaisseur du bimorphe.

35 10 - Dispositif selon l'une quelconque des revendica-

tions précédentes caractérisé en ce que le bimorphe est monétiré et possède des propriétés piézoélectriques anisotropes.

5 11 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le bimorphe possède des propriétés piézoélectriques isotropes et qu'il comporte des fentes perpendiculaires à l'axe de flexion à laquelle est soumis le bimorphe.

10 12 - Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que le bimorphe et ses composants associés (électrodes et transistors) est placé dans une enveloppe de protection en matériau souple.

15 13 - Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'enveloppe de protection comporte principalement deux parties protégeant chacune une face principale du bimorphe, l'une des parties de l'enveloppe de protection étant appliquée à une partie d'un corps animé pour que le dispositif puisse détecter toute déformation de cette partie du corps animé.

20 14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'enveloppe de protection forme gaine pour le corps animé et contient au moins un capteur à chaque articulation du corps animé dont on veut détecter le mouvement.

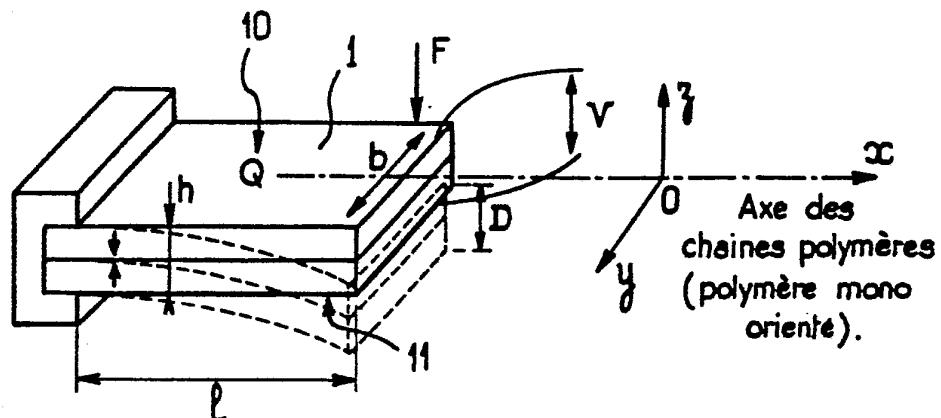
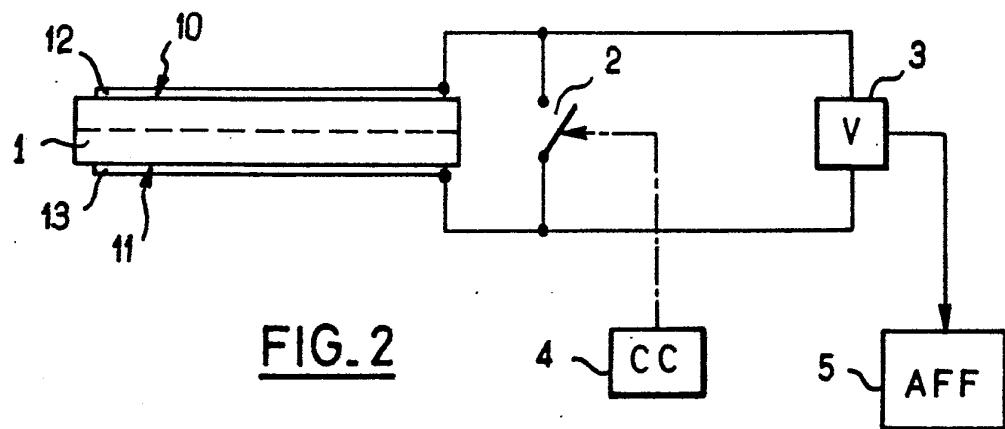
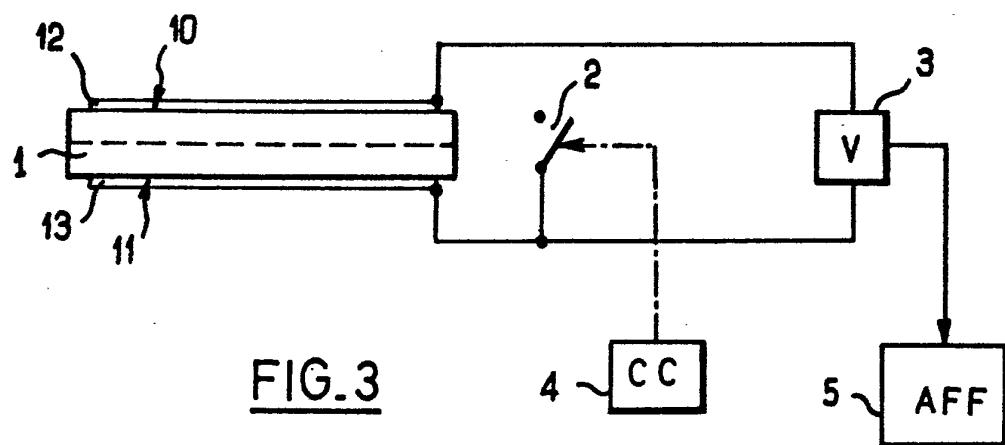
25 15 - Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que les parties de l'enveloppe de protection sont deux gants emboités l'un dans l'autre, un ou plusieurs bimorphe étant placés entre les deux gants.

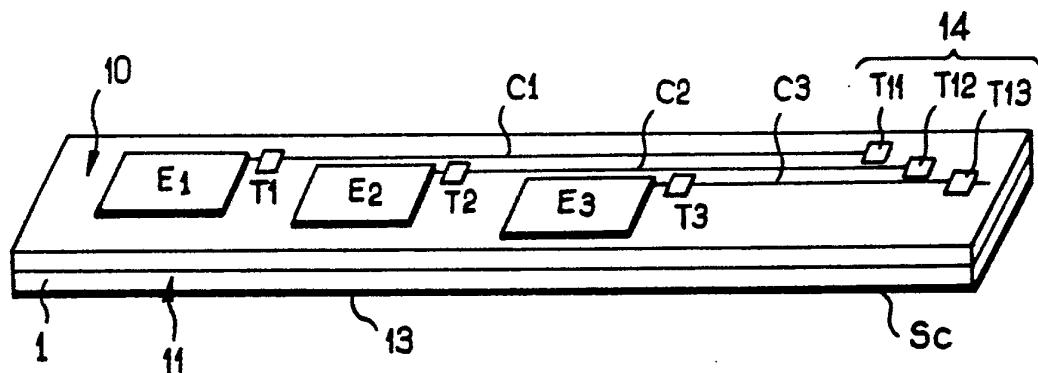
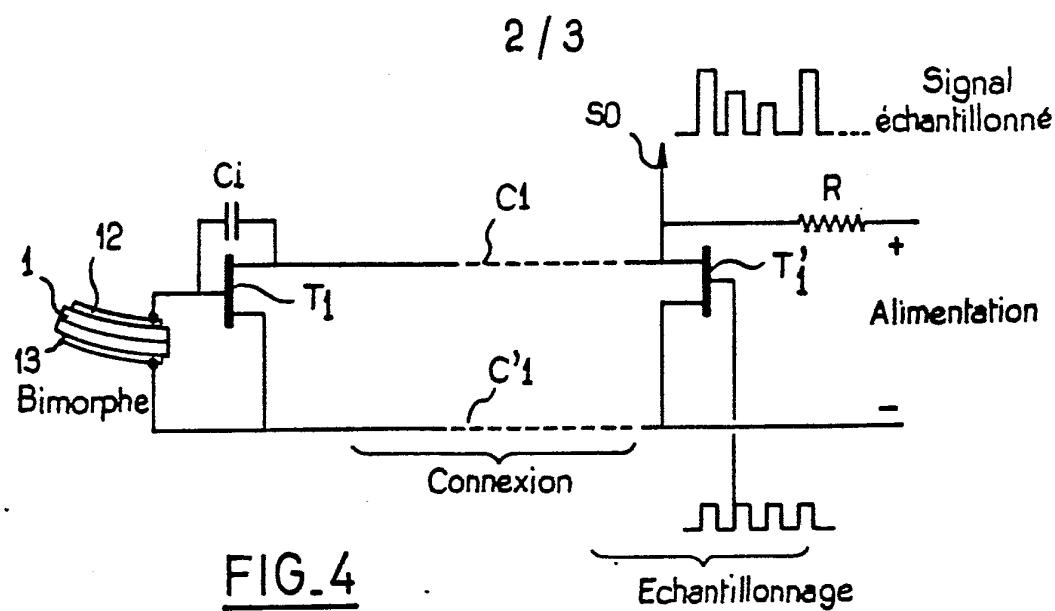
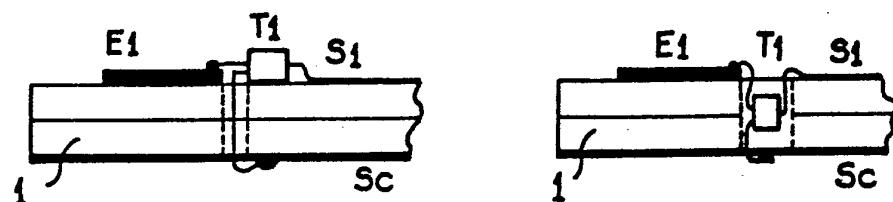
16 - Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comporte un bimorphe par doigt des gants, chaque bimorphe comportant une électrode individuelle à chaque articulation.

30 17 - Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comporte des bimorphes d'abduction entre les doigts.

35 18 - Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que les deux parties de l'enveloppe sont en matériaux polymères et sont accolées pour former le bimorphe, l'ensemble étant ainsi un bimorphe formant gaine pour le corps animé.

1 / 3

FIG. 1FIG. 2FIG. 3

FIG. 5FIG. 6FIG. 7

3 / 3

