

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 135 869**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)  
21 N° d'enregistrement national : **22 04816**  
51 Int Cl<sup>8</sup> : **H 10 N 30/88 (2022.01), D 21 H 27/00**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

22 Date de dépôt : 20.05.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 24.11.23 Bulletin 23/47.

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) : *Koehly Rodolphe* — FR.

72 Inventeur(s) : *Koehly Rodolphe*.

73 Titulaire(s) : *Koehly Rodolphe*.

54 **Procédés de fabrication de ressources industrielles sous la forme de matériaux composites en couches complexes électriquement fonctionnelles.**

57 Procédé de fabrication de ressources industrielles sous la forme de matériaux composites en couches complexes électriquement fonctionnelles .

Cet invention concerne un ensemble de procédés de production de ressources industrielles complexes électriquement

fonctionnelles concerne les domaines techniques des industries du papier, de l'imprimerie et de la transformation pour la fabrication de composants électroniques tel que des capteurs de contact résistifs.

Ces procédés concernent une méthode de production d'un substrat fibreux ayant au moins deux couches électriquement fonctionnelles (FIG. 1) : la première couche est le squelette à base de fibres végétales et de pigments électrofonctionnels et dont les surfaces sont entièrement ou partiellement recouvertes sur une ou deux faces par des couches secondaires avec un médium organique isolant ou conducteur et ayant des propriétés électriques variées.

Ces ressources permettent alors principalement la production industrielle optimisée de composants multicouches résistifs sensibles composés de couches isolantes, résistives ou conductrices, pour la production de deux types de ressources intermédiaires (R 2) ou directement transformables (R1):

Des ressources (R1) et (R2) permettant une éco-conception inégalée pour des capteurs de contact résistifs ou pour d'autres composants électroniques, et ce, tout au long de leur cycle de vie.

Les procédés décrits permettent la fabrication de tous types de composants électroniques en permettant un modèle de gestion des ressources optimisés tout au long de la chaîne de production, et des produits facilement recyclables, biodégradables et non-polluants

FR 3 135 869 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Procédé de fabrication de ressources industrielles sous la forme de matériaux composites en couches complexes électriquement fonctionnelles**

[0001] Un ensemble de procédés de production de ressources industrielles complexes électriquement fonctionnelles visant la production industrielle d'un substrat fibreux ayant au moins deux couches électriquement fonctionnelles ([Fig.1]). La première couche est le squelette à base de fibres végétales (1) et de pigments électro-fonctionnels et dont les surfaces sont entièrement ou partiellement recouvertes sur une ou deux faces par des couches secondaires (2) avec un médium organique isolant ou conducteur et ayant des propriétés électriques variées. Ces ressources permettent alors la production industrielle optimisée de composants résistifs sensibles composés de couches isolantes, résistives ou conductrices, pour la production de deux types de ressources; d'une part, un papier chargé et électriquement résistif en volume et complété d'un revêtement de surface électriquement conducteur sur l'ensemble de ses 2 faces, et tel que ces deux revêtements de surface agissent comme des électrodes. Ce premier type de papier (R2), est un capteur tactile redimensionnable qui nécessite simplement d'être connecté sur ses deux faces pour fournir une résistance électrique variable et fonction des forces appliquées sur sa surface. D'autre part, un papier chargé et électriquement résistif en volume (R1), complété d'un revêtement de surface électriquement conducteur sur une seule de ses 2 faces. Ce papier est utilisé comme ressource de base pour la production manufacturière de divers types de capteurs, tels que de force, de flexion, de position, et de réseaux de capteurs (ou autres composants électroniques). La conception peut ou non inclure des électrodes et connecteurs métalliques(3), elle est évolutive, personnalisable et à été testé en essais pilotes industriels de laboratoire. Le revêtement de surface peut également être strié pour générer des lignes conductrices (pour une conception matricielle), ou tout type de motifs fonctionnels(R3) et être encapsulé pour le rendre plus durable au besoin(4). Des ressources (R1) et (R2) permettant une éco-conception inégalée pour des composants électroniques, et ce, tout au long de leur cycle de vie.

#### **CONTEXTE DE L'INVENTION**

[0002] Cette invention concerne les domaines techniques des industries du papier, de l'imprimerie et de la transformation pour la fabrication de composants électroniques tels que des capteurs de contact résistifs.

Les appareils électroniques majoritairement produit actuellement consistent en un ensemble de circuits et de composants électroniques fonctionnels encapsulés dans des

substrats plastiques. Ces substrats confèrent une grande solidité et durabilité potentielle de ces appareils mais ils rendent leur recyclage difficile et coûteux en énergie, voire impossible pour certains plastiques chargé en masse de pigments fonctionnels tels que ceux utilisé pour la production de capteurs de force du type FSR.

Plusieurs types de substrats alternatifs on été pourtant développé dans le cadre de projets de recherche tels que des textiles ou des papiers électriquement fonctionnels. Le papier conducteur est le substrat offrant le meilleur potentiel de production de composants électroniques soutenables, mais ces matériaux sont plus difficiles et coûteux à exploiter que des plastiques de synthèse. Ils ne sont donc pas développés industriellement et ne sont donc que sporadiquement accessibles via des projets de recherche universitaires et pédagogiques en électronique pour la reproduction manuelle de design électroniques classiques.

L'utilisation de procédés d'impression traditionnels industriels permet aujourd'hui de réduire fortement la quantité de matière nécessaire pour produire ces composants mais cette production se fait toujours très majoritairement sur des supports plastiques et avec des substrats impossibles à recycler ou ré-exploiter en fin de vie.

Le procédé selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients en proposant d'adapter les équipements industriels classiques à de nouveaux types de substrats et de procédés pour produire des ressources de production innovante pour la fabrication industrielle de composants électroniques à base de cellulose, d'encre organiques et de pigments carbone et autres particules électriquement fonctionnelles, qui sont respectueux de l'environnement et recyclables. Les designs et la façon d'utiliser la dite ressource se distinguent également des procédés précédents de par les procédés industriels utilisés pour produire les matières premières puis les composants.

### **BREF APERÇU DE L'INVENTION**

[0003] La présente invention concerne une ressource de production innovante de papier cellulosique électriquement fonctionnel, couché ou imprimé, pour la production de divers types de composants électroniques tels que des capteurs de force, de position ou de flexion et leurs combinaisons, ou encore d'autres composants électroniques passifs ou actifs.

[0004] **Composition:** ce papier de spécialité a une structure dite complexe d'au moins 2 couches fonctionnelles agissant comme isolant, barrière résistive ou électrode, selon leur conductivité électrique volumique, et est principalement constitué de fibres de cellulose renfermant des nanoparticules conductrices, telles que des particules à base de carbone ou d'autres particules électriquement fonctionnelles, et des quantités minimales ou des liants chimiques pour renforcer le substrat.

Le degré de conductivité électrique est principalement lié à la taille des pigments, à leur quantité et à leur répartition dans le substrat. On peut alors produire élec-

triquement des couches dont la conductivité va de plus de  $10^7$  Ohms sans pigments, jusqu'à moins de 1 Ohms avec des charges élevées de distributions de pigments adéquates.

[0005] **Support :** La première couche fondamentale est un papier conventionnel chargé de particules conductrices tel que du carbone à la place des pigments habituels pour la fabrication du papier et tel que cette couche agisse alors comme une barrière électrique résistive(1). La résistance volumique de cette couche ainsi que ses propriétés piézo-résistives et visco-élastiques en fonction de l'épaisseur, ainsi que la rugosité et de la porosité de cette couche sont autant de paramètres à spécifier suivant l'application finale visée.

Cette première couche fondamentale est également toujours, entièrement ou partiellement, recouverte d' au moins une fine couche secondaire fonctionnelle (2) qui peut être ajoutée pendant la production du papier avec une section de couchage de surface ou par des étapes industrielles ultérieures, tel que des procédés d'impression et de transformation artisanale ou industriel.

[0006] **Couchage ou impression des couches secondaires :** La couche secondaire agira selon sa composition et sa forme comme un isolant, un espaceur ou une électrode, en fonction de son épaisseur et de ses particules conductrices, types, distributions et quantités spécifiées. Cette couche secondaire peut être appliquée sur une ou les deux faces de la couche fondamentale et peut avoir des propriétés identiques ou différentes sur chaque face. On peut distinguer deux types de papiers spéciaux résultants aux applications variables:

- **un papier à double couche (R2)** avec un revêtement complet sur chaque face de la couche fondamentale résistive et les deux revêtements agissant comme des électrodes. Ce papier est un capteur de force prêt à l'emploi qui doit simplement être dimensionné et connecté sur les deux faces pour fournir une réponse de signal aux variations des forces appliquées sur sa surface.
- **Un papier à simple couche (R1)** dont le revêtement agit comme une électrode et qui doit être utilisé comme ressource pour la production de divers types de capteurs, tels que la force, la flexion, la position et les réseaux de capteurs (ou autres composants électroniques). Ces 2 produits sont conçus pour être évolutifs, personnalisables et pour être construits soit manuellement, soit industriellement. Leur conception peut ou non inclure des électrodes métalliques. Le revêtement peut également être strié pour générer des lignes conductrices (pour une conception matricielle), ou tout type de motifs fonctionnels. La conception de ces capteurs de force ou de flexion à base de papier est fournie sous forme d'éléments individuels ou de matrice de zones sensibles.

[0007] **Utilisations alternatives :** d'autres capteurs (capteurs de position 1D-2D) peuvent également être produits par des conceptions classiques, ainsi que d'autres types de composants électroniques. La gamme de résistance résultante des capteurs est définie et adaptée aux exigences des microcontrôleurs et varie entre 1 ohm et  $10^6$  ohms pour les capteurs de force, en fonction de la teneur en noir de carbone et de la charge appliquée.

[0008] **Impact Environnemental:** le processus proposé permet de fournir une électronique écologique et durable. Pour ce faire, il permet :

- L'utilisation de cellulose et de substrats organiques renouvelables et d'origines locales au lieu des substrats polymères de synthèse non biodégradables et impossibles à recycler lorsqu'ils sont mélangés à d'autres matières.
- Pas ou peu d'utilisation de métal (par exemple, des pigments d'argent) pour la fabrication des électrodes, grâce à une gestion intelligente de la correspondance appropriée entre les conductivités du support et de la couche imprimée.
- Utilisation minimale de produits chimiques de liaison bio résistants pour une résistance élevée au cisaillement, une propriété d'étanchéité et un contrôle de la biodégradabilité du matériau dans le temps.
- Utilisation optionnelle complémentaire de thermoplastiques recyclable pour encapsuler sans adhérence le composant papier et prolonger sa durée de vie ou sa solidité tout en permettant encore un recyclage facile par simple dé-laminage dans les bacs à recyclage.

[0009] **La particularité de cette invention est de fournir des matières premières permettant la production industrielle rapide, évolutive et personnalisable de composants électroniques économiques et respectueux de l'environnement.**

[0010] **Champs d'application :** Le procédé décrit permet également de produire industriellement des capteurs très peu coûteux d'une taille allant jusqu'à  $1\text{m}^2$  ou bien une matrice de tels capteurs. Les 2 types de papier utilisés sont soit des électrodes conductrices, soit une résistance sensible à la pression. Il est ainsi possible de produire le capteur sans métal pour la zone sensible, ce qui permet de produire des matériaux sensibles de grande taille et peu coûteux à placer dans le sol, derrière les murs ou dans tout endroit nécessitant une détection de contact. Les 2 exemples d'application prioritaires sont schématisés pour :

- la production de capteurs de forces sous forme de larges surfaces tactiles ([Fig.2]) qui peuvent être produites à partir des ressources (R1) ou (R2).
- la production de matrices de capteurs de forces ([Fig.3]), qui peuvent être produites à partir des ressources (R3) ou (R1).

**Brève description des différentes vues du dessin.**

[0011] La [Fig.1] présente les parties fonctionnelles constituant des différents types de ressources à simple (R1) et double couche pleines(R2) ou couches striées (R3). Ces différents types de ressources peuvent chacune se décliner en plusieurs sous-produit de fonctionnalité variable en fonction de la teneur en particules conductrices du squelette de cellulose(1) et des couches appliquées(2), (3), (4). Ainsi, chaque couche fonctionnelle peut aussi bien être un isolant(4), une résistance (1), ou un conducteur(2),(3) selon le composant électronique à produire.

Chaque couche peut être appliquée sur la totalité de la surface ou seulement partiellement de manière à générer des zones fonctionnelles variées et personnalisées.

Les couches peuvent être appliquées via des procédés papetier et d'imprimerie à travers plusieurs couches appliquées successivement, chacune ayant des propriétés électriques spécifiques et complémentaires.

### **Exemples d'application**

[0012] Pour la fabrication de capteurs tactiles, le squelette de cellulose (1) sert principalement de barrière résistive et la couche du surface (2) sert d'électrodes conductrices, comme le montrent les figures 2 et 3. Un papier à double couche (R2) entièrement revêtu sur les deux surfaces agira comme une résistance sensible à la force lorsqu'il sera connecté sur la surface de chaque côté, comme le montre la [Fig.2] pour la ressource (R2).

Un papier à double couche avec des motifs de revêtement sur les deux surfaces agira comme une surface de résistance sensible à la force lorsqu'il est connecté sur la surface de chaque motif conducteur. Par exemple, le revêtement de lignes conductrices horizontales sur une face et de lignes conductrices verticales sur l'autre face générera un réseau de résistances indépendantes sensibles à la force, comme décrit dans la [Fig.3] pour la ressource (R3).

Un papier couché simple avec un squelette résistif et une couche conductrice peut être utilisé comme matière première industrielle pour les industries de l'impression et de la transformation des papiers-cartons et permettant la production de résistances de détection de force comme décrit dans la [Fig.2] pour la ressource (R1), et de réseaux de zones de détection de force indépendantes comme décrit dans la [Fig.3] pour la ressource (R1), ainsi que pour la production de capteurs de position comme ceux utilisés dans les écrans tactiles résistifs ou les touchpads ou la production de capteurs de flexion comme ceux utilisés dans les gants de réalité virtuelle.

Un exemple de fichier de production d'une interface de contrôle contenant un réseau 12\*12 de 144 cellules sensibles indépendantes est fourni à la [Fig.4] comme exemple de modèles personnalisés et de conception de connexion à un microcontrôleur en utilisant le processus décrit ci-dessus ([Fig.4]).

[0013] **Variations possibles des productions de composants**

[0014] Une variété d'autres types de composants peut finalement être produite en fonction de la fonctionnalité fournie par les particules à l'intérieur du squelette(1) ou des couches(2), (3), (4). Fondamentalement, la plupart des composants électroniques conçus comme des couches fonctionnelles s'encastrent entre ou autour des couches d'électrodes conductrices peuvent être produits par ce procédé. Voici une liste non exhaustive de scénarios possibles :

- fils rubans isolés avec un squelette hautement conducteur et un revêtement isolant;
- rubans isolés et blindés avec un squelette hautement conducteur et un revêtement isolant/blindant;
- condensateurs et surfaces capacitives avec squelette isolant et revêtement conducteur;
- éléments et inducteurs piézoélectriques et antennes RFID avec un squelette hautement résistif et des motifs spécifiques à l'intérieur des couches de revêtement conducteur;
- semi-conducteurs, les OLED, les transistors avec diverses technologies connues et des particules fonctionnelles appropriées;
- piles et super condensateurs avec diverses technologies connues et des particules fonctionnelles appropriées;
- composants électromagnétiques, capteurs et actionneurs, avec diverses technologies connues et des particules fonctionnelles appropriées.

### **DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION**

[0015] Plus spécifiquement, et selon une variante privilégiée, le procédé de fabrication consiste en une méthode de production d'un substrat de structure complexe et aux propriétés électriquement fonctionnelles multiples qui exploite au moins 2 couches fonctionnelles d'un squelette sensible à base de cellulose (1) entièrement ou partiellement recouvert ou imprimé (2) sur une face (cas B) ou sur les deux faces (cas A)

La ou les couches externes enduites ou imprimées(2) sont constituées d'un liant à base organique isolant ou conducteur, et rempli de quantités spécifiques de pigments conducteurs de noir de carbone à l'échelle nanométrique (ou d'autres éléments conducteurs, tels que le graphite, les oxydes métalliques ou les polymères conducteurs), pour former une électrode conductrice sur toute sa surface. Le revêtement (2) permet également de renforcer le papier contre le cisaillement et de diminuer sa sensibilité à l'humidité.

[0016] **Dans le cas A** revêtement conducteur (2) sur les deux faces pour la production d'une ressource industrielle sensible à la force prêt à être dimensionnée et connecté (R2), le substrat complexe électriquement fonctionnel agit comme un matériau piézo-résistif en

compression d'épaisseur, les couches couchées ou imprimées agissant comme des électrodes et le tout formant une surface sensible à la force. Le revêtement peut être généré avec des quantités et des distributions variables de particules conductrices, de sorte que le papier est, par exemple, strié horizontalement d'un côté et verticalement de l'autre de manière à générer un réseau de cellules de force sensibles, également appelé matrice (R3), ou encore à générer tout motif de zones conductrices et non conductrices personnalisées.

En outre, des procédés d'impression supplémentaires peuvent être utilisés pour imprimer des pistes conductrices pour les connexions électroniques sur chaque couche d'électrode ou sur des zones du substrat complexe(3), et des adhésifs alternatifs à base de métal des systèmes de fixation peuvent être utilisés sur les deux couches d'électrode pour connecter les capteurs résultants aux dispositifs électroniques.

[0017] **Dans le cas B** (revêtement conducteur (2) sur une seule face pour la production d'un matériau convertible (R1) destiné à la production de divers types de capteurs et de motifs ou de réseaux de capteurs), deux couches du substrat complexe électriquement fonctionnel sont placées l'une en face de l'autre, la surface de l'électrode revêtue ou imprimée étant tournée vers l'extérieur, formant une surface sensible aux forces ( [Fig.2]). Le revêtement peut être généré de manière à ce que le papier soit strié. La combinaison de deux morceaux de papier striés (R1) se faisant face, avec les bandes conductrices à l'extérieur et une feuille tournée à 90 degrés par rapport à l'autre, permet de générer facilement une matrice de lignes et de colonnes qu'il suffit de connecter à une extrémité de chaque bande conductrice pour acquérir des valeurs multiples correspondant à la force appliquée à chaque section transversale de deux bandes conductrices ([Fig.3])

[0018] Dans les deux cas A et B, la conception est une base minimaliste évolutive, personnalisable et peut être réalisée manuellement ou industriellement.

En outre, des procédés d'impression supplémentaires peuvent être utilisés pour imprimer des pistes conductrices pour les connexions électroniques sur la couche d'électrode, et des adhésifs alternatifs à base de métal des systèmes de connexion électronique standards peuvent être solidarisés à la couche électrode (2) pour connecter les capteurs résultants à des systèmes de développement électronique.

En outre, et selon un procédé privilégié, le capteur produit (ou tout autre composant électronique) peut éventuellement être renforcé à l'aide d'une couverture isolante telle qu'un vernis pulvérisé, ou être laminé entre 2 fines feuilles d'isolation telles qu'un film PET. La conception proposée simplifie le processus de fabrication du capteur et permet d'accélérer la production. D'autres capteurs (capteurs de position 1D-2D) peuvent également être produits selon des conceptions classiques.

**Champs d'application industrielles :**

[0019] La gamme de résistance résultante des capteurs est définie et adaptée aux exigences des microcontrôleurs et varie entre 1 ohm et 10 Mohms pour les capteurs de force, en fonction de la teneur en noir de carbone et de la charge appliquée. La conception et la méthode proposées peuvent également permettre la production de divers autres composés électroniques, capteurs et transducteurs tels que des résistances, des condensateurs, des capteurs de position ou de flexion, des capteurs de chaleur et d'humidité ou encore des transducteurs piézoélectriques et de chaleur ou d'énergie, en fonction de la teneur en pigments de leurs couches et de la manière dont ils sont convertis et connectés.

**Principaux avantages de l'invention proposée :**

[0020] Les principaux avantages de l'invention proposée sont les suivants :

[0021] (1) elle permet une production peu coûteuse, simple et rapide de capteurs (ou d'autres composants électroniques) ;

[0022] (2) elle permet de produire des capteurs (ou d'autres composants électroniques) recyclables et non polluants ;

[0023] (3) les capteurs (ou autres composants électroniques) produits sont évolutifs et personnalisables, et illimités en termes de tailles et de formes ;

[0024] (4) le matériau sensible pourrait être proposé sous la forme d'une série de capteurs dédiés à n'importe quel convertisseur analogique-numérique commercial, l'un des principaux avantages étant de permettre l'épaisseur de ses éléments sensibles de manière à contrôler la réponse du capteur ;

[0025] (5) il est possible de combiner n'importe quel type de matériaux à base de cellulose ou recyclables pour les utiliser comme encastrement, support, protection et mousse haptique, etc. pour offrir un capteur complet recyclable (ou d'autres composants électroniques).

[0026] Selon un mode de réalisation, le procédé objet de l'invention, permet de produire par étapes successives une série de ressources industrielles et directement transformable en composants électroniques, chacune de ces ressources étant constituées :

- d'un substrat organique élastique et électriquement fonctionnel oeuvrant comme conducteur relatif de courant (1)
- Au moins une ou plusieurs couches ou zones électriquement fonctionnelles(2) ou (3) sur au moins une des faces du substrat(1) et produite à partir de matière organique

[0027] Selon un mode de réalisation le substrat organique électro-fonctionnel(1) est un réseau élastique de fibres de cellulose qui retient en volume des quantités spécifiques de particules fonctionnelles à l'échelle nanométrique. Si ces particules sont des solides carbonés organiques conducteurs ce substrat produit possède une résistance électrique volumique de l'ordre de  $10^4$  à  $10^7$  Ohms/cm<sup>3</sup> et le squelette fibreux lui confère un

comportement piezo-résistif élastique sous compression dans son épaisseur et une variation de résistance modélisable par une fonction inverse de la force appliquée.

[0028] Selon un mode de réalisation, la ou les couches fonctionnelles additionnelles(2) peuvent être rajoutée durant le procédé de fabrication du substrat fonctionnel(1) ou ultérieurement par impressions ou autre traitement de surface. Chaque nouvelle couche fonctionnelle (2) a une composition et des propriétés fonctionnelles nouvelles. Dans le cas d'un substrat piézo-résistif(1) , une couche additionnelle(2) contenant une forte concentration en solides carbonés conducteurs a pour rôle d'agir comme une électrode vis-a-vis du substrat (1) résistif soit des résistances électriques de surfaces de l'ordre de 10 à 102 Ohms/cm. Cette couche fonctionnelle peut recouvrir complètement ou partiellement chaque face du substrat(2) suivant les ressources opérationnelles à produire. D'autres couches additionnelles peuvent ensuite être ajoutée par impression de lignes et zones de connexion avec des encres métalliques permettant une conductivité de l'ordre de 10-2 Ohms/cm.

[0029] Selon un mode de réalisation, le substrat fonctionnel (1) produit comme résistance électrique volumique et complétée sur une face par une couche électriquement conductrice (2) est une première ressource (R1) à transformer pour la production d'une variété de capteurs de contact résistifs tels que des capteurs de force, de flexion ou de position d'un contact suivant la forme et le design d'un empilement de cette ressource (R1) et de la façon dont les couches électrodes sont connectées à un circuit électrique où à une carte d'acquisition.

[0030] Selon un mode de réalisation, le substrat fonctionnel (1) produit comme résistance électrique volumique, complétée sur ses 2 faces par une couche électriquement conductrice (2) est une ressource directement opérationnelle (R2). Le substrat cellulosique élastique et poreux de cette ressource se comprime sous la pression et le matériau voit sa résistance électrique locale varier en fonction de la contrainte exercée en compression. Cette résistance se mesure directement en tout point des 2 couches électrodes et permet de déduire plusieurs informations de contact suivant la façon dont les couches électrodes sont connectées à un circuit électrique où à une carte d'acquisition.

[0031] Selon un mode de réalisation l'ajout de connecteurs(3) imprimés ou fixés sur les couches électrodes et pour recouvrir le composant final d'un élément imperméable et isolant électriquement par encapsulation.

[0032] Selon un mode de réalisation, les couches fonctionnelles additionnelles(2) peuvent être générées avec des quantités et des distributions variables de particules conductrices de sorte que le papier soit, par exemple, strié horizontalement sur une face et strié verticalement sur l'autre face (R3) de manière à générer un croisement de lignes d'électrodes et un réseau de cellules de force sensibles également appelé

conception de matrice.

[0033] Selon un mode de réalisation, la première ressource (R1) peut être utilisée comme électrode ou comme partie fonctionnelle d'une variété de composant électroniques organiques recyclables et non polluants tel que des sources d'énergies des capteurs ou des transducteurs variés lorsqu'ils sont combinés à d'autres couches organiques fonctionnelles adéquates.

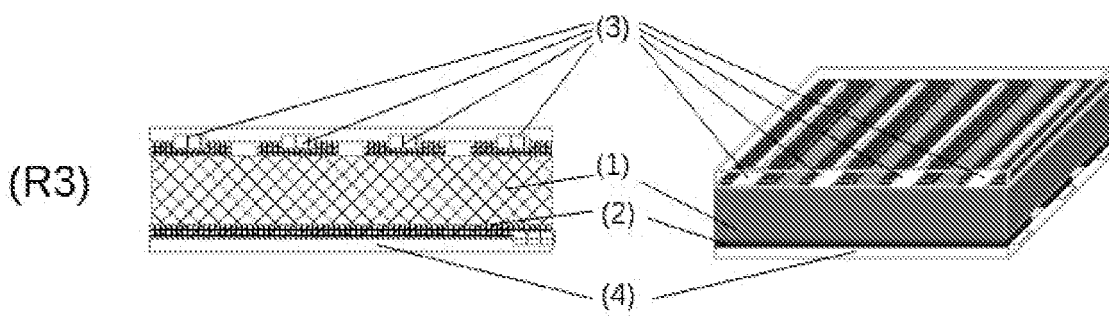
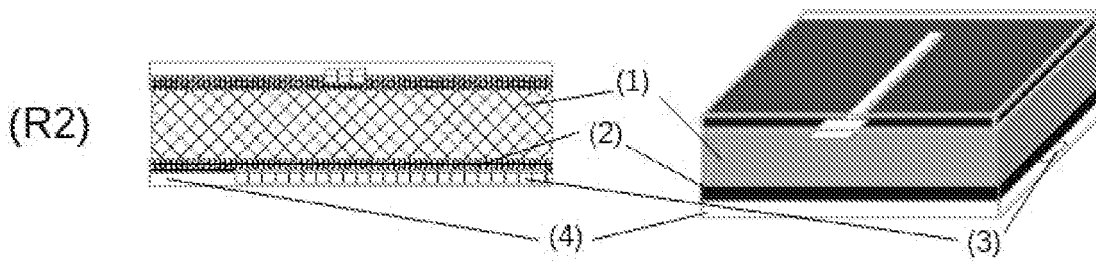
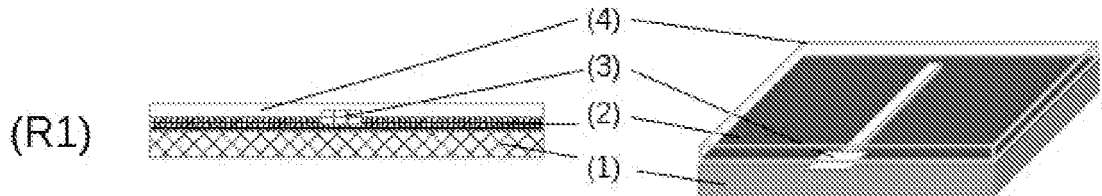
## Revendications

- [Revendication 1] Un procédé de production industrielle de papiers complexes électriquement fonctionnels (R1), (R2) et (R3) caractérisé en ce qu'il permet de produire par étapes successives une série de ressources industrielles directement transformable en composants électroniques fonctionnels (S), chacune de ces ressources étant constituées :
- d'un substrat organique élastique et électriquement fonctionnel œuvrant comme conducteur relatif de courant (1)
  - Au moins une ou plusieurs couches ou zones électriquement fonctionnelles(2) ou (3) sur au moins une des faces du substrat(1) et produite à partir de matière organique
- [Revendication 2] Un procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le substrat organique électro-fonctionnel(1) est un réseau élastique de fibres de cellulose qui retient en volume des quantités spécifiques de particules fonctionnelles à l'échelle nanométrique. Si ces particules sont des solides carbonés organiques conducteurs ce substrat produit possède une résistance électrique volumique de l'ordre de  $10^4$  à  $10^7$  Ohms/cm<sup>3</sup> et le squelette fibreux lui confère un comportement piezo-résistif élastique sous compression dans son épaisseur et une variation de résistance modélisable par une fonction inverse de la force appliquée.
- [Revendication 3] Un procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que la ou les couches fonctionnelles additionnelles(2) peuvent être rajoutée durant le procédé de fabrication du substrat fonctionnel(1) ou ultérieurement par impressions ou autre traitement de surface. Chaque nouvelle couche fonctionnelle (2) a une composition et des propriétés fonctionnelles nouvelles. Dans le cas d'un substrat piézo-résistif(1) , une couche additionnelle(2) contenant une forte concentration en solides carbonés conducteurs a pour rôle d'agir comme une électrode vis-a-vis du substrat (1) résistif soit des résistances électriques de surfaces de l'ordre de  $10$  à  $10^2$  Ohms/cm. Cette couche fonctionnelle peut recouvrir complètement ou partiellement chaque face du substrat(2) suivant les ressources opérationnelles à produire. D'autres couches additionnelles peuvent ensuite être ajoutée par impression de lignes et zones de connexion avec des encres métalliques permettant une conductivité de l'ordre de  $10^{-2}$  Ohms/cm .

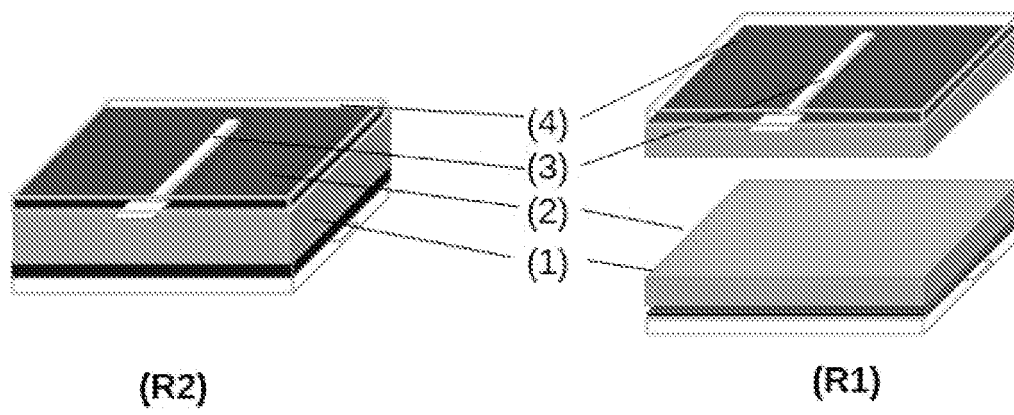
- [Revendication 4] Un procédé selon la revendication 1 caractérisée en ce que le substrat fonctionnel (1) produit comme résistance électrique volumique et complétée sur une face par une couche électriquement conductrice (2) est une première ressource (R1) à transformer pour la production d'une variété de capteurs de contact résistifs tels que des capteurs de force, de flexion ou de position d'un contact suivant la forme et le design d'un empilement de cette ressource (R1) et de la façon dont les couches électrodes sont connectées à un circuit électrique où à une carte d'acquisition.
- [Revendication 5] Un procédé selon la revendication 1 caractérisée en ce que le substrat fonctionnel (1) produit comme résistance électrique volumique, complétée sur ses 2 faces par une couche électriquement conductrice (2) est une ressource directement opérationnelle (R2). Le substrat cellulosique élastique et poreux de cette ressource se comprime sous la pression et le matériau voit sa résistance électrique locale varier en fonction de la contrainte exercée en compression. Cette résistance se mesure directement en tout point des 2 couches électrodes et permet de déduire plusieurs informations de contact suivant la façon dont les couches électrodes sont connectées à un circuit électrique où à une carte d'acquisition.
- [Revendication 6] Un procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que les ressources industrielles produites (R1) et (R2) permettent l'ajout de connecteurs(3) imprimés ou fixés sur les couches électrodes et pour recouvrir le composant final d'un élément imperméable et isolant électriquement par encapsulation.
- [Revendication 7] Un procédé selon la revendication 1 caractérisée en ce que les couches fonctionnelles additionnelles(2) peuvent être générées avec des quantités et des distributions variables de particules conductrices de sorte que le papier soit, par exemple, strié horizontalement sur une face et strié verticalement sur l'autre face (R3) de manière à générer un croisement de lignes d'électrodes et un réseau de cellules de force sensibles également appelé conception de matrice.
- [Revendication 8] Un procédé selon la revendication 1 caractérisée en ce que la première ressource (R1) peut être utilisée comme électrode ou comme partie fonctionnelle d'une variété de composant électroniques organiques recyclables et non polluants tel que des sources d'énergies des capteurs ou des transducteurs variés lorsqu'ils sont combinés à d'autres couches organiques fonctionnelles adéquates.

[Fig. 1]

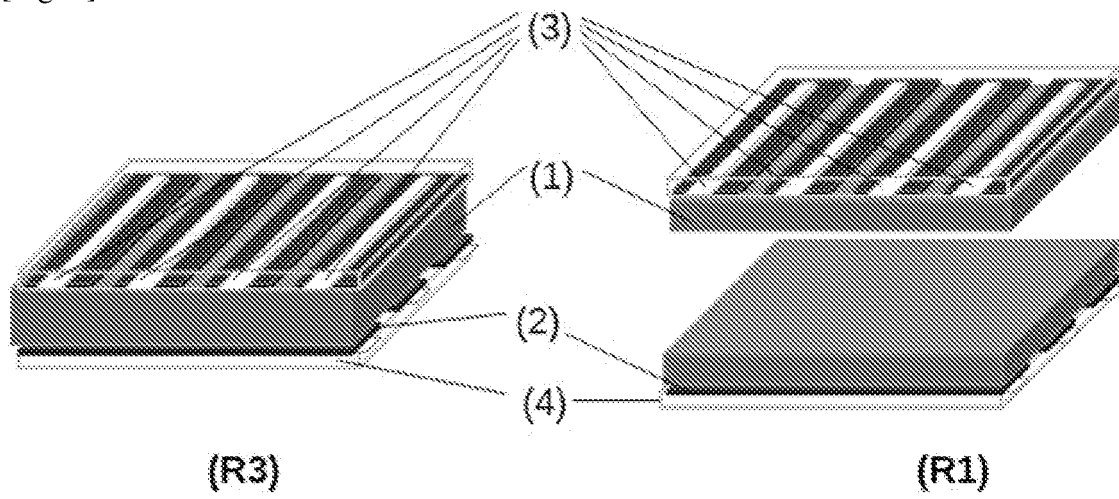
Fig. 1



[Fig. 2]

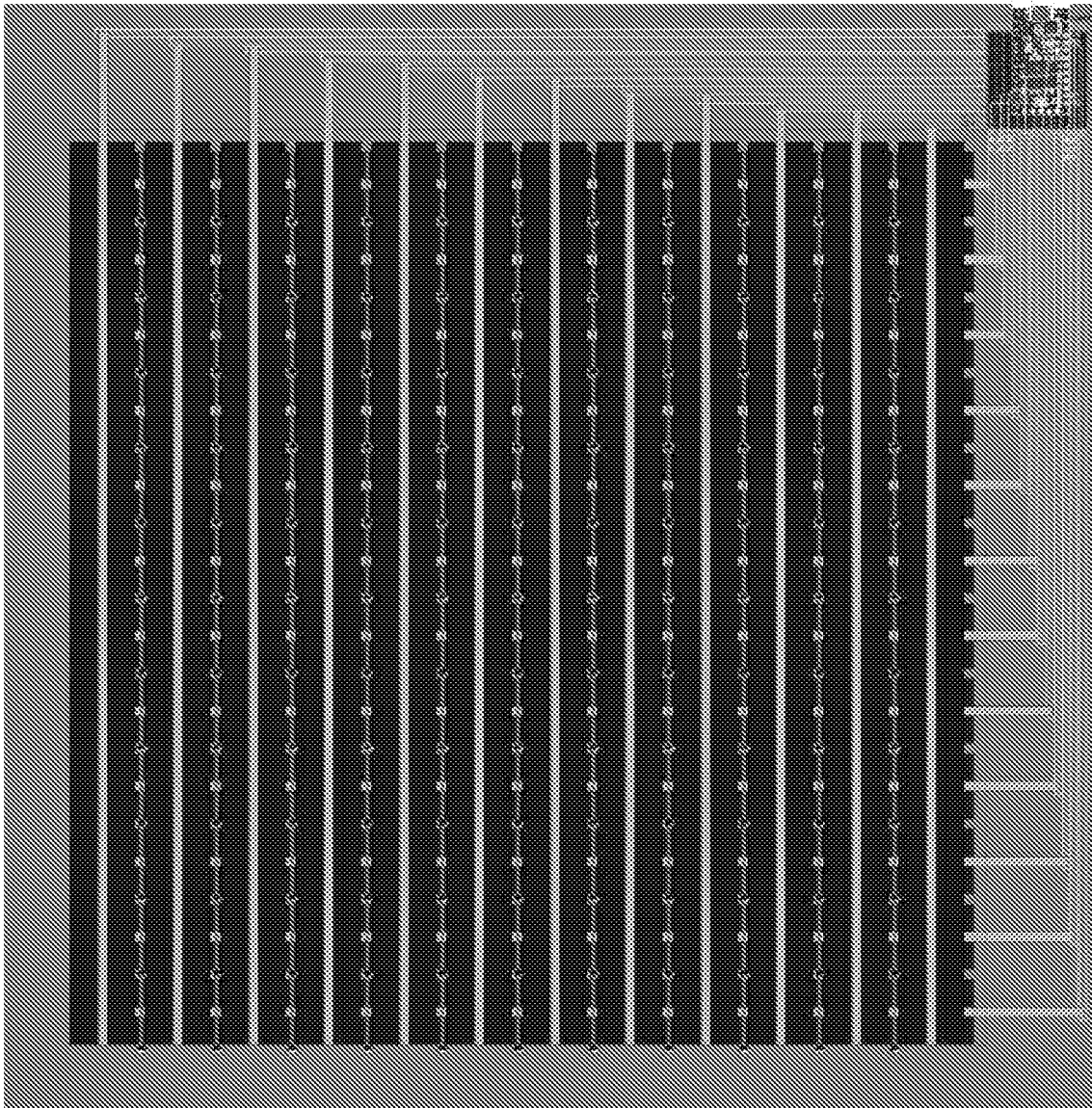


[Fig. 3]



[Fig. 4]

Fig. 4



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 908728**  
**FR 2204816**

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		
X	WO 2020/214461 A1 (PURDUE RESEARCH FOUNDATION [US]) 22 octobre 2020 (2020-10-22) * revendications 1,3 *	1-8	H01L41/053 D21H27/00  <b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>  D21H H05K
X	WO 2013/104520 A1 (ARJO WIGGINS FINE PAPERS LTD [GB]) 18 juillet 2013 (2013-07-18) * revendication 1; figure 1 *	1-8	
X	WO 2018/210977 A1 (ARJO WIGGINS FINE PAPERS LTD [GB]) 22 novembre 2018 (2018-11-22) * revendication 1 *	1-8	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
<b>25 janvier 2023</b>		<b>Ponsaud, Philippe</b>	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2204816 FA 908728**

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 **25-01-2023**  
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
<b>WO 2020214461 A1</b>	<b>22-10-2020</b>	<b>US 2020333829 A1</b>	<b>22-10-2020</b>
		<b>WO 2020214461 A1</b>	<b>22-10-2020</b>
-----			
<b>WO 2013104520 A1</b>	<b>18-07-2013</b>	<b>BR 112014017150 A2</b>	<b>13-06-2017</b>
		<b>CA 2861728 A1</b>	<b>18-07-2013</b>
		<b>CN 104204353 A</b>	<b>10-12-2014</b>
		<b>EP 2802711 A1</b>	<b>19-11-2014</b>
		<b>ES 2657018 T3</b>	<b>01-03-2018</b>
		<b>JP 6378093 B2</b>	<b>22-08-2018</b>
		<b>JP 2015511182 A</b>	<b>16-04-2015</b>
		<b>KR 20140128332 A</b>	<b>05-11-2014</b>
		<b>NO 2802711 T3</b>	<b>24-03-2018</b>
		<b>PT 2802711 T</b>	<b>30-01-2018</b>
		<b>RU 2014127750 A</b>	<b>10-03-2016</b>
		<b>TW 201342399 A</b>	<b>16-10-2013</b>
		<b>US 2014322500 A1</b>	<b>30-10-2014</b>
		<b>WO 2013104520 A1</b>	<b>18-07-2013</b>
		<b>ZA 201404227 B</b>	<b>30-09-2015</b>
-----			
<b>WO 2018210977 A1</b>	<b>22-11-2018</b>	<b>CA 3063004 A1</b>	<b>22-11-2018</b>
		<b>CN 110915304 A</b>	<b>24-03-2020</b>
		<b>EP 3405011 A1</b>	<b>21-11-2018</b>
		<b>EP 3626033 A1</b>	<b>25-03-2020</b>
		<b>KR 20200012899 A</b>	<b>05-02-2020</b>
		<b>US 2020187350 A1</b>	<b>11-06-2020</b>
		<b>WO 2018210977 A1</b>	<b>22-11-2018</b>
-----			