

Résumé de recherches.

Capteurs faits « maison ». Août 2011.

Pascale Gustin

Rechercher les diverses possibilités de fabriquer soi-même ses propres capteurs est une démarche d'étude. D'une part, la construction d'une boîte de capteurs à caractère éducatif (Mini malle version 0 et Mini malle version 1). Dans ce travail, les capteurs utilisés ne sont pas des capteurs « faits maison » à proprement parlé. Les capteurs utilisés sont des capteurs industriels (micro électret, piezo, capteur de pression ou FSR, cellule photo-électrique, potentiomètre, capteur de distance infra rouge...). Ils ont seulement été intégré dans un dispositif global. Leurs signaux ont dans certains cas dû être traités de manières spécifiques (amplifiés par ex.) afin d'améliorer leurs performances (micro électret, capteur piezo pour la Mini malle version 1).

La Mini malle version 1 répond à une commande du collectif Atelier Blanc :

<http://www.atelierblanc.net/>

Une autre part de mes recherches fait appel à des capteurs véritablement « fait maison ». C'est de cette recherche particulière qu'il sera question ici.

En travaillant sur la captation des données physiques (physical computing), j'ai eu envie de pousser le plus loin possible, de « pénétrer », en quelque sorte à « l'intérieur » de ces matériaux sensibles.

Diverses recherches effectuées sur internet, liens sur divers projets :

<http://www.semageek.com/diy-faire-de-la-musique-avec-des-fourmis-kit-arduino/>

<http://drummaster.digitalcave.ca/>

Général :

<http://www.freeduino.org/>

Arduino divers :

<http://www.arduino.cc/>

<http://www.arduino.ws/>

Potentiomètre en papier Canson Noir :

<http://www.ensci.com/blog/fablab/2011/04/27/potentiometre-en-papier-premier-essai/>

Aussi :

<http://www.ensci.com/blog/fablab/category/finitionprinter/>

<http://www.ensci.com/blog/fablab/tag/circuit-papier/>

Tilt Sensor :

<http://www.instructables.com/id/Five-cent-Tilt-Sensor/>

[http://webzone.k3.mah.se/projects/arduino-workshop/projects/arduino\\_meets\\_processing/instructions/tilt.html](http://webzone.k3.mah.se/projects/arduino-workshop/projects/arduino_meets_processing/instructions/tilt.html)

<http://www.instructables.com/id/How-to-make-simple-%22motion%22-sensors/>

<http://www.beam-online.com/Robots/Tutorials/Tactile/tactile.html>

Faire un capteur de pression pour 0€ ! (video)

<http://www.youtube.com/watch?v=vlHgKW7TEBk>

Paper Touch Pad :

<http://afrotechmods.com/forums/index.php/topic,8501.0.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=j3b68vZQyIc&NR=1>

Ce qu'on peut trouver dans le commerce :

<http://infusionsystems.com/catalog/>

Autres... (recherches...)

Capacitance :

<http://www.youtube.com/watch?v=m91dwBjfAng&NR=1>

La capacitance qu'est-ce que c'est ?

Flex sensors :

<http://www.imagesco.com/articles/flex/sensor-pg1.html>

<http://www.instructables.com/id/Stickytape-Sensors/>

<http://www.kobakant.at/DIY/>

<http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/Reports/Flex>

Au cas où...

<http://www.sparkbangbuzz.com/els/thermistor-el.htm>

Et puis plus largement, ce lien !

<http://books.google.com/books?>

[id=CGEwXZ7hcIoC&lpg=PP1&dq=Wanderley&hl=fr&pg=PA7#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com/books?id=CGEwXZ7hcIoC&lpg=PP1&dq=Wanderley&hl=fr&pg=PA7#v=onepage&q&f=true)

<http://www.isbnlib.com/preview/089579585X/New-Digital-Musical-Instruments-Control-And-Interaction-Beyond-the-Keyboard-Comp>

Mais ce sont les articles suivants, auxquels j'ai prêté une attention plus spécifique, qui orientent plus particulièrement cette étude :

***Carbon Black Loaded Paper: an intelligent substrate for Electronic Sensors Design*** ; Rodolphe Koehly , Denis Curtil, Theodorus G.M. van de Ven , Marcelo M. Wanderley .

***Paper FSRs and Latex/Fabric Traction Sensors: Methods for the Development of Home-Made Touch Sensors*** ; Rodolphe Koehly, Denis Curtil, Marcelo M. Wanderley .

***Methods for the In-House Development of Sensors for Musical Applications*** ; Marcelo M. Wanderley, Rodolphe Koehly .

Ce sont ces quelques articles qui ont servit de point de départ à diverses expérimentations que j'ai faites sur plusieurs types de matériaux : papiers, encre de chine, mine de crayon (graphite), poudre de carbone, colle(s), silicone, latex, tissu, bande médicale, gélatine etc.



Mercredi 27 juillet 2011

Dans ces documents très intéressants et plus particulièrement : « ***Paper FSRs and Latex/Fabric Traction Sensors: Methods for the Development of Home-Made Touch Sensors*** », les auteurs démontrent qu'il est possible de fabriquer soi-même des capteurs de toucher (force/pression, position et torsion) relativement performants. Bien sûr, il ne s'agit pas de rivaliser avec l'industrie. L'avantage de ce type de fabrication, est que l'on peut réaliser ces capteurs dans diverses dimensions adaptées aux projets à des prix réellement compétitifs<sup>1</sup>

Après une courte présentation des recherches actuelles concernant les interfaces musicales homme/machines dans le domaine de la musique, les auteurs présente un état des lieux des capteurs industriels de type « Touch sensors ».

<sup>1</sup> « We show that it is possible to build one's own position, pressure and bend sensors with various electrical characteristics, sizes and shapes, and this for a very competitive price. »

Matériaux étudiés dans l'article : « *Paper FSRs and Latex/Fabric Traction Sensors: Methods for the Development of Home-Made Touch Sensors* »

### 1. Les encres conductrices.

Dans le commerce il existe différents types d'encres conductrices. Elles sont souvent assez onéreuses et il peut sembler avantageux de tenter de les produire soi-même en utilisant du noir de carbone (noir de fumée) et un liant<sup>2</sup> (gomme arabique, colle de peau. etc.) Cet article, cité plus haut, fait référence à un second : « *Methods for the In-House Development of Sensors for Musical Applications* » où il est justement question, de manière plus détaillée de la fabrication maison de ces encres conductrices. C'est également dans ce dernier article, que les auteurs introduisent à quelques unes des recherches actuelles en interfaces musicales.

Les pigments introduits dans l'encre ou dans le liant, doivent être de très fines particules (plus petits que  $1\mu\text{m}^3$ ). De plus la densité de concentration des pigments, bien qu'elle puisse être plus ou moins importante en fonction de la conductivité recherchée (ou pour obtenir seulement du liant qu'il devienne conducteur) doit tout de même laisser à l'encre une certaine fluidité ce, afin de pouvoir en garder les propriétés de recouvrement et laisser au matériau qu'elle recouvre, sa souplesse, c. à d. ne doit pas durcir en séchant (cas de la gélatine alimentaire), ni se craqueler par exemple.

*Le Siemens (symbole S) désigne la mesure de conductivité d'un matériau. C'est l'inverse de la résistance (symbole  $\Omega$ ).*

*Les capteurs de force/pression, position ou torsion sont généralement fabriqués à partir de ces encres conductrices d'où l'intérêt de pouvoir s'en procurer ou la fabriquer soi-même.*

*J'ai ressenti un certain étonnement et plaisir lorsque j'ai entrepris ces travaux avec ces matériaux (pigments à base de graphite, charbon de bois, fusain, encres de chine, colle de peau, gélatine...), à jouer au petit chimiste en quelque sorte (alchimiste !), à retrouver ces éléments très traditionnels de l'art dans un contexte qui peut en sembler bien éloigné<sup>4</sup>.*

L'encre conductrice, comme par exemple pour les tests que j'ai effectué avec de l'encre de chine, peut être appliquée sur divers types de matériaux à partir du moment où ceux-ci sont assez poreux pour retenir l'encre (papier de brouillon par exemple, papier à dessin, tissu etc.)

### 2. Les potentiomètres linéaires.

Recherche sur la fabrication maison de potentiomètres linéaires :

<http://memoir.okno.be/OKNO/PROJECTS/workshops/2006/phycomp/ribbon4.htm>

Autres :

<http://sites.google.com/site/asmidius/>

<http://createdigitalmusic.com/2005/06/diy-ribbon-controller/>

<http://www.wiseguysynth.com/larry/ribbon/ribbon.htm>

<http://acapella.harmony-central.com/showthread.php?2133049-Using-wire-as-a-var-resistor-for-an-instrument>

[http://torigoya.main.jp/RibbonController\\_en.html](http://torigoya.main.jp/RibbonController_en.html)

---

2 Par exemple, l'encre de chine traditionnelle est fabriquée à partir d'huile de sésame carbonisée (produisant une sorte de suie c.à d. du carbone) et un liant : la gomme arabique (pour une des recettes que j'ai pu trouver ; il en existe certainement d'autres...) J'ai partiellement tenté de produire moi-même cette « encre conductrice » home-made, n'ayant pas à ma disposition de gomme arabique, ni de poudre de carbone. J'ai pu par ailleurs constater que la véritable encre de chine (conductrice, donc) est relativement difficile à trouver dans le commerce (?). J'ai par chance pu en trouver un petit pot dans une grande surface et de fait, pu tester sa conductivité seule et avec ajout de pigments conducteurs (graphite, carbone).

3  $1\mu\text{m} = 10^{-6}$  mètre ou 0,000 001 mètre ou 0, 001 millimètre.

4 Voir le livre « Histoire vivante des couleurs » de Philippe Ball, où il est question de chimie des couleurs et des pigments et d'alchimie.

<http://www.electronicpeasant.com/projects/ribbon/controller.html>  
<http://www.oocities.org/tpe123/folkurban/synthstick/synthstick.html>  
<http://www.angelfire.com/music2/theanalogcottage/ribcont.htm>

Bien qu'il semble réellement possible et facile de réaliser ce type de potentiomètre long, les matériaux nécessaires à sa fabrication sont relativement difficiles à trouver. Les cassettes vidéos « actuelles » ne sont pas conductrices (choisir celles produites avant 1996-97).

<http://itp.nyu.edu/physcomp/sensors/Reports/HomeMade>

On peut, si on en a sa disposition utiliser des bandes magnétiques de cassettes vidéo Hi8, les bandes magnétiques dédiées aux enregistrements sonores (K7 audio ordinaires ou bandes 8 pouces pro etc).

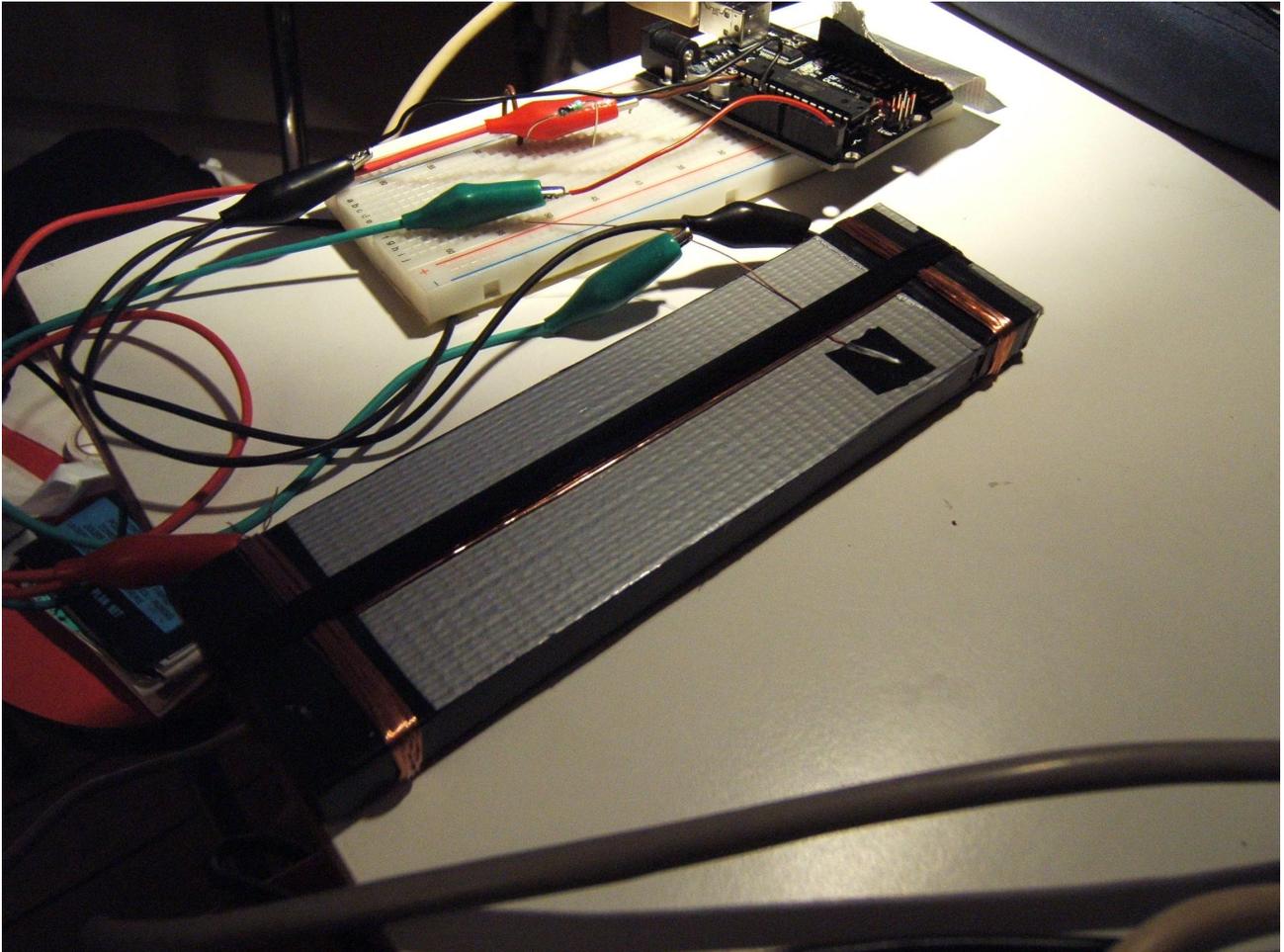


*Bande magnétique de K7 audio*

*« La bande vidéo est remarquablement hautement résistive, autour d'une centaine de  $k\Omega/cm$  (une conductivité de  $10^{-5} S/cm$ ) et le procédé utilisé pour sa fabrication, fournit une conductivité uniforme. Par contre, la bande vidéo est très fragile: toute rayure sur la surface encrée va modifier la linéarité de sa résistance.*

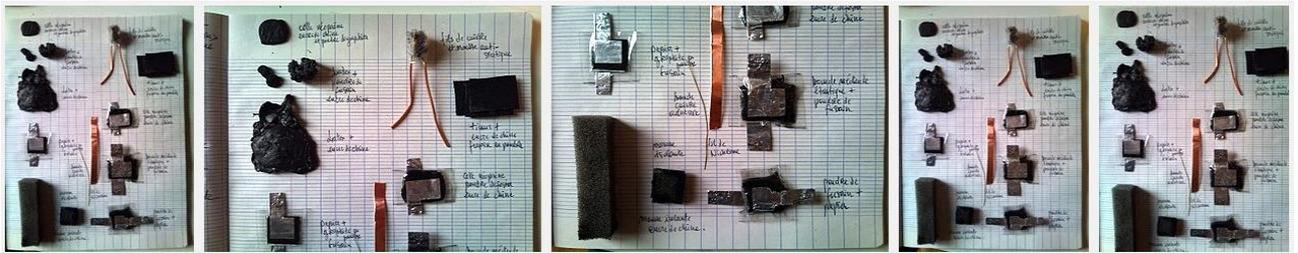
*Mais il est alors très facile de construire un potentiomètre linéaire [...]. Plusieurs exemples de capteurs de position à l'aide des bandes vidéo sont disponibles sur internet. »*

**Paper FSRs and Latex/Fabric Traction Sensors: Methods for the Development of Home-Made Touch Sensors** ; Rodolphe Koehly, Denis Curtil, Marcelo M. Wanderley .

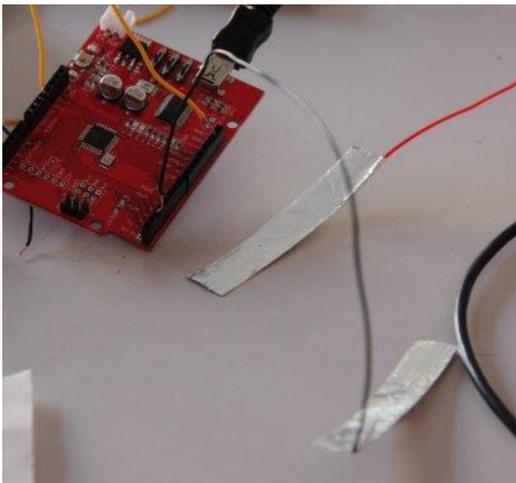


*Potentiomètre linéaire réalisé à partir d'un morceau de bande vidéo Hi8 (janv. 2010)*

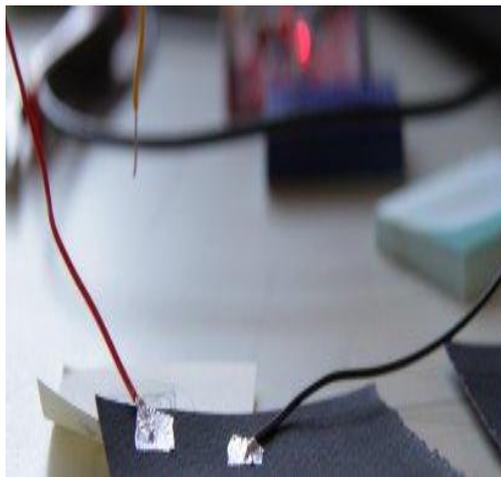
Conclusion provisoire :



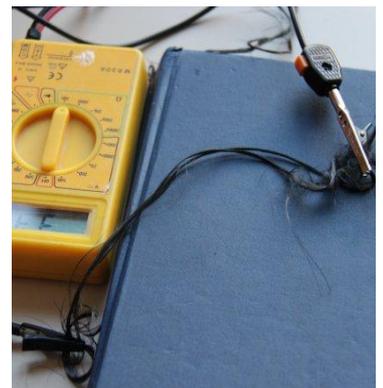
**Workshop capteur DIY Centre de Ressources Arts Sensitifs, Mains d'Œuvres, les 23 et 30 mai 2011, avec Maurin Donneaud : <http://maurin.donneaud.free.fr/>**



*Capteur contact, matériau : aluminium + fils*



*Touche contact, matériau : aluminium + fils*



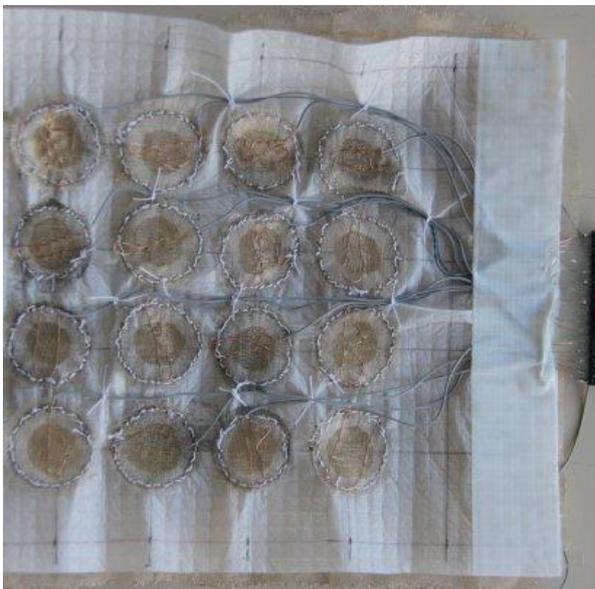
*Fil de carbone*



Capteur de pression, matériau mousse anti-statique



Capteur de niveau, matériau : résistances



Mini tapis sensitif, matériau : tissu conducteur + mousse isolante, fils...



Capteur type interrupteur, matériau : tube de plastique, clous, eau salée...

Deux sortes de capteurs ont été proposés à la fabrication :

- Les capteurs de type "switch" fonctionnant comme un interrupteur ON / OFF (aussi appelé capteurs "tout ou rien"). Ils rentrent dans la catégorie des capteurs numériques, les valeurs d'entrée sont soit 0 (position OFF) soit 1 (position ON). Ces capteurs peuvent se construire avec n'importe quel matériaux conducteurs (qui laissent passer le courant donc) ; exemple des matériaux correspondants : ...
- Les capteurs de type "potentiomètres" qui rentrent dans la catégorie des capteurs analogiques car les valeurs d'entrée oscillent sur une quantité de données, nous observons une variation. Ce type de capteurs se construit avec des matériaux résistifs (c'est à dire qui freinent le courant) ; exemples de matériaux correspondant : ...

Toutes les photos de ce dernier paragraphe et l'extrait de texte ci-dessus sont de Agnès Le Foulgoc, coordinatrice du C.R.A.S. Lab