

# DEMONTAGE, RECYCLAGE COMPOSANTS, PHYSIQUE DU QUOTIDIEN, SCIENCE FRUGALE

Par **François PIUZZI** / Président Physique sans Frontières

## I- LA SPECTROSCOPIE

### Caractériser la lumière

**A - Le spectromètre** : permet l'analyse de la lumière, il est composé d'une fente d'entrée, d'un réseau de diffraction et d'un détecteur. La principale caractéristique est la **résolution**.

*Travaux pratiques :*

Article Eduardo Montoya :

Spectromètre papier Public lab

[http://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino\\_Spectrometer\\_Construction\\_ENG.pdf](http://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino_Spectrometer_Construction_ENG.pdf)

[http://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino\\_Spectrometer\\_Technology\\_ENG.pdf](http://www.theremino.com/wp-content/uploads/files/Theremino_Spectrometer_Technology_ENG.pdf)

<http://www.theremino.com/downloads/automation#spectrometer>

Réaliser un miroir tournant (ou prisme) à l'aide d'un moteur pas à pas et d'un Arduino.

**B - La colorimétrie** : c'est une des applications les plus générales dont les applications permettent de vérifier la qualité de l'eau (turbidimétrie) et le suivi de certaines réactions chimiques en suivant le changement de couleur de certains additifs (.....). Cela permet aussi de suivre les processus de fabrication.

*Travaux pratiques :* commencer la réalisation d'un colorimètre (turbidimètre) d'après l'article de la revue Sensors (amener les composants nécessaires)

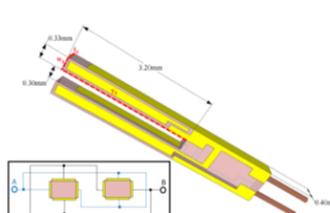
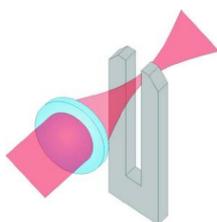
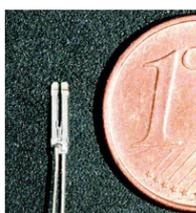
Utiliser aussi si possible le colorimètre de Juan Mas Garcia

### C - La photo acoustique :

C'est une méthode délaissée de détermination indirecte de l'absorption mais qui reprend du poil de la bête car divers développements la rendent plus simple à utiliser (diapason, leds).

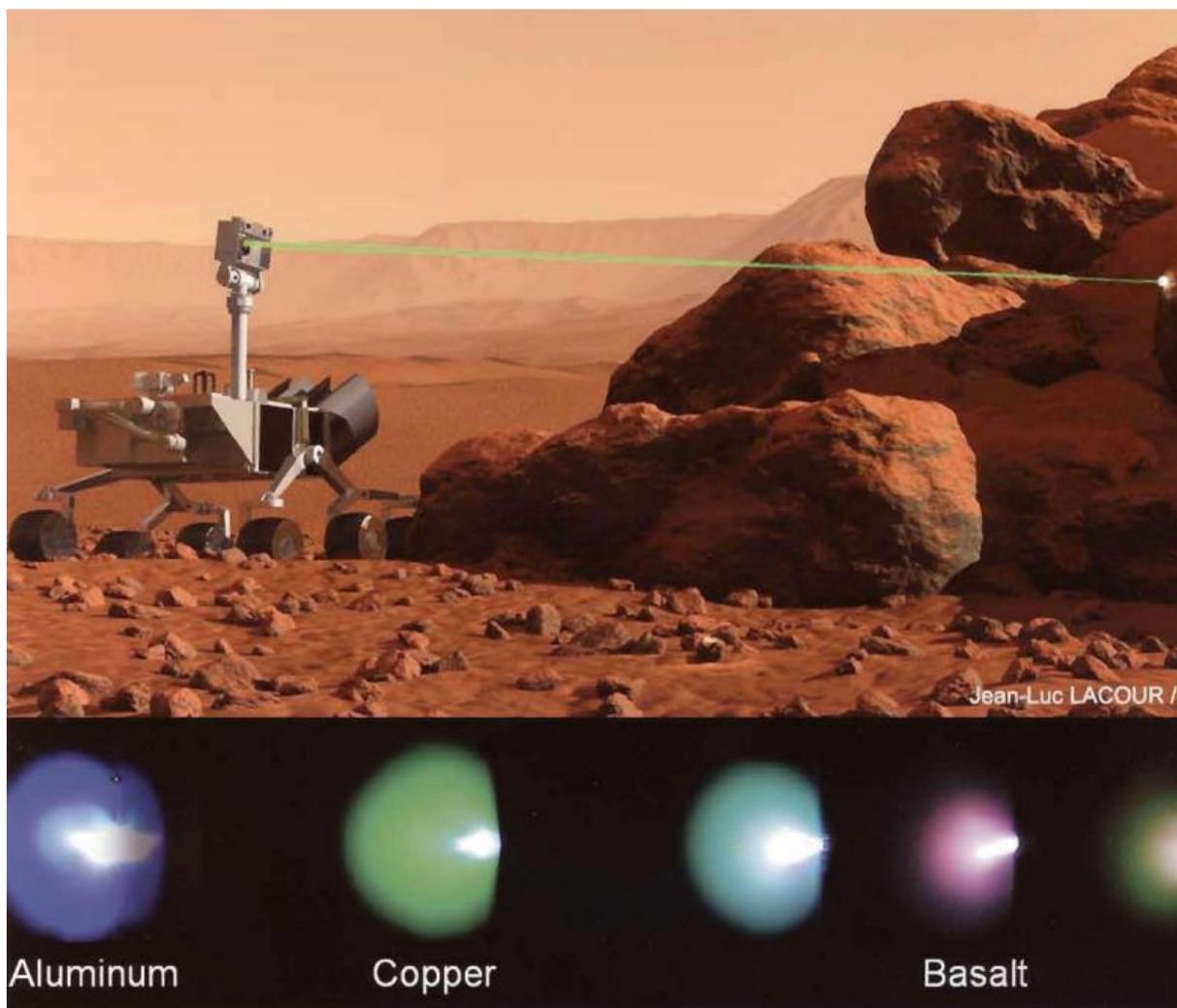
- Application aux gaz
- Utilisation d'un diapason
- Détermination de la quantité de matière ablatée lors de l'interaction avec un faisceau laser pulsé avec un microphone,  
Son application à la mesure de l'absorption des poudres et de milieux opaques est importante.

### **A - Photoacoustique: mesure de gaz polluants dans l'environnement**



**Ulrich Platt :**

Ex directeur de l'Institut de l'environnement de l'université de Heidelberg  
Détection low cost de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>.. avec diodes laser (ex: blue ray) et même LEDs



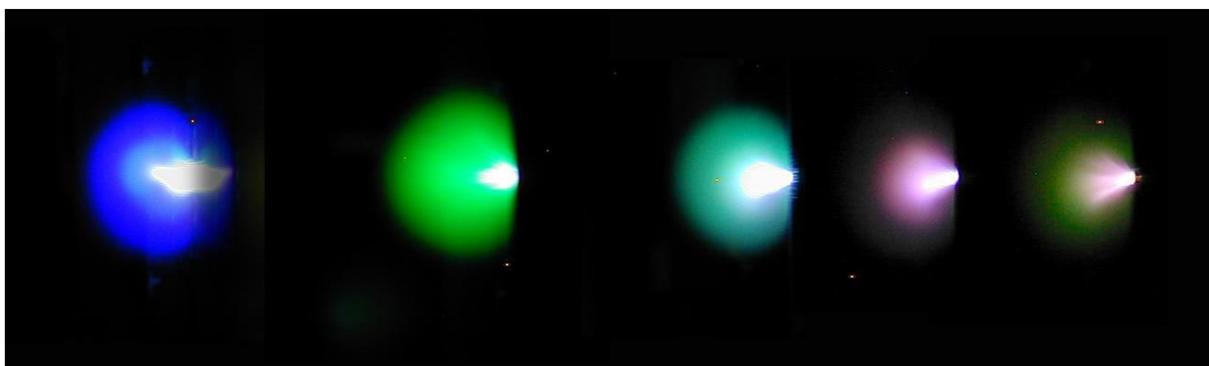
## II - La fluorescence :

### A - Définitions

Quelles applications :

- a) Suivi de la croissance de la végétation (photosynthèse chlorophylle)
- b) Contrôle de la contrefaçon (ex : billets de banque)
- c) Huile d'olive (fluor. rouge), liquide d'Aloe Vera (fluor. jaune),
- d) **Spectroscopie et imagerie multispectrale** (ou hyper-spectrale) :
- e) Microscope de Mikkel Brydegaard modifié par ajout de Leds on peut
- f) Détecter la réflexion, la diffusion et la transmission des globules rouges aux longueurs d'ondes des Leds utilisées, en comparant les spectres on peut en déduire les globules infectés par la malaria)
- g) Images de la végétation (drones)
- h) Signal de fluorescence résolu temporellement induit par une excitation impulsionnelle : le temps de décroissance du signal ou durée de vie de fluorescence est également une caractéristique des molécules.

*Travaux pratiques :* utilisation de deux lasers UV (405 nm) pour exciter la fluorescence de divers matériaux.



### **Applications :**

**Cacao :** déterminer la concentration en cadmium des cosses et dans le terrain (LIBS ou Fluorescence X)

## III - LA DIFFUSION DE LA LUMIERE

Les différents types de diffusion sont : Rayleigh, Mie, Raman

Applications de la **diffusion de MIE**

- a) Détecteur de fumée
- b) Détecteur de particules fines (Dustuino)
- c) LIDAR (signal du aux nuages)

## IV - LA MICROSCOPIE :

Réalisation de microscopes (voir document TP)

Utilisation des Smartphones (A la recherche des pixels perdus - utilisation des lentilles adéquates avec celle du smartphone)

## V - MATERIEL DE LABORATOIRE A COUT SOUTENABLE

RECUPERATION OU DETOURNEMENT DE TECHNOLOGIE

Lecteur de DVD comme mini laboratoire d'analyse (Maquiera Espagne Univ. Valencia)

Production de capteurs papier pour la détection de maladies

Pipettes imprimées en 3D :

Agitateur d'éprouvettes

**VI - LES FAB - LAB**, que peuvent-ils apporter à l'éducation et à la recherche et au laboratoire ?

- a) Matériel de laboratoire à coût soutenable : pipettes, centrifugeuses, agitateur d'échantillons (Importance du détournement de technologie)
- b) Microscopes, Spectromètres
- c) Caméra IR à bas coût (voir par exemple Adafruit)
- d) Matériel pour TP d'optique (support de lentilles), rails,
- e) Impression 3D par photopolymérisation par laser UV.
- f) Lévitiation par ultrasons (Bristol University)

***Pour un laboratoire moderne et efficace, il faut une bonne dose de multi (pluri) disciplinarité : Electronicien, concepteur 3D, opticien, chimiste, biologiste, etc..***

## VII - Education :

Présentation du système expEYES (experimental EYES) Ajith Kumar (Linear accelerator center New Dehli India) [www.expeyes.in](http://www.expeyes.in)

## VIII – Solar cells - Cellules Solaires

## TRAVAUX PRATIQUES :

Démontage et récupération de **composants de haute technologie** dans CD/DVD, disques durs, imprimantes laser, jet d'encre, souris optiques, vidéoprojecteurs, scanner, détecteur de fumée. Déterminer les composants de haute technologie intéressants à récupérer.

### Dans les lecteurs de CD/DVD :

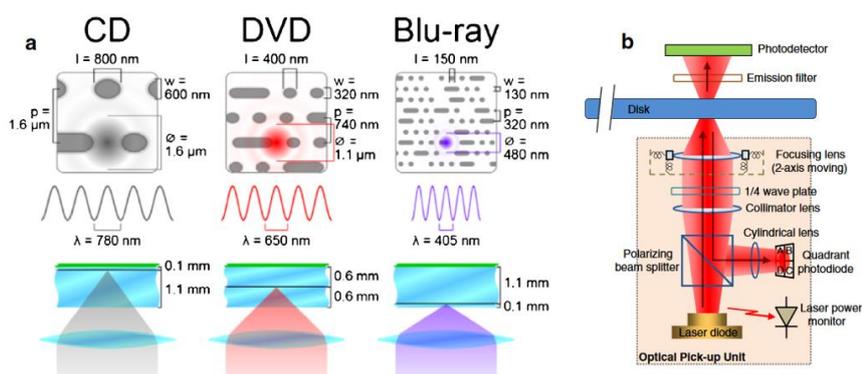


**Lasers:** deux lasers peuvent se récupérer dans les lecteurs de DVD l'un émettant dans le rouge (650 nm), l'autre dans le proche IR (780 nm), on peut obtenir le faisceau rouge du laser visible en soudant deux fils (ce qui n'est pas facile) et en utilisant une alimentation (ou des piles) avec une tension de 3V à 6V.

**Moteurs:** on trouve trois types différents de moteurs; moteur à courant continu, moteur sans contact (brushless), moteur pas à pas, qui peuvent se commander par Arduino ou Raspberry Pi.

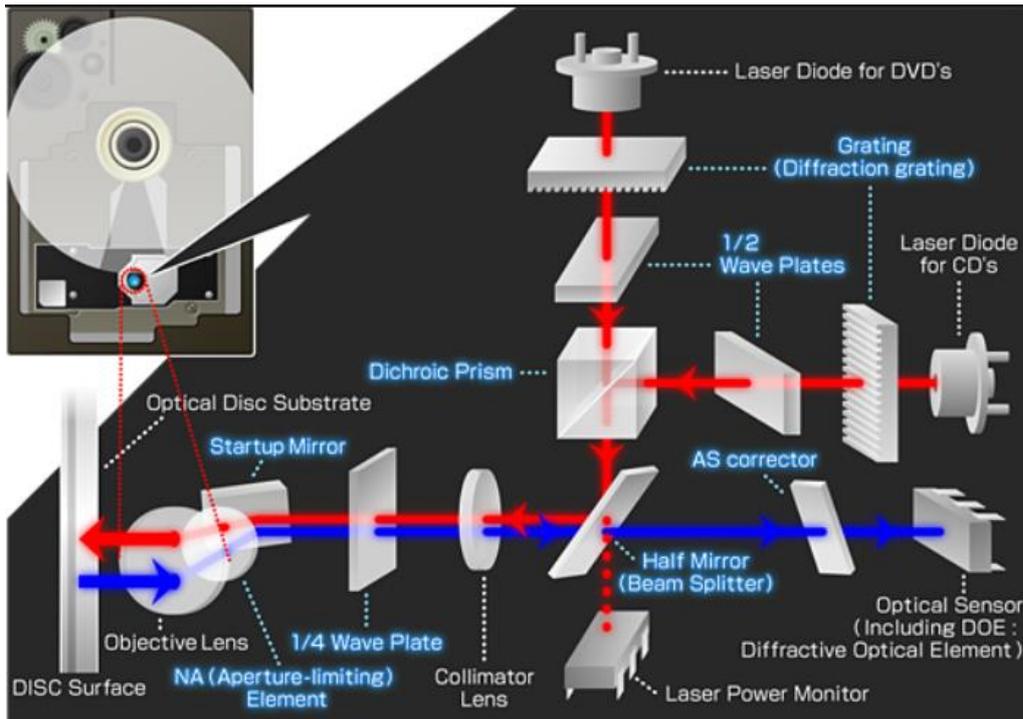
Le moteur à courant continu peut être utilisé comme un générateur de courant (effet dynamo) suffisant pour alimenter des Leds (avec deux leds émettant à deux couleurs différentes soudées tête bêche sur les connections du moteur on voit que l'une est alimentée lorsque que l'on ouvre le tiroir et l'autre lorsque on le ferme). De manière plus créative on peut mesurer la constante g en connectant un pendule à l'axe du moteur et en mesurant la période du signal électrique aux bornes des connections du moteur. Les moteurs à courant continu et pas à pas peuvent facilement être commandés par des cartes Arduino. <https://www.youtube.com/watch?v=kv-9mxVaVzE> . [Ce montage peut servir pour d'autres montages expérimentaux.](#)

Le système lentille de focalisation assise sur des bobines assure le réglage en Z et en X de la position focale du faisceau laser sur le disque (CD ou DVD). Ce système est souvent détourné que ce soit pour réaliser des microscopes de base ou bien des microscopes confocaux.

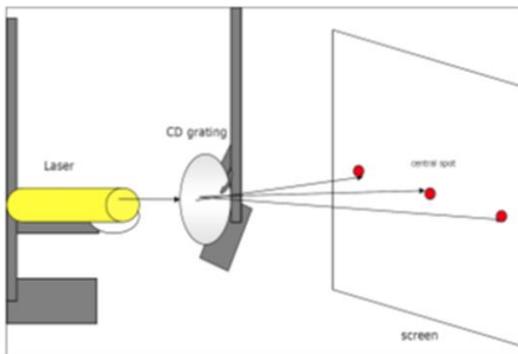


**Fig. 1** a Comparison of the optical characteristics of CDs, DVDs, and Blu-ray discs. The dimensions indicated are track pitch ( $p$ ), pit width ( $w$ ), minimum length ( $l$ ), laser spot size ( $\phi$ ) and wavelength ( $\lambda$ ). b An optical pickup unit of a disk drive. (a Adapted from [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/Comparison\\_CD\\_DVD\\_HDDVD\\_BD.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ad/Comparison_CD_DVD_HDDVD_BD.svg))

Fuente : [Maquiera](#)



- Métrologie autour du disque (CD/DVD)



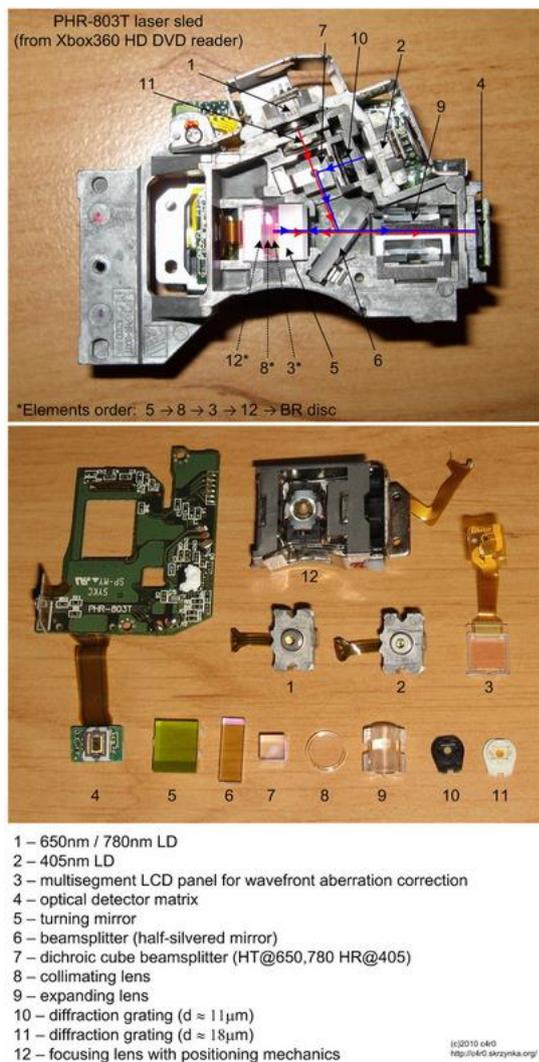
### Equations

$d \sin\theta = m\lambda$        $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$   
 $d$  = distance between slits  
 $\theta$  = angle of diffraction  
 $\lambda$  = wavelength of light  
 $m$  = the order # for the bright fringes  
 To find  $\theta$  measure distance from grating to screen and the first order distance and then by using trigonometry calculate the angle.



### Tête optique (Optical pick up):

De nombreux éléments optiques sont présents dans la tête optique pour mettre en forme les faisceaux lasers, les amener à partager le même parcours, les polariser et s'assurer d'une bonne focalisation sur le disque.



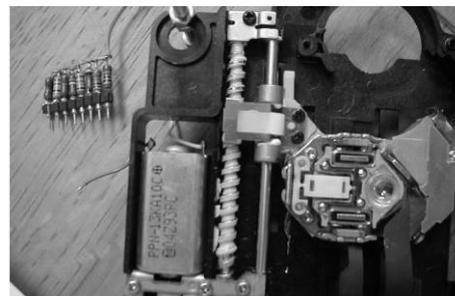
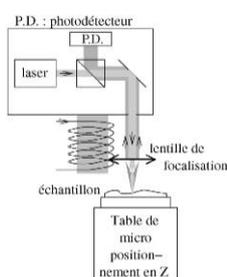
<https://www.thingiverse.com/thing:2809285>

The system used to move the lens to keep at the right place on the disc which may be considered as a linear motor (magnetic one) may be used to make an inverted microscope. It also may be activated by an Arduino board.

### Détournement de technologie avec l'optical pick up:

Possibilité d'utiliser l'asservissement de la lentille de l'optical pick up (qui maintient le point focal du faisceau laser à la même profondeur sur le disque en un profilomètre;

article Jean Michel Friedt (BUP) BUP Vol. 98 - Février 2004 Page 266

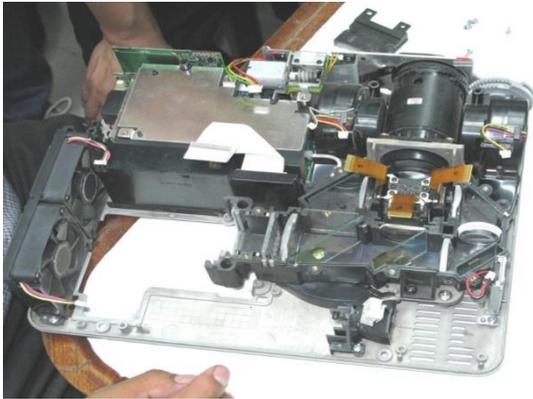


**Souris optique:** lentille sphérique en plastique, barrières de lumière, leds, caméra,

**Laser Printer:** laser (IR), optiques et miroirs, moteurs pas à pas.

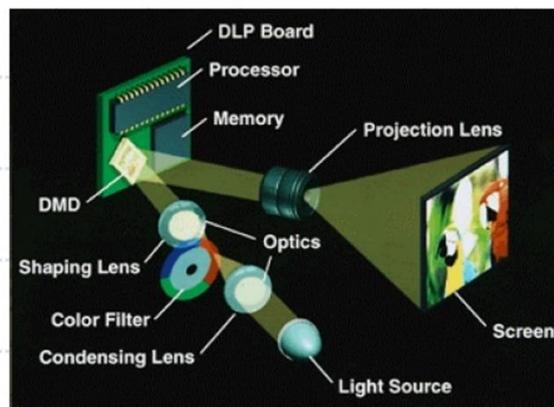
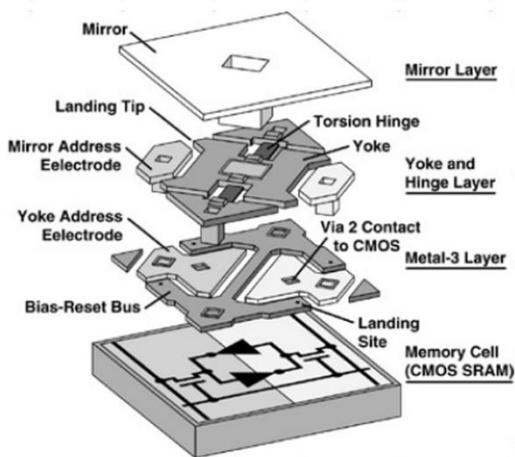
**Scanners:** moteurs pas à pas, détecteur à assemblage de photodiodes, multiplicateur de tension.

**Disques durs:** Moteur sans contacts, aimants permanents puissants, les disques eux-mêmes peuvent être utilisés comme des miroirs pour les faisceaux lasers, etc..



**Démontage d'un video projecteur :** on peut distinguer les divers composants impliqués dans son fonctionnement (filtres dichroïques, lentilles, filtres LCD)

Les video projecteurs utilisent soit un DLP (Digital Light Processing brevet Texas Instrument) ou des LCD (Liquid Cristal Display).



source : [nano-i.com](http://nano-i.com)

Détournements de technologie à partir du CD/DVD :

PINCES LASER (LASER TWEEZERS) / <https://www.youtube.com/watch?v=BT6NgV5XQgQ>

# SPRINT

hacking & documenting

#02 2012

## DIY Laser Tweezers

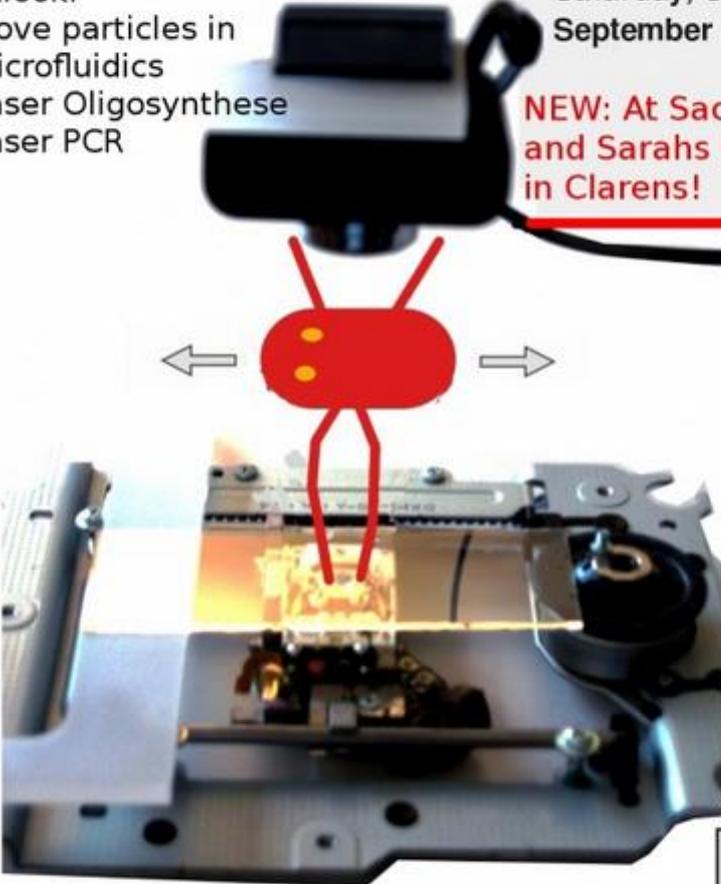
*aka Glasperlenspiel*

Outlook:

- Move particles in microfluidics
- Laser Oligosynthese
- Laser PCR

Saturday, Sunday  
September 29th / 30th

NEW: At Sachikos  
and Sarahs FarmLab  
in Clarens!



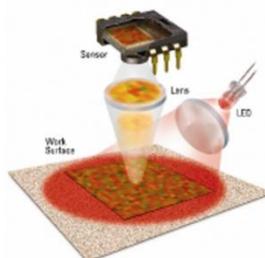
[hackteria.org/wiki/index.php/  
DIY\\_Laser\\_tweezer,\\_cell\\_trap,\\_oligo\\_synthesis](http://hackteria.org/wiki/index.php/DIY_Laser_tweezer,_cell_trap,_oligo_synthesis)

Cooperation with



GaudiLabs

**WEB CAM:** Importance of **web cams**, best and cheapest way to acquire a digital image. On va beaucoup utiliser la récupération d'images par des **web cam** : une web cam c'est un détecteur CMOS (Complementary Metal Oxyde Semi-conductor) associé à une lentille. On a ainsi une image directement utilisable et traitable sur un ordinateur. Le traitement d'image peut s'effectuer par exemple à l'aide du logiciel libre **Image J (Open acces)**.



**Souris (Mouse):**  
**caractéristique cachée**  
elle contient une très petite web cam (70x70 pixels). Cette caméra à été détournée comme détecteur en micro-fluidique.

[http://hackteria.org/wiki/Hacked\\_Optical\\_Mouse](http://hackteria.org/wiki/Hacked_Optical_Mouse) et <https://www.bidouille.org/hack/mousecam>

**Youtube** : *Hack an optical mouse into a camera with Arduino and Processing*

<https://www.youtube.com/watch?v=bci7Gi05BNc>

<https://www.youtube.com/watch?v=xEGrtR2wnTY>

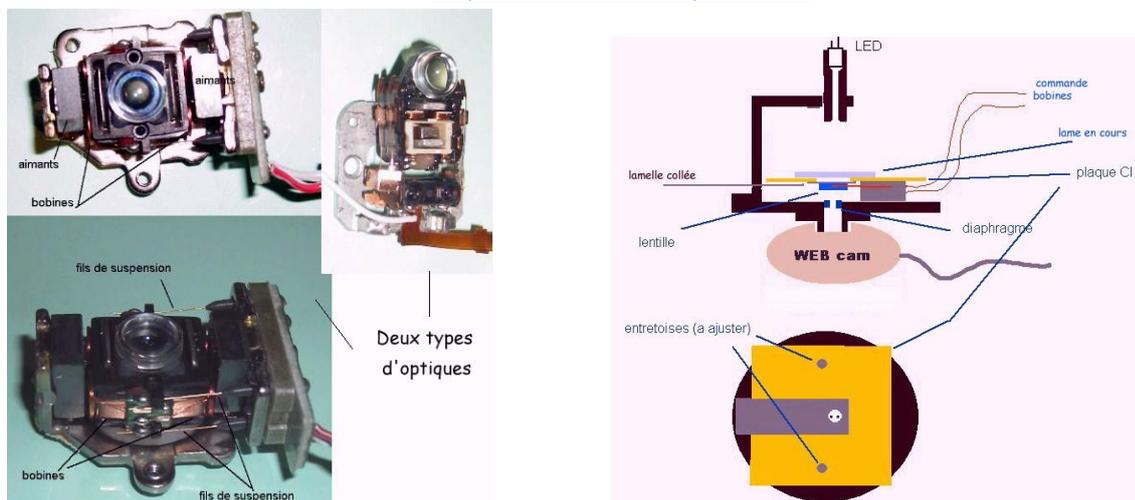
## Deuxième jour :

**Microscopie** : on va monter un petit microscope en fixant une web cam (en renversant préalablement la lentille) et en la fixant sur le mécanisme du lecteur CD/DVD qui permet de faire bouger la tête optique du CD/DVD. On peut bouger la web cam en faisant tourner la vis sans fin associée au moteur



pas à pas. On peut aussi dans un deuxième temps actionner le moteur pas à pas par Arduino et donc de faire le point par l'intermédiaire d'une commande numérique (des programmes sont disponibles dans la bibliothèque Arduino).

Source : Jean Marie Cavanihac site <http://www.microscopies.com/>



**Microscope réalisé en impression 3D (démonstration)**: réalisation du département de physique de l'université de Cambridge. (Tianheng Zhao). Agrandissement de l'ordre de 400 avec Web cam logitech 740.

Autre option (plus difficile) : <https://www.youtube.com/watch?v=du1-rj-ZcM4>

**Microscope réalisé en impression 3D (démonstration)**: réalisation du département de physique de l'université de Cambridge. (Tianheng Zhao). Agrandissement de l'ordre de 400 avec Web cam logitech 740.

Openflexure stage (DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4941068>) or WaterScope (www.WaterScope.org) REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS 87, 025104 (2016)

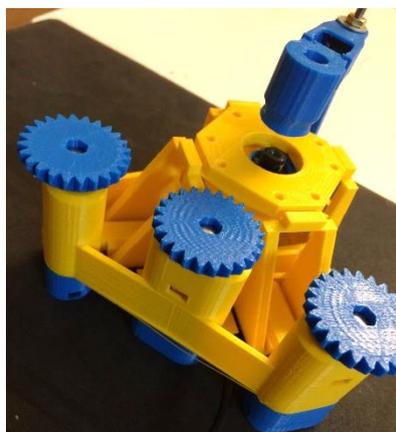
Y microscopio Fly Pi (André maia Chagas)



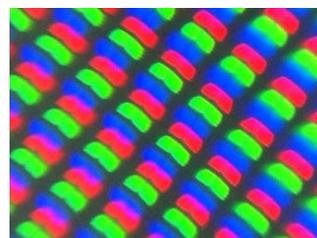
<https://phys.org/news/2017-07-lab-equipment-cheap.html>

<https://phys.org/news/2017-07-lab-equipment-cheap.html>

PLOS Biology <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002702> July 18 2017

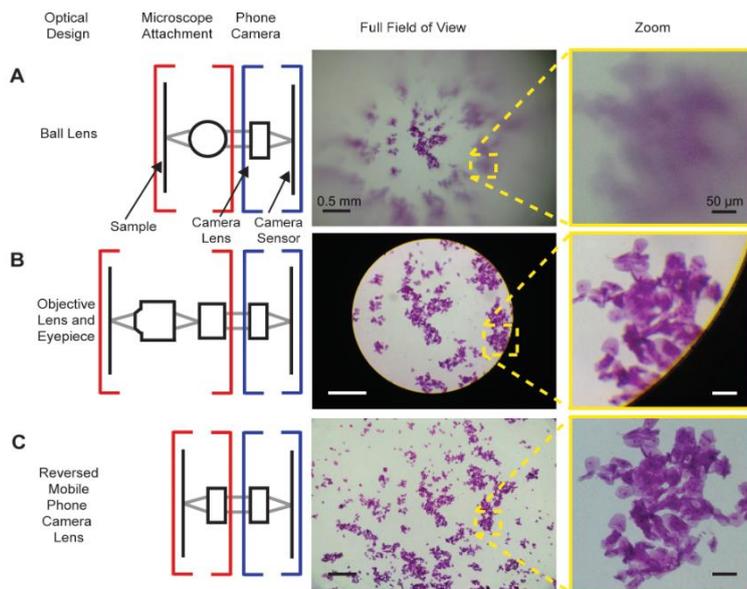


**Le smartphone comme microscope :** “A la recherche du pixel perdu” (“looking for the lost pixel”) cette activité ludique utilise la lentille utilisée dans la tête de lecture de la tête optique du CD. On peut ainsi voir le système de Bayer brevet Kodack.



Le suivant article est une introduction à la manière et au choix des lentilles à ajouter à la lentille d'un smartphone pour obtenir la meilleure image microscopique.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4031072/pdf/pone.0095330.pdf>

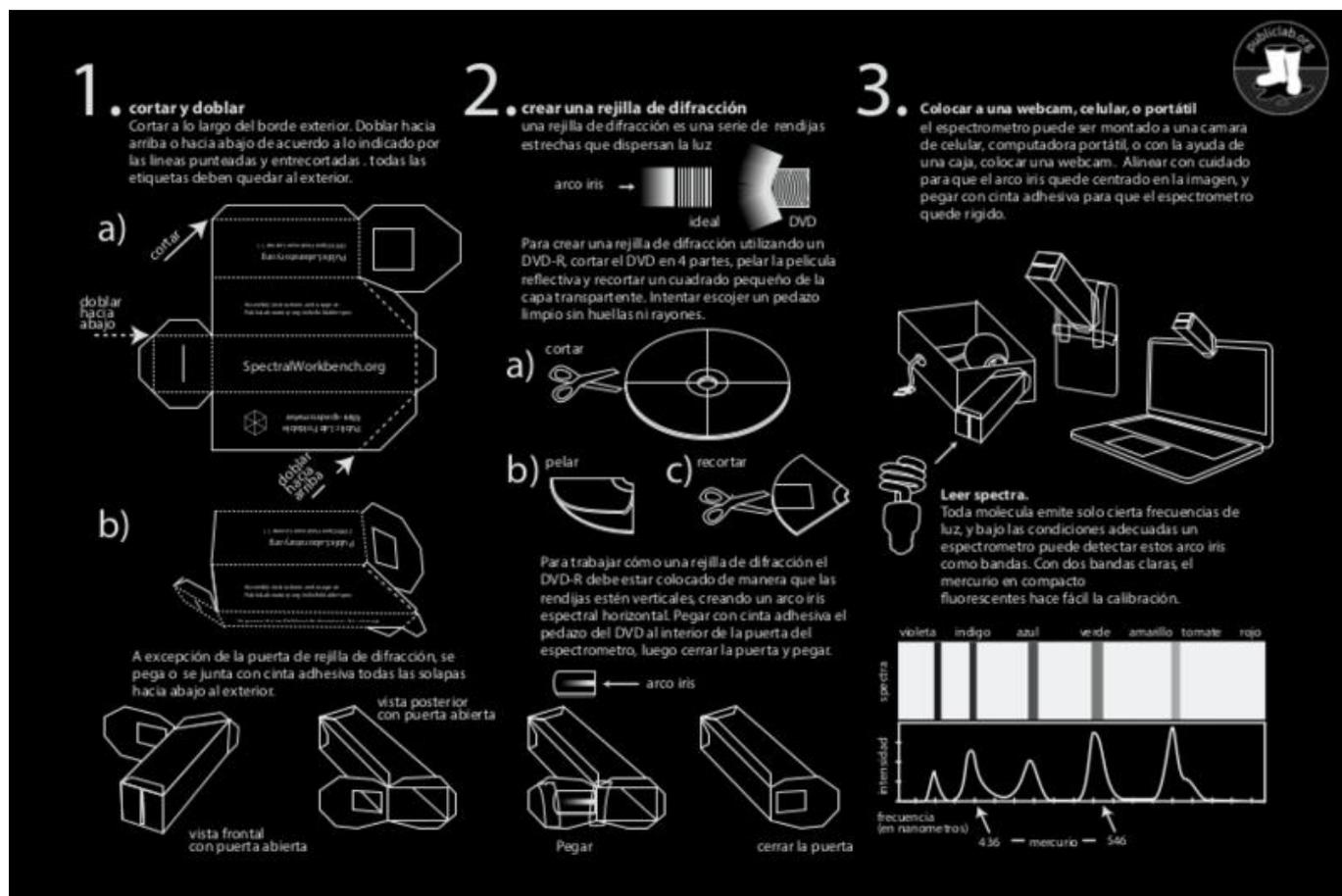
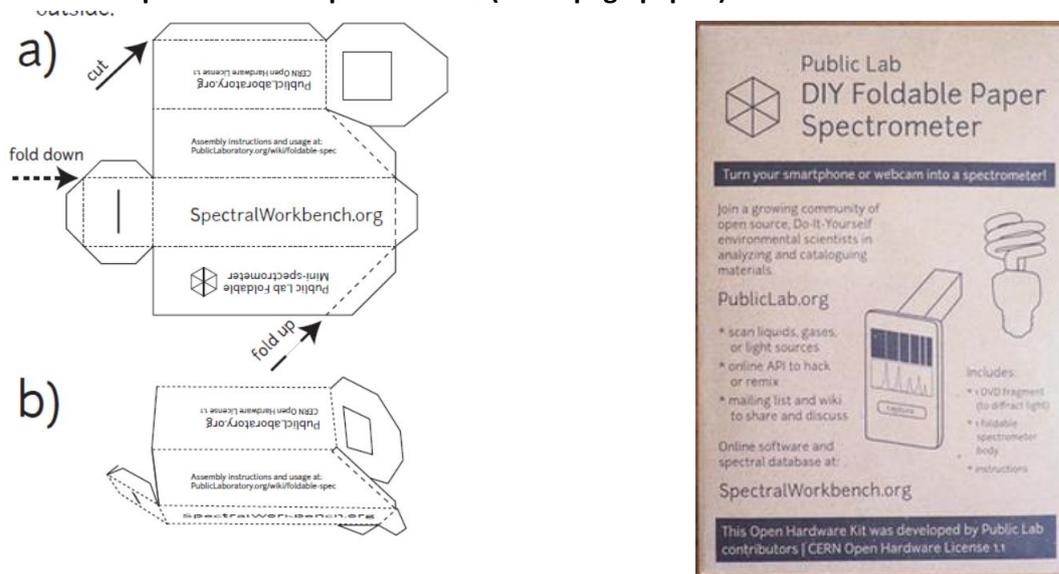


:

Troisième jour :

**Application à la spectrométrie :** Spectromètre à coût soutenable pour l'éducation et la recherche : réseau de diffraction = morceau de DVD, fente d'entrée = lames de rasoir, détecteur = web cam, étalonnage avec lampe néon, logiciel (.....) On peut envisager de tourner un prisme avec un moteur pas à pas piloté par une carte Arduino.

**Public lab spectrometer : spectromètre (découpage papier)**



### Spectromètre imprimé 3D pour l'éducation «Bolivien »

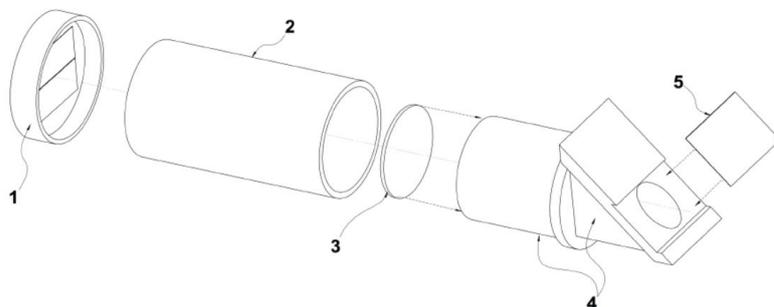
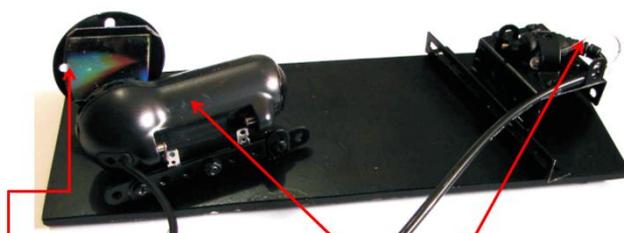


Figure 1: Basic configuration of the proposed transmission miniaturized spectrometer

### Visible spectrometer from Peru:



**Multi détecteur de lumière :** webcam (camera que l'on trouve sur les équipements informatiques)  
**Réseau de diffraction (dispersion des différentes longueurs d'onde):** morceau de DVD (après dépose de la couche de polycarbonate)  
**Arrivée de lumière:** fibre optique plastique  
 Coût : < 100 €  
**Performances :** équivalentes à celles d'un instrument commercial (Ocean Optics) de l'ordre de 1000 €

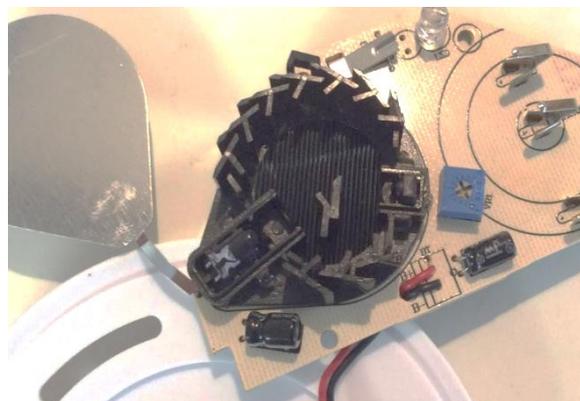
Source: Eduardo Montoya Rossi, Óscar Baltuano Elías, Aurelio Arbildo López *Rev SocRev Soc Quím Perú. 79 (1) 2013*

**Smartphone :** des applications transformant des smartphones en spectrometres comme **Snapp**

Autre intéressante : [www.phyphox.org](http://www.phyphox.org)

### La Physique du Quotidien:

Détecteur de fumée : son fonctionnement est essentiellement relié à la diffusion de Mie (on peut aussi s'en rendre compte avec un pointeur laser et de la fumée de cigarette ou un spray). Il se compose



d'une led émettant dans l'IR et d'une photodiode sensible dans le même domaine. Les chicanes empêchent la lumière de la diffusion Rayleigh d'arriver à la photodiode. Seule la présence d'aérosols et la diffusion intense de la lumière permet d'arriver à la photodiode chaque aérosol pouvant être considéré comme un petit miroir. Par ailleurs il est intéressant de constater que l'alarme est constituée d'un matériau piezo-électrique.

### Measure of number of particles in the atmosphere (determination of air quality)

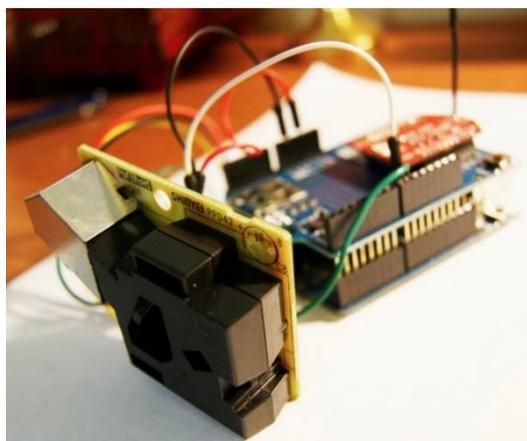
Module DUSTUINO made by Association Public Lab (USA) science citoyenne

Mesure de la qualité de l'air: PM 10 et PM 2,5

Basé aussi sur la diffusion Mie (module [Shinyei PPD-42 Dust Sensor](#) détection optique des particules)

<https://publiclab.org/notes/Schroyer/11-23-2013/measure-coarse-and-fine-air-particulates-with-a-dustduino>

D'autres capteurs (capteurs oxide métal) permettent une détection de gaz comme CO, NO2 et O3 (MICS-e2v)

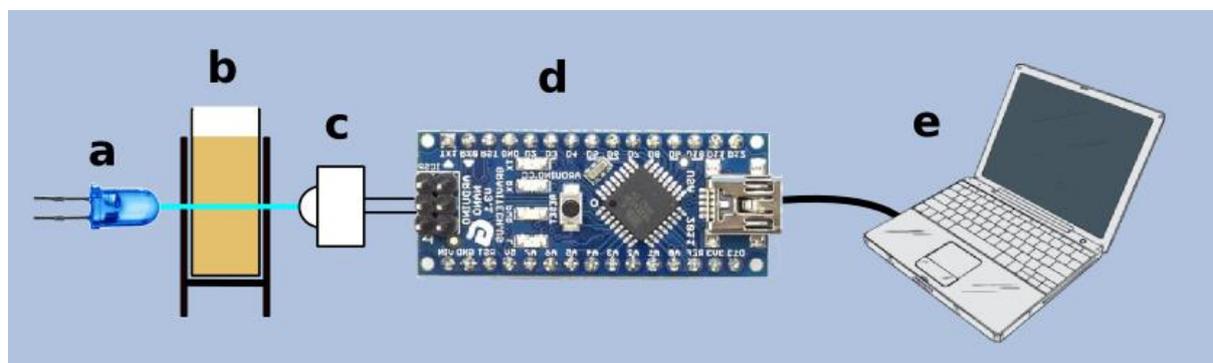


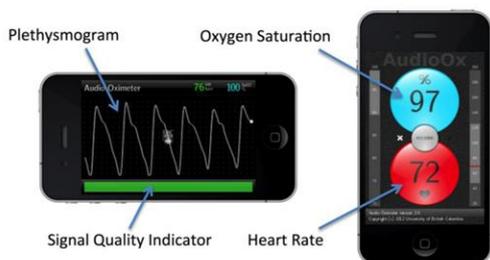
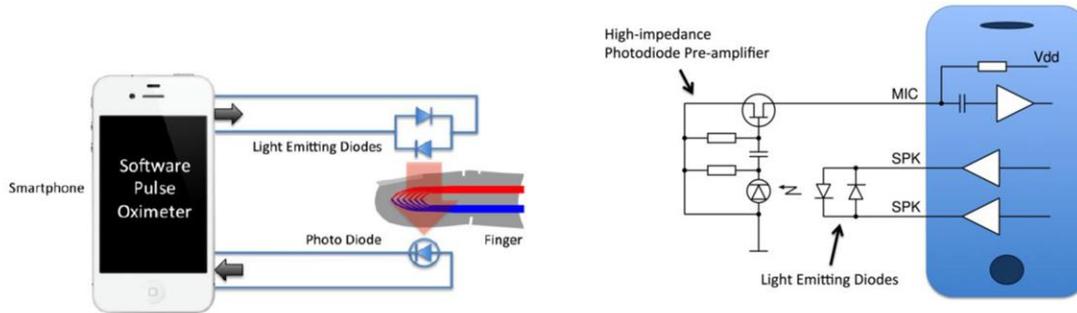


*Powering the sensor with solar panels to go to the field.*

Les **Leds** : source de lumière caractérisées par la miniaturisation, dépense faible d'énergie, alimentation en basse tension, couvrent un domaine spectral large de l'UV à l'IR. L'application à la colorimétrie et à la spectrométrie est évidente, turbidimétrie.

- a) Leds UV : Purification de l'eau, destruction de produits organiques, Fluorescence
- b) Communication
- c) Photoacoustique
- d) Oxymètre de pouls (pulse oximeter) → article avec smartphone
- e) Détecteur de fumée
- f) Examen ophtalmo
- g) Les Leds comme détecteurs**
- h) *Sensors* **2013**, 13, 16882-16893; doi:10.3390/s131216882
- i) Mesure de la saturation en oxygène dans le sang:



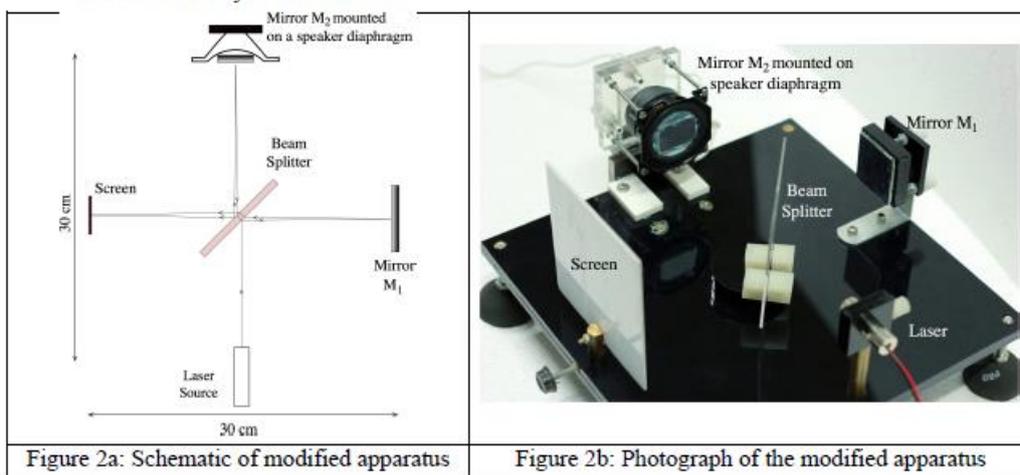


*Sensors* **2013**, *13*, 16882-16893;  
doi:10.3390/s131216882

**Travaux pratiques revisités (info) :**

**Interféromètre de Michelson revisité** pour baisser les coûts: article Indien, article de *Physics Education* · Septembre 2016 Shirish Pathare Vikrant Kurmude Tata Institute of Fundamental Research  
<https://www.researchgate.net/publication/308136871>

Figure 2 shows the schematic diagram and the photograph of the modified apparatus of Michelson-Morley interferometer.



**Use of Arduino with ultrasound module :**

<https://itechnofrance.wordpress.com/2013/03/12/utilisation-du-module-ultrason-hc-sr04-avec-arduino/>

**Centrifuge:**

**3D printed centrifuge** based on technology diversion (based on hard disc hacking or drone motor hacking).

Hard Drive Centrifuge



<http://www.gaudi.ch>

**Goliath**

**David**



**TP diffusion de MIE** : besoin d'une source laser (pointeur), d'un diaphragme et d'une source d'aérosols (diffuseur parfum ou spray de produits de nettoyage -vitres-), et d'un détecteur (photodiode ou autre). Le but est de montrer que la diffusion de MIE est l'équivalent d'une absorption puisque le faisceau laser qui passe par le diaphragme sera atténué par l'interaction avec les aérosols car il sera diffusé avec une grande efficacité.

### Où trouver des informations :

*Instrumentation à coût soutenable « revues et sites internet » :*

*Journaux /journals (where to find interesting papers- où trouver des articles intéressants) :*

« **HardwareX** » (Elsevier éditeur Joshua Pearce)

**Plos one** : beaucoup de publications en accès ouvert sur l'instrumentation (notamment mais pas que). Beaucoup de revues thématiques proposent des articles en accès ouvert comme Sensors, ou Physics Education.

Il y a aussi des articles intéressants sur le **BUP**, regarder ceux de Jean Michel Friedt (CNRS Labo Femto Besançon).

*Sites internet :*

Site « **Instructable** » ( nombreux exemples mais il faut s'y retrouver)

Site « **Thingiverse** » ( pour les projets d'impression 3D)

Site « **Hackteria** » ( de nombreux hackers y participent, il s'agit en général de détournement de technologie)

Site « **Gaudi Lab** » ( site suisse ils sont très bons dans le détournement de technologie-Université de Lucerne Marc Dusselier).

Site « **Trends in Africa** » ( développements intéressants – origine université de Tubingen en Allemagne)

Site « **Public lab** » site de science « citoyenne » créé aux USA pour développer des instruments et vérifier les mesures faites par les agences fédérales (spectromètres à bas coût, fluorescence, détection de particules fines, etc...), l'un des derniers développements est le Dustuino

Site **GOSH** (Global Open Source Hardware) développé par de jeunes scientifiques européens pour donner un accès à l'instrumentation aux pays à faible ressources.

Site [Physics open lab](http://physicsopenlab.org/) <http://physicsopenlab.org/> site italien (les documents sont aussi traduits en anglais) concerne beaucoup de domaines de la physique, travaux pratiques à coût soutenable.



Le site **expEyes** (pour experimental Eyes) : site indien qui utilise des composants bon marché pour réaliser des expériences de physique pour l'éducation expEyes grâce à un microcontrôleur générateur de signaux (<http://expeyes.in/>) software is available for diverse environment for Windows 10 : [Expeyes17Setup.exe](https://expeyes17setup.exe)

Physics Toolbox Suite (<https://physics-toolbox-suite.fr.aptoide.com/>) ou Phypox (<http://phyphox.org/>)

### **Utilisation du smartphone pour l'éducation :**

Ulisse Delambre (Univ. Bordeaux)

#### **Le smartphone: un mini-laboratoire mobile pour l'enseignement des sciences et la recherche dans le monde Ulysse DELABRE, ([ulyссе.delambre@u-bordeaux.fr](mailto:ulyссе.delambre@u-bordeaux.fr)) Université de Bordeaux, Laboratoire LOMA**

Les smartphones sont omniprésents dans la plupart des pays du monde avec notamment des prix de plus en plus accessibles (le Freedom 251 coûtait 251 roupies en Inde en 2016 soit moins de 4 euros). S'ils possèdent un grand nombre de capteurs (accéléromètre, magnétomètre, capteurs de luminosité, ...) pour améliorer leurs ergonomies et leurs utilisations au quotidien, ces capteurs peuvent être avantageusement exploités pour réaliser de véritables expériences scientifiques. Grâce à l'utilisation d'applications gratuites telles que Physics Toolbox Suite (<https://physics-toolbox-suite.fr.aptoide.com/>) ou Phyphox (<http://phyphox.org/>) par exemple, il est possible d'accéder à ces capteurs et d'enregistrer en temps réel leurs mesures. A titre d'exemple, en utilisant les accéléromètres des smartphones, il est possible d'enregistrer l'accélération selon les trois axes du smartphone en fonction du temps pour réaliser des expériences en mécanique (oscillation d'un pendule, chute libre, référentiel tournant, ...). Il est également possible d'utiliser les capteurs de luminosité ou encore la caméra pour réaliser des expériences en optique (variation de l'éclairement en fonction de la distance, loi de Malus pour la polarisation, ...) sans oublier la possibilité de transformer son smartphone en microscope pour observer et mesurer des objets à l'échelle micrométrique. Par ailleurs, les capteurs acoustiques peuvent être détournés pour réaliser des expériences en acoustique comme par exemple mesurer la vitesse du son par effet Doppler ou par résonance, en utilisant des applications qui enregistrent le spectre d'une source sonore. Ceci permet d'envisager les smartphones comme de véritables laboratoires scientifiques mobiles pour tous. Cette démarche pédagogique a été pratiquée avec succès auprès de centaines d'étudiants de l'université de Bordeaux. Très puissants et de plus en plus sophistiqués, les smartphones peuvent même être exploités pour réaliser des expériences en recherche fondamentale collaborative comme il a été suggéré par plusieurs articles scientifiques récents. Avec la démocratisation de l'usage des smartphones, ceux-ci constituent une réelle opportunité pour faciliter et démocratiser l'enseignement des sciences à travers le monde. MOOC physique du quotidien :

<https://www.fun-mooc.fr/courses/course-v1:ubordeaux+28003+session03/info>  
+ pdf ...

Joel Chevrier (Univ. Grenoble) : Le smartphone est aussi utilisé comme un instrument pour les travaux pratiques de mécanique à l'Université.

Travaux pratiques de "la mécanique du point" avec le logiciel **iMecaProf** (Joel Chevrier Joseph Fourier university Grenoble) MOOC disponible "Teaching Classical Mechanics using Smartphones"  
Joel Chevrier, Laya Madani, Simon Ledenmat, Ahmad Bsiesy <http://arxiv.org/abs/1211.0307>

### **Vulgarisation :**

Le site de vulgarisation de physique quantique à l'aide d'animations (Julien Bobroff Univ Orsay):

Site « tout est quantique » : [www.toutestquantique.fr](http://www.toutestquantique.fr)



Quelques exemples de développements intéressants:

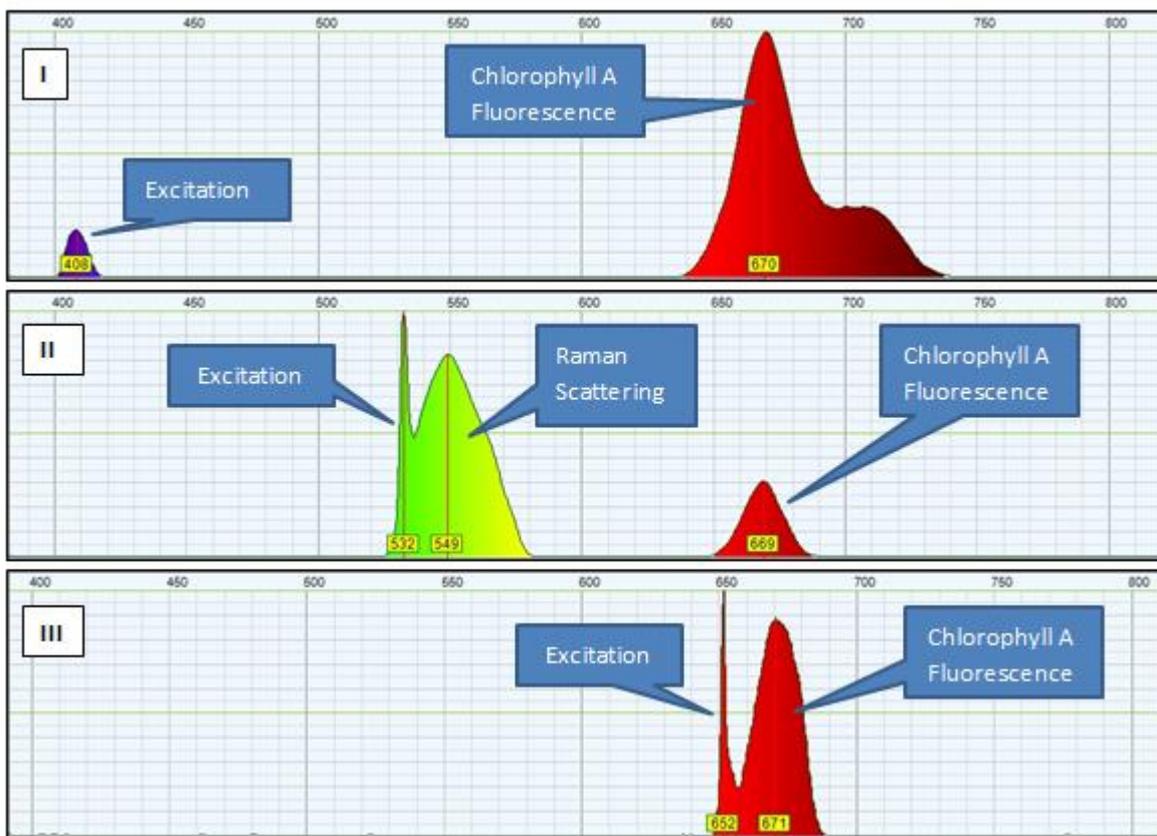
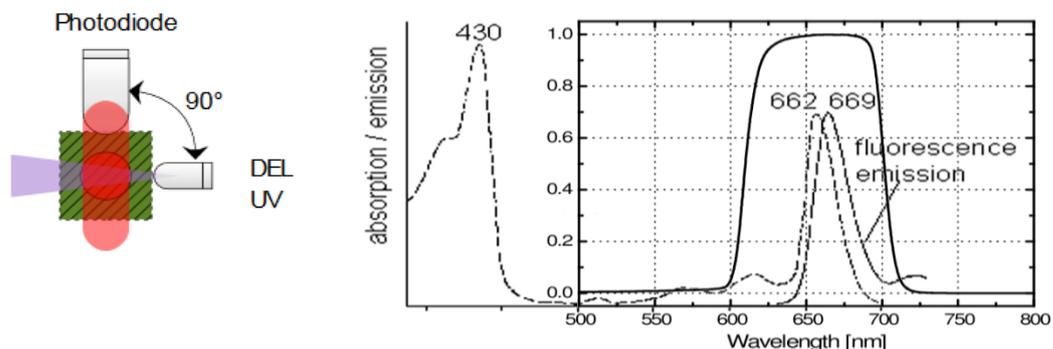
Stéthoscope imprimé en 3D :

<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0193087>

**Camera IR** (8x8 pixels) pour l'éducation : <https://www.adafruit.com/product/3538> et <https://learn.adafruit.com/thermal-camera-with-display/overview>

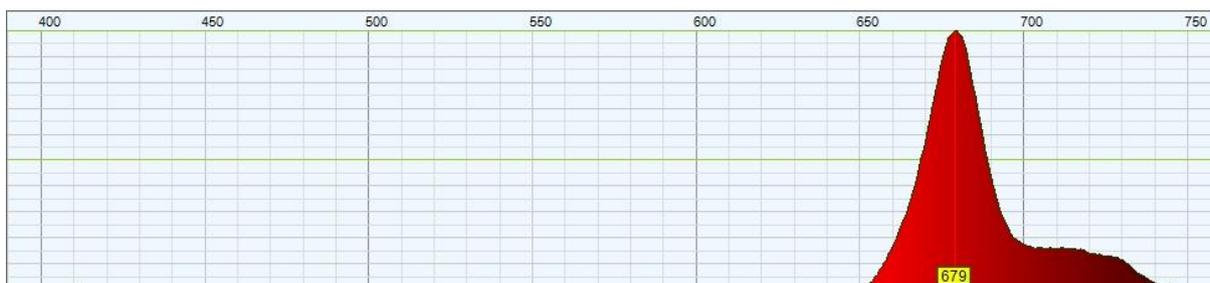
**DIY ELETRON SCANNIG MICROSCOPE** : <https://www.youtube.com/watch?v=VdjYVF4a6iU>

Documents pour travaux pratiques :  
 Fluorescence chlorophylle : (source openphysicslab.org)

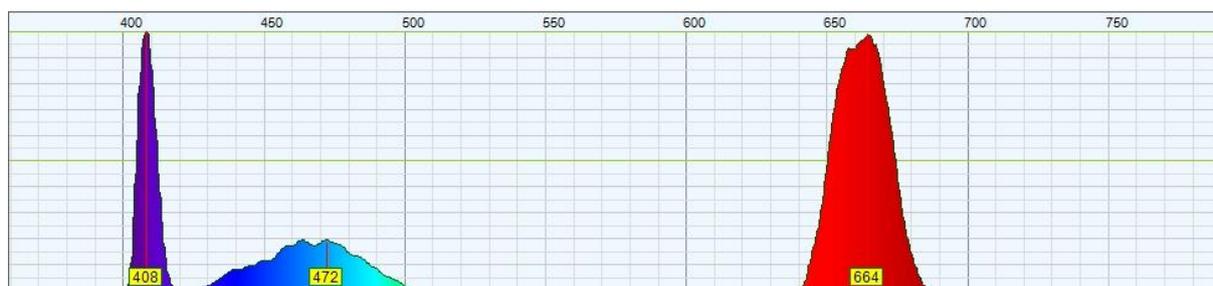


Source : <http://physicsopenlab.org/2015/12/15/what-is-fluorescence/>

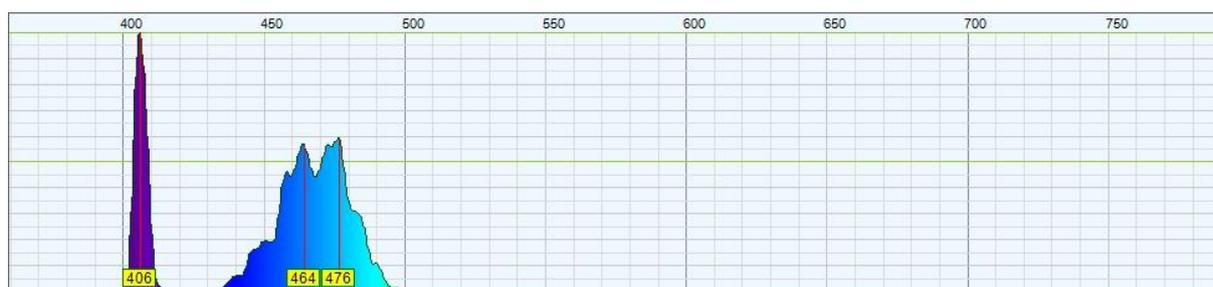
On trouve le même type de fluorescence dans l'huile d'olive car la chlorophylle de l'olive se retrouve dans l'huile après le pressage.



Peanut oil / Huile d'arachide :



Sun flower oil :



Sesame oil



Almond oil :

