

Mesurez avec des outils libres

Un oscilloscope dans chaque cartable !

Georges KHAZNADAR
lycée Jean Bart, Dunkerque

georgesk@debian.org — Empreinte GPG : 3340 B364 FF67 153F B7CC AE85 1C28 1690 7136 AE39
Membre des associations OFSET, AFUL, APRIL



Résumé

Depuis l'année 2005, certains élèves du lycée Jean Bart ont pu participer à des travaux pratiques de sciences en *enseignement à distance*. Étonnant, quand on sait que généralement les activités expérimentales nécessitent de se trouver dans un laboratoire spécialisé.

Cette pratique a été facilitée par le projet PHOENIX, né en Inde, qui met à notre disposition des boîtiers de mesures dont le plan de construction et les logiciels de pilotage sont sous licences libres.

Avec le boîtier, on dispose d'un livret de cinquante expériences réalisables avec un kit de composants simple et léger. Ce livret permet une entrée en matière, le nombre d'expériences que vous pouvez réaliser est limité par (a) votre imagination ; (b) les limites de la physique et de la chimie.

Introduction

Comment enseigner les sciences en 2015 ? Toute la société est devenue sceptique, y compris les élèves. On pourrait se dire que c'est bien : depuis Descartes, on sait que la première qualité d'un bon esprit, c'est le doute. Malheureusement, le doute de Descartes n'est pas celui de tout le monde autour de nous.

La seule façon de distinguer une science à coup sûr, par exemple pour distinguer une science d'une croyance, c'est que dans le cas d'une science, tout un chacun est libre de la déconstruire, preuves à l'appui. Autrement dit, quand quelqu'un sait monter des expériences et sait en observer les résultats, il saura démontrer toutes les idées ou presque. La science, ce sont les idées qui ne sont pas détruites par des expériences.

Combien d'élèves font des sciences ?

Sur le papier, tous les élèves « font des sciences » durant leur formation. Combien d'entre eux feront la différence avec des croyances ? En fait, très peu : pour y arriver, il faut :

1. pouvoir faire des expériences pour tester les idées ;
2. devenir habile dans l'observation et tirer des conclusions sensées.

La plupart ne peuvent pas tester les idées

Les élèves ne font pas toujours des expériences décrites classiquement dans les livres, pour diverses raisons : manque de matériel, manque de temps, conditions pédagogiques dégradées.

Cependant, même quand les élèves sont dans de bonnes conditions, les expériences scientifiques qu'ils vont pratiquer s'apparentent à un reportage comme peuvent le faire des journalistes dans un pays totalitaire : ils font une sorte de « voyage organisé » en sciences, l'accompagnateur ne les quitte jamais, et pas question de sortir du sentier balisé.

Comment faire quand le matériel scientifique est rare ?

Je travaille dans un lycée *bien doté*, qui accueille 1500 élèves, dont un peu plus d'un millier participe à des travaux pratiques (une heure à une heure et demi par semaine). Les expériences assistées par ordinateur permettent de toucher une grande variété de sujets. Grâce à quelques 15 000 euros de dotation, nous sommes en mesure de disposer de 30 systèmes de mesure environ : *un pour cinquante élèves*.

Dans ces conditions, les élèves sont bien obligés de suivre l'itinéraire balisé la plupart du temps : le matériel est cher, il est rare, et quand on en dispose, il faut aller vite, « droit au but ».

Le matériel dont dispose le lycée Jean Bart où j'enseigne est un atout considérable ; quand je correspond avec des collègues en Belgique, en Slovaquie, en Espagne, en Turquie, nous nous rendons compte de l'avantage dont disposent les élèves français. Cependant, pour diverses raisons, le système éducatif français ne semble pas être beaucoup plus efficace.

Une des questions que je me pose, quand je considère les budgets dont nous disposons, c'est pourquoi nous en sommes à acheter si peu de matériel, et si cher ?

Une approche différente, la frugalité

Depuis quelques années, j'ai eu l'occasion de collaborer avec des collègues Indiens, qui ont développé dans le cadre du projet PHOENIX, « Physics with Home-made Equipment & Innovative Experiments », des solutions pour un accès massif aux travaux pratiques de sciences.

Les travaux du professeur Ajith Kumar permettent de distribuer des interfaces de mesure physique pour un coût très abordable (prix public, 2000 roupies à l'unité, à comparer au salaire mensuel d'un enseignant, de l'ordre de 20 000 roupies).

L'approche d'Ajith Kumar s'inscrit dans le courant des « technologies frugales » : beaucoup d'intelligence et de valeur ajoutée, mais le moins

possible de matériel et de composants coûteux, réutilisation d'objets standardisés autant que possible. Tant le matériel que le logiciel de l'interface de mesure physique, distribuée sous le nom ExpEyes-Junior sont sous *licence libre* : toute entreprise qui souhaite produire et distribuer ce matériel peut le faire (seule restriction : un prototype doit parvenir au professeur Ajith Kumar pour contrôle de qualité si on veut utiliser le nom *ExpEyes* et avoir une référence sur le site web du projet <http://expeyes.in>).

ExpEyes-Junior, au prix d'un livre

Deux mille roupies, c'est à peu de choses près 30 euros. J'ai déjà reçu des propositions de 40 boîtiers de mesures pour mille dollars États-Unis. L'ordre de grandeur de ce coût est proche de celui des livres qu'utilisent les élèves en classe.

Le boîtier est conçu de façon robuste, et craint moins les chocs et l'usure que les cahiers et les livres. Le plus cher des composants qu'on peut y être amené à changer en cas de panne est de cinq euros au détail. Je n'ai jamais eu à intervenir sur la collection de boîtiers que le lycée utilise.

Ce matériel a ainsi déjà été utilisé pour certains élèves des sections *Sport-Études* du lycée Jean Bart, et leur a permis de réaliser une partie de leur formation dans l'option *Mesures Physiques et Informatique* en enseignement à distance.

Les expériences devaient être faites chez soi, avec le boîtier de mesures et des composants externes usuels pour la plupart.

En utilisant autrement *le même budget*, au lieu d'un système de mesures informatisé pour 50 élèves (1 : 50), on peut arriver à un *ratio* de 1 : 1, et prêter les boîtiers aux élèves à l'année.

Les possibilités ouvertes sont :
— des devoirs impliquant des expériences
— pour les élèves curieux, des expériences personnelles
On est loin de la « visite guidée » en sciences.

Que fait-on quand on a un oscilloscope « dans son cartable » ?

Les élèves qui ont participé à une enseignement à distance avec des travaux pratiques étaient dans des sections *Sport-Études* : chaque jour ils avaient deux heures ou plus d'entraînement de haut niveau, après les cours (et aussi à midi, pour nageuses et nageurs). Certains de ces étudiants habitant loin du lycée, on leur a proposé un aménagement particulier pour l'option *Mesures Physiques et Informatique* jusqu'en 2010. Durant les sept premières semaines de la formation, ils passaient les trois heures du cours le samedi matin au lycée, après quoi la formation continuait, mais ce même cours était organisé comme une formation à distance. Pour chaque cours, les élèves consultent une consigne sur le site web du lycée, puis ils réalisent des expériences avec le matériel prêté, rédigent un compte-rendu et le renvoient au professeur.

Eh bien, jouez, maintenant !

Un des premiers buts, dans cet atelier, sera d'explorer un phénomène fascinant, qui peut être étudié *sans aucun matériel* – ou presque : on utilise *juste un fil électrique*, en plus du boîtier de mesures et de l'ordinateur.

Ce qui est fascinant, c'est que quand on approche la main du fil électrique, ou qu'on touche (pas forcément le bout en métal, on peut aussi toucher au niveau du plastique isolant), le boîtier de mesures détecte un signal électrique périodique.

Utilisez les outils logiciels pour trouver la fréquence de ce signal. Je vous parie que vous trouverez une valeur entre 49 et 51 Hz, et même bien plus proche de 50 Hz... pourquoi ?

En fait ce signal peut être considéré comme la superposition de nombreux signaux de fréquences distinctes. Le logiciel qui vient avec le boîtier permet de s'intéresser à l'analyse fréquentielle de ce signal. Et là encore, une fois qu'on progresse dans l'analyse de ces fréquences, la question revient : pourquoi ?

Essayez, tout en touchant le fil, de vous déplacer par rapport au mobilier ; essayez debout, assis sur une chaise, les pieds au sol ou sans toucher le sol, touchez d'autres objets avec la main libre, ou prenez la main d'une autre personne, ou formez une chaîne de plusieurs personnes...



FIGURE 3 – Dans le cartable ?



FIGURE 1 – Des boîtiers rares, et chers



FIGURE 2 – Plus nombreux, moins chers



FIGURE 4 – Trois élèves avec leurs kits d'expériences

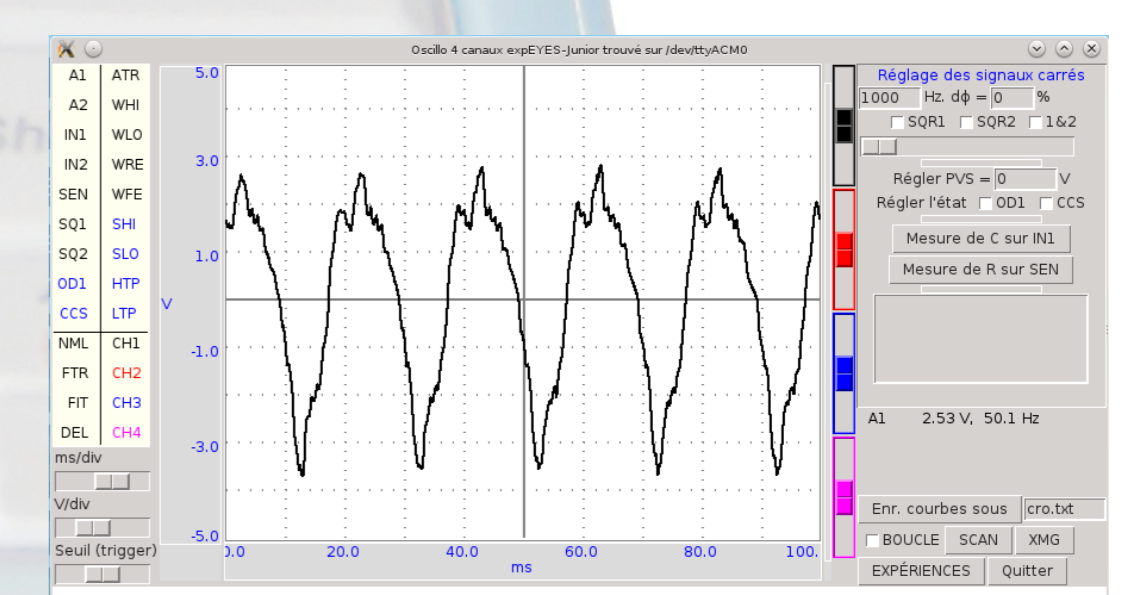


FIGURE 5 – Le signal mystérieux « de la main »