HAL
open science

Des smartphones pour faire des expériences de physique au lycée et à l'université

Joel Chevrier

To cite this version:

Joel Chevrier. Des smartphones pour faire des expériences de physique au lycée et à l'université. 2016. hal-01176253

HAL Id: hal-01176253

https://hal.science/hal-01176253v1

Submitted on 15 Jul 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Des smartphones pour faire des expériences de physique au lycée et à l'université

Joel Chevrier
Professeur de physique
Université Joseph Fourier
Grenoble

Deux milliards de smartphones sur la Terre. 25 millions de possesseurs en France cette année. Ca augmente toujours. Une épidémie galopante, puisque on passe de rien à un milliard en bien moins de dix ans. En 1991, un iPhone aurait coûté 2,6 millions d'euros est-il écrit dans un article récent. S'il en était besoin, cela souligne la puissance technologique de ces appareils tellement bien adaptés à nous, pauvres humains, que nous ne la voyons plus vraiment. C'est vraiment un chef d'œuvre du design industriel que d'avoir réussi cela.

Pour les enseignants en science, le regard porté sur ses appareils peut être tout autre.

Une simple bille en verre de 1 mm environ permet de s'en rendre compte. Placée sur l'objectif de la caméra du smartphone, elle en fait un microscope optique capable de distinguer les globules rouges. C'est un retour incroyable aux origines de la microscopie optique et à son précurseur Antoine Van Leeuwenhoek (1632-1723). Une bille en verre devant l'œil est le premier microscope qu'il a construit. Il a permis de découvrir les spermatozoïdes. Aujourd'hui à la place de l'œil, derrière la bille, on place la caméra du smartphone et son détecteur CMOS. C'est bien plus pratique et bien plus puissant. La technologie associée au numérique simplifie même le microscope optique. L'image enregistrée peut être immédiatement partagée sur le web. En fait une goutte d'eau placée sur l'entrée de la caméra fait parfaitement l'affaire.

La revue des professeurs de physique aux Etats-Unis, The Physics Teacher, ne s'y est pas trompée et a créé la rubrique mensuelle iPhysicsLabs qui montre combien un smartphone est un instrument de mesure puissant au service de la démarche expérimentale en classe à différents niveaux et utilisable dans une grande diversité de sujets enseignés en physique. La plate-forme européenne pour les professeurs de sciences, Science on Stage, a aussi constitué un groupe de travail «iStage 2: Smartphones in Science Teaching» auquel participent Philippe Jeanjacquot et Francoise Morel-Deville de l'Institut Français d'Education à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon (voir les ressources Smartphones et Education). Plusieurs groupes de recherche allemands (Kaiserslautern , Munich,…) en didactique de la physique en ont fait un projet de recherche.

Cet intérêt n'est en fait pas une surprise. Avec les smartphones, chaque élève, peut disposer d'un accéléromètre 3D, d'un gyroscope 3D, d'un magnétomètre 3D, de deux caméras de haute performance, d'une source de lumière blanche intense et froide (pas de LED en 1991), d'un microphone et d'un haut-parleur. Excusez du peu. Et en plus de nouveaux capteurs viennent périodiquement compléter la panoplie. Les derniers smartphones intègrent des capteurs très performants de température et de pression. C'est la porte ouverte à l'étude expérimentale par les smartphones de la thermodynamique, la science des échanges d'énergie et des machines thermiques. Tout ceci est donc intégré, tient dans la main et peut stocker l'ensemble de ces données ou les

envoyer en temps réel jusqu'à cent fois par seconde à un ordinateur. A partir de là, les capteurs microsystèmes que sont l'accéléromètre et le gyroscope vous permettent d'étudier expérimentalement et en détail, les grands classiques des salles de cours comme le pendule, la rotation (un smartphone dans une essoreuse à salade constitue un excellent montage expérimental pour étudier le mouvement circulaire uniforme).

Par exemple, à partir des équations de la Mécanique Classique (le 4ème cours le plus visité sur le site MIT OpenCourseWare), la combinaison des données issues de l'accéléromètre et du gyroscope du smartphone permet de reconstruire sans paramètre ajustable la trajectoire du Tram B de Grenoble et de la comparer à celle qui apparaît sur Google Maps. Longue discussion avec les étudiants de première année de Licence à propos de l'intégration numérique et des sources d'erreur pour expliquer les différences observées même si le résultat est plus que convaincant. Gros succès aussi auprès des utilisateurs du tramway devant une troupe d'étudiants installant des smartphones sur les sièges et attendant très attentifs les signes du départ.

Figure 1 : En orange la trajectoire du Tram B au centre ville de Grenoble déterminée à partir des données des smartphones. On décrit bien le contournement de la Maison du Tourisme suivi d'un léger virage devant la halle Sainte Claire. L'image sur laquelle on pose le résultat du calcul est tirée de Google Maps. Les détails de l'expérience font l'objet d'une présentation sur Youtube à destination des étudiants.

Les expériences entreprises ici avec les étudiants sont donc des grands classiques. Ces expériences classiques sont de grands classiques pour de bonnes et éternelles raisons : elles abordent les mouvements, les trajectoires, l'orientation, tous ces concepts qui permettent de mieux comprendre notre propre situation dans l'espace, à la surface de la Terre, jusque dans la vie quotidienne, les transports, les sports en particulier de glisse ou... le saut à la perche. C'est d'ailleurs, un autre exploit des créateurs des smartphones: à mon grand étonnement, tant ils semblent construits pour cela, ces appareils ne contiennent pas ces capteurs pour faire plaisir aux enseignants de science (en doutiez vous ?), mais parce que leurs usages dans la vie de chacun nécessitent en permanence des mesures permettant de situer le smartphone dans

l'espace de son utilisateur. Un smartphone connaît son orientation par rapport à la verticale et dans l'espace en permanence. C'est exactement ce dont nous avons besoin pour faire des expériences scientifiques. Bien sûr, présenter ainsi revient à renverser la perspective : la science que nous pouvons enseigner en utilisant les smartphones est donc celle mise dans ces appareils par leurs fabricants pour qu'ils satisfassent leurs usagers. A partir de là, que ces appareils soient utilisables en classe n'est pas vraiment une surprise. Finalement nous ne faisons que rendre visible pour les étudiants, la science enfermée dans ces objets connectés du quotidien. Mais c'est une prise de conscience pour les étudiants et dans leur cas, une vraie surprise : la science apprise au lycée et à l'université est bien à l'œuvre dans ces appareils. Il y a alors une deuxième surprise pour les étudiants: ils se voient capables de maitriser ces éléments de science à l'œuvre ici dans leur objet High Tech favori. Aussi surpris que Monsieur Jourdain…

Il y a bien des exemples d'utilisation des smartphones possibles en classe comme l'effet Doppler en acoustique dont la mise en évidence est spectaculaire (voir ici la fiche niveau terminale faite par Philippe Jeanjacquot). On peut même faire une liste des sujets que l'ensemble des capteurs permet d'aborder selon que l'on se trouve au collège, au lycée ou à l'université. Mais il ne s'agit pas non plus de faire un concours d'applications sans queue ni tête sur l'Apple Store ou ailleurs. Sans queue ni tête a ici une signification très claire : absence de projet pédagogique réel pour les élèves ou les étudiants. À l'époque des MOOCs qui mettent dans la lumière de l'actualité, les possibilités très importantes du numérique dans l'éducation, mais aussi à l'époque de la Main à la Pâte en France, il s'agit de souligner que l'ensemble des capteurs des smartphones et leur couplage en temps réel au monde numérique ouvrent de riches opportunités pour l'enseignement expérimental des sciences.

Les performances de ces appareils en font donc de véritables instruments de mesure. Comme disait Bernard Blier dans les Tontons Flingueurs : « On a des flingues de concours et la puissance de feu d'un croiseur ». On s'aperçoit ici que les quelques 25 millions de smartphones qui équipent la population française et qui sont là d'abord pour notre usage quotidien, sont autant de laboratoires de poche qui peuvent être utilisés dans l'enseignement expérimental des sciences. J'imagine la surprise de parents à la vue d'un smartphone tournant dans une essoreuse à salade : « mais, maman, je fais mes devoirs ! ». On parlera de regard décalé par la science elle même, sur la technologie ambiante…

Soyons plus clair: avec un smartphone, le MOOC « Smartphones and experimental sciences » que nous avons en projet, et un kit expérimental «home made»: bout de ficelle, élastique, sac en plastique, un coussin (pour la chute libre), essoreuse à salade, vélo,... n'importe quel étudiant pourra faire des « manips à la maison » . Et en fait, d'une part, le plus souvent bien mieux que dans les universités qui ne peuvent pas se payer des labos d'enseignement de ce niveau alors que la plupart des étudiants ont des smartphones et d'autre part, en se sachant en lien direct avec le niveau enseigné en sciences sur toute la planète.

Finalement revenons sur le fait que ces appareils transfèrent quasiment en temps réel leurs données au monde numérique. A partir des outils formels des théories scientifiques, cela ouvre la possibilité de créer des représentations interactives audio-visuel des mesures expérimentales. Des sortes de « serious games » avec lesquels apprendre à manipuler les outils de la théorie ne se réduit alors peut être plus à «calcule et tu comprendras...peut être». Au contraire, cela devient l'utilisation immédiate et nécessaire dans toute sa puissance d'une description qui n'a pas été construite pour la

beauté du geste et dont l'efficacité est ainsi mise à la disposition de l'étudiant dans toute sa splendeur. Dans le cas de l'étude du mouvement et des trajectoires, pour le lycée et la première année d'études supérieures, nous avons développé à Grenoble, iMecaProf, un environnement numérique de ce type qui propose une représentation visuelle et interactive du formalisme de la mécanique du point et ainsi renverse la perspective. Plutôt que de calculer sans fin, vecteurs et énergies associés à ses questions, on les utilise pendant des expériences comme celles du pendule, des rotations, ou de l'oscillation. Selon les objectifs des étudiants, leur formation passée et future, l'usage de iMecaProf peut se réduire à un contact avec la description scientifique des concepts à l'œuvre dans l'usage des smartphones ou, bien plus ambitieux, être une porte ouverte pour acquérir la maitrise de ces concepts par leur manipulation, maitrise nécessaire pour les scientifiques et les techniciens.

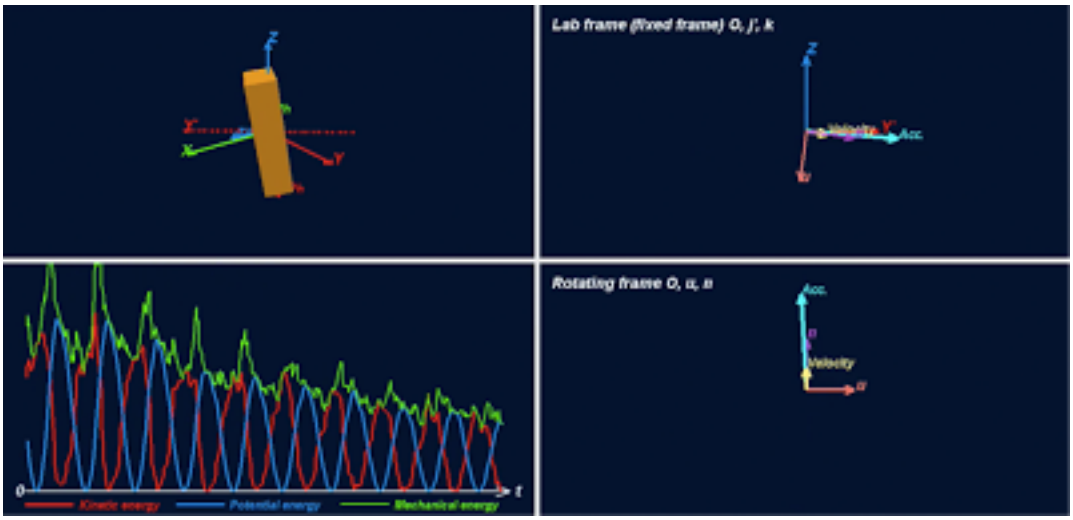

Figure 2: Copie d'écran en temps réel du logiciel iMecaProf (Production CIME Nanotech G-INP/UJF Grenoble disponible en ligne pour iPhone et Android). Le smartphone oscille ici au bout de son câble de charge, ainsi tenu à la main. Les données réelles transmises 100 fois/seconde par l'accéléromètre 3D et le gyroscope 3D permettent a) de représenter un avatar du smartphone oscillant sur l'écran, puis à droite, les vecteurs vitesse et accélération b) dans le référentiel du laboratoire (en haut), c) dans le référentiel du smartphone (en bas) et d) l'énergie cinétique (rouge), l 'énergie potentielle (bleu) et l'énergie totale (vert). Travailler en tenant directement le câble de charge du smartphone oblige les étudiants à travailler « à la main » le contrôle du pendule. D'autres choix pédagogiques avec des montages plus académiques sont bien sûr possibles, choix qui dépendent alors de la démarche pédagogique de l'enseignant. Nous avons décidé d'être aussi frugal que possible dans les montages qui reçoivent les smartphones.

Dans l'utilisation des smartphones pour faire de la physique expérimentale, le ciel semble la limite : le GPS utilisé par le smartphone pour la géolocalisation implique de faire en temps réel une correction relativiste. Au sens de Einstein ici, pas de Galilée. Par ailleurs les derniers smartphones intégrant un thermomètre et aussi depuis peu un capteur de pression d'une sensibilité surprenante, Hervé Guillou, à l'Institut Néel, met au point un système de piston contenant le smartphone pour attaquer la thermodynamique. Finalement il se pourrait que ces machines aient été créées pour les profs de physique…