



## Objectif

Dans le cadre de ce concours organisé par l'APSA dont le but est de promouvoir le développement de l'instrumentation dans le domaine de la physique pour l'enseignement et la recherche en Afrique, j'ai proposé de réaliser un instrument que j'ai appelé le **PhysicistLab**. L'objectif de la réalisation de ce kit était de fabriquer un instrument de mesure multifonctions réunissant la majorité des instruments (oscilloscope, gbf, voltmètre, ...) utilisés dans un laboratoire de physique qui serait facile à utiliser et surtout moins cher afin que :

1. les élèves et étudiants puissent apprendre facilement et de façon amusante les sciences en expérimentant eux-mêmes à la maison les différents concepts appris à l'école ;
2. les enseignants puissent enseigner de façon concrète les sciences et ce facilement et rapidement en faisant des démonstrations des lois qu'ils enseignent ;
3. Les chercheurs puissent acquérir leur données et contrôler leurs systèmes facilement et à moindres coûts.

## Fonctions

L'instrument que j'ai réalisé est utilisé comme :

1. Oscilloscope 2 voies + analyseur de spectre (2 M échantillons/s,  $\pm 20V$ )
2. GBF (sinus, carré, triangle et rampe, 1mHz à 50KHz,  $\pm 10V$ )
3. Carte d'acquisition de données 10 voies (0-5V)
4. Interface d'Entrées/Sorties (4 E/S)
5. Inductance mètre (1nH – 1mH)
6. Capacimètre (1pF – 1nF)
7. Fréquence mètre (1Hz – 50MHz)
8. Alimentation stabilisée (+5V, +12V et -12V)

De plus, le dispositif intègre des batteries au lithium qui lui confèrent une autonomie énergétique d'environ 5h après quoi il faut le recharger simplement à l'aide d'un chargeur 5V de smartphone.

## Principe de fonctionnement

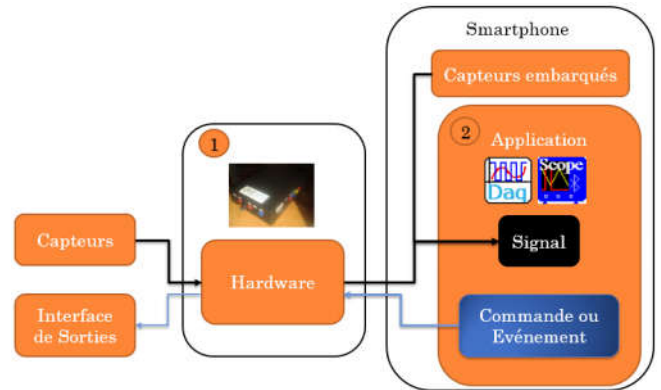
Afin de fabriquer un instrument moins cher, j'ai déporté toute la partie traitement, sauvegarde et affichage des données dans une application Android ainsi pour avoir son laboratoire embarqué il suffit juste au physicien de se procurer la carte d'acquisition et d'installer l'application dans son smartphone. La communication entre la carte d'acquisition et l'application se fait par **Bluetooth**. Le PhysicistLab est divisé en 2 grandes parties :

## 1. Le Hardware

C'est lui qui est chargé d'acquérir tous les signaux du monde extérieur (tension, température, pression, fréquence, ...) et c'est sa seule tâche. Ainsi il revient très moins cher à fabriquer et la conséquence : un instrument de mesure moins cher par rapport à ce qui existe déjà sur le marché. Toute la puissance du **PhysicistLab** réside dans l'application qui a été développée à cet effet. Ainsi en plus de la carte que j'ai réalisé pour l'acquisition, l'utilisateur peut très bien utiliser une carte Arduino comme carte d'acquisition et ceci sans limitation. Bien que moins puissant que la carte que j'ai réalisé, cela permet tout de même de réaliser certaines mesures, de plus l'expérimentateur n'a même plus besoin d'écrire de code Arduino puisque je l'ai déjà fait et le lui fournit gratuitement.

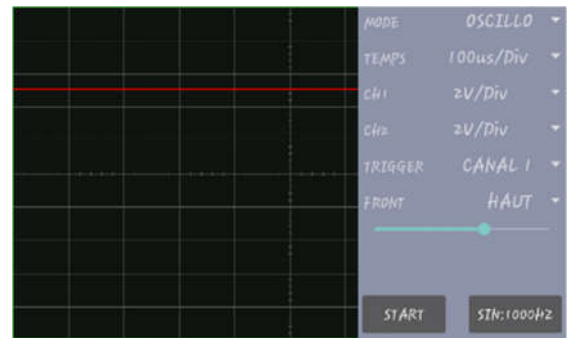
## 2. L'application Android

Une fois que la carte a pris les mesures, elle les envoie à l'application via une liaison Bluetooth. C'est à ce stade que le gros du travail est fait, l'application va se charger de traiter, d'afficher puis de sauvegarder les données. La figure ci-contre illustre le principe de fonctionnement du système. Cette application est divisée en 2 sections qui permettent chacune d'effectuer des opérations spécifiques :



### a. Oscilloscope

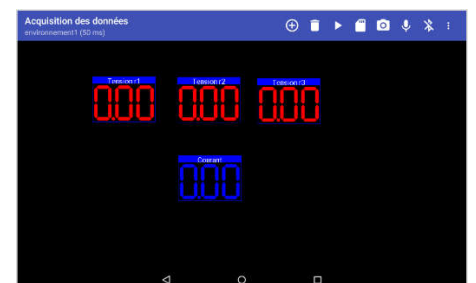
Cette partie comme son nom l'indique permet d'utiliser le **PhysicistLab** comme un **oscilloscope** et un **GBF**. La mise en fonctionnement est simple l'utilisateur lance juste l'application puis clique sur le bouton START, l'application va se connecter au matériel et c'est tout. Tous les contrôles (base de temps, volts par division, ...) sont disponibles sur l'écran. Il y a trois modes disponibles : le mode **oscillo** qui affiche les signaux en fonction du temps, le mode **xy** qui affiche la voie 1 en fonction de la voie 2 et le mode **FFT** qui affiche le spectre du signal de la voie 1.



L'appui sur le bouton situé à côté du bouton START permet de configurer le GBF (choix du signal à générer et de la fréquence du signal). Une fois la configuration validée le bouton affiche la forme d'onde du signal généré ainsi que la fréquence. Sur l'exemple le générateur génère un signal sinus (SIN) de 1KHz.

### b. Carte d'acquisition

Cette partie de l'application est entièrement configurable par l'utilisateur en fonction du travail qu'il désire effectuer, ceci parce qu'en physique il y a plusieurs types de mesures qu'on effectue généralement et sont toutes de différentes natures. Par exemple un enseignant pour démontrer la loi d'ohm aura besoin de mesurer des courants et tensions tandis qu'un chercheur qui veut sécher des échantillons aura besoin de mesurer des températures et/ou le taux d'humidité, dans ces deux cas de figure le besoin d'interfaces différentes s'impose. C'est afin de résoudre ce problème que l'application **Carte d'acquisition** a été développée en offrant à l'utilisateur la possibilité de la configurer entièrement. Elle intègre en fait un puissant environnement de programmation graphique adaptée à l'instrumentation et le contrôle.



L'utilisation est simple. Il suffit à l'utilisateur de créer son interface de mesure/contrôle adapté à son système d'étude. Et pour cela, il doit simplement définir les grandeurs faisant l'objet de son étude, choisir les capteurs appropriés qui permettent de transformer ces grandeurs en tensions, les connecter au matériel, ensuite créer les différents signaux représentant ces grandeurs (en entrant l'équation qui permet de retrouver la valeur réelle de la grandeur à partir de la tension mesurée), puis positionner les différentes vues à l'écran et c'est tout il peut commencer son étude. Un plus pour l'application, l'utilisateur peut sauvegarder autant d'environnements qu'il désire et les réutiliser au moment opportun et ceci la rend particulièrement très facile et pratique d'utilisation.

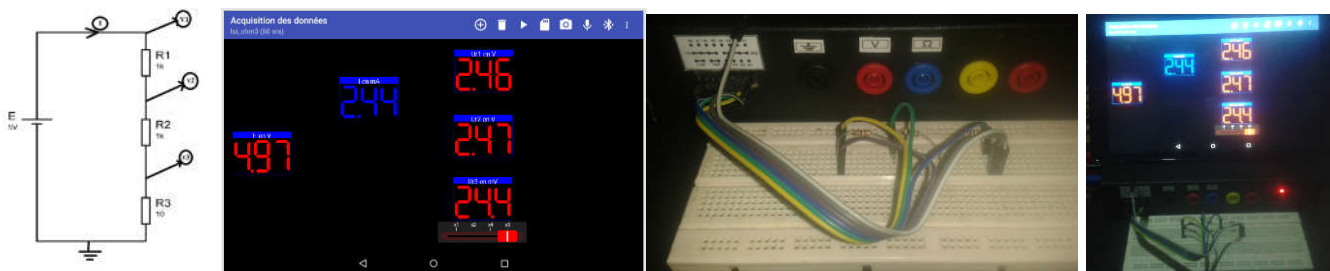
## Utilisation

Le **PhysicistLab** comme vu plus haut est utile dans la majorité des domaines de la physique. En effet, l'utilité de l'oscilloscope est évidente et rien que cette fonctionnalité fait du PhysicistLab une nécessité pour chaque physicien désireux d'apprendre par l'expérimentation. Mais en plus de l'oscilloscope, l'acquisition des données est une fonctionnalité puissante et complémentaire à l'oscilloscope, ensemble ils permettent au physicistLab d'être vraiment indispensable dans tout laboratoire de physique expérimentale.

## Quelques exemples d'utilisation

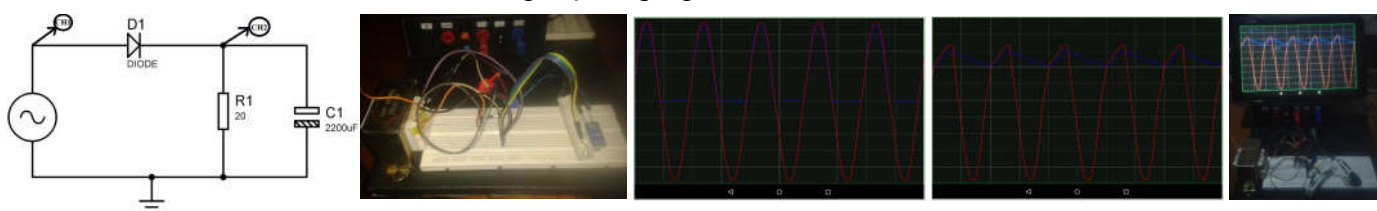
### 1. Démonstration de la loi d'ohm

Dans cet exemple il est question de prouver les calculs théoriques faits avec des résistances montées en série dans un circuit électrique.

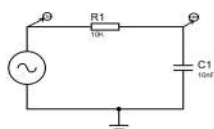


### 2. Redressement simple alternance

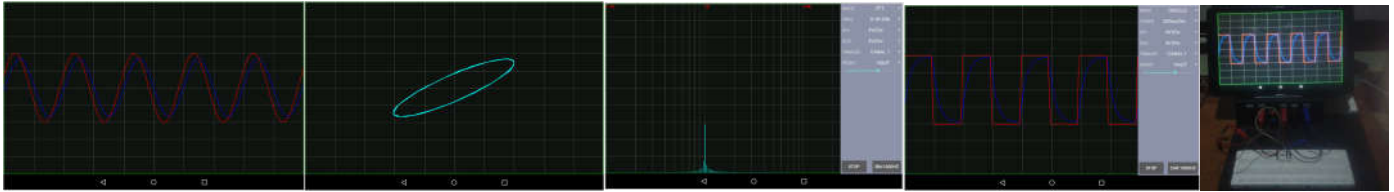
Dans cet exemple il est question de montrer comment procéder lorsque l'on veut transformer une tension alternative en tension continu et tous ce que ça implique.



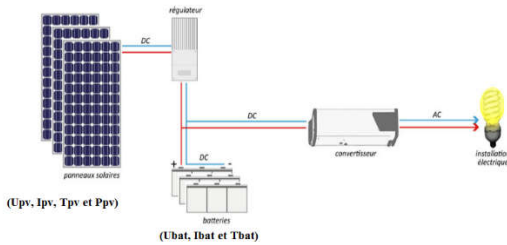
### 3. Charge et décharge d'un condensateur à travers une résistance



Dans cet exemple le GBF du PhysicistLab est utilisé pour générer un signal (sinus ensuite carré) de fréquence 1KHz puis l'oscilloscope visualise les signaux afin de montrer l'influence du condensateur dans le circuit.

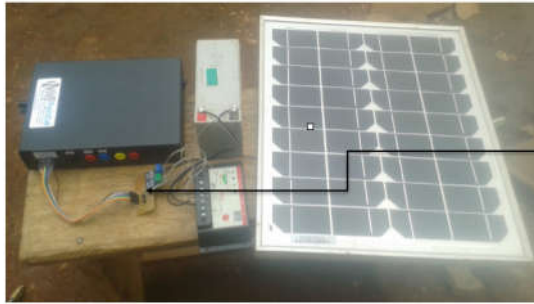
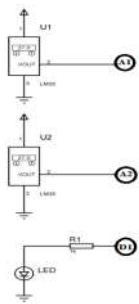


#### 4. Etude d'un système photovoltaïque



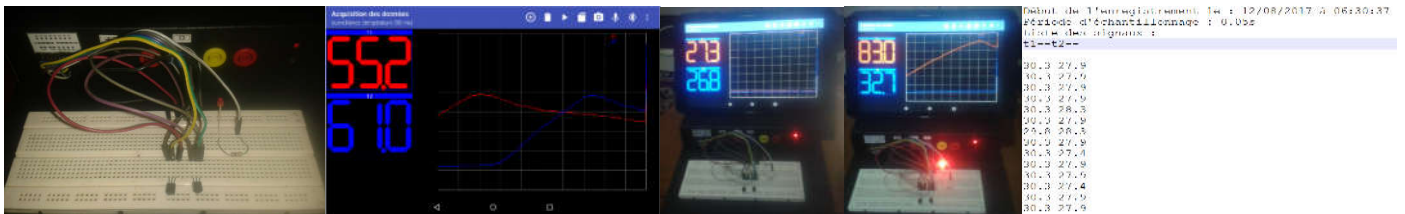
Il s'agit ici d'un travail de recherche où le chercheur veut étudier les différents paramètres qui influencent l'efficacité des installations solaires. Ceci se fait une fois que l'on a recueilli toutes les différentes données définissant le système. Il s'agit de : la température, le courant, la tension et la puissance du panneau solaire, la température, le courant et la tension de la batterie. Pour mesurer les courants nous avons utilisé des capteurs de courant à effet hall de type ACS712, pour les

températures nous avons utilisé les capteurs de type LM35 et pour mesurer les tensions nous avons juste utilisé des diviseurs de tension. Le calcul de la puissance se fait juste par multiplication du courant par la tension.



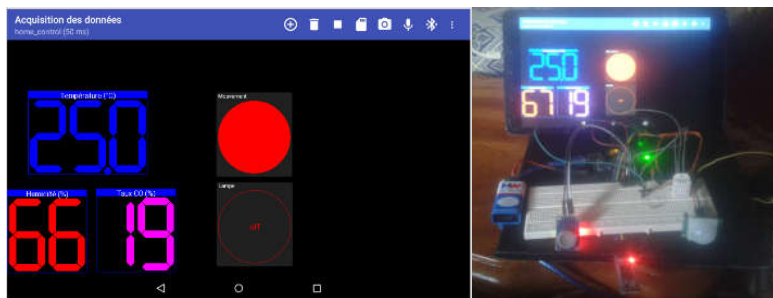
#### 5. Monitoring de la température dans un séchoir d'échantillons

Dans cet exemple le chercheur désire surveiller la température dans un séchoir qu'il utilise pour sécher ses échantillons. Le séchoir comporte 2 compartiments dans lesquels nous avons installé des capteurs de température de type LM35. Il désire aussi couper la source de chaleur si la température dans un des compartiments dépasse une limite qu'il fixe lui-même. La LED ici indique que la source de chaleur est coupée. Dans l'interface on a donc juste créé 2 afficheurs pour visualiser la valeur numérique des températures, un graphe pour visualiser l'évolution temporelle et un évènement pour nous notifier lorsque la température excède dans le compartiment 1. Toutes les données mesurées sont sauvegardées dans un fichier dans la mémoire du smartphone.



#### 6. Système de control environnemental

Ici nous utilisons une carte Arduino comme matériel d'acquisition pour mesurer le taux d'humidité de l'air, la température ambiante, le taux de monoxyde de carbone, détecte les mouvements dans le local et commande une lampe à partir du smartphone. Il s'agit là d'un bon exemple pour enseigner les enfants qui portent un intérêt particulier aux nouvelles technologies.



### Domaines d'applications

Comme montré plus haut dans les différents exemples d'utilisation, le PhysicistLab s'avère être vraiment utile dans la majorité des domaines de la science pour l'enseignement et pour la recherche. On a entre autres les domaines suivant : Electronique, Electrotechnique, Chimie, Physique, Biologie, Agriculture, Météorologie, Régulation... Bref partout où l'on a besoin de récolter des données, les traiter, les visualiser, les afficher et les sauvegarder, le **PhysicistLab** est un compagnon indispensable.

### Avantages

Le premier avantage du PhysicistLab par rapport aux solutions existantes est son coût. En fait le matériel nécessaire pour le fabriquer localement s'élève à environ 35000 Frs CFA et la plupart du temps l'utilisateur dispose d'un smartphone dans lequel il peut juste installer l'application et il a son instrument fonctionnel. Vu l'ensemble des instruments qu'il regroupe ça fait de lui la solution la plus évidente pour tout physicien désireux d'expérimenter.

Le second avantage du PhysicistLab est sa flexibilité. L'utilisateur a la possibilité de construire son système de mesure, du choix des capteurs jusqu'à la prise de décision en passant par la présentation de l'interface graphique. De plus l'utilisation d'un outil technologique comme le smartphone le rend particulièrement intéressant pour enseigner les jeunes qui portent un grand intérêt aux outils technologiques.

Le PhysicistLab contient des batteries qui lui confèrent une autonomie énergétique d'environ 5h, ce qui fait de lui un vrai laboratoire mobile qui est utilisable n'importe où sans difficulté.

### Conclusion

L'idée de la réalisation de ce kit était présente dans ma tête avant que l'APSA ne lance ce concours, mais je ne m'étais jamais décidé à le réaliser. Ça a été une grande opportunité pour moi lorsque j'ai été sélectionné pour participer à la phase finale de ce concours au terme de laquelle j'ai pu réaliser ce fameux **PhysicistLab** qui à mon humble opinion changera la façon d'enseigner les sciences physiques et permettra à mes frères au bas revenu de découvrir les merveilles de la science.

Je remercie vraiment l'APSA de m'avoir offert la possibilité de réaliser ce dispositif en organisant ce concours, et aussi Sci-Tech-Service pour m'avoir offert un cadre de travail agréable et pour avoir mis son matériel à ma disposition. Je remercie aussi le Prof. Paul Wofo pour avoir suivi mon travail durant le déroulement de ce concours, et tous ceux qui de près ou de loin m'ont apporté leur soutien durant tout ce temps.