

# **PRESENTATION DU GENERATEUR DE SIGNAUX SPECIAUX**

**à partir des équations des systèmes dynamiques non linéaires**

La présentation de ce générateur est basée sur les étapes suivantes :

- I- INTERET GENERAL
- II- PRINCIPE DE REALISATION
- III- PRESENTATION DU GENERATEUR
- IV- UTILISATION DU GENERATEUR
- V- AVANTAGES TECHNOLOGIQUES DU GENERATEUR
- VI- AVANTAGES EN TERMES DE COUT
- VII- CONCLUSION

## **I- Intérêt général de notre projet**

Dans le cadre du concours « physique expérimentale » organisé par l'Association pour la Promotion Scientifique de l'Afrique (APSA) dont l'objectif est d'innover en instrumentation appropriée et à bas coût pour l'enseignement des travaux pratiques, la recherche scientifique et éventuellement les applications, nous avons conçu et réalisé un générateur de signaux spéciaux en partant des équations décrivant les systèmes dynamiques non linéaires. Ce générateur peut servir dans les champs suivants :

- Démonstrateurs pédagogiques ;
- Alimentation des circuits électriques et électroniques ; électromécaniques ou optoélectroniques dans le cadre des travaux pratiques de l'enseignement secondaire et supérieur ;
- Alimentation dans le cadre de la recherche en circuiterie électronique, en électromécanique et en optoélectronique ;
- Simulateur des systèmes dynamiques linéaires ou non linéaires : il suffit seulement de modifier quelques lignes du code numérique à charger dans le microcontrôleur pour obtenir des signaux électriques réels mimant le comportement dynamique du système considéré (ces signaux électriques peuvent être utilisés pour des applications technologiques) ;
- Source de commande des bras de robot, émetteurs des signaux électriques, émetteurs de signaux chaotiques pour le masquage des télécommunications, ou comme stimulateurs cardiaques artificiels. Pour certaines de ces applications, un dispositif de très petite taille peut être fabriqué.

## **II- Principe de réalisation de notre générateur**

Comme indiqué ci-haut, la clé de réalisation de notre générateur part des équations différentielles des systèmes dynamiques non linéaires rencontrés en physique, électronique, biologie et chimie. Sur la base de ces équations, le dispositif a été programmé pour générer des signaux spéciaux tels que les pics de Dirac périodiques ou modulés, des signaux pulsés, des paquets de signaux périodiques et des signaux chaotiques. Bien évidemment, il génère des signaux classiques (sinusoïdaux, carrés, triangulaires et rampe).

Fabriquer un générateur qui fournit des signaux spéciaux au même titre que les générateurs de signaux classiques est particulièrement important à cause de leur utilisation pour la formation, la recherche et les applications technologiques.

Notre générateur est basé sur la programmation par microcontrôleur et par Arduino des équations différentielles non linéaires.

## **III- Comment se présente notre générateur et comment fonctionne-t-il ?**

Notre générateur a la forme d'une boîte ayant les dimensions suivantes : une longueur de 15 cm, une largeur de 10 cm et une hauteur de 8 cm. Notons que ces dimensions peuvent être réduites en fonction de la taille du microcontrôleur ou du composant Arduino.

Pour sa structure interne (voir figure 1), notre générateur est constitué d'une carte Arduino Due comportant en sortie deux convertisseurs numériques analogiques (DAC), d'une sortie USB servant d'une part à la programmation des fonctions mathématiques non linéaires à travers un langage de programmation adéquat et d'autre part à l'alimentation de notre carte. Il est par ailleurs constitué d'un circuit électronique sur lequel sont câblés certains boutons commandes permettant aisément de passer d'une fonction à une autre et de varier les fréquences. Ce circuit est ensuite connecté sur certaines broches entrée/sortie de la plaque Arduino par l'intermédiaire des câbles de connexion.

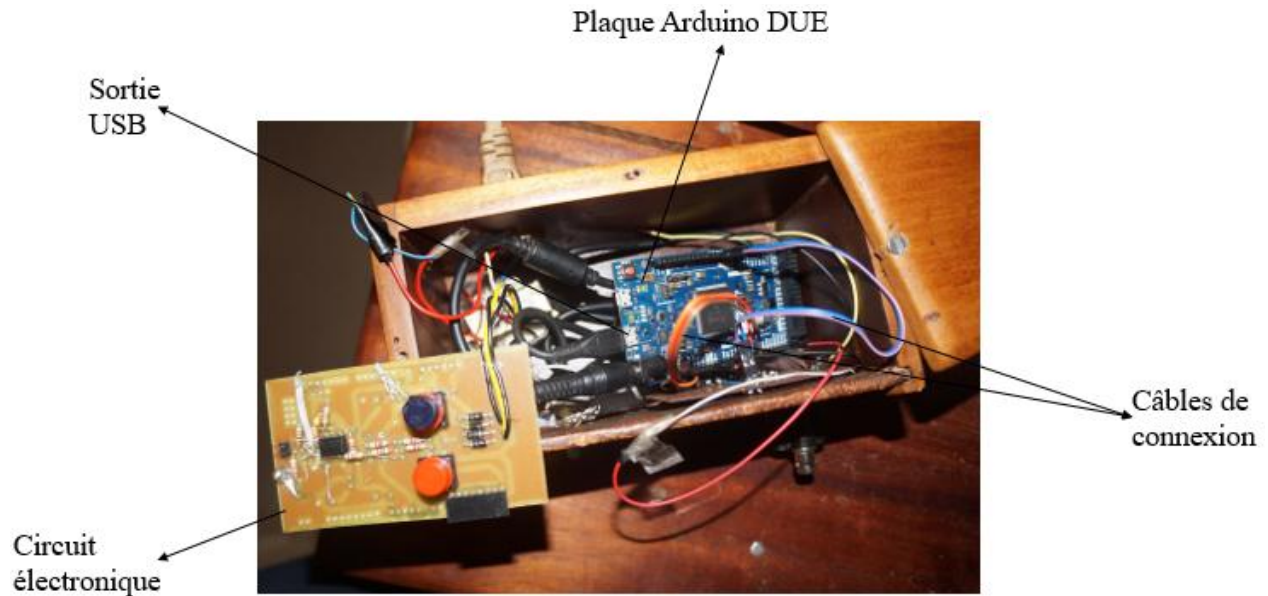


Figure 1 : Représentation interne de notre générateur

Pour sa présentation externe (voir figure 2), notre générateur est constitué d'un câble d'alimentation secteur (220 Volt/230 Volt), et d'un câble USB pouvant alimenter la carte sous une tension de 5 Volt et permettant de programmer notre carte, d'un interrupteur permettant de mettre en marche l'appareil et d'un voyant lumineux témoignant le bon fonctionnement du dispositif. De deux boutons de commande permettant de changer les signaux et dont l'un a pour rôle d'avancer le signal et l'autre la fonction inverse. Ensuite de deux variateurs de fréquence qui se complètent.

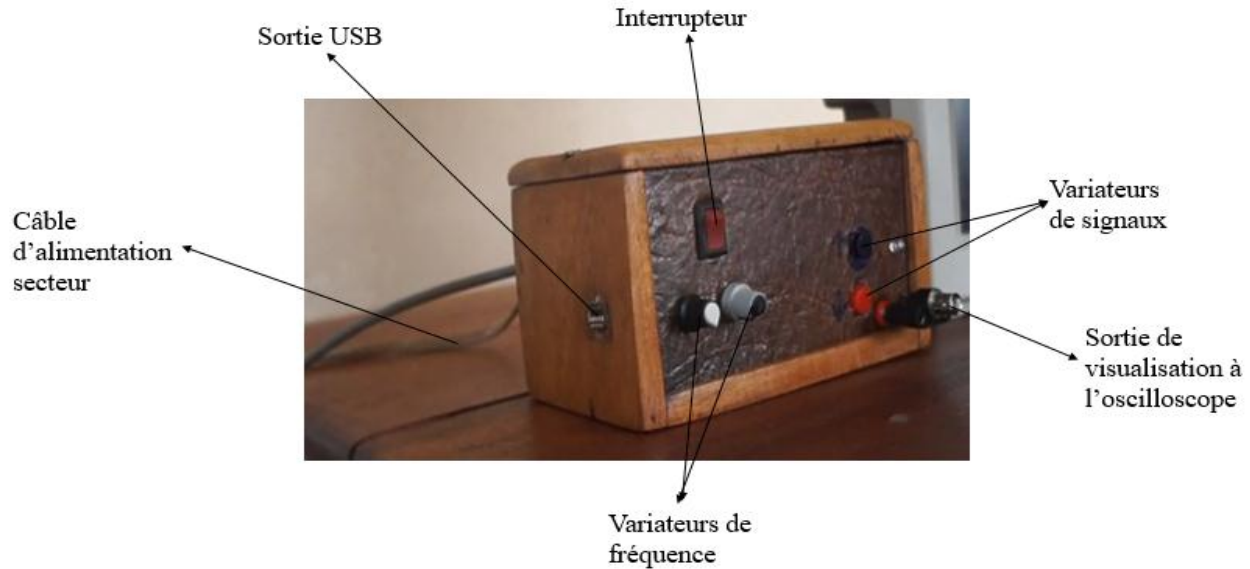


Figure 2 : Vue externe de notre générateur

#### IV- Utilisation du dispositif

Notre générateur peut être utilisé

- Pour des démonstrations pédagogiques telles que la présentation des signaux basiques pendant un cours d'électronique ou d'électricité, la présentation des réponses cardiaques pendant un cours de biologie et la présentation et interprétation d'un signal chaotique.
- Pour l'enseignement des travaux pratiques : alimenter un circuit RLC par exemple ou d'autres dispositifs électroniques/électriques pour l'enseignement secondaire ; comme sources d'alimentation des dispositifs électromécaniques ou optoélectroniques pour l'enseignement du supérieur.
- Notre générateur peut être utilisé au niveau de la recherche pour étudier la réponse des dispositifs soumis à l'action des signaux spéciaux (par exemple impulsions de Dirac périodiques, impulsions de Dirac modulées, signaux pulsés de largeur modifiables, signaux sous forme de bouffées et signaux chaotiques).
- En termes d'applications, il s'agit d'un dispositif technologique particulier qui génère des signaux de divers types, dont certains inspirés des comportements dynamiques des systèmes biologiques et chimiques. Il peut donc pour la commande ultrarapide des bras de robot et des relais (pics de Dirac et signaux pulsés) utilisables comme actionneurs ou séquençage des informations, impulsions électriques de très petite largeur pour les télécommunications (pics de Dirac ou signaux pulsés), activateurs cardiaques artificiels (paquets de signaux périodiques ou signaux pulsés), générateur de signaux chaotiques pour la cryptographie chaotique (signaux chaotiques).

## **V- Avantages de notre démarche**

En plus du fait que notre générateur produit des signaux spéciaux, il présente deux autres avantages particuliers pour ceux qui sont capables de programmer les microcontrôleurs. D'une part, ils ont la possibilité de modifier la fréquence à volonté et d'autre part de simuler tout système dynamique non linéaire et obtenir en sortie des signaux électriques réels, plus stables comparativement aux circuits électroniques susceptibles de subir des instabilités dues aux influences des bruits. Bien sûr que pour certaines des applications indiquées, une version miniaturisée est nécessaire ainsi des accessoires de contrôle. Les systèmes dynamiques doivent être décrits par des équations différentielles ordinaires de la forme  $dx_i/dt = f_i(x_j, t)$  pour  $i$  et  $j$  allant de 1 à  $n$  et les fonctions  $f_i$  pouvant avoir n'importe quelle forme mathématique. De ce fait, on reçoit en sortie sur un oscilloscope des signaux électriques analogiques (ce qui est un avantage très important comparativement aux simulateurs analogiques très sensibles aux bruits divers). Pour ce faire, il suffit juste de modifier quelques lignes du code numérique en introduisant les expressions des fonctions  $f_i$  et de faire exécuter le code par le microcontrôleur.

## **VI- Avantages en termes de coût.**

Le coût des composants pour fabriquer notre générateur est d'environ 33 000 FCFA (50 Euro).

Imaginez-vous un générateur délivrant près de 11 signaux (voir plus puisque le nombre est décidé à partir du programme que nous insérons dans le microcontrôleur) et dont le coût des composants pour son montage est de moins de 50 Euros. Il s'agit d'une démarche visant à mettre à la disposition de tous et à très faible coût un générateur de signaux susceptibles de servir pour la formation, la recherche et les applications technologiques. De plus, la possibilité, pour des utilisateurs spécialisés, de modifier les plages de fréquence et les plages d'amplitude et de construire soi-même son type de signal spécial rend notre idée particulièrement utile. Cette dernière possibilité peut être à l'origine de la création d'une entreprise de prestation de services. Bien sûr que sur le plan commercial, le prix de vente pourra subir un réajustement en tenant compte de la gratification de l'expertise en programmation et montage des dispositifs.

## **VII- Conclusion**

Sur la base de la programmation par microcontrôleur des équations différentielles des systèmes dynamiques non linéaires, nous avons conçu et fabriqué un générateur de signaux spéciaux qui ne sont pas souvent délivrés par les générateurs connus jusqu'ici. Notre générateur présente de nombreuses applications pour l'enseignement, la recherche et la technologie. Son coût très réduit le rend accessible à tous, notamment aux élèves et étudiants en cycle de formation et de recherche. La possibilité de modifier sa plage fréquentielle par un simple ajustement d'une instruction du programme numérique le rend particulièrement adapté en termes de produit commercial et en termes d'instrument de recherche adaptable.