Olympiades de Physique France : XXVIIIe concours national

Les inscriptions pour la XXIXe édition des Olympiades de Physique France sont ouvertes du
8 mai au 17 octobre 2021 (22h, heure de Paris) 2021

La XXIXe session se préparera avec les éventuels aménagements liés aux mesures sanitaires.

Cette année fêtait la XXVIIIe édition de la finale du concours des Olympiades de Physique France. La manifestation s'est déroulée malgré les contraintes diverses liées aux mesures sanitaires et tous se sont mobilisés pour sa réussite. L'Université de Bordeaux a –virtuellement- accueilli les 29 et 30 janvier 2021 les équipes sélectionnées, à l'invitation de la section de Bordeaux de la Société Française de Physique et de la section académique de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie

Cette finale nationale a rassemblé les vingt-trois équipes provenant de 10 académies sélectionnées en France et de sections francophones de lycées à l'étranger. Elle a été parrainée par Jean-François Clervoy, ingénieur et spationaute à l'Agence Spatiale Européenne, président d'honneur de la société Novespace, une filiale du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) en charge du programme de vols paraboliques.

Figure 1 : Notre parrain

Toutes les épreuves se sont tenues à distance afin de respecter les contraintes des protocoles sanitaires.

Parmi les projets retenus pour la finale nationale, voici deux exemples de prestations de grande qualité couronnées d'un premier prix, pour le travail expérimental remarquable effectué par les équipes. Ces deux projets illustrent le haut niveau de la démarche scientifique que l'on retrouve chez toutes les équipes sélectionnées aux Olympiades nationales de Physique, montrant des élèves passionnés, curieux et inventifs et, cette année, adaptables aux contraintes liées à la pandémie.

Pour rappel, le jury favorise l'originalité du sujet et la rigueur de la démarche de recherche, le soin accordé aux réalisations expérimentales et à leur exploitation, la qualité de la présentation et des démonstrations effectuées et l'implication de l'ensemble de l'équipe.

Organettissimo

Ce projet a été présenté par les élèves de première, Klara Demarle, Narhan Senenoff, El-Hamid Ghout et Nicolas Berlemont, encadrés par Sophie Gronlier du lycée Van der Meersch à Roubaix.

Apprendre la musique, oui, mais en construisant un orgue miniaturisé, voilà le défi que ces jeunes et téméraires élèves de première se sont donné.

Figure 2 : Sourires sous les masques

Il suffit donc de.. concevoir des modèles de tuyaux sonores, d'en étudier les propriétés, de concevoir des embouts de qualité, de trouver une imprimante 3D pour créer un prototype et de tester le tout sur un air de Harry Potter.

Ces élèves ont commencé par étudier la résonance de tuyaux cylindriques en fonction de leur longueur pour la gamme tempérée. Ils ont comparé les résultats expérimentaux à ceux attendus théoriquement pour des tubes cylindriques ouverts ou fermés.

Calculs et mesures diffèrent et l'expérience montre qu'il faut tenir compte de la longueur L et du diamètre du tuyau D en introduisant une longueur acoustique inférieure L' qui peut être estimée par la règle empirique de Cavaillé-Coll.

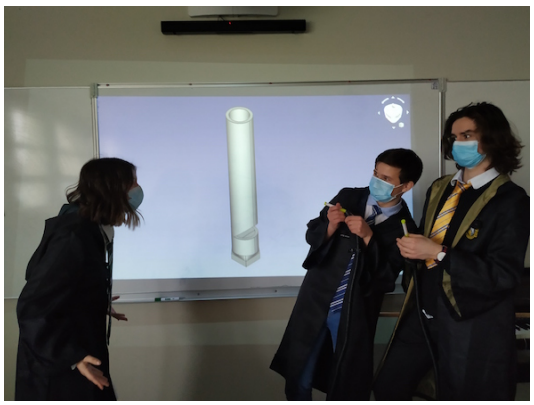

Figure 3 : Le plaisir de la sciences

Mais la réalité est plus compliquée. Il faut aussi tenir compte du système excitateur. Il faudra créer une lame d'air qui viendra exciter le tuyau sonore par le biais d'un biseau.

Le son est produit par le jet d'air, expulsé par la « lumière », qui va osciller autour de la lèvre du biseau ; le tuyau cylindrique sert de résonateur à travers la colonne d'air qu'il contient.

Et les phénomènes acoustiques les plus importants se situent dans l'espace situé entre la « lumière » de l'instrument, -à savoir à l'orifice de sortie de la lame d'air- et la pointe du biseau. C'est là que se passent les intéractions entre le filet d'air excitateur et la colonne d'air du tuyau. La forme de la lumière, la hauteur en bouche ou longueur de fenêtre (distance lumière-pointe du biseau) sont les principaux paramètres que les élèves vont plus spécialement étudier.

Ils font donc évoluer la forme de la lumière d'un demi cercle à un croissant de lune caractérisé par sa largeur et déterminent la forme optimale du croissant leur permettant d'obtenir le meilleur niveau sonore. Puis, ils cherchent quel décalage choisir entre la lumière et l'axe du canal afin de trouver les conditions optimales à l'émission d'une note.

Enfin, ces brillants élèves ont cherché l'influence de la longueur de la fenêtre, à une fréquence donnée par la longueur du tuyau, permettant d'obtenir le meilleur niveau sonore Ils s'intéressent aussi à l'évolution de la fréquence pour un niveau sonore maximal -donc en modifiant la longueur du tuyau- en fonction de la longueur de la fenêtre.

De cette étude, ils déduisent l'évolution du terme correctif de la longueur d'un tuyau en fonction de la longueur de la fenêtre, résultat en accord avec le terme correctif de Cavaillé-Coll. Tout prend sens !

Il ne restera « plus qu'à » réaliser ce petit orgue après avoir réalisé les embouts adaptés à chaque tuyau leur permettant de jouer les 4 notes de leur mélodie.

Bravo !

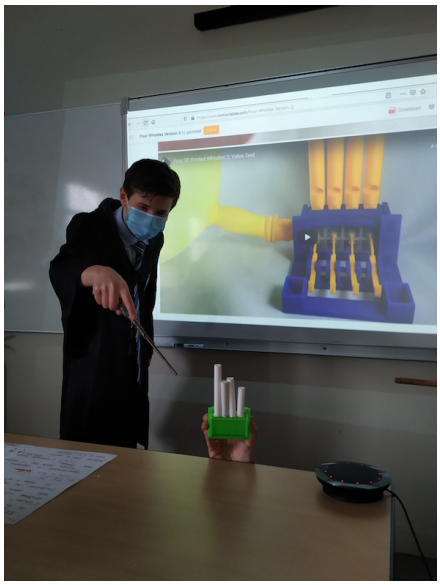

Figure 4 : Harry Potter en musique

Mesure de battements cardiaques à distance

Figure 5 : La physique outre-mer

Ce projet a été présenté par les élèves : Adèle Piquet, Antoine Pinard, Aurélien Trouillefou et Hector Panabières, encadrés par leur professeur, Jean-Pierre Pichou, du lycée Yves Leborgne à Sainte-Anne, Guadeloupe.

Détecter les battements du cœur à partir des infimes mouvements corporels que cela engendre, voici le but que se sont donnés ces élèves.

Pour mener leurs expériences, ils ont d'abord réalisé un simulateur les mouvements du thorax engendrés par le cœur en utilisant la membrane d'un haut-parleur excitée par un signal périodique électrique « carré » de 1Hz. Ils s'accordent de pouvoir modifier le rapport cyclique du signal pour s'approcher d'un modèle plus réaliste des battements cardiaques..

Dans une première étude, à partir de l'accéléromètre de leur téléphone et l'application Phyphox, les signaux des mouvements enregistrés sont traités dans un tableur afin d'obtenir, par calcul, l'allongement normal de la membrane du haut-parleur en fonction de temps, liés aux battements cardiaques simulés à une fréquence de 1Hz.

Mais le résultat n'est pas probant.

Notre équipe ne se décourage pas.

Les élèves décident donc de transformer ces données en signal électrique numérique puis d'utiliser un convertisseur numérique analogique. Le signal, intégré deux fois, permettra de visualiser les déplacements de la membrane. Les élèves ont donc réalisé les circuits électroniques afin de réaliser ces différentes opérations.

Figure 6 : Un enseignant participatf

Une autre méthode de détection des déplacements de la membrane utilise un interféromètre de Michelson pour des ondes ultrasonores.

L'onde quasi-plane nécessaire aux interférences est obtenue en plaçant la source d'ultrasons au foyer d'un miroir sphérique tout en respectant les conditions de Gauss.

L'onde est ensuite séparée en deux ondes planes grâce à une lame séparatrice, de fait miroir semi réfléchissant dont les élèves choisissent la matériau. L'une des deux ondes sera réfléchie par un miroir placé sur la membrane, l'autre par un miroir fixe.

Les deux ondes planes recombinées sont focalisées sur le détecteur et le déphasage entre le faisceau de référence et le faisceau réfléchi par la paroi mobile modifie l'intensité du faisceau émergent et indique directement les déplacements de cette paroi, rendant compte des battements cardiaques.

Au point de fonctionnement, la membrane est au repos et la différence de marche est ¼ de longueur d'onde. L'amplitude des déplacements de la membranes sont de l'ordre de quelques dixième de mm ; avec une longueur d'onde ultrasonore de 8,8 mm, il est aisé de détecter l'amplitude du signal final avec une bonne sensibilité : nos élèves peuvent mesurer ici un déplacement de 0,15 mm

Cette détection d'amplitude est réalisée par un circuit électronique à détecteur de crête précédé d'une amplification du signal donné par le récepteur,

Figure 7 : Et voilà, mission accomplie

Mais cette équipe, experte en électronique, ne s'arrête pas là.

Ils essaient une troisième expérience consistant à mettre en évidence le déphasage entre le signal de l'émetteur et celui réfléchi par la paroi mobile. En mesurant le déphasage entre les deux signaux, on mesure les déplacements de la paroi. L'équipe construit donc un circuit qui :

- multiplie l'amplitude des deux signaux ultrasonores,
- supprime les fréquences élevées afin de récupérer la composante continue du signal, indicatrice du déphasage.

Pour ces élèves, il leur restera d'étudier de plus près comment intégrer la reconnaissance à distance par les caractéristiques des battements cardiaques qui sont propres à chacun..

Nul doute que ces jeunes physiciens arriveront à leurs fins car ces deux dernières expériences leur ont montré, qualitativement, que c'était possible.

Le palmarès complet et la totalité des mémoires sont accessibles sur le site des Olympiades de Physique France, à l'adresse : https://ordp.org/archives.htlm

La finale nationale des Olympiades de Physique est placée sous le Haut patronage de M. le Ministre de l'Éducation Nationale.

Le fonctionnement des Olympiades de Physique France, créées à l'initiative de la Société Française de Physique et de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, est notamment assuré grâce à ses mécènes. https://odpf.org/nos-mecenes.html.
Pour la finale de cette XXVIIIe édition, outre le ministère de l'Éducation nationale et l'Université de Bordeaux, les Olympiades de Physique-France ont reçu le soutien de nombreux partenaires et notamment des mécènes suivants : la *Fondation iXCore pour la recherche, , la société TRESCAL, le Labex First-TF, la fondation Nanosciences, la Région Ile de France via le réseau RESPORE, Focused Ultrasound Foundation.*

Le comité national des Olympiades de Physique France remercie tous les partenaires, les laboratoires scientifiques ayant accueilli les lauréats pour des visites et les autres donateurs qui ont contribué au succès de la XXVIIIe édition du concours.
Sa reconnaissance s'adresse aussi à tous les acteurs bénévoles de cette réussite.