

Olympiades de Physique France : XXX^e concours national

Les inscriptions pour la XXXI^e édition des Olympiades de Physique France sont
ouvertes du
1er mai au 17 octobre 2022 (22h, heure de Paris)

La finale de la XXX^e édition du concours des Olympiades de Physique France s'est déroulée malgré les contraintes diverses liées aux grèves et à la météo et tous se sont mobilisés pour sa réussite.

Comme chaque année, le concours s'est déroulé en deux étapes :

- Une sélection régionale le 7 décembre 2022 pour ce 30^e concours : 25 équipes ont été sélectionnées sur les 59 inscrites provenant de 11 académies.
- La finale a été accueillie les 27 et 28 janvier 2023 sur le campus de la Doua par



Figure 1: Notre marraine,
Hélène Fischer

l'Université Claude Bernard LYON 1 à Villeurbanne. Elle a été organisée à l'initiative de la SFP (Société Française de physique) et de l'UdPPC (Union des Professeurs de Physique-Chimie).

Cette année, elle a été parrainée par **Hélène Fischer**, physicienne, enseignante à l'Université de Lorraine, chercheuse à l'institut Jean Lamour et Prix Jean Perrin 2019.

Les épreuves se sont tenues sur le campus LyonTech-la Doua, à l'Université *Claude Bernard, Lyon 1*.

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 original et 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 de Physique France, montrant des élèves passionnés, déterminés et inventifs.

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.

Catastrophe dans le bécher : le vortex ne sait plus où donner de la tête.

Ce projet a été présenté par Ines BENMRAH et Cyrian PAPIN du lycée Le Mans Sud - Le Mans, académie de Nantes encadrés par leur professeur Yoan TEXIER.

L'idée est toute simple, en apparence : étudier les variations de hauteur de vortex produits dans un bécher contenant de l'eau à l'aide d'un agitateur magnétique et de deux barreaux aimantés différents avec du matériel le plus souvent utilisé dans les laboratoires de chimie puis de s'appuyer sur le modèle de Rankine pour expliquer le phénomène.

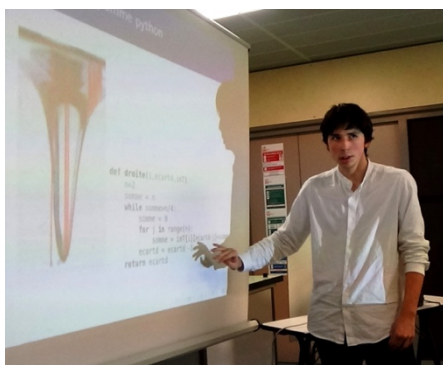


Figure 2 : Défendre son projet !

Ces élèves, intéressés par les tourbillons ont cherché à en trouver les caractéristiques dans un b cher.

Des questions se posent immédiatement :

Comment varient la hauteur et la taille d'un vortex créé par un agitateur magnétique en mouvement en fonction des paramètres suivants :

- vitesse de rotation du barreau aimanté et ses dimensions ;
- volume d'eau : hauteur et surface ;
- caractéristiques du fluide : viscosité (cinétique, dynamique) et masse volumique ;

- température du fluide.

Ces élèves ont cherché à vérifier la validité de leurs résultats s'inspirant d'un article scientifique publié dans la revue American Journal of Physics en mars 2007, (Gábor Hal sz, Bal zs Gy re, Imre M. J nosi, K. Gábor Szabó, and Tam s Tél. (2007), *American Journal of Physics*.75,1092).

Le vortex comprend de part et d'autre d'un rayon r_0 une zone centrale modélisée par un solide en rotation et une zone périphérique décrite par un écoulement irrotationnel.

Les calculs conduisent à une hauteur $\Delta h = \Omega^2 r_0^2 / g$

Δh , hauteur du vortex

Ω , vitesse de rotation du fluide.

r_0 , rayon caractéristique limite entre les deux types d'écoulements théoriques.

L'expérience, conduite en mesurant la vitesse de rotation de 2 barreaux aimant s de tailles différentes à l'aide d'un stroboscope montre que la hauteur des vortex est directement lié à la vitesse de rotation du barreau aimanté : $\ln(\Delta h) = a.\ln(\Omega) + b$, en accord avec les publications de référence sur le modèle de Rankine

Et c'est alors que les élèves observent une oscillation de la taille du vortex : le vortex devient instable lorsqu'il est créé par la rotation du petit barreau aimanté. Le phénomène est film  avec un smartphone puis les images ont été traitées grâce aux filtres du logiciel Avidemux. Elles sont alors enregistrées une à une avec le logiciel Edupython afin d'en analyser les caractéristiques. Ceci représente un travail minutieux pour identifier les pixels décrivant les bords du vortex en modifiant les conditions d'éclairage pour de meilleures images. Ils peuvent alors avec le logiciel Avidemux reconstituer un nouveau film de leurs expériences. La hauteur du vortex peut ainsi être mesurée en fonction du temps pour six vitesses de rotation de l'agitateur magnétique.

Ils remarquent alors que :

- L'amplitude des fluctuations augmente linéairement avec la vitesse de rotation de l'aimant ;
- hauteur et largeur du vortex sont inversement proportionnelles.
- le nombre d'oscillations de la hauteur du vortex ne semble pas dépendre de la vitesse de rotation de l'aimant.



Figure 3 : Un jury attentif

Et l'intérêt de tout cela dans la pratique ? Les vortex sont utilisés :

- dans l'industrie chimique, pour une homogénéisation d'un milieu réactionnel ainsi que dans la préparation d'émulsions comme leur a indiqué l'entreprise Labomoderne ;
- dans l'industrie du nucléaire afin d'éviter l'entartrage des particules collantes (Zoppé 2007) ;
- pour des mesures physiques de vitesse d'écoulement (France environnement débitmètre) .

C'est ce travail minutieux demandant peu de matériel mais beaucoup d'idées et de rigueur qui a valu à ces deux élèves passionnés et curieux un premier prix aux XXXes Olympiades de Physique France.

La micronatation des nanorobots.

C'est ici le travail étonnant d'une grande équipe composée de Mohammed MOKRANE, Mallaury HERNANDEZ, Antoine KORCZAK, Marine COURIER, Flore DE THY - SARAIVA, Rochan RAMASSAMY du lycée Parc des Loges de Evry-Courcouronnes, académie de Versailles, accompagnés par leurs enseignants Eric DURAND et Jean-baptiste BOURJADE.



Figure 4 : Une équipe de choc

Ils se sont intéressés à la natation des nanorobots dans le sang afin d'étudier la façon de contrôler leurs mouvements. Les nanorobots seraient en effet un outil prometteur dans le milieu médical.

Pour ce projet, M. François Alouges, professeur de Mathématiques à l'Ecole Polytechnique, les a initiés aux principes mathématiques de la micronatation et les a soutenus et conseillés. M Grosvalet, professeur de Sciences de l'ingénieur au lycée a réalisé ces prototypes robots

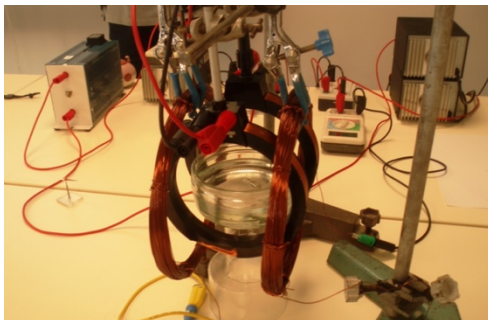


Figure 5 : Première réalisation

Ils ont d'abord observé la micronatation des organismes micro-cellulaires tels que celle des spermatozoïdes humains qui peuvent se déplacer grâce à un organe locomoteur, appelé flagelle et celle de la bactérie Euglena qui est liée à la contraction et à l'extension de la cellule sur elle-même

Puis, c'est la simulation.

Ils ont d'abord réalisé un montage de principe contrôlant le mouvement d'un nageur magnétique passif placé dans

un champ magnétique externe basculant à plus ou moins 45° généré à partir d'un champ fixe B_1 et d'un champ B_2 dont le sens peut être inversé. Les élèves ont fabriqué de grandes bobines Helmholtz afin d'obtenir un champ B_1 aussi uniforme que possible.

Le prototype de nageur est composé d'une bande de plastique souple qui sert de queue avec deux aimants placés sur l'une des extrémités qui servent de tête. Il est placé dans une boîte de Pétri remplie de glycérine. Et il « nage » !

Puis ils ont testé un nageur à queue oscillante : l'aimant est placé sur une extrémité du ruban souple (la queue) et la tête est une petite masse collée sur l'autre extrémité. Le nageur se déplace dans le champ magnétique engendré par une seule paire de bobines Helmholtz dont on inverse le sens du courant. L'équipe s'est alors penchée sur le modèle de nageur proposé par Najafi et Golestanian sur les conseils de M Alouges Dans ce modèle, le nageur réalisé en impression 3D (SolidWorks), est constitué de trois

sphères connectées par des tiges dont la longueur peut varier au cours du temps. Le but est de créer un nanorobot actif partir du modèle du Najafi Golestanian Swimmer (NGS). Le prototype géant (50 cm de long) est plongé dans du liquide vaisselle, transparent pour bien voir et très visqueux comme le sang. Les tiges du robot sont actionnées par deux moteurs, car les mouvements des deux boules doivent être indépendants et non simultanés afin que le mouvement ne soit pas réversible. L'étude se fait en régime de Stokes. Le prototype est utilisé avec un microcontrôleur. Tout cela a donné une étude poussée pour modéliser le mouvement des sphères que l'on peut lire en détail sur le site des Olympiades de Physique France

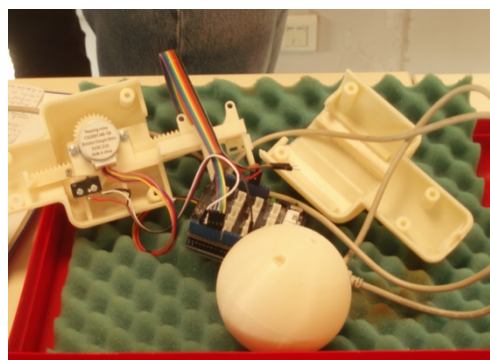


Figure 6 : le prototype

Cette équipe étonnante a reçu un premier prix aux Olympiades de Physique France. L'aventure continuera avec l'écriture d'un article prévu avec M Alouges. Elle sera proposée aussi pour la médaille de l'Académie des Sciences.

Ces deux présentations montrent à nouveau combien les élèves motivés et persévérants sont capables de projets étonnants, que les moyens matériels soient importants ou pas, qu'ils soient nombreux ou simplement à deux. Leur potentiel créatif reste pour le jury un étonnement et un plaisir reconduit chaque année.

Bien d'autres sujets passionnants sont disponibles sur le site des Olympiades de Physique France : <https://www.olympphys.fr/public/index.php/core/pages/editions>

Les inscriptions pour la 31e édition des Olympiades de Physique France sont ouvertes du 1er mai au 18 octobre 2023 (22h, heure de Paris)

Les concours interacadémiques auront lieu le mercredi 6 décembre 2023.

La finale du concours national aura lieu le vendredi 2 et samedi 3 février 2024 à l'Université Paris Cité Bâtiment Condorcet.

1.

