

Olympiades de Physique France

XXX^e concours national

La finale de la XXX^e édition du concours des Olympiades de Physique France, organisée à l'initiative de la Société Française de Physique et de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie, s'est déroulée à Lyon, 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 : 25 équipes ont été sélectionnées sur les 59 inscrites provenant de onze académies ;
- la finale a été accueillie les 27 et 28 janvier 2023 sur le campus de la Doua par l'Université Claude Bernard Lyon 1 à Villeurbanne. 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 de la SFP.

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.

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

Ce projet a été présenté par Inès Benmrah et Cyrian Papin du lycée polyvalent Le Mans Sud (72), encadrés par leur professeur Yoan Texier.

L'idée est d'étudier les variations de hauteur de vortex produits dans un bécber contenant de l'eau soumise à l'action d'un agitateur magnétique et de deux barreaux aimantés de taille différente, puis de s'appuyer sur le modèle de Rankine pour expliquer le phénomène.

Une question se pose immédiatement : comment varient la hauteur et la taille d'un tel vortex en fonction des paramètres suivants :

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

Les élèves ont cherché à vérifier la validité de leurs résultats, en s'inspirant d'un article de G. Halasz *et al.* publié en mars 2007 (*American Journal of Physics*, 75, p. 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 du vortex $\Delta h = \Omega^2 r_0^2 / g$ (où Ω est la vitesse de rotation du fluide).

L'expérience, effectuée à l'aide d'un stroboscope, montre que la hauteur du vortex est directement liée à la vitesse de rotation des barreaux : $\ln(\Delta h) = a \ln(\Omega) + b$, en accord avec les publications de référence sur le modèle de Rankine. Les élèves observent alors une oscillation de la taille du vortex : celui-ci devient instable lorsqu'il est créé par la rotation du petit barreau aimanté. Le phénomène est filmé avec un *smartphone*, puis les images sont traitées grâce aux



Lycée Le Mans Sud : un jury attentif



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 obtenir de meilleures images. Les élèves peuvent alors 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.

Les élèves remarquent alors que :

- l'amplitude des fluctuations augmente linéairement avec la vitesse de rotation de l'aimant ;
- la hauteur et la 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.

Quel est l'intérêt pratique de cette étude ? Les vortex sont utilisés dans l'industrie chimique pour l'homogénéisation d'un milieu réactionnel ainsi que dans la préparation d'émulsions ; dans l'industrie nucléaire, afin d'éviter l'entartrage des particules collantes ; et pour des mesures physiques de vitesses d'écoulement.

Ce travail exigeant, demandant peu de matériel mais beaucoup d'idées et de rigueur, a valu à ces deux élèves passionnés et curieux un premier prix aux XXX^{es} 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 et Rochan Ramassamy, du lycée Parc des Loges d'Évry-Courcouronnes (91), accompagnés par leurs enseignants Éric Durand et Jean-Baptiste Bourjade.

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'École polytechnique, les a initiés aux principes de la micronatation et les a soutenus et conseillés. M. Grosvalet, professeur de sciences de l'ingénieur au lycée, a réalisé les prototypes des robots.

Les élèves ont d'abord observé la natation d'organismes microcellulaires (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.



Lycée Parc des Loges d'Évry-Courcouronnes : une équipe de choc

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 sert de tête. Il est inséré dans une boîte de Pétri remplie de glycérine. Et il « nage » ! Puis les élèves 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. Dans ce modèle, le nageur, réalisé en impression 3D, 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. 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 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.

Cette équipe a reçu un premier prix. L'aventure continuera avec l'écriture d'un article avec F. Alouges. Elle sera proposée aussi pour la médaille de l'Académie des sciences.

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

Bien d'autres mémoires passionnants sont disponibles sur le site des Olympiades de Physique France : www.olympphys.fr/public/index.php/



- ▶ Les inscriptions pour la 31^e édition des Olympiades de Physique France sont ouvertes du 1^{er} mai au 18 octobre 2023 (22 h, heure de Paris)
- ▶ Les concours interacadémiques auront lieu le mercredi 6 décembre 2023.
- ▶ La finale du concours national aura lieu des vendredi 2 et samedi 3 février 2024 à l'Université Paris Cité, Campus des Grands Moulins, Bâtiment Condorcet.