Olympiades de Physique France : la 32e finale du concours national

Déjà 32 ans que des lycéens participent aux Olympiades nationales de physique France !

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

- *Une sélection régionale* le 11 décembre 2024 : 23 équipes ont été sélectionnées sur les 66 inscrites en provenance des académies d'Aix-Marseille, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Corse, Créteil, Dijon, Étranger (Belgique, Luxembourg, Maroc), Grenoble, La Réunion, Lille, Limoges, Lyon, Mayotte, Nantes, Paris, Poitiers, Strasbourg, Versailles. Les équipes trop éloignées des centres interacadémiques du concours ont pu présenter leur projet en vidéo-conférence. Les équipes non sélectionnées ont reçu des livres électroniques de la part d'EdP Sciences.

- *Les 23 équipes de la finale nationale* ont été accueillies les 31 janvier et 1er février 2025 à Marseille sur le Campus Saint-Charles, Aix-Marseille Université (AMU).

Cette finale 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, Magali Deleuil, professeure des universités (Aix-Marseille Université, Laboratoire d'Astrophysique de Marseille (AMU/CNRS/CNES), Institut universitaire de France), directrice adjointe de l'Institut Origines de Marseille a bien voulu être notre marraine.

Avant la remise des prix, elle nous a fait le plaisir de donner une conférence intitulée *« Exoplanètes : Quelles alternatives à notre planète bleue ? »*

Parmi les projets retenus pour la finale nationale, nous présentons dans cet article deux exemples de contributions de grande qualité couronnées d'un deuxième prix et d'un premier prix, pour le travail d'investigation 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, avec des élèves curieux, 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 du mémoire et de la présentation orale ainsi que celle des démonstrations effectuées ; il tient aussi compte de l'implication de l'ensemble de l'équipe.

1. Magali Deleuil

Article disponible sur le site https://www.refletsdelaphysique.fr

2. Des élèves convaincants

Taffonisation

Ce projet a été présenté par Timon Béline, Tia Bodson, Jean-Antoine Dary, Jules Geiger et Ugo Hassam Ismail, élèves au lycée Jeanne D'arc de Bastia, académie de Corse, encadrés par leurs professeurs Joseph Piacentini et Dorothée Montaggioni.

Le géologue Alain Gauthier expliquait ainsi la taffonisation, cette érosion particulière : « *La taffonisation est due à quatre malfaiteurs : le vent qui transporte les embruns, la pluie qui fait ruisseler l'eau salée dans les failles de la roche, le soleil qui cristallise le sel et enfin le sel lui-même qui fait éclater le granite, dissociant ses grains de quartz, feldspaths et micas* ».

Tout commence par *l'atelier science* au cours des années 2020-2022 : des « anciens de terminale » avaient présenté leur travail à la 29e édition des Olympiades nationales de Physique France, travail récompensé par un premier prix en 2022. Ils avaient invité nos élèves alors en seconde, déjà curieux de ce qui se faisait dans cet atelier, à reprendre leur projet. Arrivés en première, puis en terminale, ces chercheurs en herbe ont imaginé, conçu et réalisé des dispositifs afin de pouvoir expliquer le phénomène.

Modélisation d'un rocher

Ces cinq élèves tentent, dans un premier temps, de comprendre la structure du rocher sujet de leur étude à l'aide d'un *rover* Arduino télécommandé, équipé d'une tourelle surmontée d'un dispositif sonar ultrason. Le dispositif pourra emprunter l'étroite fissure, rouler sous le rocher et en donner une image en 3 dimensions sous la forme d'un nuage de points.

Ils optent finalement pour une méthode plus facile à mettre en œuvre, utilisée en archéologie ou en architecture, la photogrammétrie. À partir de très nombreuses photographies exploitées à l'aide du logiciel Polycam, ils obtiennent une image numérique qui leur permet de faire une maquette du rocher.

Action du gel et du dégel

Les élèves contactent un artisan glacier afin de disposer d'une chambre froide réglée à -25°C. Ils constatent qu'une bouteille pleine et ouverte éclate du fait de la formation d'un bouchon de glace ; ils supposent que cette situation est celle qui illustre le mieux la dégradation à la surface du rocher par l'action du gel et du dégel.

Influence de la pression

Quelles sont les forces qui font éclater la bouteille en verre ouverte ?

Après plusieurs tentatives infructueuses avec différents capteurs, les élèves utilisent un capteur piézoélectrique relié à un microcontrôleur Arduino et concluent que les pressions mesurées (plus de 10 bars) lors de la prise en glace de l'eau dans un volume fini peuvent atteindre des valeurs importantes susceptibles de générer les dégradations de la roche.

Caractériser l'action du sel marin

Nos apprentis savants cherchent à savoir si le sel marin pénètre dans la cavité grâce à des pièges à sel placés sur le rocher ; les dépôts sont analysés avec l'aide du laboratoire Sciences pour l'Environnement de l'Université de Corse qui dispose d'un microscope électronique à balayage. La conclusion s'impose : oui, il y a dépôt de sel marin au plafond de la cavité.

Ils veulent alors comprendre comment ce dépôt est lié au vent et simulent la circulation du fluide dans une

>>>

>>>

maquette. Et, pour aller plus loin, ils contactent un ingénieur qui les initie au logiciel de simulation ANSYS afin de modéliser le flux d'air circulant dans la cavité à échelle réelle et de valider leur hypothèse. Enfin, ils contactent Mme Desarnaud de l'Institut Royal du Patrimoine Artistique au laboratoire dédié à la préservation des monuments et des œuvres à Bruxelles : l'eau salée peut s'infiltrer par capillarité dans des microfissures et ce sont les nombreuses variations de volume des cristaux de sel qui sont responsables de l'altération des roches. Les chercheurs de l'IRPA leur fournissent des graphiques montrant les variations du volume de sel cristallisé en fonction de l'hygrométrie. Ce n'est pas la « pression de cristallisation » générée par un cristal en croissance qui exerce des forces pressantes sur la roche mais la « pression de disjonction » due aux variations des forces répulsives au sein de la lame en sursaturation située entre le cristal en croissance et le rocher. Les nombreuses fluctuations d'hygrométrie, plus que le grand froid, semblent être à l'origine de la taffonisation.

Ce travail est remarquable par la détermination de cette équipe audacieuse, enthousiaste et ingénieuse qui ose, doute, recommence, cherche à comprendre et interroge inlassablement. Bravo pour ce deuxième prix bien mérité !

4. Une expérience délicate !

Vers un nouveau tube de Rubens

Ce projet du lycée Bernard Palissy d'Agen, académie de Bordeaux, a été présenté par Eloïse Ganachaud, Axel Gavlak, Loïs Guillerme, Sam Herbert, Lilou Raberin et Antoine Szymanski encadrés par leurs professeurs Jean-Michel Laclaverie et Isabelle Lemoine.

Comprendre le fonctionnement du tube de Rubens et trouver un moyen de rendre visible les variations de pression acoustique dans le tube sans méthane et sans flamme, voilà le but que se sont fixés les élèves car le dispositif traditionnel est désormais interdit d'utilisation dans les lycées. Un haut-parleur alimenté par une tension sinusoïdale de 50 à 1000 Hz est placé à l'extrémité du tube de 2 m ouvert. Le micro est positionné à l'autre extrémité. Les élèves recherchent les fréquences de résonance, soit un maximum d'amplitude au niveau du micro.

Ils se font aider par Augustin Ernoult, chercheur en acoustique au sein de l'INRIA, afin de comparer leurs résultats avec la modélisation obtenue sur le démonstrateur des fréquences de résonance. Pour plus de précision, ils décident de travailler sur la variation de l'amplitude autour de la fréquence de résonance de 350 Hz (4e harmonique) en déplaçant le micro à l'intérieur du tube afin de repérer les emplacements des trous qui permettront de visualiser le phénomène.

3. L'équipe au complet : élèves et professeurs.

Visualisation

Il leur faut ensuite rechercher un dispositif de visualisation de la pression acoustique. Nos élèves ont plusieurs idées :

- Utiliser un oscillateur de visualisation très léger, du polystyrène par exemple, posé sur un trou du tube de Rubens et associé à un petit miroir et un laser. La réflexion de la lumière laser sur le miroir, projetée sur le mur pourra jouer le même rôle que la flamme du tube utilisé traditionnellement. Pour cela, ils installent quinze diodes laser pour éclairer les quinze trous percés dans le tube. Les petits bouts de polystyrène sont retaillés, le papier aluminium est remplacé par de petits miroirs, un écran

permet d'obtenir de meilleures images, une machine à fumée est même utilisée. Oui, nos élèves visualisent enfin les nœuds et les ventres des ondes sonores stationnaires à la résonance. Mais ils constatent que l'amplitude du signal sonore émis n'est pas proportionnelle à l'intensité lumineuse, même si les maximas correspondent.

- Utiliser des bulles de savon posées sur les trous du tube et observer leurs vibrations. Cette idée leur vient après avoir consulté la thèse d'Aymeric Roux de l'Université de Lille dont ils contactent le directeur de recherche. Ils déposent alors un film de liquide d'un jouet d'enfant servant à faire des bulles plus résistantes que celles obtenues par les recettes habituelles. Les ondes réfléchies à l'interface air/savon interfèrent avec celles réfléchies à l'interface savon/air. La différence de chemin optique provoque des maxima et minima de lumière.

Mais nos élèvent en veulent plus : à la suite d'une visioconférence avec Michael Baudouin, professeur à l'Université de Lille, ils décident de visualiser les vibrations d'une bulle de savon en l'éclairant avec un laser et en observant l'image sur un écran blanc. Après cet échange, ils posent une bulle sur chaque trou et mettent le tube sous pression grâce à une pompe à vélo. Le tube est fermé aux deux extrémités (haut-parleur fixé sur le tube fermé à gauche et pompe à vélo à droite). Mais les bulles restent instables.

Ils vont alors faire varier la fréquence de 50 à 1000 Hz en quelques secondes et enregistrer un film de l'expérience, avec donc à la fois l'image du film de savon et le son. Le son du film est étudié sur le logiciel Audacity. Ils déterminent pour différentes dates la fréquence du signal en zoomant pour visualiser une période et cela pour un grand nombre d'échantillons. Connaissant la fréquence d'échantillonnage (48000 Hz), ils calculent la période temporelle.

Afin de visualiser les bulles, les élèves décident d'afficher six flux de vidéos : cinq qui sont issus de *webcams* placées au-dessus de certains trous du tube ainsi qu'une image du tube afin de mieux visualiser ce que chaque caméra représente. Cet outil doit permettre au jury de visualiser l'effet des vibrations de l'air à l'intérieur du tube sur les bulles placées dans les trous du tube.

Mais les élèves veulent comprendre ce qui se passe. Fernando Leal Calderon, de l'École Nationale Supérieure de Matériaux, d'Agroalimentaire et de Chimie de Bordeaux, leur indique que leur expérience est une illustration des deux formes possibles d'un film de savon :

- le film noir ordinaire (CBF) qui est épais, de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière et réfléchit la lumière.
- le film noir de Newton (NBF) qui est très mince. Son épaisseur étant de l'ordre de quelques nanomètres, il ne réfléchit pas la lumière et apparait noir.

La transition CBF-NBF nécessite le franchissement d'une barrière énergétique. Les ondes acoustiques provoquent des fluctuations erratiques de l'épaisseur qui se traduisent par la transition locale d'un état à l'autre.

Le but est atteint. Tout est fait maison. Voici le nouveau tube de Rubens.

Ces élèves artisans bricoleurs ont montré une curiosité permanente et un grand sens pratique. Ils n'ont pas hésité à faire appel à des chercheurs pour résoudre leurs problèmes et tenter des expériences en conséquence. Leur premier prix récompense un beau travail d'équipe.

Ces deux présentations montrent à nouveau combien des élèves motivés et persévérants sont capables de projets étonnants, que les moyens matériels soient importants ou pas, quand la curiosité les anime. Leur potentiel créatif reste pour le jury un étonnement et un plaisir reconduits chaque année.

Bien d'autres sujets, souvent au cœur des problématiques actuelles, sont disponibles sur le site des Olympiades de Physique France :
www.olymphys.fr/public/index.php/core/pages,editions
La prochaine finale du concours national aura lieu à Saint-Germain-en-Laye sur le site IXCAMPUS, les 30 et 31 janvier 2026.

Marie Groslière
Pour le Comité d'organisation
des Olympiades de Physique