

IYPT

Un tournoi international pour jeunes physiciens

par **Nicolas CHEVALIER**

Laboratoire LIONS

CEA Saclay - 91191 Gif-sur-Yvette

nico.chevalier@gmail.com

RÉSUMÉ

L'IYPT (International Young Physicists' Tournament) est une compétition internationale de physique pour les élèves du secondaire. Bien qu'existant depuis vingt-deux ans, le tournoi reste méconnu en France. Il offre pourtant une approche de la physique expérimentale riche autant pédagogiquement que scientifiquement. Nous avons relevé le défi et lancé la première équipe française au tournoi de Tianjin en Chine cet été 2009. Nous vous relatons l'expérience telle que nous l'avons vécue.

Si d'aventure vous passez au musée de physique du lycée Louis-le-Grand un mercredi après-midi, ne vous laissez pas méprendre par les bruits d'enclume qui y résonnent : il ne s'y trouve aucune échoppe de forgeron. À l'heure où le LHC (Large Hadron Collider) inaugure ses premiers événements, le nouveau collisionneur du lycée tourne à pleine vapeur, à plusieurs millions de MeV. Certes, on y a remplacé les particules par des boules de pétanque. Pauline et Louis, élèves en première S, ont posé au point de rencontre des boules une feuille de papier surfon. Ils arment le tube, et bim ! – collision. On s'empresse d'aller inspecter la feuille, on la renifle. Que font-ils au juste ? « *Lors de la collision, les boules perdent la plupart de leur énergie cinétique* » nous explique Pauline – « *Où va cette énergie ? D'une part, elle va comprimer le papier et les boules d'acier, d'autre part se dégager en chaleur : la concentration au niveau du point de contact des deux sphères est telle qu'il doit être possible de brûler un trou dans la feuille. Si on mettait une feuille d'aluminium, on pourrait la faire fondre* ».

Expliquer les conditions sous lesquelles on peut brûler un trou par cette méthode, c'est l'objet du problème n° 3 de la vingt-troisième édition du Tournoi international pour jeunes physiciens (IYPT), qui se tiendra en juillet 2010 à Vienne (Autriche). Le tournoi est nouveau sur la scène des compétitions pour lycéens en France : alors qu'une trentaine de pays y participent déjà, et pour la plupart de longue date, nous avons lancé la première équipe française cet été à Tianjin en Chine.

Quel est le principe du tournoi ? Sa pierre angulaire est une liste de dix-sept problèmes, composée chaque année par un comité de physiciens. Chaque problème constitue un petit projet de recherche en soit ; certains vont demander d'éclairer les causes d'un phéno-

mène, d'en dégager un mécanisme (« pourquoi des rides de sable se forment-elles sous un courant d'eau ? »), d'autres, plus proches du défi d'ingénierie, cherchent à d'optimiser un appareil tel que ce canon électromagnétique : « maximiser la vitesse d'une bille projetée à l'aide d'une bobine, d'un condensateur et d'une source de 50 V ». Nécessitant un matériel minimal pour être mis en place, les problèmes appellent à l'expérimentation, et c'est cela qui fait leur force : la théorie cède ici à l'observation, qui la précède et la motive. Nul besoin n'étant de maîtriser les principes pour observer les phénomènes, les problèmes sont accessibles aux élèves dès la seconde. Leur étude se déroule sur l'année scolaire ; les solutions sont présentées et défendues lors du tournoi à proprement parler, qui se tient chaque année dans un pays hôte différent.

Les IYPT nous viennent d'URSS : le physicien Evgenii YUNOSOV les introduit en 1979 dans le but de développer l'intuition physique et les capacités de communication scientifique de ses étudiants. En 1989, les IYPT passent les frontières de la Russie, accueillant la Pologne et la Tchécoslovaquie. Le tournoi s'enorgueillit aujourd'hui de compter ses participants de par le globe : pour ne donner que quelques exemples, on y retrouve l'Iran, l'Australie, le Nigeria, les États-Unis, Singapour, la plupart des pays d'Europe de l'Est, etc.

Ayant participé durant ma scolarité en Autriche au tournoi, et faisant actuellement mon doctorat en physico-chimie au CEA de Saclay, je me trouvais en position idéale pour



Notre équipe au terme du cinquième et dernier « physics fight » contre la Biélorussie et l'Indonésie, de gauche à droite : Théau PERRONIN, Arthur CAHEN (6^e), Annitha SUBRAMANIAM (7^e), Romain LUCKEN (8^e), Ségolène GOUJON (12^e).

introduire le concept des IYPT en France. C'est sur l'invitation de Jean-Luc PEREZ, enseignant de physique à Louis-le-Grand, que je me rendis un matin de janvier dans la somptueuse enceinte du lycée, jadis couvent franciscain. J'avais dans ma besace une petite fiole avec du café, une pipette Pasteur et sa poire. Le thème du jour : « pourquoi une goutte de liquide séchée est-elle plus foncée sur les bords qu'en son centre ? ». On pourrait en effet penser que le colorant trouve refuge au cours de l'évaporation dans les parties les plus liquides de la goutte, c'est-à-dire au centre ; or c'est exactement l'inverse qui se produit.

À l'époque, je n'en savais pour tout ne dire rien. La tension de surface me semblait devoir jouer un rôle prédominant, mais je n'arrivais pas à assembler les éléments d'un mécanisme précis. J'avais échafaudé une autre théorie un peu loufoque : les particules de colorant s'adsorbent à la surface de la goutte et glisseraient, à la manière d'un planchiste, jusqu'à sa périphérie. « Mais qu'importe la cause exacte : moins j'en sais, moins je serai tenté de la leur imposer », me rassurais-je, et j'entraîs, l'estomac un peu noué, dans la classe de seconde Spé physique de M. PEREZ.

Je collectais dans un premier temps les idées. La première vint du dernier rang : les particules colorantes sont entraînées vers le bord lors du dépôt de la goutte, avec le reste du fluide, par inertie. Nous notions ce scénario au tableau, qui, raisonnable, ne semblait cependant pas recueillir l'approbation de la classe. Bras levé : « *L'évaporation est plus forte sur les bords de la goutte qu'en son centre. Cela crée un courant net du centre vers le bord* ». Ainsi, on soupçonnait déjà cette goutte, aux abords bien placides, d'être parcourue de l'intérieur par des courants ! « *Mais pourquoi l'évaporation est-elle plus forte sur les bords ?* » héla-t-on le théoricien, qui, désarçonné, risquait un « *car il y a plus de surface sur les bords ?* ». Bougonnements. « *Plus de surface, où, ça veut dire quoi ?* » murmurait-on. L'idée suivante était astucieuse : « *La goutte d'eau est une fusée d'où s'échappent des molécules d'eau. À défaut de pouvoir s'enfoncer dans le sol, la goutte s'y écrase, entraînant le colorant avec elle* ».

Je mis un terme à la ronde spéculative, et chaque groupe attaqua un aspect du problème : les uns testèrent la théorie inertielle en projetant du café vers l'avant, pour voir si l'auréole s'y formait préférentiellement. D'autres, munis de papier millimétré et d'un microscope, observèrent l'évolution du rayon de la goutte au cours du séchage. Un groupe étudia la forme de l'auréole en fonction de celle de la goutte et un dernier l'importance du café : l'encre, le thé, le vin se comportaient-ils semblablement ?

La trompette de fin de classe retentit. Nous concluons : la théorie inertielle ne tenait pas le choc de l'expérience. La microscopie nous révéla que l'auréole était en réalité constituée d'une multitude de sous-auréoles, dévoilant ce que les physiciens nomment un mouvement de « stick-slip » du contour. La théorie de la fusée ne trouva pas d'opposant jusqu'à la dernière minute, où un élève remarqua judicieusement qu'un journal imprégné de café présentait le même type d'auréole, ce qui semblait nécessiter l'introduction d'autres éléments d'explication.

Outre le fait qu'un groupe de vingt élèves soit passé en moins de trois heures à deux doigts de la vérité [1], je notais surtout que l'approche les motivait : le problème, posé comme une énigme bien ficelée, donnait libre cours à l'imagination, pour peu que celle-ci se courbe à la réalité de l'expérience.

Après avoir réitéré l'exercice plusieurs fois, je donnais rendez-vous aux élèves motivés l'année prochaine, pour préparer le tournoi 2009 de Tianjin. Une petite dizaine d'élèves se présentèrent à la rentrée ; trois de plus, issus du programme Science Académie de l'association Paris Montagne s'adjoignirent à l'équipe. C'est là aussi qu'entrent en scène deux acteurs essentiels, Gil TOOMBES, post-doctorant à l'Institut Curie venu d'Australie, et Patrice BOTTINEAU, le préparateur technique du lycée, sans l'aide desquels cette entreprise eût sans doute sombré prématurément.

L'année de préparation au tournoi confirma l'utilité des problèmes pour l'apprentissage d'une méthodologie de recherche scientifique. Ainsi va l'habitude de noter toutes ses observations dans un cahier de manipulations ; celle de toujours confronter les résultats d'une expérience donnée à une expérience de contrôle, de moyenniser les résultats d'observations si nécessaire ; celle de ne changer qu'un paramètre à la fois et de comparer des résultats expérimentaux de manière différentielle et non absolue. Un bel exemple fût celui des rides de sable : Arthur, l'élève en charge du problème, remplissait un récipient d'eau et de sable et le « berçait » – à défaut d'appareillage plus sophistiqué – jusqu'à apparition des rides ; il mesurait ensuite leur espacement. Désireux de savoir comment celui-ci variait avec la hauteur d'eau ou l'amplitude de l'agitation, il réitérait la même expérience en faisant varier ces deux paramètres. Mais les mesures se révélaient difficiles, l'espacement non uniforme et sujet à une grande variabilité, si bien qu'après un mois nous commencions à nous décourager. Puis vint le dé clic (*cf.* photo ci-dessous) : au lieu d'un récipient, mettons-en quatre sur une même planche et agitions la planche pour assurer que chacun soit soumis à la même accélération ! Pour varier l'amplitude, nous disposons les récipients le long du rayon d'une planche circulaire, que nous mettions ensuite en rotation autour de son axe.



Le dispositif à quatre bacs d'Arthur CAHEN pour l'observation de rides de sable à base d'une poudre calcaire en eau peu profonde.

Minuit, mercredi 22 juillet 2009, université Nankai de Tianjin (Chine). À l'issue d'une journée exténuante, marquée de deux « physics fight », l'équipe est réunie dans sa chambre d'hôtel, tous partageant avec ferveur leurs impressions. Arthur, qui a présenté le problème des rides durant douze minutes avec un « PowerPoint », est sorti sonné : l'opposition au problème, menée par une élève géorgienne, a mis en lumière des faiblesses dans notre compréhension du problème. Son approche agressive de la critique a toutefois partagé le jury, qui lui a finalement octroyé la note de 7/10. Quant à nous : 5/10. Pas si mal, pour un premier « fight » de physique ! Annitha, du lycée Louise Michel de Bobigny, a-t-elle tenu l'opposition sur un problème de téléphones portables dans des cages de Faraday. Gardant son calme, elle mènera une discussion efficace face à Singapour, qui lui vaudra de récolter la meilleure note de tous nos « fights » du tournoi, 7/10. Ségolène s'en est tenu à un rôle plus modeste, celui de « reviewer », qui consiste à arbitrer la joute entre le présentateur et l'opposant. Les juges – pour moitié des « coachs » d'équipe, pour moitié des scientifiques indépendants – ont décerné des notes à chaque équipe avec un coefficient dépendant du rôle qu'elle occupait : 3 pour la présentation, 2 pour l'opposition, et 1 pour l'arbitrage. Les trois meilleures équipes se disputeront le trophée dans un débat final, avec micros, projecteurs et costumes-cravate.

Le tournoi est cependant bien plus qu'une succession de « fights » : c'est avant tout une énorme fête de la physique. Les quelques deux cents jeunes et moins jeunes savants réunis, après avoir passé un an dans l'intimité de leur laboratoire, peuvent enfin partager leurs découvertes. On s'enflamme le soir venu dans des discussions autour d'un canard laqué et de gousses d'ail caramélisées ; les coachs de l'équipe anglaise ont découvert un pub à deux pas de l'université où l'on vient s'expliquer au baby-foot ; les élèves iraniennes nous racontent la vie à Téhéran ; on entend au loin une guitare, c'est l'équipe biélorusse qui entonne une chanson populaire ; les nigériens, dont c'est aussi la première participation, ont « chauffé » la salle avec une musique aux rythmes endiablés, si bien que les physiciens de tout bord, sveltes ou ventripotents, experts confirmés ou en devenir, se trémoussent allégrement sur la piste de danse.

Et à part ça, me direz-vous, ce tournoi, l'avez-vous gagné ? Étant optimiste, je réponds : presque, nous sommes 23^e sur 27. Nous ne pouvons que faire mieux, en particulier si vous, professeur de physique-chimie, êtes motivé par lancer une équipe dans votre établissement. Un objectif à long terme serait de pouvoir organiser un tournoi entre différents lycées pour sélectionner l'équipe qui prendra part aux IYPT. Le tournoi s'inscrit naturellement dans le paysage des compétitions de physique : plus facile d'accès et davantage tourné vers l'expérimentation que les Olympiades internationales, il pourrait servir de tremplin vers celles-ci. Nous encourageons donc vivement toute personne intéressée à nous contacter – ne laissez pas le lycée Louis-le-Grand prendre la tête du peloton !

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier le CEA et la fondation EADS pour leur généreux soutien,

les associations Objectif Science et Paris Montagne, et surtout Gil TOOMBES, Patrice BOTTINEAU et tous les élèves de l'équipe pour leur enthousiasme et confiance sans faille.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] R. D. DEEGAN et al. *Capillary flow as the cause of rings stains from dried liquid drops*. Nature, 1997.

NETOGRAPHIE

- ◆ <http://www.iypt-france.org>
- ◆ <http://www.iypt.org>
- ◆ <http://www.iypt.at>

CONTACTS

- ◆ Nicolas CHEVALIER : nico.chevalier@gmail.com
- ◆ Gilman TOOMBES : gilman.toombes@curie.fr



Nicolas CHEVALIER
Doctorant en physico-chimie
Laboratoire LIONS
CEA de Saclay
Gif-sur-Yvette (Essonne)