

Lifters et moteurs Stirling

Les lycéens à l'avant-garde

**FABRICE
DAVID**

L'emploi du temps de ces dernières semaines a été chargé pour les groupes de jeunes scientifiques dans les lycées.

Relevons tout d'abord le remarquable travail de Daniel Beznek : ce jeune élève du lycée Sainte Brigitte à Calgary s'est attaqué à un problème posé par Albrecht Dürer au XVI^e siècle : peut-on déplier la surface de tout polyèdre archimédien selon un patron ne se recouvrant pas ? (comme le sommaire du dernier numéro de *Fusion*)

On pouvait croire le sujet épuisé depuis l'époque d'Archimède : il n'en est rien. Personne ne lui ayant dit que c'était impossible, alors, il l'a fait : Daniel Beznek a résolu le problème par une généralisation hardie. Il a créé une nouvelle classification des polyèdres convexes qui force l'admiration des spécialistes. Il a remporté plusieurs « Science Fairs » et s'est inscrit pour la finale américaine. Parmi les distinctions obtenues, il faut noter un prix dans une manifestation scientifique consacrée au génome. En effet, le repliement dans l'espace des faces des « Deltaèdres d'Ordre supérieur » présente des similitudes avec le repliement dans l'espace des

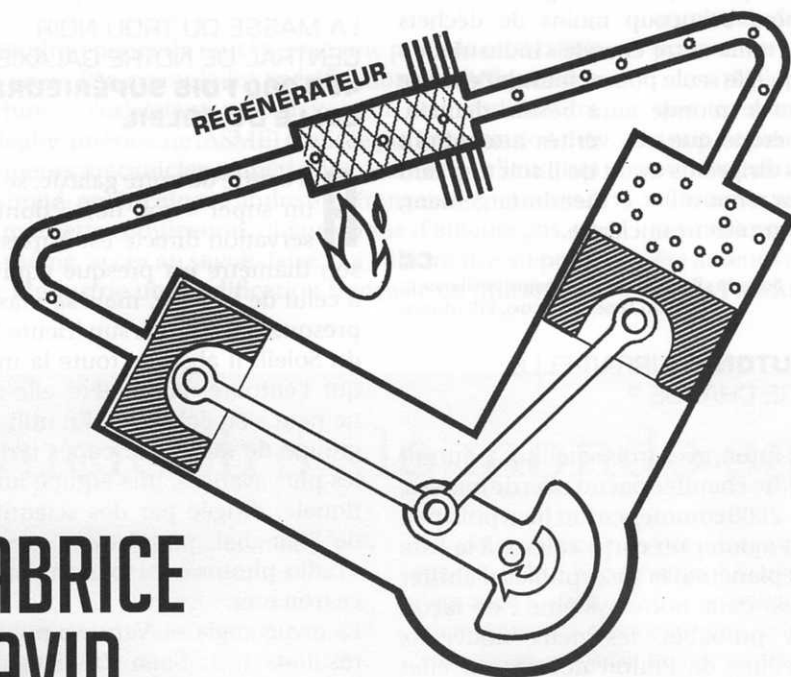


Figure 1

Un moteur Stirling

est essentiellement formé de deux pistons déphasés d'un certain angle par rapport à l'axe moteur (en général 90°). Pas de soupape, pas d'allumage, pas de complications : le fluide passe successivement d'un cylindre à l'autre par un circuit comportant un réservoir rempli de laine de cuivre ou de billes d'une matière convenable : le « régénérateur ». Une partie du régénérateur est chauffée, et la partie opposée est refroidie. L'ensemble est rempli d'hélium ou d'hydrogène sous forte pression. L'alternateur est situé dans le carter pressurisé et scellé, pour éviter les fuites par l'axe du vilebrequin. Malgré l'aspect trompeusement symétrique du dispositif, un travail moteur est fourni durant chaque cycle. On peut multiplier le nombre de cylindres. Dans les modèles Stirling simplifiés qui opèrent à pression atmosphérique, le régénérateur est souvent absent et un piston de grande taille, le « déplaceur », assure le déplacement du gaz. C'est la chemise des cylindres qui est alors chauffée ou bien refroidie.

protéines, un problème sur lequel les plus puissants ordinateurs scientifiques cassent encore leurs dents de silicium. La solution doit pourtant être simple, puisque des milliers de protéines réalisent à chaque seconde cette performance dans nos cellules. La voie vers la modélisation de ce phénomène biologique essentiel est ouverte, et une fois encore par des méthodes géométriques.

Les équipes de lycéens français ne sont pas restées inactives puisque la finale des Olympiades de la Physique se déroulait au Palais de la Découverte le 28 janvier. De nombreux groupes encadrés par leurs professeurs ont fait assaut d'ingéniosité lors de leur passage devant le jury.

Le premier prix a été remporté par l'équipe féminine du lycée de Saint Vincent de Tyrosse (Landes) pour leur remarquable travail sur le moteur Stirling. Les moteurs Stirling sont des engins utilisant le chauffage d'un fluide par une source de chaleur externe (**Figure 1**). Ils sont particulièrement adaptés à l'utilisation de faibles différences de température entre la source froide et la source chaude. Ils sont aussi utilisables pour des applications à haute température (voir *Fusion* 97)

Encadrée par M. Christian Cabalero, professeur de physique, les lycéennes ont étudié des modèles commerciaux, puis elles ont construit leur propre moteur, intégrant un capteur de pression ainsi qu'un dispositif laser mesurant le volume de gaz contenu dans le moteur en temps réel. La caractéristique de fonctionnement $P = F(V)$ peut être tracée en temps réel sur un écran de projection. En freinant le moteur avec la main, on voit que le régime diminue, mais que corrélativement l'aire de la surface $P.V$ augmente, ce qui démontre que la puissance augmente aussi. C'est une propriété remarquable des moteurs Stirling : plus ils sont freinés, plus la puissance augmente (dans une certaine mesure, bien sûr : à l'arrêt, la puissance est nulle !).

La société SANDIA au Nouveau Mexique vient de mettre au point des moteurs Stirling à haut rendement destinés à être placés au foyer de miroirs paraboliques captant les rayons du soleil. Les moteurs Stirling équipent les nouveaux sous-marins « aérobies » qui utilisent un combustible classique et de l'oxygène liquéfié. Ils équiperont probablement les sous-marins nucléaires de la prochaine génération car ils fonctionnent à bas régime et évitent les fameux « bruits de vapeur » qui sont le casse-tête des ingénieurs acousticiens chargés d'isoler les sous-marins. Les « bruits de vapeur » sont produits par le choc des gouttes d'eau qui apparaissent transitoirement dans certaines parties des turbines et des circuits de vapeur. Comme les moteurs Stirling ne font pas appel à un changement de phase, ils ne sont pas sujets à cette imperfection. Il est probable qu'ils seront utilisés en premier lieu sur les sous-marins lanceurs d'engins, qui demandent une puissance modérée, mais dont les exigences de furtivité sont importantes. Pour permettre des manœuvres d'évitement à pleine vitesse, les moteurs Stirling chargeront des batteries d'accumulateurs pendant les croisières et les patrouilles. Grâce à eux, on pourrait même imaginer des sous-marins entièrement autonomes, tapis dans les eaux froides sous la couche thermo-cline et remarquant une longue antenne sonar creuse en élastomère. Cette « flûte » déployable leur servirait aussi à pomper les eaux chaudes superficielles. La différence de température leur permettrait d'assurer la propulsion de croisière et l'énergie de bord, selon une méthode que le capitaine Nemo n'aurait pas désapprouvée.

Les années précédentes, plusieurs équipes s'étaient attaquées au problème ardu de l'amélioration des moteurs Stirling. Citons le remarquable travail de précision et d'innovation de l'équipe du Lycée Jean-Jaurès du Creusot : ils ont développé un moteur Stirling à haute pression contenant un alternateur linéaire scellé, placé au foyer d'une large parabole orientable. L'équipe du lycée de Dijon a réalisé un moteur Stirling thermo-acoustique. Un club Stirling est très actif au lycée Monge de Nantes.

Des équipes de lycéens nous ont écrit pour nous demander de publier les plans d'un moteur Stirling efficace et simple à construire : ils seront prochainement exaucés.

D'autres équipes de lycéens, comme celle du Lycée De Vinci d'Amboise (4^e prix l'an dernier), de l'Externat des Enfants Nantais et celle du lycée d'Hazebrouck ont choisi d'étudier un mode de propulsion encore plus exotique : le moteur ionique atmosphérique des « lifters ». Popularisés en France par le chercheur indépendant Jean-Louis Naudin, les lifters sont des maquettes volantes utilisant la propulsion électrocinétique. Les premiers engins de ce type ont été construits par l'ingénieur aéronautique Major de Seversky en 1964. Un élément propulseur de lifter est constitué d'une feuille d'aluminium et d'un fil très fin supportés par un cadre en balsa et reliés à une source de

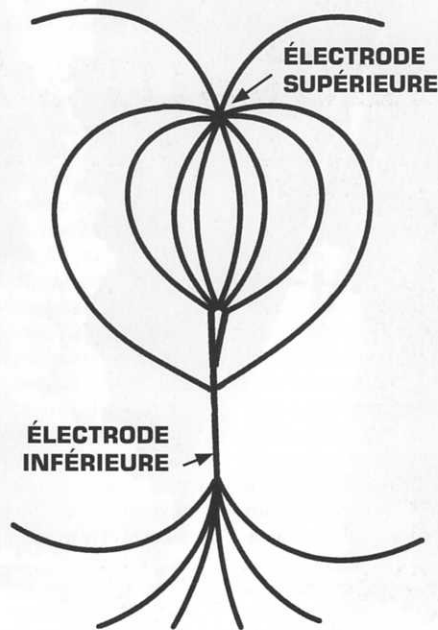


Figure 2
Profil du champ électrique
autour d'un élément de lifter

On voit que les lignes de champ sont plus resserrées sur l'électrode filaire et sur la tranche de l'électrode plane. A ces endroits, le champ est suffisamment fort pour ioniser l'air.

haute tension d'environ 25 000 volts. La tranche supérieure de l'électrode plane est arrondie, et l'ensemble forme un condensateur dissymétrique. Du fait de l'effet corona et de l'effet de pointe que nous avons étudiés dans le dernier numéro, un « vent ionique » s'échappe du bas de l'électrode plane et un courant d'air dirigé vers le bas entoure le fil. Par réaction, le lifter s'envole.

Les plus gros lifters ont une masse de près de 300 grammes, mais traînent derrière eux leurs fils d'alimentation. On appelle quelquefois le vent électrique « effet Nollet » en l'honneur de l'abbé Nollet que popularisèrent les machines électrostatiques au XVIII^e siècle.

Un débat scientifique fait rage entre les constructeurs de lifters : et si au « vent ionique » venait s'ajouter un effet plus exotique et plus mystérieux, l'effet Biefeld-Brown ? Selon les chercheurs Biefeld et Brown, une force nette s'exerce sur les armatures d'un condensateur dissymétrique. La NASA s'est intéressée à cet effet et a déposé plusieurs brevets utilisant cette technologie.

Afin de démontrer l'existence de cet effet hypothétique, l'équipe

d'élèves de Léonard de Vinci à Amboise a réalisé des lifters démontables très ingénieux. Ils ont aussi construit des lifters dont les deux électrodes étaient séparées par une plaque isolante, ce qui empêche la circulation du flux d'air. La partie inférieure du lifter vient se coller à la plaque.

Les lycéens ont aussi construit un « tunnel aérodynamique » dans lequel ils ont suspendu horizontalement un élément propulsif. L'angle avec la verticale permet de déduire la poussée de cet élément. En utilisant une cuve d'huile saupoudrée de semoule, les jeunes chercheurs ont réalisé une cartographie approchée des lignes de champ autour des électrodes du lifter (Figure 2). Les lycéens de Nantes ont eux aussi réalisé des lifters modulaires. Au vu de leurs résultats, les deux équipes penchent en faveur de l'effet Biefeld-Brown. Il faut cependant rester prudent et des expériences complémentaires sont nécessaires avant de trancher de façon affirmative. Il faudrait en particulier réussir à faire voler un lifter dans un sac en plastique ou bien réussir à faire se mouvoir un de ces engins dans un vide parfait. Le champ ouvert à l'expérimentation est donc très vaste.

Si l'effet Biefeld-Brown est une réalité, les conséquences pour l'humanité seront considérables : à la surface de la terre la poussée d'un lifter est ridicule, mais dans l'espace, cette faible poussée maintenue de long mois pourrait accélérer un vaisseau spatial à des vitesses encore jamais atteintes par un engin lancé par l'homme. ❁

Erratum L'équipe des jeunes de Franconville nous a écrit pour nous faire remarquer que ce n'était pas le champ électrique, mais bien le champ magnétique qui faisait monter le plasma de « l'Echelle de Jacob » que nous avons construite le mois dernier (*Fusion 108*). Nous les remercions d'avoir corrigé cette coquille.