



Loin d'échanger un sourire contre une fleur, ce rameur échange sa quantité de mouvement contre celle de sa barque. Celle-ci recule pendant que sa belle avance vite, le laissant dans sa galère.

RÉGULARITÉ SOUHAITÉE

Examinons une situation concrète pour montrer l'effet bénéfique de la régularité sur les performances. Prenons le cas d'un bateau qui avance de un mètre par seconde quand la puissance de propulsion est de cinq watts. Puisqu'elle est proportionnelle au cube de la vitesse, la puissance de propulsion qu'il faudrait pour que ce même esquif avance de 3 mètres par seconde est de 5 fois 3^3 , soit 135 watts. Un rameur qui voudrait couvrir 600 mètres en 200 secondes devrait fournir cette puissance pendant cette durée, dépensant ainsi une énergie de 135×200 , soit 27 000 joules. Cependant, ce même rameur pourrait aussi choisir de progresser de deux mètres par seconde pendant la moitié du temps, puis de doubler la vitesse pendant le temps restant. Il lui faudrait donc développer 40 watts pendant la moitié du temps, puis passer à 320 watts, et dépenser au total une énergie de $40 \times 100 + 320 \times 100$, soit 36 000 joules. Cette valeur est supérieure de 33 pour cent à l'énergie de 27 000 joules correspondant à une vitesse de trois mètres par seconde!

Cet écart appréciable résulte de la relation de proportionnalité qui lie la puissance de propulsion non pas à la vitesse, mais au cube de cette vitesse. Il existe une «vitesse idéale», celle pour laquelle les athlètes parcourent en un temps minimal la distance de course tout en dépensant l'énergie maximale qu'ils peuvent fournir ; tout écart entre cette vitesse idéale et les vitesses instantanées «retarde le rameur». Si des considérations tactiques peuvent amener des concurrents à modifier leur vitesse pendant la course, la capacité à réguler la vitesse n'en reste pas moins le facteur déterminant de victoire!

Dans la pratique, une régularité parfaite de mouvement n'est guère possible : un rameur ne fournit pas un effort continu puisque ses avirons sont hors de l'eau la moitié du temps. Cependant, la séquence de mouvements utilisée par les spécialistes de l'aviron leur permet de maintenir quand même la vitesse à peu près constante. Comment font-ils? S'ils n'utilisaient que leurs bras, la vitesse de l'esquif décroîtrait pendant le «temps glisseur», durant lequel les rames sont hors de l'eau. Cependant, après le «temps moteur», pendant lequel l'athlète tire sur ses bras pour propulser le bateau et déplie son corps, le rameur sort les avirons de l'eau avant de ramasser ses jambes vers l'arrière tout en poussant ses bras et les avirons vers l'avant. En réaction, le bateau se déplace vers l'avant plus rapidement que le rameur puisque sa masse, égale à environ 20 kilogrammes pour un skif, est plus faible que celle du rameur, voisine de 80 kilogrammes. Ainsi, les très bons



Les ergomètres sont des machines à ramer qui imitent l'aviron : ils opposent aux efforts du rameur une puissance de freinage proportionnelle au cube de la vitesse de leur volant d'inertie.

rameurs savent comment «étaler» leurs mouvements de jambe de façon à maintenir quasi constante la vitesse de l'esquif pendant la phase de glissement. Ils utilisent ainsi la puissance qu'ils développent de façon optimale.

Si les athlètes de l'aviron travaillent sur l'eau pour améliorer leur technique, ils travaillent en salle leur puissance physique à l'aide d'une machine à ramer : un ergomètre. Avec ce dispositif à simuler les efforts faits sur l'eau, le sportif est assis sur un siège coulissant, et tire sur une chaîne dont la translation entraîne la rotation d'un volant d'inertie. Lorsque le rameur en salle replie les jambes pour se ramasser tout en poussant sur ses bras, un mécanisme de rappel enroule la chaîne tandis que le volant d'inertie tourne librement. Lorsqu'il se déplie pour tirer, des ailettes solidaires de la roue transforment le volant d'inertie en une sorte de ventilateur. Un clapet régule l'arrivée d'air et fait varier à volonté l'intensité de la force de frottement. Au final, la puissance que le sportif doit fournir au système est proportionnelle au cube de la vitesse de rotation du volant, qui simule ainsi celle d'un esquif sur l'eau.

Les appareils de salle ont l'avantage d'être plus faciles à instrumenter que les bateaux. Grâce à leurs calculateurs électroniques, les ergomètres informent les pratiquants de leurs performances. Pour cela, la simple mesure de vitesse instantanée de la roue suffit. Ainsi, lorsque le sportif revient en position ramassée, la vitesse de la roue décroît. Le calculateur détermine à partir de cette décroissance la puissance dissipée par les frottements, c'est-à-dire la puissance que développe le sportif. Les ergomètres estiment aussi une vitesse équivalente de bateau et une distance équivalente parcourue, ce qui permet au rameur en salle de retrouver – ou d'imaginer – les sensations acquises à l'extérieur. Toutefois, l'allure du «bateau équivalent» est inférieure à celle d'un bateau réel à bord duquel le rameur aurait fourni un effort égal. En salle, le rameur doit en effet accélérer son corps vers l'avant puis vers l'arrière, ce qui lui coûte une puissance d'environ 40 watts, indisponible pour la performance au compteur.

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au Service d'astrophysique du CEA. **Jean-Michel COURT** est physicien, chargé de recherche au CNRS.

Décomposition du mouvement :

<http://www.triton.studver.uu.nl/tech/index.php3?way=scull&cur=8>

Fédération Française des Sociétés d'Aviron :

<http://avironfrance.asso.fr/accueil.htm>

Climatologie

La Terre chauffe-t-elle?

Gérard Lambert. EDP Sciences, Collection Bulles de sciences, 2001 (224 pages, 98 francs).

La Terre chauffe-t-elle? est un excellent ouvrage, concis et clair, et très bien documenté. Le lecteur y trouvera un exposé à la fois simple, très compréhensible et fort complet, sur le réchauffement climatique de notre planète. L'auteur indique dans son avertissement qu'un lecteur d'une quinzaine d'années pourra lire ce livre sans être noyé dans des notions scientifiques qui le dépasseraient. Bien qu'ayant moi-même dépassé cet âge, je pense que ce défi est effectivement surmonté avec beaucoup d'adresse et d'élégance!

L'auteur adopte le parti, bien agréable, de présenter les différents chapitres comme les étapes successives d'une enquête conduite par un conseiller scientifique, à la demande du président des États-Unis. Cette instruction est perturbée par les interventions intempestives d'un représentant de l'industrie charbonnière, puis elle bénéficie, si l'on peut dire, des conseils d'une écologiste issue d'une organisation non gouvernementale, qui mêle ses fils à ceux d'une histoire d'amour entre le conseiller scientifique et une belle glaciologue grenobloise... Que le lecteur se rassure, le fil de l'enquête n'en est pas perdu pour autant : «C'est à vous, mon conseiller scientifique, de me fournir les arguments et, d'abord, d'évaluer comme il faut toutes les thèses en présence. (...) Ce qu'il

me faudrait, c'est que vous repreniez vous-même l'ensemble de la question, en allant chercher les informations de base, à leur source même, et en critiquant au besoin leur signification».

Les différents chapitres se succèdent ainsi avec beaucoup de logique et de cohérence, chacun restant autosuffisant et d'une extrême clarté. Gérard Lambert nous présente la reconstitution de l'histoire de la Terre et des climats du passé, l'analyse du «chauffage» par les gaz à effet de serre, et les différents scénarios possibles du climat du futur réalisés grâce à la modélisation numérique. Il évoque aussi rapidement le contexte des négociations internationales (le sommet de Kyoto), et la problématique Nord-Sud au centre de ces débats : comment les pays pauvres peuvent-ils adopter les normes antipollution, très coûteuses à mettre en place? Il évoque en fin d'ouvrage, mais de façon un peu trop succincte, les conséquences du réchauffement climatique sur les activités socio-économiques.

Cet livre est remarquable, car toutes les notions de base nécessaires à la compréhension du réchauffement de la planète sont expliquées de façon imagée et très abordable : datation au carbone 14, perturbations de l'orbite terrestre et alternance des périodes glaciaires et interglaciaires, effet de serre naturel et effet de serre additionnel lié aux activités humaines, rôle climatique de l'océan.... Seule l'influence de la température sur le fractionnement isotopique de l'oxygène lors de la condensation nuageuse est mentionnée, sans autre explication qu'un renvoi aux travaux scientifiques correspondants, mais là, la tâche pédagogique était vraiment trop ardue! Toutes ces explications restent simples, néanmoins scientifiquement correctes. Deux petites inexactitudes seulement se sont glissées

dans l'ouvrage : le Centre Européen pour la Prévision Météorologique à Moyen Terme est installé à Reading, en Grande-Bretagne, (et non à Bracknell), et il centralise les données de l'ensemble de la planète (et pas seulement celles de l'Europe). Seule l'hypothèse que le réchauffement de la planète conduirait à une augmentation de la fréquence et de l'intensité des cyclones tropicaux est contestable. L'auteur reprend l'idée, *a priori* naturelle, que l'augmentation de la température conduit à un élargissement de la zone géographique sur laquelle ces cyclones se développent, mais des travaux récents de modélisation climatique ne semblent pas confirmer ce raisonnement.

Ce livre se présente comme une vaste promenade à travers les laboratoires de la planète, où sont menées toutes les recherches sur le réchauffement du climat. Les laboratoires apparaissent sous leurs vrais noms et leurs localisations exactes, ce qui permet de donner corps de façon très vivante à l'histoire. Le lecteur un peu familier de ces questions s'amusera par ailleurs à lire ce livre comme un roman à clés, cherchant par exemple qui peut se cacher derrière le professeur belge Paul Béranget (amateur de vins français...) ou derrière Sir John Hoplington, qualifié de «typiquement britannique»... L'ouvrage de Gérard Lambert est certainement le plus agréable, le plus facile à lire et le plus exact qu'il est possible de trouver actuellement sur le réchauffement climatique de la planète. Nous ne pouvons que souhaiter qu'il soit lu par un public aussi large que possible.

Jean-Claude ANDRÉ,
Centre européen de recherche
et de formation avancée en calcul
scientifique, Toulouse.



W. Marr. Panoramic Images

Un constat : la Terre se réchauffe. À travers l'enquête fictive menée par un conseiller scientifique de la Maison Blanche, le livre, *La Terre chauffe-t-elle?*, présente avec clarté toutes les notions scien-

tifiques indispensables pour comprendre le phénomène (l'effet de serre, rôle climatique de l'océan, perturbations de l'orbite terrestre, etc.), ainsi que le contexte économique-politique.

Physique

Aurores boréales et australes

Michel Fehrenbach, Gilles Dawidowicz et Rémy Marion. GNGL Productions 2001 (128 pages, 160 francs).

Le livre sur les aurores polaires de Michel Fehrenbach, Gilles Dawidowicz et Rémy Marion s'adresse à un large public. Les aurores boréales et australes sont des phénomènes célestes fascinants. Depuis environ un siècle, on sait qu'elles proviennent de particules électriques précipitées dans la haute atmosphère de la Terre. Toutefois, leur forme, leur localisation et les modifications du champ magnétique qui les accompagnent, sont restées des mystères jusqu'au début de l'ère spatiale, malgré quelques travaux pionniers avant 1930. Grâce à l'exploration spatiale, et au développement de la physique des plasmas dans les années 1940, on a appris que les aurores polaires sont la partie visible d'un gigantesque système d'interaction entre le plasma éjecté par le Soleil (le vent solaire) et l'environnement lointain de la Terre, la magnétosphère, constituée d'un plasma très peu dense.

La magnétosphère et le vent solaire ont été décrits à partir des années 1960, mais l'étude de leur dynamique, des sous-orages magnétiques par exemple, est en cours. La science qui se cache derrière l'observation des aurores est en pleine évolution, et elle concerne un état de la matière quasi absent de notre proche environnement terrestre, mais abondant dans l'Univers : le plasma.

Cet ouvrage comporte trois parties, consacrées à la science des aurores, aux aurores vues par les hommes, et enfin, un guide pratique. Ses illustrations, nombreuses, sont très belles et bien choisies. Le guide pratique est intéressant et utile pour tous ceux qui désirent observer des aurores à l'occasion d'un voyage et les photographier, ou tout simplement se tenir au courant de leurs apparitions. L'annexe donne des adresses de sites internet de qualité, mais les sites en français sont tous oubliés, à l'exception d'un site canadien.

La partie sur les aurores et les hommes décrit des mythes et des légendes anciennes. Elle présente aussi des récits d'explorateurs polaires qui datent des siècles passés, et évoque les œuvres d'art inspirées par les aurores. Malheureusement, les relations entre les



Les aurores boréales sont de mieux en mieux connues. Les progrès viennent de l'exploration spatiale, et des découvertes en physique des plasmas.

aurores et les hommes dans le monde industriel d'aujourd'hui, mentionnées dans d'autres parties du livre, n'apparaissent pas ici. Or, les applications de la météorologie spatiale sont riches et variées : la prévention des brouillages de communications radio, des incidents sur les satellites, etc.

La partie scientifique commence par un historique de la recherche aurorale, qui va essentiellement du XVI^e siècle au début du XX^e siècle, mais s'arrête à l'aube de l'ère spatiale, alors que c'est là que la plupart des découvertes ont été accomplies ! Cette omission est regrettable, car il s'agit d'une période – qui n'est pas achevée –, riche en projets audacieux, en rebondissements et en découvertes inattendues. La partie scientifique traite ensuite, avec logique, du Soleil et de son environnement ; de l'environnement de la Terre, de la magnétosphère, de l'origine interne du champ magnétique ; des interactions entre le Soleil et la planète ; enfin, des aurores et de leurs classifications. Le chapitre se termine par une partie fort intéressante sur les planètes du Système solaire. En effet, toutes les planètes magnétisées ont une magnétosphère et une activité aurorale, actuellement en cours d'exploration.

Malheureusement, cette partie du livre semble avoir été écrite un peu vite. Outre quelques maladroites de style, des fautes dans l'orthographe de noms propres, des répétitions inutiles, on y trouve – et c'est plus grave – des erreurs sur la physique. Par exemple, la distinction entre les orages et les sous-orages, établie depuis plusieurs décennies, n'est pas définie clairement dans le livre, ce qui entraîne des confusions. La topologie des régions aurorales est décrite de façon erronée : elles ne sont pas connectées aux ceintures de radiation,

mais à la région plus lointaine de la queue qui sépare les lignes de champ magnétique ouvertes des lignes de champ fermées. Quant aux ceintures de piégeage (les fameuses ceintures de Van Allen), elles n'ont qu'un rôle négligeable dans l'origine des aurores polaires, et contrairement à ce qui est écrit, les lignes de champ magnétique de la zone de piégeage sont toujours fermées. Ce livre se consulte toutefois avec plaisir, en raison des nombreuses informations qu'il contient, de la beauté des images et de la pertinence des figures. En espérant mieux lors d'une seconde édition.

Fabrice MOTTEZ, Centre d'étude des environnements terrestre et planétaire, Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines.

Histoire des sciences

La science comme aventure humaine

Max Perutz. Éditions Odile Jacob, 2000 (384 pages, 170 francs).

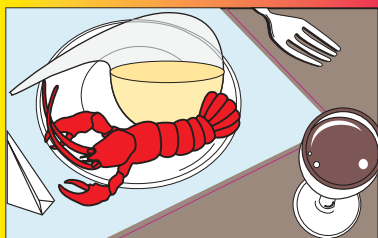
Max Perutz, pionnier de la radio-cristallographie des protéines et prix Nobel de chimie 1972, est un de ces scientifiques qui contribuent, par leurs écrits, à la diffusion de la science. Ce chimiste britannique rédige régulièrement, souvent pour des périodiques de grande diffusion, des chroniques, où, à partir de livres récemment

FRANCE INFO et POUR LA SCIENCE

**vous invitent
à écouter la chronique
de Marie-Odile Monchicourt :**

Info Sciences

Tous les jours
sur **France Info**
à 15 heures 41,
17 heures 10,
20 heures 12,
22 heures 12,
et 23 heures 42



Les prochains
résultats présentés
dans la rubrique
Science et Gastronomie
seront annoncés sur
France Info
le 30 octobre 2001.



parus, il évoque des problèmes liés à l'activité scientifique, à ses acteurs et à ses répercussions sociales. Il n'hésite pas non plus à intervenir dans des débats où l'activité scientifique est en jeu (il est ainsi intervenu en faveur de l'installation en France du prochain synchrotron Soleil).

La traduction d'un premier recueil de ses chroniques (*La science est-elle nécessaire?*) avait été publiée en 1991. Aujourd'hui, *La science comme aventure humaine* est composée de 29 chroniques qui justifient bien le titre choisi. Ce livre présente l'aventure humaine des scientifiques, sous différentes facettes : leur implication dans la guerre, les tourments de la recherche, le bonheur de la découverte, la réflexion sur des problèmes de société où la science est impliquée ou encore la défense des droits de l'homme, et pas seulement ceux des scientifiques, en butte aux pouvoirs politiques. La qualité de toutes ces chroniques, tient à la fois à l'intérêt des ouvrages analysés et aux qualités d'écriture de M. Perutz. Aucune d'elles ne laisse indifférent et j'en recommande vivement la lecture.

En début d'ouvrage, l'auteur décrit le comportement de scientifiques qui ont pris une part active à des guerres. Il présente sans complaisance le chimiste allemand Fritz Haber, qui reçut le prix Nobel pour avoir synthétisé l'ammoniac... mais qui fut aussi le trop efficace organisateur de la « guerre des gaz », durant la Première Guerre mondiale. Parmi les portraits de physiciens atomistes figure celui, haut en couleurs, de Leo Szilard. Cet Américain d'origine hongroise, aux manies bizarres, fut l'un des initiateurs du Projet Manhattan de construction de la bombe atomique, et il en fut écarté pour cause de désaccord avec le général Leslie Groves, commandant en chef du projet ; après la guerre, Szilard fut un militant actif du désarmement nucléaire. La Statue intérieure est également une intéressante chronique consacrée à François Jacob, à sa jeunesse, à ses dures années de guerre et à sa collaboration avec Jacques Monod.

Un beau texte concerne M. Perutz lui-même, durant la guerre. En mai 1940, il est arrêté à Cambridge où, depuis 1936, il effectuait des recherches au Laboratoire Cavendish. Comme des centaines de réfugiés autrichiens (M. Perutz, né en Autriche en 1914, ne fut naturalisé anglais qu'en 1943) et d'allemands antinazis, il est interné en Angleterre, puis au Canada. Libéré en janvier 1941, il retourne à Londres et reprend ses recherches. À partir de 1942, il est associé au Projet Haba-

mélange d'eau et de pulpe de bois, une glace assez dure pour réaliser des îles flottantes qui serviraient d'aérodrome aux avions américains qui traversaient l'Atlantique ou, plus tard, qui envahiraient le Japon. Le projet, techniquement réalisable, fut abandonné parce que l'augmentation d'autonomie des avions le rendit caduc.

Les textes de M. Perutz viennent toujours illustrer une idée ou soutenir un combat. L'un des plus polémiques, parfaitement documenté, s'attaque aux thèses de l'historien et sociologue Gérard Geison. Dans un livre paru en 1995, *The private science of Louis Pasteur*, G. Geison passe en revue les découvertes majeures de Pasteur, en comparant ses carnets de laboratoire et ses publications. Laissons la parole à Perutz : « Il [Geison] s'autorise à accuser Pasteur de s'être rendu coupable de supercherie, d'avoir pillé les idées de ses confrères et de s'être livré à des agissements louches et immoraux : certaines de ces allégations sont scientifiquement biaisées tandis que d'autres vont tout simplement à l'encontre du bon sens. L'argumentaire de Geison est conforme aux théories des sociologues, selon lesquelles les résultats scientifiques sont toujours relatifs et subjectifs, pour la bonne raison que les hommes de science interpréteraient toujours les faits empiriques à la lumière de leurs convictions politiques et religieuses et/ou sous l'influence plus large de leurs milieux sociaux et culturels : au lieu de reconnaître ces *a priori*, allèguent ces théoriciens, les savants laissent croire que leurs conclusions sont des vérités absolues à seule fin de consolider leur pouvoir. Ces thèses comptent-elles ou non une part de vérité? »

Je vous engage à lire le livre de M. Perutz afin de découvrir comment, après avoir objectivement présenté les thèses de G. Geison, il les réfute magistralement.

Cet excellent livre mérite donc une large diffusion dans le milieu scientifique (et au-delà) ; il serait mieux apprécié, encore, si un enseignement d'histoire des sciences était introduit dans les cursus universitaires scientifiques. Cet enseignement, préconisé dès 1926 par Paul Langevin et plus récemment par l'Académie des sciences, n'existe que dans de trop rares universités. Revenons au livre de M. Perutz, qui se termine par un recueil de citations qu'il a rassemblées au cours de ses lectures. J'y trouve celle-ci, de Groucho Marx, qui ne saurait naturellement s'appliquer à l'auteur de ces lignes : « J'ai mis si longtemps à rédiger ma critique que je n'ai pas eu le temps de lire le livre. »

Georges BRAM
Université de Paris-Sud, Orsay.