

supérieure à celle de la Terre. Dans la bande dessinée *Objectif Lune*, Hergé distingue la phase propulsée (avec création d'une pesanteur artificielle) de la phase balistique de la fusée lunaire (qui s'accompagne d'un état d'impesanteur). L'équivalence entre chute libre et impesanteur ou entre pesanteur et mouvement accéléré, connue sous le nom de principe d'équivalence, est le fondement de la théorie de la gravitation élaborée par Albert Einstein au début du ^{xx}e siècle sous le nom de Relativité générale.

La Terre étant en chute libre dans l'espace (car elle gravite autour du Soleil) pourquoi ses habitants ne sont-ils pas en état d'impesanteur? Ils le seraient si la Terre avait une masse négligeable, mais, étant très massive, elle crée dans son voisinage un champ de gravité suffisant pour nous plaquer à sa surface. Dans une station orbitale habitée, la situation est différente : les astronautes sont en impesanteur, car l'attraction qu'exerce la station sur ses occupants est totalement négligeable par rapport au champ de pesanteur terrestre.

Dans la pratique, l'obtention d'un état d'impesanteur parfait est délicat, même dans une station orbitale. Divers facteurs ajoutent des forces résiduelles : l'inhomogénéité de la répartition de masse de la Terre, le frottement de la haute atmosphère sur la station, le mouvement de la station sur elle-même, etc. Ainsi, utilise-t-on souvent le terme de microgravité, qui désigne un état où la pesanteur apparente est très faible.

L'ACCÈS À UNE PHYSIQUE ORIGINALE

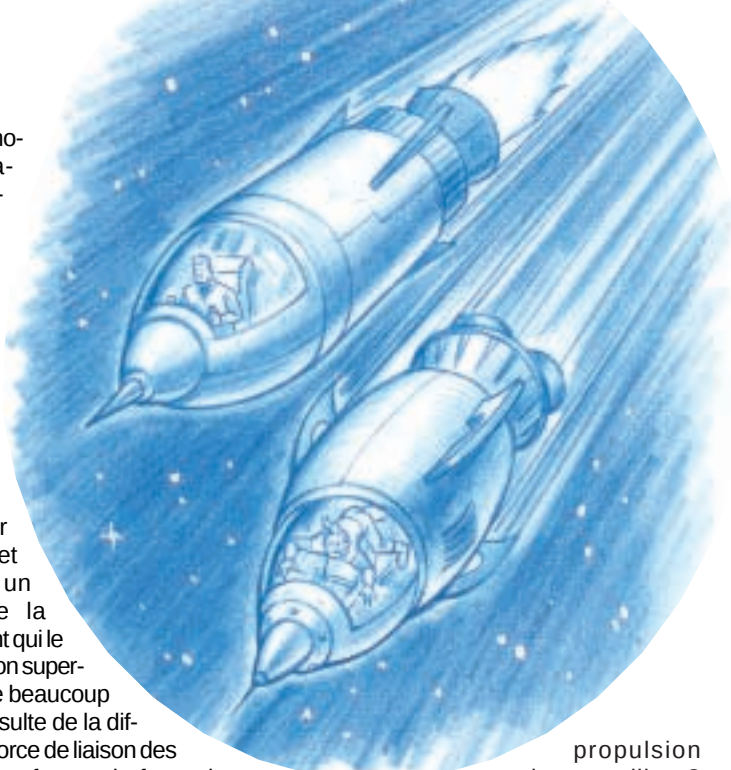
En microgravité, les scientifiques étudient des systèmes physiologiques et des matériaux dans des conditions impossibles à réaliser sur la Terre. L'absence de pesan-

teur apparente modifie considérablement les conditions expérimentales et fait disparaître des phénomènes aussi courants que la sédimentation ou la convection.

Les liquides ont aussi des comportements étonnants. Sur Terre, sous l'effet de la gravité, un liquide épouse la forme du récipient qui le contient. La tension superficielle, une force beaucoup plus faible qui résulte de la différence entre la force de liaison des molécules à la surface et la force de liaison des molécules à l'intérieur du liquide n'a d'effets que sur le ménisque, aux bords du récipient. En microgravité, puisque la pesanteur apparente est quasi nulle, la tension superficielle impose ses effets et fixe la configuration d'équilibre du liquide, c'est-à-dire celle qui minimise son énergie. En l'absence de gravité, tout liquide tendra vers la forme sphérique pour laquelle la surface est minimale à volume fixé, car c'est l'état où l'énergie liée aux forces de tension superficielle est minimale.

C'est ce comportement insolite qui surprend le capitaine Haddock lorsqu'il tente de boire un verre de whisky dans *Objectif Lune*. La fabrication des plombs de chasse est également fondée sur ce comportement : de petites quantités de métal fondu placées en chute libre adoptent la forme sphérique et se solidifient dans cette configuration avant d'atteindre le sol. Cet effet peut être simulé au sol, comme l'a fait Joseph Plateau en 1861, en mélangeant deux liquides de même densité, mais non miscibles : grâce à la flottabilité d'un liquide dans l'autre, la masse liquide isolée au sein du second fluide adopte la forme sphérique (ce que l'on voit dans les lampes à lave).

Ce comportement inhabituel n'est pas sans poser problème : comment boire dans l'espace? Comment alimenter les systèmes de



propulsion
des satellites?

Sans précautions particulières, le carburant se répartirait au hasard le long des parois du réservoir rendant impossible l'alimentation régulière des propulseurs.

Le séjour des humains dans l'espace est limité par les modifications physiologiques qui résultent de l'état d'impesanteur. Après, plusieurs mois, les os se décalcifient, comme dans l'ostéoporose. Deux solutions pour les séjours de longue durée dans l'espace : l'adaptation de l'environnement à l'homme ou l'adaptation de l'homme à son environnement. Dans le premier cas, il s'agit de recréer un état de pesanteur analogue à celui que l'on a sur Terre, par exemple en faisant tourner la station sur elle-même. Dans le second, il faudrait attendre (ou provoquer?) des mutations qui permettraient l'adaptation de l'homme à cette absence de pesanteur. Toutefois, ces nouveaux humains adaptés à leur nouvel état pourrions difficilement revenir sur la Terre... excepté dans une piscine, où la poussée d'Archimède compense une partie de la gravité.

Roland LEHOUCQ est astrophysicien au Service d'astrophysique du CEA.

J.-P. PENOT, Le phénomène d'impesanteur, in *Bulletin de l'Union des physiciens*, n° 700, p. 1-44, 1988.

V. PLETZER, Pesanteur? Non, merci!, in *Ciel et Terre*, vol. 113, p. 53, 1997.

Superdéformation en apesanteur, in *Pour la Science*, p.22, août 1997.

R. WHITE, Le corps humain en apesanteur, in *Pour la Science*, novembre 1998.



Épistémologie

Le cas Spencer. Religion, science et politique

Daniel Becquemont et Laurent Mucchielli. Presses universitaires de France, 1998 (358 pages, 170 francs).

A la fin du xx^e siècle, qui connaît et lit Herbert Spencer ? Il fut novateur, puisqu'il fonda la philosophie évolutionniste, et on le pense, à tort, lié à son contemporain et compatriote Charles Darwin. Certes, Spencer (1820-1903) a intégré la sélection naturelle darwinienne dans sa théorie, la « philosophie synthétique », et Darwin a repris la formule spencérienne de la « survivance du plus apte ». Toutefois, on connaît mal cet auteur prolixe, qui a publié de nombreux ouvrages et articles, qui a connu une gloire aussi éclatante qu'éphémère (une vingtaine d'années, entre 1860 et 1880) dans son pays, l'Angleterre, et jusqu'à la fin du siècle en Europe, aux États-Unis et en Asie. Il a séduit avant d'être marginalisé et rejeté dans les oubliettes de l'histoire de la philosophie. Bref, il existe bel et bien un « cas Spencer ».

De ses origines familiales, il restera fortement marqué par des idées religieuses méthodistes : en rupture avec l'Église anglicane, sa religion prône l'anticonformisme, l'individualisme (assurer la prospérité matérielle par un travail acharné), l'antiétatisme (compter sur soi et non sur l'État, ses lois et ses aides), la morale et la rigidité. Fragile, solitaire, dépressif et peu cultivé, Spencer sera employé aux chemins de fer avant d'entamer une terne carrière de journaliste et de se consacrer à l'écriture, après plusieurs héritages.

Spencer sera viscéralement attaché à quelques idées essentielles qui lui sont personnelles. Pour lui, la pensée doit se développer lentement, sans asservissement ni recherche particulière. Fidèle à ce raisonnement, il rejettera toute contradiction, considérée comme une ingérence intolérable. Il est confiant dans les lois universelles de la nature, dans l'amélioration du monde vers un avenir radieux. Il croit à une progression de l'homogène vers l'hétérogène, de l'incohérent vers le cohérent, et de l'indéfini vers le défini, reliant la matière (l'inorganique) au vivant (l'organique). De principes en synthèses successives, il procède par généralisations, du cosmos aux sociétés humaines, et il a ainsi englobé divers champs de la connaissance, comme la psychologie, la biolo-

gie, la sociologie et l'éthique, voulant concilier science et religion.

Dès 1852, c'est-à-dire plusieurs années avant la parution de l'*Origine des espèces* (1859) de Darwin, Spencer emploie le terme « évolution » et propose son hypothèse du développement des espèces : elle lui semble bien plus vraisemblable que celle de la Création. Toute espèce subit « certains changements de structure » dès qu'elle rencontre des conditions différentes de celles qui précédaient. Il va même jusqu'à concevoir une origine commune à tous les êtres vivants. Les organismes les plus hétérogènes sont apparus plus récemment, et le progrès organique est influencé par les circonstances, une même cause donnant plusieurs effets (« loi de multiplication des effets »). Selon Spencer, les espèces se modifient dans leur ensemble (contrairement à Darwin, il ne considère pas les variations individuelles), et plus les formes s'élèvent en complexité, plus elles se différencient ; c'est le résultat de l'adaptation fonctionnelle de chaque organisme au milieu et de l'hérédité des caractères acquis. Il considère l'évolution comme un progrès jusqu'à certaines limites indépassables, qui correspondraient à un équilibre parfait.

La place de l'homme est liée à la recherche d'un but immédiat : le bonheur. Chacun porte en lui les qualités morales qui lui permettent une meilleure adaptation possible aux conditions d'existence. L'amélioration de l'esprit humain se fait grâce à plus d'ingéniosité, plus d'énergie. Certes, le mal existe, il résulte de la non-adaptation, mais il tend à disparaître, tout comme ceux qui sont inaptes à l'adaptation. Une seule entrave représente le mal absolu : les restrictions infligées par l'État à la liberté individuelle. Reconnaître dans cette position le darwinisme social est abusif ; c'est plutôt une position proche de la théologie naturelle du $xviii^e$ siècle.

La philosophie spencérienne a séduit par sa simplicité, mais elle s'est rapidement trouvée en contradiction avec les aspirations et les exigences d'une société industrielle qui a engendré des lois sociales, une organisation du travail, qui a donné de l'importance à l'État et à la politique. Le philosophe a assisté, impuissant, à la transformation d'une société qu'il réprouvait et ne comprenait pas. Ses idées se sont stérilisées par rigidité, par manque de connaissances, et son œuvre immense, voire boursoufflée, est apparue médiocre et pitoyable : cet évolutionniste n'a su ni évoluer ni s'adapter !

Daniel Becquemont et Laurent Mucchielli dressent, dans cet essai, un constat documenté, argumenté et sévère. Ils démontrent magistralement que l'éclipse spencérienne était justifiée.

Michèle FEBVRE

Biologie

Les rythmes du vivant (Origine et contrôle des rythmes biologiques)

Jean Boissin et Bernard Canguilhem (préface de Michel Jouvet). Éditions Nathan Université/CNRS Éditions, 1998.

En 1729, l'astronome J. d'Ortous de Mairan observe le maintien d'une activité biologique rythmique en l'absence du cycle jour-nuit : les feuilles de la sensitive continuent de se mouvoir quand on supprime les repères temporels. Cependant, c'est seulement en 1832 qu'Augustin de Candolle réussit la première inversion d'un rythme biologique, ce qui le conduit à la formulation de l'hypothèse de l'existence d'une horloge interne autonome. La série des travaux ultérieurs, menés par les botanistes, s'inscrit, au xix^e siècle, dans un débat plus large sur l'autonomie du vivant par rapport aux influences de l'environnement.

Il faut attendre 1972 pour que, chez les mammifères, l'horloge endogène principale soit localisée dans le système nerveux central. Beaucoup plus récemment, la génétique moléculaire a décrit, chez des espèces variées (une algue, un insecte, un mammifère), des gènes aux caractéristiques communes, responsables de la genèse de certains rythmes circadiens (période proche de 24 heures) ou de leur régulation par la lumière. Ces résultats récents semblent à l'origine du regain d'intérêt pour les rythmes, ainsi que leur prise en compte dans diverses branches de la médecine.

C'est dans ce contexte d'actualité scientifique renouvelée que J. Boissin et B. Canguilhem nous offrent une synthèse des connaissances sur les rythmes biologiques de différentes périodes. Leur panorama embrasse : les rythmes « infradiens », de période inférieure à 24 heures (l'exemple plus particulièrement développé est celui de la pulsativité de l'hormone GnRH, libérée par l'hypothalamus, qui agit sur l'hypophyse et les glandes sexuelles) ; les rythmes circadiens avec des développements intéressants sur leurs propriétés formelles, leur origine ou la localisation des structures qui les engendrent ; les rythmes annuels, avec un accent sur l'analyse phénotypologique et physiologique de la réaction aux variations de la durée des jours au cours de l'année et la signification de cette réaction adaptative aux variations saisonnières de l'environnement.

D'emblée, les auteurs adoptent une approche qui permet de situer les rythmes dans le contexte de l'adaptation aux fluctuations cycliques de l'environnement. Cette approche, très finaliste, a toutefois l'avantage de bien conduire le lecteur et de faciliter la lecture. Ainsi de grandes régulations physiologiques, longtemps conçues dans le cadre exclusif d'une homéostasie «réactive» (concept qui renvoie à la fixité du milieu intérieur, de Claude Bernard), s'enrichissent du concept d'adaptation «anticipatrice» aux variations cycliques de l'environnement. Le chapitre sur les propriétés formelles de l'oscillateur circadien, clair et détaillé, aide à saisir le sens d'expériences qui concernent aussi bien le niveau comportemental que cellulaire, où l'oscillateur est soumis à un stimulus perturbateur (lumière ou agent chimique) à un moment particulier du cycle.

Dans le deuxième chapitre, les auteurs abordent des questions contemporaines, de la compréhension des «racines moléculaires et génétiques» des oscillateurs circadiens à l'identification de l'horloge, ou des horloges, des organismes. Le débat, à ce propos, a été récemment ravivé par la découverte d'oscillateurs dans de nombreux tissus extérieurs au système nerveux central : l'horloge circadienne de l'hypothalamus, qui est effectivement le siège de fluctuations rythmiques de l'activité cellulaire, semble intégrer des signaux provenant de divers oscillateurs périphériques.

C'est certainement dans ce chapitre que l'on touche aux limites inhérentes à ce type d'ouvrage, qui présente un tableau inévitablement décalé par rapport aux avancées scientifiques. En revanche, la démarche synthétique, passant en revue une question comme celle du siège de l'automatisme circadien dans de nombreuses espèces, permet d'éclairer la phylogénétique par la génétique.

Le troisième chapitre est consacré aux stratégies adaptatives des organismes face aux variations saisonnières de l'environnement. Les auteurs y abordent la question du rapport entre photosensibilité et rythme circadien, développant les notions qui concernent la mesure photopériodique du temps. Cette question concerne la compréhension du lien fonctionnel entre les variations saisonnières de la durée du jour et l'activité de reproduction. Après une présentation des diverses théories proposées, les auteurs détaillent les étapes nerveuses et endocriniennes du photopériodisme, terminant ce chapitre avec l'examen du rôle de la mélatonine dans la synchronisation des rythmes circadiens avec les cycles saisonniers.

Enfin le dernier chapitre, qui consi-

dère l'espèce humaine, commence par un catalogue raisonné et souvent critique des grands rythmes circadiens (fluctuations de la vigilance, de la température corporelle, rythmes hormonaux, etc.) pour aboutir à la question de l'existence de rythmes saisonniers. C'est dans ce chapitre qu'un lecteur intéressé par la relation entre les rythmes circadiens et les rythmes du sommeil trouvera le plus matière à réflexion. La question de la pathologie du système circadien, souvent évoquée par les biologistes pour justifier leurs travaux, est vue avec le regard critique du praticien qui est confronté aux limites de l'application des données expérimentales en clinique. Ce chapitre s'achève sur les contraintes que l'organisation sociale (travail posté, changements fréquents de fuseaux horaires) exerce sur l'expression des rythmes biologiques. Les auteurs, très prudents, à ce sujet, admettent toutefois que les contradictions entre un environnement artificiel et le caractère endogène des rythmes biologiques peuvent déboucher sur des accidents ou des dysfonctionnements du système circadien. Ils montrent l'existence d'une authentique chronopathologie en psychiatrie. Le chapitre s'achève par un examen de la maîtrise pharmacologique des rythmes biologiques, présentant rapidement quelques exemples de cas où la chronopharmacologie a donné des résultats très encourageants.

Cette synthèse arrive à point nommé. Ceux qui, attirés par des débats parfois trop médiatisés sur la mélatonine ou par de prétendues cures chronobiologiques, s'interrogent sur la réalité des phénomènes y trouveront des données fiables. Ceux qui, curieux, souhaitent acquérir une culture chronobiologique, y trouveront d'utiles informations. Paraphrasant la préface de Michel Jouvet, nous dirons que ce livre constitue une invite à dépasser le cadre étroit du raisonnement moléculaire ou structuraliste : il incite à prendre conscience de l'ubiquité des rythmes du vivant dans nos raisonnements, à intégrer les constantes interactions du biologique avec les cycles naturels, à réfléchir à la notion d'adaptation telle qu'elle peut être appréhendée au travers d'un concept, incongru pour certains : celui d'anticipation en biologie.

Jacques SERVIÈRE

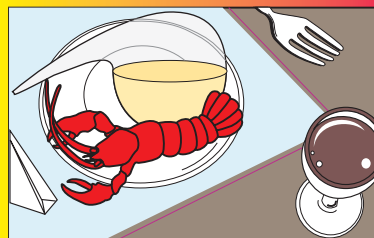
La liste de tous les livres reçus en service de presse par la rédaction de **Pour la Science** est donnée sur notre site Internet, à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>

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 28 décembre 1999.

