

multitude de micro-bulles d'air. C'est aussi le cas de la neige gelée dont les Esquimaux construisent leurs igloos.

Malgré sa très faible conductivité thermique, l'air est la troisième cause importante de déperdition thermique dans une maison. Comment est-ce possible, alors que ce gaz est un si bon isolant ? Les apparences sont trompeuses : l'air n'isole que s'il est strictement immobile. Nous savons tous que la sensation de froid est moins forte par un matin calme à -10°C que par un matin venteux où il fait 0°C . En effet, l'air en mouvement transporte la chaleur avec une redoutable efficacité, un phénomène désigné par le terme de convection.

À l'intérieur d'une maison, la convection est soit précieuse, soit gênante. Elle est précieuse quand elle aide à homogénéiser la température des pièces habitées. Ainsi, elle peut être forcée à l'aide d'un ventilateur placé devant une source d'air chaud. D'emploi fréquent dans les hôtels, les ventilo-convecteurs sont bâtis sur ce principe ; la convection qu'ils créent uniformise vite la température, ce qui augmente la sensation de confort. En revanche, dans les convecteurs sans ventilateurs, la convection est naturelle : l'air chaud produit au contact de résistances électriques quitte le radiateur par le haut (ce qui crée un mouvement d'aspiration de l'air froid situé en dessous), s'élève et crée une circulation d'air dans la pièce. À mesure qu'il s'élève, il échange de la chaleur avec l'air ambiant plus froid et se refroidit. Sa densité augmente et il finit par redescendre. En revanche, la convection est gênante quand elle se crée dans les combles. Le phénomène a souvent une ampleur insoupçonnée. Pour le minimiser, il faut limiter les mouvements de l'air, par exemple en déposant une couche épaisse de laine de verre sous le toit.



En l'absence de laine de verre, l'air circule sous les toits et se refroidit. La laine de verre évite les déperditions de chaleur par le toit et limite les pertes par le plafond.

Une fois les murs et le toit isolés, restent les ouvertures. Elles représentent la quatrième grande cause de déperdition thermique. Ainsi, la perte d'énergie à travers une seule fenêtre de 2 mètres carrés est la même que à travers une façade de 100 mètres carrés. Les fenêtres créent de grandes fuites thermiques à cause de leurs carreaux en verre. À épaisseur égale, le verre conduit à peu près aussi bien la chaleur que le béton. Or, les carreaux de verre sont au moins 50 fois moins épais que les murs de béton. Une fois de plus, l'une des meilleures protections est à base d'air : les doubles vitrages. L'intervalle entre les carreaux y est si étroit que l'air se trouve immobilisé ; sa conductivité thermique 100 fois plus faible que celle du verre joue alors à plein son rôle d'isolant. Pour augmenter encore les économies d'énergie, on peut aussi utiliser des vitrages particuliers, dont l'une des parois a été revêtue d'une couche d'oxyde métallique qui bloque le rayonnement thermique.

EFFETS D'AILETTES

Non moins sournoise, la cinquième grande forme de déperdition thermique est la conduction à travers les structures du bâti. Outre son enveloppe, une maison comprend aussi des dalles et des murs porteurs, éventuellement prolongés dans le sol par des fondations ou vers l'extérieur par des balcons. Tous ces éléments structurels sont à la fois en contact avec l'air chaud intérieur et avec l'extérieur. Quand une bonne partie de leur surface est exposée à l'extérieur, ils se comportent comme de véritables ailettes de radiateur.

Ces structures sont des lames métalliques ajoutées sur un radiateur pour augmenter la surface de contact entre le corps chaud et l'air froid. Les ailettes contournées des radiateurs de microprocesseurs illustrent bien le phénomène ; leur surface de contact avec l'air est si grande que leur taille excède celle de la puce qu'elles refroidissent ! Or, un mur de soutènement perpendiculaire à la façade ou à la dalle qui soutient un balcon a le même effet qu'une ailette. Pour le constater, placez-vous à l'intérieur d'une pièce et passez votre main sur un tel mur en la rapprochant de la façade ; vous constaterez qu'à environ 70 centimètres de la façade, la température du mur diminue. C'est là que commence la portion du mur qui diffuse au maximum. Le mur se comporte comme une « ailette » de la maison.

Dans une maison, les pertes dues à la conduction à travers les structures reliant l'intérieur à l'extérieur représentent souvent jusqu'à cinq pour cent des pertes totales. Comment les réduire ? Le mieux est de recourir à une isolation



Les structures, tels les balcons qui sont en contact à la fois avec l'air chaud intérieur et l'air froid extérieur se comportent comme des ailettes de radiateur : elles favorisent les échanges de chaleur et, par conséquent, les pertes thermiques.

extérieure de la façade. Ainsi, les habitants des pays du Nord habillent de bois, d'ardoises, de plaques goudronnées les murs de pierre ou de béton de leurs maisons, et introduisent de la paille dans les interstices.

Suivant la configuration de la maison, certains mécanismes de déperdition de chaleur prédomineront. Les mesures prises pour les réduire devront être adaptées à ces mécanismes particuliers. Une fois les fuites d'air et les pertes de chaleur par conduction maîtrisées, il importe de contrecarrer les effets sournois de la convection. Faire poser des doubles vitrages sera peu utile si des échanges d'air excessifs avec l'extérieur subsistent. La recherche d'un bon équilibre thermique est affaire de compromis.

Roland LEHOUcq est astrophysicien au Service d'astrophysique du CEA. **Jean-Michel COURT**y est chargé de recherche au CNRS et travaille au Laboratoire Kastler-Brossel (CNRS, ENS, IPMC)

J. TAINE et **J.-P. PETIT**, *Transferts thermiques*, Dunod.

<http://www.ac-amiens.fr/academie/pedagogie/Seconddegrepofessionnel/sti/Batiment/Confort-thermique/THERMO.html>

http://www.ideesmaison.com/construction/ame/ame_isol1.htm

Biologie

Copain des petites bêtes

Léon Rogez.
Éditions Milan, 2000
(257 pages, 148 francs).

Voilà un bel ouvrage qui se présente comme «Le guide du petit entomologiste», mais qui en fait doit intéresser un large public. D'abord, que sont «les petites bêtes»? Essentiellement, les arthropodes et surtout les insectes, qui représentent huit espèces sur dix, parmi toutes les espèces vivantes connues. Où les trouver? Partout : dans les prairies, les bois, au bord ou dans l'eau, dans les jardins, dans les maisons et dans des lieux plus insolites, tels les grottes, les nids de vertébrés, les déserts...

Quel est leur rôle? Il est multiple : ils servent de nourriture et s'entre-dévorent ; ce sont aussi d'infatigables nettoyeurs et recycleurs, des végétariens insatiables qui détruisent parfois nos cultures, des pollinisateurs très utiles ou alors de redoutables carnassiers qui, à l'occasion, nous agressent. Comment les capturer et les élever? On détaille ici toute la panoplie du chasseur d'insectes : filets, parapluie japonais, pièges (assiettes, miel, bière, lumière...). Comment vivent-ils? Parade nuptiale, accouplement, ponte, première naissance, vie larvaire, seconde naissance, puis le stade adulte, sont quelques aspects de leur vie étonnante.

Et si nous les regardions de plus près? Ils sont constitués d'une série d'«anneaux» qui forment un squelette externe, et d'accessoires extraordinaires, tels des pattes, des antennes, des ailes, des yeux... Ils ont aussi la capacité de communiquer entre eux par des messages sonores, odorants ou lumineux.

Et si on les collectionnait? Cet ouvrage présente tout le matériel (épingles entomologiques, étaloirs, paillettes, ramollissoir...) et la bonne façon de s'en servir. Comment les grouper et les classer? Des mollusques au corps mou, aux longs annélides (des vers), aux mille-pattes qui ont souvent plus de dix paires de pattes, aux arachnides (scorpions, araignées ou encore acariens), on arrive aux insectes, depuis les plus primitifs jusqu'aux coléoptères, sans omettre les libellules, les blattes, les criquets, les sauterelles et les grillons, les poux et les puces, les papillons, les mouches et les moustiques, les abeilles... Un catalogue ordonné nous permet de reconnaître les diverses formes de ce microcosme. On ne peut quitter ce monde sans évoquer leurs extraordinaires prouesses comportementales : vol, saut, nage, chants, construction (ruche, termitière, fourmilière), mimétisme, migrations sont quelques-uns des exploits que ces petits surdoués réalisent pour assurer leur survie. Écrit par un passionné, ce livre, richement illustré, sera le plus beau cadeau à faire à un naturaliste en herbe et pourrait être une référence pour nos professeurs des écoles.

Jacques d'aguiar



J.d'Aguiar

La punaise *Percillus bioculatus* vide de sa substance une larve d'un doryphore, qui, de son Amérique natale, s'est largement répandue dans le monde, en ravageant nos champs de pommes de terre.

Histoire des sciences

Le mètre du monde

Denis Guedj. Éditions du Seuil, 2000
(338 pages, 120 francs).

Dans toutes les civilisations, les hommes ont compté, pesé, mesuré, pour des besoins de commerce et d'échanges. Les unités de longueur se rapportaient souvent aux dimensions du corps humain – le pouce, la coudée, le pied, le pas – ou à la mesure de ses activités : une lieue (une heure de marche), un journal (l'aire du terrain labourable en une journée). Les systèmes traditionnels d'unités étaient complexes et surtout, multiples : les unités avaient des définitions locales et, très souvent, le même nom pour des valeurs différentes.

Dès 789, Charlemagne décrétait l'emploi de mesures identiques dans tout le royaume, mais en vain. Louis xi, François i^{er} ou Louis xiv ne feront pas mieux. Pour les longueurs, les étalons employés au xviii^e siècle étaient le pied de roi (0,325 mètre) et la toise du Châtelet, valant six pieds (1,95 mètre). Le mot «toise» vient du latin *tensa brachia*, les bras étendus ; un pied vaut 12 pouces, et un pouce est égal à 12 lignes. Pour les poids, l'étalon datait du xive siècle : la pile de Charlemagne, constituée d'une série de 13 poids en cuivre emboîtés, vaut 25 livres (poids de 0,49 kilogramme chacune).

En 1788, la devise «Un roi, une loi, un poids, une mesure» est souvent citée dans les cahiers de doléances. L'idée directrice de l'uniformisation attendue est de définir des étalons pris dans la nature, donc universels. En outre, la simplicité et la cohérence devraient supprimer les vestiges de la féodalité. En reliant physiquement longueur et durée, un pendule simple aurait convenu : celui qui «bat la seconde» mesure environ 99 centimètres à Paris, mais l'astronome Jean Richer avait découvert en 1672 que sa longueur dépend du lieu de l'expérience. Cet objet ne sera pas l'étalon de longueur.

Toutefois la réforme se met progressivement en place, grâce à une volonté «révolutionnaire». Le 27 octobre 1790, l'Académie des sciences adopte l'échelle décimale pour tous les poids et mesures, et une commission composée de Charles de Borda, Joseph-Louis de Lagrange, Gaspard Monge, Pierre-Simon Laplace

et Marie-Jean de Condorcet est chargée de fixer la base des unités. Ces savants proposent la longueur du méridien terrestre. C'est la même partout sur la Terre. L'Assemblée vote cette loi du 30 mars 1791 et ordonne la mesure de l'arc de méridien, entre Dunkerque et Barcelone : environ 1 100 kilomètres. C'est la première définition du mètre : la dix-millionième partie du quart du méridien. Ainsi, la circonférence polaire de la Terre mesure exactement 40 millions de mètres. Dunkerque et Barcelone ont été choisies pour plusieurs raisons : toutes les deux sont proches du 45^e parallèle, mais aussi du méridien de Paris (celui de l'Observatoire). Et voilà Jean-Baptiste Delambre et Pierre Méchain qui partent à l'aventure, parcourant la France du Nord au Sud (jusqu'en Espagne, alors en guerre contre la France). Il ne leur sera guère facile de faire des mesures par triangulation au milieu des vicissitudes de la France révolutionnaire. Pourtant, ils achèveront consciencieusement leur mission, en sept ans (de juin 1792 à novembre 1798) au lieu d'un seul initialement prévu. Cette même commission charge également les chimistes Antoine Laurent de Lavoisier et René Haüy de déterminer le poids (la masse) d'un volume connu d'eau pure pour en déduire l'unité de masse.

Avant de disposer des résultats des mesures, la Convention nationale adopte, le 7 avril 1795, la loi organique du système métrique décimal qui fixe les nouvelles mesures républicaines, constituées en système à partir d'une seule unité (le mètre, l'are, le stère, le litre, le gramme). Des préfixes décimaux à utiliser dans la nomenclature sont également définis : milli, centi, déci, déca, hecto, kilo.

Après les mesures de Delambre, de Méchain, de Lavoisier et d'Haüy, vérifiées par une commission de savants européens, la loi du 19 frimaire an VIII (10 décembre 1799) fixe la valeur définitive du mètre, qui vaut 3 pieds 11,296 lignes, et du kilogramme (masse du décimètre cube d'eau pure à la température de 4 °C), qui vaut 18 827,15 grains, le grain étant la fraction 1/9 216 de la livre poids. Ces unités avaient été matérialisées par des étalons en platine aggloméré : une règle pour le mètre, et un cylindre de diamètre égal à sa hauteur (39 millimètres) pour le kilogramme. Ces étalons sont déposés aux Archives de la République le 4 messidor an VII (22 juin 1799).

La population (souvent illettrée) n'était guère favorable au système métrique, y voyant plus d'inconvénients avec les noms nouveaux et les habitudes à modifier, que d'avantages, telle la décimalisation. Le 12 février 1812, un décret impérial autorisera, à côté du système légal, l'emploi de mesures «usuelles» à

subdivision non décimale et portant des noms anciens. L'arrêté du 21 février 1816, sous Louis XVIII, abandonna même la décimalisation, compromettant gravement la réforme. Heureusement la loi du 4 juillet 1837 abrogea le décret de 1812 et rendit obligatoire l'usage du système métrique décimal à partir du 1^{er} janvier 1840. L'école en assura la diffusion. Quelques expressions nous rappellent les anciennes unités : «passer sous la toise», «ne pas reculer d'un pouce»... Seul le mot «livre» (500 grammes) résiste encore sur les marchés.

Progressivement, mais avec parfois des réticences, tous les pays adoptèrent notre système par la suite. Les expositions universelles en favoriseront l'expansion, et le Bureau international des poids et mesures sera créé en 1875, lors de la Convention du mètre. Depuis, les progrès de la physique ont modifié les définitions des unités (sauf celle du kilogramme, qui est encore la masse d'un cylindre de platine iridié) : aujourd'hui, la lumière fournit l'étalon du mètre et les atomes celui de la seconde.

Le livre de Denis Guedj, essai-récit ni vraiment historique ni vraiment scientifique, retrace cette longue aventure de la création du système métrique décimal. En 1999, cette grande œuvre de la France révolutionnaire a eu 200 ans. Condorcet l'avait dédiée «à tous les temps et à tous les peuples pour leur plus grand avantage».

Michel Toulmonde

Géographie

Guyane, Guyanes, une géographie «sauvage» de l'Orénoque à l'Amazone

Emmanuel Lézy.

Éditions Belin, 2000

(348 pages, 130 francs).

Le géographe Emmanuel Lézy s'approprie les deux millions de kilomètres carrés de «la planète Guyane» : quelle témérité et quelle passion ! Peu lui importe que les frontières politiques partagent cette planète entre le Venezuela, le Brésil et les Guyanes côtières (le Guyana, le Surinam et la Guyane française). Son espace est le «pays des mille eaux», délimité par les gigantesques fleuves que sont l'Orénoque, le Rio Negro et l'Amazone. Pays mythique de l'El Dorado et des Amazones guerrières, pays imaginaire – de Jules Verne à Conan Doyle, en passant par Jean Galmot ou Alejo Carpentier... – mais aussi pays bien réel : passer de l'un à l'autre semble naturel pour l'auteur. Ce marcheur n'est jamais aussi heureux qu'en suivant les capricieux sentiers (les trails) qui sillonnent la forêt tropicale : «autant un cheminement dans la pensée des gens que dans leurs



Les mangroves, un des nombreux paysages de Guyane.