

LA BALEINE À BOSSE

Megaptera novaeangliae
Borowski, Balénoptéridés

- Mammifère cétacé de grande taille : les adultes mesurent en moyenne de 12 à 16 m de long, pour un poids qui peut atteindre 35 t.
- Corps massif, dessus noir, dessous blanc, tête et mâchoire couvertes de protubérances ("tubercules"), nageoires pectorales beaucoup plus longues que celles des autres cétacés : elles peuvent mesurer un tiers de la longueur du corps.
- Espèce migratrice, la baleine à bosse parcourt 25 000 km par an, passe l'été dans les mers froides et l'hiver dans les mers chaudes.

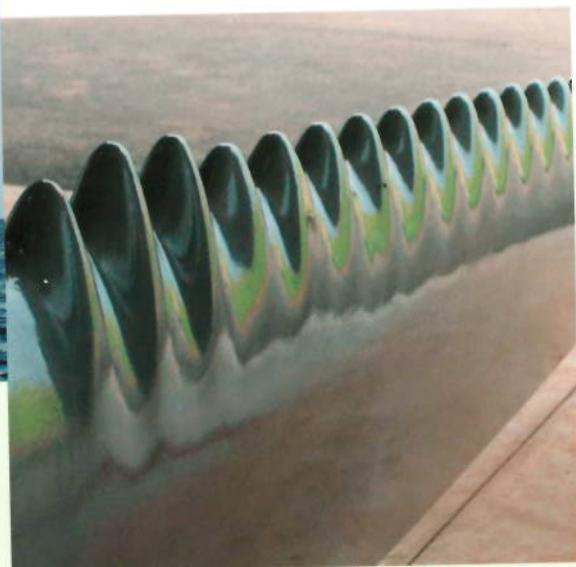
La pêche au filet à bulles

Les aliments de prédilection de la baleine à bosse sont le krill (une variété de crevette miniature) et les poissons vivant en bancs, comme le hareng ou le maquereau. Il lui arrive de les chasser en groupe, en utilisant la technique dite du "filet à bulles" : plusieurs baleines (elles peuvent être plus d'une douzaine) encerclent le banc de poissons ou de krill ; en lâchant de l'air par leurs évents, elles forment une barrière de bulles qui enferment les proies à la manière d'un filet. Lorsque le filet à bulles est suffisamment resserré, les baleines se jettent à l'intérieur... avalant d'une seule bouchée des centaines de proies. Cette méthode de pêche serait impossible sans la rapidité et la précision que la baleine à bosse doit à ses nageoires pectorales bordées de tubercules.

Un cœur gros comme ça

Le cœur de la baleine à bosse se distingue par sa grande taille et sa puissance : il pompe l'équivalent de trois baignoires de sang à travers l'organisme de sa propriétaire. Mais sa caractéristique la plus étonnante est de ne battre que trois fois par minute. Ce rythme est assuré par un système nerveux très sophistiqué, à même de transmettre à travers des masses de graisse les signaux indiquant au cœur de se contracter. D'après les chercheurs, ce système de "câblage", remplacera dans quelques années les pacemakers. Au lieu d'être stimulés par une pile, les battements du cœur seront déclenchés par des influx nerveux.

La technologie des tubercules



Une pale d'éolienne à tubercules, sur le modèle des nageoires des mégaptères.

Comme son nom ne l'indique pas, la technologie des tubercules s'applique non à l'agriculture, mais à la mécanique des fluides, et plus spécifiquement à l'énergie éolienne. Et comme son nom ne l'indique pas non plus, l'organisme qui l'a inspirée n'a rien d'un légume : il s'agit de la géante baleine à bosse. Les tubercules, ce sont les protubérances qui couvrent la tête et la mâchoire de la baleine à bosse – et qui se trouvent aussi sur le bord supérieur de ses nageoires.

Tout commence, une fois n'est pas coutume, par une séance de shopping. Le professeur Frank Fish, à la recherche d'un cadeau, examine une sculpture de baleine dans une boutique. "Tiens, remarque-t-il à voix haute, le sculpteur a fait les nageoires à l'envers." Vigoureusement détrompé par la propriétaire du magasin (le sculpteur est un amoureux des baleines), le professeur retourne dans son laboratoire avec une énigme à résoudre : à quoi servent les tubercules alignés sur le bord supérieur de la nageoire des baleines à bosse ? Car Frank Fish est un spécialiste de la biomécanique, et il s'intéresse tout particulièrement aux modes de déplacement

des animaux marins. Les protubérances de la nageoire de la baleine vont à l'encontre des connaissances préétablies : jusque-là, on pensait qu'un bord lisse facilite l'efficacité du mouvement. Ce que Frank Fish et ses collègues découvrent, c'est que les tubercules permettent une économie d'énergie considérable, notamment parce qu'ils réduisent la pression et augmentent la portée du mouvement.

Cette découverte est ensuite rapidement exploitée par les ingénieurs, qui l'appliquent d'abord aux hélices des éoliennes. Une nouvelle génération d'éoliennes, dessinées sur le modèle des nageoires de la baleine à bosse, s'avère plus efficace, en particulier lorsque les vents sont faibles ou irréguliers. Les éoliennes à tubercules sont aussi moins bruyantes, donc moins nuisibles à leur environnement.

Mais ce n'est qu'un début : désormais, la technologie des tubercules pourra être appliquée aux pales d'autres hélices : celles des ventilateurs, par exemple, ou encore celles des hélicoptères.



Des filtres à fanons

Les fanons des baleines ont inspiré un système de filtre autonettoyant pour le recyclage de l'eau. Les fanons des baleines leur permettent de recracher l'eau – mais pas leurs proies. Les filtres qui les imitent, inventés et exploités en Australie, utilisent comme la baleine le flux et la pression de l'eau pour séparer l'eau des matières solides tout en lui permettant de continuer à s'écouler. Au fur et à mesure, le filtre est débarrassé des impuretés.

LA BARDANE

Arctium lappa L., Astéracées

- Grande plante bisannuelle, se présentant la première année sous forme d'une immense rosette de feuilles rondes ou en forme de cœur.
- Le diamètre d'une rosette peut dépasser 1 m. - Tige unique la seconde année, ramifiée en son sommet, qui porte des fleurs en capitules dont les bractées sont en forme de crochets.
- Fréquente sur les terres cultivées, riches en matières organiques (espèce nitrophile).
- Écosystème : friches, bordures de chemin.

La zoothorie

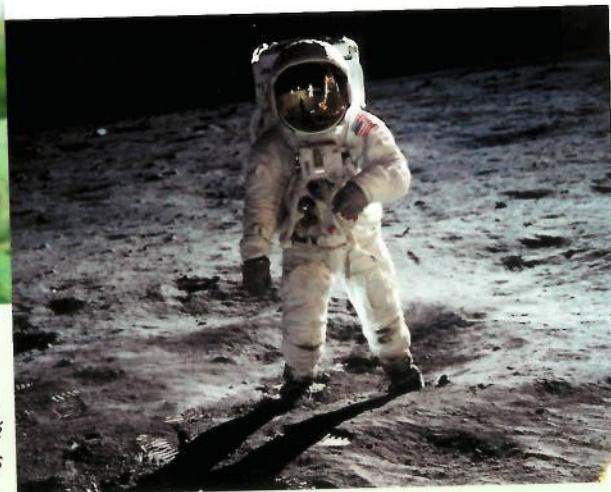
Comment transporter ses graines pour conquérir de nouveaux territoires, lorsqu'on est, comme la plupart des végétaux, enraciné dans le sol ? Certaines plantes ont réglé le problème par la zoothorie, tactique qui consiste à faire transporter ses graines par des animaux. En les accrochant à leurs poils ou leurs plumes, comme la bardane, en comptant, comme le chêne ou le noisetier, sur l'habitude qu'ont les rongeurs et certains oiseaux de transporter glands et noisettes dans des cachettes (où ils les oublient parfois...). D'autres plantes excitent l'appétit des animaux en enveloppant leurs graines dans un fruit charnu ; elles pourront germer après leur passage dans le système digestif de l'animal.

Un cadeau des Aliens



Le Velcro, une invention trop brillante pour être humaine ? C'est le bruit qu'ont répandu certains films de science-fiction qui affirment que le Velcro est un cadeau fait aux Terriens par les Aliens, en avant-goût des technologies plus raffinées qui nous attendent sur d'autres planètes. Ainsi, un épisode de la série Star Trek révèle que l'invention du Velcro nous a été communiquée par les habitants de la planète Vulcain. L'histoire ne dit pas si on trouve de la bardane sur leur planète...

À la conquête de l'espace



Gants, pantalons, gilets...
Le Velcro a accompagné
les premiers hommes
sur la lune.

La bardane est une conquérante. Cette grande plante à fleurs violettes se plaît en bordure des terres agricoles, sur les sols riches en azote fertilisés par les troupeaux. Pour étendre son territoire et se déplacer dans l'espace, elle a une arme secrète : ses graines se prennent dans les poils des animaux ou dans les vêtements des humains, profitant ainsi d'un moyen de transport garanti.

C'est ainsi qu'un soir, en rentrant de la chasse, l'ingénieur suisse George de Mestral a passé un long moment à retirer les graines de bardane prises dans la fourrure de son chien et le tissu de son pantalon. Un long moment, pendant lequel il a eu le temps de réfléchir à l'ingéniosité du dispositif. Observant les graines avec son microscope, il s'est aperçu qu'elles étaient entourées de bractées formant des crochets minuscules, qui se prenaient dans les boucles formées par les poils ou le tissu. Ces crochets étaient aussi légèrement élastiques, ce qui leur permettait de reprendre leur forme première une fois détachés des boucles. C'est ce soir-là, en 1941, que Mestral a commencé à travailler sur l'invention du Velcro – terme qu'il a inventé à partir des

mots "velours" et "crochet". Mais il lui a fallu dix ans pour mettre au point sa technique d'imitation de la bardane – d'autant qu'aucun fabricant ne voulut d'abord prendre son idée au sérieux. C'est le nylon qui lui fournit le meilleur matériau pour reproduire les crochets fins et solides de la plante. En 1952, Mestral dépose son brevet et durant les décennies suivantes, le Velcro part pour sa propre conquête de l'espace... au sens propre puisque ses premiers utilisateurs seront les astronautes de la Nasa.

L'idée de génie du Velcro ne vient pas du principe du crochet et de la boucle, mais de la réduction de leur échelle ; leur multiplication sur deux dimensions donne aux "bandes auto-agrippantes" leur incroyable résistance. La correspondance entre les crochets et les boucles se fait de manière aléatoire, mais chaque pression favorise la rencontre de davantage de crochets avec davantage de boucles. Interrogé sur les méthodes de sa réussite, Mestral répondait : "Si l'un de vos employés vous demande quinze jours de congé pour aller à la chasse, acceptez."

Graines accrocheuses

La bardane n'est pas la seule plante à avoir équipé ses graines de crochets. Dans les régions tempérées, c'est aussi le cas de la lampourde (*Xanthium strumarium*), parfois appelée « petite bardane », et de l'aigremoine (*Agrimonia eupatoria*). Le gaillet gratteron (*Galium aparine*), herbe grimpante, en a aussi sur ses tiges, qui se prennent de la même façon dans les fourrures et les vêtements.

Secret militaire

Les plus grands consommateurs de Velcro, après la Nasa, ce sont les militaires. Mais cette arme secrète a un point faible : son fameux « scratch », trop bruyant. C'est pourquoi l'armée américaine a commandité la création d'un Velcro silencieux. Le procédé a été mis au point, mais sa méthode de fabrication reste un secret militaire...

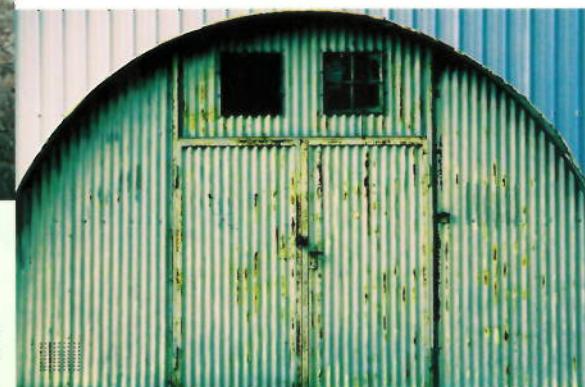
LA COQUILLE SAINT-JACQUES

Pecten maximus L., Pectinidés

- Mollusque bivalve à valves inégales : l'une plate, l'autre bombée ; toutes deux ont 15 à 17 côtes régulières et bien marquées. - Couleur rouge rosé à brune, parfois tachetée. - Possède un muscle adducteur (qui assure les mouvements de la coquille) très développé – c'est ce muscle qui est consommé en gastronomie.



La tôle ondulée



Le secret de la solidité : des ondulations renforcées par des rainures.

L'hydro-propulsion



Menacée par un prédateur, la coquille Saint-Jacques est capable de s'enfuir... à grands bonds.

En faisant claquer les deux valves de sa coquille, elle expulse un jet d'eau avec une force suffisante pour se propulser très rapidement. Ce mode de déplacement, l'hydropropulsion, est partagé par d'autres mollusques. La particularité de celle de la coquille Saint-Jacques est d'être très économique en énergie. Elle ferme sa coquille et expulse l'eau en contractant son muscle adducteur ; mais, une fois le mouvement amorcé, c'est la pression de l'eau qui entre par le haut de la coquille qui déclenche la réouverture, grâce à deux organes évoquant des élastiques. Ce dispositif pourrait améliorer les systèmes d'hydropropulsion, mais aussi être appliqué à d'autres dispositifs, par exemple aux hélices ou aux ventilateurs pour récupérer l'énergie de l'air qu'ils expulsent.

La coquille saint-jacques offre depuis l'Antiquité un motif privilégié aux peintres, aux décorateurs, et même aux publicitaires. Ce que l'on sait moins, c'est que cette coquille a aussi été une source d'inspiration... pour les ingénieurs. C'est un Français, Robert Le Ricolais, qui, le premier, s'est intéressé à elle, dans les années 1930. Ingénieur, architecte, et observateur passionné de la nature, Le Ricolais a cherché tout au long de son parcours le moyen d'augmenter la portée d'une surface tout en réduisant son poids – ce qu'on appelle, en architecture, les structures légères.

Le Ricolais s'est aperçu, en reproduisant le dessin des ondulations de la coquille Saint-Jacques, que ces ondulations sont de deux types. Aux plus larges (les côtes emblématiques de l'animal) se superposent de fines rainures, parallèles aux côtes. La densité de ces rainures augmente au fur et à mesure de la croissance de l'animal ; donc, au fur et à mesure que sa coquille s'allonge. Le Ricolais a constaté que cette superposition de larges ondulations et de fines cannelures augmentait la solidité et la portance du coquillage. De plus, celui-ci comporte un autre type de rainures, perpendiculaire au premier,

qui forme des demi-cercles concentriques et correspond à la croissance de l'animal. L'ingénieur a donc eu l'idée d'appliquer ce principe à la tôle ondulée : en renforçant les ondulations de la tôle par des rainures parallèles, et en superposant deux panneaux aux ondulations perpendiculaires, Le Ricolais a obtenu un matériau sept fois plus résistant. Ces travaux ont permis la création des premiers panneaux Isoflex. Pour Robert Le Ricolais, ses découvertes sur la coquille Saint-Jacques marquent le début d'une longue collaboration avec la nature. À travers l'étude des cristaux, notamment, il a ouvert aux architectes de nouvelles perspectives. Les structures légères utilisées de nos jours doivent aussi beaucoup à son étude des organismes vivants.

Quant à la coquille Saint-Jacques, elle continue d'être étudiée pour servir de modèle à la fabrication de matériaux composites. C'est à elle qu'une nouvelle génération de valises en plastique ultra léger et résistant doit son apparition ; mais elle a aussi inspiré, entre autres, des structures en béton capables d'empêcher les fissures de s'étendre.

En bref, c'est une véritable success story.

Page de droite : *Chlamys swiftii*,
Pecten maximus

Détecteurs de lumières

La coquille Saint-Jacques a des yeux ; elle en a même plusieurs dizaines. Ils se trouvent à l'extrémité de fins tentacules : de minuscules points noirs aux reflets brillants. Ces yeux sont formés de deux rétines, l'une réagissant à la lumière, l'autre à l'obscurité. Ce système la rend particulièrement sensible aux variations lumineuses : elle n'est pas capable d'interpréter les formes des ombres, mais elle peut en revanche réagir instantanément lorsque quelque chose se déplace dans son environnement. Ce système de double rétine est à l'étude pour fabriquer des détecteurs de présence déclenchant, par exemple, l'éclairage des rues.

LE MARTIN-PÊCHEUR

Alcedo atthis Rafinesque,
Alcénidés

- Famille d'oiseaux pêcheurs de taille petite ou moyenne.
- Corps trapu, bec long et fin, pattes courtes, livrée aux couleurs vives.
- Le martin-pêcheur niche dans des cavités le long des berges.
- Il existe environ 90 espèces de martins-pêcheurs.

Une visière de protection

Pour protéger ses yeux quand il plonge, le martin-pêcheur dispose d'une sorte de visière de protection. Une plaque osseuse, jointe à l'os préfrontal de son crâne, empêche que ses yeux subissent de plein fouet le choc de l'entrée dans l'eau de ses spectaculaires plongeons. La forme de cet os protecteur intéresse les ingénieurs : elle pourrait inspirer des dispositifs de protection notamment dans l'aéronautique.

D'un élément à l'autre

Non seulement le martin-pêcheur peut plonger à la verticale avec assez de précision pour capturer des poissons, mais il est capable de jaillir tout aussi rapidement à l'air libre. Il utilise la poussée d'Archimète : l'air resté emprisonné sous ses plumes le propulse littéralement hors de l'eau. Il revient ensuite se poser sur son perchoir où il assomme sa proie en la frappant contre une branche, avant de l'avaler tête la première. Pour repérer ses proies, il se perche sur des branches basses au-dessus de l'eau, mais il est aussi capable de pratiquer le vol stationnaire avant de se laisser couler à pic, bec en avant.



Grâce à sa forme correspondante, le Shinkansen entre dans les tunnels avec la même aisance que le martin-pêcheur passant de l'air à l'eau.

La ligne de trains à grande vitesse qui relie Tokyo à Hakata, au Japon, a pour particularité de franchir un nombre considérable de tunnels. Cette contrainte géographique a posé beaucoup de problèmes aux ingénieurs qui travaillaient sur le Shinkansen, le TGV japonais : à chaque fois que le train pénétrait dans un tunnel, la différence de pression créait un choc et un vacarme assourdissant, aussi nuisible pour les passagers que pour les riverains des alentours. En désespoir de cause, Eiji Nakatsu, l'ingénieur en charge des tests du Shinkansen Tokyo-Hakata, s'est alors tourné vers son univers de prédilection : le monde des oiseaux. "Je me suis posé la question, explique-t-il : y a-t-il un être vivant qui soit capable de gérer les changements rapides dans la résistance de l'air ? Oui, il y en a un : le martin-pêcheur."

Passionné par les oiseaux depuis son enfance, l'ingénieur Eiji Nakatsu a alors, grâce à des simulations sur ordinateur, trouvé la forme idéale pour que le Shinkansen puisse pénétrer sans heurt dans les tunnels :

sans surprise, elle correspond à la silhouette du martin-pêcheur.

Pour attraper ses proies, le martin-pêcheur les guette, perché au-dessus de la surface de l'eau, puis plonge en flèche avant de les saisir dans son bec. Mais son bec ne sert pas seulement à attraper les poissons : sa forme permet à l'oiseau de pénétrer dans l'eau sans la moindre éclaboussure.

Le bec allongé du martin-pêcheur amortit le choc du passage d'un élément à l'autre, de la faible résistance de l'air à celle plus importante de l'eau – de la même manière que le "bec" de la locomotive du Shinkansen a résolu le problème de l'entrée du train dans les tunnels. Fini le bruit ou les vibrations inconfortables pour les passagers.

En outre, la forme dessinée par Eiji Nakatsu et son équipe en imitant le martin-pêcheur a rendu les trains plus économies en énergie... et encore plus rapides. "Le plus important, conclut l'ingénieur, c'est d'apprendre à observer la nature."

Mieux voir les couleurs pour se repérer sous l'eau

Même s'il repère toujours ses proies avant de plonger, le martin-pêcheur est doté d'une excellente vision subaquatique. Comme d'autres oiseaux d'eau, sa rétine possède deux fovées (la "tache jaune", la zone où la vision des détails est la plus précise) ; il n'en utilise qu'une lorsqu'il est à l'air libre, mais lorsqu'il plonge, il utilise aussi la seconde. Plus encore, la rétine du martin-pêcheur se distingue par la présence d'un grand nombre de gouttelettes lipidiques qui améliorent la vision des couleurs et lui permettent donc de mieux se repérer sous l'eau.

La vision subaquatique du martin-pêcheur pourrait, lorsqu'on en comprendra mieux tous les mécanismes, donner des idées pour mettre au point des appareils permettant une meilleure vision subaquatique.

LES TERMITES

Termitoidea L.

- Insectes sociaux vivant en colonies hiérarchisées et organisées en castes, construisant de grands nids en terre mâchée, les termitières.
- Cycle de développement : métamorphose imparfaite (les larves ressemblent à l'adulte) ; après plusieurs mues, les larves donnent des ouvriers et des soldats stériles, ou des nymphes, futurs adultes sexués.
- Écosystème : savane.

Couveuses à champignons

Les termitières recèlent des serres où pousse un champignon, *Termitomyces*, les deux espèces vivant en symbiose : le champignon pousse sur les déchets de bois que les termites ont rejetés sans les assimiler, et il leur procure une nourriture qu'ils peuvent digérer. Le tout à condition que les termites maintiennent dans leurs serres la température et l'humidité adéquates.

Protecteurs et guides géologiques



Au Bénin, lorsque quelqu'un n'a pas les moyens de se construire une maison, on lui fabrique une amulette (souvent un collier) avec de l'argile prélevée sur une termitière. Architectes et maçons, les termites veilleront de cette manière à favoriser les projets de construction. En Afrique, les termites sont aussi des guides pour les chercheurs d'or... et non sans raison puisque la terre des termitières, que les insectes ont puisée en profondeur avant de l'assimiler à leur construction, permet également d'analyser la composition du sous-sol. Elles indiquent parfois la présence de métaux et sont ainsi soigneusement examinées par les géologues... ou les orpailleurs. Des analyses de termitières ont même permis de repérer des gisements de diamants.



L'Eastgate Center, bâtiment climatisé à la manière des termitières.

Est-il possible de construire une cité souterraine où vivent et travaillent deux millions d'habitants, qui élèvent leur progéniture, stockent leur nourriture, une cité qui serait parfaitement protégée de la lumière du soleil et des intempéries et où régnerait une température constante ? Si l'homme en est pour l'instant incapable, les termites, eux, maîtrisent parfaitement ce type de construction. Dans les régions tropicales, les termites dits « supérieurs » (par opposition à leurs congénères qui nichent dans le bois) se bâtissent des demeures d'argile, les termitières, qui peuvent atteindre des hauteurs de 6 à 8 mètres et mesurer jusqu'à 30 mètres de diamètre.

Les insectes les construisent en mâchant de la terre : mêlée à leur salive, celle-ci cuit à la chaleur du soleil, ce qui donne un matériau extrêmement résistant.

Ces termitières sont dotées d'un formidable système de climatisation passive : dans leurs galeries et leurs chambres règne une température constante qui ne dépasse jamais 23 °C dans des régions tropicales où les températures extérieures peuvent atteindre le double. Et en plus de ce confort thermique, les insectes réussissent le tour de force d'assurer un taux d'hygrométrie stable à des bâtiments souvent situés en plein désert...

Les termitières s'élèvent au-dessus du sol – parfois très haut – mais ont leurs fondations en profondeur. Cette base circulaire, qui peut descendre parfois jusqu'à

2 mètres sous terre, s'enfonce dans des zones humides du sol. Là, la termitière puise l'humidité et la fraîcheur qui, grâce à un échange thermique constant, vont assurer la température et l'hygrométrie souhaitées au bâtiment. Comment ? De hautes cheminées, qui s'élèvent jusqu'au sommet de la termitière, évacuent l'air chaud ; des arrivées d'air latérales permettent de ventiler ces cheminées et de réguler la température.

Mais ce n'est pas tout : ce système est constamment perfectionné par l'intervention des insectes eux-mêmes qui bouchent ou débouchent des cheminées et ouvrent des orifices qui permettent la ventilation optimale – c'est cette interaction constante, évidemment, qui s'avère le plus difficile à imiter dans des bâtiments humains...

C'est à Harare, au Zimbabwe, qu'a été bâti le premier bâtiment climatisé à la manière des termites. Vaste immeuble abritant des bureaux et un centre commercial, l'Eastgate Center dispose d'un système de ventilation qui permet de faire circuler la fraîcheur récupérée sous le sol tout en captant l'air chaud à chaque étage pour l'évacuer par des cheminées qui surmontent le bâtiment. Non seulement ça marche, mais en plus, c'est très écologique : l'Eastgate Center utilise environ 10 % de l'énergie que consommerait un immeuble de sa taille doté d'un type de climatisation « traditionnelle ». De quoi faire réfléchir les architectes.