

La première autoroute ?

Le Nord de la Basse-Saxe de l'Allemagne actuelle était à l'origine couvert de tourbières infranchissables. Pourtant, quelque 3 000 ans avant notre ère, des hommes vivaient dans cette région inhospitalière. Ils se déplaçaient sur des chaussées de bois : les *Moorwege*. Dans la région du Grosses Moor (grand marais),



un tronçon de voie en bon état a été retrouvé : sur un soubassement de trois à cinq troncs de pins ou d'aulnes repose un lit de pieux qui constitue la surface extérieure de la chaussée. La forme des extrémités de ces

pieux montre qu'ils ont été coupés avec des haches de pierre. Environ 50 hectares de bois ont été nécessaires. Deux essieux cassés ont été retrouvés mêlés aux pieux de la chaussée. Ainsi, quelque 3 000 ans avant notre ère, on traversait déjà la Basse-Saxe en « voiture »...

F. S.

Marée verte dans le golfe

Non, il ne s'agit pas d'un nuage toxique se dirigeant sur l'Europe. Cette marée verte qui a envahi le golfe de Gascogne est une prolifération printanière de phytoplancton – des micro-organismes végétaux qui dérivent à la surface de l'océan. Le cliché a été pris le 2 mai par le satellite *Envisat*, de l'Agence spatiale européenne, optimisé pour l'occasion afin de détecter les différences de couleurs dans l'océan. La couleur verte de la « nappe » est liée à la chlorophylle du phytoplancton.

Si ces microalgues sont photosensibles, leur croissance dépend aussi de la concentration en nutriments dans l'océan, de la température ou encore de l'intensité des courants. Ainsi, une telle concentration de phytoplancton, habituelle à cette époque de l'année, résulte de l'exposition d'eaux froides riches en nutriments à la lumière du Soleil.

Le phytoplancton étant à la base de la chaîne alimentaire océanique, la marée verte est le signe annonciateur d'un renouveau biologique. Une bonne nouvelle pour la pêche, importante activité économique dans cette région.

M. G.



Du vent dans les éoliennes

Le vent est une source d'énergie renouvelable prometteuse. Encore faut-il savoir où placer les éoliennes pour tirer parti des vents les plus puissants et les plus constants.

Cristina Archer et Mark Jacobson, de l'Université de Stanford en Californie, ont établi une carte mondiale qui indique la vitesse du vent à 80 mètres d'altitude – la hauteur à laquelle tournent les pales des éoliennes modernes.

La quasi-totalité des données disponibles concernaient jusqu'à présent la vitesse du vent à 10 mètres au-dessus du sol, et les mesures à 80 mètres sont peu nombreuses.

À partir des sites où les deux données étaient connues, les chercheurs ont établi un modèle décrivant localement comment la vitesse du vent augmente avec l'altitude. Ils ont ensuite extrapolé aux milliers de points de mesures à basse altitude répartis sur le globe.

Ils en ont déduit que la vitesse moyenne (sur un an) du vent à 80 mètres d'altitude est supérieure à la vitesse minimale requise pour la production d'électricité – 25 kilomètres par heure – dans 13 pour cent des sites. Les régions les plus exposées au vent sont la mer du Nord, la Terre de Feu, la côte Est des États-Unis, ainsi que la Tasmanie.

D'après C. Archer et M. Jacobson, la puissance éolienne potentielle totale de l'ensemble des sites serait d'environ 72 térawatts, soit 35 fois plus que la consommation mondiale d'électricité. Aujourd'hui, 0,54 pour cent seulement de ces besoins est assuré par l'énergie éolienne.

Philippe Ribeau-Gésippe.

Evaluation of global wind power, à paraître dans Geophysical research letters, vol. 110.



C. Archer & M. Jacobson

- Vitesse inférieure à 5,9 m/s
- Entre 5,9 et 6,8 m/s
- Entre 6,8 et 7,4 m/s
- Entre 7,4 et 8 m/s
- Entre 8,1 et 8,5 m/s
- Entre 8,6 et 9,3 m/s
- Vitesse supérieure à 9,4 m/s

La vitesse annuelle moyenne des vents à une altitude de 80 mètres au-dessus de la surface du globe a été représentée sur ces cartes. La mer du Nord est une des zones les plus ventées. À partir du bleu foncé, la vitesse est suffisante pour produire de l'électricité.



Chiffres au vent

Admirez les deux sculptures couplées de Jessica Stockholder en hommage aux travaux du mathématicien norvégien Thoralf Skolem (1887-1963). Quand il inventa les suites numériques portant son nom, il n'a pas imaginé qu'elles seraient un jour le sujet de sculptures. Nos actes se détachent de nous pour mener une existence propre, prophétisait Antigone.

J. Stockholder a endossé l'habit du géomètre pour expliciter l'abstraction de la suite de nombres. Il n'y a pas d'ange de la géométrie et de diable de l'algèbre, mais une complémentarité exprimée par les élèves qui ont contribué, lors des « Mathématiques dans la ville » en 2000, à faire naître

la sculpture. En cette année mondiale des mathématiques, Jean-Pierre Bourguignon, directeur de l'Institut des hautes études scientifiques (IHES, près de Paris), et Jean Brette, alors responsable des mathématiques au Palais de la découverte, animèrent des salles de classe avec l'étude des suites de Skolem. Ces suites passionnèrent des collégiens et il sembla intéressant de donner à ce riche sujet mathématique un prolongement artistique. Toutefois, il a fallu de multiples bonnes volontés pour faire naître l'œuvre d'art, notamment l'aide de la Fondation de France.

Le sujet de la sculpture est une suite comportant toutes les paires d'entiers de 1 à n , tels que deux nombres soient dis-

tants d'un « nombre de nombres » égal à leur valeur moins une unité. Ainsi, dans la suite 3523275864117468, les deux 3 sont distants de deux unités, les deux 1 sont côte à côte, les deux 8 sont séparés par les sept chiffres 6411746, etc. Il n'existe pas de suite ayant cette propriété pour n égal à 2 ou 3 : la première suite possible correspond aux quatre paires de 1 à 4. Ces impossibilités, déstabilisantes pour un non-mathématicien, ont un intérêt pédagogique : nous avons trop l'habitude que tout problème posé (par le fait même qu'il est posé) ait une solution.

De taille monumentale (9 mètres sur 11) et installée à l'IHES, l'œuvre – *Skolem - Chocs de blocs et chiffres au vent* – est composée de huit volumes d'une hauteur variant de 0,3 mètre à 1,5 mètre placés sur un quadrillage, les largeurs des objets correspondant, selon l'angle de vue, à une suite de Skolem.

Skolem est plus connu comme logicien que comme théoricien des nombres. Comme il a publié ses théorèmes importants en norvégien, ses travaux ont été redécouverts par d'autres, en toute bonne foi. Il est remarquable que la Norvège ait donné naissance à autant de mathématiciens de talent, en commençant par Abel et en continuant par Sophus Lie et bien d'autres. Petit pays par la taille, la Norvège est grande par les mathématiques. Elle a créé, il y a trois ans, un prix de mathématiques, le prix Abel, équivalant aux prix Nobel des autres disciplines scientifiques. Il est décerné cette année 2005 au mathématicien américain Peter Lax, spécialiste des équations aux dérivées partielles.

Ph. B.



Laurent Lecat

Chiffres au vent est un hommage au mathématicien Thoralf Skolem. Sur la partie au premier plan les largeurs des enjambements varient de 1 à 8. Au fond, selon deux points de vue, les largeurs des structures constituent chacune une suite de Skolem pour les paires de nombres de 1 à 8.

Quand l'Univers sursaute

Les sursauts gamma sont les explosions les plus puissantes de l'Univers. Ils peuvent briller comme 100 millions de milliards de Soleil et annoncent généralement la mort d'étoiles et la naissance de trous noirs. Jusqu'à présent, seuls des sursauts de quelques secondes avaient été étudiés. Pour la première fois, la source d'un sursaut gamma extrêmement bref de 50 millisecondes a été localisée grâce au rayonnement X qui l'a suivi. Les astronomes interprètent ce sursaut comme la fusion de deux objets massifs, tels des trous noirs ou des étoiles à neutrons. Comment parviennent-ils à cette conclusion ?

Il existe deux types de sursauts gamma, longs et brefs. Les sursauts gamma qui durent plus de deux secondes seraient la conséquence d'explosions d'étoiles massives :

lorsqu'un astre n'a plus assez de gaz pour entretenir les réactions nucléaires qui le font briller, il s'effondre sous son propre poids. Des ondes de choc et des neutrinos traversent alors le gaz de l'étoile, ce qui produit des rayons gamma pendant une durée d'autant plus longue que la couche de gaz traversée est importante. Ce rayonnement peut durer plusieurs dizaines de secondes avant que l'astre ne se transforme en un trou noir.

Quant aux sursauts gamma durant moins de deux secondes, ils proviendraient de fusions de deux objets massifs, un trou noir et une étoile à neutrons ou deux étoiles à neutrons. Une telle fusion aboutit à la formation d'un trou noir entouré d'un disque d'accrétion, c'est-à-dire de matière qui tombe en spirale vers le trou noir. L'énergie