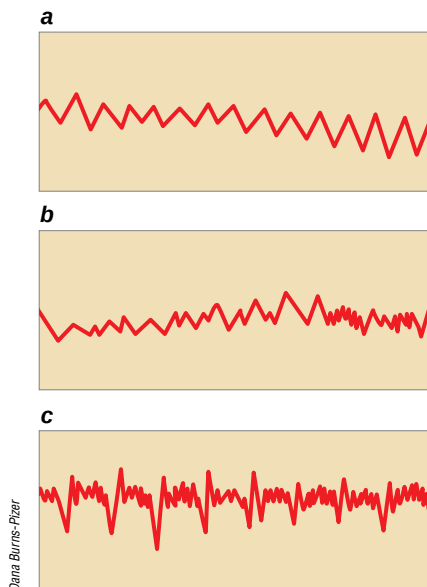




4. LE TRACÉ CARDIAQUE de la première personne ayant bénéficié d'une défibrillation montre le rythme vacillant et désorganisé caractéristique de la fibrillation ventriculaire (a et b). Le dernier tracé (c) montre le rythme plus régulier restauré par la défibrillation.

Ce nombre (quelques centaines tout au plus) reste faible parce que la défibrillation intervient trop tard. Une stratégie fondée sur l'envoi d'urgence de défibrillateurs aux patients ne peut remporter qu'un succès limité.

La solution définitive

Pourquoi cet échec? Parce que nous ignorons la cause de la fibrillation, et ne savons pas la prévoir ; comme il est impossible d'équiper de défibrillateurs tout malade potentiel, le nombre de décès diminue peu. Vingt pour cent des fibrillations ventriculaires surviennent chez des personnes n'ayant aucun antécédent cardiaque. Les facteurs déclenchants sont mal connus. Ils comprendraient l'ischémie (une oxygénation insuffisante du muscle cardiaque qui le rend irritable), des anomalies électrolytiques, des déséquilibres neurovégétatifs et des maladies héréditaires.

Les médecins connaissent mal également le mécanisme de la défibrillation. Vraisemblablement, le choc électrique dépolarise simultanément toutes les fibres musculaires du cœur, permettant à son mécanisme de temporisation interne de se resynchroniser et de revenir ainsi à la normale. Cette resynchronisation s'apparente à la réinitialisation d'un ordinateur qui s'est mystérieusement bloqué.

Même si les défibrillateurs se multiplient, la seule solution définitive du problème de fibrillation ventriculaire réside dans la prévention. Les défibrillateurs sont à l'origine d'un paradoxe que le médecin Lewis Thomas fut le premier à décrire : cet instrument que nous pensons être une prouesse technique n'est en fait qu'un balbutiement, puisque nous n'avons qu'une connaissance très rudimentaire de la maladie. En fait, le plus haut niveau de technique médicale est celui qui est le moins cher et qui va de pair avec une bonne connaissance de la maladie, comme c'est le cas pour la vaccination. Le plus bas niveau technique est très coûteux et traite les ravages qu'occasionne une maladie plutôt que de les prévenir. Nous savons miniaturiser les défibrillateurs et les implanter dans le thorax des patients, mais nous ne comprenons pas pourquoi un cœur entre en fibrillation et nous restons incapables de reconnaître les signes avant-coureurs de la fibrillation ventriculaire.

Depuis 50 ans, les progrès de la cardiologie ont été considérables, mais la fibrillation ventriculaire reste toujours la première cause de décès chez l'adulte. Je dirais que les espoirs de Beck ne se sont réalisés qu'à 50 pour cent. Lorsque l'usage à domicile des défibrillateurs sera autorisé, peut-être que l'énorme potentiel des défibrillateurs se concrétisera, mais il s'agira encore d'une fausse victoire. La vraie victoire sera remportée lorsque nous comprendrons la fibrillation ventriculaire et saurons la prévenir. Ne serait-il pas fabuleux de considérer un jour le défibrillateur comme un objet obsolète?

Mickey EISENBERG dirige le service de médecine d'urgence de l'Université de Washington.

C.S. BECK, W.H. PRITCHARD et H.S. FEIL, *Ventricular Fibrillation of Long Duration Abolished by Electric Shock*, in *Journal of the American Medical Association*, vol. 135, pp. 985-986, 1947.

J.F. PANTRIDGE et J.S. GEDDES, *A Mobile Intensive-Care Unit in the Management of Myocardial Infarction*, in *Lancet*, n° 7510, pp. 271-273, 5 août 1967.

M.S. EISENBERG, L. BERGNER, A.P. HALLSTROM et R.O. CUMMINS, *L'arrêt cardiaque*, in *Pour la Science*, juillet 1986.

DES CAILLOUX DANS LES CHOSES SÛRES

DIDIER NORDON

Des cailloux dans les choses sûres



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 65 F
Code 1897

POUR LA SCIENCE
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 90

La gradiométrie gravitationnelle

ROBIN BELL

Un appareil de mesure mis au point pour le guidage des sous-marins permet l'établissement de cartes géologiques précises.

Comment diriger un sous-marin dans les profondeurs opaques des océans ? Les sonars, qui émettent des ultrasons et chronomètrent le retour des échos, détectent des obstacles situés à l'avant du bâtiment ou mesurent la hauteur d'eau sous la quille, mais ils risquent de révéler la présence du sous-marin aux ennemis.

Pendant la guerre froide, la Marine américaine équipa donc ses sous-marins nucléaires de systèmes de guidage plus discrets, nommés gradiomètres gravitationnels, qui détectent les infimes variations de l'attraction gravitationnelle engendrées par les récifs ou par les montagnes sous-marines. Ces appareils, dont l'existence a longtemps été tenue secrète, sont aujourd'hui utilisés par les compagnies pétrolières pour la localisation précise de gisements de pétrole et de gaz naturel.

Les géologues ont depuis longtemps tenté de mesurer les variations locales de l'intensité de la pesanteur. En 1890, le physicien hongrois Loránd Eötvös conçut le premier dispositif qui mesurait directement les variations dues à la présence d'un corps massif. Avant lui, des physiciens avaient chronométré les oscillations de pendules pour détecter les effets des marées solides dues à la Lune et au Soleil, mais la balance de torsion d'Eötvös était beaucoup plus sensible.

Cette balance est composée d'une potence métallique horizontale suspendue à un fil, aux extrémités de laquelle sont fixées deux masses. L'une des masses est sur la potence et l'autre est accrochée plus bas (voir la figure 1, à droite). Comme l'orientation du champ de gravité est légèrement dif-

férente aux points occupés par les masses, la potence tourne autour du fil, jusqu'à ce que la torsion de celui-ci contrebalance exactement la différence des forces. La mesure de l'angle d'équilibre, avec un viseur solidaire de la potence, pour cinq orientations de départ différentes permet le calcul de toutes les composantes du gradient gravitationnel (voir l'encadré page 96).

Du fond du lac aux gisements pétroliers

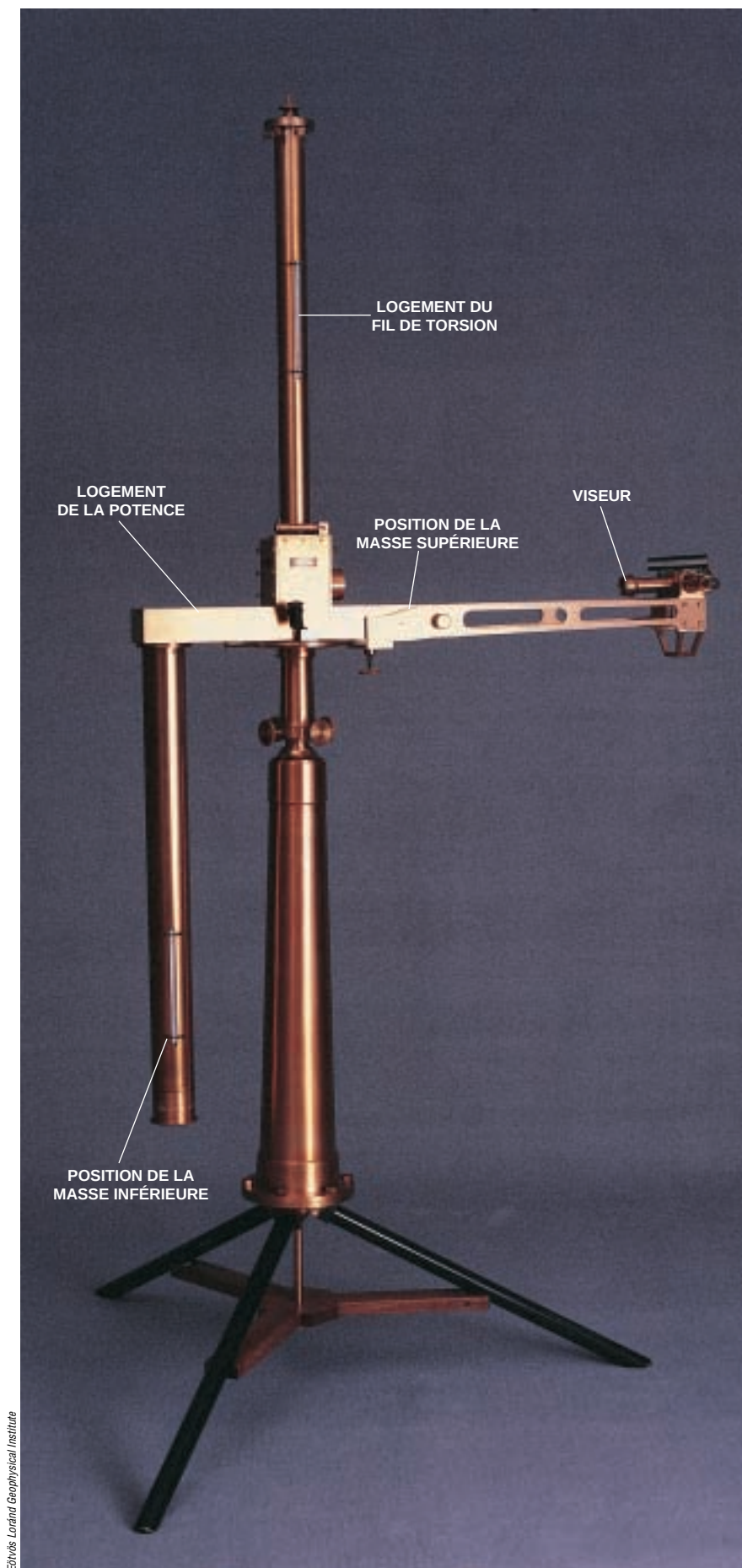
Le directeur du Bureau géologique hongrois, Hugo de Boeckh, eut l'idée d'utiliser de telles mesures pour déterminer la structure géologique du sous-sol. En 1901, Eötvös et de Boeckh testèrent cette idée sur un lac gelé. Ils dressèrent une carte du fond du lac et la comparèrent à un relevé au fil à plomb réalisé l'été précédent : le résultat était identique. Puis ils réalisèrent des relevés géologiques plus complexes, qui intéressèrent rapidement les prospecteurs pétroliers.

Ce n'est toutefois qu'après la Première Guerre mondiale que des géologues américains utilisèrent la balance d'Eötvös pour la prospection pétrolière. Ils espéraient notamment détecter ainsi une de leurs cibles favorites : les «dômes de sel». Ces structures géologiques en forme de champignon, qui atteignent parfois plus d'un kilomètre d'épaisseur, renferment souvent d'énormes gisements de gaz et de pétrole, parce qu'ils résultent de l'assèchement d'océans, au cours duquel des sédiments organiques ont été enfouis et transformés. Comment détecter ces dômes lorsqu'ils n'affleurent pas en surface ? Le sel étant moins dense que la plupart des roches, il exerce une attraction gravitationnelle inférieure : des valeurs anormalement faibles de l'intensité de la pesanteur (ou une anomalie du gradient gravitationnel au-dessus de ces gisements) indiquent la présence de telles masses de sel.

Un premier dôme de sel fut ainsi découvert, à l'aide d'une balance d'Eötvös, en 1924. De nombreuses autres découvertes s'enchaînèrent rapi-



1. LE PREMIER GRADIOMÈTRE (à gauche), une balance de torsion, a été mis au point par le physicien hongrois Loránd Eötvös, à la fin du XIX^e siècle. Pendant l'hiver 1901, Eötvös et ses collègues ont testé cet instrument en cartographiant le fond du lac Balaton, près de Budapest, à partir de sa surface gelée (ci-dessus).



Ethvös Loránd Geophysical Institute

dement, et des géologues dressèrent les cartes de formations souterraines plus complexes à l'aide de gradiomètres gravitationnels. Au milieu des années 1930, la gradiométrie gravitationnelle était devenue une technique classique de la prospection pétrolière.

Toutefois, le succès du gradiomètre gravitationnel fut bref, parce que l'instrument était d'emploi compliqué : avant d'utiliser une balance de torsion, on devait niveler le terrain sur une centaine de mètres de long et dans huit directions différentes, puis, au centre de cette clairière étoilée, on devait construire un petit bâtiment qui protégeait la balance du vent ou des variations de température. Les lourdes boucles de ceintures, les lignes téléphoniques, les caves du voisinage et même la présence des expérimentateurs étaient à l'origine de nombreuses incertitudes. Les cartes de gradients gravitationnels étaient en outre difficiles à interpréter.

Au contraire, les instruments qui mesuraient directement l'intensité de la pesanteur (aussi très utilisés par les prospecteurs pétroliers dans les années 1930) étaient moins perturbés par l'environnement, et leur emploi ne nécessitait ni l'abattage d'arbres ni la construction de bâtiments. Les géologues préféraient employer des cartes où se superposaient les contours d'égale intensité de la pesanteur que des cartes gradiométriques détaillées, encombrées de traits et de flèches énigmatiques. La gradiométrie gravitationnelle tomba donc dans l'oubli.

Le renouveau

Comme la plupart de mes collègues, je ne connaissais de cette technique que ces quelques éléments historiques, rapportés par les manuels de géologie. En revanche, j'utilisais la gravimétrie pour mes travaux : à l'aide d'un gravimètre électronique perfectionné que j'avais installé à bord d'un avion, j'explorais la géologie du socle rocheux de l'Antarctique Ouest.

Il y a quatre ans, mon collègue Roger Anderson me demanda si, avec mon gravimètre, je pourrais survoler la zone qu'il étudiait, dans le golfe du Mexique, afin de comparer mes mesures avec celles recueillies par un navire. Il souhaitait analyser les variations de l'intensité de la pesanteur en fonction de l'altitude, c'est-à-dire faire de la gradiométrie gravitationnelle ! Il recherchait des dépôts de sel dans