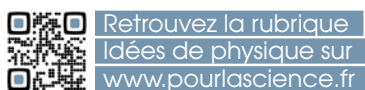


■ BIBLIOGRAPHIE

H. K. Moffatt et Y. Shimomura, **Spinning eggs – a paradox resolved**, *Nature*, vol. 416, pp. 385-386, 2002.

R. J. Cohen, **The tippe top revisited**, *American Journal of Physics*, vol. 45(1), pp. 12-17, 1977.

W. A. Pliskin, **The tippe top (topsy-turvy top)**, *American Journal of Physics*, vol. 22, pp. 28-32, 1954.



Retrouvez la rubrique
Idées de physique sur
www.pourlascience.fr

une, mais deux forces de frottement, de même sens, qui tendent donc à incliner la toupie encore plus. En raison du caractère brutal de cet ajout, il est fréquent que la tippe-top bondisse sur sa tige.

Qu'en est-il pour l'œuf ? Comme pour la tippe-top, le détail des forces et des couples est très délicat à analyser, mais l'existence de la constante de Jellet permet de comprendre en partie le redressement.

Il y a toutefois des différences avec la toupie. D'abord, l'œuf part à plat. Par conséquent, au cours de son redressement, son moment d'inertie par rapport à la verticale (qui mesure la répartition des masses par rapport à l'axe de rotation) varie beaucoup. Malgré le frottement, surtout s'il est faible, sa rotation propre peut accélérer dans certaines phases, comme un patineur qui ramènerait ses bras le long de son corps.

Par ailleurs, lorsque la rotation initiale est très rapide (1 600 tours par minute dans les expériences de Y. Shimomura !), les petites asymétries de l'œuf suffisent pour qu'il effectue des petits bonds, de l'ordre d'un dixième de millimètre.

Enfin, on peut s'interroger : pourquoi l'œuf cru ne se redresse-t-il pas ? La rotation de la coquille ne se communique que progressivement au liquide interne, comme lorsqu'on fait tourner une cuillère dans une casserole d'eau. Cependant, la viscosité du liquide est si élevée que la résistance à l'écoulement dissipe vite l'énergie de rotation, laquelle devient insuffisante pour faire monter l'œuf. En revanche, si on arrête brusquement l'œuf, l'œuf cru redémarrera un peu après avoir été relâché (au contraire de l'œuf dur), car son intérieur est, lui, resté en rotation. ■

Toutes les ARCHIVES

■ Pour la Science

■ Dossier
Pour la Science

depuis

1996



maintenant disponibles sur www.pourlascience.fr*

* Numéros à lire en ligne ou téléchargeables en PDF, en vente à l'unité ou accessibles par abonnement.

QUESTION AUX EXPERTS

Pourquoi l'IRM est-elle si bruyante ?

Le bruit résulte des vibrations des bobines conductrices servant à localiser l'origine des signaux IRM émis.

Cyril POUPON



Si vous avez déjà passé un examen par IRM, vous avez entendu, quand vous étiez allongé dans l'appareil, une série de claquements. Cessons sont graves pour une IRM anatomique, destinée à visualiser une partie du corps, et aigus pour une IRM fonctionnelle, qui visualise l'activité du cerveau. D'où provient ce bruit ?

L'IRM (imagerie par résonance magnétique) exploite les propriétés magnétiques des noyaux d'hydrogène de l'eau contenue dans les tissus biologiques. Au cours d'un examen, l'organe à explorer est plongé dans un champ magnétique intense (1,5 à 3 teslas, soit plus de 100 000 fois celui de la Terre). Ce champ magnétique statique (constant dans le temps) est créé à l'aide d'un électro-aimant, constitué d'une bobine de conducteur électrique plongée dans de l'hélium liquide. Ce bain, à une température de 4,2 kelvins (4,2 degrés au-dessus du zéro absolu), rend le matériau supraconducteur, c'est-à-dire annule sa résistance électrique (ce qui permet au courant, très intense, de circuler sans perte).

Les tissus mous contiennent une quantité importante d'eau (jusqu'à 80 % dans le cerveau), dont les molécules se comportent comme de petits aimants, nommés spins. Ceux-ci s'orientent dans la direction du champ magnétique statique lorsqu'ils sont placés au centre de l'électro-aimant. À leur état d'équilibre, les spins tournent autour de l'axe du champ (mouvement dit de précession) à une fréquence proportionnelle à

l'amplitude de ce dernier. Grâce à une antenne placée autour de l'organe exploré, on émet alors une onde radio de même fréquence, qui agit sur les spins. Ceux-ci entrent en résonance avec l'onde radio (d'où le nom de cette modalité d'imagerie), ce qui se traduit par un basculement du spin par rapport au plan perpendiculaire au champ magnétique ; quand le spin revient à sa position initiale, il émet une onde électromagnétique, captée par une antenne réceptrice.

Les propriétés magnétiques des tissus contenant l'eau perturbent les spins et influent sur l'amplitude du signal recueilli, ce qui crée le contraste dans les images d'IRM. Dans le cas de l'IRM fonctionnelle classique, les propriétés magnétiques du sang varient quand il apporte de l'oxygène aux aires cérébrales qui s'activent, d'où une modification du signal.

Des bobines secouées

Pour localiser le point d'émission du signal, on utilise trois bobines dites de gradient de champ magnétique, alignées le long d'axes différents. Ces bobines font varier localement le champ magnétique, de sorte que la fréquence de précession et l'orientation des spins deviennent spécifiques de leur position. La fréquence de l'onde émise par un spin est alors caractéristique de la localisation de ce dernier. En pratique, l'antenne reçoit un mélange des signaux émis par tous les points. Par un traitement informatique reposant sur une analyse dite de Fourier,

on décompose le signal en ses éléments de différentes fréquences, ce qui permet de reconstituer une image de l'organe exploré.

Les bobines de gradient sont alimentées par des courants électriques alternatifs de plusieurs centaines d'ampères, qui ne durent que quelques millisecondes. Le champ magnétique statique agit sur ces courants et engendre des forces mécaniques radiales (dites forces de Laplace), faisant vibrer les bobines. Ainsi, à chaque fois qu'une image est prise, il se produit un train de vibrations qui émet un claquement sonore, dont la fréquence est égale à celle des vibrations. Le bruit est plus aigu pour une IRM fonctionnelle car il faut faire varier les courants plus vite pour acquérir de nombreuses images et suivre l'évolution de l'activité cérébrale, d'où des vibrations de plus haute fréquence.

C'est donc le processus de lecture tridimensionnelle du signal qui crée du bruit. À trois teslas, ce bruit peut atteindre 125 décibels, équivalant à l'intensité perçue lors d'un concert de rock. Des protections acoustiques, tels des bouchons d'oreille ou des casques, s'imposent alors. Ces protections sont conçues pour ramener le niveau de bruit en deçà de 99 décibels, maximum autorisé par l'administration sanitaire américaine (la Food & Drug Administration, ou FDA). ■

Cyril POUPON est directeur de l'Unité d'imagerie par résonance magnétique nucléaire et de spectroscopie (UNIRS) du centre NeuroSpin du CEA à Gif-sur-Yvette.

Dans l'**inter**êt de la science

mathieu
vidard

la tête au carré
14:05-15:00



**france
inter**venez
franceinter.fr