

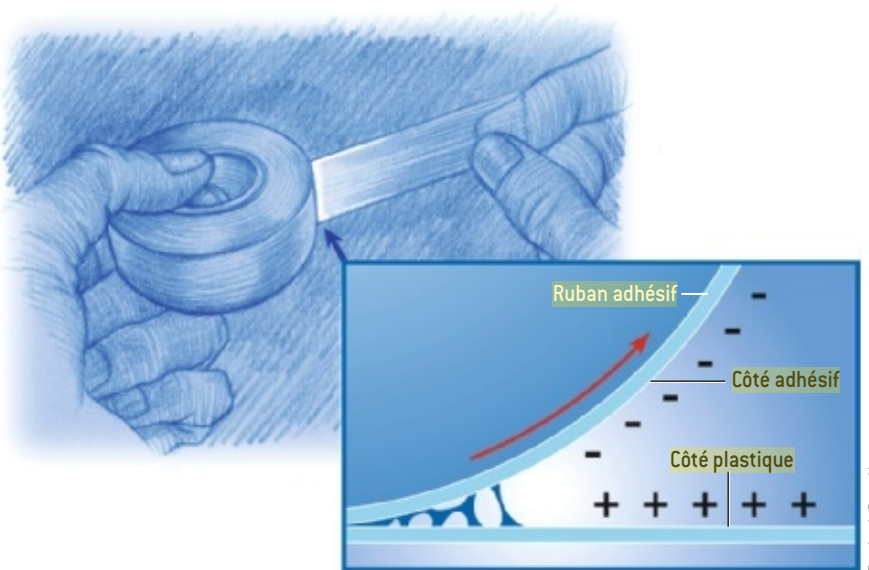
régnant dans le tube doit être de grande qualité (un milliardième d'atmosphère). Les électrons atteignent alors une cible métallique, généralement du tungstène ou du molybdène, où leur freinage brutal engendre le rayonnement désiré. Un ensemble d'écrans permet alors de diriger les rayons X vers l'objet à sonder. Haute tension, vide poussé, tube fragile... : la mise en œuvre du tube de Coolidge reste délicate.

Recourir à la triboélectricité

Depuis le tube de Coolidge, d'autres sources de rayons X ont vu le jour, notamment pour analyser la structure de la matière à l'échelle atomique : il s'agit des synchrotrons, accélérateurs de particules en anneau qui occupent tout un bâtiment. La voie n'était donc pas celle de la miniaturisation... jusqu'à ce qu'en 2008, Seth Putterman et ses collègues, à l'Université de Californie à Los Angeles, s'intéressent à la triboluminescence. Ce phénomène est associé à la triboélectricité, c'est-à-dire l'apparition d'électricité statique lorsque deux surfaces sont frottées ou séparées. Les tensions électriques produites suffisent parfois à provoquer, lors de la séparation des surfaces, de petites décharges électriques qui émettent de la lumière.

En 1939, l'Américain E. Newton Harvey, grand spécialiste de la bioluminescence, avait observé ce phénomène avec un simple ruban adhésif. Chacun peut reproduire l'expérience chez soi : lorsqu'on dévide rapidement le ruban, une lumière bleutée est émise à l'endroit du décollement (voir la figure 2). L'effet est nettement visible, mais, comme nous l'avons expérimenté en déroulant près de 25 mètres de ruban adhésif « Magic Tape » de la marque 3M, il faut une obscurité totale et attendre plusieurs minutes que les yeux se soient adaptés.

Harvey avait aussi remarqué qu'en séparant des lamelles de mica sous vide, les parois de verre de la cellule deviennent fluorescentes comme celles d'un tube à rayons X. Le physicien russe V. Karasev et ses collègues ont d'ailleurs confirmé



Dessins de Bruno Vacaro

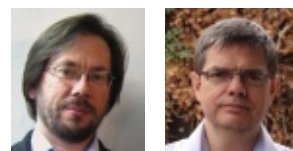
2. EN DÉROULANT DANS L'OBSCURITÉ complète un ruban adhésif, on peut distinguer une lumière bleutée émise de la zone de décollement. Si l'expérience est effectuée sous vide, on détecte l'émission de rayons X. Dans la région du décollement, des charges électriques se séparent. Il en résulte des champs électriques intenses, qui créent des microdécharges. Les électrons de ces décharges, accélérés par le champ électrique puis stoppés par la surface positive, émettent un rayonnement.

en 1953 cette émission de rayons X en étudiant le décollement d'un polymère d'une plaque de verre dans le vide.

Que se passe-t-il ? Tout d'abord, lorsque le ruban se décolle du rouleau, il se charge, comme on peut le vérifier en dévidant une vingtaine de centimètres de ruban : ce dernier est attiré par les surfaces les plus proches et attire de petits morceaux de papier, comme une règle de plastique frottée sur les cheveux. Ainsi, lors du décollement, on obtient une séparation de charges, négatives sur l'adhésif du ruban et positives sur le plastique du rouleau. Elles créent un champ électrique qui peut atteindre un million de volts par mètre lorsque les surfaces sont séparées de quelques dixièmes de millimètre.

Cependant, pour obtenir ce résultat, il importe de se placer dans un régime particulier de décollement, le « stick-slip » (collé-glissé). Dans ce régime, atteint à partir d'une certaine vitesse, le décollement n'est pas continu, mais se fait par saccades, d'où un bruit caractéristique. Les mécanismes qui créent des concentrations de charges, à l'origine des champs

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

BIBLIOGRAPHIE

J. R. Hird *et al.*, A triboelectric X-ray source, *Applied Physics Letters*, vol. 98, 133501, 2011.

C. G. Camara *et al.*, Correlation between nanosecond X-ray flashes and stick-slip friction in peeling tape, *Nature*, vol. 455, pp. 1089-1092, 2008.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr





3. L'ÉMISSION DE RAYONS X
par effet triboélectrique va donner lieu à des émetteurs X compacts et portables, qui permettront de réaliser des radiographies ou des analyses chimiques sur le terrain.

électriques intenses, ne sont pas encore compris. Le spectre de rayonnement obtenu est très large, et va du visible jusqu'à des rayons X de 20 kiloélectronvolts et plus. Comme dans le tube de Coolidge, les rendements sont désastreux : un millionième seulement de la puissance mécanique fournie est récupérée sous forme de rayons X. Cette faible puissance lumineuse est tout de même suffisante pour radiographier une main !

Forts de ces résultats, les chercheurs américains ont poursuivi leurs travaux et créé une entreprise, *Tribogenics*, afin de développer une source utilisable reposant sur ce procédé. Leur nouvelle source, de la taille d'une clef USB, n'utilise plus un adhésif, mais un film de silicone qui est rapidement collé et décollé d'un substrat de résine époxy, à l'aide d'une cale piézo-

électrique. Un autre prototype en développement met en œuvre deux cylindres roulant l'un contre l'autre, sous vide. Il suffit d'un petit moteur alimenté par une batterie pour faire tourner ces cylindres et produire des rayons X.

L'objectif est de disposer de sources de rayons X portables, de la taille d'un téléphone portable ou plus petites, ne nécessitant pas de source de haute tension ni de mécanisme de refroidissement du métal chauffé par le faisceau intense d'électrons. On pourrait ainsi réaliser des radiographies sur le terrain [voir la figure 3], qu'il s'agisse de médecine ou de sécurité, avec un équipement complet tenant dans une mallette, ou encore d'y effectuer des analyses chimiques rapides et *in situ* à partir de la lumière caractéristique émise par les atomes après excitation par des rayons X.

universcience présente

les conférences

entrée libre

Les jeudis 17, 24, 31 janvier et 7, 14, 21 février à 19 h

théma **Les uns et les autres**

CYCLE "L'autre en nous"

Notre corps intègre des éléments étrangers : gènes provenant d'autres espèces, millions de bactéries en symbiose, fœtus chez la mère, organe d'un autre chez le greffé. Comment se redéfinit notre identité quand l'autre est en nous ?

Avec le soutien

SCIENCE VIE culture

programme complet sur www.universcience.fr