

Weiss, de l'Université d'État de Pennsylvanie, et John Moore, de l'Université de Floride, nous avons étudié les échantillons d'ADN d'Amérindiens Muskokes, qui vivent aujourd'hui dans l'Oklahoma. L'haplotype le plus fréquent est encore l'haplotype IIA, mais il n'est présent que chez 38 pour cent des individus étudiés. Cette faible fréquence s'explique par l'histoire de la tribu Muskoke : elle est entrée pour la première fois en contact avec les Européens en 1541 et s'est ensuite croisée largement avec des populations européennes et avec des esclaves noirs.

Au total, la prédominance de l'haplotype IIA confirme que les Amérindiens des trois Amériques proviennent d'une même onde migratoire, d'origine asiatique.

À Stanford, Peter Underhill et Luca Cavalli-Sforza ont corroboré nos résultats en étudiant également l'haplotype *DYS19* et aussi un SNP nommé *DYS199* : en ce site de l'ADN, les individus ont soit une base C, soit une base T.

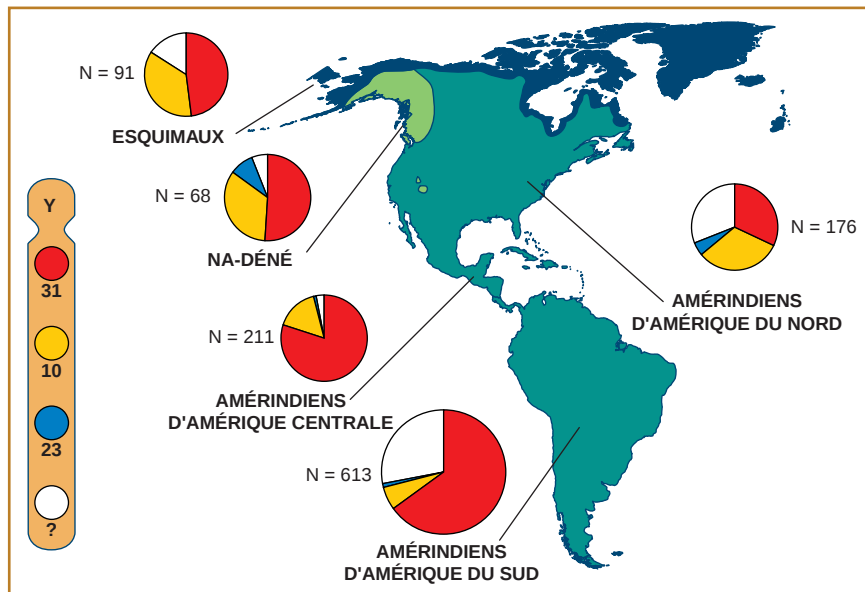
On trouve l'allèle C de *DYS199* chez tous les Européens, les Asiatiques, les Africains et les primates supérieurs étudiés. En revanche, l'allèle T apparaît chez 91 pour cent des 54 individus d'Amérique du Nord étudiés, soit 15 Cartianos, 17 Surois, 8 Mayas, 2 Colombiens, 6 Esquimaux et 6 Navajos. De plus, une trentaine des 46 individus qui avaient l'allèle T de l'haplotype *DYS199* étaient porteurs de l'allèle A de l'haplotype *DYS19*.

Puis nous avons confirmé que tous les Amérindiens IIA que nous avons étudiés portaient également l'allèle T de l'haplotype *DYS199*. Toutefois, cet allèle était absent des échantillons provenant de Mongolie ou de Sibérie : la mutation de C en T a probablement eu lieu au cours de la migration des peuples asiatiques qui ont peuplé l'Amérique, ou immédiatement après celle-ci.

P. Underhill a mis en évidence les allèles A de l'haplotype *DYS19* et T de l'haplotype *DYS199* chez 66 pour cent des Esquimaux et chez 33 pour cent des Navajos. Or, les trois groupes linguistiques proviendraient de trois vagues migratoires différentes.

D'autres études ont confirmé la présence de l'allèle T chez les Na-Déné et chez les Esquimaux Nord-américains : cette présence est-elle due au croisement de ces peuples avec des Amérindiens ? L'hypothèse précédente est-elle fautive ?

Par ailleurs, la faible fréquence de l'allèle T dans les populations sibé-



4. LES PRINCIPAUX GROUPES D'INDIGÈNES AMÉRICAINS ont été identifiés par des analyses génétiques. Pour chaque groupe, les principaux types de chromosomes Y sont indiqués (haplotypes 31, 10 et 23). L'haplotype 31 est l'haplotype fondateur le plus important. L'haplotype 10 est l'haplotype fondateur secondaire, ancêtre de l'haplotype 31, duquel il diffère par une base C sur le site *DSY199*. L'haplotype 23 diffère des haplotypes 10 et 31 par une mutation sur le site *RPS4Y*. Quelques individus représentent des chromosomes qui n'ont pas encore été caractérisés (en blanc) ou qui proviennent d'autres groupes ethniques (Européens, Africains, etc.).

riennes (Esquimaux de Sibérie, Chukchis et Evens) est surprenante : y a-t-il eu des migrations inverses, de l'Amérique vers l'Asie ?

Environ 90 pour cent des Amérindiens d'Amérique du Sud et 50 à 70 pour cent des Amérindiens d'Amérique du Nord ont un même haplotype principal de chromosome Y. Peut-on alors identifier la population asiatique à l'origine de la majorité des Amérindiens ?

Pour répondre à cette question, nous avons étudié 306 hommes de diverses populations du monde entier, en mettant l'accent sur celles originaires de Mongolie et de Sibérie. Nous avons enquêté sur cinq groupes linguistiques différents parmi les Sibériens : les Bouriates, les Yakoutes, les Evenkis, les Altaïens et les Kètes. Nous avons employé sept types de polymorphismes et identifié 30 polymorphismes sur le chromosome Y humain.

Les populations asiatiques les plus proches génétiquement des Amérindiens sont les groupes originaires de Sibérie, les Kètes (de la vallée de l'Ienisseï) et les Altaïens (des monts Altaï). Les trois autres groupes sibériens sont regroupés avec les Mongols.

Un haplotype du chromosome Y observé chez les Altaïens et les Kètes conserve une proche parenté avec le principal chromosome Y des Amérindiens. Les haplotypes similaires à celui-ci sont rares dans la plus grande partie

de l'Asie (Chine, Japon, Indonésie), mais ils sont abondants dans toute l'Europe. Ainsi un type de chromosome Y ancestral, vieux de plus de 30 000 ans en Eurasie, serait à l'origine de la majorité des chromosomes Y européens, des chromosomes Y des Kètes et des Altaïens de Sibérie et des chromosomes Y des indigènes américains. Autrement dit, des peuples auraient migré vers l'Amérique en passant par le Nord de l'Asie, à travers la Sibérie et la Béringie.

Sergio PENA et Fabrício SANTOS sont professeurs à l'Université fédérale de Minas Gerais.

S.D. PENA, F.R. SANTOS, N.O. BIANCHI, C.M. BRAVI, F.R. CARNESE, F. ROTH-HAMMER, T. GERELSAIKHAN et al., *A Major Founder Y-Chromosome Haplotype in Amerindians*, in *Nature Genetics*, n° 11, pp. 15-16, 1995.

P.A. UNDERHILL, L. JIN, R. ZEMANS, P.J. OEFNER et L.L. CAVALLI-SFORZA, *A Pre-Columbian Y Chromosome-Specific Transition and Its Implications for Human Evolutionary History*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, n° 93, pp. 196-200, 1996.

F.R. SANTOS, A. PANDYA, C. TYLER-SMITH, S.D. PENA, M. SCHANFIELD, W.R. LEONARD, L. OSIPOVA et al., *The Central Siberian Origin for Native American Y Chromosome*, in *American Journal of Human Genetics*, n° 64, pp. 619-628, 1999.

Lasers à impulsions ultracourtes

JOHN-MARK HOPKINS • WILSON SIBBETT

Les lasers dont les impulsions ne durent que quelques milliardièmes de nanoseconde se sont imposés dans plusieurs sciences et techniques : les chirurgiens les utilisent pour de délicates opérations des yeux, les ingénieurs des télécommunications pour transmettre rapidement des données, les chimistes pour observer le comportement des molécules qui réagissent.

En combien de temps avez-vous lu cette phrase ? Reconnaître la première lettre n'a pris que quelques millisecondes (10^{-3} seconde). Des molécules de neuromédiateur ont transporté les signaux d'un neurone à un autre, dans le cerveau, en 0,05 milliseconde, soit 50 microsecondes (10^{-6} seconde). Teniez-vous votre revue à la bonne distance ? La lumière a mis une ou deux nanosecondes (10^{-9} seconde) de la page à vos yeux, et environ 20 picosecondes (10^{-12} seconde) pour traverser le cristallin de l'œil. Ces événements très brefs sont toutefois des éternités par rapport aux impulsions laser les plus courtes que l'homme sait aujourd'hui produire : ces impulsions laser durent seulement quelques femtosecondes (ou milliardièmes de milliardième de seconde).

On conçoit difficilement la brièveté d'une femtoseconde (10^{-15} seconde). Une femtoseconde est à une seconde ce qu'une seconde est à 32 millions d'années, et il y a dix fois plus de femtosecondes dans une seconde qu'il n'y a d'heures écoulées depuis le Big Bang. De nombreux mécanismes fondamentaux de l'Univers, tels le mouvement des électrons entre les atomes ou la formation de liaisons entre deux molécules, se produisent en des temps inférieurs à quelques centaines de femtosecondes. Les physiciens utilisent des impulsions femtosecondes pour enregistrer

et étudier en détail ces événements. À la fin du XIX^e siècle, Jules Étienne Marey utilisait des flashes de lumière qui duraient quelques microsecondes pour produire de superbes photographies de chevaux au galop. À l'Institut de technologie de Californie, Ahmed Zewail a observé le déroulement de réactions chimiques de quelques centaines de femtosecondes (ce travail a été récompensé par le prix Nobel de chimie en 1999). Plus récemment, les physiciens ont «figé» le mouvement des électrons dans des matériaux semi-conducteurs, de sorte que, comprenant mieux le fonctionnement des dispositifs optoélectroniques, ils ont mis au point des systèmes rapides de traitement du signal.

Au milieu des années 1960, les premiers lasers étaient volumineux, fragiles et gros consommateurs d'énergie. Aujourd'hui les lasers émettant des impulsions ultracourtes (moins de dix femtosecondes) sont compacts, polyvalents et fiables. L'intensité et la diversité de ces lasers ne cessent d'augmenter : les faisceaux obtenus aujourd'hui couvrent tout le spectre électromagnétique, des rayons X aux rayons T (rayonnement térahertz, situé au-delà de l'infrarouge), et les puissances maximales atteignent plusieurs pétawatts (plusieurs milliards de mégawatts). Ces systèmes ont de nombreuses applications en physique, chimie, biologie, médecine, optique...

Le plus pointu des scalpels

Les impulsions ultracourtes des lasers sont très intenses. Bien que la puissance moyenne du laser soit modérée et que l'énergie totale d'une impulsion soit faible, la puissance instantanée est considérable, parce que les impulsions sont brèves (la puissance est égale à l'énergie divisée par le temps pendant lequel cette énergie est transmise). Dans les lasers à impulsions ultracourtes les plus courants, l'intervalle entre chaque impulsion est 100 000 fois plus long que la durée de l'impulsion elle-même, de sorte que la puissance maximale est 100 000 fois supérieure à la puissance moyenne. Par exemple, une impulsion de 100 femtosecondes avec une énergie de trois microjoules (insuffisante pour élever la température d'une goutte d'eau de un milliardième de degré) délivre une puissance maximale de 30 mégawatts.

Focalisées sur une minuscule surface, de telles puissances subliment de nombreux matériaux (elles les font passer de l'état solide à l'état gazeux sans qu'ils aient le temps de fondre), transformant les impulsions ultracourtes en d'excellents outils de micro-usinage, de perçage, de découpe et de soudure.

1. LES IMPULSIONS LASER ULTRACOURTES peuvent, en chirurgie des yeux, découper la cornée en provoquant une série de perforations à profondeur constante.