



de Boston et avec le service de psychiatrie de l'École de médecine de Harvard, un stimulateur magnétique transcrânien. Cette stimulation non invasive est indolore et inoffensive. Elle s'effectue à l'aide d'une paire d'électro-aimants, qui induit des courants électriques dans des zones précises du cortex cérébral. Des capteurs électriques sur la peau du patient identifient les muscles concernés par la stimulation de points donnés du cortex (voir la figure 4); les informations obtenues peuvent être intégrées au modèle virtuel de la tête de notre patient.

La superposition du virtuel et du réel

Les modèles de visualisation des structures internes deviennent particulièrement utiles lorsqu'ils sont superposés aux structures du patient allongé sur la table d'opération. Ainsi, l'anatomie interne est directement montrée au chirurgien durant l'intervention, sans imposer à celui-ci de transformation mentale.

Classiquement, le marquage des images préopératoires directement sur le patient s'effectue avec un cadre stéréotaxique que l'on visse sur le crâne du patient. Durant les tests préopératoires et pendant l'intervention, il fournit les repères que le chirurgien utilise pour corréler les images préopératoires avec le cerveau lui-même pendant l'opération. Toutefois, malgré l'anesthésie locale, ce dispositif est douloureux pour le patient et encombrant pour le chirurgien.

En 1995, notre collègue Steven White a proposé d'utiliser la lumière laser afin de remplacer ces cadres. Le faisceau d'un laser, qui est une ligne mince, est d'abord déformé par une lentille de façon qu'un segment lumineux parvienne au cuir chevelu et au visage du patient, dont la tête est immobilisée durant l'enregistrement des images et l'intervention chirurgicale. Sur le crâne du patient, ce segment est déformé par les reliefs. Une caméra enregistre ces déformations, qui sont regroupées avec le modèle segmenté de la tête du patient. Le faisceau est ensuite déplacé vers le haut du visage par incréments prédéfinis, jusqu'à ce que la topologie de la surface de la tête du patient dans sa position exacte et fixe soit mémorisée.

Ensuite, un programme fait tourner le modèle de la tête afin de superposer exactement le masque laser au visage (voir la figure 5). Enfin, on calcule la position du chirurgien par rapport à celle du système laser et l'on oriente l'image selon son angle de vue. La tête virtuelle peut s'incruster dans les images vidéo du patient.

Pendant l'intervention

La localisation de la cible n'est qu'un début : l'objectif majeur de la chirurgie vidéo-assistée reste le contrôle de la position du scalpel à tout instant.

À cette fin, nous avons mis au point une sonde équipée de diodes électroluminescentes à infrarouge, dont la lumière émise est enregistrée par trois caméras fixes. Pour se repérer au cours de l'opération, le chirurgien touche le tissu qu'il veut couper avec l'extrémité stérile de la sonde. Grâce à des méthodes de triangulation, les ordinateurs reliés aux caméras calculent la position exacte de la sonde dans le corps et l'affichent sur le modèle anatomique. Notre ordinateur montre la position de la sonde vue en coupe transversale du dessus, de face et de côté (voir la figure 6).

À mesure que le chirurgien déplace et excise, le modèle initial devient très vite obsolète. L'appareil de résonance magnétique à aimant ouvert sert à mettre à jour les images : pendant l'intervention, qui se déroule à l'intérieur de l'aimant cylindrique, de nouvelles images sont enregistrées et réunies aux données antérieurement calculées. Ces mises à jour sont particulièrement importantes lorsque les structures sont molles et déformables.

Aujourd'hui, les nouvelles images produites sont uniquement en deux

dimensions et sont affichées soit à côté du modèle préopératoire, soit superposées à celui-ci, selon la préférence du chirurgien. Nous espérons obtenir des mises à jour directement en trois dimensions dans un an environ.

Les techniques que nous avons décrites, et d'autres encore, ne s'appliquent pas seulement en neurochirurgie ; elles sont aussi utilisées pour certaines opérations complexes des os, du nez, des reins, du foie, de la colonne vertébrale et d'autres tissus.

En radiothérapie anticancéreuse, des méthodes de construction de modèles et d'imagerie en temps réel facilitent l'irradiation sélective des tumeurs : on focalise mieux les rayons sur les tissus cancéreux, et l'on épargne les tissus environnants. L'efficacité de la radiothérapie et de la chimiothérapie est également évaluée par techniques d'imagerie qui mettent en évidence des caractéristiques telles que la taille et la localisation des tumeurs avant et après traitement.

Des diagnostics plus précoces seront possibles grâce à ces techniques. Notre équipe teste aujourd'hui des algorithmes de détection de tumeurs du sein à partir des représentations tridimensionnelles construites grâce à des clichés d'imagerie par résonance magnétique.

Toutes ces techniques doivent encore être perfectionnées. Les tissus très mous, par exemple, sont difficiles à analyser, parce qu'ils se déforment beaucoup lorsque le patient respire ou contracte certains muscles. Pour mieux les décrire, on explore aujourd'hui des algorithmes de prédiction des déformations des tissus.

L'ordinateur devenu un précieux assistant du chirurgien, les interventions chirurgicales seront moins invasives, plus courtes et moins risquées.

Eric GRIMSON est professeur de génie médical à l'Institut de technologie du Massachusetts. Ron KIKINIS est directeur du Laboratoire d'explorations chirurgicales à l'Hôpital Brigham et Women de Boston. Ferenc JOLESZ est professeur de radiologie à l'École de médecine de Harvard. Peter BLACK est professeur de neurochirurgie à l'École de médecine de Harvard.

W.M. WELLS III, W.E.L. GRIMSON, R. KIKINIS et F.A. JOLESZ, *Adaptive Seg-*

mentation of MRI Data, in *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 15, n° 4, pp. 429-442, août 1996.

P.M. BLACK et al., *Development and Implementation of Intraoperative Magnetic Resonance Imaging and Its Neurosurgical Applications*, in *Neurosurgery*, vol. 41, n° 4, pp. 831-842, octobre 1997.

Ferenc A. JOLESZ, *Image-Guided Procedures and the Operating Room of the Future*, in *Radiology*, vol. 204, n° 3, pp. 601-612, 1997.

La culture des îles Andaman

SITA VENKATESWAR

Les îles Andaman, dans l'océan Indien, abritent encore des chasseurs-cueilleurs traditionnels. Pour combien de temps ?



Bourne & Shepherd, National Geographic Society Image Collection

Pendant des siècles, les habitants des îles Andaman ont fasciné et effrayé les voyageurs. Au XIII^e siècle, Marco Polo mentionne ces «indigènes à tête de chien». Plus récemment, dans *Le signe des quatre*, Arthur Conan Doyle met en scène un bandit andaman qui tire des «fléchettes empoisonnées» et dont la figure épouvantable «empêcherait de trouver le sommeil».

Toute littérature mise à part, l'histoire et la culture des Andamans sont

mal connues, et elles risquent de le rester. Avant que des colons britanniques ne commencent à envahir les îles, au milieu du XIX^e siècle, environ 5 000 indigènes y vivaient, répartis en une douzaine de tribus de chasseurs-cueilleurs-pêcheurs semi-nomades. Aujourd'hui, il ne reste que quatre tribus, les Grand-Andamans, les Onges, les Jarawas et les Sentinelles, soit 450 à 500 personnes.

Quelques groupes ont réussi à maintenir leurs traditions : en particulier, les

Sentinelles (ainsi nommés parce qu'ils habitent l'île Sentinelle Nord) restent isolés et se montrent hostiles à l'égard des étrangers. La présence des colons, d'abord britanniques et aujourd'hui indiens, a toutefois exercé son influence : le temps est compté pour les cultures indigènes des Andamans.

D'où vient la population des îles Andaman ? Ils appartiennent au groupe des Négritos, autrefois répandus en Asie du Sud. Leur petite taille, leurs cheveux caractéristiques et leur peau

1. LA CULTURE DES GRAND-ANDAMANS, une des quatre tribus des îles Andaman, dans le golfe du Bengale, a presque disparu après un siècle et demi de colonisation. Vers 1890, le groupe subissait déjà l'influence de l'occupation britannique (à gauche) : malgré les peintures corporelles traditionnelles, les indigènes fumaient

des pipes britanniques. Ils avaient aussi découvert des maladies, telles la syphilis et la rougeole. Aujourd'hui il ne reste qu'une quarantaine de Grand-Andamans. Une vieille femme (à droite) termine une soirée de pêche tandis que deux jeunes garçons viennent la rejoindre sur la plage.



Les îles Andaman



POPULATION INDIGÈNE

	1901	1951	1998
GRANDS ANDAMANS	625	23	39
ONGES	672*	150*	100*
JARAWAS	468*	50*	250*
SENTINELLES	117*	50*	100*

*ESTIMATIONS



Photographies de Madhusree Mukerjee

2. LA POPULATION ACTUELLE des îles Andaman est constituée de quatre tribus : les Grand-Andamans, les Jarawas, les Onges et les Sentinelles. Les Grand-Andamans (à gauche) ont un héritage à la fois andaman, indien et karen (une minorité du Myanmar, jadis la Birmanie). Cette tribu, qui occupait autrefois les îles Andaman du Nord, du Centre et du Sud, a été déplacée

très sombre les distinguent de la population indienne continentale et de la population des îles Nicobar, voisines des îles Andaman. Sont-ils apparentés à un autre groupe Négrito, les Semang de l'Asie du Sud-Est ?

Une récente étude génétique indique qu'ils descendraient directement des premiers hommes modernes qui ont émigré hors d'Afrique il y a environ un million d'années et qui seraient arrivés sur ces îles il y a 35 000 ou 40 000 ans, soit à partir de Sumatra en passant par les îles Nicobar, soit à partir des côtes de la Malaisie et du Myanmar (l'ex-Birmanie). À cette époque, le niveau de la mer était beaucoup plus bas, et l'archipel était accessible facilement en pirogue, voire à pied. Toutefois, les fouilles archéologiques les plus récentes n'ont trouvé d'occupation continue que depuis 2 200 ans.

Chasse, pêche et traditions

J'ai séjourné à plusieurs reprises dans les îles Andaman, surtout parmi la tribu Onge, une centaine de personnes qui vivent aujourd'hui sur la Petite Andaman, dans deux campements permanents : Dugong Creek, au Nord, et South Bay, à l'extrémité Sud de l'île. Le reste de l'île est habité par des immigrants indiens, d'origine ethnique différente.

De nombreux entretiens avec une trentaine d'hommes, de femmes et

d'enfants m'ont révélé différents aspects de la vie dans la forêt et des traditions de cette tribu. J'ai d'abord appris que les Andamans, souvent décrits comme cannibales, semblent ne jamais l'avoir été. Des observateurs ont vraisemblablement pensé, en les voyant découper les cadavres de leurs ennemis et en jeter les morceaux au feu, qu'ils préparaient un festin. Ils ne mangeaient toutefois jamais ces corps : ils souhaitaient seulement éloigner les mauvais esprits. En revanche, les corps des membres de la famille étaient enterrés sous la hutte commune pour que leurs esprits restent proches des vivants.

J'ai regroupé les différents témoignages que j'ai recueillis, dont voici quelques extraits. « Pendant la saison sèche, les ancêtres ou d'autres Onges récoltaient les fruits du jaquier et les stockaient. Ils remplissaient de grands paniers et recouvraient les fruits de feuilles, ils les fermaient et les cachaient dans la forêt. De la sorte, ils avaient de la nourriture même quand il pleuvait beaucoup. Ils chassaient aussi et ramenaient du porc ; ils mangeaient les fruits du jaquier à la fin des repas. Il n'y avait pas de thé ; ils ne buvaient que de l'eau. Ils stockaient beaucoup de bois sec, car on trouve difficilement du bois lors de la saison humide. Tout l'approvisionnement et le stockage du bois sont effectués durant la saison sèche. Ils construisent une grande hutte



Motifs de ceinture par Laurie Grace, d'après The Jarawa, par Joyanta Sarkar

par le gouvernement indien sur la minuscule île du Détoit. Les Jarawas (au milieu) sont restés beaucoup plus isolés, ne s'aventurant que rarement hors des forêts denses des îles Andaman du Sud et du Centre. Les Onges (à droite), qui continuent à se peindre le visage

et le corps avec de l'argile blanche, habitent aujourd'hui des territoires côtiers de la Petite Andaman. On ne voit que très rarement les membres de la tribu des Sentinelles, qui défendent vigoureusement leur île Sentinelle Nord contre les intrusions.

commune avant que la pluie n'arrive, afin d'être confortablement installés pendant la pluie.»

«Jadis, il n'y avait pas de travail salarié : nous avions tout notre temps pour construire nos maisons, attraper des porcs, les manger quand ils étaient gras. Les anciens n'avaient aucun ustensile, ils fabriquaient des pots en argile pour cuisiner le porc. Ensuite, au début de la mousson du Sud-Est, les sangliers maigrissent et ils ont moins de goût. Dans les criques de la forêt, il y a beaucoup de poissons ; nous pêchions des poissons et des crevettes.»

«Il n'y avait pas de fer ; nous utilisons le bois de l'aréquier... mais la mer nous apportait du fer, en l'échouant sur les plages. Et on utilisait la résine de la forêt pour aiguiser le métal. Autrement, nous utilisons le bois de la forêt. Nous avons fabriqué une pirogue en creusant un bois différent, mais elle a coulé quand elle a été mise à l'eau ; nous avons alors su que ce bois n'était pas bon. Nous avons essayé un autre bois, nous l'avons mis à l'eau et nous avons vu qu'il flottait. C'est celui-là que nous avons utilisé par la suite. C'est comme cela que nous avons appris les choses.»

«Aux temps anciens, il n'y avait pas de corde en nylon, la fibre utilisée aujourd'hui pour tuer les tortues. Nous allions dans l'eau pour encercler la tortue. Nous utilisons une essence de la

forêt ; nous fabriquions des torches avec des feuilles de jonc séchées, et nous l'allumions avec cette essence. À la torche, nous encerclions la tortue. Nous étions beaucoup d'Onges alors, et voilà comment nous cernions la tortue. Nous ne harponnions pas la tortue ; nous n'utilisions des flèches que pour chasser le sanglier.»

«C'est aussi comme cela que nous attrapions le dugong (un mammifère marin proche du lamantin). Nous attendions la marée basse et ensuite nous allions chasser la tortue et le dugong la nuit. Pas à marée haute, car nous nous serions noyés. Ensuite, quand c'était fait, nous retournions dans la forêt, nous récoltions plus d'essence de bois, et nous l'allumions pour pister le sanglier.»

«Nous, les Onges, étions nombreux alors. Nous n'avions pas peur de *Tommany* (un esprit de la nuit), et nous allions en forêt la nuit. Nous n'avions pas peur alors. À cette époque, il y avait des Onges partout, beaucoup de familles partout. Nous étions nombreux. Les sangliers dormaient la nuit, et c'est à ce moment que nous les chassions. C'était facile. Nous revenions pendant la journée, et nous cherchions le sanglier que nous avions chassé la nuit d'avant. Nous le ramenions avec nous, nous le fumions et nous le cuisinions. C'est comme cela que nous vivions. Nous n'avions pas de vêtements, mais seulement des pages de

la forêt. Les filles les faisaient avec des feuilles de joncs. Voilà quelques-unes des choses que nous faisons.»

Le rôle des esprits

Les entretiens que j'ai consignés m'ont appris la vie matérielle et spirituelle des Onges. Ils considèrent qu'ils partagent leur univers avec des esprits, les *tomya*, qui se manifestent en faisant souffler les vents correspondant aux différentes saisons. À l'arrivée de la saison chaude et sèche (généralement en mars et en avril), les familles Onges quittaient la côte, où elles avaient chassé la tortue, pour l'intérieur de la forêt, afin de recueillir du miel. Ce déménagement marquait le début de la saison sèche, pendant laquelle les esprits quittaient l'île. Les familles d'un clan se rassemblaient dans la grande hutte commune, où les ossements des ancêtres étaient enterrés.

L'arrivée de l'esprit *Dare* dans la forêt, chevauchant la mousson du Sud-Ouest (normalement en juin), marquait la fin de la saison sèche, et le moment de quitter l'intérieur de la forêt pour des abris près des criques et des mangroves. Là, les Onges trouvaient des crabes, des poissons et les fruits du palétuvier. Lorsque l'esprit *Dare* était parti, en septembre, ils retournaient en forêt et chassaient le sanglier jusqu'à l'arrivée de l'esprit *Kwalokange*, avec la mousson du Sud-Est, en octobre. Ils