

de plaques. Cet aspect de la tectonique des plaques, qui concerne des milliers de kilomètres de plaques perdues dans le manteau, est tout à fait nouveau.

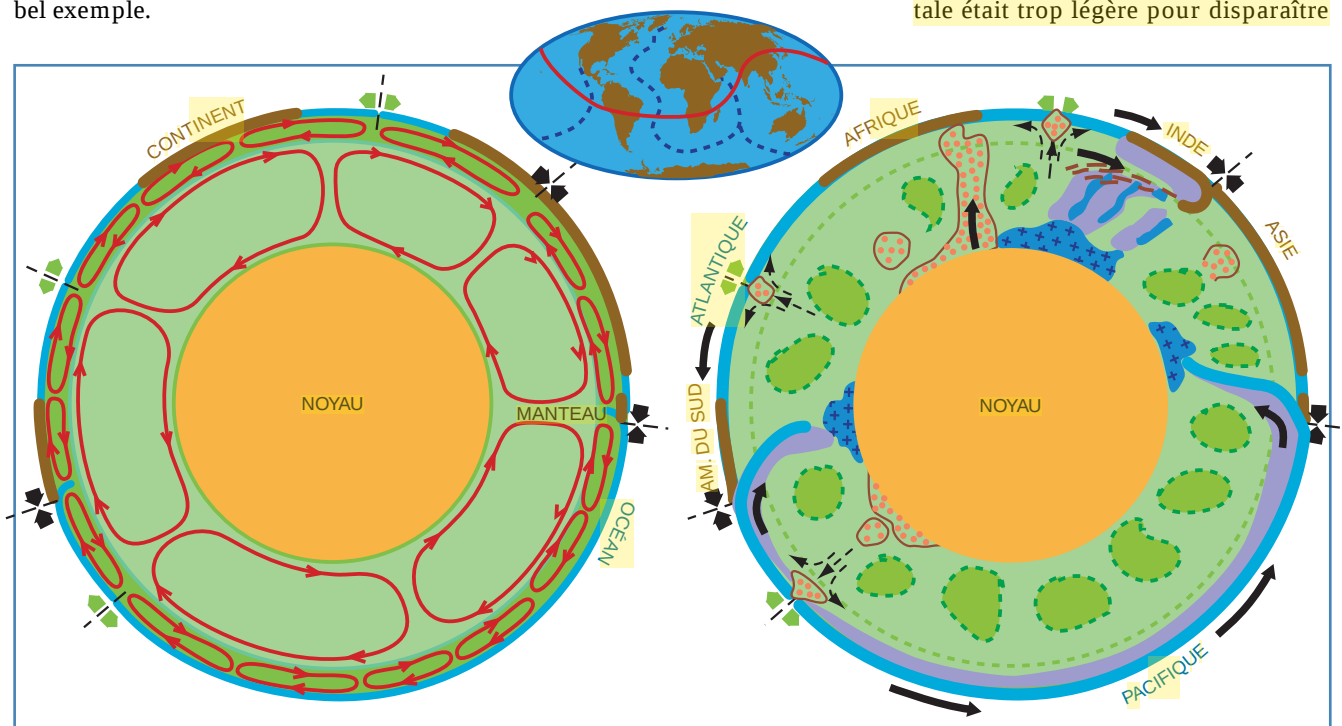
La prospection a commencé : la récente découverte de vieilles plaques océaniques, âgées de 150 millions d'années (Jurassique), qui se trouvent actuellement sous la Sibérie, en est un très bel exemple.

## Tomographie et collision

La tomographie ayant montré que l'enfoncement de la lithosphère océanique est un phénomène majeur de la dynamique du manteau, on peut se demander ce qu'elle apporte sur le mécanisme de la collision, lorsque deux plaques

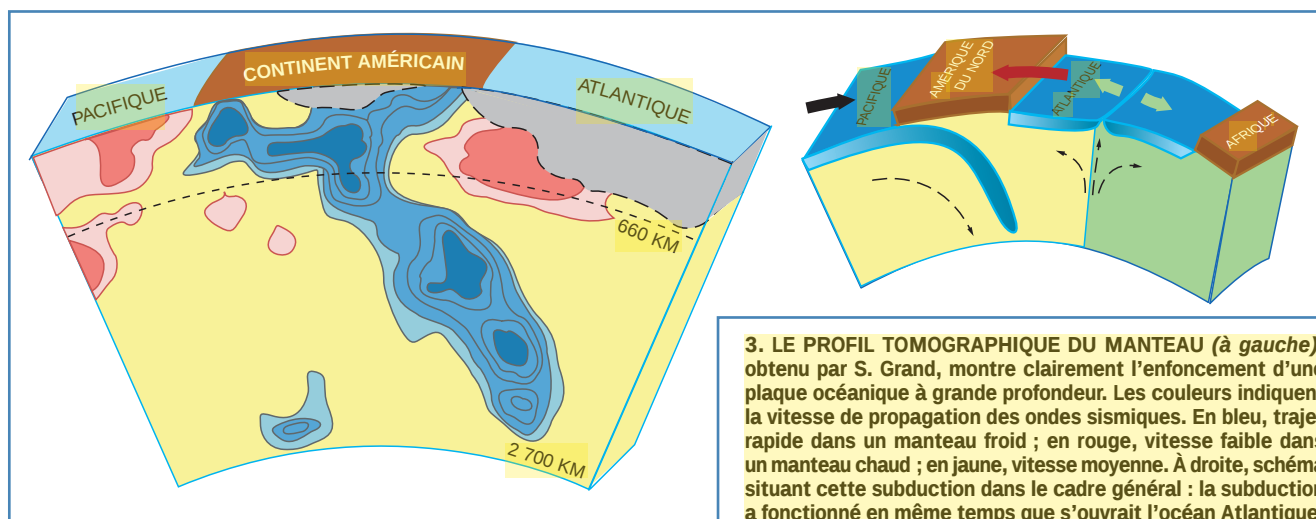
continentales s'affrontent et forment des chaînes de montagnes.

La question est importante, car la tectonique des plaques est née il y a 30 ans avec une règle (théorique) très simple : on pensait que l'arrivée d'un continent dans une zone de subduction bloquait le processus de convergence à cet endroit et que la croûte continentale était trop légère pour disparaître

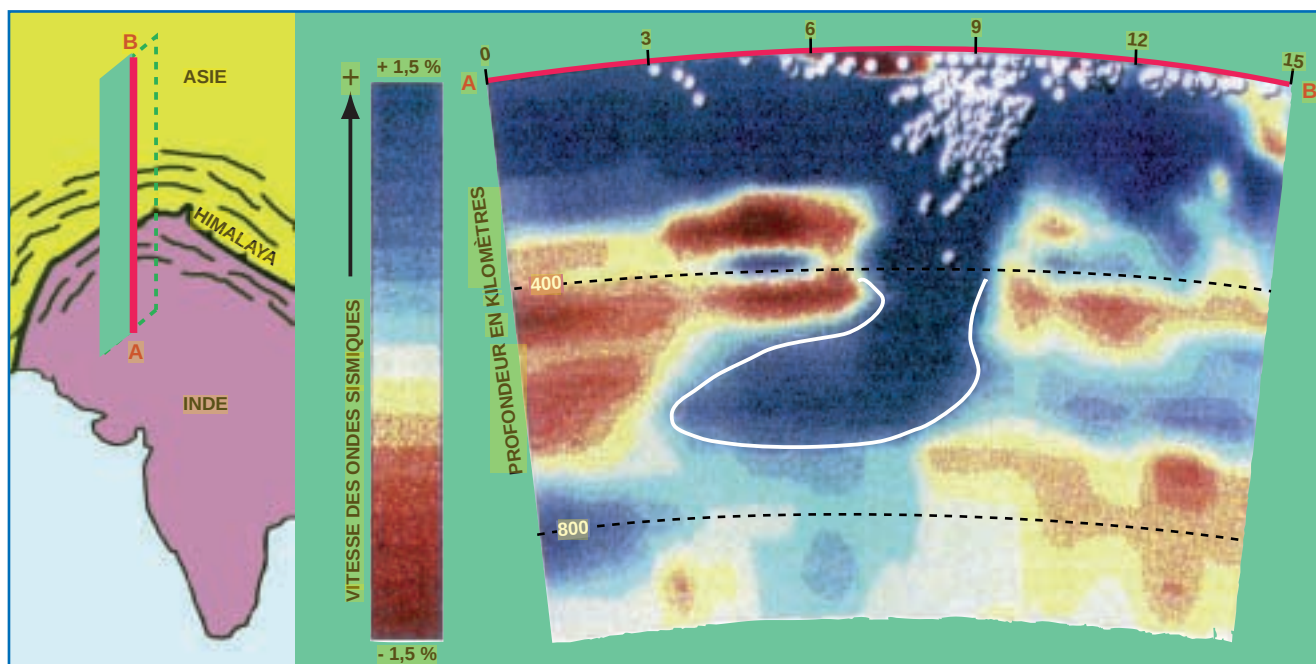


**2. LA NOUVELLE STRUCTURE DU MANTEAU.** Dans une des premières interprétations de la structure du manteau (à gauche), celui-ci était partagé en deux parties, avec des cellules de convection séparées dont la géométrie ne s'appuyait pas sur des observations. À droite, on a schématisé les conséquences de la tomographie sismique sur la tectonique des plaques. Les plaques océaniques sont en bleu, les plaques continentales en brun. On a localisé les zones d'écartement situées dans les rides océaniques et les zones comprimées correspondant aux chaînes de montagnes. Notez la grande simplicité des subductions océaniques, qui ont probablement été à l'origine des « cimetières de plaques » (croix sur fond bleu) qui se trouvent à la base du manteau ; on remarque la com-

plexité de la subduction continentale de l'Inde avec des tronçons de plaques océaniques bousculés et probablement renversés par l'avancée actuelle de l'Inde ; la couleur violette, située sous les plaques plongeantes est destinée à donner une idée de la véritable épaisseur du manteau en mouvement. On a représenté quelques zones chaudes (sphérules orange) ; celle située sous l'Afrique s'enracine à la limite du noyau. À l'écart des grands enfoncements de plaques, le manteau est probablement animé par des cellules convectives, mais aucun accord n'est encore réalisé sur leur géométrie. Un modèle récent propose l'existence d'un grand nombre de bulles (esquissées en pointillés verts sur la figure), lesquelles constitueraient le cœur des cellules de convection.



**3. LE PROFIL TOMOGRAPHIQUE DU MANTEAU (à gauche),** obtenu par S. Grand, montre clairement l'enfoncement d'une plaque océanique à grande profondeur. Les couleurs indiquent la vitesse de propagation des ondes sismiques. En bleu, trajet rapide dans un manteau froid ; en rouge, vitesse faible dans un manteau chaud ; en jaune, vitesse moyenne. À droite, schéma situant cette subduction dans le cadre général : la subduction a fonctionné en même temps que s'ouvrait l'océan Atlantique.



**4. PROFIL TOMOGRAPHIQUE** perpendiculaire à la partie Ouest de la chaîne himalayenne, montrant l'enfoncement de la plaque continentale de l'Inde. Cette figure de Harmen Bijwaard, est reproduite avec l'autorisation des auteurs. Cette coupe relativement superficielle a été complétée, vers le bas, jusqu'à plus de 2 000 kilomètres,

par Van der Voo et al., 1999. Les taches blanches correspondent aux épicentres des gros séismes qui se sont produits depuis 40 ans dans la croûte terrestre, en réponse à l'avancée de l'Inde.

dans l'asthénosphère. Aussi les géologues pensaient-ils que les continents restaient en surface.

Cette règle a souvent été mise en doute, mais beaucoup continuent de l'utiliser. La tomographie vient d'apporter, là aussi, des données nouvelles dans la chaîne de l'Himalaya, qui est née de la collision entre l'Inde et l'Asie. On sait que là, le système ne s'est pas bloqué, car la collision s'est produite il y a 50 millions d'années, et l'avancée de l'Inde continue toujours après avoir fait surgir, outre l'Himalaya, le Pamir, le Kunlun, le Qilien Shan, le Tien-Shan...

Dans la partie Ouest de l'Himalaya, au Pakistan, la tomographie montre que la plaque indienne s'enfonce en profondeur, mais avec la géométrie représentée sur la figure 2. Dans la partie Nord de l'Inde et dans la chaîne de l'Himalaya, la géologie de surface et la distribution des séismes soulignent bien le plongement vers le Nord de la plaque indienne. Puis celle-ci se verticalise et finit par se renverser : près de 1 000 kilomètres de plaque continentale apparaissent dans le manteau...

Il s'agit là du premier exemple connu de subduction continentale, qui démontre que la vieille règle de la tectonique des plaques doit être abandonnée, et qui réhabilite, bien tard, une interprétation, il est vrai moins compliquée, proposée en 1927 par Émile Argand, dans *La tectonique de l'Asie*.

La dynamique de la subduction s'est ici modifiée au cours du temps. Des milliers de kilomètres de plaques océaniques se sont d'abord enfoncés selon le mode classique. La plaque continentale a suivi le mouvement, mais le système a dû se modifier progressivement pour aboutir, au bout de 50 millions d'années, à une situation actuelle originale. Le manteau supérieur s'est avancé vers le Nord, sur plus de 1 000 kilomètres, en bousculant et en renversant les plaques océaniques qui s'étaient enfoncées avant la collision.

Une véritable mégatectonique est en train de naître ; celle-ci envisage les phénomènes à l'échelle de plusieurs

milliers de kilomètres, aussi bien horizontalement que verticalement. On ne se contente plus d'étudier les « limites » de plaques, qu'elles soient convergentes ou divergentes. On aborde enfin les mécanismes à l'échelle de la planète... Et l'on voit déjà apparaître de grandes provinces caractérisées par des styles mégatectoniques différents. Bien que la subduction océanique intervienne dans les deux cas, la chaîne des Andes se distingue des cordillères Nord-américaines, et la subduction continentale de la plaque indienne est associée à une signature profonde tout à fait particulière et à de grands couissements des plaques dans le manteau.

La découverte de vieilles plaques au sein du manteau profond est toute récente. Les premiers chercheurs qui en ont fait état sont Stephen Grandt et ses collègues de l'Université du Texas, Rob Van der Hilst du MIT, Sri Widiyantoro, de l'Université de Canberra, Harmen Bijwaard et Win Sjakman, de l'Université d'Utrecht, avec Robert Engdahl, du Geological Survey à Denver, et Rob van der Voo, de l'Université du Michigan.

Maurice MATTAEUR est professeur de géologie à l'Université de Montpellier.

H.C. NATAF, *Les entrailles de la Terre*, in *Revue du Palais de la découverte*, pp. 11-21, 1996.

S. GRANDT et al, *Global Seismic Tomography : a Snapshot of Convection in the Earth*, in *GSA Today*, pp. 1-7, avril 1997.

R. VAN DER HILST et al, *Evidence for Deep Mantle Circulation from Global Tomography*, in *Nature*, vol. 386, pp. 578-584, avril 1997.

H. BIJWAARD et al., *Closing the Gap between Regional and Global Travel Time Tomography*, in *Journ. Geoph. Res.*, vol. 103, pp. 30055-30078, décembre 1998.

R. VAN DER VOO et al, *Tethyan Subducted Slabs under India*, in *Earth Plan. Sc. Lett.*, vol. 171, pp. 7-20, août 1999.

R. VAN DER VOO et al, *Mesozoic Subducted Slabs under Siberia*, in *Nature*, vol. 397, pp. 246-249, 29 janvier 1999.