



PLASTIR

La Revue Transdisciplinaire de Plasticité Humaine

LES PLIS DE LA MÉMOIRE



Éditions Plasticités

2015 - Numéro Hors-série



LES BOUCLES **MÉMORIELLES DE LA** **TERRE**

Jean-Marc Chomaz

Avoir suivi la faille de San Andrea, cicatrice refermée sur les secrets de la Terre, Point Reyes, vallée ouverte comme si un glacier avait erré sans trouver un sens à la gravité, Wallace Creek, rivière décalée vers le nord pour retrouver son lit des débuts de l'Holocène, *Salton sea*, mer évaporée de l'inconstance des hommes aux eaux acier d'un cimetière. La Terre est griffée des grands rouleaux magmatiques qui ont créé puis brisé la Pangée. Convection profonde, lente et puissante remontée des flammes du noyau de fer où les éléments lourds se désintègrent.

(Fig. 1 : Point Arena)

Une particule met des millions d'années à parcourir ces tourbillons de roches en fusion qui dessinent des lignes sur la surface où flottent les minces plaques tectoniques. J'ai parcouru ce grand trait griffonné et multiple où la plaque océanique pacifique plonge sous la plaque continentale, en dressant des montagnes de sédiments, exosquelettes du phytoplancton accumulés au fond des océans. Un mouvement patient de quelques centimètres par an, cent mille ans pour parcourir un kilomètre, des centaines de millions d'années pour façonner les Sierra et les reliefs sous-marins. Cette convection profonde est la mémoire de la pierre, elle écrit le récit de la roche en froissant des papiers de granite, de schiste, de craie, de grès et d'obsidienne.

(Fig. 2 : la rupture de la Pangée)

Et puis il y a ces panaches, ces points chauds où des aiguilles de lave claire formidablement liquide poinçonnent les plaques qui passent au-dessus d'eux. Ils laissent sur ces rubans mnémoniques un alphabet de points, volcans ou îles, qui retracent les dérives des continents. Ce récit est très ancien, il garde souvenir des poussières primordiales, nébuleuse parcourue des grandes ondes de choc où se condensent les étoiles.

La structure des dorsales est complexe car la chaleur du noyau de la Terre doit s'échapper vers l'espace et l'épaisseur de la croûte terrestre module ce rayonnement, la présence d'océan et de calotte glaciaire limite ce flux thermique et rétroagit sur la dérive des plaques tectoniques. Il est probable que la fonte actuelle des inlandsis, les calottes du Groenland et de l'Antarctique, chacune épaisse de plusieurs kilomètres, va modifier la dynamique des tourbillons magmatiques et l'errance des continents qu'ils entraînent, ainsi cette mémoire va répondre aux impatiences humaines sur une échelle de centaine de millions d'années¹.

Cette boucle mémorielle relie intimement climat, cryosphère et dérive des continents. Elle façonne le paysage par des mouvements sur des échelles très courtes, les tremblements de terre qui rendent effectives les mouvements des plaques tectoniques dont l'échelle de temps est, elle, de centaine de millions d'années.

L'autre grande boucle mémorielle de la Terre aussi ancienne que la mémoire des pierres est le vivant. Quatre milliards d'années pour inscrire le récit sur une spirale enroulée, longue écriture d'eau, suite de protéine au code inconnu AGCT lentement modifiée par des copies et des mutations du réel sur le temps d'une vie des organismes de quelques minutes, à une centaine d'années. Lentement le vivant a enregistré dans ce ruban de carbone ses divagations,

1. McGuire, B., *Waking the Giant: How a changing climate triggers earthquakes, tsunamis, and volcanoes*, Oxford University Press, 2013.



1. Point Arena, point le plus au nord où la faille de San Andrea rejoint l'océan (Photo JMC)

LAME

*Je suis la dernière
Le voyage millénaire
La parcelle
L'ultime souvenir
Étincelle immobile
Rempart contre le noir*

*Le froid sombre des abîmes
Revoir la lumière bleutée de la glace
Mon écho se brise
En vagues régulières sur la roche
Je porte en moi l'existence
Je suis Île au milieu du temps qui hésite*

*Battement intangible
Je suis vivante
L'océan est vivant
Mais l'espace se fractionne
Les futurs se séparent
Inexorable divergence*

*Et me voilà
Poussière de probables
Devenir suspendu au regard qui se pose
Quel homme osera ?
« Tu existes ! »*

*Goute diluée à l'infini
Tu mesures mon désarroi
Tu me sommes d'exister par le fer
Brouhaha de la foule
Qui se presse vers l'anode*

*Leurre dérisoire
Encre sur un papier de Chine
Vibration incertaine
Suis-je cet oracle
Que trace ta mémoire?*

Jean-Marc Chomaz, 2014



2. Machine reproduisant la rupture de la Pangée, Tondeur & Chomaz, 2014 (Photo JMC)



3. The *Fathoms phials*, la mémoire de l'océanographe, collection d'eau du point le plus profond de différentes campagnes océanographiques donation du Professeur Harry Bryden (Photo JMC)

THE FATHOMS' PHIALS

*Under veins of silent dust
Traces of waters' lies*

*Once alive to fathom the sky
Now they draw the human eye*

*Down lines in science time
Flaws of thought and trial*

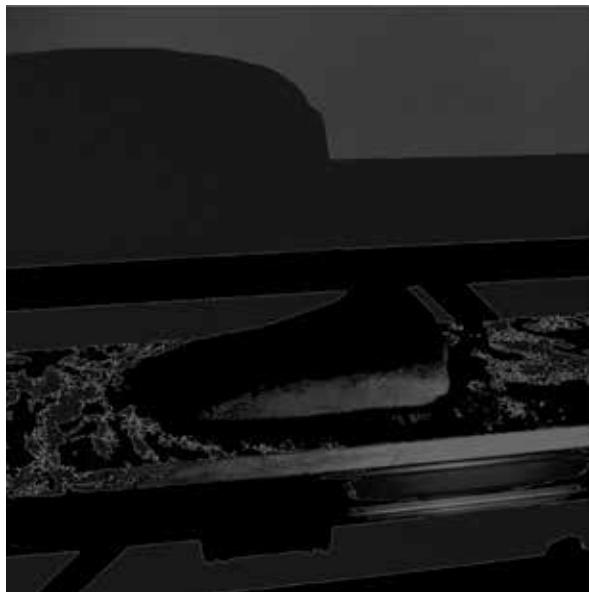
*Stood still the dowsing dives
Captured in the seeker's phials*

*A shimmering deep
The tears of one*

Jean-Marc Chomaz, 2014



4. MOC Waterdive exposé à la gv-art gallery, Tondeur & Chomaz, (Photo JMC)



5. Machine à tremblement de terre exposé à la gv-art gallery, Tondeur & Chomaz, (Photo JMC)

les solutions multiples à l'équation vitale. Lui aussi façonne le paysage, exosquelette de coccolithophores accumulées au fond des océans pour former la craie, le calcaire ou diatomée à l'armure de silice, verre organique des silex des premiers hommes. Le vivant a colonisé les plaques continentales après avoir produit l'oxygène de l'atmosphère pour que le noir de l'espace s'habille de bleu et que flamboie le soleil au couchant. Il a produit l'infime couche superficielle de terre qui maintient le vivant et définit les paysages que nous connaissons. La biosphère est déterminante pour le climat. Ces deux grandes boucles imbriquées de la pierre et du carbone tissent la trame mémorielle de la Terre. Elles s'entrelacent intimement avec les autres sphères, atmosphère, océan et cryosphère.

La troposphère porte la mémoire du vent, une robe couleur du temps, faite de tourbillons d'une durée de vie de quelques semaines qui transportent la brûlure du soleil de l'équateur vers les pôles où elle rayonne vers l'espace. L'air chauffé par le sol à l'équateur s'élève et la rotation de la Terre entraîne alors les vents vers l'ouest créant les alizés. En redescendant il assèche les bandes de désert et souffle des vents vers l'est. Ces vents ondulent en tourbillons, suite de cyclone et d'anticyclone qui font le temps sur des échelles de quelques semaines.

Alizés et vents d'ouest entraînent par friction la couche superficielle de l'océan dans leur ronde mais les masses d'eau se heurtent aux plaques continentales et créent les grands courants de bords que sont le Gulf Stream et le Kuroshio aux eaux noires. Ces fleuves à la surface de l'océan transportent eux aussi le flux solaire reçu à l'équateur vers les pôles et leur contribution à l'équilibre thermique de la terre est équivalente à celle de l'atmosphère. Ces courants mettent plusieurs années à parcourir la planète en une mémoire éphémère et liquide. Ils transportent aussi les hommes depuis les premiers âges et avant eux la flore et la faune marine.

Le vent lève puis déchire les vagues. La singularité topologique des crêtes qui déferlent

en un jet d'embruns compose une autre boucle de rétroaction entre l'océan et l'atmosphère, une mémoire de sel. Les gouttes des embruns sont petites elles s'évaporent et forment les aérosols marins, sel et fragment de plancton. Ils ensemencent l'atmosphère et permettent la condensation de la vapeur d'eau. Ainsi les nuages qui déterminent le climat par la lumière du soleil et les rayons du sol qu'il renvoie sont enfants des tempêtes, voiles d'océans emportés par le vent.

(Fig. 3 : The Fathoms phials)

La troposphère laisse place à 10 km de la surface à la stratosphère dont la dynamique est beaucoup plus lente car les mouvements verticaux y sont inhibés par la rapide diminution de la densité de l'air avec la verticale. Les échanges entre la troposphère et la stratosphère mettent un demi-siècle et il faudra attendre cette durée pour que la mémoire de la pollution au FFC qui détruit la couche d'ozone s'efface. Une guerre nucléaire ou la colère des volcans projetant des poussières dans la stratosphère peuvent obscurcir le futur sur des dizaines d'années avec un effet démultiplié par la formation de nuages de glace hauts et épais.

Comme la stratosphère, l'océan profond est stratifié en densité par la température mais aussi par la salinité, les mouvements verticaux sont limités ce qui lui confère une dynamique extrêmement lente. Si la circulation de surface forme une boucle mémorielle sur quelques années, la circulation de profondeur elle, définit une boucle sur un millier d'année². En se refroidissant dans leur voyage vers le nord les eaux salées du Gulf Stream se refroidissent, 90% restent en surface et retournent vers le sud mais les 10% les plus septentrionaux plongent en profondeur au large des côtes du Groenland. Elles alimentent la circulation thermohaline, connue sous l'acronyme anglais MOC (Meridional Overturning Circulation). Cette circulation

2. Wunsch C. & Ferrari R., *Vertical Mixing, Energy, and the General Circulation of the Oceans*, in *Annual Review of Fluid Mechanics*, 2004, Vol. 36, 281-314.

en retour détermine la stratification de l'océan abyssal, elle constitue la mémoire des températures passées, le volant thermique qui stabilise le climat. L'étude des paléoclimats analysant en particulier les sédiments marins et les indices laissés par le passage des icebergs semble indiquer que cette boucle qui rejoint les deux pôles a été brisée en deux circulations distinctes par le passé ou même avait parfois disparue asphyxiant l'océan. Les observations récentes de campagne en mer suggèrent un ralentissement, voire un arrêt de ce grand courant profond³.

(Fig. 4 : Machine à tremblement de terre)

Comme les bulles d'airs emprisonnées dans la glace des calottes polaires⁴ sont la mémoire des atmosphères passées, l'oxygène dissous dans l'eau profonde renseigne sur les conditions qui régnaient lors de leurs plongées ainsi que sur leur âge⁵, montrant que le temps de la circulation profonde est de l'ordre du millénaire. L'évolution de cette circulation sous l'impact du changement climatique et en retour, son action sur le réchauffement est particulièrement difficile à prédire, tant notre connaissance des processus qui contrôlent aussi bien la plongée que la remontée des eaux abyssales est limitée.

Les dorsales où se forment les plaques océaniques sont une région particulière dans la dynamique de l'océan, du fait de leur morphologie spécifique, constituée de craquelures à multi échelles : un ensemble fractal de failles et d'effondrements produits par les forces colossales de poussées liées à la

3. Bryden H. L., Longworth H. R., Cunningham S. A., Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N., in *Nature*, 2005, Vol 438, 655–657.

4. Jouzel, J., Masson-Delmotte, V., Cattani, O., Dreyfus, G., Falourd, S., Hoffmann, G., Minster, B., Nouet, J. et al, Orbital and Millennial Antarctic Climate Variability over the Past 800,000 Years, in *Science*, 2007, Vol. 317, 793–796.

5. Cooper, L.W., Whitedge, T.T., Grebmeier J.M. and Weingartner T., Nutrient, salinity and stable oxygen isotope composition of Bering and Chukchi Sea in and around the Bering Strait (1997), in *Journal of Geophysical Research*, 2007, Vol. 102, 563–12.

convection mantellique profonde. Or, c'est sur les milliers de kilomètres qui bordent ces failles que le mouvement de marées planétaires se change en turbulences à petite échelle par interaction avec ce fond rugueux, et permet le mélange et la remontée des eaux abyssales⁶. Pour déterminer la teneur de ce mélange, les recherches actuelles s'appuient sur des simulations informatiques du flux des marées induit, non par un fond marin réel, car ces reliefs sont méconnus de par l'opacité des océans à la plupart des ondes électromagnétiques, mais par un ensemble de crêtes rocheuses réalistes générées de façon aléatoire⁷, dressant de nouvelles cartes bathymétriques de planètes imaginaires jumelles de la nôtre.

(Fig. 5 : MOC Waterdivee)

Le mélange prédit pour chacune de ces réalisations virtuelles qui présentent le même nombre de monts et de failles sous-marins, mais disposés différemment, est alors moyenné afin d'obtenir une valeur statistique du taux de mélange dans l'océan, en fonction de la latitude, de la longitude mais aussi de la profondeur. L'importance de ce coefficient détermine en retour le flux vertical des eaux profondes lors de leur remontée en surface. La mémoire des pierres dialogue ainsi depuis la formation de la Lune avec la mémoire de l'océan liant boucle magmatique et plongée dans les souvenirs profonds des mers. La dissipation des marées qui se brisent sur les fonds marins et se heurtent aux terres émergées modifie le cours de la Lune, synchronise sa rotation sur elle-même sur le tournoiement de la Terre. Des bains dans l'océan, Séléne lentement se prépare à oublier les hommes⁸.

6. Garrett C., Kunze E., Internal Tide Generation in the Deep Ocean, in *Annual Review of Fluid Mechanics*, 2007, Vol. 39, 57-87.

7. Goff, A. J. & Arbic, B. K., Global prediction of abyssal hill roughness statistics for use in ocean models from digital maps of paleo-spreading rate, paleo-ridge orientation, and sediment thickness, in *Ocean Modell*, 2010, Vol. 32, 36-43.

8. Néron de Surgy, O. & Laskar J., On the long term evolution of the spin of the Earth *Astron. Astrophys*, 19997, 318, 975-989.