

Základy geologie pro geografy (jarní semestr 2016)

Litosféra a desková tektonika



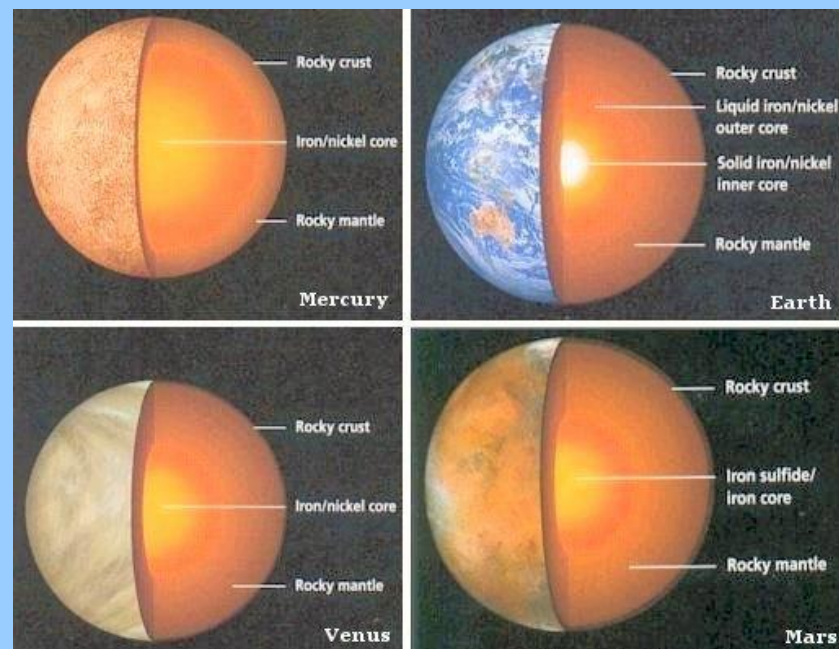
Daniel Nývlt (daniel.nyvlt@seznam.cz)

Koncentrická stavba Země

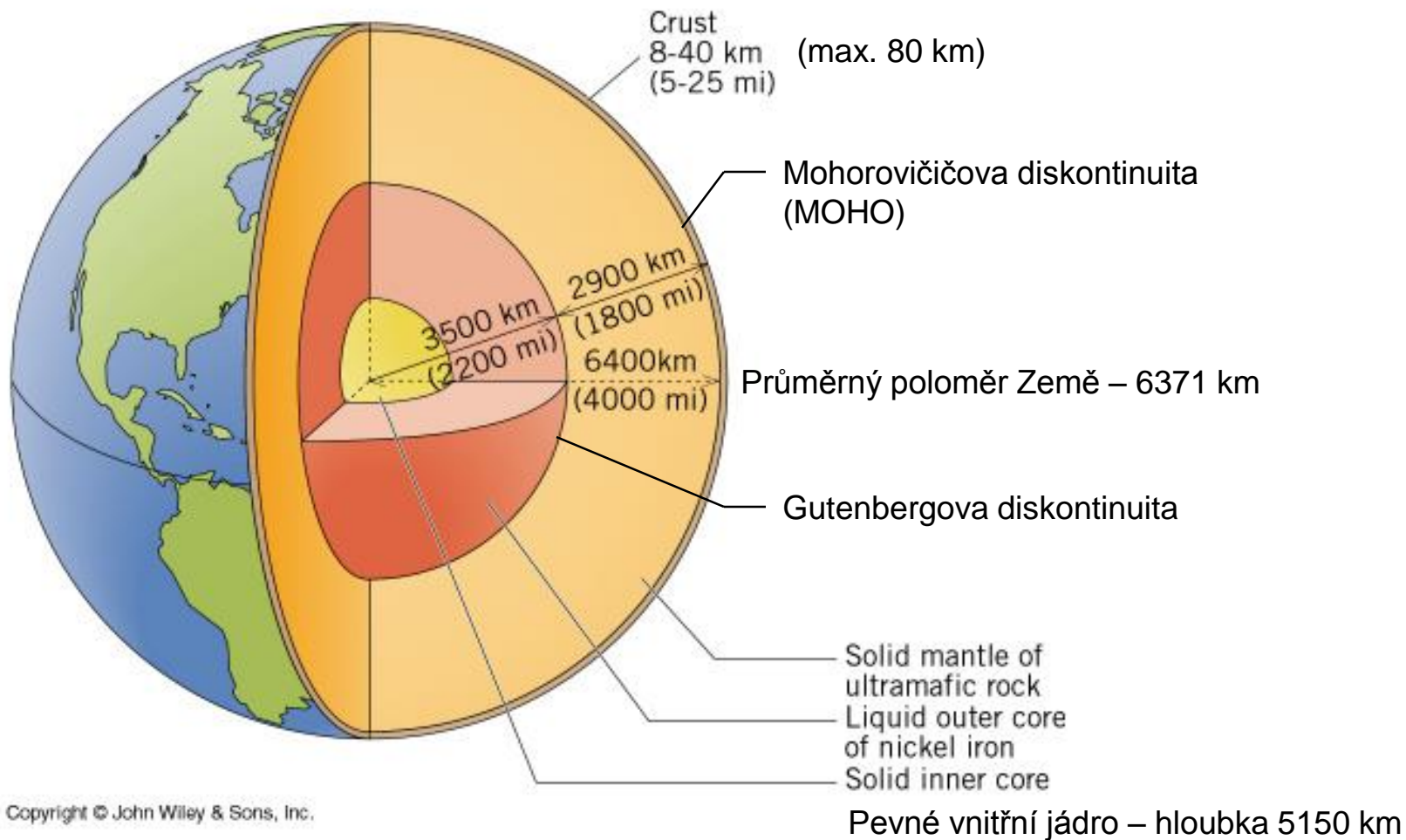


Terestrické planety (zemského typu)

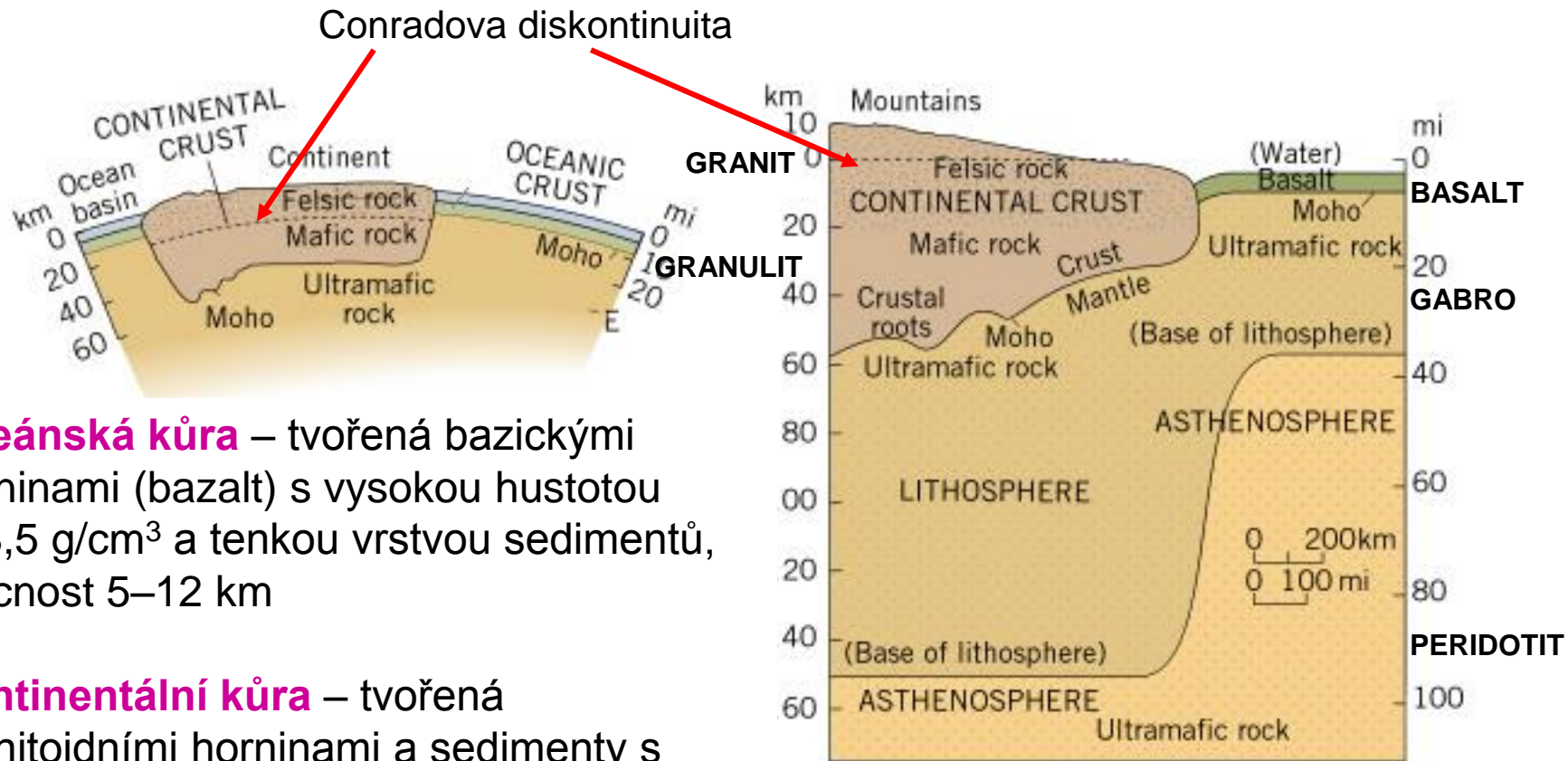
	hloubka (km)	hustota (g/cm ³)	teplota (°C)
kůra	0–35	2,5 / 3,2	
litosféra	0–150		
astenosféra	35–700		1 400
plášť	35–2 900	3,4–5,6	1 800–2 800
vnější jádro	2 900–5150	9,9–12,2	2 800–3 100
vnitřní jádro	5 150–6 400	12,8–13,1	



Vnitřní stavba zemského tělesa



Stavba svrchní části zemského tělesa



Oceánská kůra – tvořená bazickými horninami (bazalt) s vysokou hustotou $3\text{--}3,5\text{ g/cm}^3$ a tenkou vrstvou sedimentů, mocnost 5–12 km

Kontinentální kůra – tvořená granitoidními horninami a sedimenty s nižší hustotou $2,3\text{--}2,6\text{ g/cm}^3$ a mefamorphy v hlubší části, větší mocnosti (20–80 km)

Stavba vnitřní části planety Země

Plášť

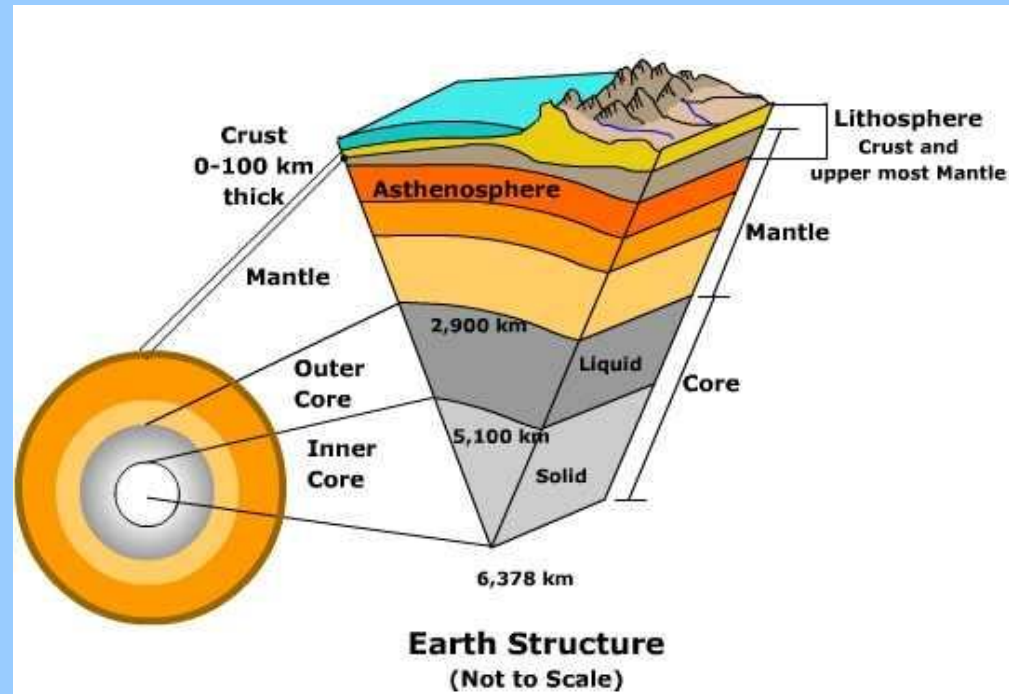
80 % objemu planety Země. Zasahuje do hloubky ~2900 km.

Olivín, pyroxeny, granáty, spinelidy

Konvekce (Vertikální pohyb hmoty a tím i tepla) – hnací síla deskové tektoniky v litosféře.

Přímo pod litosférou - **vrstva plastické plášťové hmoty**

– **astenoféra**, po které se litosférické desky pohybují.

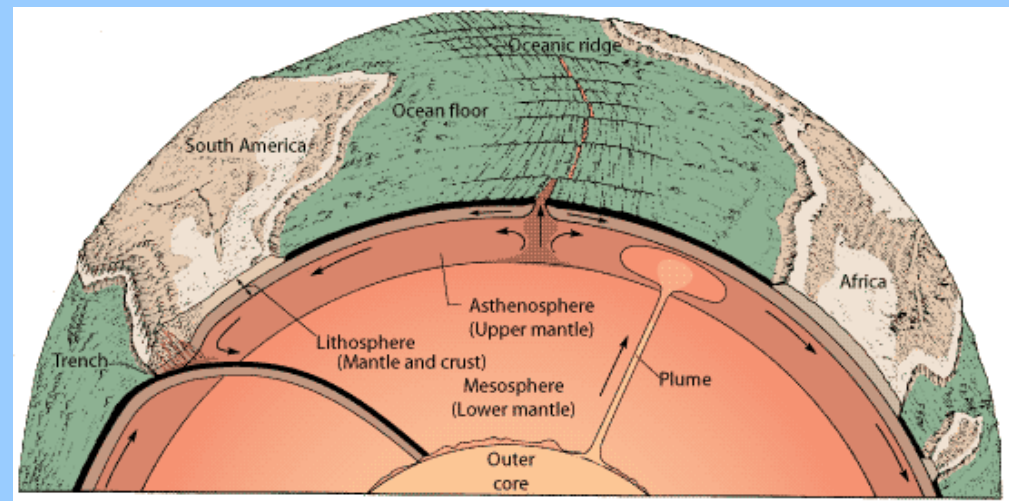


Jádro

Od pláště odděleno Gutenbergovou diskontinuitou. Fe, Ni 17 % objemu, ale 34 % hmotnosti planety.

Vnější jádro – kapalné (hloubka 2900–5150 km)

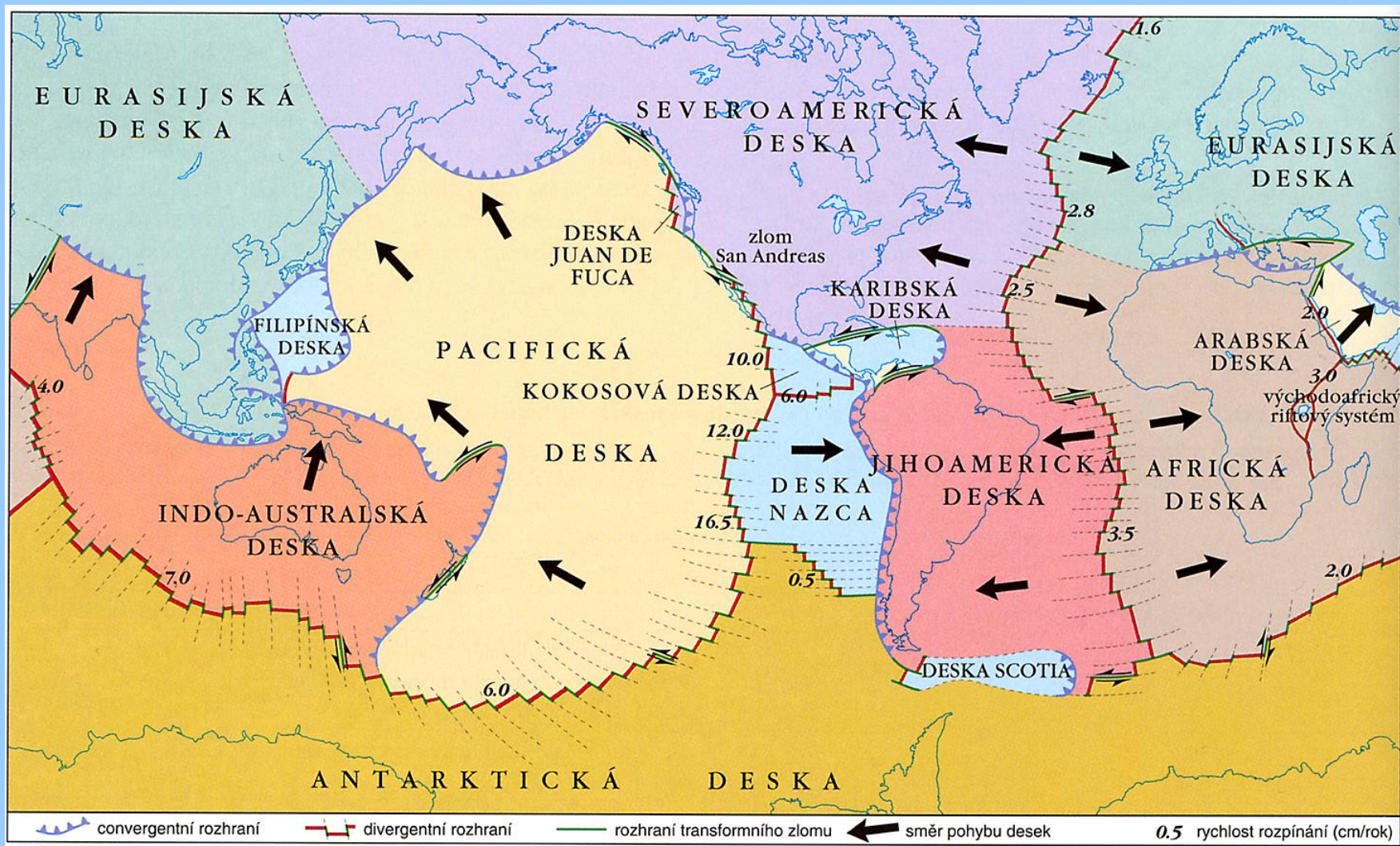
Vnitřní jádro – pevné (hloubka 5150–6378 km)



Základy deskové tektoniky

Litosférická deska – zemská kůra + pevná část svrchního pláště (litosféra).

Desky se pohybují po astenosféře (plastické vrstvě ve svrchním plášti).

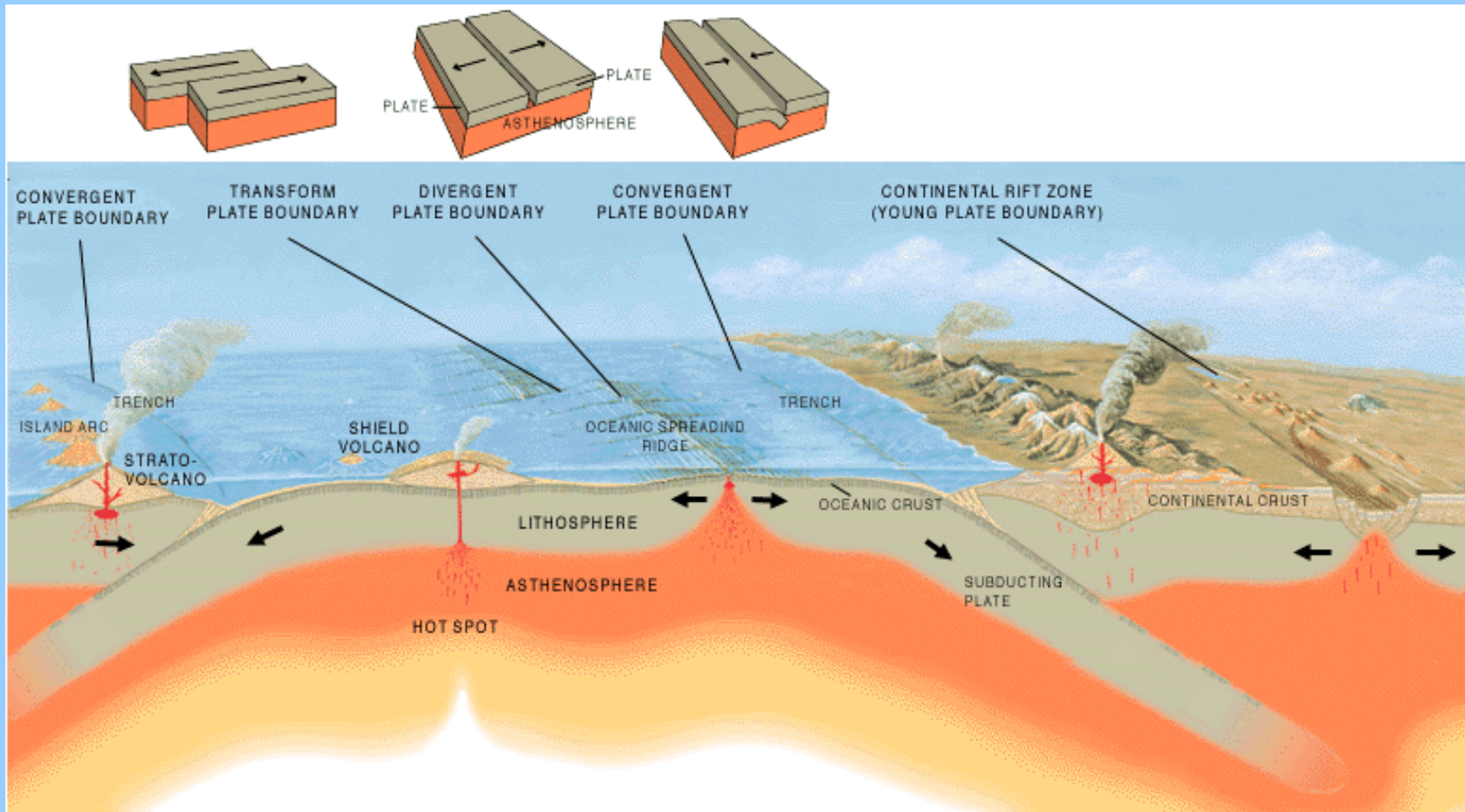


Typy deskových rozhraní

Konvergentní rozhraní (subdukční a kolizní zóny)

Divergentní rozhraní (kontinentální a oceánské rifty)

Transformní rozhraní (horizontální vzájemný pohyb desek)

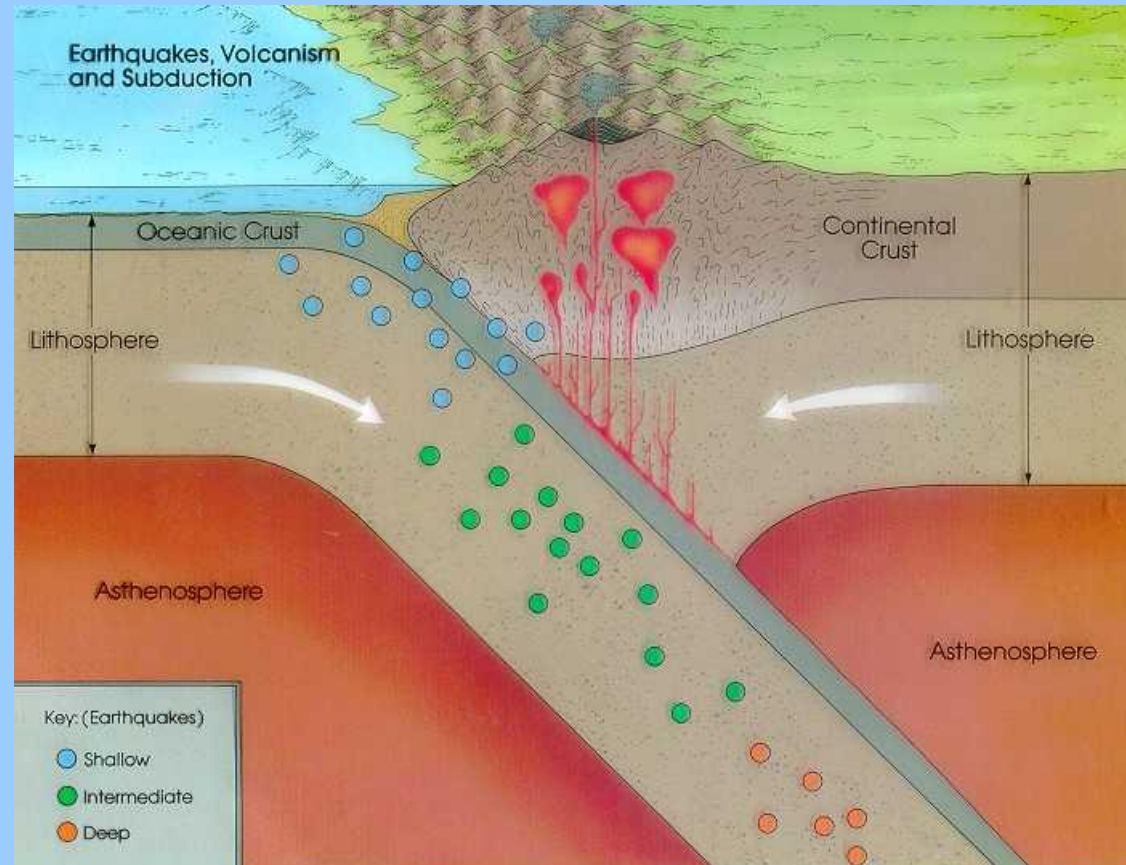


Subdukce a subdukční zóna

Subdukce – proces při němž se jedna deska podsune pod druhou a zanořuje se hluboko do pláště. Vzniká při ní **kompresní napětí**.

Subdukce neprobíhá plynule, ale skokově – desky na sebe tlačí v protisměru, jakmile je překročena kritická hranice, subdukovaná deska se náhle o kus posune do větší hloubky, což vyvolává silná **zemětřesení**.

Subdukovaná deska i spodní část nadložní desky se taví - **magmatismus** a **vulkanismus** andského typu (složením diorit-andezit), zároveň dochází k vysokotlaké a vysokoteplotní (regionální) **metamorfóze hornin**.



Typy subdukce

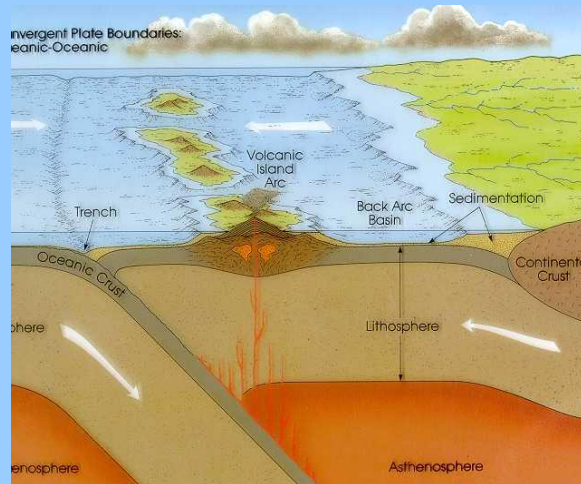
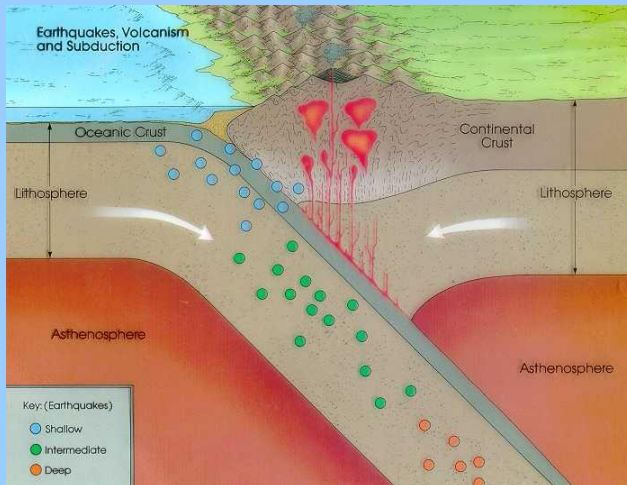
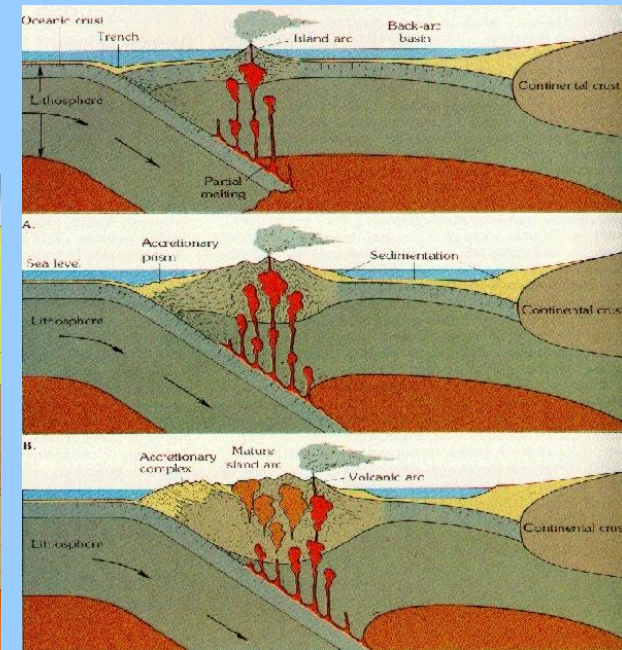
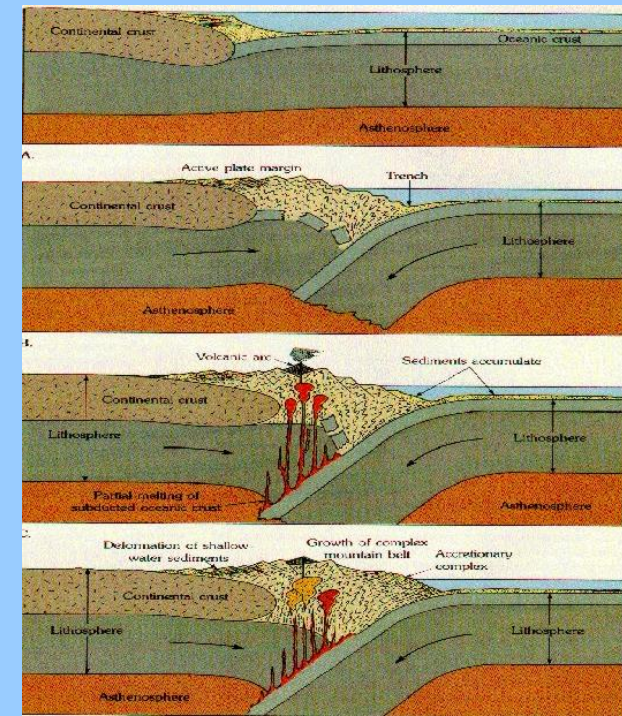
Aktivní okraj kontinentu

Oceánská deska subdukuje pod kontinentální desku, resp. oceánská kůra subdukuje pod kontinentální kůru.

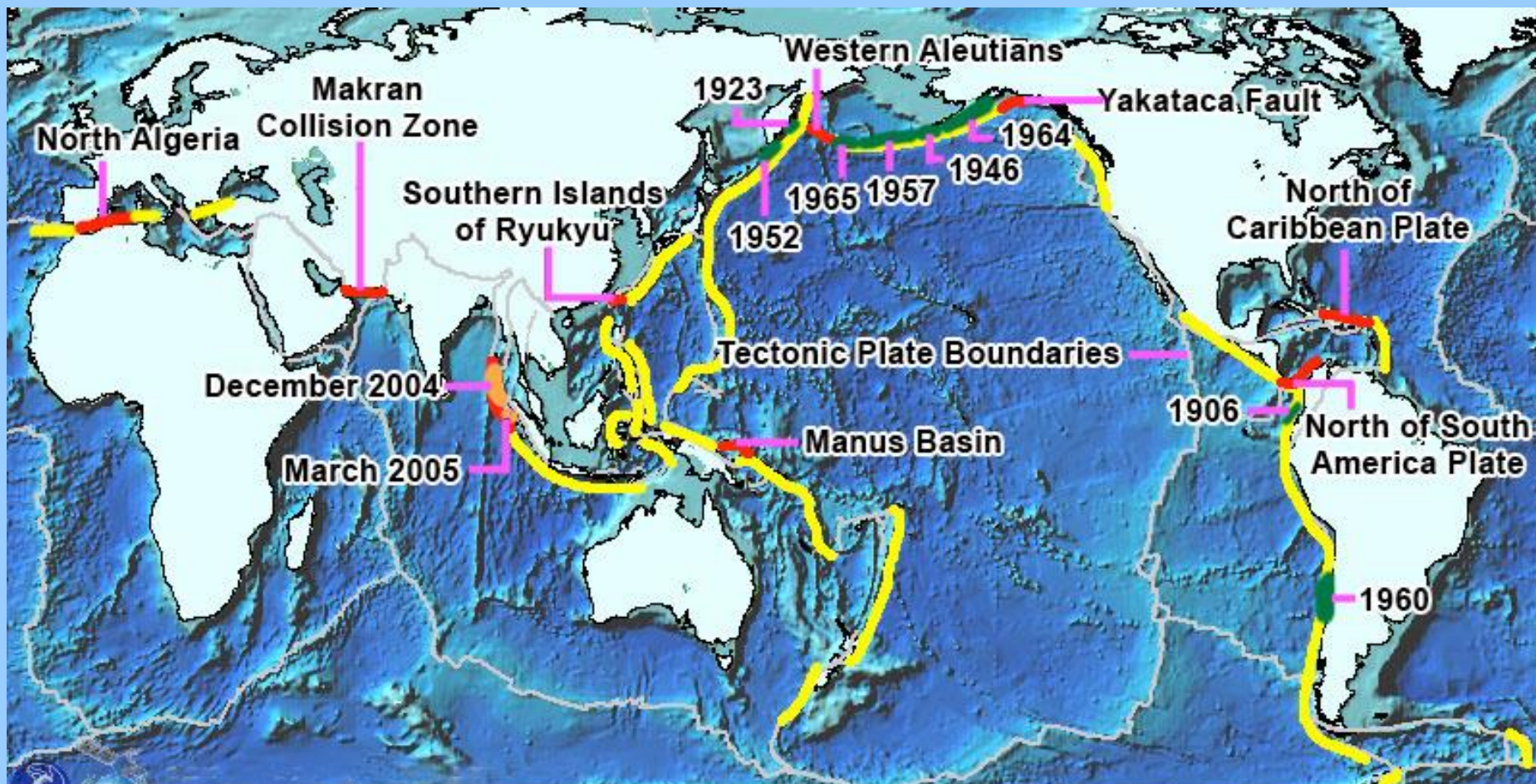
Aktivní ostrovní oblouk

Oceánská deska subdukuje pod jinou oceánskou desku/ kůru.



Produktem vzniklé taveniny je **magmatismus** a **vulkanismus** – vznik pásebného vulkanického pohoří na okraji kontinentu (např. Andy) nebo sopečných ostrovů (např. Sumatra, Jáva).





Typické příklady subdukce



Tsunami Sources:

-  Well-known typical subduction zone
-  Recently suggested slow subduction or collision zones

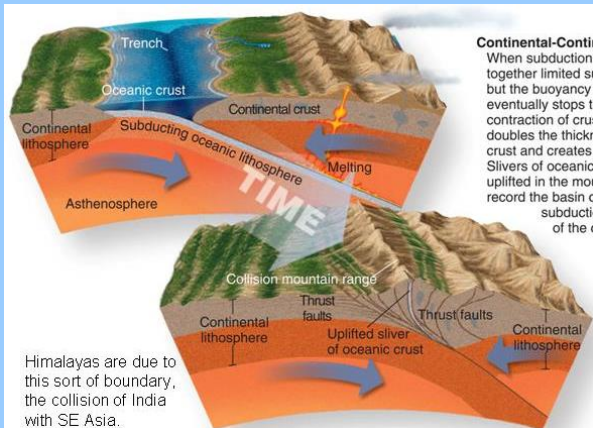
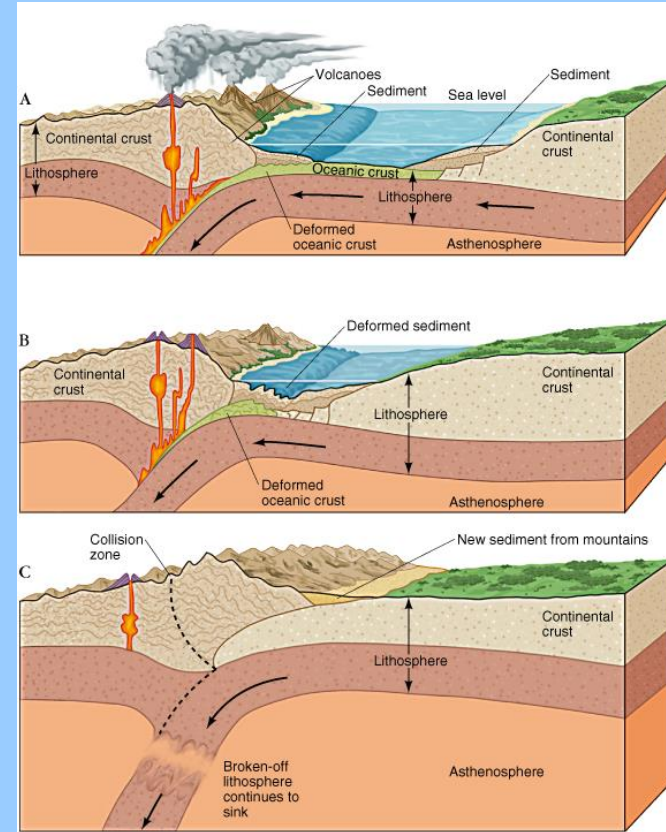
Earthquakes generating ocean-wide tsunamis:

-  Magnitude greater than 8.5
-  Sumatra-Andaman zone

Kolize kontinentálních desek

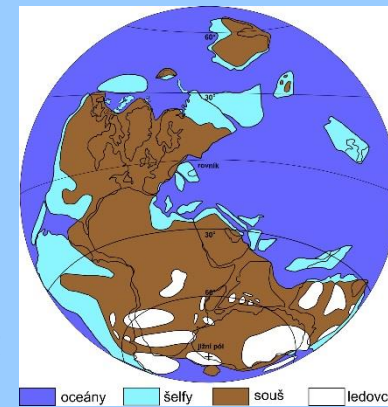
Kolize – při zániku oceánu subdukcí oceánické kůry se přiblíží a nakonec i srazí dva bloky kontinentální litosféry. Kontinentální litosféra nemůže být kvůli své větší mocnosti a lehkosti pohlcena do subdukční zóny. Subdukuje pouze okraj pevniny na straně subdukované desky a dojde tak k naduření a nárůstu mocnosti kontinentální litosféry v kolizní zóně. Takto vzniká velká mocnost kontinentální kůry pod orogény jako jsou Himálaje, Hindúkuš a Tibet.

Během kolize kontinentů dochází k **vrásnění**, vzniku **příkrovů**, střednětlaké a zároveň středněteplotní regionální **metamorfóze hornin**. Tavením kontinentální kůry vzniká granitoidní magmatismus a ryolitový vulkanismus. Takto vznikají **superkontinenty**.



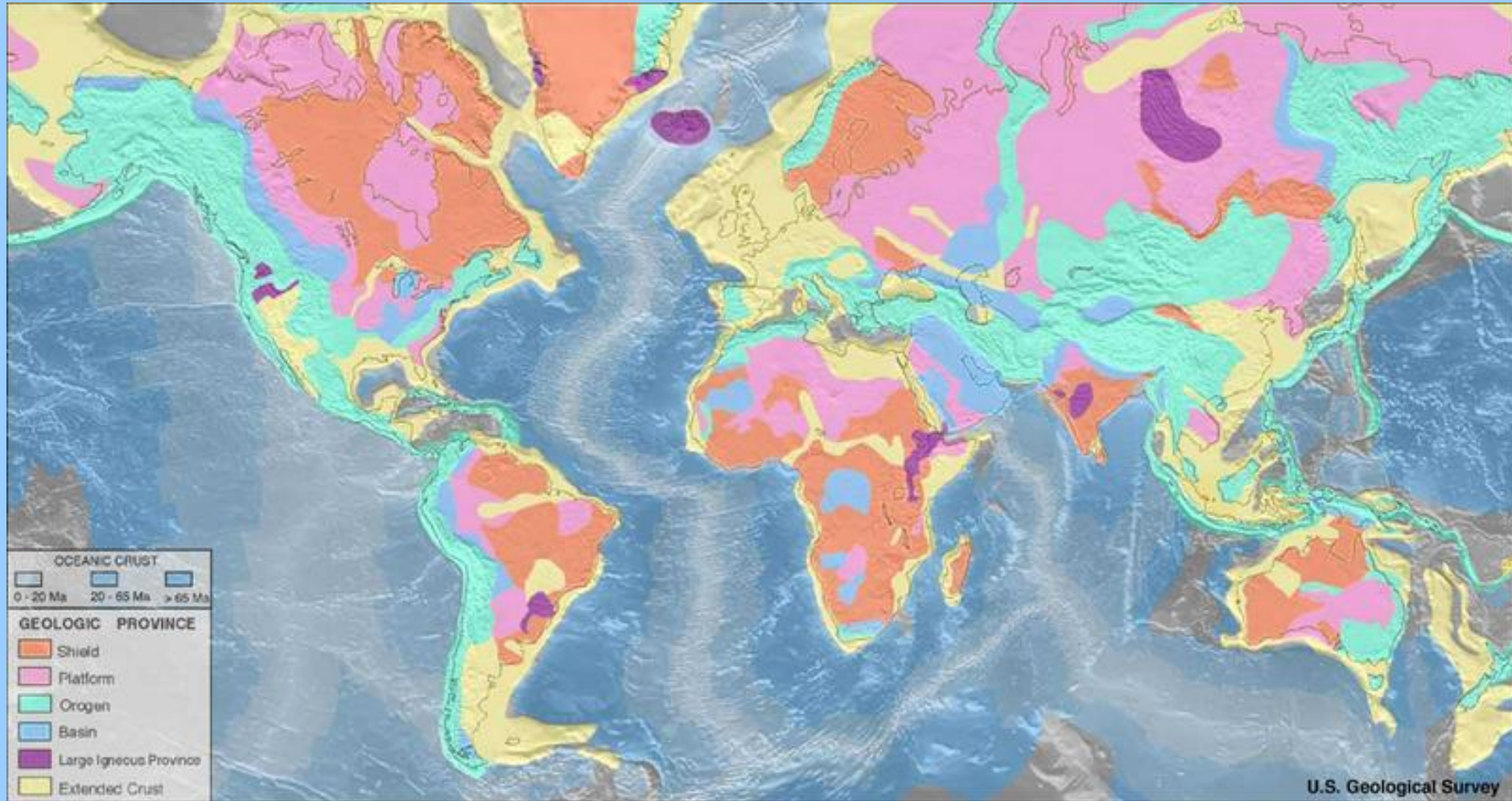
Zkrácení prostoru –
přesouvání šupin kůry –
vznik příkrovů

Superkontinent
Pangea (karbon-jura)

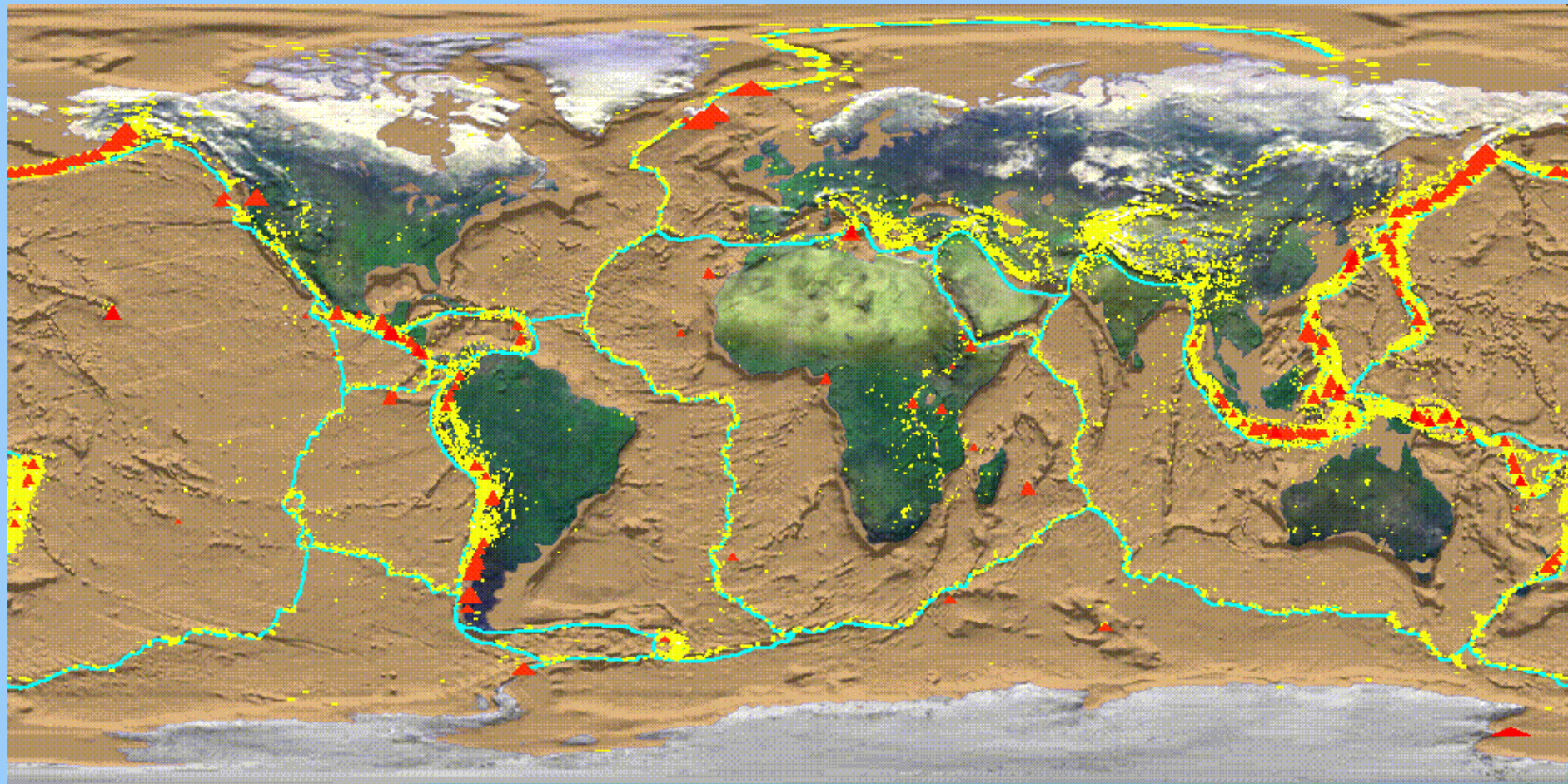


Orogenní pásma

Doklady subdukce oceánské kůry a kolize kontinentů



Zemětřesení vs. subdukční a kolizní zóny

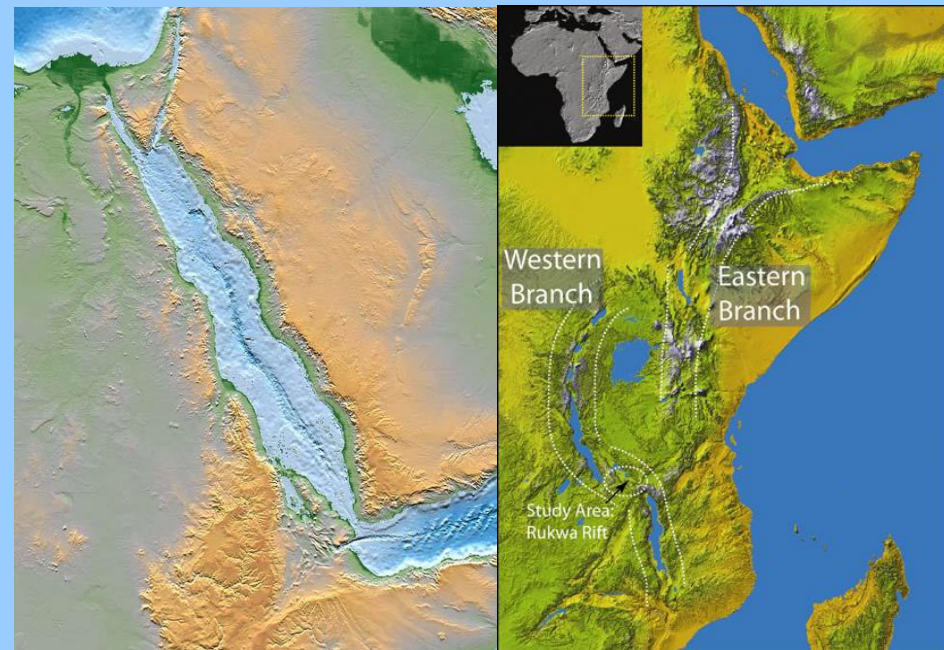
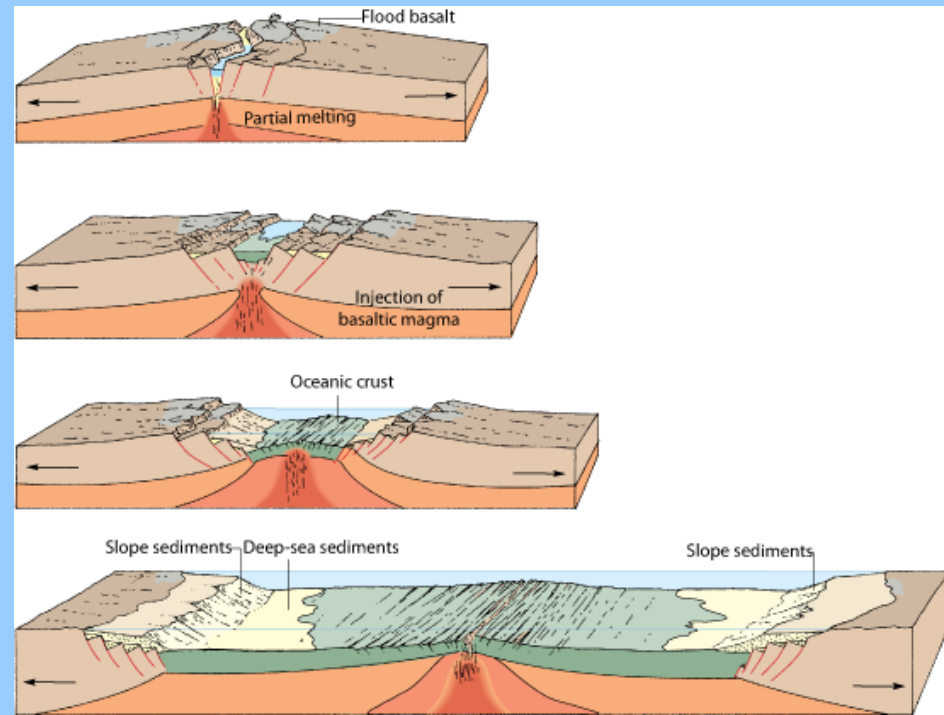


Riftové zóny

Rifty – až tisíce km dlouhé praskliny mezi deskami, podél nichž vystupuje plášťové magma, čímž přirůstá nová hmota desek a starší horniny jsou odtlačovány do stran a v obou směrech se vzdalují od riftové zóny. Na riftech vzniká a přirůstá vždy oceánský typ zemské kůry a dochází tím ke vzniku a rozšiřování oceánů. S tímto procesem souvisí **tahové napětí**, které je v riftech přítomné.

Oceánské rifty – rift v oceánské litosféře, např. četné rifty v Tichém oceánu.

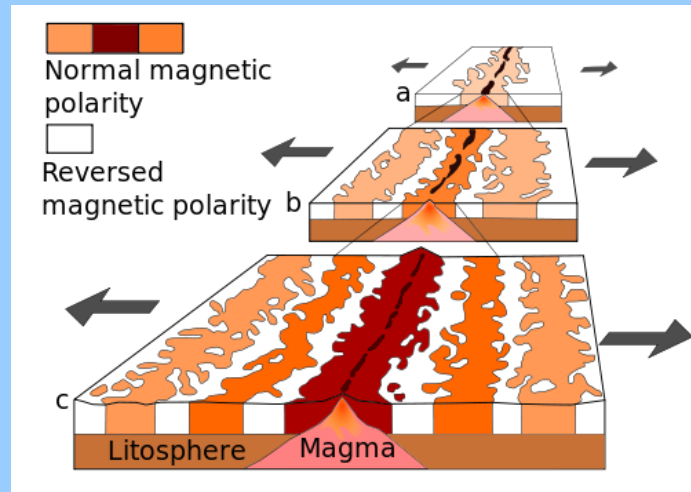
Kontinentální rifty – rozdělení kontinentu a otevření oceánu mezi oddělenými bloky kontinentální litosféry. Příkladem je Východoafrický rift, pokročilejším je Rudé moře je otvírajícím se oceánem, v mesozoiku rifty mezi Jižní Amerikou a Afrikou a Evropou a Severní Amerikou, které stály na počátku vzniku Atlantského oceánu.



Riftové zóny

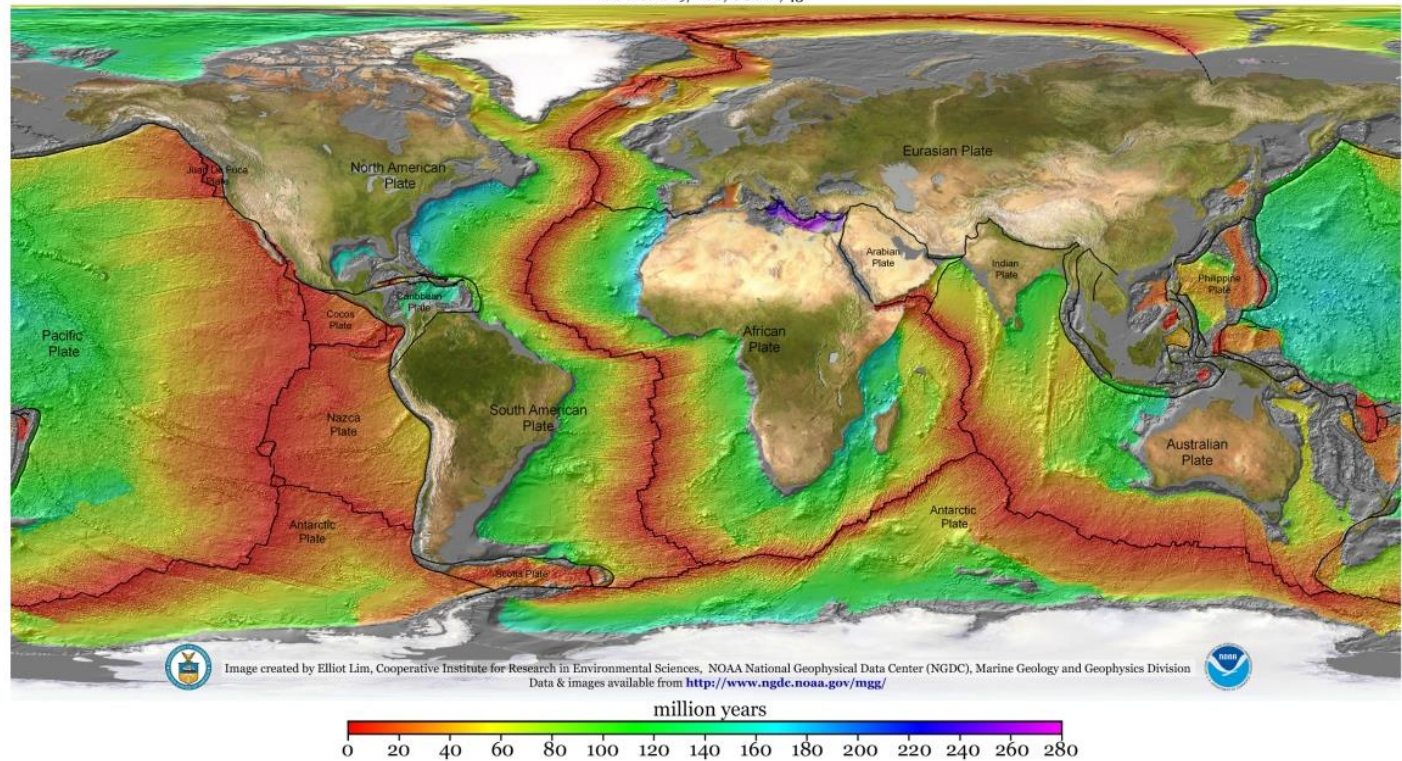
Rift vzniká jako **reakce na vytvoření subdukční zóny** na jiném místě planety. Subdukce vyvolává **tahové napětí** v ostatních deskách. Rift by bez subdukce vzniknout nemohl – nově vytvořená hmota by se neměla kam posunovat, pokud by na jiném místě nezačala litosféra zanikat subdukcí.

Na základě orientace magnetických minerálů v bazaltech oceánského dna vzniklých v riftové zóně lze ukázat radiální nárůst stáří těchto hornin, přičemž nejmladší horniny leží přímo na riftu.



Age of Oceanic Lithosphere (m.y.)

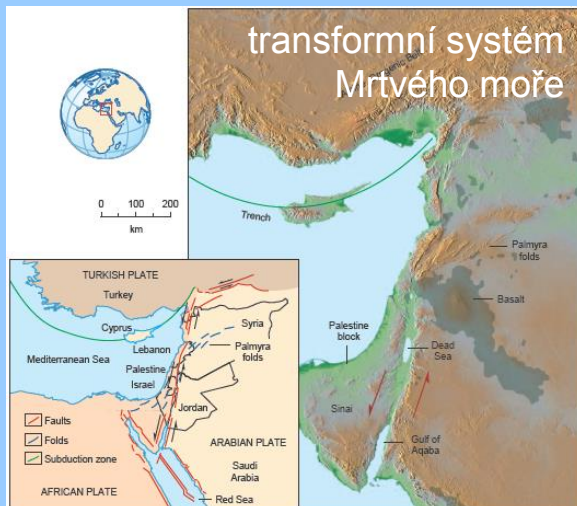
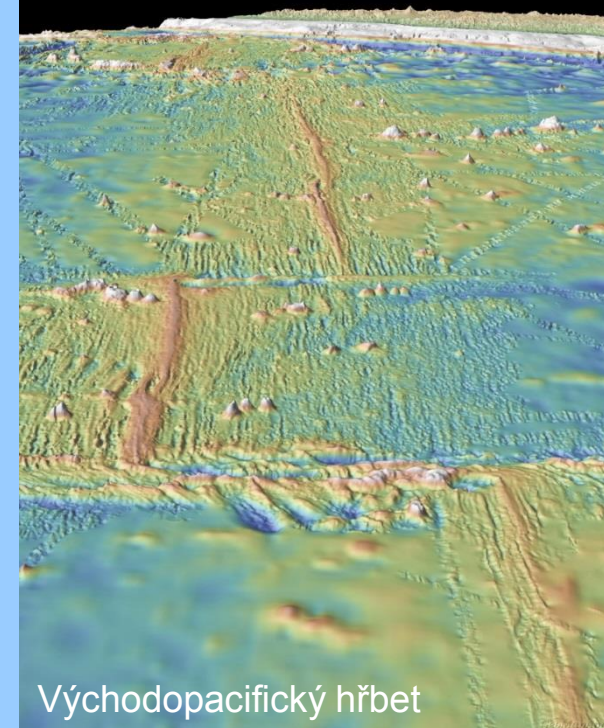
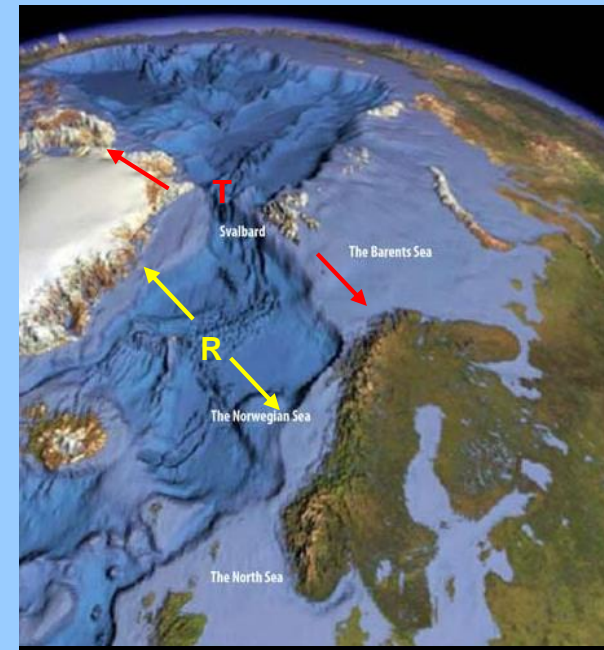
Data source:
Muller, R.D., M. Sdrolias, C. Gaina, and W.R. Roest 2008. Age, spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9, Q04006, doi:10.1029/2007GC001743.



Transformní zlomy

Desky se posunují laterálně podél kolmého zlomu, nedochází k subdukci, ani ke kolizi. Transformní zlomy vznikají současně se subdukčními a riftovými zónami.

Rift mezi Grónskem a Skandinávským poloostrovem (**R**) rozšiřuje oceánskou litosféru severního Atlantiku – vzájemné vzdalování Severní Ameriky a Eurasie (**žluté šipky**) – jz. okraj šelfu Barentsova moře oddělen od severního Grónska, – posun Eurasie podél transformního zlomu (**T**) podél severního okraje Grónska na JV a současný posun Severní Ameriky na SZ (**červené šipky**). Současné otevírání pánve Arktického oceánu.



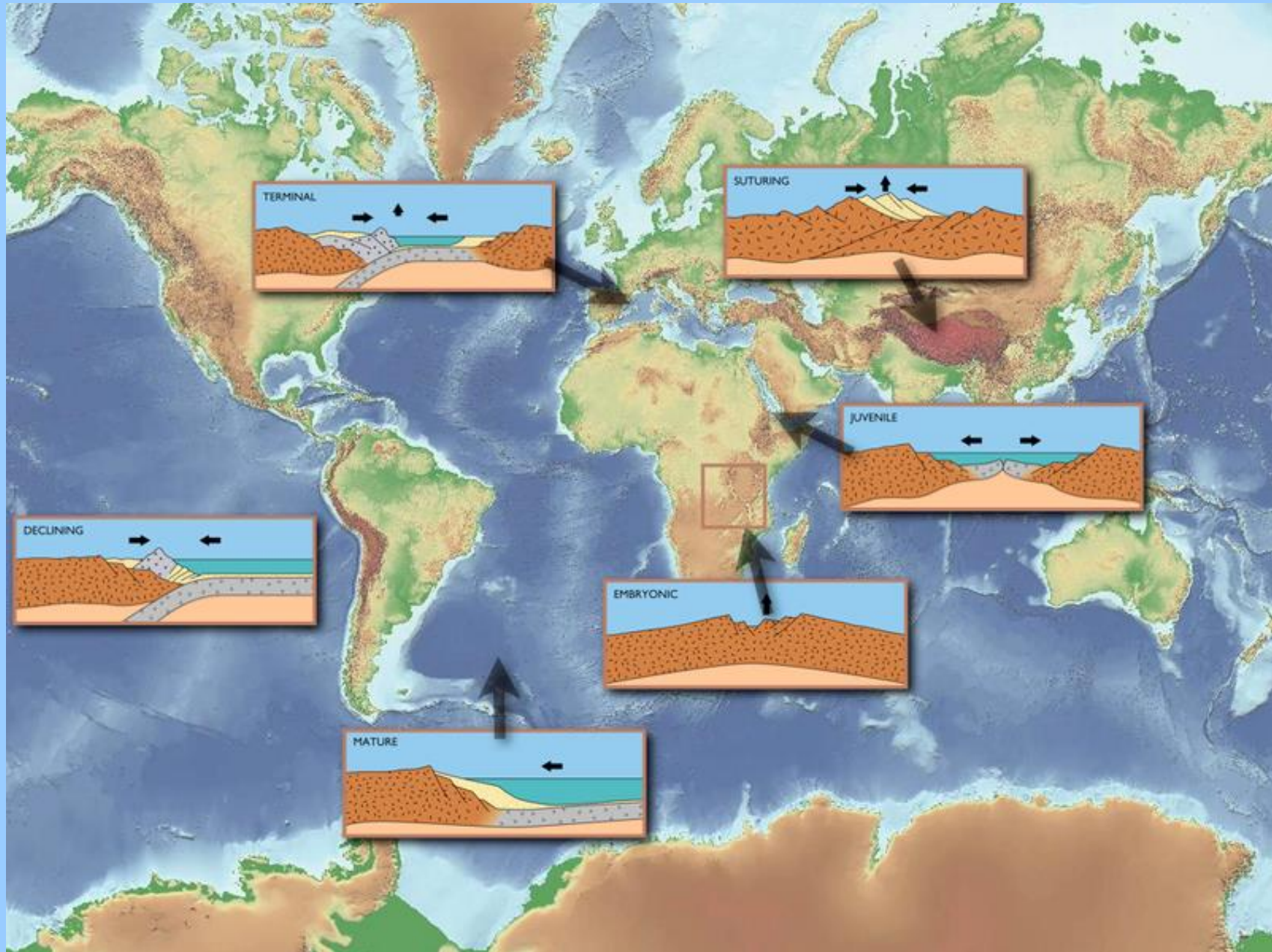
zlom San Andreas

Východopacifický hřbet

Wilsonův cyklus vývoje oceánů

- 1) počáteční období** – vznik a vývoj kontinentálního riftového systému (období vysoké vulkanické aktivity, hromadění materiálu v riftových depresích)
- 2) mladé období** – uprostřed původně kontinentálního riftu se vytváří deprese s kůrou oceánského typu, riftová deprese se rozšiřuje poklesy ker podél centrálního zlomu, marinní sedimentace
- 3) období zralosti** – rozšiřující se oceánská pánev, hřbet s centrálním riftem – seismická a vulkanická aktivita, pasivní okraje kontinentů jsou součástí téže desky jako přilehlá část oceánu
- 4) období úpadku** – přeměna pasivních okrajů kontinentů v aktivní (rozdělení desek), zmenšování oceánské pánve, na obvodu subdukce (zánik oceánské kůry), při aktivních okrajích kontinentů pohoří andského typu
- 5) období uzavírání** – postupný zánik oceánské pánve, tektogeneze typu kontinent – kontinent, vulkanismus vázaný na subdukci zaniká
- 6) vytvoření geosutury** – definitivní zánik zbytku oceánů mezi sbližujícími se kontinenty, znásobení mocnosti kontinentální kůry, vznik pásemného pohoří himálajského typu

Wilsonův cyklus vývoje oceánů

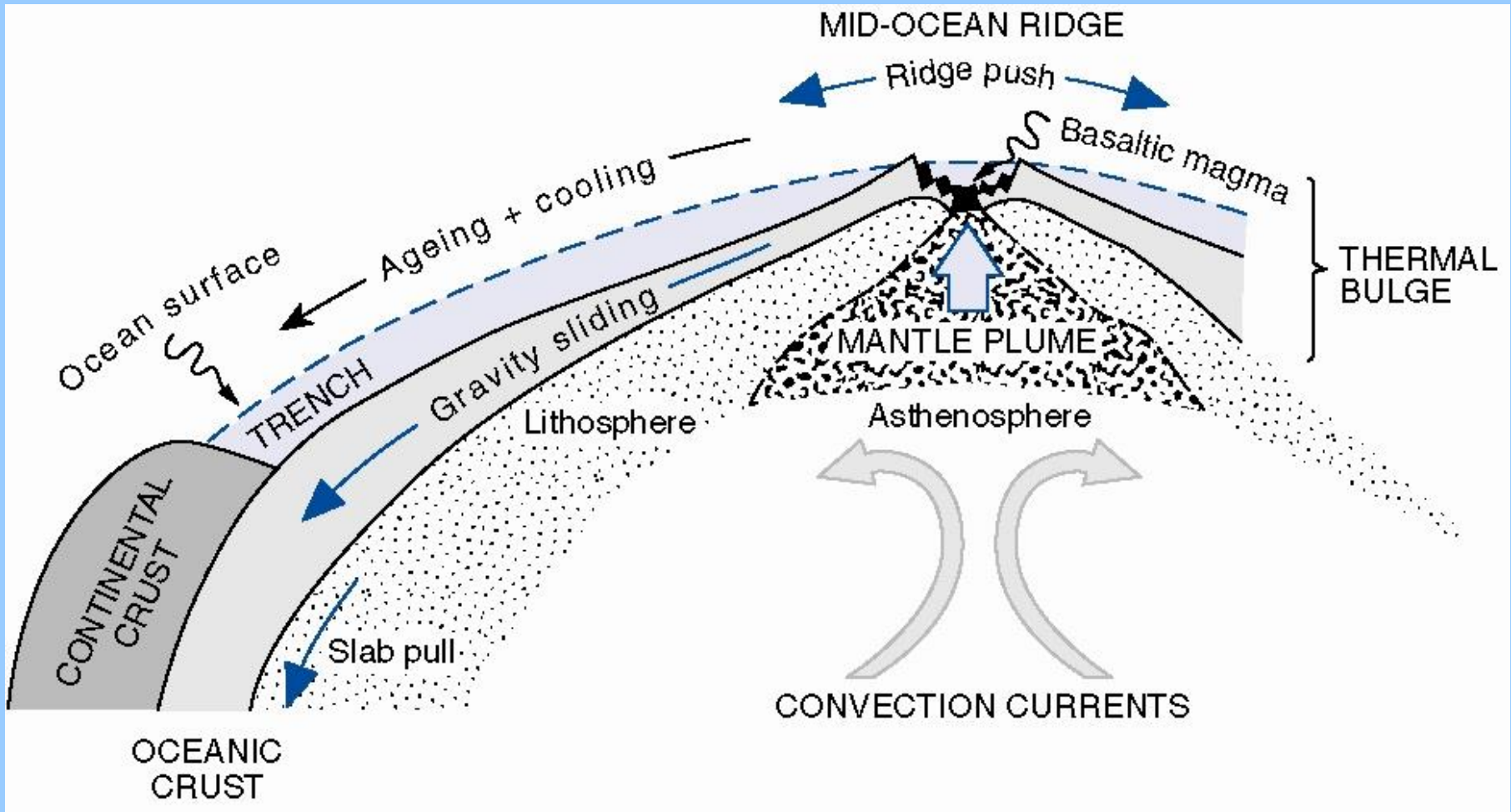


Princip pohybu litosférických desek

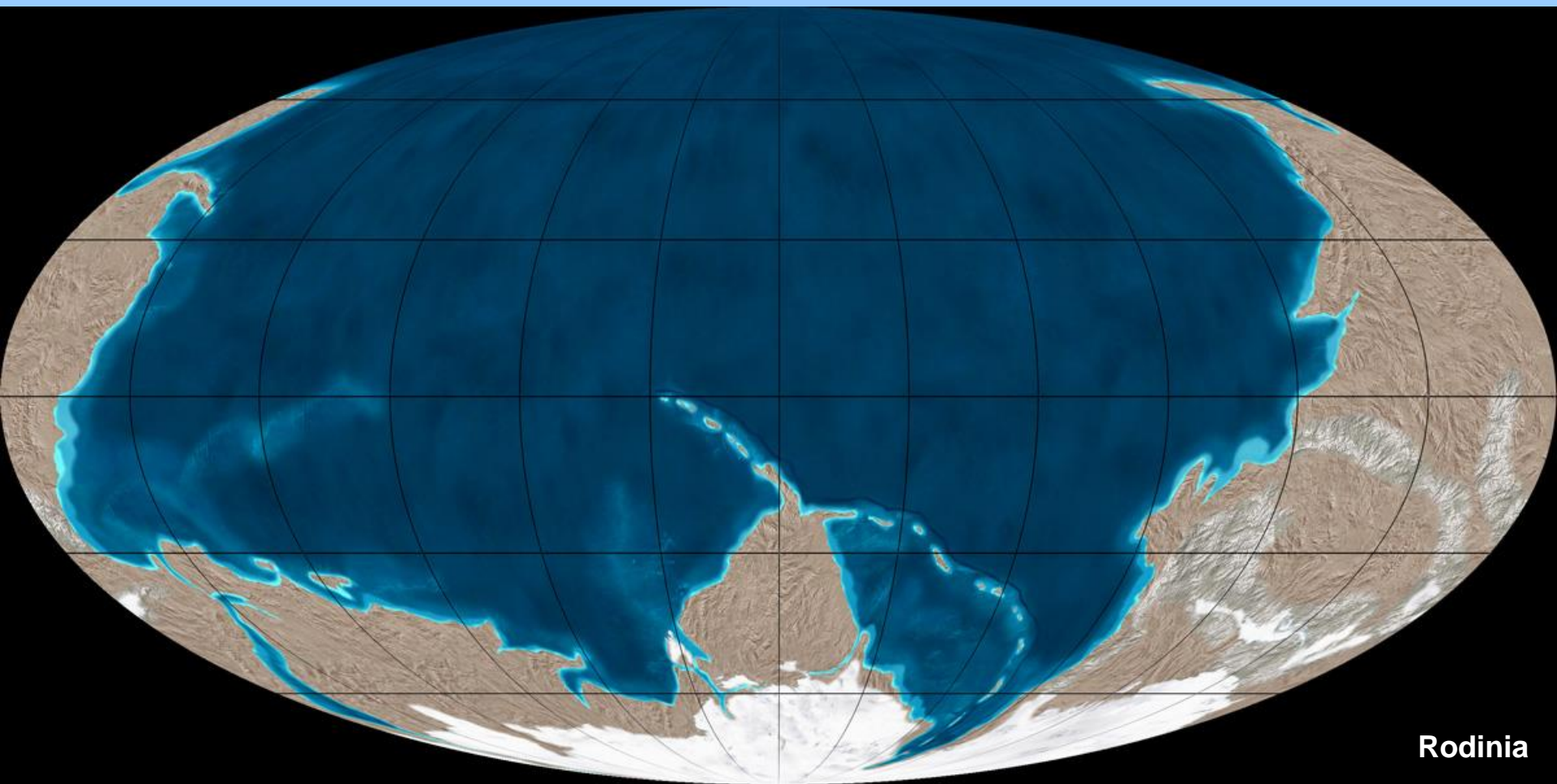
Gravitační **zanořování** postupně těžknoucí oceánské kůry pod lehčí kontinentální kůru

Vznik nové oceánské kůry na riftech v důsledku konvekčního proudění ve svrchním plášti → nerovnoměrné prohřívání hornin a vznikají plášťové chocholy

Zdroj tepla → rozpad radiogenních izotopů ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K



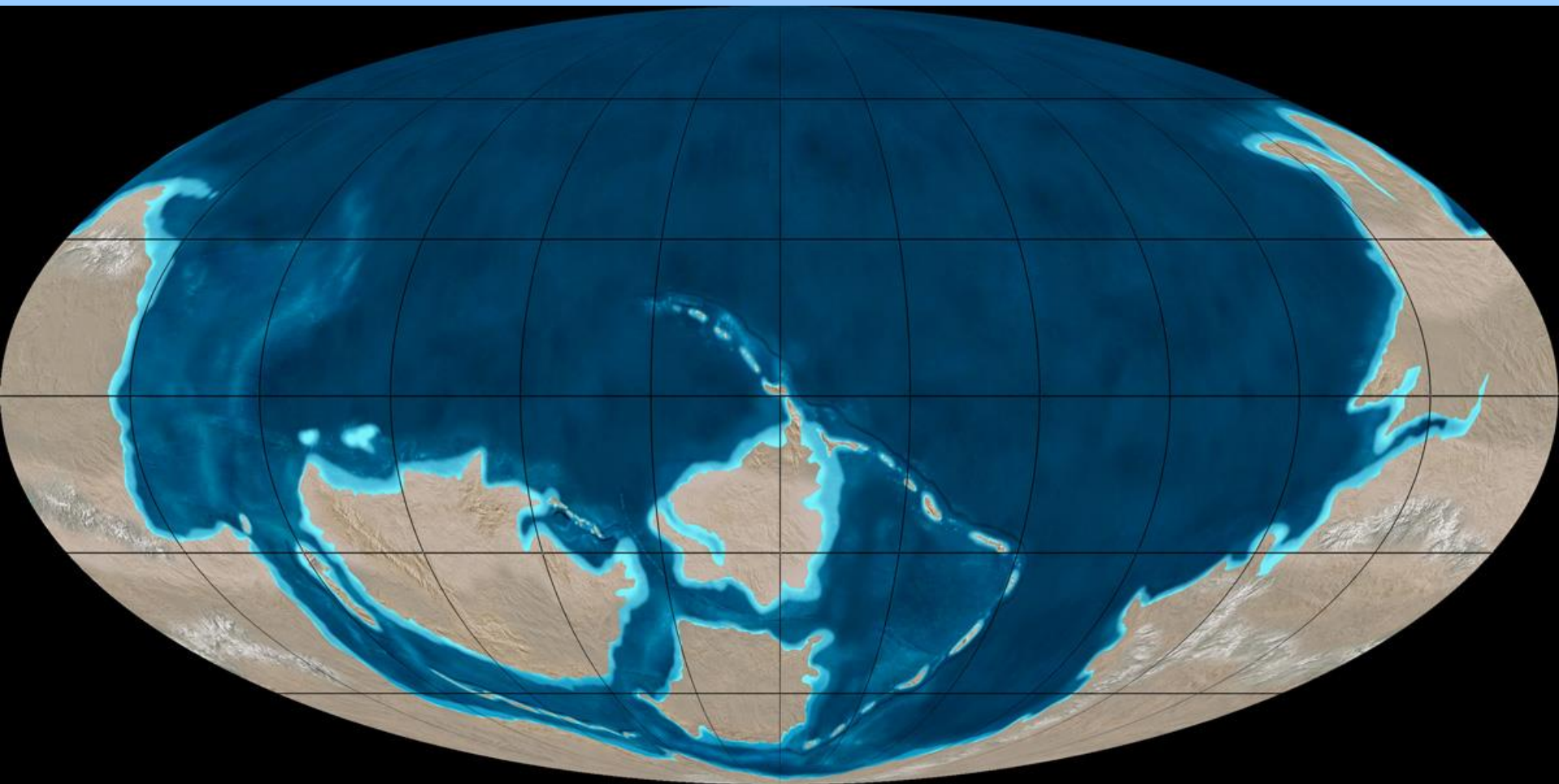
ediacar



Rodinia

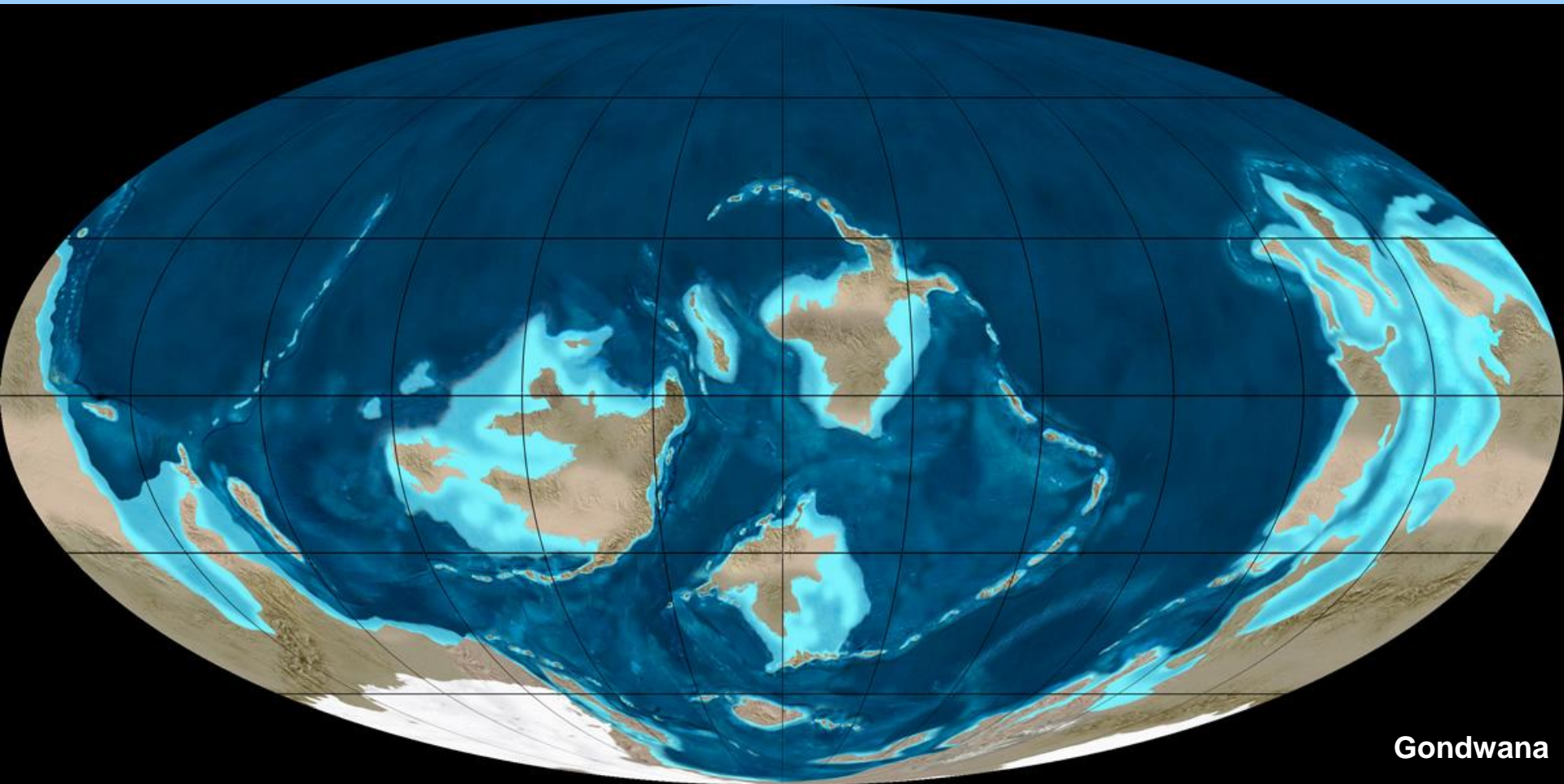
600 Ma

spodní kambrium



540 Ma

střední ordovik

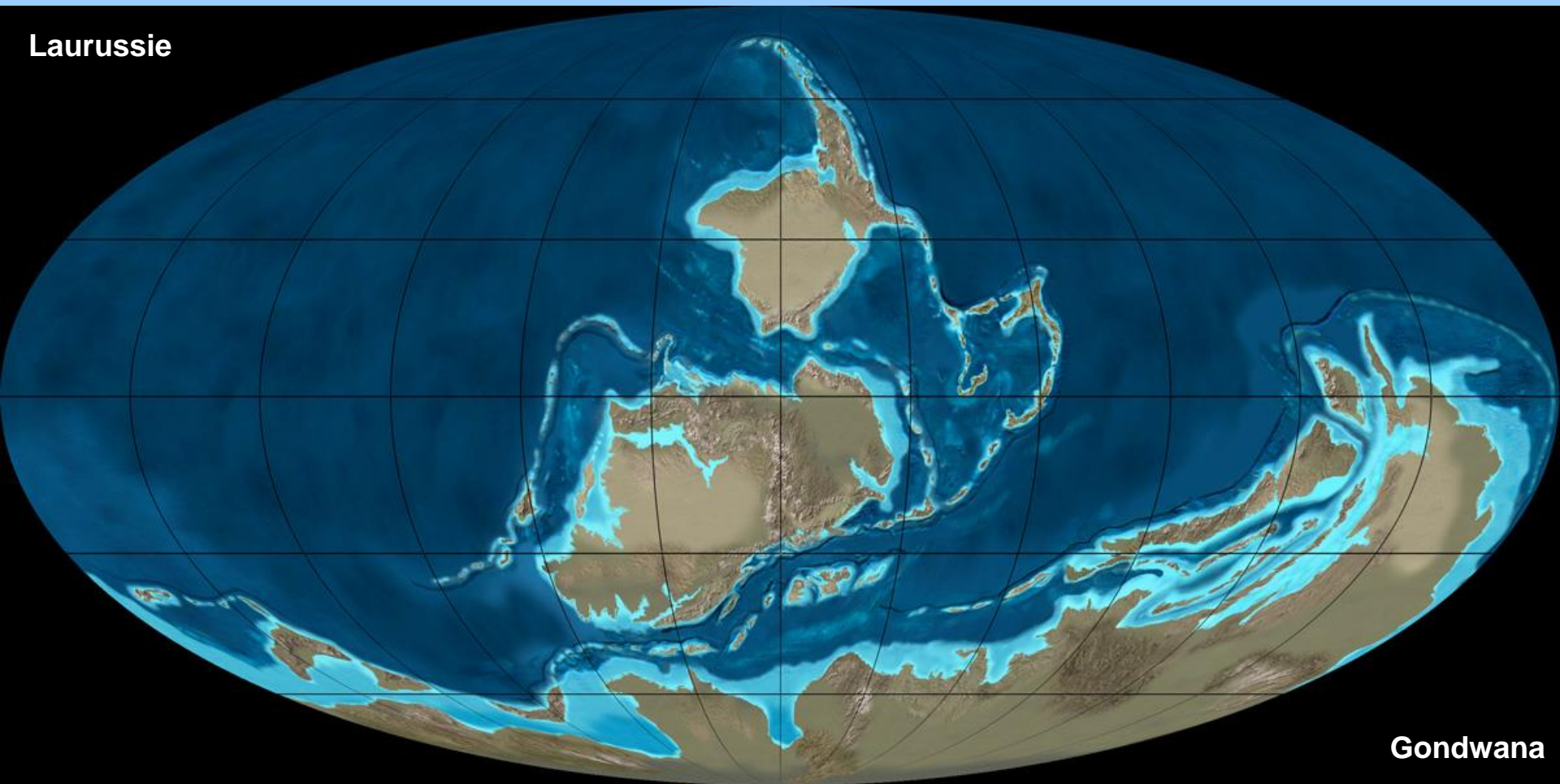


470 Ma

Gondwana

spodní devon

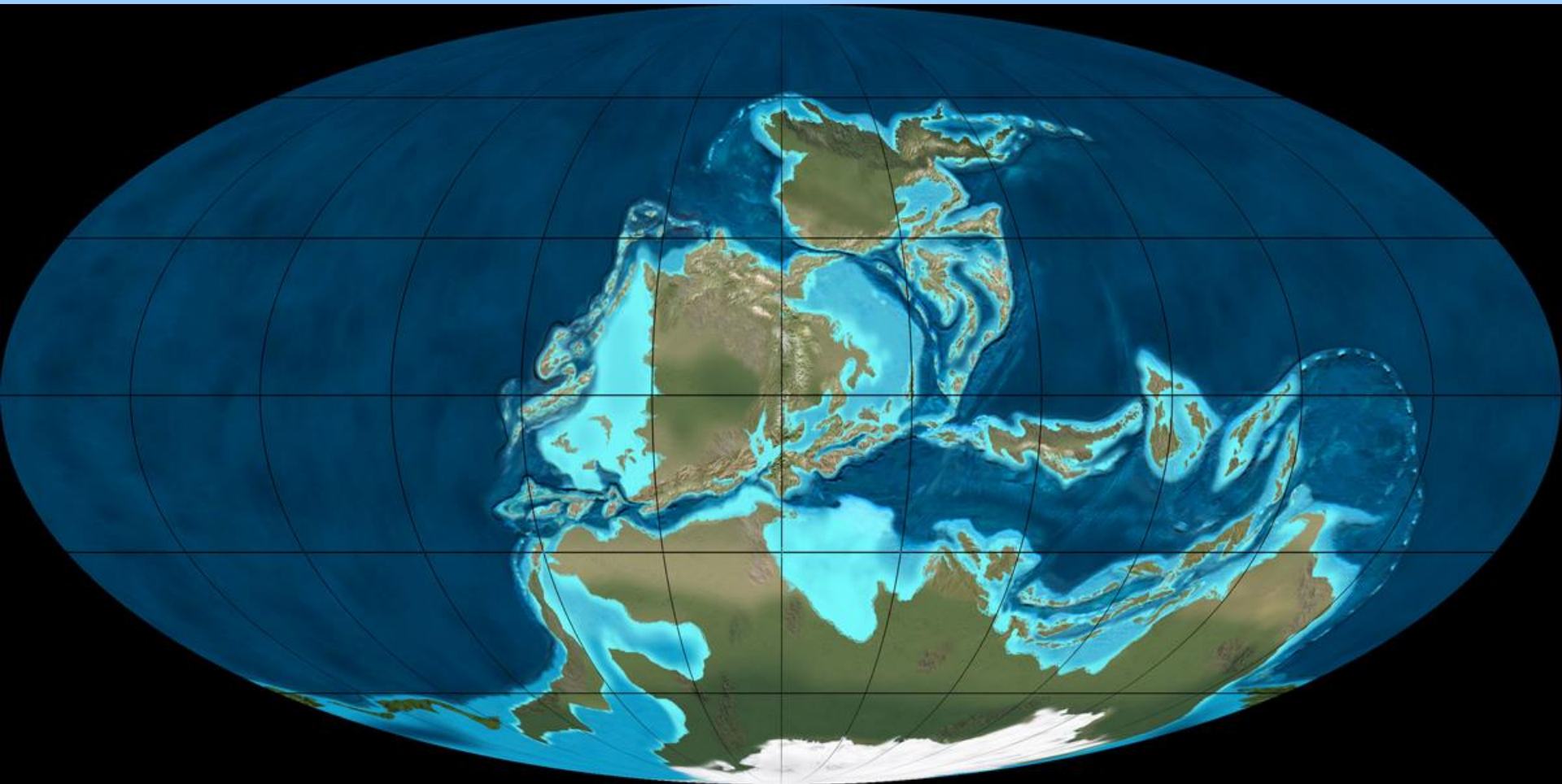
Laurussie



Gondwana

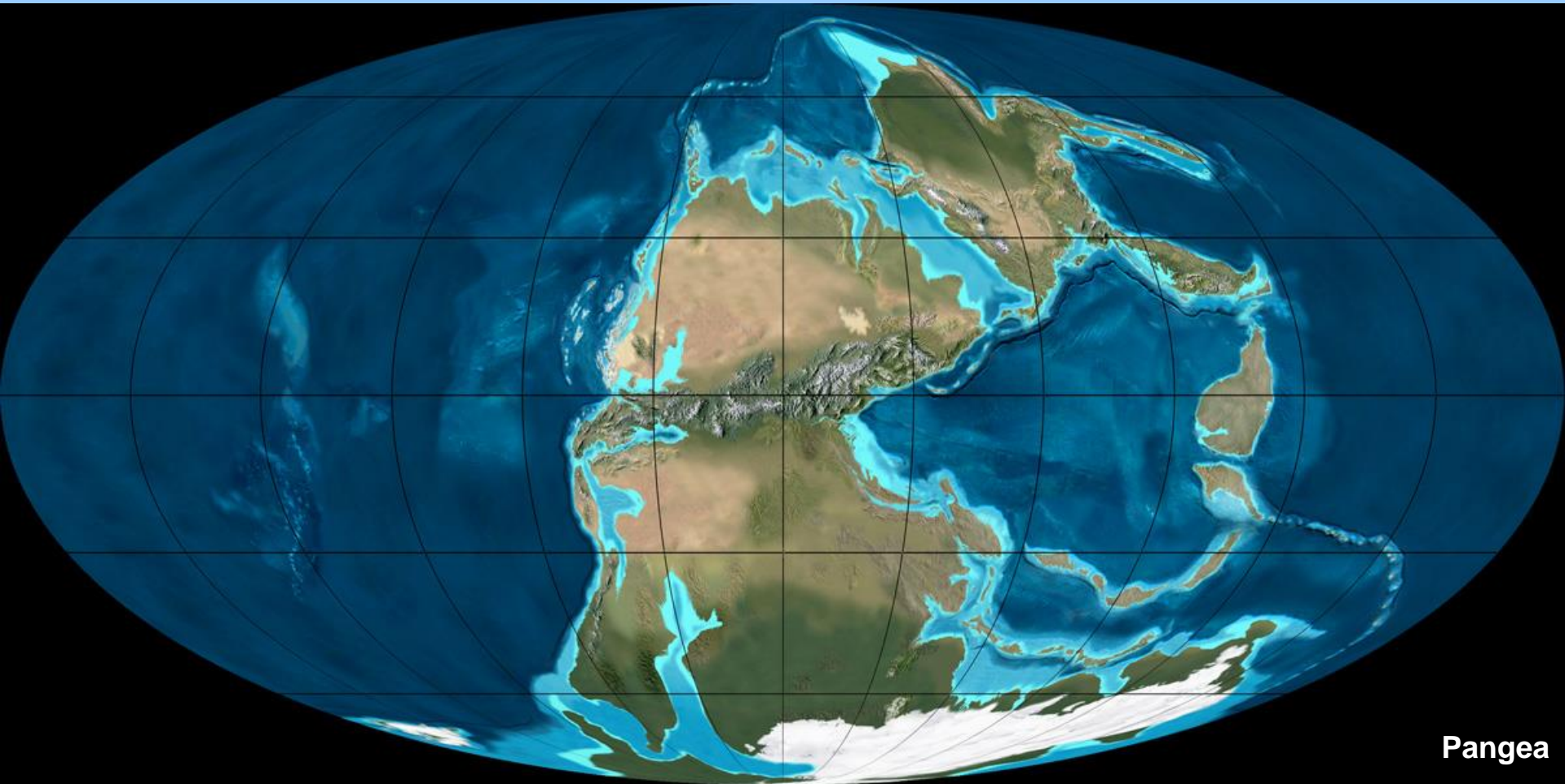
400 Ma

spodní karbon



340 Ma

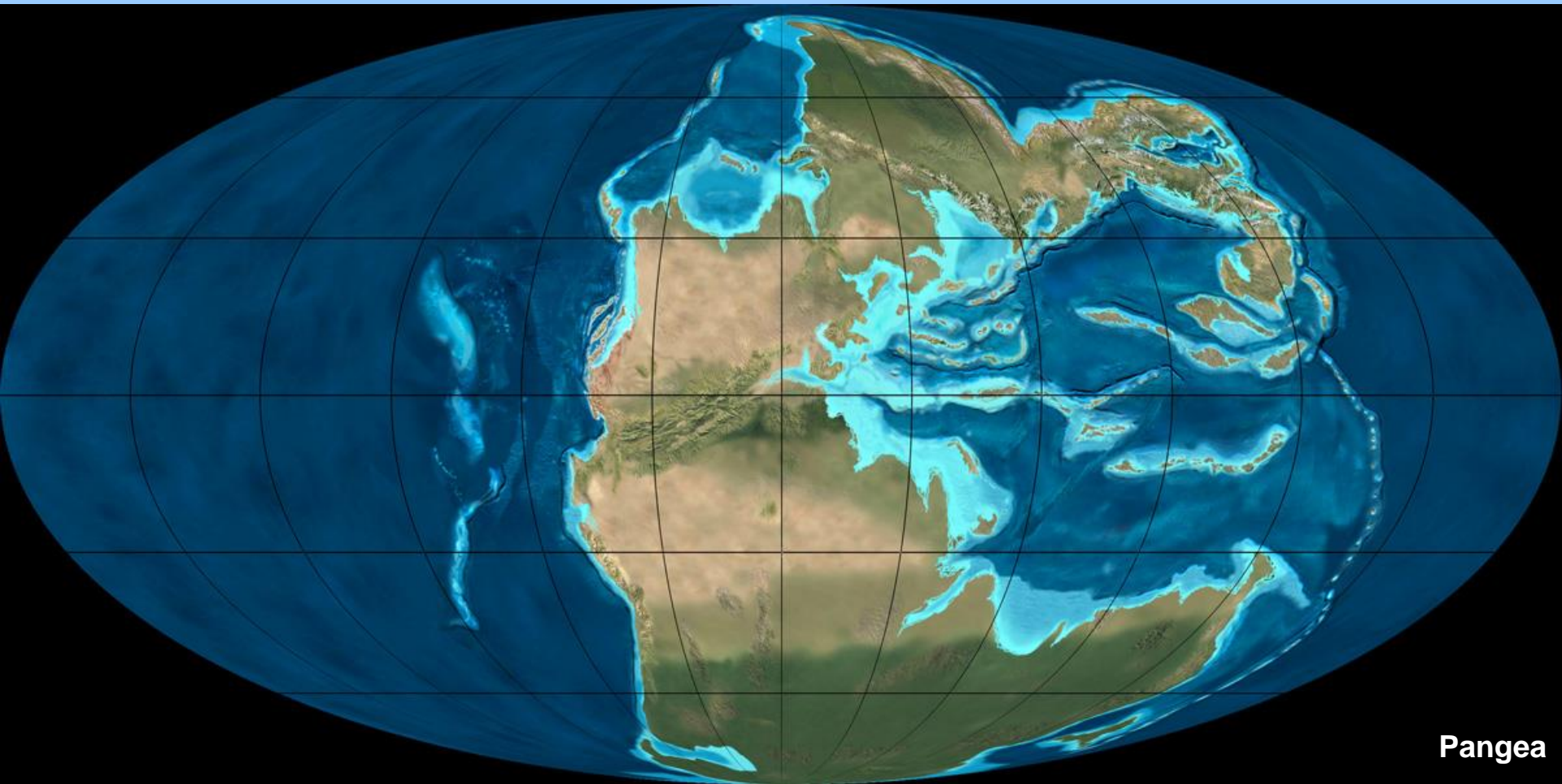
spodní perm



Pangea

280 Ma

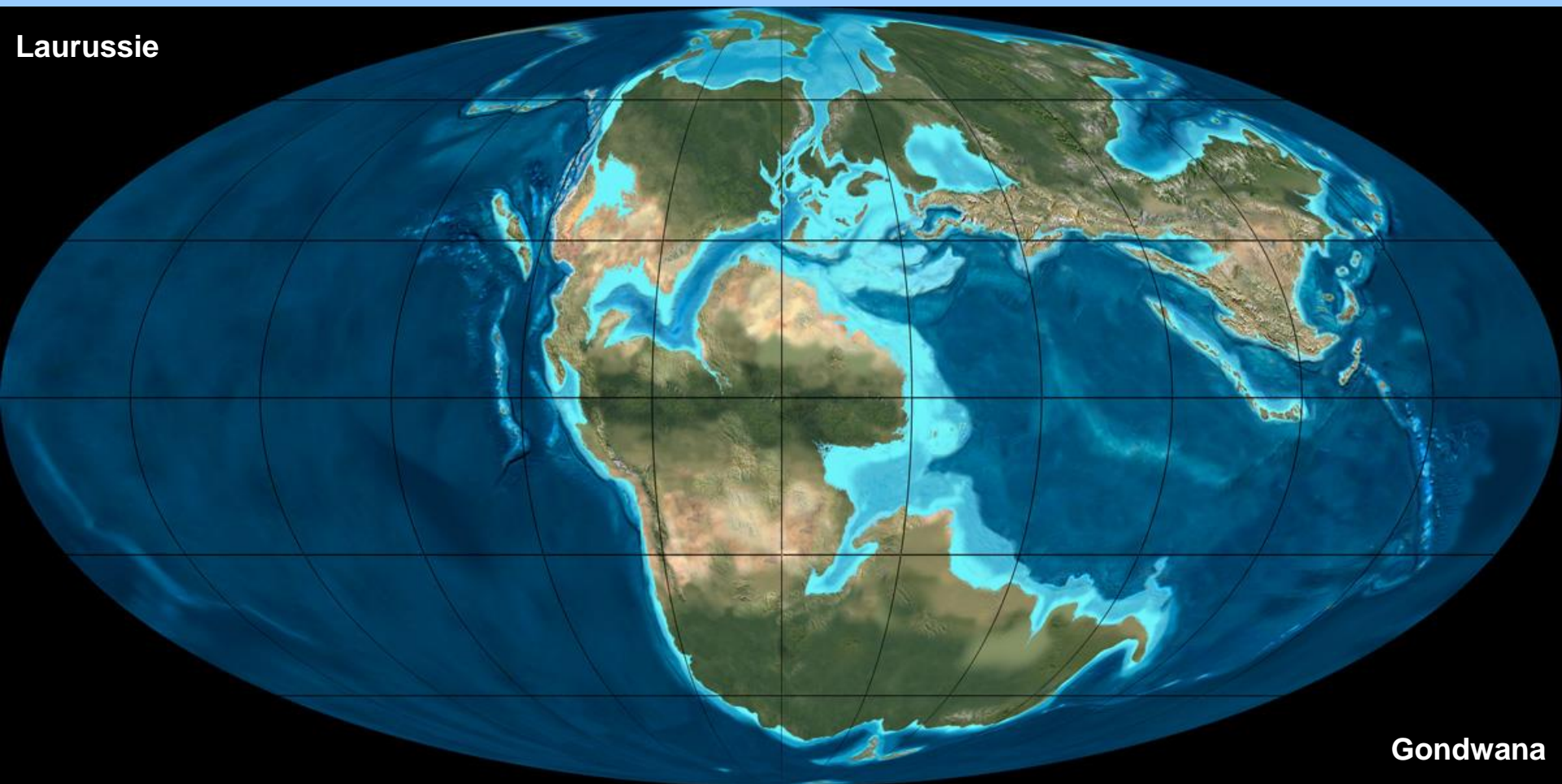
střední trias



Pangea

240 Ma

střední jura

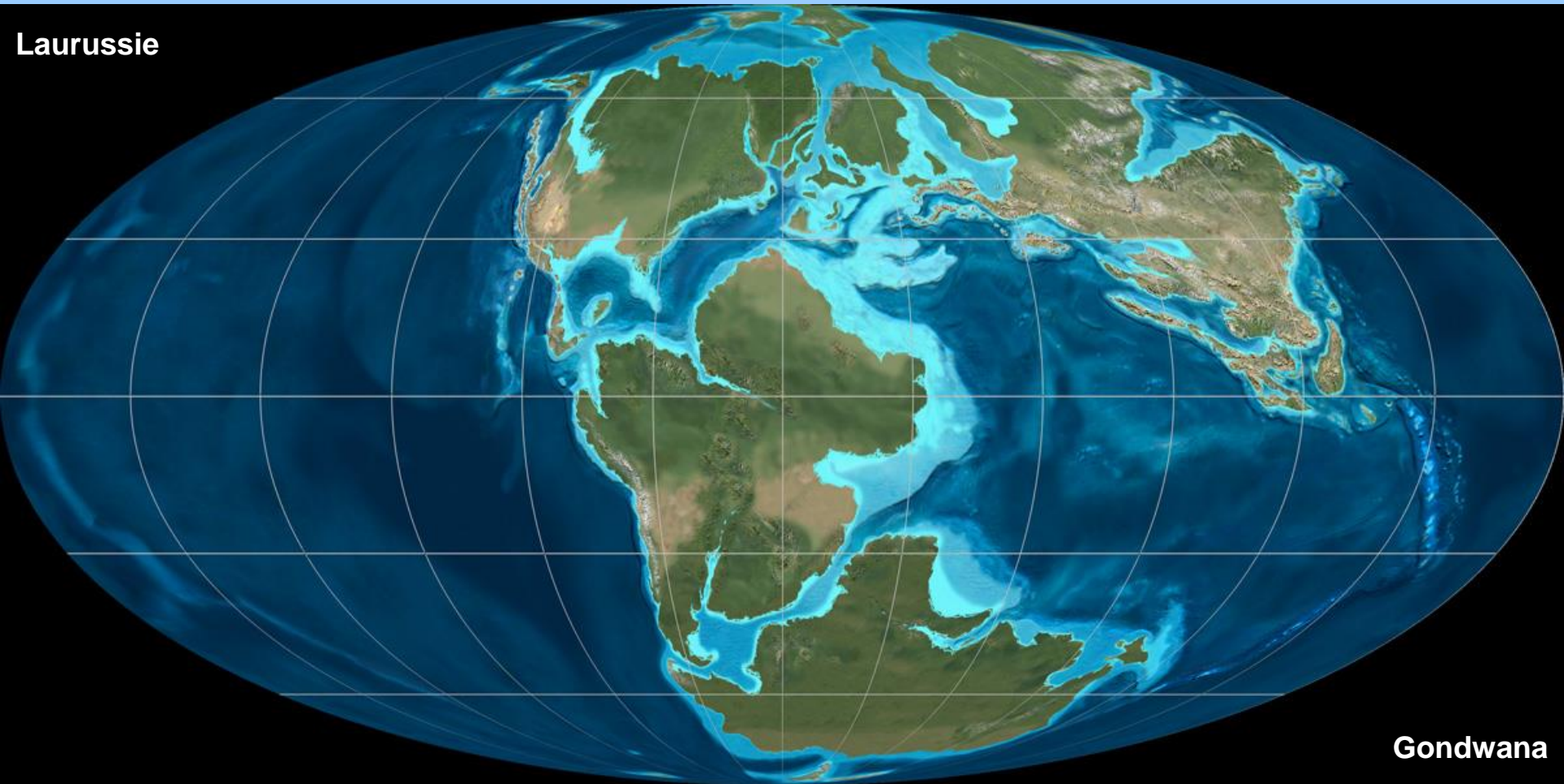


Laurussie

Gondwana

170 Ma

pozdní jura

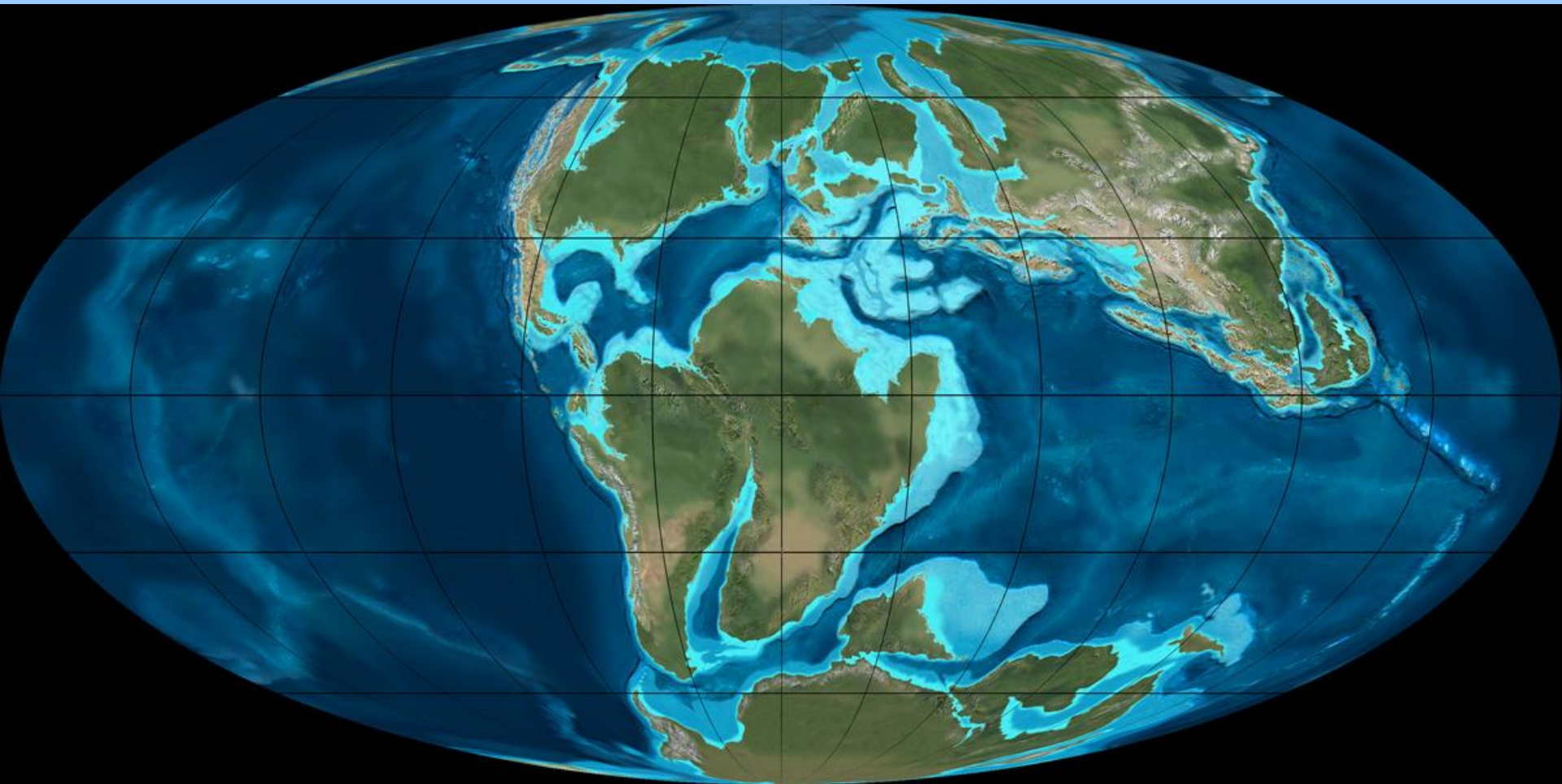


Laurussie

Gondwana

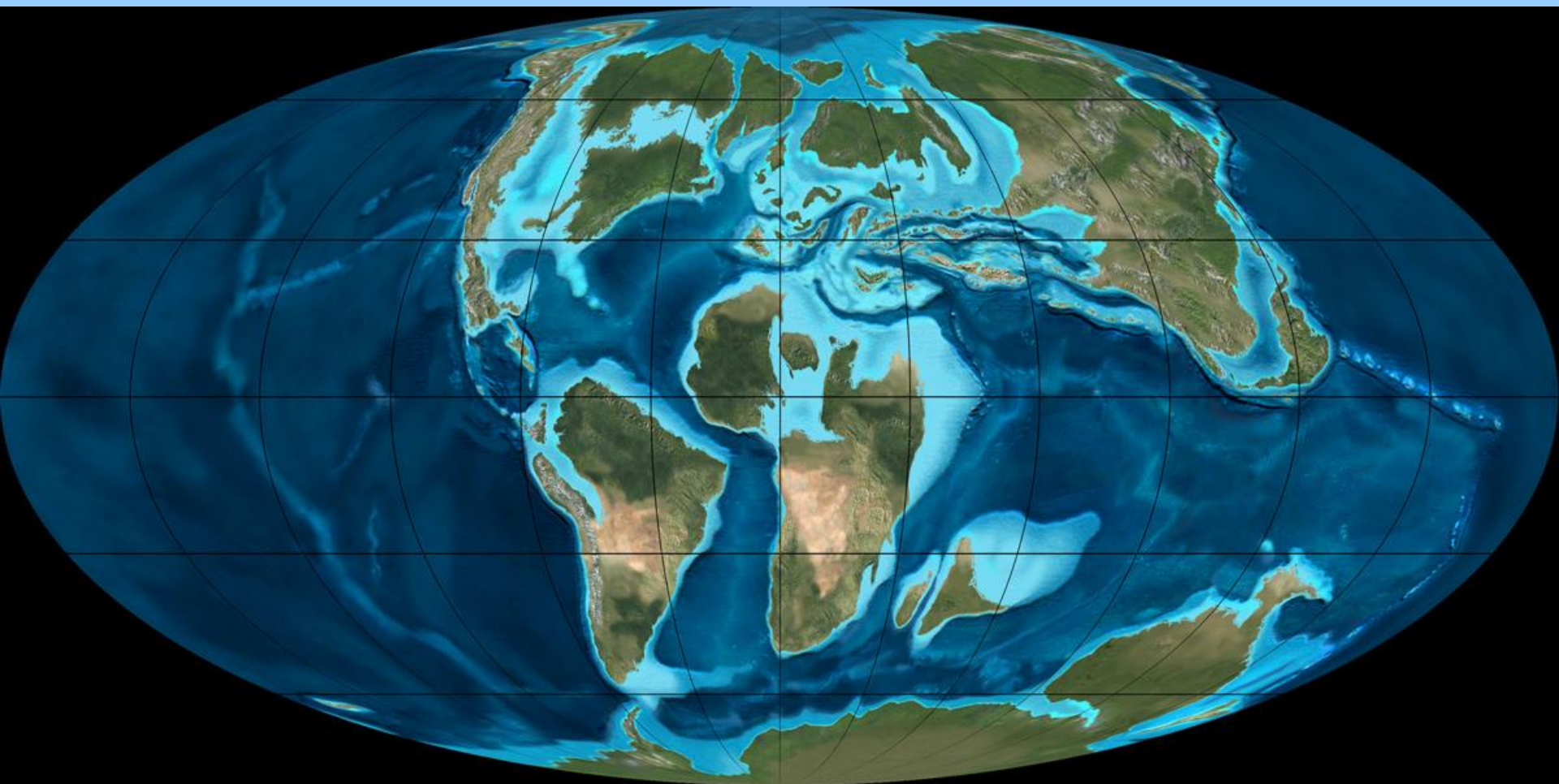
150 Ma

spodní křída



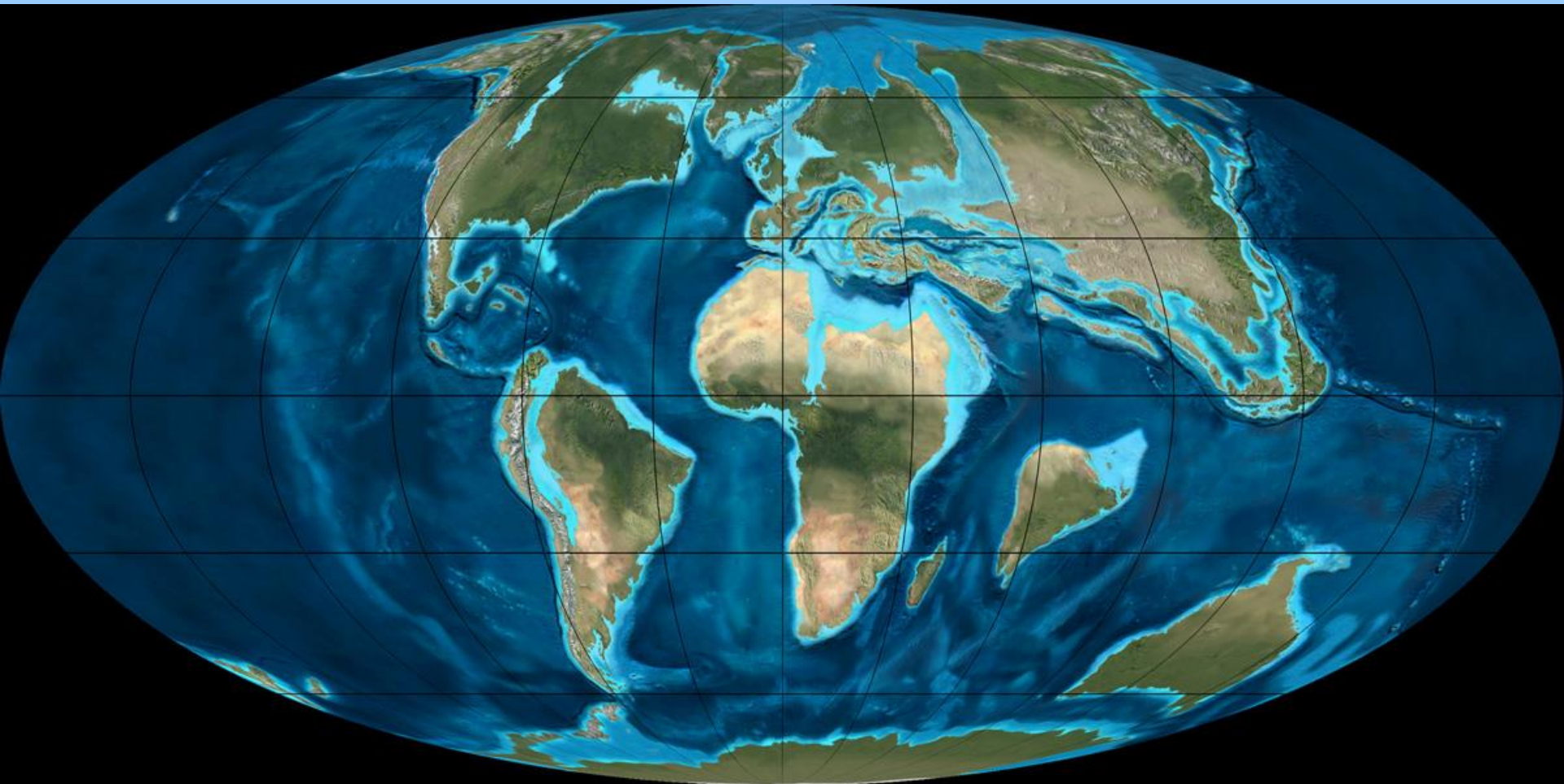
120 Ma

svrchní křída



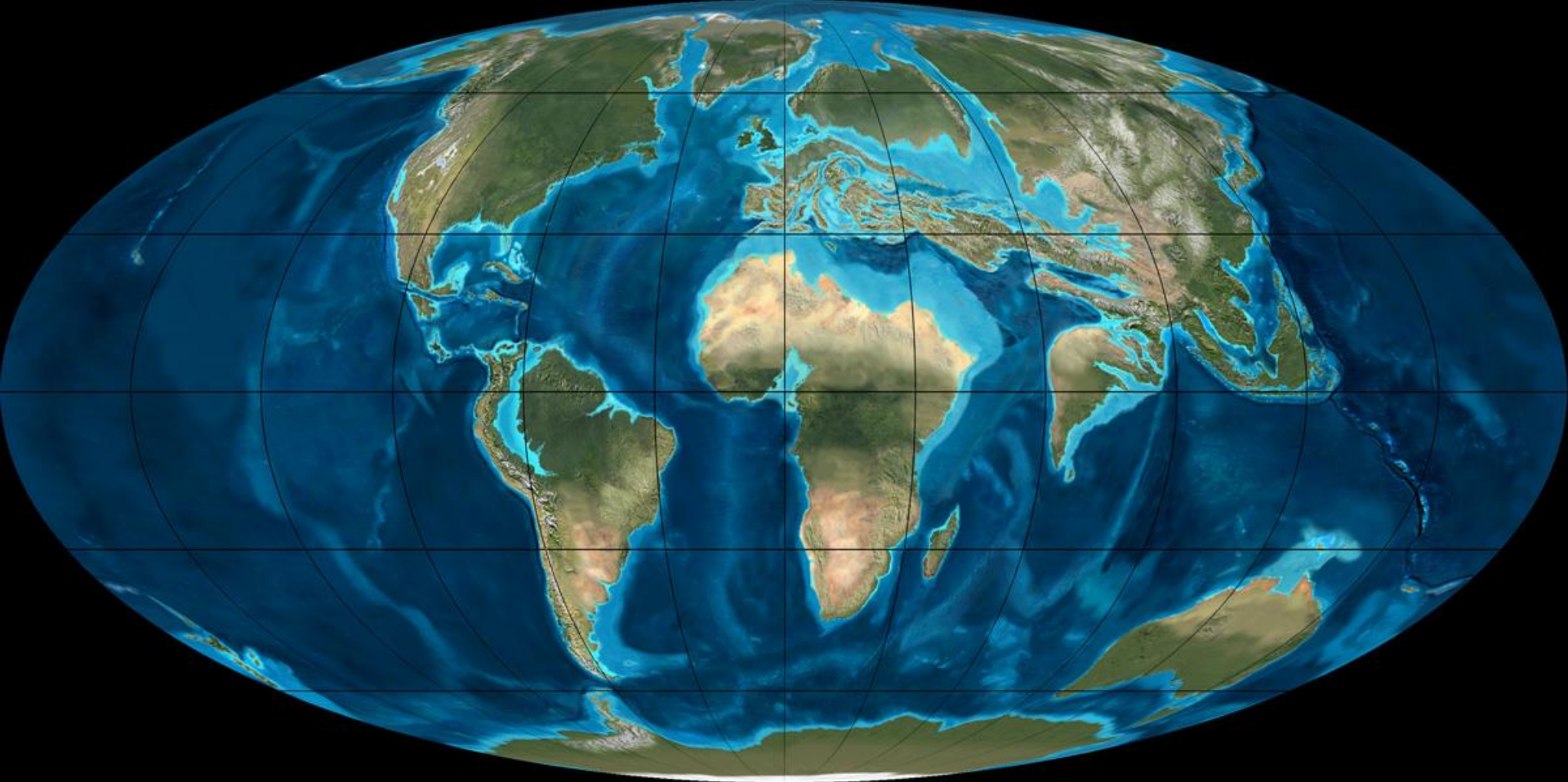
90 Ma

hranice
křída/paleogén



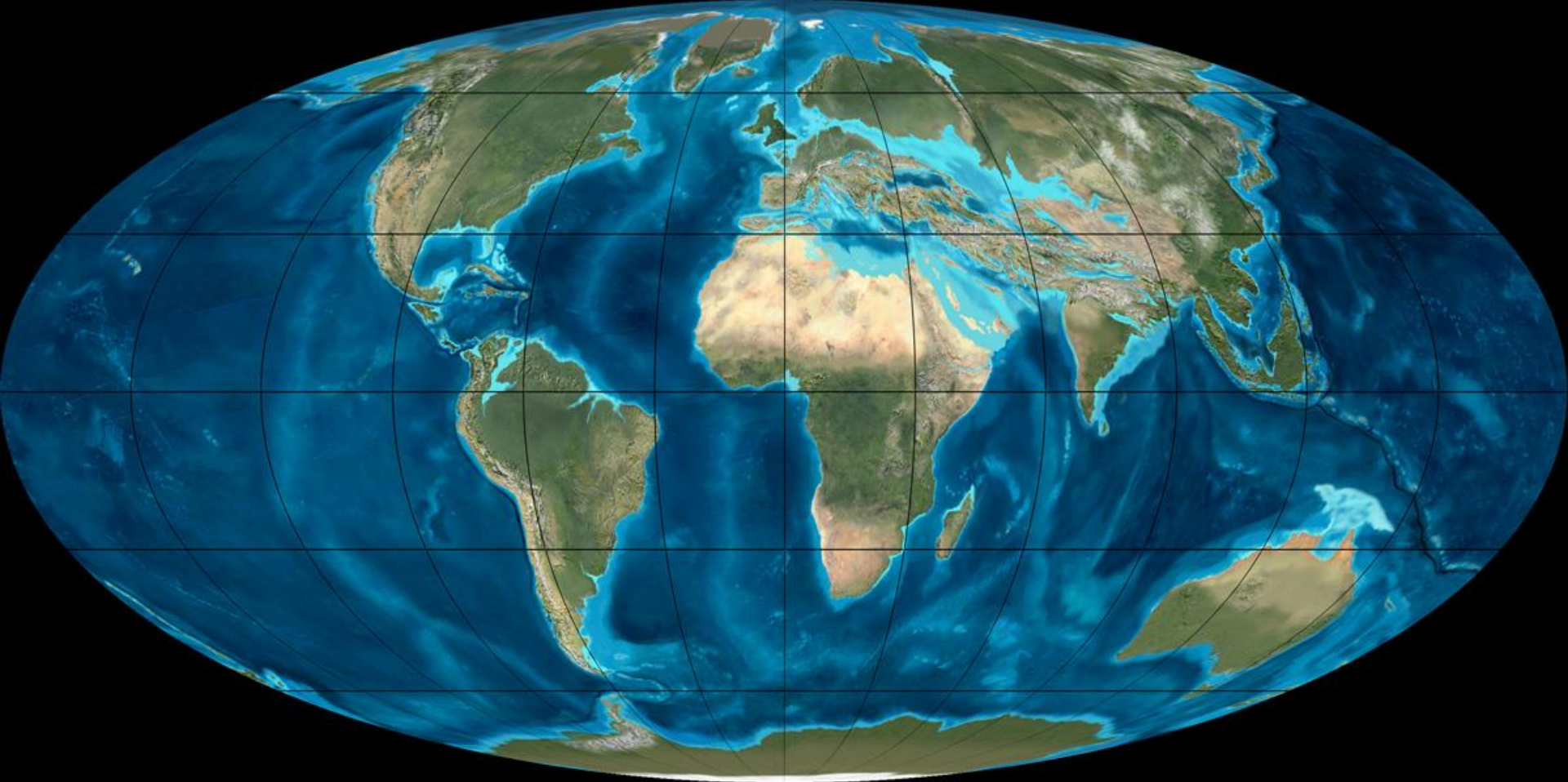
65 Ma

eocén



50 Ma

oligocén



35 Ma

současnost

