



CORRIGÉ DU DST # 1(2H)



EXERCICE 1 : MOBILISATION DES CONNAISSANCES (10 POINTS, 1H 15 MIN) : VOUS EXPLICITEREZ LES CONDITIONS D'ENFONCEMENT D'UNE LITHOSPHERE SUR LE GLOBE

		CORPS DU TEXTE
INTRODUCTION	accroche partant du réel qui suit le problème posé)	Une subduction est l'enfoncement d'une lithosphère dans l'asthénosphère sous l'effet de son poids qui dépasse celui de l'asthénosphère sur laquelle il repose. Il n'y a pas de lithosphère océanique de plus de 200 Ma or la Terre a 4,56 Ga et pas de continent sans subduction or les plus vieux d'entre eux ont au Canada 4,022 Ga (gneiss d'Acasta). Comment donc expliquer l'absence de lithosphère océanique du globe bien plus vieille ? en faisant appel au recyclage par enfoncement total de la lithosphère océanique au-delà de cet âge de 200 Ma : c'est 2/3 des cas des subductions (sub / ducere : conduire sous)
	problématique	COMMENT ET POURQUOI UNE LITHOSPHERE S'ENFONCE T-ELLE DANS L'ASTHÉNOPHÈRE ?
	annonce du plan / du corps argumenté du développement	Nous allons analyser les 4 raisons qui président à une subduction : dépasser 35 Ma d'âge de lithosphère, ce qui initie un poids supérieur à celui d'un volume équivalent d'asthénosphère sous-jacente, se flexurer et se fracturer, être dans un matériau permettant l'enfoncement, solide malléable déformable plastique, une dynamique convective de la matière dans l'asthénosphère. L'interprétation des données sismiques (du plus rapide que prévu est du plus dense donc plus froid) en tomographies sismiques à différentes profondeurs permet de montrer que la lithosphère s'enfonce dans le manteau au niveau des fosses dites de subduction car le plus froid que prévu en profondeur ne peut être qu'une plaque plongeante. Ceci justifie l'existence de zones de subductions terrestres jusque parfois au noyau externe à - 2900 km dans certains cas les plus profonds, ce qui suggère que la plaque conserve son identité à ces profondeurs.
		1ÈRE IDÉE : UN POIDS SUPÉRIEUR À UN VOLUME ÉQUIVALENT D'ASTHÉNOPHÈRE POUR UN ÂGE D'AU MOINS 35 MA

CORRIGÉ DU DST # 1 (2H)

Il faut que s'initie un déséquilibre, c'est-à-dire que le poids d'une colonne B de lithosphère PB dépasse celui d'une colonne A de volume équivalent d'asthénosphère PA, ce qui n'est possible que si :

- 1/ la masse volumique de B dépasse celle de A, ce qui implique pour une masse m_A fixe une baisse de volume V_A or en se refroidissant le magma qui remonte à la dorsale donne des basaltes et gabbros qui sont le produit de refroidissement d'un matériau à 1300°C dans de l'eau à 4°C environ (en se refroidissant, le matériau se contracte donc le volume diminue bien donc la densité augmente)
- 2/ de l'eau entre par métamorphisme hydrothermal HTBP (Haute Température Basse Pression) par les fracturations de la croûte néoformée, ce qui augmente la masse volumique de cette dernière (entrée d'atomes OH, hydroxylations minéralogiques)
- 3/ de plus, en s'éloignant de la dorsale, le poids des sédiments sur la croûte de la lithosphère océanique déposés par gravitation depuis l'érosion continentale côtière augmente (voir I /) , ce qui vient ajouter à la hausse de poids expliquée déjà par le refroidissement précédent qui augmente la densité de la lithosphère océanique (+ ceux du prisme d'accrétion ?)
- 4/ ensuite, la lithosphère en vieillissant s'épaissit aux dépens de l'asthénosphère car l'isotherme 1300°C devient plus basse (slab froid autour, déformation des isothermes dont celle de 1300°C, lignes reliant les points de même température : des péridotites y sont supplémentées)
- 5/ enfin, la subduction est entretenue car en s'enfonçant, la densité continue d'augmenter car avec la profondeur croissante, la pression augmente avec une influence supérieure à la température croissante, ce qui augmente la quantité de matériau dans un même volume, la densité augmente donc encore, ce qui maintient l'enfoncement car les transformations minéralogiques du métamorphisme HPBT associé au plongement entraînent une augmentation de la densité des roches qui la constituent. Ainsi, un schiste vert en début de subduction gagnera en densité lors de sa transformation en schiste bleu, pour atteindre une densité encore plus importante au stade éclogite. La traction (slab pull) qui résulte de ce poids supplémentaire permet d'entretenir la subduction. (90 à 95% d'influence dans l'enfoncement du slab : les éclogites, de densité supérieure à 4,5 contre 3,25 pour l'asthénosphère !)

à quel âge se produit la subduction de la lithosphère ? quand la lithosphère en densité dépasse celle de l'asthénosphère, 3,25

$PB > PA$ pour $H_{ML} > 7 H_c$ où $H_c = 6$ km soit = 42 km H_{ML} = manteau lithosphérique et H_c = hauteur de croûte (épaisseur)

=> en fait, le plus souvent, ça s'enfonce pour des âges supérieurs encore en raison d'autres facteurs négligés dans les calculs théoriques

2È IDÉE : SE FLEXURER PAR DÉFORMATION AVEC LES CONTRAINTES TECTONIQUES ET SE CASSER PAR FRACTURATION

une conséquence de ces idées 1 + 2 : le « slab pull », la force de traction du panneau de lithosphère plongeant :

on voit par calcul que le slab pull est quasi 10 fois plus élevé en valeur de force que la poussée à la dorsale : on peut donc en déduire que il est le moteur principal de la subduction qui expliquerait en grande partie la poussée à la dorsale et qui serait donc le principal moteur de la tectonique des plaques.

Les vitesses de déplacement de plaques les plus rapides correspondent à celles qui présentent un pourcentage élevé de frontières en subduction. A l'inverse, les plaques lentes ne subduisent peu ou pas => cela confirme bien l'importance de la subduction comme moteur du déplacement des plaques dans le modèle de la tectonique globale.

La force « ridge push » (poussée à la ride, coeur de la dorsale médio-océanique) est liée au glissement lithosphérique sur la pente océanique (créée par le gonflement thermique), mais on a démontré qu'une dorsale ne pousse pas vraiment (voir conférence de Pierre Thomas, un spécialiste de l'ENS Lyon de Géologie), son influence supposée est estimée à 5 à 10% de la tectonique du globe

DÉVELOPPEMENT
ARGUMENTÉ
(CRITÈRE 1 DU
NIVEAU DE
SYNTHÈSE : LES
ÉLÉMENTS MIS
EN RELATION
EXACTS ET
COMPLETS
ATTENDUS)

CORRIGÉ DU DST # 1 (2H)

3È IDÉE : ÊTRE DANS UN MATÉRIAU (ASTHÉNOPHÈRE) AUX PROPRIÉTÉS SUIVANTES : DÉFORMABILITÉ, MALLÉABILITÉ, PLASTICITÉ, DUCTILITÉ

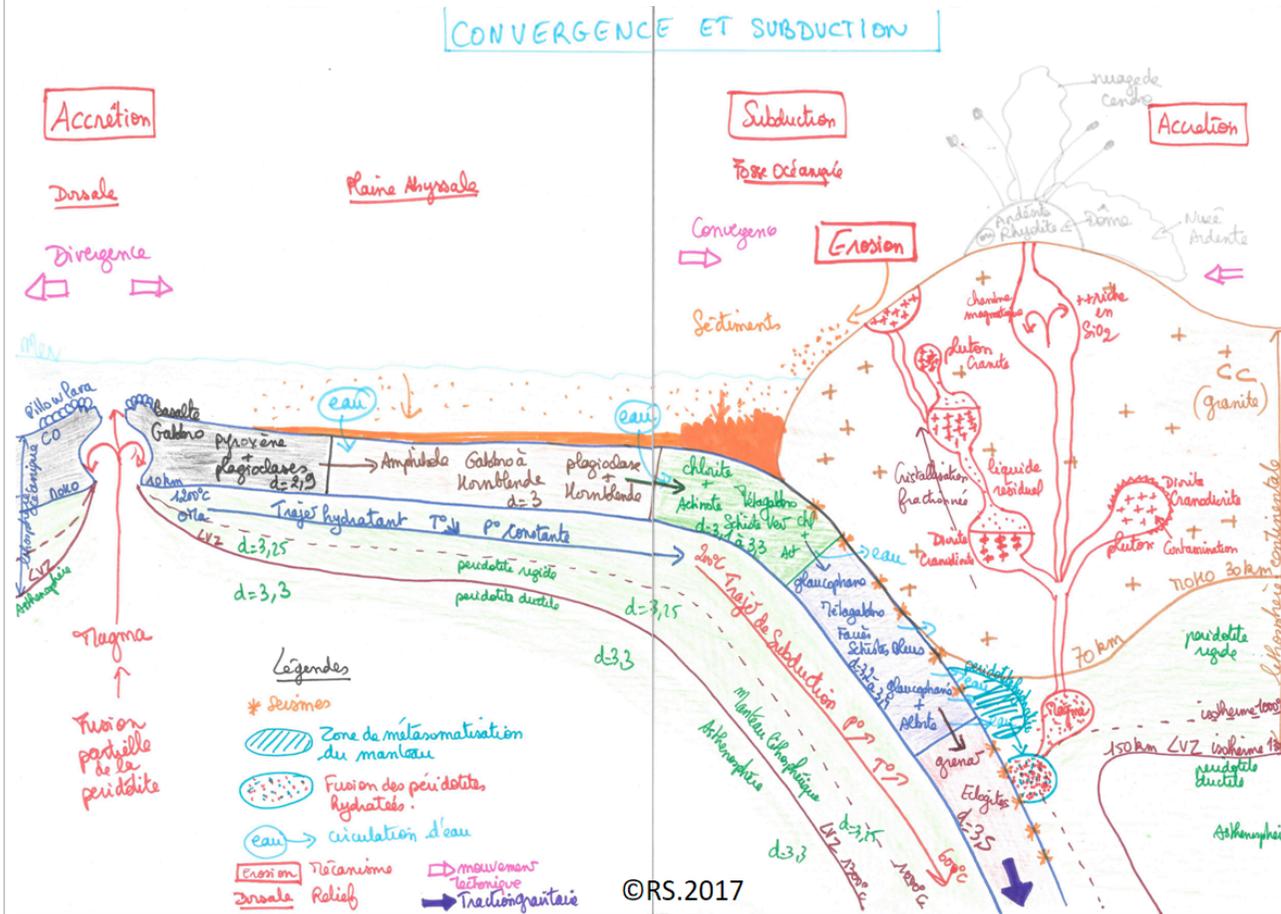
une viscosité 1000 fois moindre engendre des mouvements dans l'asthénosphère liés aux variations de densité locales qui génèrent des variations de température : le chaud plus léger s'élève puis en se refroidissant redescend par gravité (augmentation de densité) en d'autres endroits : on a ainsi des mouvements lents annuels dans le solide asthénosphère (voir modèle avec l'huile colorée chauffée et l'huile par un chauffe-plat à la base). L'asthénosphère est plus « molle » que la lithosphère mais solide : elle exerce une très grande résistance mécanique ralentissant considérablement l'enfoncement de la lithosphère en subduction

4È IDÉE : DISCUSSION DE LA QUESTION DE LA DYNAMIQUE DE MOUVEMENT ASTHÉNOPHÉRIQUE LIÉE AUX CELLULES DE CONVECTION

l'influence de la convection est encore discutée, considérée négligeable à ce jour dans le moteur, ces mouvements visualisés dans le montage avec huile colorée /huile et chauffe-plat en bécher, mouvements de matière par une remontée chaude) n'étant pas toujours dans le même sens que le déplacement de la plaque. On a montré l'existence d'un **certain « découplage » donc indépendance entre mouvements de la lithosphère et mouvements de convection en-dessous de l'asthénosphère. On estime que la convection serait due le plus souvent à une descente active et importante de matériel froid au niveau des zones de subduction donc sa conséquence et à une remontée passive au niveau des dorsales pour combler le trou puisque zone en décompression si on néglige les points chauds. En fonction de la distance à la dorsale, le plancher océanique s'enfonce par subsidence thermique : l'isotherme 1100° C s'enfonce au fur et à mesure du refroidissement et comme la densité dépend de la température, la lithosphère devient de plus en plus dense et épaisse (mais la croûte ne change pas d'épaisseur et le poids des sédiments ne suffit pas à expliquer cette subsidence). La plaque subductée ne s'enfonce pas dans le manteau parce qu'elle rencontre une plaque moins dense. Le **phénomène de subduction est lui aussi régi par la différence entre le poids de la plaque et la poussée d'Archimède**. La vitesse d'expansion à la dorsale dépend de la vigueur de la convection sous-jacente, plus élevée au niveau Pacifique qu'Atlantique**

CORRIGÉ DU DST # 1(2H)

ILLUSTRATION BILAN (CRITÈRE 3)



CONCLUSION	réponse au problème posé	être plus lourd que l'asthénosphère et avoir 35 Ma minimum, être flexuré et fracturé à son extrémité, et donc à la suite de ces 2 raisons subir un slab pull (force de traction plongeante) dans une asthénosphère ductile aux mouvements de matériel convectifs garantit un enfoncement lithosphérique lent de quelques cm.an-1
	ouverture éventuelle vers un nouveau sujet connexe	comment expliquer un enfoncement jusqu'à - 700 km dans certains cas (sismicité limite) et dans d'autres - 2900 km jusqu'au noyau externe pour d'autres (voir en tomographie sismique) ?

Organisation cohérente par rapport à la question posée	Organisation un peu maladroite par rapport à la question posée		Organisation insuffisamment cohérente par rapport à la question posée			Pas d'organisation : le candidat ne répond pas au questionnement (récite son cours, propose des données hors sujet ...)					
	Des éléments exacts et complets mais maladroitement mis en relation	Des éléments exacts et complets mais incomplets mais exacts	Des éléments exacts mais incomplets	Des éléments incomplets et avec des erreurs	Malgré quelques éléments exacts	Car aucun élément pour répondre à la question					
10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1	0

LES 3 CRITÈRES DE NOTATION BAC	ANALYSE DES DOCUMENTS ET MOBILISATION DES CONNAISSANCES DANS LE CADRE DU PROBLÈME SCIENTIFIQUE POSÉ	EXPLOITATION (MISE EN RELATION/CONFRONTATION) DES INFORMATIONS PRÉLEVÉES & DES CONNAISSANCES AU SERVICE DE LA RÉOLUTION DU PROBLÈME		DÉMARCHE PERSONNELLE			
	4	Connaissances complètes et pertinentes Informations prélevées pertinentes et complètes (justification et tri)	Réponse explicative et cohérente au problème scientifique	Complétude et pertinence des arguments nécessaires à la réponse au problème posé	3	Rédaction correcte de la démarche	Bonne adaptation de la démarche au sujet (qualité de sa construction)
3		Connaissances complètes et pertinentes mais informations prélevées incomplètes ou peu pertinentes (manque de justification : tri incomplet)	Argumentation incomplète mais réponse explicative cohérente avec le problème posé		2	Rédaction incorrecte de la démarche	
		2	Connaissances incomplètes mais informations issues des documents complètes et pertinentes (justification et tri)	Absence d'explication ou réponse incomplète ou non cohérente au problème scientifique posé	1	Construction insuffisamment cohérente de la démarche mais bonne rédaction	1
1			Seuls quelques éléments pertinents issus des documents et/ou des connaissances	Arguments absents et/ou réponse explicative absente ou incohérente	0	Absence de démarche ou démarche incohérente	0
		0	Absence de traitement des éléments prélevés				

EXERCICE 2 : PRATIQUE D'UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE (10 POINTS, 40 MIN)

EN QUOI LE COUPLAGE DES ÉTUDES DE LABORATOIRE SUR LA VISCOSITÉ DES MATÉRIAUX ET L'EXPLOITATION DES DONNÉES DE LA TECHNIQUE DE TOMOGRAPHIE SISMIQUE ONT-ILS PERMIS DE CARACTÉRISER LA DISTINCTION LITHOSPHERE /ASTHÉNOPHÈRE ?

INFORMATIONS UTILES, SAISIE DES DOCUMENTS ET EXPLOITATION / ANALYSE DU CORPUS DOCUMENTAIRE DANS LE SENS DU PROBLÈME POSÉ

Document 1 : sous la Cordillère des Andes, arc volcanique explosif, entre celle-ci et la fosse du Pérou, se situent des anomalies très positives (+6%) selon un plan incliné d'une certaine épaisseur interprétées comme du matériau plus dense que prévu interprété comme plus froid au-delà de -100km et jusqu'à plus de -700 km : ceci est expliqué comme la plongée d'un lithosphère froide à l'inertie thermique faible dans l'asthénosphère ductile, déformant les isothermes autour d'elle et déformée car flexurée / fracturée sous la Cordillère (zone noire changeant d'orientation après la fosse, associée à son pendage)

Document 2 : les variations de vitesse de propagation des ondes P s'expliquent par :

- 1/ une accélération avec le MOHO par rapport au modèle PREM interprétée comme le passage à une roche plus dense, la péridotite depuis un granite ou un gabbro selon la nature de la croûte au-dessus

- 2/ pour ce qui nous intéresse : un ralentissement des vitesses (anomalies négatives) correspondant donc à un matériau plus ductile (déformable et moins visqueux) entre -120 km sous les continents et -100 km sous les océans (car croûte océanique plus mince donc lithosphère moins épaisse et donc limite avec l'asthénosphère moins basse) et -225 km soit 100 km de ralentissement par rapport aux vitesses attendues après 1300°C : cela peut être interprété comme la traversée d'une péridotite plus chaude, moins cohésive, à déformabilité plus grande et moins visqueuse : le sommet de l'asthénosphère est la LVZ, Low Velocity Zone, zone de vitesse moindre des ondes sismiques P

Document 3 : cette LVZ peut être vue comme une baisse de viscosité d'un facteur supérieur à 100 en raison d'un réchauffement au-delà de 1300°C, un peu comme le réchauffement d'une glace de 20°C, qui rend moins visqueux expérimentalement le matériau en laboratoire : ce ralentissement des ondes au-delà dans une zone de > -100km de profondeur environ est lié à une hausse de la vitesse de déformation dans la péridotite de l'asthénosphère qui permet le glissement de la lithosphère froide telle que celle plus dense qu'elle sous les Andes (plaque Nazca sous l'Amérique Sud) et qui s'épaissit à ses dépens en l'incorporant par refroidissement, la rendant plus lourde et gagnant en densité en plongeant, ce qui entretient le slab pull, moteur de subduction

BILAN : La différenciation lithosphère / asthénosphère est thermo-sismique et associée à un changement de propriété : une déformabilité croissante essentiellement de la péridotite mantellique par baisse de viscosité et réchauffement en lien avec l'isotherme 1300°C après -100 km à -120 km de profondeur pendant environ 100 km