

EXERCICE 1 : ROC : MAGMATISME ET SUBDUCTION {BAC TYPE 1, FRANCE MÉTROPOLITAINE, JUIN 2013, 7 POINTS }

Formée à 25% environ à la fin de l'Archéen (-2,5 Ga) et à > 85% 1 Ga après, la croûte continentale a aujourd'hui un volume stable, ce qui suppose une compensation entre création en zone d'accrétion aux dorsales et recyclage en subduction (érosion ...). Elle est constituée de roches hydroxylées donc hydratées (microlithiques partiellement cristallisées : andésites et rhyolites, dacites, granodiorites et granites grenues entièrement cristallisées).

Comment expliquer leur genèse vu leur diversité de texture et composition minéralogique et d'où viennent ces radicaux hydroxyles liés à l'eau qu'elles contiennent ?

Après avoir montré en quoi la subduction est le contexte géodynamique approprié sur le globe pour en créer, plongée d'une lithosphère flexurée devenue plus dense qu'elle dans l'asthénosphère sous-jacente ductile, sous une autre lithosphère dite chevauchante, avec arc volcanique explosif, un des marqueurs le plus constants de ce type particulier de convergence lithosphérique car elle génère du magmatisme en profondeur par déshydratation du slab (première partie), nous envisagerons comment le refroidissement de ce fluide en mouvement ascensionnel par décompression peut conduire à ces néomatériaux continentaux (granitoïdes, rhyolites et andésites pour l'essentiel).

I / LES TRANSFORMATIONS MINÉRALOGIQUES DE LA LITHOSPHERE SUBDUITE SONT LIÉES AU FLUIDE H₂O

A/ CARACTÉRISTIQUES DU SLAB ET MÉTAMORPHISME HTBP (⇒ VOIR SCHÉMA-BILAN)

Après sa formation à l'axe (rift) d'une dorsale, la lithosphère océanique fracturée peu épaisse est le siège d'une circulation d'eau de mer, lui faisant subir un métamorphisme dit BPHT (Basse Pression Haute Température) au niveau de fractures (anfractuosités) : la croûte océanique s'alourdit donc la lithosphère auquel elle appartient par cette incorporation à la croûte (augmentation de la masse molaire donc volumique des gabbros et basaltes) et par son manteau lithosphérique péridotitique d'épaisseur croissant par refroidissement progressif abaissant l'isotherme 1300°C, discontinuité thermique avec l'asthénosphère dont une partie devient donc de la lithosphère, entrant en subduction au bout d'environ 30 Ma minimum en théorie, lorsque d lithosphère < d asthénosphère (3,25). Elle est riche en minéraux hydroxylés (riches en radicaux hydroxyles OH) : hornblende puis actinote, chlorite, épidote dans le faciès schistes verts (SV). De même, la péridotite du manteau lithosphérique de la plaque plongeante est au moins dans sa partie supérieure, métamorphisée en serpentine (une roche serpentinisée, ressemblant à une peau de serpent, où l'olivine s'est hydroxylée en un minéral verdâtre, la serpentine).

AU NIVEAU DE LA CROÛTE : MÉTAMORPHISME HYDROTHERMAL HTBP : • PLAGIOCLASE + PYROXÈNE + EAU → AMPHIBOLE VERTE HORNBLLENDE

• **FACIÈS SCHISTES VERTS : PLAGIOCLASE + AMPHIBOLE VERTE HORNBLLENDE + EAU → ACTINOTE + CHLORITE**

AU NIVEAU DE LA PÉRIDOTITE : OLIVINE + EAU → SERPENTINE

B/ LE MÉTAMORPHISME DE LA PLONGÉE HPBT (⇒ VOIR 2 DU SCHÉMA-BILAN)

Au cours de sa subduction, due à sa contraction thermique par refroidissement avec l'éloignement de la dorsale (divergence lithosphérique), à son épaissement aux dépens de l'asthénosphère ductile sous-jacente avec subsidence thermique dont elle est devenue plus dense encore à > 2000 km de la dorsale, la croûte océanique de la lithosphère se réchauffe lentement et est surtout soumise à des pressions de plus en plus importantes avec la profondeur croissante, ce qui augmente sa densité pétrologique moyenne : dans ces conditions, les minéraux qui la constituent deviennent instables : à des profondeurs supérieures à - 30 à -40 km, la croûte devient siège de réactions à l'état solide conduisant à la formation avec perte d'eau de nouvelles associations minéralogiques, marquées en particulier par l'apparition de la glaucophane et de la lawsonite par exemple à partir de minéraux initiaux : il s'agit d'un métamorphisme Haute Pression Basse Température HPBT. Pour de profondeurs supérieures encore (- 50 km), le métagabbro devient une roche anhydre éclogitique (à minéraux non hydroxylés : grenats et jadéite) : ainsi, ce n'est pas à partir de minéraux de la lithosphère océanique subduite que prend naissance le magma : sa subduction a comme conséquence unique une déshydratation libérant des hydroxyles percolant dans la péridotite du coin du manteau chevauchant.

• **PLAGIOCLASE + ACTINOTE + CHLORITE → AMPHIBOLE BLEUE (GLAUCOPHANE) + EAU**

• **PLAGIOCLASE → PYROXÈNE (JADÉITE) + QUARTZ**

• **PLAGIOCLASE + AMPHIBOLE BLEUE → GRENAT + JADÉITE + EAU**

II / GENESE MAGMATIQUE EN CONTEXTE GEODYNAMIQUE DE SUBDUCTION

A/ MATÉRIAU D'ORIGINE

Il n'existe pas de formation de magma continue, il se forme toujours en des endroits particuliers dans des conditions exceptionnelles (décompression adiabatique au rift d'une dorsale, apport de chaleur au niveau des points chauds et pour ce qui nous concerne apport de fluide, ici eau pour les subductions). Un magma provient toujours de la fusion partielle d'une roche préexistante. En dépit des variations de valeur du pendage de la lithosphère plongeante, les volcans d'arc se situent à l'aplomb d'une zone où le toit de la lithosphère en subduction est à une profondeur de - 100 km au plus. La péridotite de la plaque chevauchante située à ces profondeurs subit une fusion partielle à l'origine d'un magma

B/ EAU ET GENÈSE MAGMATIQUE

Les données thermiques indiquent que la température de la péridotite de la plaque chevauchante vers - 100 km est d'environ 1000°C, température insuffisante pour une fusion partielle de péridotite anhydre, là où expérimentalement on peut observer que les conditions de P/T rencontrées en subduction actuelle sont incompatibles avec une fusion partielle d'un basalte anhydre, hydraté ou même d'une péridotite anhydre. Les fluides comme l'eau peuvent expérimentalement abaisser la température de fusion patelle d'environ 300°C : ainsi, seule une péridotite hydratée à cette température sous la pression de cette profondeur peut entrer en fusion partielle (voir diagramme ci-dessus) (d'environ 10-15%, ce qui est faible) : certains minéraux gagnent alors le liquide magmatique en formation (éléments chimiques les plus hygromagmatophiles, encore appelés incompatibles comme K par exemple) quand d'autres demeurent dans la roche résiduelle (une péridotite appauvrie). Ainsi, l'hydratation de la péridotite chevauchante montre un couplage métamorphisme de subduction /magmatisme.

L'introduction d'eau caractérise toutes les subductions mondiales (chapelet d'îles comme le Japon, "marges" continentales actives comme la cordillère des Andes)... La tomographie sismique du manteau dans les zones de subduction montre qu'il existe un coin de manteau entre la croûte de l'arc et la plaque plongeante. La morphologie du solidus humide est très incurvée vers les basses pressions, recoupant largement les géothermes continentaux anciens ou récents, et plus encore le géotherme océanique au niveau des dorsales.

III / DU MAGMA AUX ROCHES CONTINENTALES

Ce magma est injecté dans les couches au-dessus, le manteau lithosphérique chevauchant puis la croûte continentale plus en surface où il est stocké dans des chambres magmatiques où ce magma provoque la fusion partielle des roches continentales encaissantes : il y a mélange des 2 magmas mantelliques et granitiques d'origine crustale, l'arc volcanique de la plaque chevauchante étant généralement situé à l'aplomb du coin mantellique fusionnant situé à - 100 km.

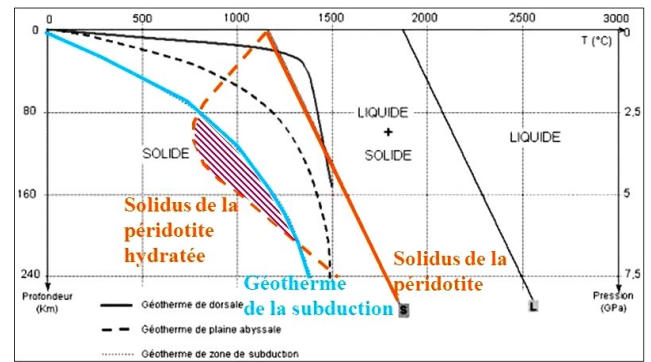
A/ CRISTALLISATION FRACTIONNÉE, REMONTÉE ET REFROIDISSEMENT RAPIDE : ANDÉSITES ET RHYOLITES

L'analyse des roches volcaniques des zones de subduction ainsi que l'expérimentation montrent que les produits de la fusion mantellique hydratée sont très différents de ceux qu'engendre la fusion sous les dorsales. Au lieu de basaltes (à 40 à 45% de SiO₂), on obtient des andésites et des diorites, qui contiennent 50 à 60% de SiO₂. Le magma résultant génère par refroidissement des roches effusives microlithiques, andésites et rhyolites, arrivant en surface au cours d'éruptions volcaniques explosives, plutôt imprévisibles, dangereuses, à nuées ardentes, laves visqueuses et gaz tels que la vapeur d'eau, engendrées par des surpressions rares faisant sauter un bouchon d'accumulation dans la chambre magmatique sous-jacente au point de sortie.

Le fractionnement des éléments légers comme Si, Na, K ou lourds comme U, Th, est alors maximum. Ces produits sont en outre de faible densité (d = 2,8 au lieu de 3 pour les basaltes). Ils ne peuvent plus être recyclés dans le manteau et donnent naissance à de la croûte continentale, dont la composition chimique moyenne peut être assimilée à celle des diorites, roches intermédiaire entre les basaltes et les granites.

La rhyolite, issue de laves acides (richesse en Silice Si dans l'espèce chimique SiO₂ dite intermédiaire : 48 à 52%), a une composition proche du granite avec des minéraux comme le quartz SiO₂ et les feldspaths et à minéraux ferromagnésiens hydroxylés (riches en OH) comme la biotite et l'amphibole. L'andésite, issue de laves intermédiaires

Diagramme du solidus et liquidus de la péridotite



Lorsque la péridotite est hydratée (solidus à T° plus faible), dans les conditions de température et de pression de la subduction, la péridotite peut se mettre à fondre partiellement.

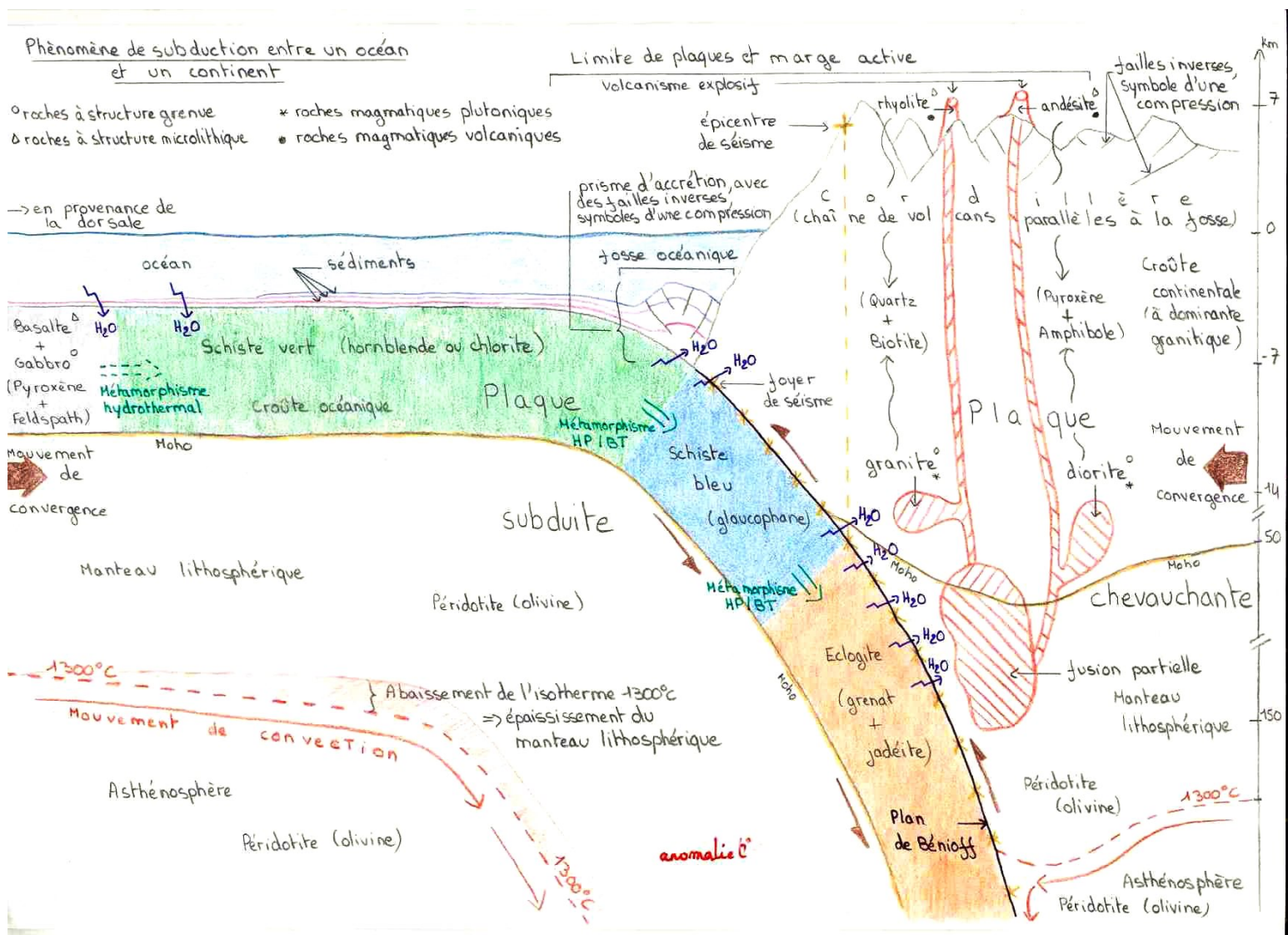
(richesse en silice dans SiO₂ de 53 et 66%) de couleur gris clair, ne contient pas de quartz et contient essentiellement feldspaths et minéraux ferromagnésiens type amphiboles et biotite, minéraux hydroxylés résiduels à corrélérer à l'hydratation de la péridotite source.

NB : la remontée rapide du magma à l'origine de ses roches ne doit pas faire oublier une 1^{ère} cristallisation fractionnée dans une autre chambre plus profonde avant cette remontée rapide liée à la structure minéralogique microlithique qui leur est propre.

B/ CRISTALLISATION FRACTIONNÉE, REMONTÉE ET REFROIDISSEMENT LENTS : PLUTONS ET GRANITOÏDES

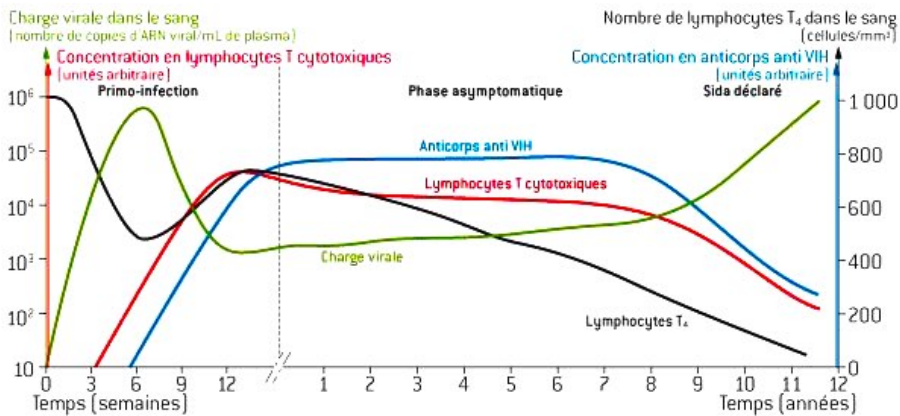
La majeure partie du magma refroidit en profondeur et donne des roches plutoniques grenues complètement cristallisées car en ayant eu pleinement le temps, de type granitoïdes, à composition minéralogique proche du granite (riche en quartz et comportant plus de feldspaths alcalins comme les feldspaths potassiques (orthoses KAlSi₃O₈) que plagioclases, des micas (biotite ou muscovite). L'autre partie formées plus en surface et refroidissant plus vite constitue des roches magmatiques microlithiques (à minéraux de plus petite taille et comportant du verre, une pâte amorphe non cristallisée sombre) : rhyolites, andésites en plus) contribuent aussi à la production de néomatériau crustal continental. Si le magmatisme des dorsales engendre la croûte océanique (basaltes et gabbros), le magmatisme des zones de subduction donne donc naissance à des roches de composition proche de celle de la croûte continentale (granitoïdes).

C'EST L'HYDRATATION DE LA CROÛTE OCÉANIQUE AU NIVEAU DE LA DORSALE ET LA SUBDUCTION QUI PAR DES MÉCANISMES À VISUALISER SUR LE SCHÉMA-BILAN CI-DESSOUS PERMETTENT LA GENÈSE DE LA CROÛTE CONTINENTALE (ROCHES VOLCANIQUES ET PLUTONIQUES) : ANDÉSITES ET GRANITOÏDES ENTRE AUTRES PAR FUSION PARTIELLE DES PÉRIDOTITES DU MANTEAU CHEVAUCHANT, HYDRATÉES PAR LA DÉSHYDRATATION DES MÉTAGABBROS DU FACIÈS SCHISTE VERT ET BLEUS EN RAISON DE LA HAUSSE DE LA PRESSION (ET SECONDAIREMENT DE LA TEMPÉRATURE) ACCOMPAGNANT L'ENFONCEMENT DU SLAB, LITHOSPHERE PLONGEANTE DANS L'ASTHÉNOSPHÈRE, DÉSORMAIS PLUS DENSE QU'ELLE À 2000 KM ENVIRON DE LA DORSALE, DE DENSITÉ > 3,25 ET D'ÂGE MINIMUM THÉORIQUE > 30 MA.



Critères évalués	Indicateurs	<i>A propos de la complétude :</i>	Les principes idéés :
<p>Cohérence de l'organisation du propos par rapport au questionnement posé.</p> <p><u>A propos de l'organisation de l'exposé :</u></p> <p>Les éléments mobilisables précisés dans la colonne de droite ci-dessous (en noir) ne donne pas un plan ou une organisation type. Les éléments indiqués ci-contre sont ceux qu'un élève peut mobiliser à partir du programme. Toutes les organisations logiques permettant de répondre à la question sont recevables.</p> <p><u>Exactitude et complétude</u>¹ des éléments nécessaires pour traiter le sujet (connaissances ; expériences, observations, exemples)</p>	<p>L'élève explique les mécanismes à l'origine de la fusion partielle de la lithosphère océanique en subduction. Il fait le lien entre les transformations minéralogiques dans le panneau plongeant et la production d'eau (OH- non exigible)</p> <p>Il explique la fusion partielle de la péridotite par l'hydratation de la plaque au-dessus du panneau plongeant.</p> <p>Il ne traite pas l'hydratation de la plaque lithosphérique en amont de la subduction (passage au faciès des schistes verts)</p> <p>Il ne traite pas des phénomènes volcaniques associés, il peut les évoquer en conclusion.</p> <p>Il ne traite pas des moteurs</p> <p>Les éléments présentés en noir sont exacts, l'élève utilise un vocabulaire scientifique adéquat (les mots en vert issus des programmes)</p>	<p>Les éléments indiqués sont directement issus du programme, c'est à dire des éléments exigibles. On n'attend pas qu'un élève « récite par cœur » ces phrases et ces mots clés mais qu'il se les approprie et les organise en un tout cohérent.</p> <p><u>A propos des observations, des expériences, des exemples :</u></p>	<p>Donner l'origine des magmas : <i>fusion partielle</i> du coin de manteau situé sous la plaque chevauchante</p> <p>Donner les conditions de <i>fusion partielle</i> des péridotites : l'hydratation du coin de manteau.</p> <p>L'origine de l'eau</p> <p>Lien entre <i>Transformations minéralogiques</i> et modification des conditions de pression et de température</p> <p>Lien entre modification minéralogique et production d'eau (OH⁻ ou fluides)</p> <p>On attend que les élèves étayent leur propos avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une explication des conditions de fusion de la péridotite à l'aplomb des dorsales (par exemple le modèle proposé en document 1) - Des exemples de roches produites à l'aplomb des dorsales - Des exemples de transformations minérales lors de l'hydrothermalisme (par exemple celles proposées dans le document 2)

EXERCICE 2 : PRS : INFECTION PAR LE VIH {10 POINTS }



	points
La primo-infection : le virus reconnaît comme cellules-cibles celles qui possèdent des récepteurs CD4 : lymphocytes T4 (accessoirement macrophages et certaines cellules nerveuses), par association de la protéine gp120 présente à la surface du virus avec la molécule CD4 : document 1. Il pénètre dans les cellules cibles. Cette phase passe généralement inaperçue au niveau de l'organisme, mais les virus se multiplient : courbe C du document 2.	/1,5
L'intégration du génome viral au génome de la cellule hôte ne sera pas développée, comme précisé dans le sujet.	
La phase asymptomatique : la reconnaissance du virus sélectionne les clones spécifiques de lymphocytes B et T qui se multiplient. Le document 2, courbe B montre l'apparition d'anticorps anti-VIH (à partir de trois mois) : l'individu devient séropositif . Ces anticorps sont produits par les lymphocytes B des clones spécifiques. La quantité de virus diminue pour atteindre sa valeur minimale vers 18 mois : document 2. Cette phase est inaperçue au niveau de l'organisme mais la séropositivité peut-être mise en évidence par des tests immunologiques, ce qui est crucial pour éviter la transmission du virus, car cette phase est contagieuse (rapports sexuels, transfusion de sang).	/1,5
La phase symptomatique : la multiplication du virus détruit indifféremment tous les clones de lymphocytes T4 dont la présence est nécessaire à l'activation de l'ensemble du système immunitaire. Le mécanisme s'accélère de lui-même, la multiplication du virus n'étant plus freinée par les anticorps dont le taux baisse parallèlement à celui des lymphocytes T4 (et donc des lymphocytes B dont ils stimulaient la multiplication). En l'absence de traitement, le développement de maladies opportunistes permis par l'affaiblissement du système immunitaire conduit à la mort du malade.	/1
Repérage correct des trois phases sur le document 2.	/1
Présence d'une introduction et d'une conclusion. Existence d'un plan structuré et apparent.	/1

MODIFICATION : / 3

/3

/2