

Durée de l'épreuve 2 h, 6 questions indépendantes: I (5pts), II (3 pts), III (3 pts), IV (3 pts), V (3 pts), VI (3 pts)

La figure 1 montre la carte du champ magnétique des fonds océaniques d'une région sous-marine. Par rapport à une valeur moyenne du champ magnétique, on constate la présence de bandes d'anomalies positives et négatives. Les études géologiques menées sur les continents indiquent que l'expansion océanique a débuté il y a 95 millions d'années. Plus récemment, il y a 20 millions d'années, une zone de subduction est apparue au Sud et l'océan a commencé à se refermer.

I- Magnétisme (5 pts)

a) Expliquer la disposition particulière des bandes d'anomalie du champ magnétique. Dessiner sur la figure 1 la dorsale et les failles transformantes avec les symboles suivants et justifier votre dessin.

|| dorsale ↗ faille
transformante

b) Donner en la justifiant la direction de l'ouverture océanique ?

c) Grâce à l'échelle paléomagnétique de la figure 2, tracer un graphique avec en abscisse la distance à la dorsale (en km) et en ordonnée l'âge des roches (en Ma).

d) La vitesse a-t-elle été constante ? Calculer les vitesses d'ouverture océanique en km/Ma puis en cm/an.

e) Quel est l'âge de l'arrêt de l'ouverture océanique ?

II - Pétrologie (3 pts) – Le volcan Feliz est un volcan actif donnant en surface des laves basaltiques.

a) A l'aide de la figure 3, rappeler rapidement les trois mécanismes de production d'un magma basaltique et indiquez quel mécanisme concerne le volcan Feliz, l'île Atodos et l'île de Año Nuevo.

b) Les laves basaltiques remontent deux types d'enclaves. Le premier type (enclaves 1) représente le résidu de la fusion, alors que le second (enclaves 2) représente la roche qui va subir la fusion partielle. Des analyses chimiques de ces enclaves ainsi que celle du basalte sont données dans le tableau II. Calculer, à l'aide d'une équation de bilan du type $Co = f Ci + x Cs$, le taux de fusion nécessaire à produire le magma du volcan Feliz.

c) Après avoir tracé un diagramme K_2O vs Na_2O vérifier en appliquant la règle des leviers, le taux de fusion.

III - Minéralogie. (3 Pts) - Rappel sur les ions Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} , O^{2-} , H^+ , masse en g/mole : Na 23, Ca 40, Mg 24, Al 27, Si 28, O 16, H 1)

a) Dans l'auréole de métamorphisme autour du granite de Buena Salud on trouve de l'épidote dont la formule est $CaFeAl_3Si_3O_{12}(OH)$. En justifiant votre réponse quel est l'état de valence du fer dans ce minéral ?

b) On trouve aussi dans les roches de l'auréole de métamorphisme du granite de la pargasite, une amphibole de formule $NaCa_2Mg_4Al_3Si_6O_{22}(OH)_2$. Décomposer la formule de la pargasite en une somme d'oxydes simples. (Un oxyde simple associe l'anion O^{2-} à un cation dans un composé neutre)

c) Calculer l'analyse théorique (en % masse) de la pargasite exprimée en une liste d'oxydes simples.

IV – Géochronologie (3 pts). Afin de déterminer l'âge du massif de granite de Buena Salud, une étude isotopique du système radiogénique P (élément père) et F (élément fils) a été effectuée sur 4 échantillons de granite. Les résultats sont donnés dans le tableau III et sont reportés sur la figure 4.

a) Quelles sont les informations géologiquement importantes que fournit (ou suggère) l'alignement des points dans ce diagramme ?

b) Déterminer l'âge du granite ($\lambda = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$)

c) Quelles conclusions pouvez-vous en tirer sur les relations Buena Salud et Feliz ?

V – Isostasie (3 pts). Le mont volcanique Alivio est un relief sous marin qui domine de 1500 m la plaine abyssale. En admettant la région en équilibre isostatique (selon le modèle de Airy) faire un dessin puis calculer la variation d'épaisseur de la croûte sous ce relief. (densité de la croûte 2,8, densité du manteau 3,3, densité de l'eau 1).

VI – Subduction (3 pts) (rappel début de la subduction il y a 20 Ma)

a) En justifiant votre réponse donner la direction de la subduction

b) En considérant que la vitesse de subduction est constante, évaluer la vitesse de la subduction au point A

c) Tracer l'allure du plan de Bénioff pour cette subduction.

d) Evaluer l'âge du mont volcanique sous marin Alivio

Question I - c

Age (Ma)

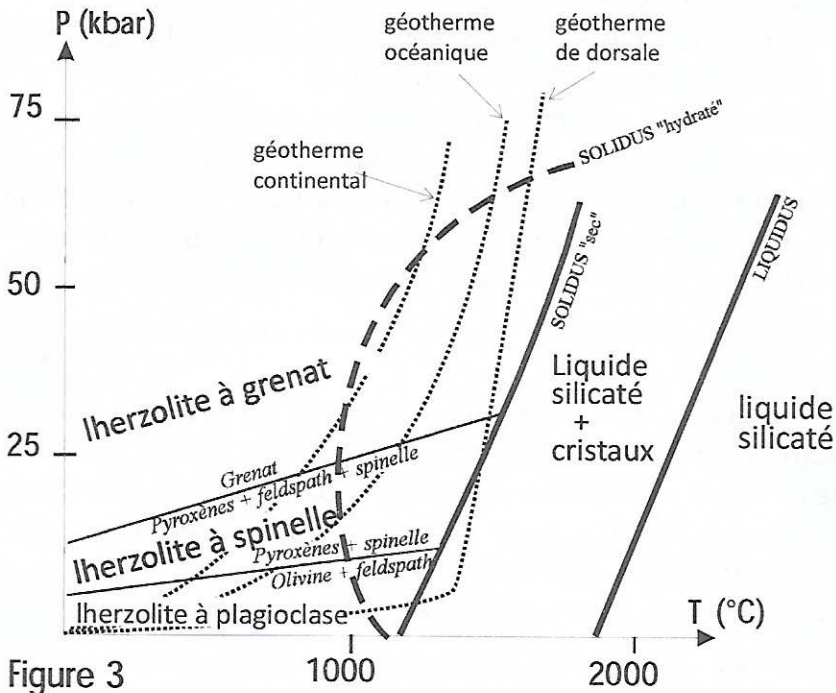
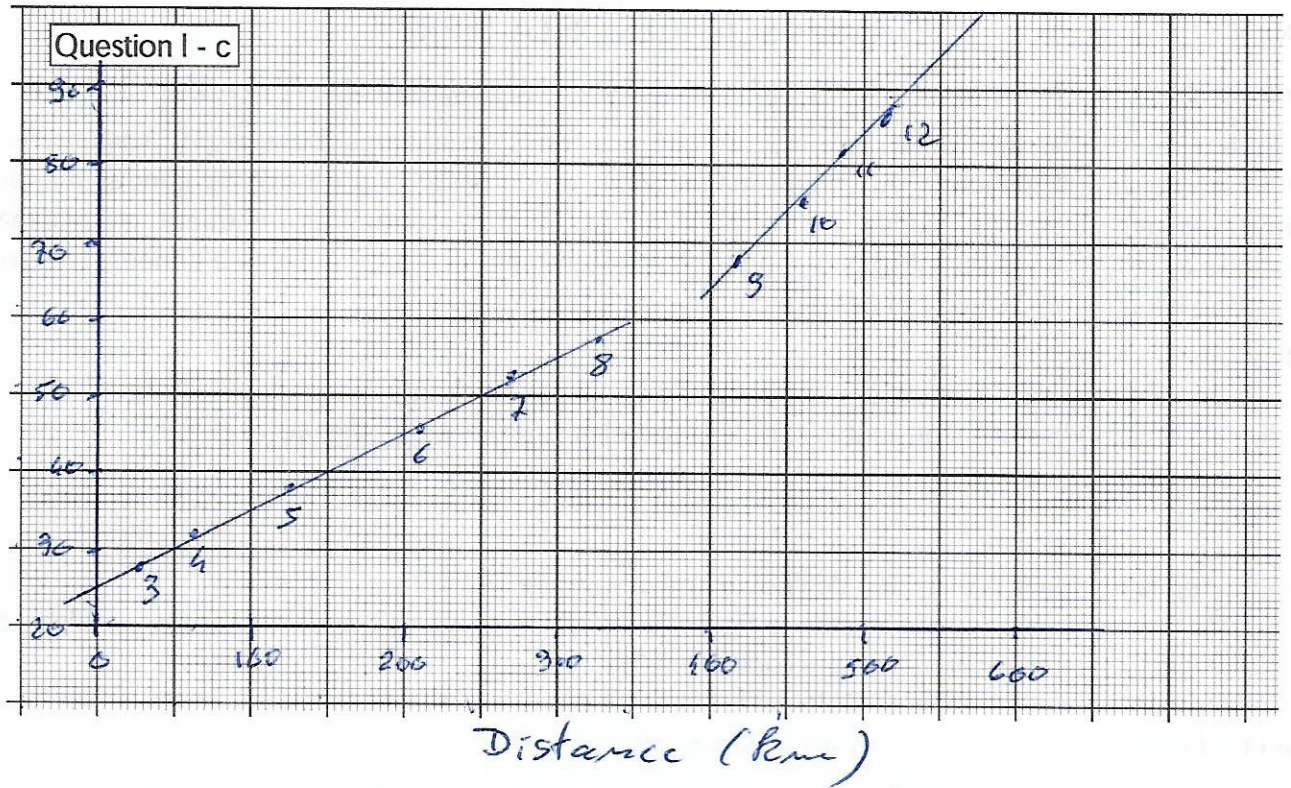


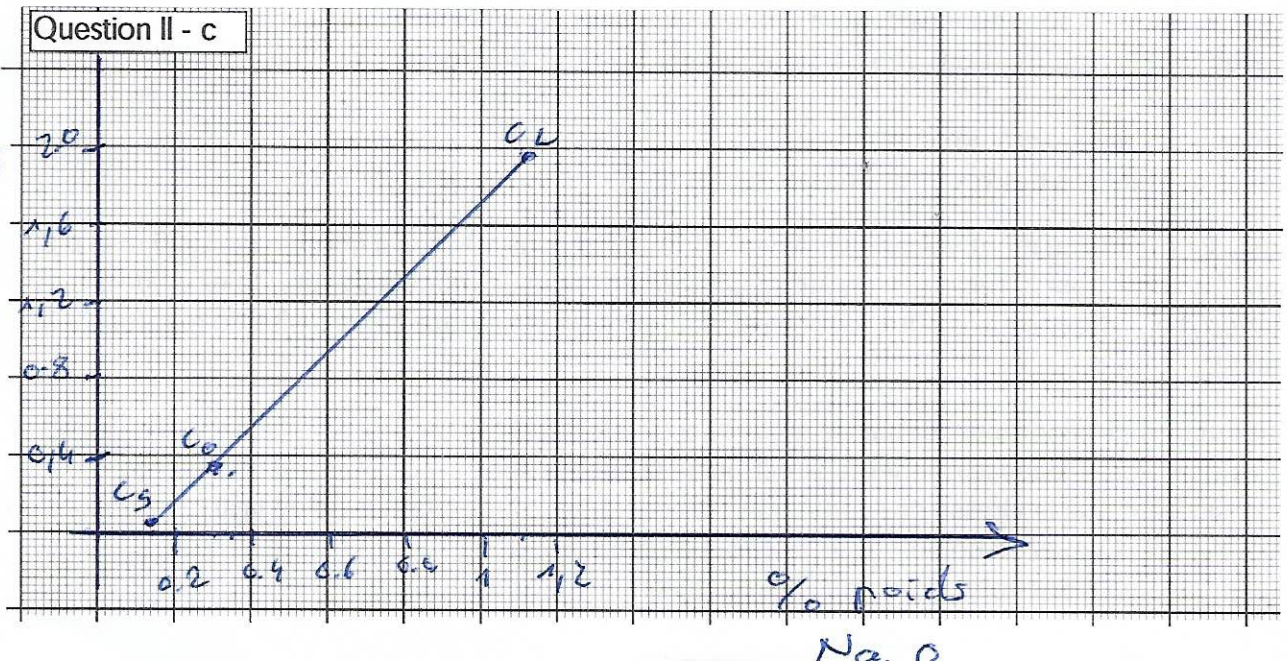
Tableau II Analyses chimiques des roches du volcan Feliz exprimées en "% poids" d'oxydes (% masse)

	C _S Enclaves 1	C ₀ Enclaves 2	C _L Basaltes
SiO ₂	44,48	44,91	47,17
Al ₂ O ₃	1,80	3,57	12,88
FeO	7,38	7,24	6,48
MgO	45,42	40,65	15,57
CaO	0,51	1,88	9,10
Na ₂ O	0,04	0,35	1,95
K ₂ O	0,14	0,30	1,12
TiO ₂	0,01	0,25	1,49
H ₂ O	0,20	0,87	4,39
Total	100	100	100

Figure 3

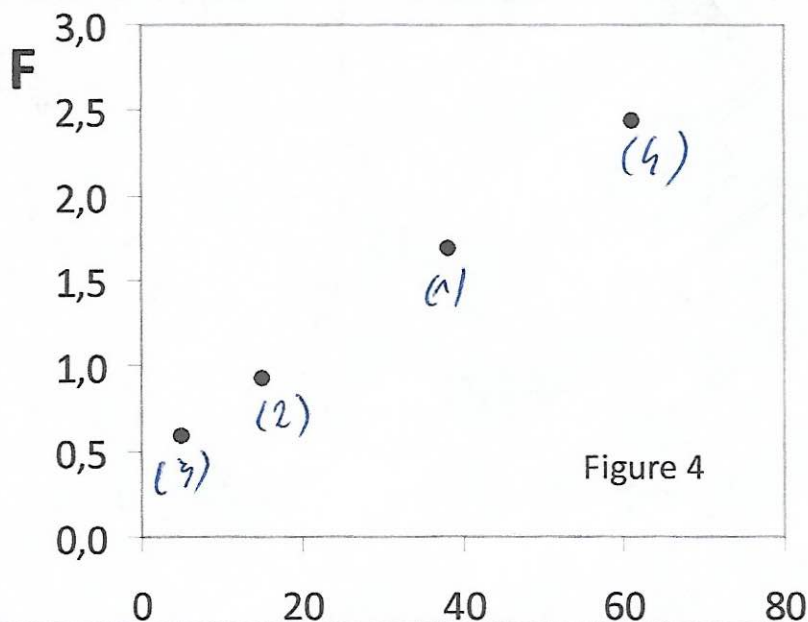
Question II - c

% poids
V_{L0}



Question III

	masse molaire	#	masse (g)	% poids
Na ₂ O	62 g/mol	0,5	31	3,7%
CaO	56 g/mol	2	112	13,4%
MgO	40 g/mol	4	160	19,1%
Al ₂ O ₃	102 g/mol	1,5	153	18,3%
SiO ₂	60 g/mol	6	360	43,1%
H ₂ O	18 g/mol	1	18	2,1%
			834	99,7



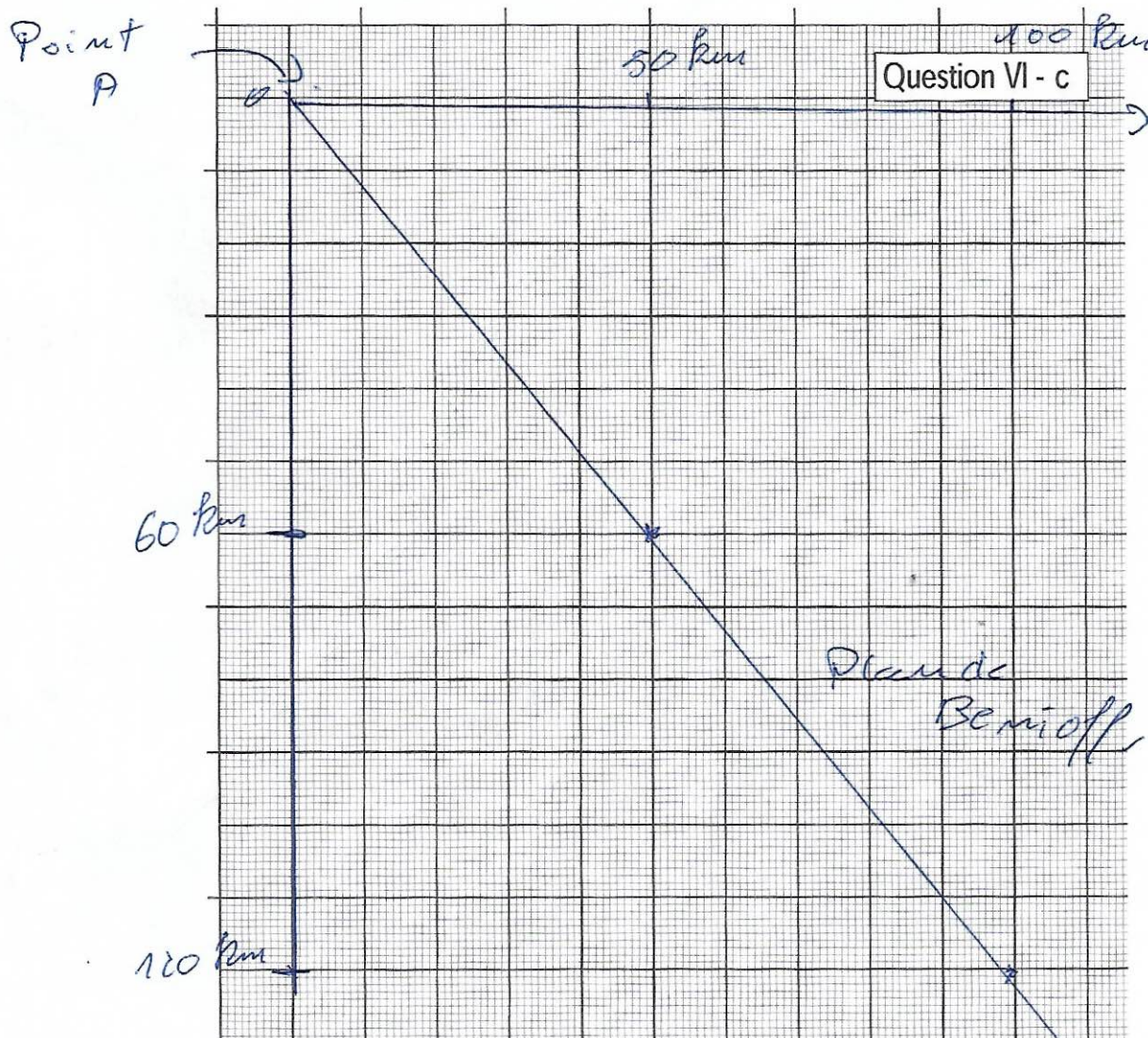
Question IV

Tableau III

	P	F
Echantillon 1	38	1,685
Echantillon 2	15	0,926
Echantillon 3	5	0,595
Echantillon 4	61	2,445

$$F = (e^{\lambda t} - 1) P + F_0$$

$$\lambda = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ an}^{-1}$$



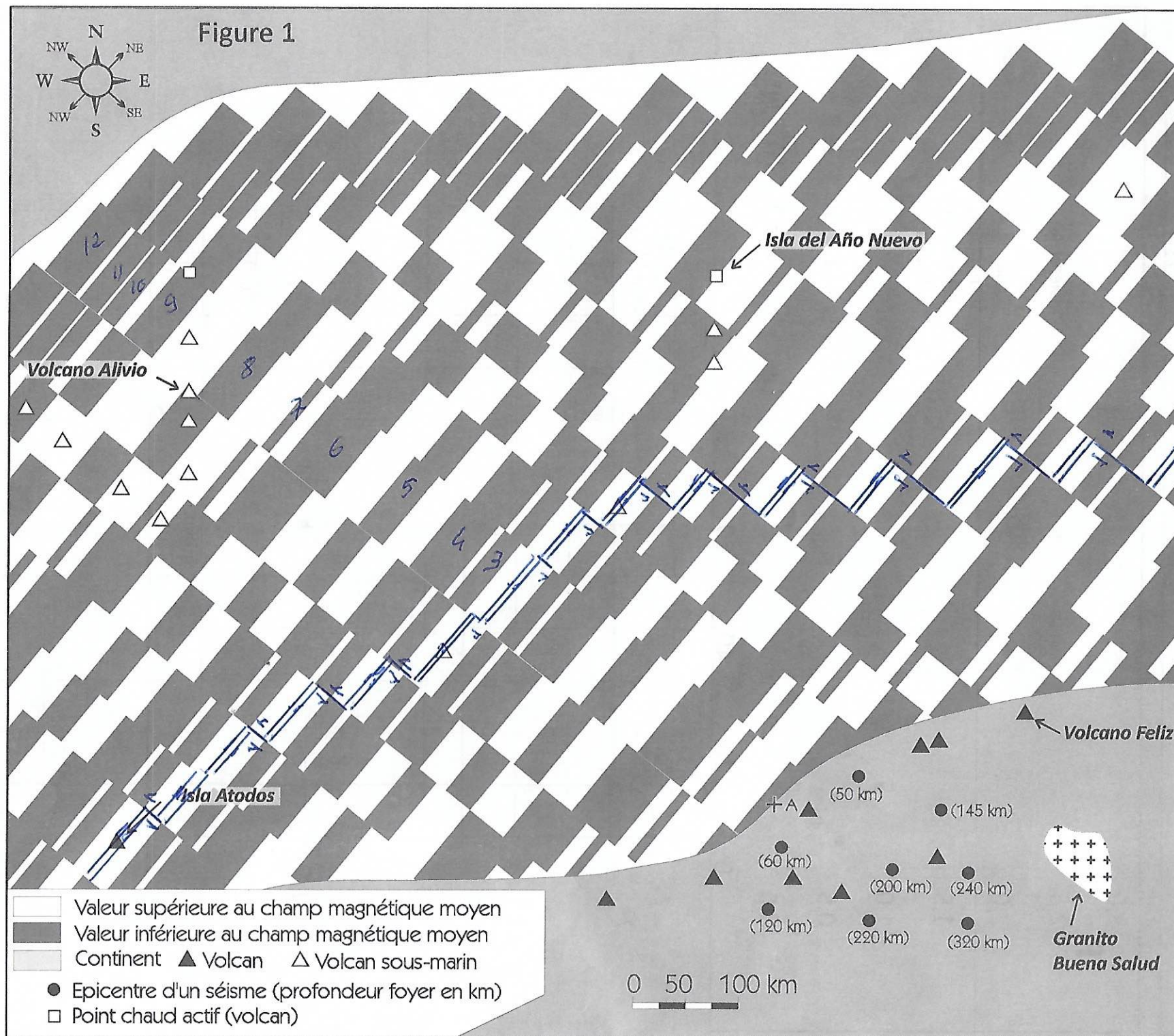
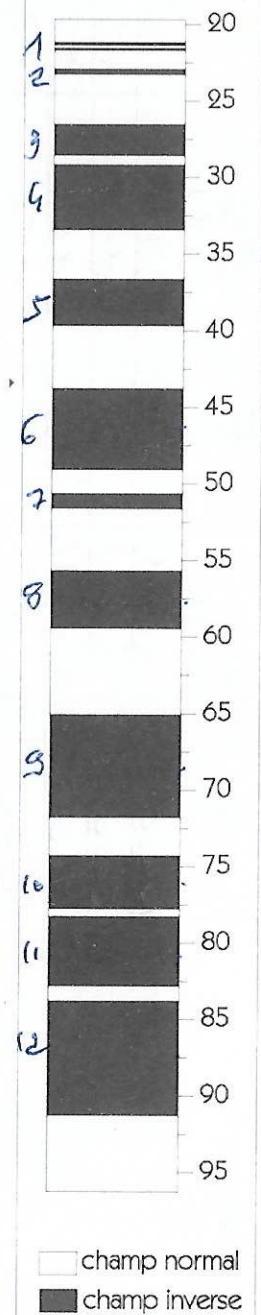


Figure 2: Echelle Paléomagnétique (millions d'années)



Année Universitaire :

Semestre :

U.F.R. :

Session d'examen **1^{ère}** - **2^{ème}**
(Entourer la mention utile)

DIPLÔME de :
(ex : 2^e A. licence Mathématiques...)

Épreuve de :

Nombre d'intercalaires joints à la copie :

Date
de
naissance

..... / /

N° Dossier :
(sur carte étudiant)

Nom de naissance :

Prénom :

Nom d'usage :

PLIER ET COLLER ICI

Note :

Nom du correcteur :

APPRÉCIATION :

①

7 / Magnétisme

a) Les bandes d'anomalies magnétiques sont disposées de manière symétrique par rapport à la dorsale océanique.

Les failles transformantes relient les différents segments de la dorsale découpés les uns par rapport aux autres.

Le sens des flèches est contrôlé par la direction de l'accrétion et de l'expansion océanique de part et d'autre de la dorsale.

b) La dorsale est orientée NE-SW. La direction de l'ouverture océanique est perpendiculaire. Elle est donc

orientée dans une direction NW-SE.
c]

$\times \frac{100}{2}$

Anomalie (Miliere)	Âge (Ma)	Distance "dorsale" (cm)	Distance "dorsale" (Km)
3	28	0,5	25
4	32	1,3	65
5	38	2,7	135
6	46	4,4	220
7	51	5,4	270
8	57.5	6,6	330
9	69	8,4	420
10	76	9,2	460
11	81	9,7	485
12	87.5	10,4	520

Échelle : 100 Km $\Leftrightarrow$ 2 cm

d] Les vitesses n'ont pas été constantes.

Sur la période allant de l'anomalie n°3 à l'anomalie n°8, la vitesse est

$$v_1 = \frac{x_8 - x_3}{t_8 - t_3} = \frac{330 - 25}{57.5 - 28} = 10 \text{ km/Ma}$$

$$v_1 = \frac{10 \cdot 10^3 \cdot 10^2}{10^6} = 1 \text{ cm/an}$$

soit une vitesse d'ouverture océanique ($2v_1$) de 2 cm/an entre -25 Ma et -58 Ma.

Sur la période allant de l'anomalie n°9 à l'anomalie n°12, la vitesse de déplacement de plaque

v_2 est

$$v_2 = \frac{x_{12} - x_9}{t_{12} - t_9} = \frac{520 - 420}{87.5 - 69}$$

$$v_2 = 5,4 \text{ km/Ma} = 0,54 \text{ cm/an}$$

Soit une vitesse d'ouverture océanique d'environ 1,1 cm/an entre -69 Ma et -91 Ma.

e) L'ouverture océanique s'est arrêtée vers -25 Ma (lecture graphique sur le diagramme t versus distance).

II / Petrologie.

a) Le volcan Feliz est implanté sur une plaque lithosphérique continentale chevauchant une plaque lithosphérique océanique en cours de subduction.

Le volcan Feliz est donc issu d'un magmatisme impliquant la production de magmas basaltiques produits par la fusion partielle de péridotites dans le coin mantellique chevauchant par apport d'eau fourni par la plaque plongeante (l'eau est un fondant).

L'île Atodos est située sur la dorsale océanique. Son volcanisme est issu de la production de magmas basaltiques produits par la décompression du manteau à l'aplomb de la dorsale océanique. La chute de pression est responsable de la fusion partielle du manteau.

Et enfin, l'île de Año Nuevo est issue d'un magmatisme de point chaud. La fusion partielle du manteau a donc été causée par une augmentation de température.

Année Universitaire :

Semestre :

U.F.R. :

Session d'examen **1^{ère}** - **2^{ème}**
(Entourer la mention utile)

DIPLÔME de :
(ex : 2^e A. licence Mathématiques...)

Épreuve de :

Nombre d'intercalaires joints à la copie :

Date
de
naissance

..... / /

N° Dossier :
(sur carte étudiant)

Nom de naissance :

Prénom :

Nom d'usage :

PLIER ET COLLER ICI

Note :

Nom du correcteur :

APPRÉCIATION :

② ture.

b) À partir de l'équation de bilan de masse ($C_0 = C_S(1-f) + C_L f$), on détermine :

$$C_0 = C_S - f C_S + f C_L$$

soit,

$$C_0 - C_S = f (C_L - C_S)$$

$$f = \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S}$$

En se basant sur les % poids SiO_2 , on détermine

$$f = \frac{44,91 - 44,48}{47,17 - 44,48}$$

soit un taux de fusion partielle

$$f = 0,16 = 16\%$$

c) Par la règle du levier, on écrit :

taux de fusion partielle = f

$$= \frac{\text{segment opposé}}{\text{segment total}}$$

$$= \frac{C_0 - C_S}{C_L - C_S}$$

En considérant Na_2O , on calcule :

$$f = \frac{0,35 - 0,04}{1,95 - 0,04} \approx 16\%$$

III / Minéralogie.



On note x = charge du Fe

Nombre de charges (+)

$$= 2 + x + 3 \times 3 + 3 \times 4$$

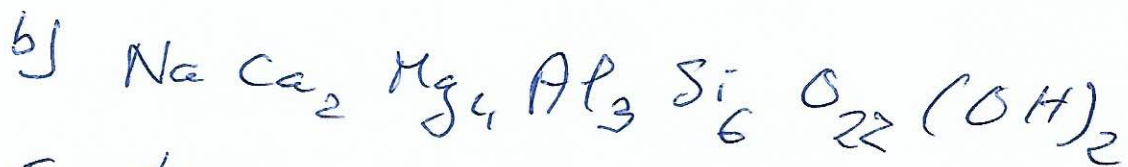
$$= 2 + x + 9 + 12 = 23 + x$$

Nombre de charges $\ominus$

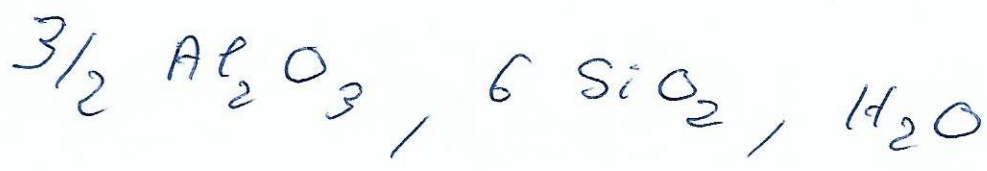
$$12 \times 2 + 1 = 25$$

Donc $x = 2$

c'est du Fe^{2+} .



En terme d'oxydes, cela nous donne :



c) cf tableau.

IV / Géochronologie.

a) Les points sont alignés.

Cela indique que les échantillons sont co-génétiques (cristallisation lors d'un seul et même événement) et que les échantillons ont été préservés depuis (système clos, ni apport, ni perte).

b) Le coefficient directeur de la droite est donné par

$$\alpha = \frac{F_4 - F_3}{P_4 - P_3} = \frac{2,445 - 0,595}{61 - 5}$$

$$\alpha = 1,85 / 56 = 0,033036$$

$$\text{On } e^{\lambda t} - 1 = \alpha$$

$$\text{Donc } e^{\lambda t} = 1 + \alpha$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln(1 + \alpha)$$

0.033036

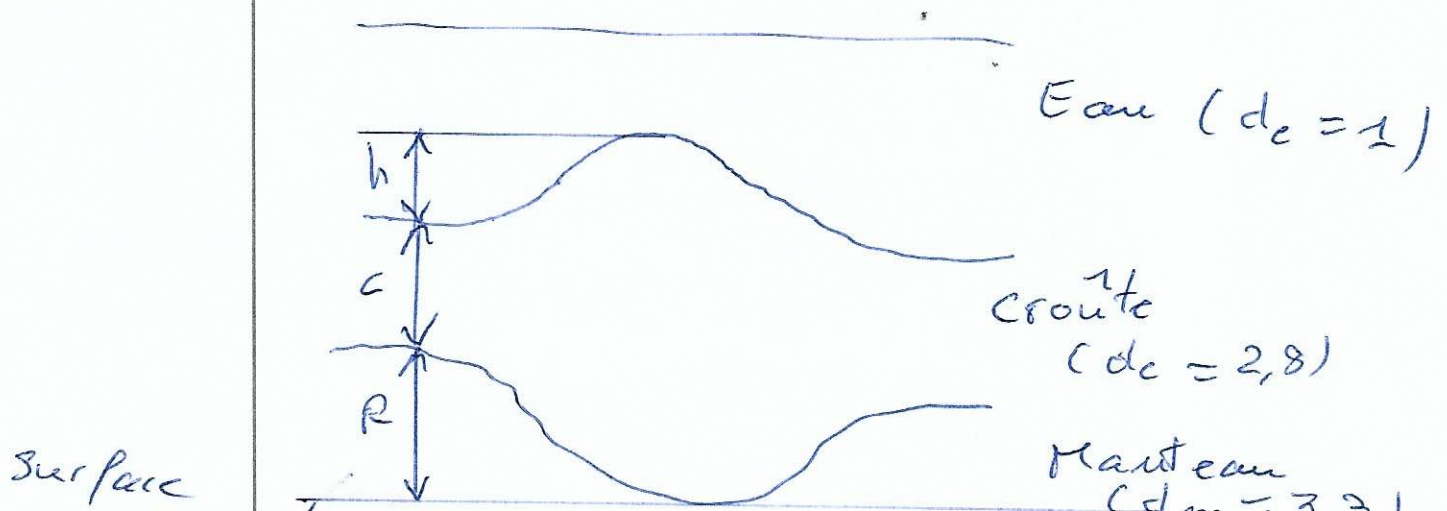
$$t = \frac{1}{1,3 \cdot 10^{-10}} \ln(1 + \underline{0,33036})$$

$$t = \underline{2,2 \text{ Ga}}$$

250 Ma

c) Le granite de Buena Salud et le volcan Feliz n'ont aucun lien, car le granite est beaucoup plus vieux.

V / Isostasie



Année Universitaire :

Semestre :

U.F.R. :

Session d'examen **1^{ère}** - **2^{ème}**
(Entourer la mention utile)

DIPLÔME de :
(ex : 2^e A. licence Mathématiques...)

Épreuve de :

Nombre d'intercalaires joints à la copie :

Date
de
naissance

..... / /

N° Dossier :
(sur carte étudiant)

Nom de naissance :

Prénom :

Nom d'usage :

PLIER ET COLLER ICI

Note :

Nom du correcteur :

APPRÉCIATION :

③ on écrit :

$$h d_e + c d_c + R d_m = h d_c + c d_c + R d_c$$

soit :

$$h d_e + R d_m = h d_c + R d_c$$

$$R (d_m - d_c) = h (d_c - d_e)$$

$$R = 1500 \text{ m} \times \frac{2,8 - 1}{3,3 - 2,8}$$

$$R = 1500 \times \frac{1,8}{0,5} = 5400 \text{ m}$$

L'épaississement crustal

$$E = h + R = 1500 + 5400 \text{ m} = 6900 \text{ m}$$

VI/ Subduction

a) La chaîne volcanique de Isla del Año Nuevo indique que la subduction se fait dans une direction N-S.

b) La vitesse de subduction se détermine à partir de cette chaîne volcanique. Volcano Alifan. L'inflexion de cette chaîne s'est fait il y a 20 Ma (début fermeture de l'océan). La distance entre le volcan actif et ce point d'inflexion est d'environ 200 Km soit une vitesse de subduction

$$\text{de } 200 \text{ km} / 20 \text{ Ma} = 10 \text{ km/Ma} \\ = 1 \text{ cm/an.}$$

c]

Volcan n°1 :

à 50 km ~~de la~~
du rivage (point A)
60 km de profondeur

Volcan n°2 : à 100 km du point A
120 km de profondeur.

d] Le volcan Alicia est à
mi-chemin entre le volcan
actif et le point d'inflexion.
Il a donc 10 Ma d'âge.