

EXAMEN BLANC DE SCIENCES DE LA TERRE

N° carte :

Groupe:

Durée de l'épreuve 2 h (Les 6 questions sont indépendantes et peuvent être traitées séparément)

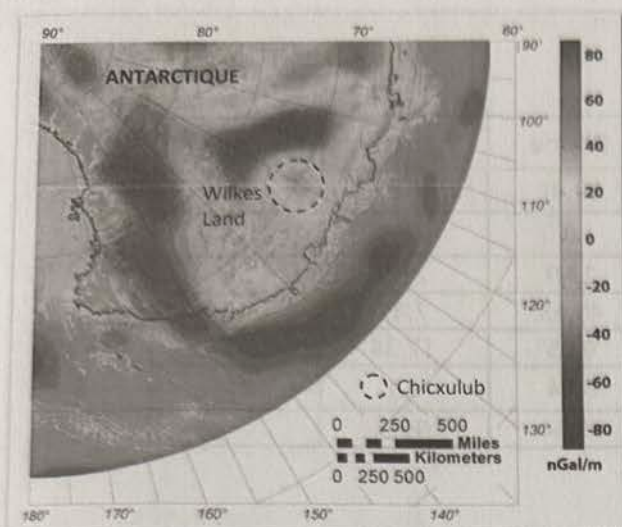


Fig 1 : Carte des fluctuations gravimétrique

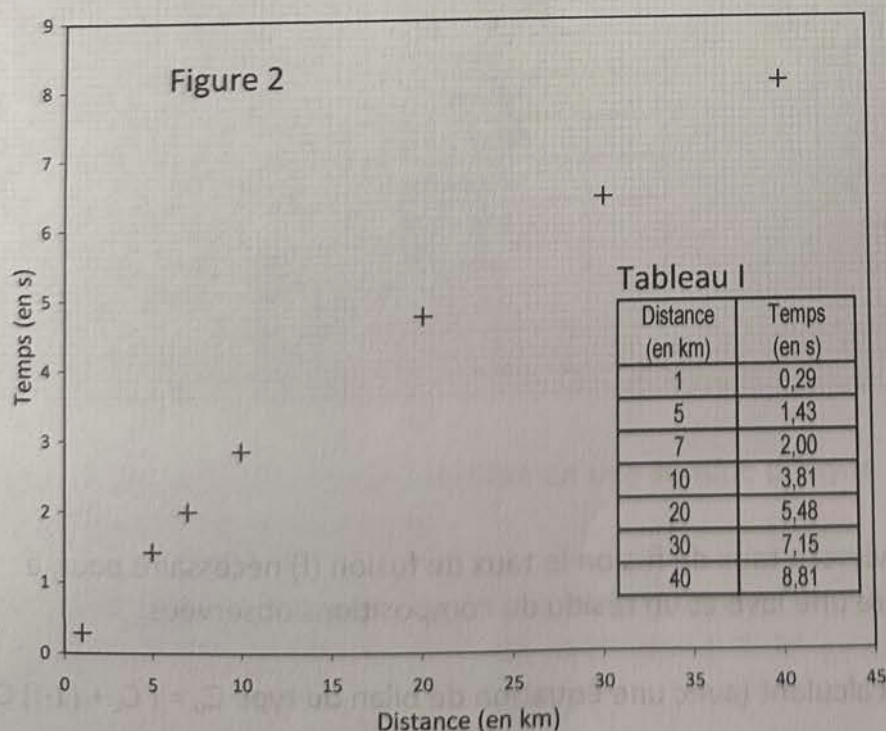
Des scientifiques viennent de découvrir à Wilkes Land (Antarctique) les indices d'un impact de météore beaucoup plus grand et plus ancien que celui de Chicxulub (Yucatan, Mexique) qui a provoqué l'extinction des dinosaures il y a 65 millions d'années (limite Crétacé-Tertiaire)

Sa taille, environ 500 kilomètres de diamètre, et son emplacement, dans la région de Wilkes Land dans l'est de l'Antarctique, au sud de l'Australie, suggèrent aussi qu'il puisse avoir amorcé la séparation du super continent Gondwana en créant la crevasse tectonique qui a repoussé l'Australie vers le nord.

I – Isostasie (4 points) - Le cratère est longtemps passé inaperçu en surface car il est comblé et enfoui sous une couche de glace, qui dans cette région de l'est de l'Antarctique a une épaisseur moyenne de 1,5 kilomètre. Les scientifiques ont utilisé des fluctuations de gravité mesurées par les satellites GRACE pour scruter sous la surface de glace (figure 1). Ces données indiqueraient une remontée du manteau à l'aplomb du cratère de 9 km. En admettant que l'équilibre isostatique dans toute la région soit maintenant rétabli (modèle de Airy), calculer l'épaisseur de la calotte glaciaire recouvrant le cratère de Wilkes Land.

Densités : glace 0,9 ; croûte 2,7 ; manteau 3,3.

II – Sismique (4 points) - Afin de vérifier l'épaisseur de la glace au niveau du cratère de Wilkes Land une campagne sismique est organisée. Les résultats sont donnés dans le tableau I et la figure 2.



Rappels:

onde directe :

$$t = \frac{x}{V_1}$$

onde réfléchie :

$$t^2 = \frac{x^2}{V_1^2} + \frac{(2h)^2}{V_1^2}$$

onde conique ou « réfractée » :

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2h \cos(I)}{V_1} \text{ avec } \sin(I) = V_1 / V_2$$

a) Annoter et commenter l'allure générale du graphique (figure 2).

b) Déterminer les paramètres sismiques du système (vitesses des ondes, profondeur de l'interface glace-roche).

III – Pétrologie (4 points) - Un sondage réalisé à travers la calotte glaciaire montre que le fond du cratère est occupé par une lave (roche magmatique volcanique) contenant deux types d'enclaves. Le premier type (enclaves 1) montre une texture cumulative et est le résidu d'une fusion partielle: il est formé de 90% Olivine et 10% de pyroxène. L'autre type d'enclave (enclaves 2) est composé de lherzolite qui correspond classiquement au matériel mantellique qui va subir la fusion partielle. Des analyses chimiques de la lave, de la lherzolite (enclave 2) et des minéraux de la roche cumulative sont données dans le tableau II :

Tableau II

(% poids)	lave	enclave 2	Olivine	Pyroxène	enclave 1
SiO ₂	49,07	45,3	39,87	48,12	
Al ₂ O ₃	6,25	3,6	0	3,57	
FeO	1,25	7,3	13,9	21,9	
MgO	40,84	41,3	45,68	7,47	
CaO	2,00	1,9	0,05	17,34	
Na ₂ O	0,24	0,2	0,04	1,1	
Total	99,65	99,6	99,54	99,5	

- Calculer la composition des enclaves 1 (explicitez le calcul sur SiO₂ sur la feuille d'examen).
- Reporter dans un diagramme SiO₂ en fonction de CaO, la lave et les deux types d'enclaves.



- Mesurer avec la règle des leviers Le taux de fusion le taux de fusion (f) nécessaire pour, à partir de la lherzolite, produire une lave et un résidu de compositions observées.
- Vérifier ce taux de fusion en calculant (avec une équation de bilan du type $C_o = f C_L + (1-f) C_s$)

IV – Minéralogie (4 points) - La figure 3 représente le type d'association de polyèdres (tétraèdres) $[\text{SiO}_4]^{4-}$ en feuillets d'un minéral présent en association avec de la stishovite (polymorphe du quartz de très haute pression) dans des brèches sous la lave contenue dans le cratère.

a) Ecrire la composition et la charge du motif proposé et donner la composition et la charge du nouveau motif si Al substitue un tiers de Si dans la structure du minéral. A l'aide de ces résultats cocher dans le tableau III les minéraux qui pourraient correspondre à ces deux motifs.

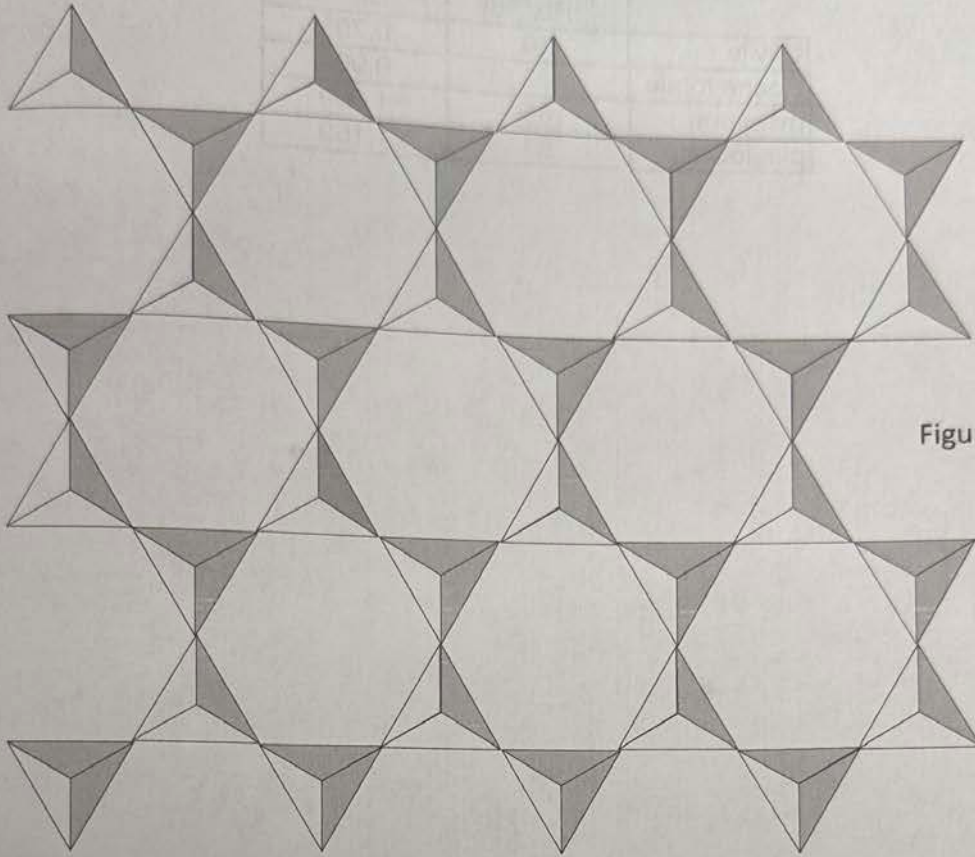


Figure 3

Tableau III

Formule structurale	Nom	Oui
SiO_2	Quartz	☐
CaSiO_3	Wollastonite	☐
$\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	Biotite	☐
$\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH})_2$	Tremolite	☐
$\text{Mn}_5\text{Si}_5\text{O}_{15}$	Rhodonite	☐
$\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Lawsonite	☐
$\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	Kaolinite	☐
$(\text{Mg,Fe})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$	Chlorite	☐
$\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6) \cdot \text{H}_2\text{O}$	Analcime	☐
$\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2$	Glaucophane	☐

Valence des ions :

$2^- : \text{O}$

$1^+ : \text{H, Na, K,}$

$2^+ : \text{Ca, Mg, Mn, Fe}$

$3^+ : \text{Al, Fe,}$

$4^+ : \text{Si}$

b) Décomposer la formule de la biotite en une somme d'oxyde simple (un oxyde simple associe un seul type de cation à l'oxygène)

c) Calculer l'analyse chimique théorique de la biotite en % poids d'oxydes simples. On prendra les masses molaires suivantes K 39 g/mol, Al 27 g/mol, Si 28 g/mol, Mg 24 g/mol, O 16g/mol et H 1 g/mol.

V - Géochronologie (3 points) – Afin de déterminer l'âge de l'impact une étude isotopique du système radiogénique Rb (élément père) et Sr (élément fils) a été effectuée sur 3 minéraux contenus dans la lave ainsi que sur la roche totale. Les résultats sont donnés dans le tableau IV et sont reportés sur la figure 4 ;

Tableau IV

	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
Olivine	10	0,795
Roche totale	32	0,904
pyroxène	65	1,069
plagioclase	83	1,159

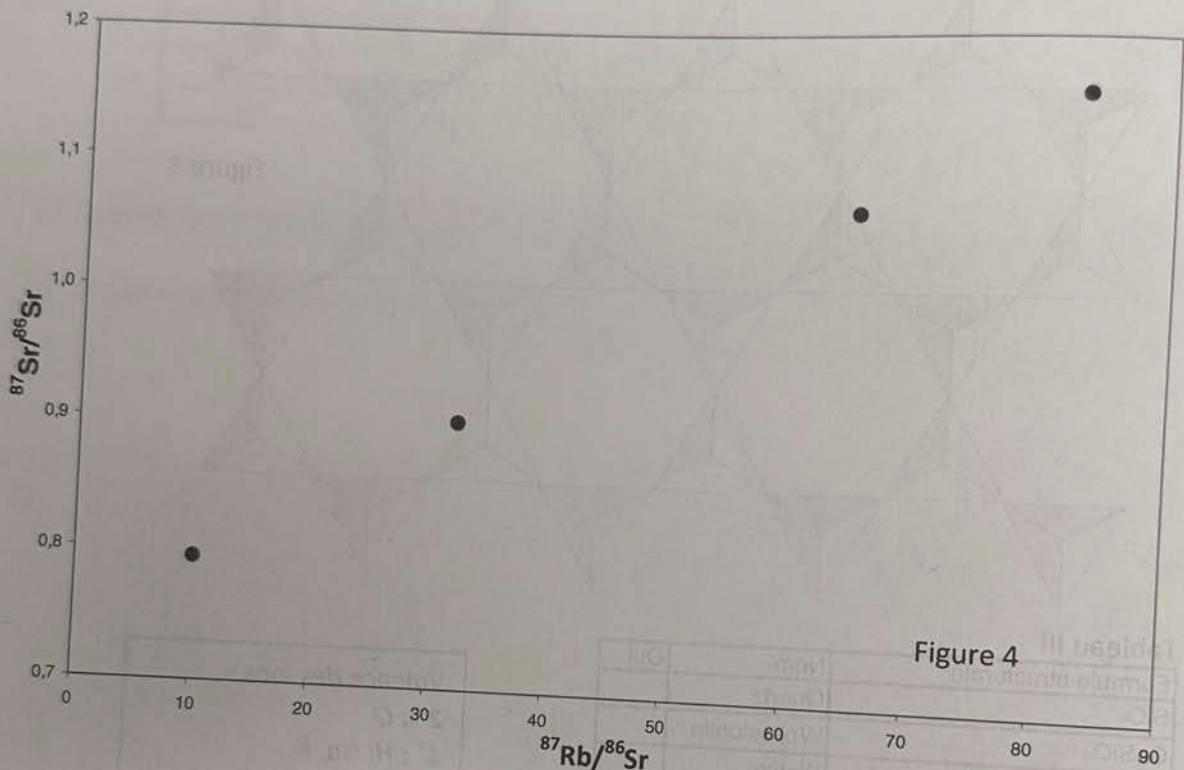


Figure 4

- Commenter le diagramme, quelles informations apporte-t-il?
- Déterminer l'âge de la lave (expliquer le calcul).

Rappel: $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}) = (^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}) (e^{\lambda t} - 1) + (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ avec $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$

VI – Synthèse (1 points)

Donner l'ensemble des arguments qui sont en faveur d'un impact météoritique pour l'origine de la structure de Wilkes Land.