

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON



Concours d'admission session 2016 Filière universitaire : Second concours

COMPOSITION DE GÉOSCIENCES

Durée : 3 heures

- *L'usage de calculatrices électroniques à alimentation autonome est autorisé.*
- *Ce sujet comprend 4 parties qui peuvent être réalisées indépendamment, une durée conseillée est indiquée pour chaque partie. L'ensemble du sujet comprend 8 pages, et 7 figures.*
- *La démarche scientifique, la qualité et la clarté de la rédaction et des figures seront prises en compte pour la notation.*

La dynamique interne de la Terre et ses effets sur le climat

Partie 1 – La subduction océanique (durée conseillée 60 min)

La **Figure 1** est une image de tomographie sismique du manteau terrestre à l'aplomb de l'arc Tonga-Fidji dans l'Ouest Pacifique.

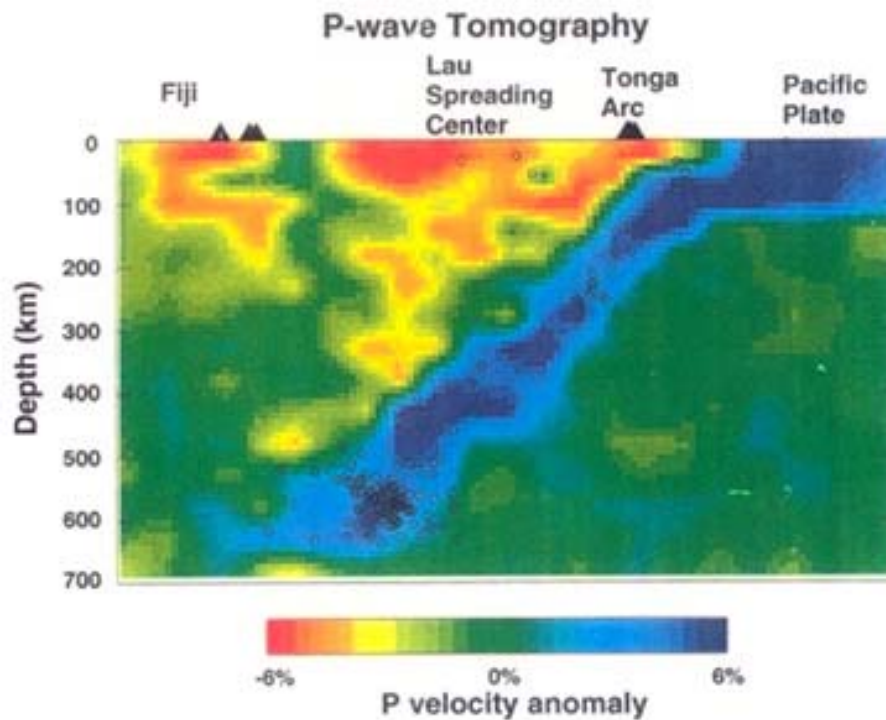


Figure 1 – Tomographie sismique en ondes P à l'aplomb de l'arc Tonga – Fidji (Zhao, 2001)

1a – Expliquez brièvement le principe de construction de cette image tomographique, et les paramètres à l'origine des variations de vitesses sismiques.

1b – Indiquez les structures géologiques observables sur cette image à partir de leur signature sismique sur une figure interprétative.

1c – La **Figure 2** présente des photographies d'échantillons macroscopiques de roches. Donnez le nom de chacun de ces trois échantillons en argumentant votre réponse à partir de la nature des minéraux, et des textures. Remplacez chaque échantillon sur votre interprétation de l'image tomographique de la **Figure 1**.



Figure 2 – Photographies d'échantillons macroscopiques de roches (coll. ENS Lyon).

1d – Un échantillon de roche métamorphique est observé au microscope polarisant (**Figure 3**). Vous indiquerez le nom de la roche, la nature des minéraux métamorphiques, sa texture, ainsi que le protolithe.

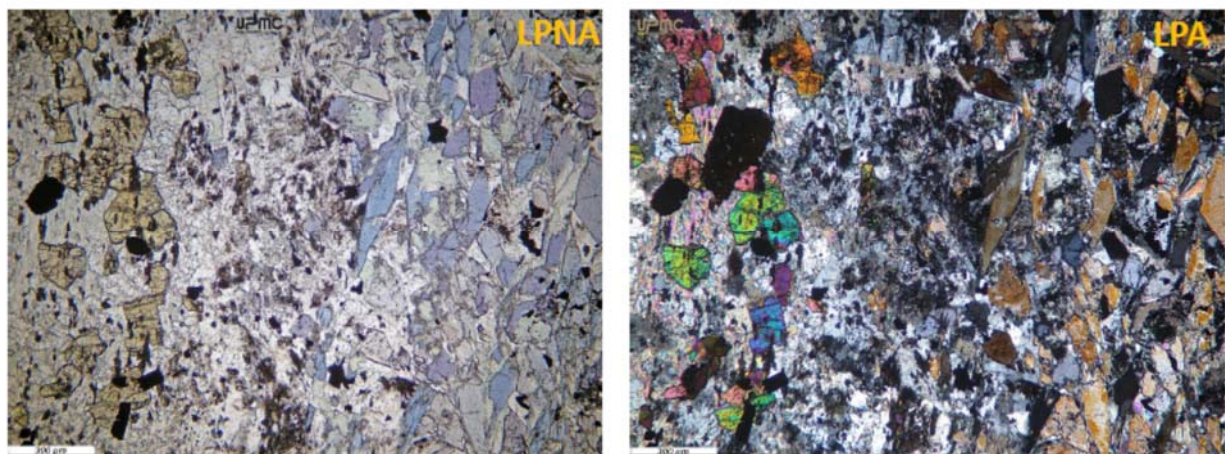


Figure 3 – Lame mince de roche observée au microscope polarisant en lumière naturelle (LPNA) et lumière polarisée analysée (LPA) (Clichés UPMC).

1e- Dans quel « faciès métamorphique » la roche de la **Figure 3** a-t-elle recristallisée ? Estimez le gradient géothermique ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$) enregistré par la roche. Dans quel contexte géodynamique retrouve-t-on un tel gradient ?

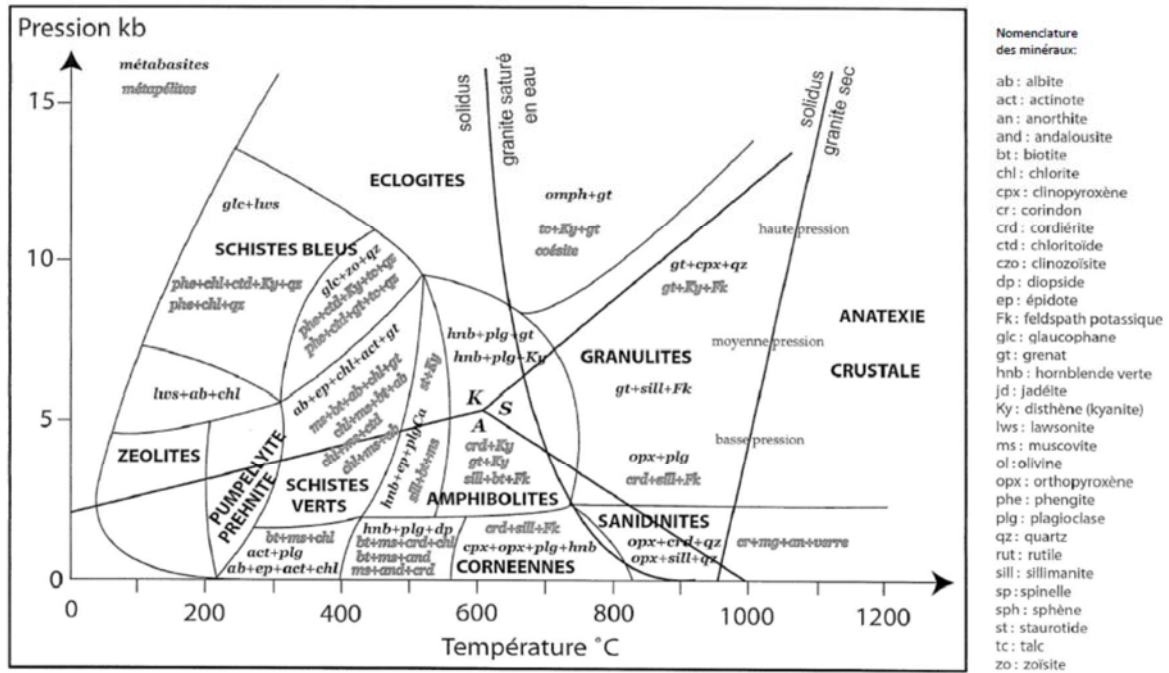


Figure 4 – Assemblages minéralogiques caractéristiques des principaux faciès métamorphiques.

Partie 2 – Chaleur, profils de température dans les lithosphères et le manteau terrestre
(durée conseillée 40 min)

2a – Listez des différentes sources de chaleur interne de la Terre.

2b- Tracez de façon schématique la position des isothermes sur votre interprétation de la **Figure 1**, depuis la surface jusqu'à 700 km de profondeur.

2c- Quel est le mode de transfert de la chaleur dans les lithosphères ? Quelles en sont les implications sur le profil de température ?

2d – La convection correspond à un mode de transfert de chaleur par transport de matière. On peut déterminer l'efficacité de la convection à partir du nombre de Rayleigh (Ra) :

$$Ra = \frac{\alpha \cdot \Delta T \cdot g \cdot d^3}{\kappa \cdot \nu}$$

où α : dilatation thermique (K^{-1}), ΔT : la différence de température, g : l'accélération de la pesanteur, d : dimension caractéristique du système (hauteur, m), κ : la diffusivité thermique ($m^2 \cdot s^{-1}$), ν : la viscosité cinématique ($m^2 \cdot s^{-1}$).

Quel est la dimension (unité) du nombre de Rayleigh ?

2e – Un système entre en convection si la valeur de $Ra > 10^3$. Calculez la valeur du nombre de Rayleigh pour le manteau terrestre. Discutez.

Manteau terrestre= $\alpha : 3 \cdot 10^{-5} K^{-1}$; $\Delta T : 1000 K$; $d : 3000 km$; $\kappa : 10^{-6} m^2 \cdot s^{-1}$; $\nu : 3 \cdot 10^{17} m^2 \cdot s^{-1}$

2f – A partir des conclusions de la question précédente, tracez le profil de température (géotherme) dans le manteau terrestre.

Partie 3 – Les grandes provinces ignées : exemple des trapps du Deccan
(durée conseillée 45 min).

Le Deccan est l'une des provinces volcaniques les plus étendues à la surface de la planète. Un volume de laves de l'ordre de $2 \cdot 10^6 \text{ km}^3$, épanché sous forme de « trapps », s'est mis en place il y a 64 – 65 Ma au NW de la partie péninsulaire de l'Inde sur une partie du vieux socle précambrien indien constitué de granites et de gneiss (**Figure 5**).

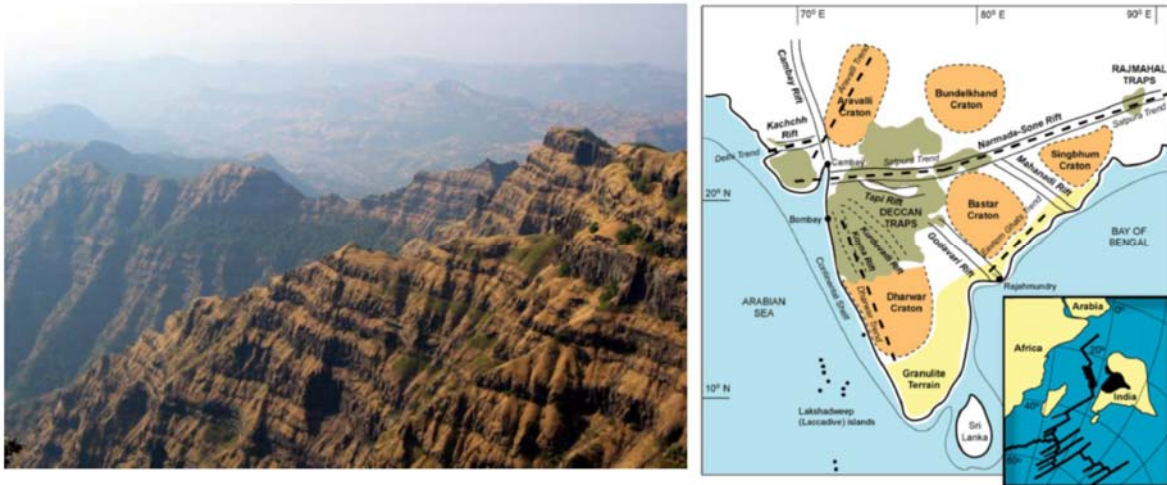


Figure 5 – Photographie des roches volcaniques des trapps du Deccan et cadre géologique de leur mise en place. La position paléogéographique de l'Inde il y a 65 Ma est représentée. (Sheth, 2006)

3a- Les résultats d'une analyse par fluorescence X d'un échantillon de roche volcanique sont présentés ci-dessous (Mahoney et al., *J. Petrol.*, 2000):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total	LOI (%pds)
52,31	15,21	1,00	11,43	0,16	6,66	9,62	2,18	1,07	0,11	99,12	4,01

Reportez cette composition chimique dans le diagramme SiO₂ vs. Na₂O + K₂O et dans un diagramme triangulaire AFM (A=Na₂O + K₂O, F= FeO + Fe₂O₃, M= MgO) identique à celui de la **Figure 6** afin de déduire le nom de la roche et sa lignée magmatique.

3b – Afin de déterminer la source de ces laves des analyses des isotopes du Strontium (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) et du Néodyme (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd) ont été réalisées. Quelle technique analytique permet de mesurer ces rapports isotopiques ?

3c – Sachant que *i*) par désintégration radioactive ⁸⁷Rb → ⁸⁷Sr (β-) et ¹⁴⁷Sm → ¹⁴³Nd (α), *ii*) le Rubidium est plus incompatible que le Strontium, et *iii*) le Samarium est moins incompatible que le Néodyme ; déterminez comment vont évoluer les rapports ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr et ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd dans le magma et dans la roche résiduelle lors de processus de fusion partielle.

3d – Les rapports isotopiques mesurés sur la roche volcanique sont reportés sur la **Figure 7**. Que peut-on en déduire sur la source de ces magmas ?

3e – Réalisez un schéma synthétique expliquant la formation des trapps du Deccan.

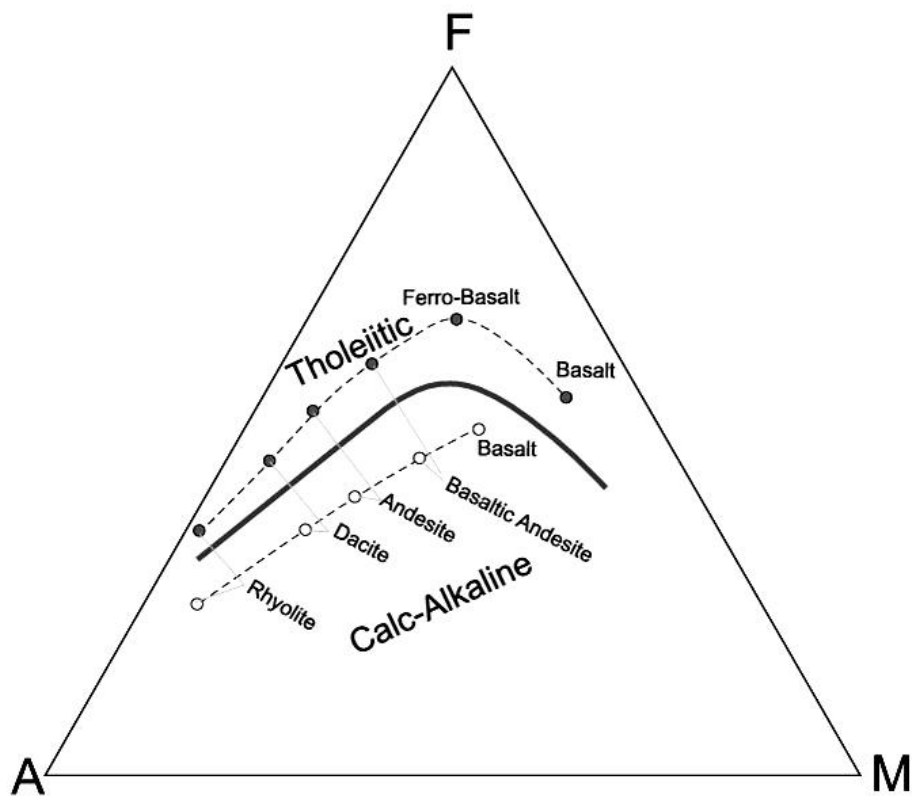
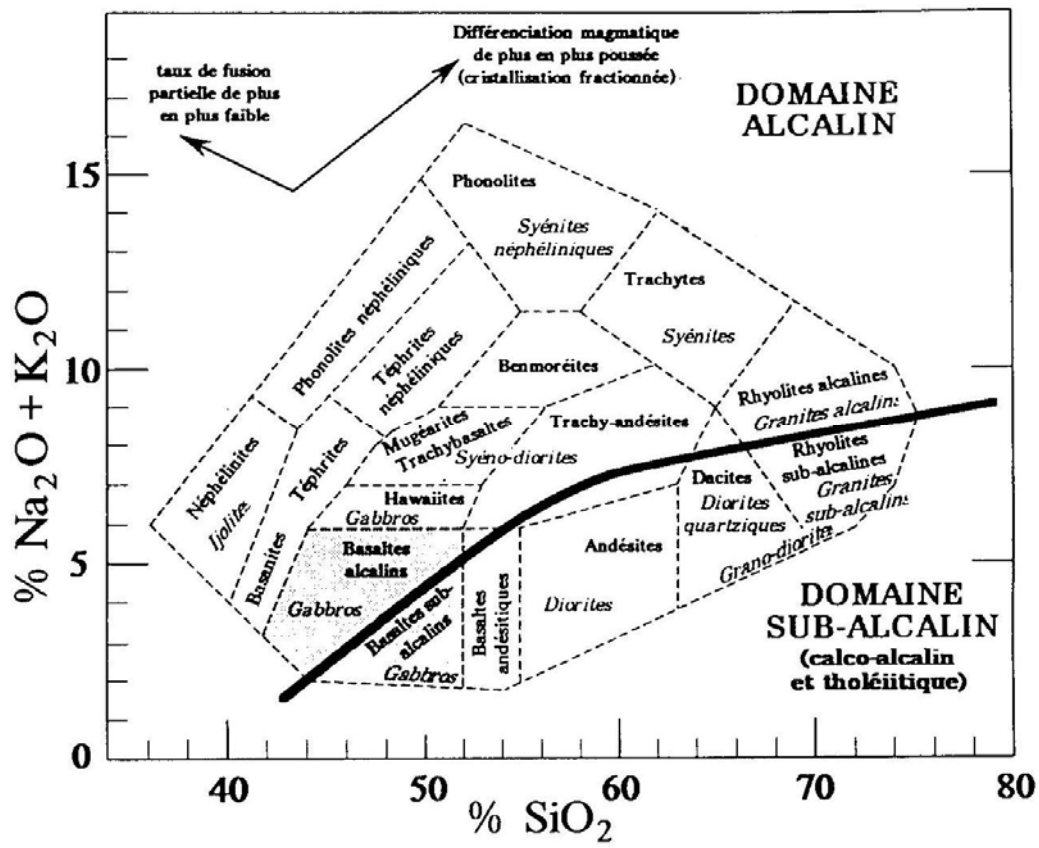


Figure 6 – Diagrammes de classification des roches volcaniques – Haut : Diag SiO_2 vs $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, Bas : Diagramme AFM

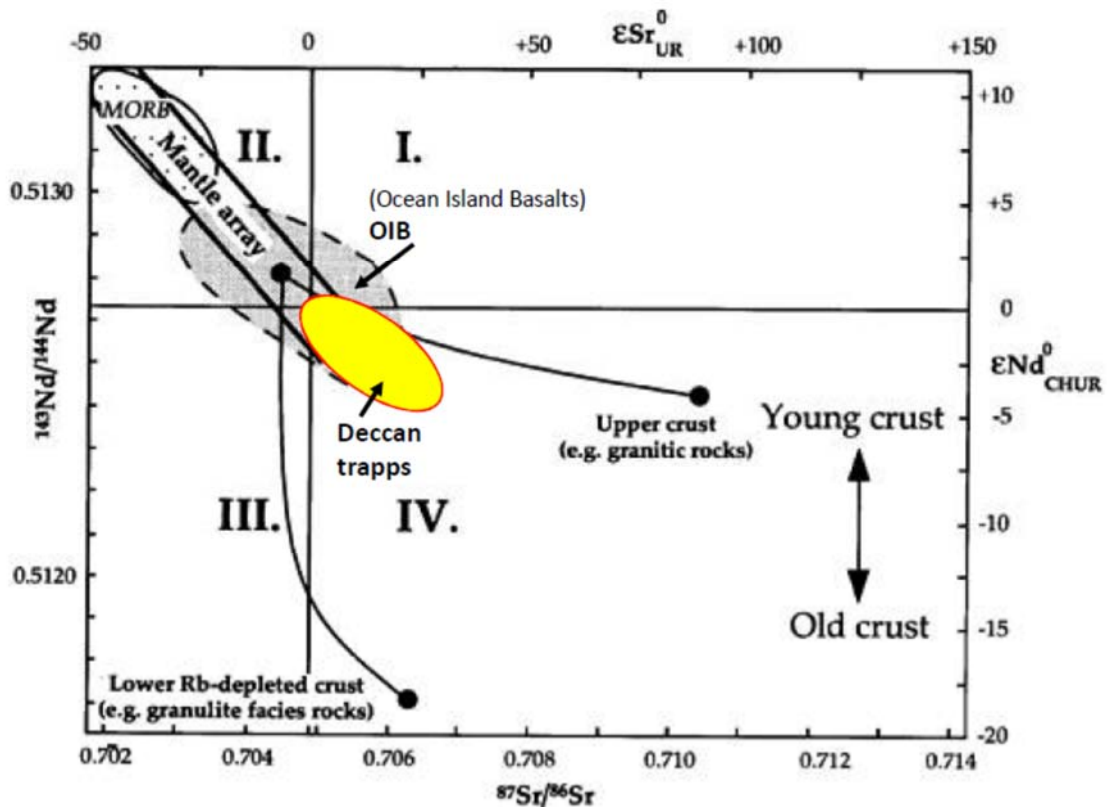


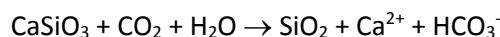
Figure 7 – Diagramme $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Les rapports isotopiques des roches volcaniques des Deccan sont figurés en jaune. Sont également représentés : le champ des basaltes de rides médio-océaniques « MORB », des roches mantelliques « mantle array », des basaltes d'îles océaniques « OIB », des croûtes continentales supérieure « Upper crust » et inférieure « Lower Rb-depleted crust ».

Partie 4 – Volcanisme et climat (durée conseillée 35 min)

4a – Quels sont les gaz émis dans l'atmosphère lors d'une éruption volcanique comme celle des trapps du Deccan ?

4b – Discutez de l'effet à court et moyen terme des particules et des gaz émis lors de ces éruptions sur le climat. Détaillez votre réponse en parlant notamment des conséquences potentielles de ces évolutions climatiques.

4c – A long terme, les roches volcaniques silicatées sont altérées par les intempéries selon la réaction :



Équilibrez cette réaction, et discutez de son effet sur la teneur en CO_2 atmosphérique et l'évolution climatique. Vous comparerez en particulier cette réaction d'altération des silicates, à la réaction d'altération chimique des carbonates (CaCO_3).