

ULC 543

SESSION 2005

Filière BCPST

SCIENCES DE LA TERRE

Epreuve commune aux ENS de Paris, Lyon et Cachan

Durée : 3 heures

L'usage de calculatrices électroniques de poche à alimentation autonome, non imprimantes et sans document d'accompagnement, est autorisé. Cependant, une seule calculatrice à la fois est admise sur la table ou le poste de travail, et aucun échange n'est autorisé entre les candidats.

PRÉAMBULE

La qualité de la rédaction, et la concision des réponses seront prises en compte dans l'évaluation.

Tournez la page S.V.P.

- c. En utilisant la relation énoncée ci-dessus, exprimez la densité moyenne de Mars ρ_M en fonction de la densité du manteau ρ_m , de celle du noyau ρ_n , du rayon moyen de la planète R_M , et de celui du noyau R_n .
- d. En effectuant un bilan de masse, déduisez une relation indépendante exprimant ρ_M en fonction de ρ_m , ρ_n , R_M , et R_n .
- e. Donnez alors les expressions de ρ_m et ρ_n , et calculez leur valeur. Commentez ce résultat.

2) Structure du manteau martien

À partir de l'analyse chimique de météorites martiennes, on estime que le manteau martien est probablement composé de 25% d'olivine, de 64% de pyroxène, et de 11% de grenat (% massiques). On estime également que dans les roches du manteau martien, le rapport molaire $\text{Fe}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ vaut 0,3.

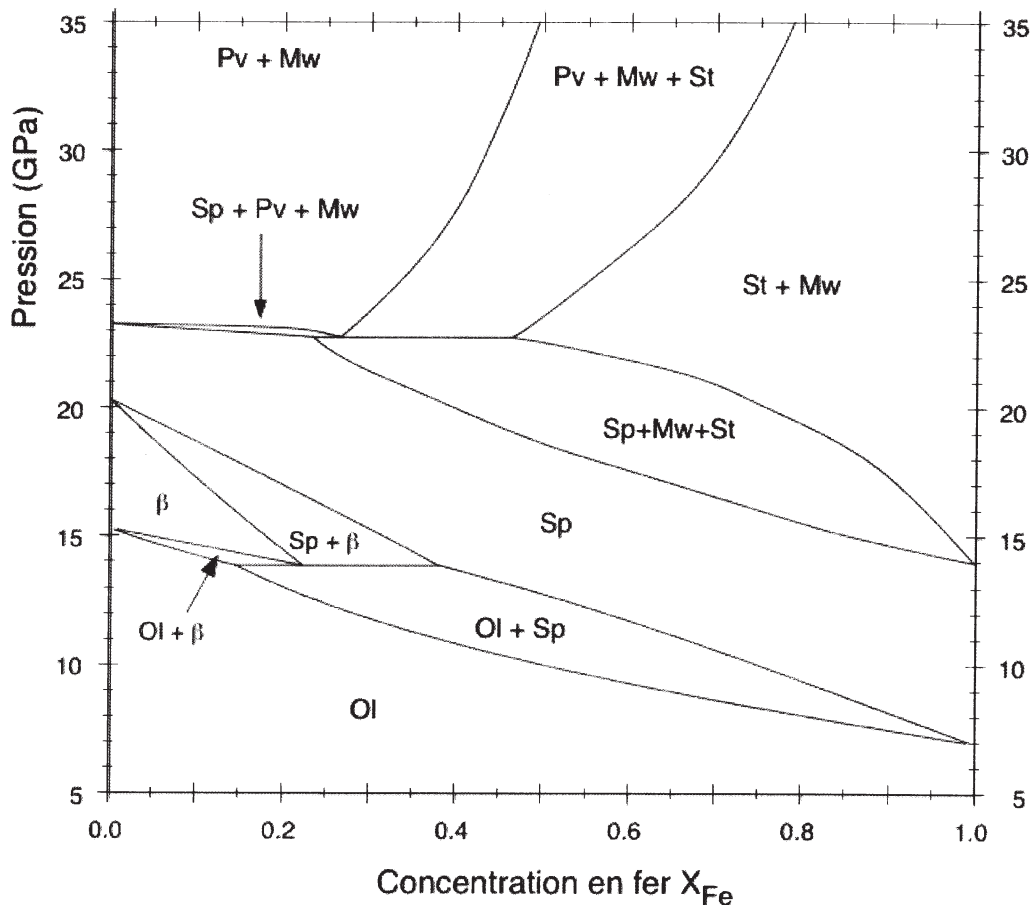


Figure 1 : Diagramme de phase du système $(\text{Mg}_{1-x}, \text{Fe}_x)_2\text{SiO}_4$, en fonction de la pression et de la concentration en fer X_{Fe} . La température est fixée à 1873 K. Les phases stables à différentes conditions sont notées avec leurs abréviations : Ol = olivine phase α , β = phase β , Sp = spinelle ou phase γ , Pv = pérovskite, Mw = magnésio-wüstite et St = stishovite (phase de la silice à très haute pression).

- a. Comparez la composition minéralogique du manteau martien avec celle du manteau terrestre.
- b. Calculez la pression à la base du manteau martien, en faisant l'hypothèse d'une densité constante pour le manteau.
- c. Comment évolue la minéralogie du manteau martien en fonction de la profondeur, à l'aide de la *figure 1* et de vos connaissances sur le manteau terrestre. Y-a-t-il des discontinuités sismiques dans le manteau martien ?

3) Dynamique du manteau martien

La convection est caractérisée par le nombre de Rayleigh Ra :

$$Ra = \frac{\alpha \rho g \Delta T h^3}{\kappa \mu}$$

où α est la dilatation thermique du fluide en convection, ρ sa masse volumique, g l'accélération de la pesanteur, ΔT la différence de température entre la base et le sommet du système convectif, h est l'épaisseur du système convectif, κ sa diffusivité thermique et μ sa viscosité dynamique.

- a. Montrez que le nombre de Rayleigh est sans dimension.
- b. Expliquez pourquoi le nombre de Rayleigh mesure la vigueur de la convection, en précisant quels sont les termes moteurs et freins de la convection dans l'expression de Ra .
- c. Calculez le nombre de Rayleigh du manteau martien, sachant que
 - $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
 - $\Delta T = 220 \text{ K}$
 - $\kappa = 1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
 - $\mu = 10^{21} \text{ Pa s}$
- d. En comparant une à une les grandeurs martiennes et terrestres impliquées dans l'expression du nombre de Rayleigh, comparez la vigueur de la convection sur Mars et sur Terre.
- e. Quelles peuvent être les conséquences sur la dynamique de la surface martienne ?

Partie 3 : Dynamique de la croûte martienne

1) météorites martiennes

Les météorites de la famille des Shergottites sont des basaltes qui proviennent de la croûte martienne. Leur origine martienne est prouvée en particulier par le fait que de petites bulles de gaz piégées dans ces météorites ont une composition chimique identique à celle de l'atmosphère martienne telle qu'échantillonnée par les sondes Viking.