

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)  
°° SCIENCES DE LA TERRE °°  
>> Cours <<

Chapitre 21 : plan complet

# La structure de la planète Terre

Objectifs : extraits du programme  
Introduction générale  
Introduction

## I. De l'étude des séismes au modèle radial de la Terre solide

### A. L'étude des séismes : la sismologie

1. La nature et les manifestations des séismes
  - a. Les séismes, ébranlements de la surface terrestre dus à une rupture rocheuse au sein de la lithosphère
  - b. Les séismes, phénomènes naissant au niveau d'un foyer et ressentis maximale à la surface au niveau de l'épicentre
  - c. La possibilité de répliques sismiques... voire de séismes multiples
  - d. Les séismes sont-ils cycliques et prévisibles ?
    - α. Notions de cycle sismique et de rebond élastique
    - β. La non-périodicité des séismes et leur imprédictibilité
    - γ. Notions d'aléa, vulnérabilité et risque sismiques
    - δ. Une estimation de l'aléa basée sur l'évaluation des déplacements instantanés de terrains et de plaques
      - i. Une évaluation de l'énergie mécanique accumulée localement par extrapolation des mouvements de plaques et de terrains en zone sismique
      - ii. Un déplacement instantané des plaques qui peut être évalué par des mesures de géodésie spatiale par GPS ou interférométrie radar
  - e. La diversité des séismes : une typologie simple en fonction de l'origine du séisme
    - α. Les séismes tectoniques
    - β. Les séismes volcaniques
    - γ. Les séismes glaciaires
    - δ. Les séismes artificiels
2. Des phénomènes caractérisés par la propagation de trains d'ondes sismiques
  - a. Des ondes enregistrables sur des sismogrammes produits par des sismographes au niveau de stations d'enregistrement
  - b. La propagation et l'arrivée séquentielle de trois trains d'ondes aux caractéristiques propres
  - c. Une vitesse des ondes de volume qui augmente lorsqu'elles traversent des couches profondes : l'enseignement des hodochrones
  - d. Une multilatération possible de l'épicentre d'un séisme à partir des enregistrements de plusieurs stations
  - e. Des ondes déviées par des discontinuités physiques et chimiques et enregistrables, avec atténuation, sur l'ensemble de la planète (sauf dans la zone d'ombre)
3. Des séismes d'amplitude variable : notions d'intensité et de magnitude
  - a. L'intensité d'un séisme : les échelles de MERCALLI (1903), MSK (1964)...
  - b. La magnitude d'un séisme : l'échelle (ouverte) de RICHTER (1930), la magnitude de moment (HANKS-KANAMORI, 1979)
4. Répartition et mécanismes au foyer des foyers : un lien avec la géodynamique
  - a. La répartition des séismes et de leurs foyers
    - α. La répartition horizontale des séismes : une concentration aux limites des plaques lithosphériques
    - β. La répartition verticale des foyers séismes : une profondeur des foyers dépendant du contexte géodynamique (+ notion de zone de WADATI-BENIOFF)
  - b. Les mécanismes au foyer, des représentations sphériques des contraintes au niveau du foyer du séisme
5. Bilan sur les séismes

### B. Le modèle radial de la Terre solide (géosphère)

1. Le modèle PREM (1981), résultat de la compilation de très nombreuses données sismiques
2. Trois discontinuités et quatre couches majeures
  - a. Les grandes discontinuités : MOHOROVIČIĆ (Moho) (moy. 30 km), GUTENBERG (2900 km) et LEHMANN (5100 km)
  - b. Les grandes couches ainsi séparées : croûte [solide], manteau [solide], noyau externe [liquide] et noyau interne (= graine) [solide]
3. La LVZ et la distinction lithosphère-asthénosphère
  - a. La LVZ, zone de moindre vitesse des ondes sismiques qui s'explique par un rapprochement du géotherme et du solidus des roches
  - b. Asthénosphère et lithosphère : trois définitions complémentaires
    - α. La définition sismique : croûte-manteau avant LVZ vs. LVZ et reste du manteau supérieur
    - β. La définition thermique : au-dessus vs. au-dessous de l'isotherme 1300 °C
    - γ. La définition rhéologique : niveau rigide vs. niveau ductile
    - δ. Bilan : tentative de définition croisée
    - ε. Deux précisions
      - i. La profondeur de la LVZ ou LAB (et donc de la lithosphère), une réalité très variable, notamment sous les continents
      - ii. L'asthénosphère ne correspond qu'à la LVZ pour certains auteurs (minoritaires)
4. La structuration verticale du manteau
  - α. La LVZ et la distinction manteau lithosphérique-manteau asthénosphérique (voir 3.b)
  - β. Des sauts de vitesse à 410 km et 670 km de profondeur ; notions de manteau supérieur (incl. zone de transition), manteau inférieur (= mésosphère)
  - γ. Une cessation de la hausse de vitesse moyenne (avec forts hétérogénéités latérales) dans les 200 derniers km, définissant la couche D" (cimetière de plaques subduites, couche d'ancrage des panaches, interface avec le noyau)
5. Pour finir par une anecdote : la discontinuité de CONRAD séparant croûte continentale « supérieure » et « inférieure », un concept discutable
6. Bilan sur la structure du globe

### C. Une application des propriétés sismiques à la compréhension fine de l'organisation des niveaux géologiques

1. Une mise en évidence d'hétérogénéités dans le manteau par l'étude des anomalies de vitesses des ondes sismiques : la tomographie sismique
2. Une mise en évidence de l'organisation des couches géologiques par des ondes sismiques artificielles : la sismique
  - a. Une méthode de prospection géophysique basée sur l'émission et la réception d'ondes sismiques artificielles pour reconstituer l'organisation de terrains géologiques
  - b. La sismique réflexion : l'usage de la réflexion d'ondes sismiques pour reconstituer la disposition globale des terrains jusqu'à 50 km
  - c. La sismique réfraction : l'usage de la réfraction d'ondes sismiques pour reconstituer la disposition fine de couches sédimentaires sur quelques mètres à centaines de mètres
3. Pour information : les diagraphies, enregistrements de paramètres physiques par des sondes au sein d'un forage

#### D. L'origine de la structure terrestre

1. Les météorites, des indices pour comprendre la formation de la Terre
  - a. Les météorites, fragments d'objets célestes pénétrant dans l'atmosphère et frappant la surface de la planète
  - b. Les principales catégories de météorites : météorites pierreuses ou aéroolithes (chondrites + achondrites) vs. météorites ferreuses ou sidérites
  - c. Origine des météorites
2. Origine de la structure interne du globe : accrétion et différenciation de la Terre
  - a. Origine des planétésimaux
  - b. Accrétion des planétésimaux
  - c. Différenciation des enveloppes terrestres

### II. La composition des couches de la Terre solide (géosphère)

#### A. L'étude des matériaux des terrestres

1. Les notions d'élément chimique, minéral et roche
2. Les principaux éléments et minéraux du globe
3. Méthodes d'étude des constituants terrestres
  - a. Méthodes directes : échantillonnage, observation en submersible, enclaves, forages...
  - b. Méthodes indirectes : données sismiques, données expérimentales, données chimiques (et pétrologiques) des météorites

#### B. Composition pétrologique et minéralogique des enveloppes terrestres

1. Croûte
  - a. Croûte continentale
    - α. Origine des données : échantillonnage, exhumation dans les montagnes, enclaves
    - β. Grande diversité des roches rencontrées
    - γ. Composition globale de l'enveloppe : granitoïdes et roches métamorphiques
    - δ. Des âges très variables (jusqu'à 4 Ga dans les vieux boucliers)
  - b. Croûte océanique
    - α. Origine des données : ophiolites, (forages), observation par submersible, observations à l'air libre (Islande)
    - β. Composition type de l'enveloppe : basaltes en coussins, complexe filonien, gabbros
    - γ. Des âges plutôt récents (jusqu'à 180 Ma)
  - c. Et les roches sédimentaires ?
  - d. Bilan sur les croûtes
2. Manteau
  - a. Origine des données : ophiolites, enclaves et cellule à enclaves de diamant
  - b. Composition globale de l'enveloppe : de la péridotite sous différentes configurations cristallines
3. Noyau
  - a. Origine des données : des raisonnements indirects notamment à partir de la composition des météorites et des données sismiques
  - b. Composition globale de l'enveloppe : un corps ferreux allié à du nickel

#### C. Composition chimique des enveloppes terrestres

#### D. Importance massique des enveloppes terrestres

#### E. Bilan

### III. Une hausse de température avec la profondeur avec des sauts marquant une stratification thermique du globe : le géotherme

#### A. Notions de géotherme et gradient géothermique

#### B. Une construction basée sur des points d'ancrage

1. Une mesure de température dans les forages continentaux profonds permettant d'inférer un gradient lithosphérique de  $30 \text{ K} \cdot \text{km}^{-1}$
2. Une limite lithosphère-asthénosphère (LAB) à  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $1600 \text{ K}$ ) environ à 100 km
3. Des points d'ancrage découlant de la minéralogie expérimentale sur l'olivine :  $1750 \text{ K}$  à 410 km et  $1900 \text{ K}$  à 670 km
4. Une température de fusion du fer ( $5000 \text{ K}$ ) proposée pour le noyau à la profondeur de la discontinuité de LEHMANN

#### C. Une extrapolation entre les points d'ancrage fonction du modèle convectif du manteau retenu

### IV. Des enveloppes fluides superficielles également stratifiées verticalement

#### A. L'atmosphère : une stratification thermique que l'on peut mesurer avec un ballon sonde puis des capteurs embarqués

#### B. L'hydrosphère : stratification de base de l'océan selon des critères de température, salinité et densité

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Références

Plan du chapitre



T. JEAN (2023)