**Les méthodes sismiques**

La sismologie est la branche la plus développée de la géophysique. De fait, la sismologie est née de l’étude des tremblements de terre (seismos : tremblement, choc en grec) pour déterminer les causes et les effets de ce phénomène naturel catastrophique.

Depuis, le domaine s’est développé surtout sous l’impulsion de l’exploration économique du pétrole, et maintenant ce champ d’étude couvre un spectre très large de mouvements du sol depuis les tremblements de terre jusqu’aux très faibles pulsations sismiques.

Les méthodes sismiques peuvent être divisées en deux groupes en fonction de la source d’énergie utilisée:

1. sismologie lorsque l’énergie provient de secousses naturelles (tremblement de terre, volcan);

2. sismique (ou « sismologie induite ») lorsque l’énergie est obtenue d’une explosion ou d’une source provoquée (explosifs, vibrateurs). Parfois cette division est arbitraire (ex. : explosions nucléaires). Les champs d’application sont :

– sismologie : étude des tremblements de terre ;

– sismo-tectonique;

– sismique : surtout pour l’exploration, mais aussi pour le génie civil.

**Théorie**

Les méthodes sismiques sont des techniques d’imagerie basées sur l’étude de la propagation des ondes sismiques. Les ondes sismiques sont de nature mécanique. On peut dire d’une onde que

– c’est une perturbation du milieu, qui se propage dans l’espace ;

– la propagation est fonction des propriétés physiques du milieu.

On peut d´écrire le phénomène de la propagation des ondes sismiques à partir de

– la loi de Hooke : reliant contrainte et déformation ;

– la deuxième loi de Newton : reliant force et accélération.

**Caractéristiques élastiques des solides**

Les méthodes sismiques reposent sur le principe de la propagation des ondes (déformation du milieu) dans un milieu élastique. Les ondes sismiques se propagent dans les matériaux comme des patrons de déformation de particules à travers les matériaux avec des vitesses qui dépendent de leurs propriétés élastiques et de leurs densités. Pour démontrer la nature de cette dépendance, nous décrivons les déformations en termes des forces qui les causent, définissant deux concepts importants, la contrainte et la déformation (stress et strain en anglais). Les relations entre contrainte et déformation pour un matériau particulier permettent de décrire les propriétés élastiques de ce matériau, ainsi que les caractéristiques (tel que la vitesse) des ondes qui s’y propagent.

On considèrera le cas d’une onde se propageant dans un milieu élastique, homogène et isotrope. Un milieu est homogène lorsque ses propriétés sont les mêmes partout dans l’espace, et isotrope lorsque des propriétés sont uniformes selon la direction. La propagation dépend donc des propriétés ou constantes élastiques du milieu (et de leur distribution). Par ailleurs, sous l’action d’une contrainte, un matériau est déforme. La déformation est élastique si le corps reprend sa forme initiale lorsque la contrainte est retirée.

– **contrainte** : force par unité de surface () N/m2 ;

– **déformation** : déformation unitaire ou

A l’intérieur des limites d’élasticité, la contrainte est proportionnelle à la déformation (loi de Hooke).

**Quelques définitions**

**1. Module d’Young ou module d’élasticité (E)**

E = = (1.1)

Avec = P.

**2. Module d’élasticité volumique (κ)**

Les contraintes hydrostatiques P dans les trois axes orthogonaux entraine une changement de volume ∆V .

κ = = = (1.2)

1/κ est appelé compressibilité.

**3. Module (d’élasticité) de cisaillement ou rigidité (µ)**

Mesure du rapport contrainte/déformation dans le cas d’un cisaillement simple tangentiel. Déformation sans changement de volume.

; (1.3)

φ est l’angle de déformation.

**4. Coefficient de Poisson (σ)**

σ est la mesure du changement géométrique dans la forme du corps élastique (dans les directions orthogonales à la direction de la contrainte)

σ= = (1.4)

σ est toujours inférieur à 0.5. Pour la plupart des roches, σ≈ 0.25.

Le coefficient de Poisson est relié au module d’Young par la 2e constante de Lamé , qui vaut par définition,

. (1.5)

Les constantes élastiques sont indépendantes deux par deux.

Les ondes, leurs propriétés et leur propagation.

**Propagation des ondes de compression et cisaillement.**

Lorsqu'une contrainte est appliquée subitement à un corps élastique (choc) ou lorsque la contrainte est relâchée, les particules subissent une accélération, et la modification de la déformation correspondante est propagée sous forme d'une onde élastique.

L'idée de cette section est de relier la loi de Hooke (reliant contrainte et déformation) à la deuxième loi de Newton (reliant force et accélération) pour décrire le comportement des ondes sismiques.

**Les types d'ondes sismiques**

Il existe deux grands types d'ondes : les ondes de milieu (ondes P et S) et les ondes de surface (ondes de Rayleigh et de Love).

**Ondes de compression (P)**

-Dans ce cas, le mouvement des particules consiste en une alternance de condensation et de raréfaction pendant lesquels les particules adjacentes se retrouvent plus près et plus loin les unes des autres.

-Un impact soudain sur un point à l'intérieur d'un milieu élastique homogène infini produit une région de compression qui se déplace loin du point d'application sous une forme sphérique.

Derrière cette zone de compression, on retrouve une autre coquille sphérique représentant une zone de raréfaction et à une distance à peu près égale à celle séparant les deux premières zones, une autre zone de compression.

- Dix (1952) a montré qu'une compression initiale des particules est suivie d'au moins une raréfaction et d'une autre compression avant que l'état statique premier des particules ne soit retrouvé.

{La vitesse de déplacement des fronts de compression/raréfaction est donnée par :

=

**Ondes de cisaillement (S)**

{Le déplacement des particules est toujours perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde ;

{Leur vitesse est

=

-On note que > . Pour la plupart des roches consolidées, le ratio = 1.5 à 2.0. Par exemple, si le coefficient de Poisson = 0:25, = = 1:73 et = = 0:58. De plus, comme ne varie pas plus que par un facteur de 2 dans les roches usuelles et que ne varie pas beaucoup, on voit que et dépendent essentiellement de E.

-Puisque les déformations par cisaillement ne sont pas possible dans les liquides, les ondes de cisaillement ne se propagent pas dans les liquides.

-On pense que le noyau extérieur de la Terre est liquide parce qu'il ne transmet pas les ondes de cisaillement produites par les tremblements de terre.

**Ondes de Rayleigh**

- Elles voyagent le long de la surface libre d'un matériau solide.

- Le mouvement des particules suit une trajectoire elliptique rétrograde et se fait dans un plan vertical.

- L'amplitude du mouvement décroit exponentiellement avec la profondeur.

- Leur vitesse est d'environ 9/10 de Vs dans le même matériau.

- Leur vitesse varie aussi en fonction de la longueur d'onde (dispersion).

- Elles constituent la composante principale du **ground roll**.

**Ondes de Love**

- Elles sont observées seulement lorsqu'il y a une couche de basse vitesse recouvrant un substratum de vitesse plus élevée.

- Elles se propagent par multiples réflexions entre le sommet et le plancher de la couche de basse

vitesse.

- Ce sont des ondes de surface dont le mouvement est horizontal et perpendiculaire à la direction de propagation.

- Elles montrent de la dispersion.

- Puisque leur mouvement est horizontal, elles ne sont pas enregistrées lors de levés sismiques puisque la plupart des géophones ne répondent qu'aux mouvements verticaux.

**Principe de Huygens**

Le principe de Huygens stipule que chaque point sur le front d'onde est la source d'une nouvelle onde qui voyage loin de cette source selon une trajectoire sphérique.

Si les ondes sphériques ont un rayon assez grand, on peut les traiter comme des plans. Les lignes perpendiculaires aux fronts d'ondes qu'on appelle rais sont utilisées pour décrire la propagation des ondes.

**Bibliographie :**

Méthodes sismiques : Michel Chouteau et Bernard Giroux. EPL 2008.

Géophysique Appliquée : Gabriel Fabien- Ouellet. 2019.