EOST - UDS
$2^{ère}$ année et M1 EOST
Contrôle d'imagerie sismique du 7 mai 2019 14h - 16h
Sans document

Pour des images du sous-sol (x,z) obtenues par sismique réflexion avec des couples source-géophone confondus placés à la surface z = 0, on considère des rayons sismiques se propageant dans le plan (x,z) et des temps de trajet simples entre le sous-sol et la surface.

I) La vitesse de propagation V est constante. Pour les représentations graphiques, on prendra V = 1 si bien que pour une propagation verticale les échelles en z et t sont identiques.

Pour un point diffractant en (x_d, z_d), le temps de trajet entre le point diffractant et la surface est $t_d(x) = (1/V)(z_d^2+(x-x_d)^2)^{½}$

Représenter géométriquement les sections sismiques avant (x,t) et après (x,z) migration (à la verticale l'une de l'autre) et dessiner les rayons sismiques permettant de construire les sections non-migrées dans les cas où le sous-sol (x,z) contient :

1) Un point diffractant en (x_d, z_d)
2) Un segment de réflecteur horizontal entre (x_a, z_a) et (x_b, z_b) où $z_a = z_b$, les extrémités du réflecteur étant des points diffractants
3) Un segment de réflecteur de pendage α entre (x_a, z_a) et (x_b, z_b) où $z_b = z_a + (x_b - x_a)\,\mathrm{tg}\alpha$, les extrémités du réflecteur étant des points diffractants
4) Un segment de réflecteur de pendage α entre (x_a, z_a) et (x_b, z_b) où $z_b = z_a + (x_b - x_a)\,\mathrm{tg}\alpha$ et un segment de réflecteur horizontal entre (x_b, z_b) et (x_c, z_c) où $z_b = z_b$, le point (x_b, z_b) étant un points diffractant

5) Expliquer dans chacun de ces cas comment la migration par sommation le long des trajectoires de diffraction permet d'obtenir la section migrée. Préciser de quelles parties des opérateurs de migration proviennent les réflecteurs dans les différents cas.

Représenter les modules des transformées de Fourier 2D des sections sismiques avant (k_x , ω) et après (k_x , k_z) migration pour une valeur de la pulsation ω_0 dans les cas où le sous-sol (x,z) contient :

6) Un point diffractant en (x_d, z_d)
7) Un réflecteur horizontal
8) Un réflecteur de pendage α

Préciser dans chaque cas les valeurs de k_x (et pour les sections migrées de k_x et k_z) pour lesquelles le module de la TF2D est non nul.

9) Dans la migration de Stolt, comment s'effectue le passage du plan (k_x , ω) au plan (k_x , k_z) ?

10) Dans le cas du réflecteur de pendage α, quelle est la pulsation ω_m maximale utilisable sans aliasing spatial si l'échantillonnage spatial est Δx ?

11) Dans le cas du réflecteur de pendage α, si on utilise une pulsation $\omega_0 > \omega_m$ telle que $k_{x0} = k_{xNyquist} + \varepsilon$, quelle est la valeur de k_{xal} résultant de l'aliasing ? A quelle valeur fausse α_{al} du pendage correspond cette valeur ?

II) La vitesse de propagation augmente linéairement avec la profondeur : $V(z) = V_0 + az$.
Les rayons sismiques sont des arcs de cercle.

Pour un point diffractant en (x_d, z_d), le temps de trajet entre le point diffractant et la surface et la distance horizontale $x-x_d$ sont calculés pour chaque paramètre de rayon p_a avec les formules $t_d(p_a) = \int dz/((1-p_a^2V(z)^2)^{½}V(z))$ et $(x-x_d)(p_a) = p_a \int dzV(z)/(1- p_a^2V(z)^2)^{½}$, les bornes de l'intégrale étant $z = 0$ et $z = z_d$.

12) Si on restreint la migration à des faibles valeurs du paramètre p_a, montrer que l'on peut utiliser la formule du I) pour calculer $t_d(x)$ en utilisant la valeur de V_{RMS} dans l'intervalle [0, zd]. Rappel : on écrit $t_d(p_a) \approx \int dz(1+p_a^2V(z)^2/2) /V(z)$ et $(x-x_d)(p_a) \approx p_a \int dzV(z)$

13) Si on utilise les formules exactes, montrer qu'un réflecteur plan de pendage α peut être imagé en utilisant la réflexion sous le réflecteur en complément de la réflexion sur le réflecteur. Dessiner dans le plan (x,z) le réflecteur et les rayons correspondant.

14) Dans quelle situation géologique cette possibilité est-elle utile ?

15) Pour un réflecteur plan de pendage α, quel effet l'augmentation de vitesse avec z produit-il sur la forme de la réflexion ? Pourquoi ?

16) Dans la migration dite « phase-shift » dans le domaine de Fourier, comment prend-on en compte la variation de vitesse avec la profondeur ?

III) La vitesse de propagation varie avec la profondeur et latéralement V(x,z)

Pour un point diffractant en (x_d, z_d), le temps de trajet entre le point diffractant et la surface et la distance horizontale $x-x_d$ sont calculés par la résolution numérique de l'équation eikonale $(\partial T/\partial x)^2+(\partial T/\partial z)^2 = 1/V(x,z)^2$ par différences finies. Avec $a = \Delta x = \Delta z$, on obtient
$T(x+\Delta x,z+\Delta z) = T(x,z)+(2a^2/V(x,z)^2-(T(x+\Delta x,z)-T(x,z+\Delta z))^2)^{½}$

17) Expliquer le principe du calcul de T(x,z) sur les bordures de carrés de taille croissante.

18) Pour un point diffractant en (x_d, z_d), quel est le rayon correspondant au temps minimum entre le point et la surface ?

19) Quelle correction le calcul du temps de trajet de long du rayon précédent permet-il de faire dans une migration utilisant un opérateur qui ne prend pas en compte la variation latérale de vitesse ?

20) Quelle correction peut-on apporter à la migration dite « phase-shift » pour prendre en compte approximativement la variation latérale de vitesse ?

21) Le développement limité de la relation de dispersion au premier ordre (dit à 15°) donne $k_z \approx -\omega/V(1-V^2k_x^2/2\omega^2)$. Ecrire les équations d'onde correspondantes dans les plans (x, z, ω) puis (x, z, t).