EOST - UDS
$2^{ère}$ année EOST –M1 Sciences Terre
Contrôle d'imagerie sismique du 4 mai 2016 10h - 12h
Sans document

I) On considère un milieu de vitesse constante V et des temps simples de propagation tels que pour un trajet vertical $z = Vt$.
1) Déterminer et représenter la coupe sismique migrée que l'on doit obtenir géométriquement pour les coupes sismiques à déport nul (source-récepteur confondus) p(x,t) suivantes :
a) p(x,t) comporte une impulsion en $x = x_0$, $t = t_0$
b) p(x,t) comporte une hyperbole dont le sommet est situé en (x_0, t_0) et dont les asymptotes ont la pente 1/V
c) p(x,t) comporte une réflexion d'équation $t = t_a+p_a(x-x_a)$ où $t_a = t_0 / \cos\alpha$, $x_a = Vt_a \sin\alpha$,
$p_a = \sin\alpha/V$.

2) La longueur de la coupe sismique est X, le temps maximum d'enregistrement est T, le pas d'échantillonnage en x est Δx.
a) Rappeler les étapes de la migration de Stolt
b) Déterminer et représenter le résultat obtenu par la migration de Stolt pour le cas où p(x,t) comporte une impulsion limitée en fréquences dans l'intervalle $[0\ f_m]$ et placée en $x = x_0$, $t = t_0$ dans les cas suivants :
$x_0 = X/2$, $t_0 = T/4$, $X > 2Vt_0$, $f_m < V/(2\ \Delta x)$
$x_0 = X/2$, $t_0 = T/4$, $X = Vt_0$, $f_m < V/(2\ \Delta x)$

c) Représenter dans le plan (k_x, ω) où se situent les valeurs de $P(k_x, \omega)$ pour une réflexion de pente 1/V dans le plan (x,t) dans les cas suivants :
$f_m < V/(2\ \Delta x)$ et $f_m < 1/(2\ \Delta t)$
$f_m > V/(2\ \Delta x)$ et $f_m < 1/(2\ \Delta t)$

d) Dans quel cas une réflexion monochromatique de fréquence f_0 et de pente p_0 non nulle dans le plan (x,t) apparait-elle comme un réflecteur monochromatique de pendage nul après migration de Stolt?

II) On considère un milieu de vitesse croissant linéairement avec la profondeur $V(z) = V_0+az$ dans lequel les rayons sismiques sont des arcs de cercle de rayon $R = 1/(ap)$ centrés en $z = -V_0/a$
1) Représenter dans le plan (x,z) les rayons diffractés issus d'un point diffractant placé en (x_0,z_0) et dans le plan (x,t) la trajectoire de diffraction correspondante.

2) Déterminer à quelle distance de x_0 la pente de la trajectoire de diffraction issue de (x_0,z_0) est maximum.

3) Représenter dans le plan (x,z) les rayons réfléchis issus d'un réflecteur de pendage α entre la surface et (x_0,z_0) . Représenter dans le plan (x,t) les réflexions correspondantes.

4) Déterminer le temps de trajet vertical $t_0(z_0)$ entre la surface et $z = z_0$, $V_{RMS}(z_0)$ et donner l'équation de la trajectoire de diffraction calculée avec $V_{RMS}(z_0)$

5) Exprimer $P(k_x, \omega , z_0)$ en fonction de $P(k_x, \omega , z = 0)$

III) On considère un milieu comportant une couche de vitesse constante V_1 sur un demi-espace de vitesse constante $V_2 > V_1$. L'interface est plane avec un pendage $\alpha < 30°$. Le contraste de vitesse est faible.
1) Pour un point diffractant situé dans le milieu de vitesse V_2 à la profondeur z_0,
a) représenter dans le plan (x, z) les rayons diffractés suivants :
angles d'incidences par rapport à la verticale en z_0 égaux à 0°, α , 45°
angle d'émergence en surface par rapport à la verticale égal à 0°

b) représenter dans le plan (x,t) la trajectoire de diffraction en précisant à quel rayon diffracté correspond le temps minimum

c) quelle correction doit-on faire pour positionner le point diffractant dans le plan (x, z) si on utilise un opérateur de migration dans le plan (x, t) qui ne prend pas en compte la variation latérale de vitesse due à l'interface pentée ?

d) si on utilise une migration dite « phase-shift » comment cette correction peut-elle être appliquée dans le domaine (x, ω , z) aux profondeurs z où l'interface est présente ?

2) Pour un réflecteur horizontal situé dans le milieu de vitesse V_2, représenter les rayons réfléchis dans le plan (x,z) et la réflexion dans le plan (x,t)

IV) On considère un milieu comportant une couche de vitesse constante sur un demi-espace de vitesse constante $V_2 = 2V_1$. L'interface comporte deux plans horizontaux aux profondeurs z_1 et z_2 reliés par une faille normale de pendage $\alpha = 45°$.

1) Représenter dans le plan (x, z) les rayons réfléchis issus de l'interface et diffractés issus des points d'intersection de la faille avec les réflecteurs

2) Représenter dans le plan (x, t) les réflexions et diffractions associées

3) Représenter dans le plan (x, z) les rayons réfléchis issus d'un réflecteur horizontal situé sous l'interface dans le milieu de vitesse V_2 en respectant la loi de Snell.

4) Représenter dans le plan (x, t) la réflexion issue de ce réflecteur horizontal

V) L'approximation par différences finies de l'équation iconale des temps de trajet T(x,z) s'écrit :
$T(x+\Delta x,z+\Delta z) = T(x,z)+(2a^2/V(x,z)^2-(T(x+\Delta x,z)-T(x,z+\Delta z))^2)^{½}$ où $\Delta x = \Delta z = a$

Expliquer comment cette formule est utilisée dans une méthode de migration dans le plan (x,t) pour un milieu où la vitesse est V(x,z)

VI) Le terme de diffraction $\partial P/\partial z = (V(x,z)/2i\omega)\partial^2 P/\partial x^2$ de l'équation d'onde paraxiale à 15° dans le plan (x, z, ω) s'écrit par approximation par différences finies implicite :
$P(x,z+\Delta z) = P(x,z)+(V(x,z)/2i\omega)(\Delta z/2\Delta x^2)(P(x-\Delta x,z)-2P(x,z)+P(x+\Delta x,z)+P(x-\Delta x,z+\Delta z)-2P(x,z+\Delta z)+P(x+\Delta x,z+\Delta z))$

Expliquer comment cette formule est utilisée dans une méthode de migration dans le plan (x, z, ω) pour un milieu où la vitesse est V(x,z). Attention à tenir compte de tous les termes de l'équation d'onde paraxiale à 15° et à penser aux conditions aux limites.