SEISMIC RESOLUTION

LECTURE5

Dr. Riad Taifour

SEISMIC RESOLUTION
التمييز في السيزميك

في البداية وقبل الحديث عن التمييز في السيزميك ، نريد أن نعرض المثال الآتي لتوضيح مفهوم التمييز وبيان الفارق بين تمييز الشيء واكتشافه.

بفرض أننا نسير في الليل على الطريق ورأينا من بعيد ضوء ساطع.

في البداية لم نستطع تحديد مصدر الضوء بدقة، بعد ذلك وبعد أن أصبحت المسافة أقرب تمكنا من ذلك، إذاً ما ذا حصل هنا.

SEISMIC RESOLUTION
التمييز في السيزميك

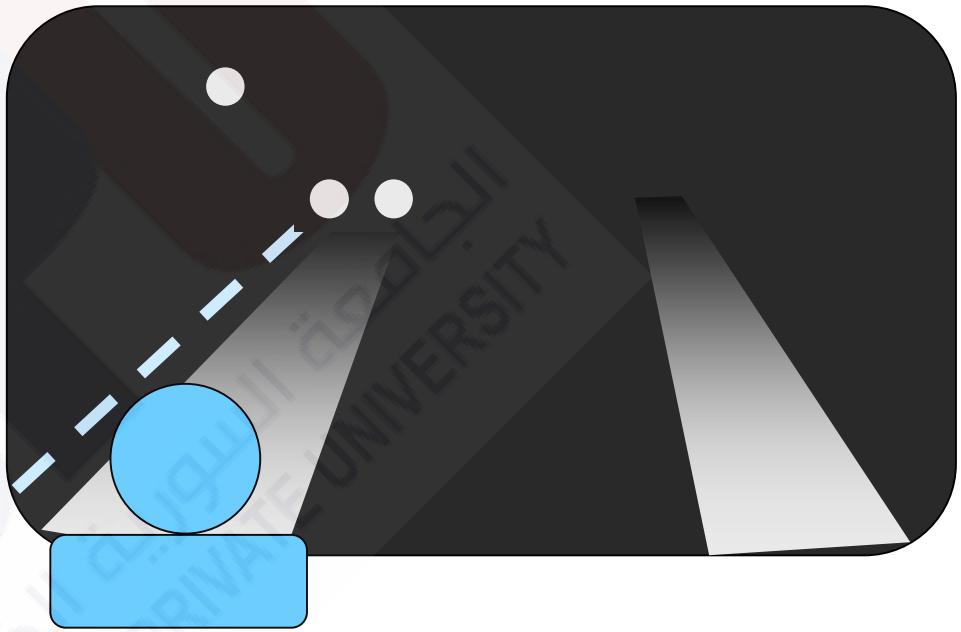
الاكتشاف والتمييز:

أنت تقود سيارة في الليل.

رأيت ضوءاً ساطعاً من بعيد
أنت تسأل، هل هي سيارة أم هي دراجة نارية.

نعم أصبحت واضحة، إنها سيارة

إذاً الضوء أصبح قريب منا وأمكن تمييز مصدرة، السيارة، إذاً ما هو الفرق بين اكتشاف الشيء وتمييزه .



الاكتشاف Detection: هو إمكانية تحديد وجود شيء ما.

التمييز Resolution: هو إمكانية الأشياء عن بعضها.

SEISMIC RESOLUTION

السؤال الذي يُطرح الآن إذاً، ما هي أبعاد الأجسام (الاشياء) التي يمكن تمييزها باستخدام الموجات السيزمية .

من أجل الإجابة على هذا السؤال يجب أن نفرق هنا بين نمطين مختلفين للتمييز في السيزميك:

- التمييز العمودي Vertical resolution
- التمييز الأفقي Horizontal resolution

ويجب أن لا ننسى هنا عند الحديث عن التمييز باستخدام الموجات السيزمية، بأن باطن الأرض يلعب دور مصفي يمرر الترددات المنخفضة Low-Pass_ Filter ، هذا يعني أن التمييز سوف ينخفض مع ازدياد العمق.

SEISMIC RESOLUTION

التمييز العمودي Vertical resolution:

يمكن أن يتبادر إلى الذهن سؤال، ما هي سماكة الطبقة أو رمية الفالق التي يمكن تميزها و تحديدها على المقاطع السيزمية ، و ما هي المتغيرات التي تؤثر على ذلك.

لنأخذ المثال التالي في الشكل ( ) و هو عبارة عن موديل جيولوجي يتألف من طبقة من الصخور الكلسية و تغلفها طبقات من الحجر الغضاري ذات السرعة الأقل. تم إرسال موجة سيزمية ذات طور اصغري Minimum Phase حيث انعكست عند قمة الحجر الكلسي، محافظة على قطبيتها.

ثم انعكست عند قاعدة الحجر الكلسي مع انقلاب لقطبية الموجة الناتجة عن انتقال الموجة إلى وسط منخفض الممانعة الصوتية. الموجتان المنعكستان من قمة وقاعدة طبقة الحجر الكلسي لهما قطبيتان مختلفتان.

SEISMIC RESOLUTION

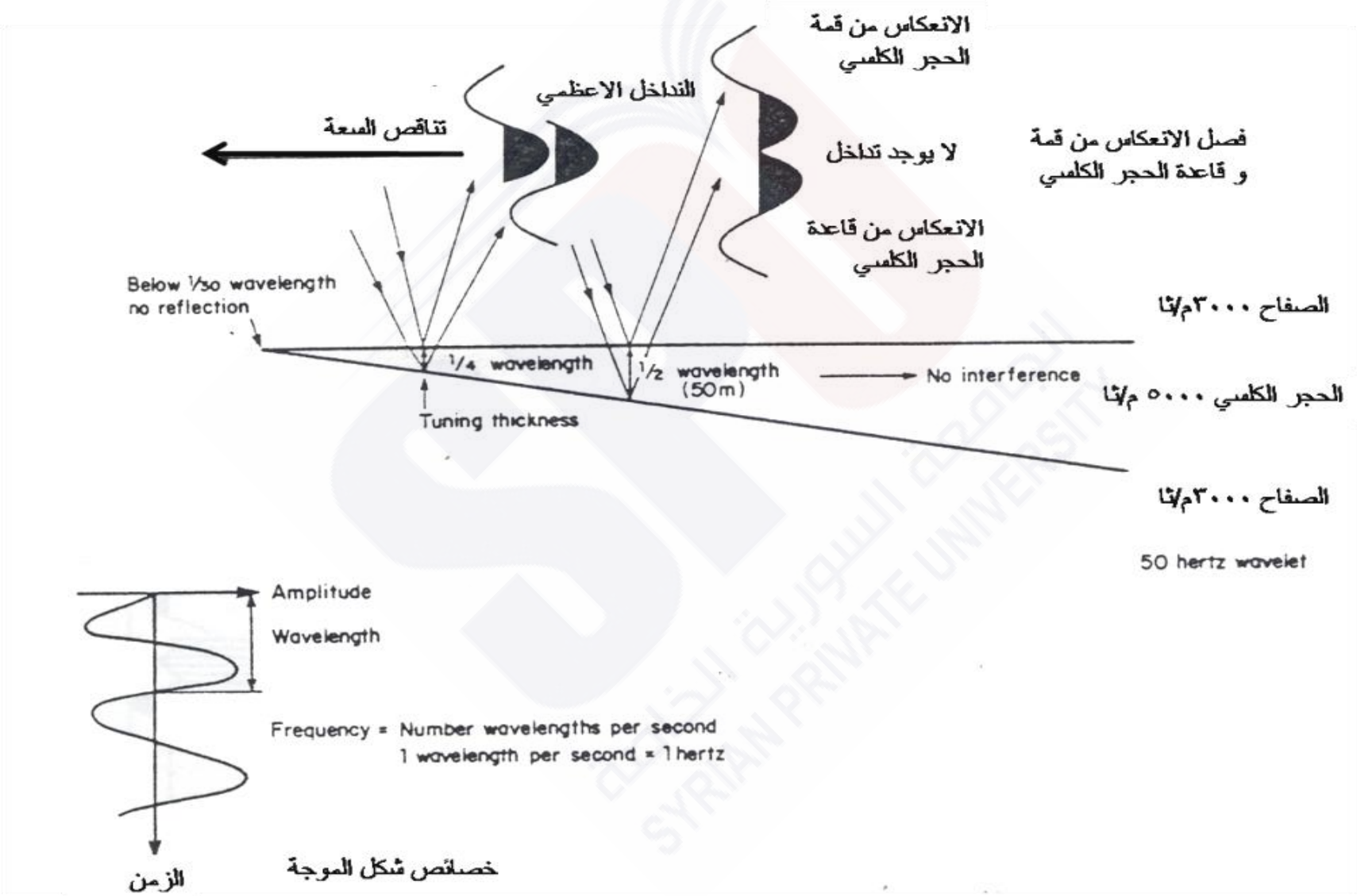
التمميز العمودي

ستظهر هاتان الموجتان منفصلتان على المقطع الزمني طالما أن سماكة الحجر الكلسي مساوية أو أكبر من نصف طول الموجة السيزمية. أو بعبارة أخرى، هناك إمكانية لفصل أو تميز قمة و قاعدة طبقة الحجر الكلسي طالما أن السماكة أكبر من نصف طول الموجة.

أما إذا كانت سماكة طبقة الحجر الكلسي أقل من ذلك، عندها الموجتان المنعكستان المختلفتان في القطبية سوف تبدأن بالتراكب و التداخل فيما بينهما الشكل ( ).

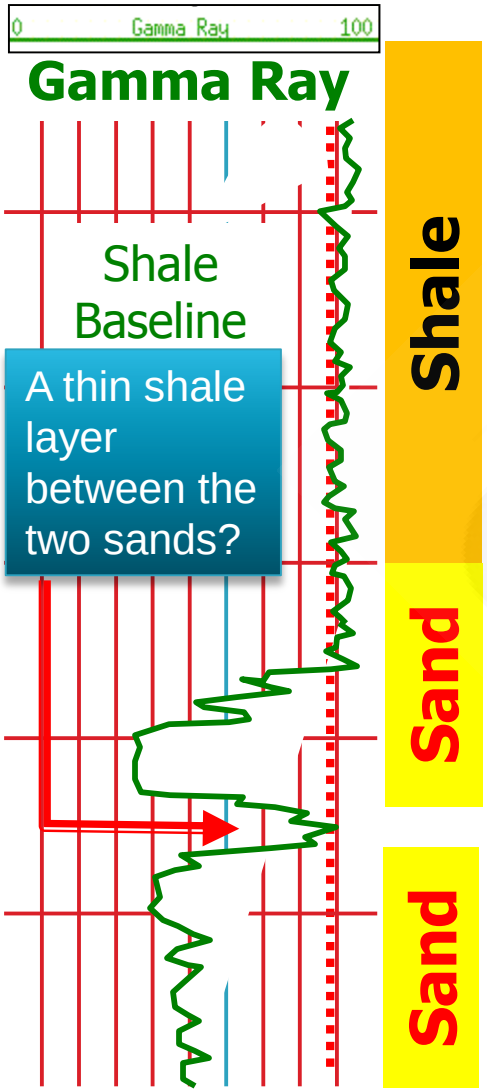
SEISMIC RESOLUTION

التمييز العمودي



الشكل ( ): تأثير تداخل الموجة السيزمية من قمة و قاعدة طبقة الحجر الكلسي المترققة تدريجياً. حيث يشاهد التداخل أعظمياً عند السماكة المساوية لربع طول الموجة (سماكة التناغم).

SEISMIC RESOLUTION



و في حال أصبحت السماكة مساوية إلى ربع طول الموجة، عندئذ فان الموجتان سوف تتداخلان مع بعضهما البعض بشكل بناء و سوف يشكلان موجة واحدة ذات سعة كبيرة و واضحة جداً، عندها تدعى هذه السماكة بـ Tuning (سماكة التناغم).

إذاً مرة أخرى ما هي المسافة العمودية الصغرى بين جسمين يمكن تمييزها سيزمياً، الشكل ( ) يبين قياساً بئرياً (Gamma Ray) يظهر عليه طبقة رقيقة من Shale تفصل بين طبقتين من الرمل، والسؤال ، هل يمكن تمييز ذلك سيزمياً.

SEISMIC RESOLUTION

إن تحديد المسافة المذكورة أعلاه (قدرة التمييز العمودي) يرتبط في السيزميك بعوامل عدة:

1- تردد الإشارة السيزمية.

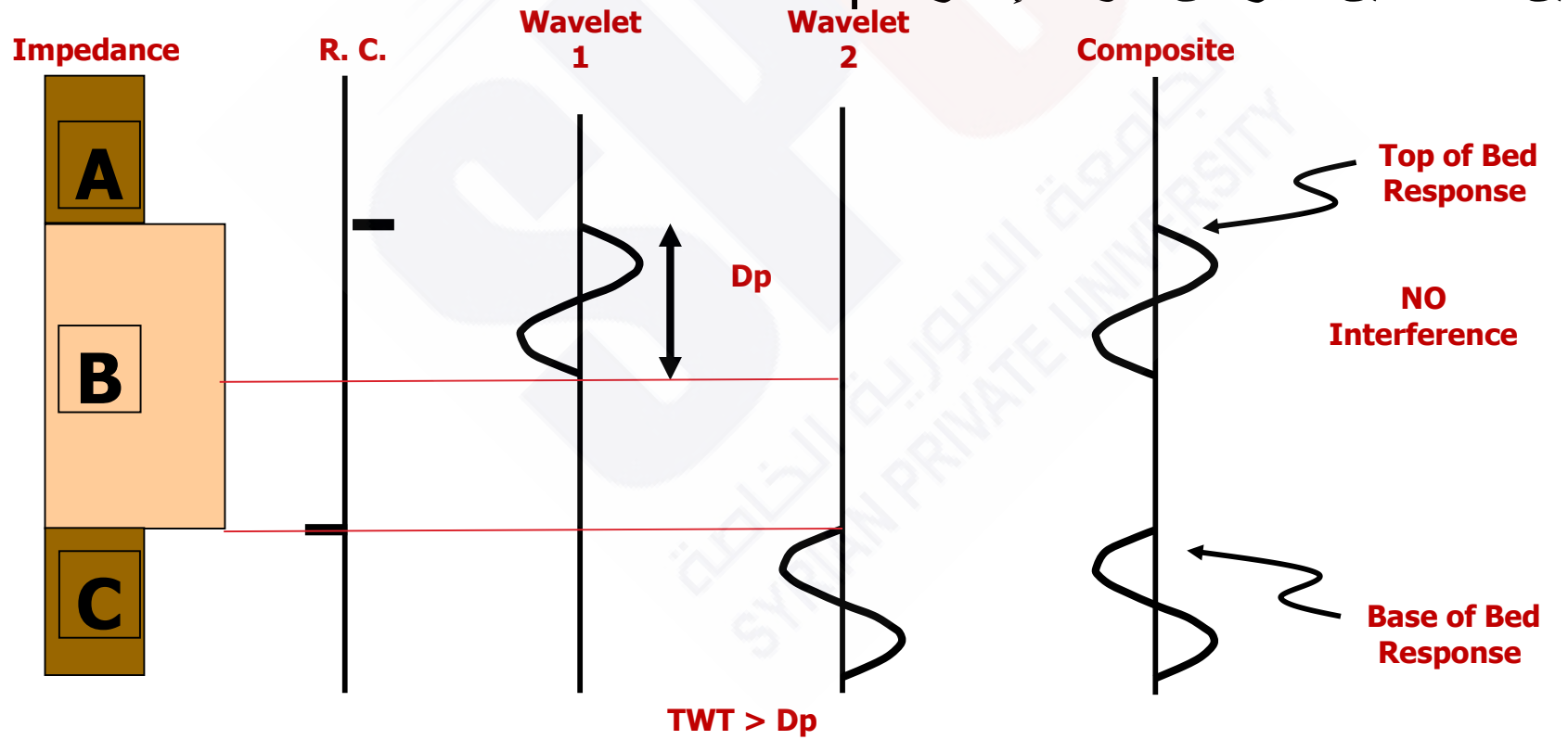
2- سرعة مرور الموجات في الصخر المستكشف.

3- الممانعة الصوتية للوسط.

سنعرض فيما يلي حالات مختلفة يمكن من خلالها التعرف على دور هذه المعاملات.

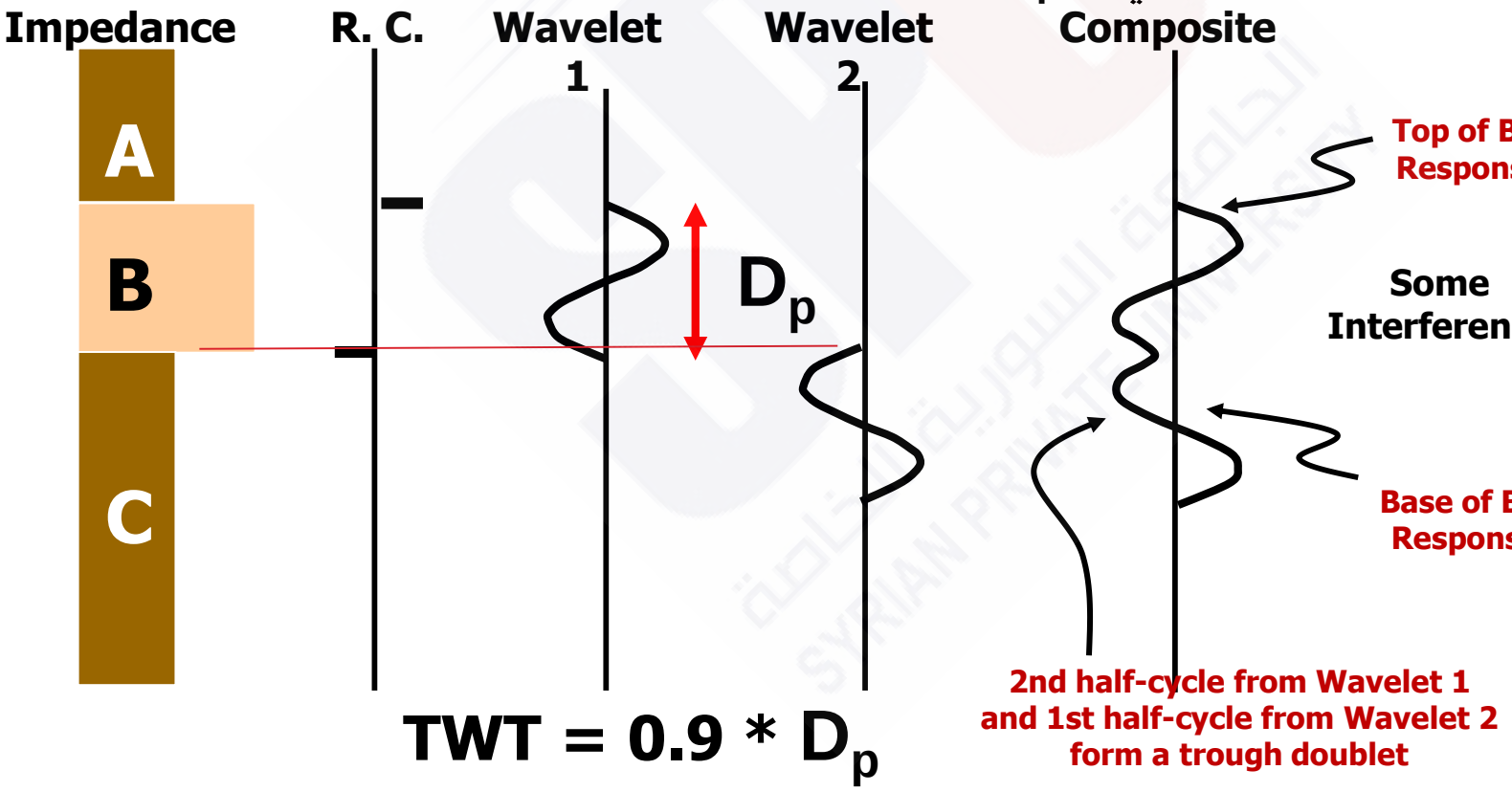
VERTICAL SEISMIC RESOLUTION

الشكل يبين مقطعاً مكون من ثلاث طبقات ، وعامل الانعكاس له (R.C) ، الموجة المنعكسة من السطح الأول وكذلك الموجة المنعكسة من السطح الثاني ، نلاحظ أن الإشارتين المنعكستين من هذين السطحين منفصلتين عن بعضهما وأمكن تمييزهما، وذلك لأن الإشارة الأولى تنتهي قبل أن تبدا الإشارة الثانية، وذلك لأن المسافة الزمنية الفاصلة بين السطحين أكبر من طول الإشارة TWT>Dp .



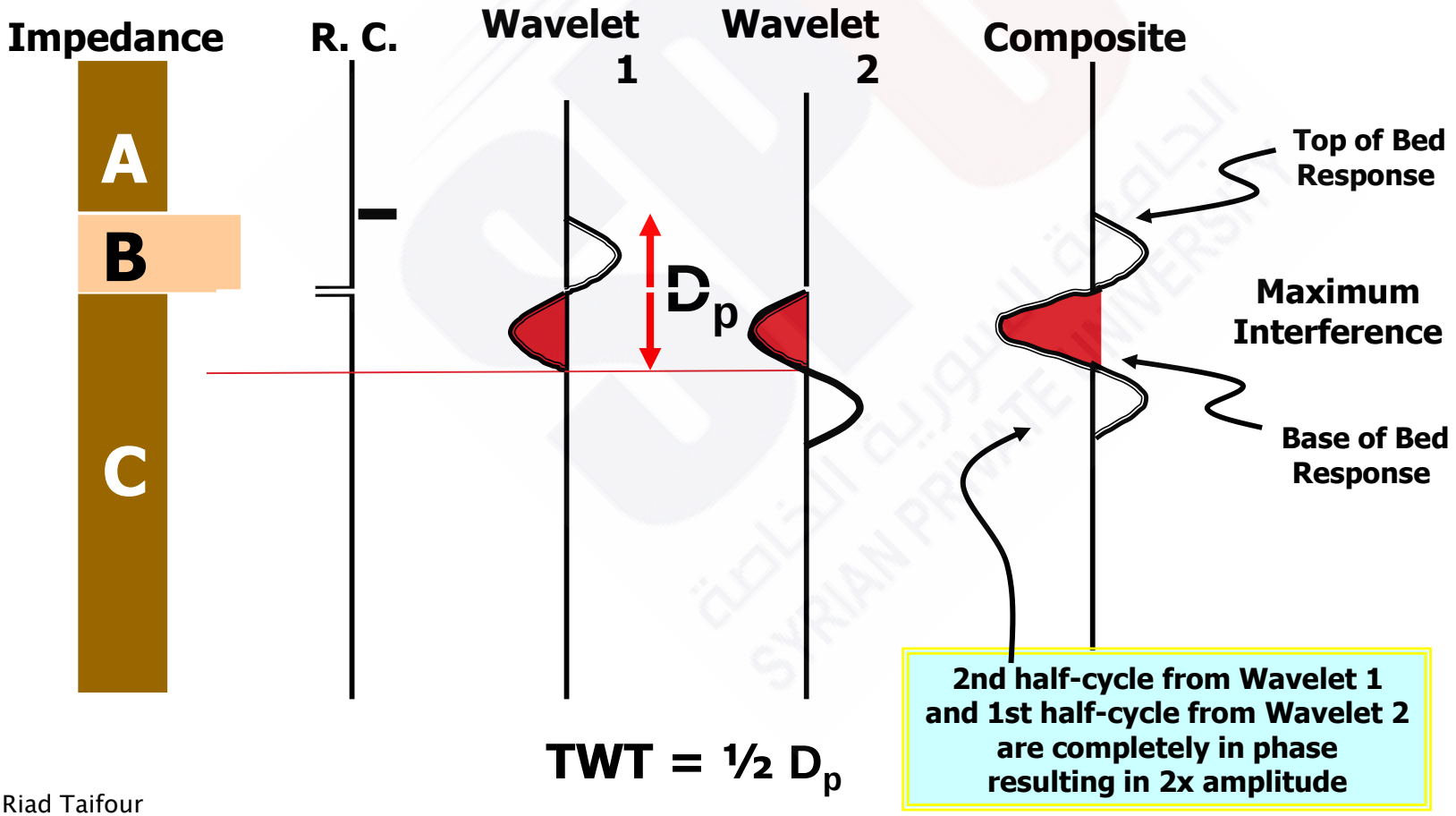
VERTICAL SEISMIC RESOLUTION

في الحالة المبينة في الشكل ، نلاحظ يحصل تغيير على الإشارة المسجلة، وذلك بسبب التداخل (تداخل جزئي) الذي حصل بين الإشارتين المنعكستين، والسبب أن الإشارة الثانية بدأت قبل انتهاء الإشارة الأولى وذلك لأن المسافة الزمنية بين السطحين أصغر بقليل من طول الإشارة، وهي TWT=0.9*Dp



VERTICAL SEISMIC RESOLUTION

في الحالة المبينة في الشكل ، نلاحظ يحصل تغيير على الإشارة المسجلة أيضاً ، وذلك بسبب التداخل (تداخل كبير) الذي حصل بين الإشارتين المنعكستين، والسبب أن الإشارة الثانية بدأت قبل انتهاء الإشارة الأولى وذلك لأن المسافة الزمنية بين السطحين أصغر بكثير من طول الإشارة، وهي TWT=0.5*Dp



DETERMINING VERTICAL RESOLUTION

إذاً نلاحظ هنا دور طول الإشارة في قدرة التمييز، والذي يرتبط بدوره بالتردد،

ويمكن التعبير عن ذلك رياضياً من خلال العلاقات الآتية:

Period = 1/Frequency

Wavelength = Period * Velocity

Limit of Vertical Resolution = Wavelength/4

فيما يلي نبين مثالين مختلفين لحساب قدرة التمييز

(حالة حدث قليل العمق **Shallow Event** و آخر عميق **Deep Event**:

Shallow Event

Velocity = 2000 Meters / sec

Pulse:

Center Frequency = 50 Hz

Period = 1 / 50 = .020 sec

Wavelength = .020 x 2000 = 40 Meters

Limit of resolution = 40 /4 = 10 Meters

Deep Event

Velocity = 3000 Meters / sec

Pulse:

Center Frequency = 20 Hz

Period = 1 / 20 = .050 sec

Wavelength = .050 x 3000 = 150 Meters

Limit of resolution = 150 / 4 = 37.5 Meters

SEISMIC RESOLUTION

بشكل عام نلاحظ أن التمييز Resolution يتمثل بالقدرة على إمكانية تمييز الأشياء البارزة، وأنه من اجل تحقيق ذلك يُفضل:

أن تكون الإشارة السيزمية ذات امتداد زمني قصير.

أن تكون الإشارة ذات طور صفري، وبحيث تؤمن شريط ترددي عريض

ونلاحظ هنا أن الإشارات التي يكون لها سعات جانبية صغيرة تحسن إمكانية التفسير.

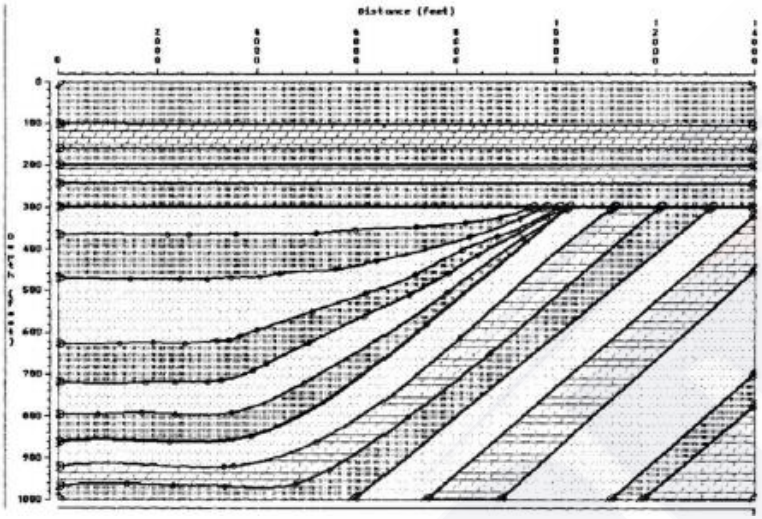
من اجل تحسين قدرة التمييز:

يمكن زيادة عرض الشريط الترددي (المحتوى الترددي للإشارة) من خلال استخدام الثني العكسي Deconvolution

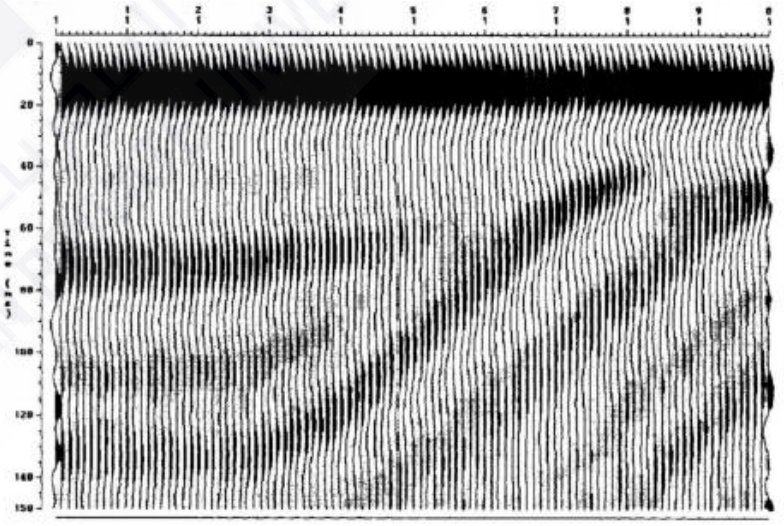
وبالتالي الترددات التي سيتم إضافتها بفعل الثني العكسي يجب أن تتضمن نسبة إشارة مفيدة إلى ضجيج S/N كافية .

SEISMIC RESOLUTION

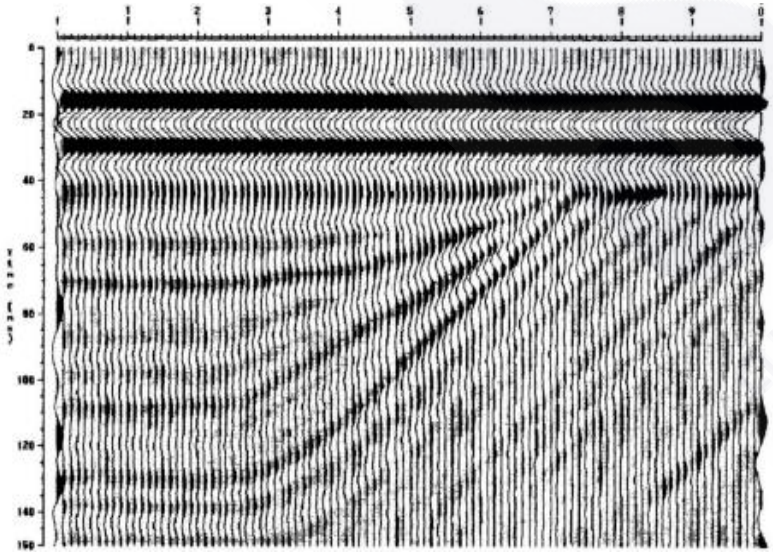
من الشكل ( ) ، نلاحظ من مقارنة المقطع السيزمي في الحال (b) والحالة (c) التأثير الوضح للترددات العالية، التي تنعكس إيجاباً على قدرة التمييز.



(a): مقطع جيولوجي



(b): مقطع سيزمي للمقطع الجيولوجي – تردد منخفض



(c): مقطع سيزمي للمقطع الجيولوجي – تردد عالي

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

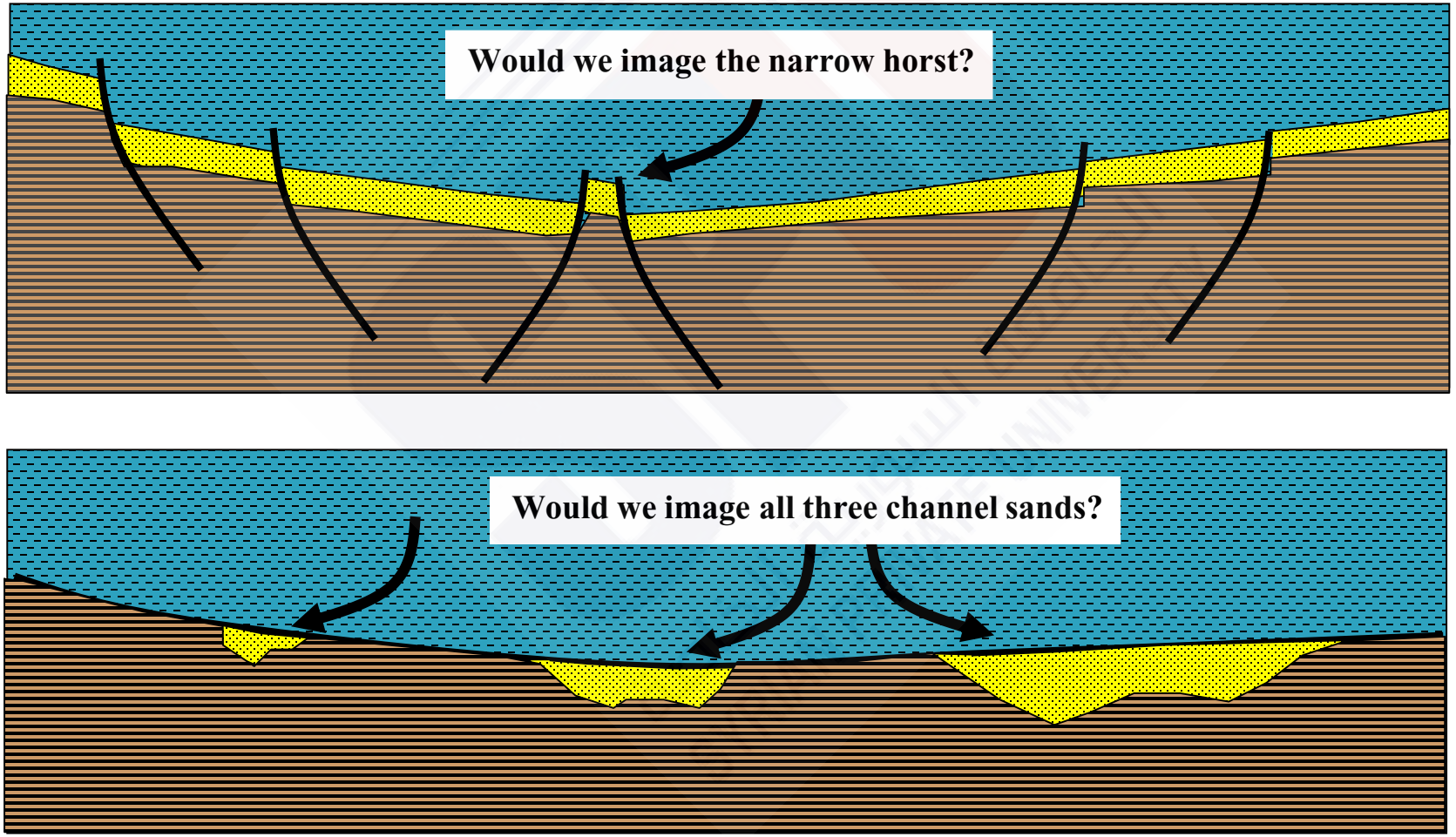
التمييز الأفقي:

تعرفنا على التمييز العمودي في السيزميك ولاحظنا العوامل التي تؤثر على قدرة التمييز العمودي. والآن سنتعرف عن إمكانيات تمييز الأشياء (الأجسام) في المستوى الأفقي سيزمياً.

الشكل ( ) يبين ظواهر جيولوجية مختلفة ممتدة أفقياً، والسؤال، هل يمكن تمييز هذه الظواهر سيزمياً وما هي العوامل التي تؤثر على ذلك.

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

التمييز الأفقي:



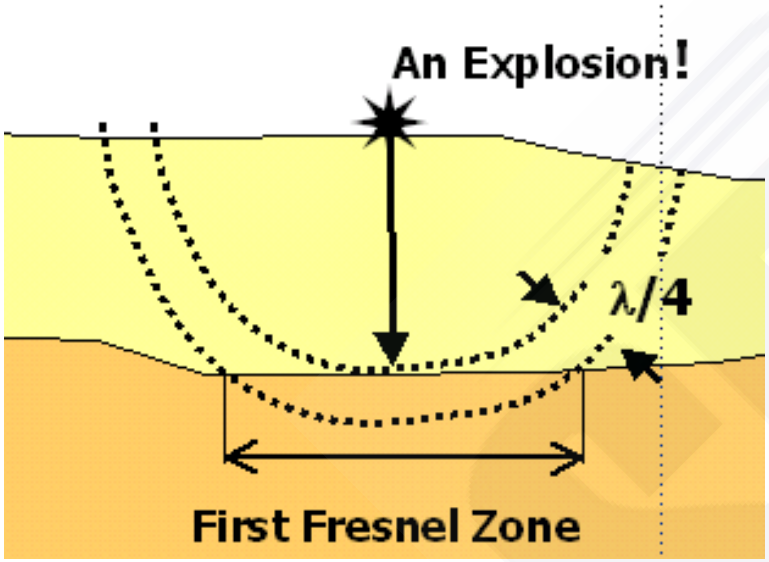
SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

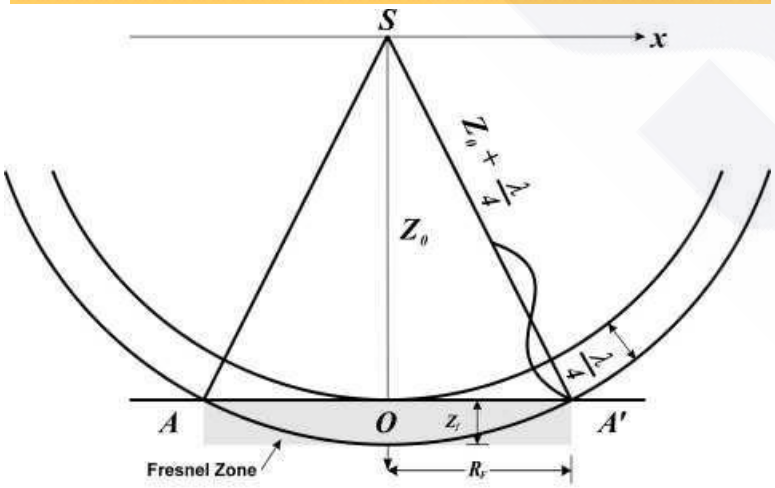
التمييز الأفقي:

لاحظنا حتى الآن أننا نمثل الانعكاسات السيزمية كأشعة منفردة تنبثق من نقطة و ذلك لتبسيط فهم عملية الانعكاس. أما في الواقع، فإن الانعكاسات الفعلية تحدث نتيجة تفاعل مقدمة الموجة السيزمية (ذات الشكل نصف كروي) مع السطوح الفاصلة للطبقات. عندما تصطدم مقدمة الموجة بالسطح الفاصل فإنه يحدث انعكاس من مساحة أو قطاع معتبر من سطح الانعكاس و ليس من نقطة واحدة كما تدل الأشعة الأنفة الذكر. ينشأ في الحقيقة هذا الانعكاس من قطاع دائري ذو قطر كبير يُعرف بقطر فرزنل Fresnel Zone (نسبة إلى العالم فرزنل) و هو يمثل جزء من العاكس الذي انعكست عنه الطاقة عائدة إلى اللاقط السيزمي الموجود على السطح ضمن نصف دائرة (أي ربع طول الموجة).

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

The Fresnel Zone

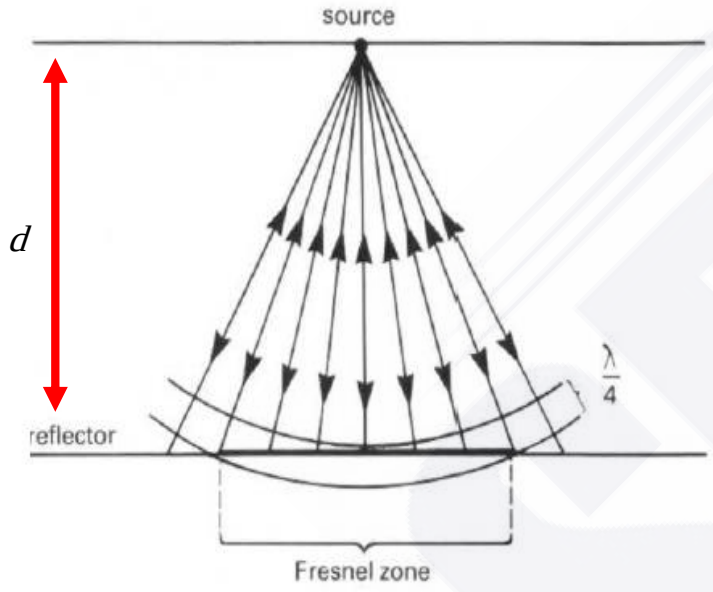


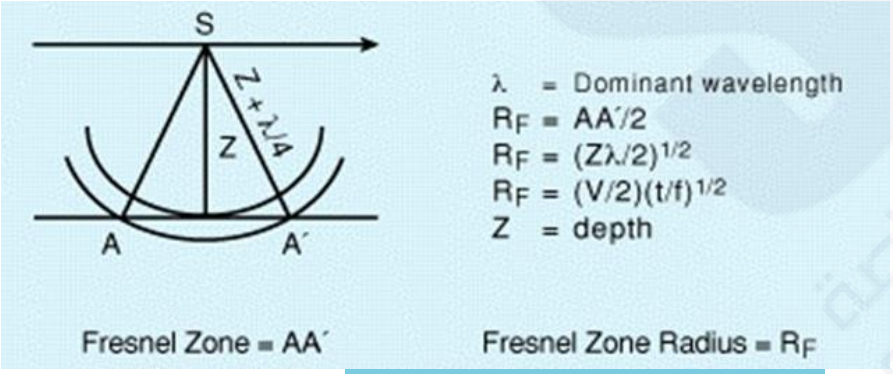


إذاً قدرة التمييز الأفقية على المقطع السيزمي غير المهجر Unmigrated section تُحدد من خلال حجم قطاع فرزنل.

إذاً جميع الأشعة المنعكسة من ضمن مساحة فرزنيل تمثل شعاع واحد وتكون متفقة بالطور.

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION





بناءً على ذلك فإن التغييرات التي يمكن أن تحصل ضمن هذه المساحة Fresnel zone يكون من الصعب تمييزها.

نلاحظ أن أبعاد Fresnel zone تتعلق بطول الإشارة السيزمية ، وكذلك أيضاً بعمق العاكس.

العلاقة الآتية تبين امتداد Fresnel zone:

$$l = 2 * R_F = \sqrt{2 * Z * \lambda}$$

حيث تمثل:

R_F: نصف القطر

λ: طول الموجة.

Z: عمق العاكس.

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

حساب قطاع فرزنيل:

مثال(1):

بفرض أن التردد 40 Hz والسرعة 4000 m/s ، ما هي قدرة التمييز العمودي وما هي قيمة قطاع فرزنيل.

يمكن حساب طول الموجة كالآتي: $\lambda=v/f$ وبالتالي تكون $\lambda= 100$ m .

قدرة التمييز العمودي تكون مساوية 25 m.

قدرة التمييز الأفقي عند العمق 3 km تكون مساوية:

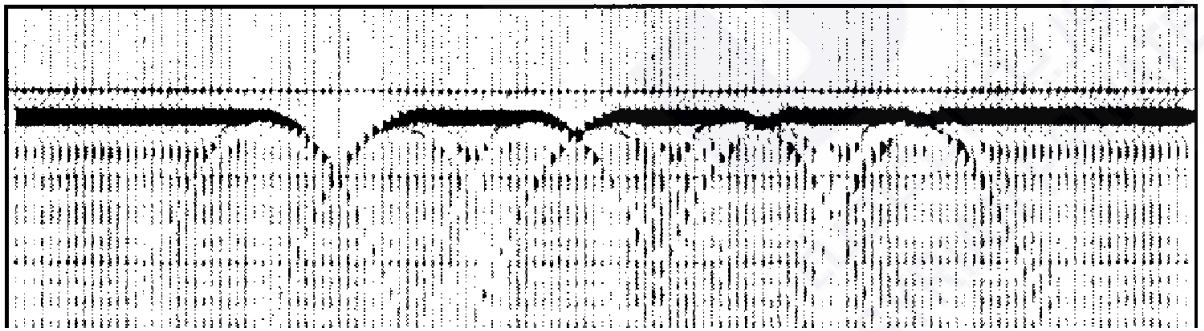
$$l = \sqrt{2.3000.100} \approx 775\ m$$

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

الشكل ( ) يبين عدة فجوات بأبعاد مختلفة على عاكس أفقي، نلاحظ أن قدرة التمييز الأفقي تتناقص كلما انتقلنا باتجاه اليسار وذلك لأن أبعاد الفجوة تصبح أقل.

WIDTH OF GAPS INDICATED IN FRESNEL ZONE DIAMETERS

SEISMIC SECTION:



لاحظ هنا أيضاً تأثير الموجات المنحرفة من أطراف (حدود) الفجوة، والتي تجعل عملية التمييز أصعب.

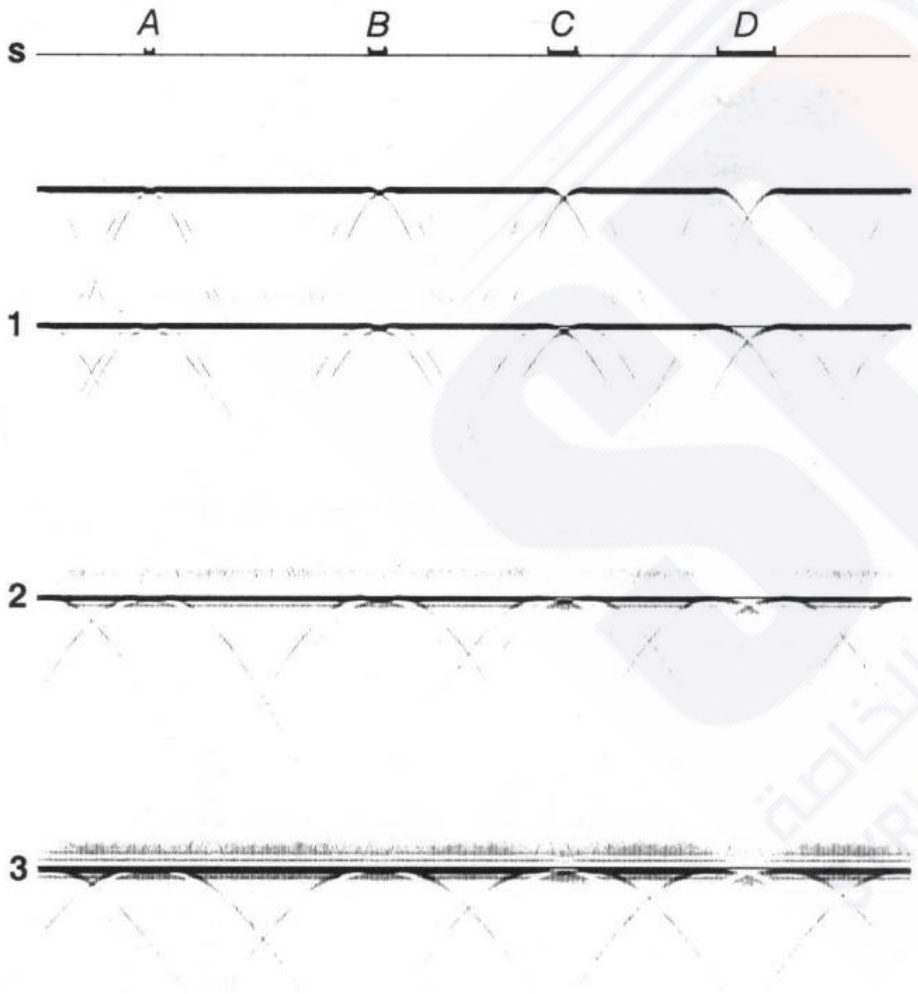
فيما لو عرضاً الآن حالة مماثلة وراقبنا قدرة التمييز عمودياً أي مع ازدياد العمق.

لاحظ الشكل ( )

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

لاحظنا من خلال العلاقة السابقة أن قطاع فرزنيل يصبح أكبر مع ازدياد العمق ،

وبالتالي كلما كان التركيب المراد تمييزه أعمق كلما كانت قدرة التمييز الأفقي على المعطيات السيزمية أقل.



الشكل ( ) يبين أربع فجوات ممتدة أفقياً على عاكس، نلاحظ أنه كلما ازداد عمق العاكس كلما أصبحت قدرة تمييز هذه الفجوات أقل.

ويجب أن نلاحظ هنا أن الموجات المنحرفة هنا تسبب ضعف في التمييز، وبالتالي فإن التهجير يمكن أن يزيل الموجات المنحرفة ويُحسن التمييز.

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

مثال(2):

Estimate the resolution of seismic surveys

- typical frequency in seismic exploration is ~100 Hz *[1-1000]*

- seismic velocity of crustal rocks ~3000 m/s *[2000-7000]*

Wavelength is: $\lambda = vT = v/f = 3000/100 = 30$ m

Vertical resolution: 7.5 m

Horizontal resolution at 100 m depth: $\sqrt{2 \times 100 \times 30} = 77.5$ m

Horizontal resolution at 10 km depth: $\sqrt{2 \times 10000 \times 30} = 774.6$ m

- what happens to resolution at higher velocities?

Migration

ذكرنا سابقاً أن التهجير Migration يحسن قدرة التمييز، سنعرض فيما يلي بشكل مختصر الهدف من التهجير وتأثيرة على قدرة التمييز.

التهجير Migration:

تسجل اللواقط السيزمية معطيات الانعكاسات الآتية من الأرض في النقطة الواقعة في منتصف المسافة بين اللاقط و المنبع في حالة العواكس الأفقية. أما في حالة العواكس المائلة، فان معطيات الانعكاس المسجلة لا تقع في منتصف المسافة بين اللاقط و المنبع بل تكون مزاحة باتجاه الميل الصاعد للعاكس Updip. و يزداد خطأ تحديد نقطة الانعكاس الحقيقي على العاكس المائل بازدياد ميل العاكس. ففي المناطق المعقدة

Migration

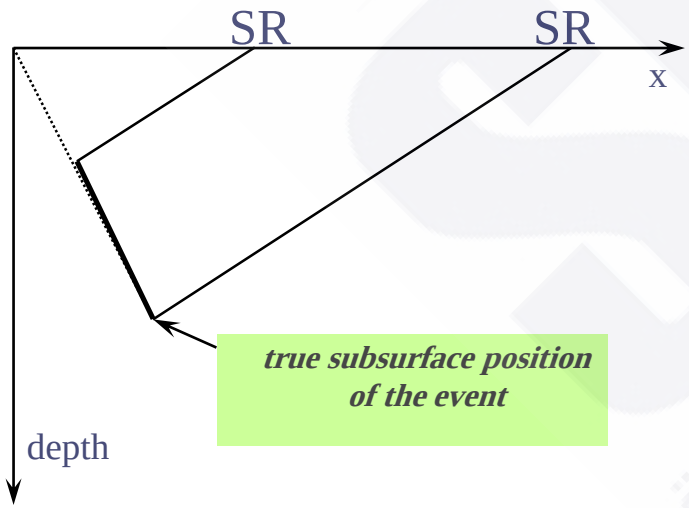
تكتونياً، يمكن أن يسبب الفارق في الموقع بين نقاط معطيات الانعكاس تحت السطحية المفترضة و نقاط المعطيات الانعكاس الفعلية إلى تشوه المعطيات السيزمية عند جمع نقاط CMP لجميع الآثار. تسبب الميول الشديدة للطبقات تحت السطحية عند إجراء التسجيل السيزمي إلى الحصول على **عواكس لها ميل ظاهري أقل من الميل الحقيقي للطبقة و طول ظاهري أكبر من الطول الفعلي و موقع ظاهري أعمق من الموقع الحقيقي للطبقة** (الأشكال التالية توضح الظواهر المختلفة التي تحتاج إلى تهجير)

لذلك من أجل التخلص من هذه الظواهر وظواهر أخرى مماثلة، لا بد هنا من تطبيق التهجير، فالتهجير هو إحدى طرق المعالجة السيزمية التي تُطبق على المعطيات السيزمية قبل مرحلة التفسير، وهو عبارة عن خوارزمية رياضية تختلف حسب طريقة التهجير وحسب الهدف منه.

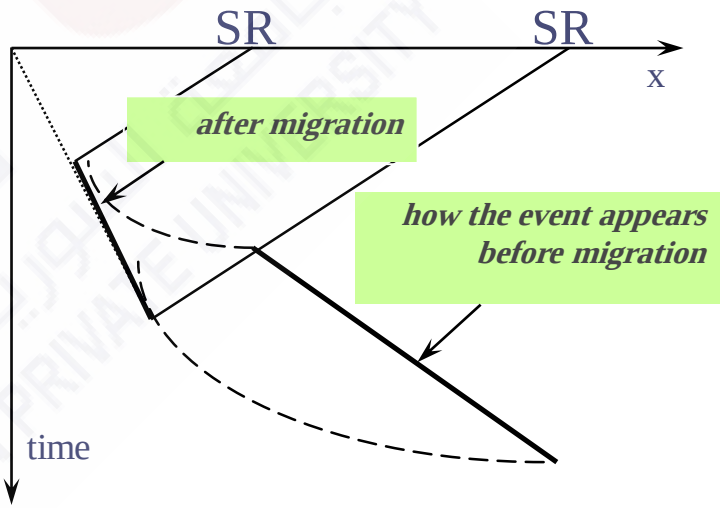
Migration

الشكل التالي يبين مخطط لوضع العاكس قبل وبعد عملية التهجير، لاحظ التغيير الذي يحصل على العاكس بعد عملية التهجير.

Depth section

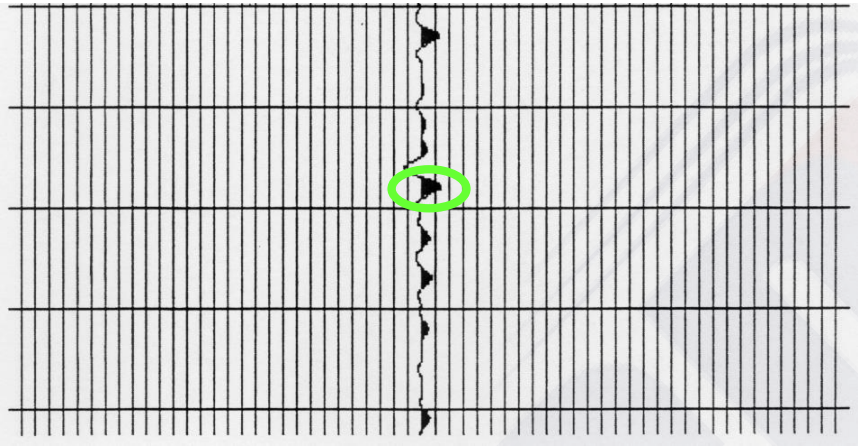


Time section

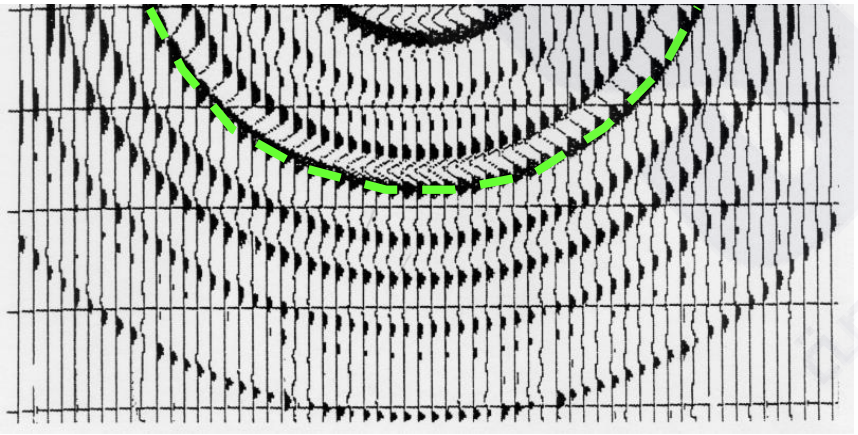


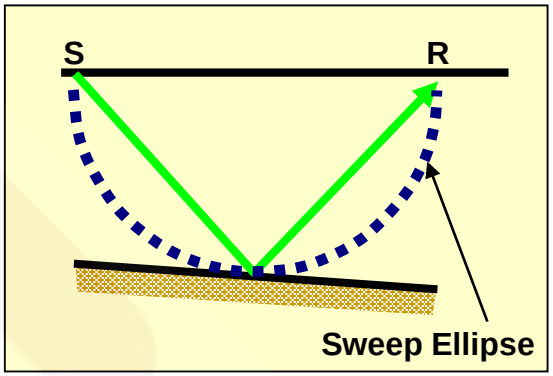
Migration – Correcting for Location

Unmigrated energy on single trace...

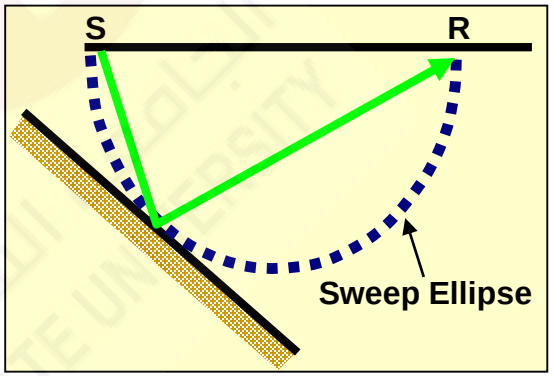


...spread to all possible locations of origin

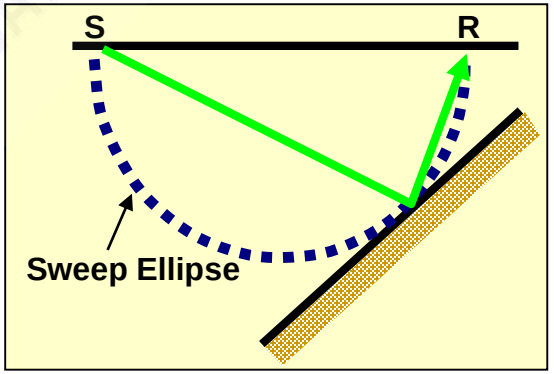




OR

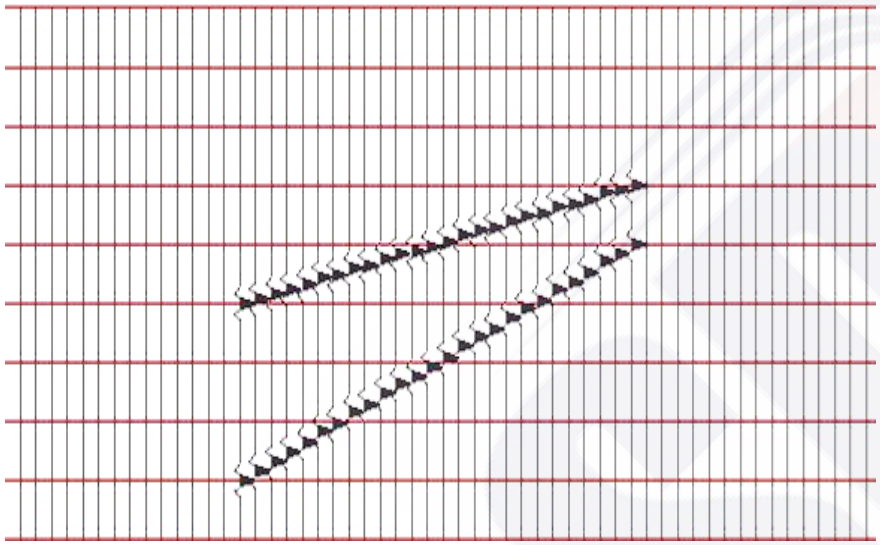


OR



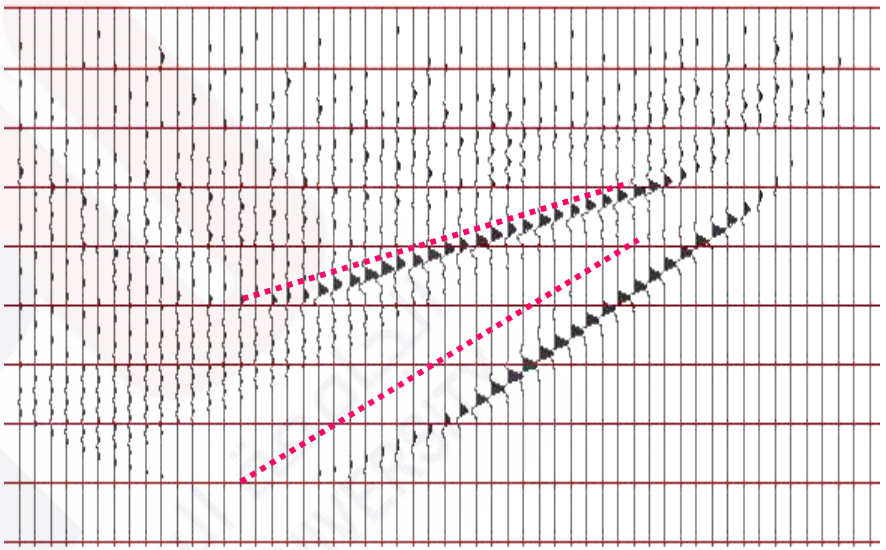
Migration – Power of Correlation

Two reflections on unmigrated data



Reflections are not positioned in the subsurface correctly since they have dip

After spreading to all possible locations

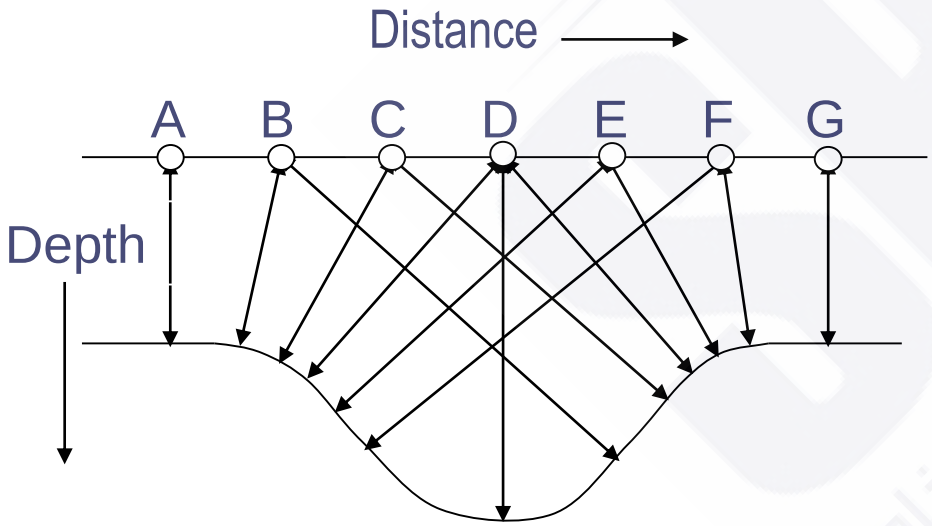


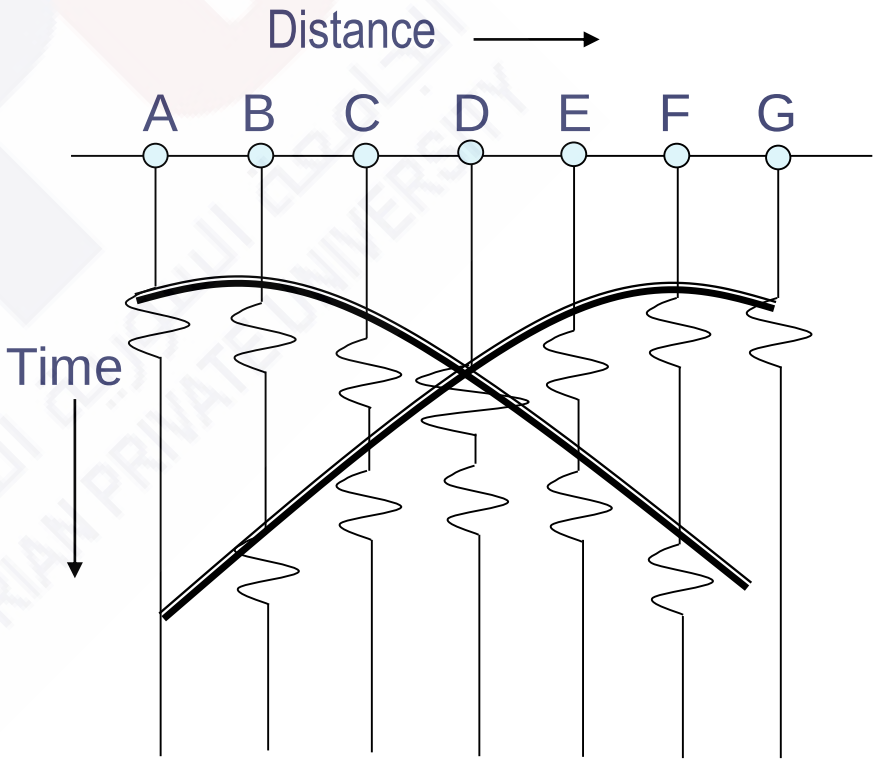
Constructive interference occurs where the reflections are properly positioned

Destructive interference dominates where the reflections are NOT properly positioned

Syncline – Buried Focus

- Left, below, shows true zero-offset ray paths for coincident sources and receivers at surface points A through G to a synclinal reflector. The curvature of the reflecting horizon is such that there are multiple perpendicular ray paths from surface positions B through F. On the right is the appearance of the syncline at left has on the stack (zero offset) section.

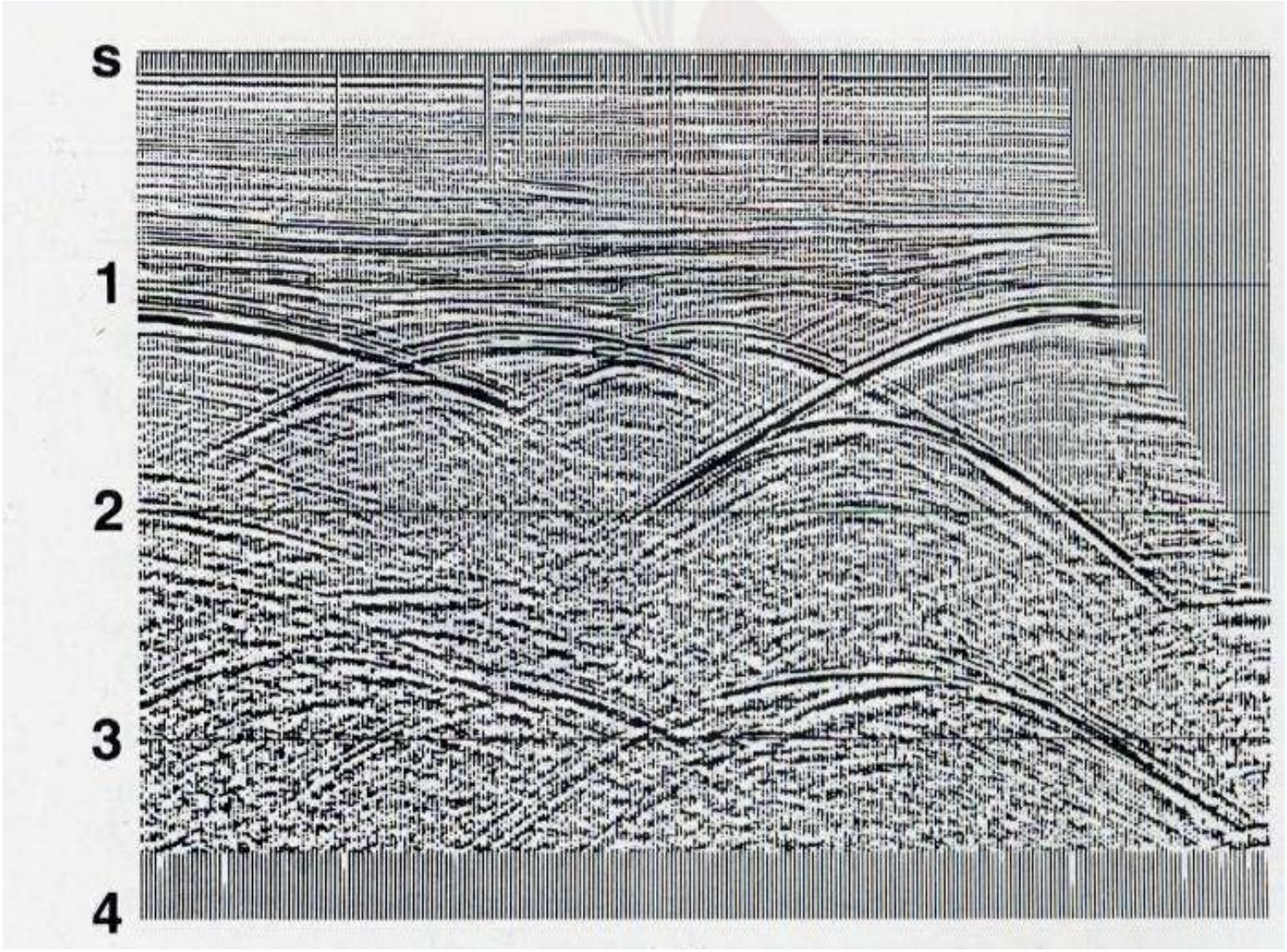




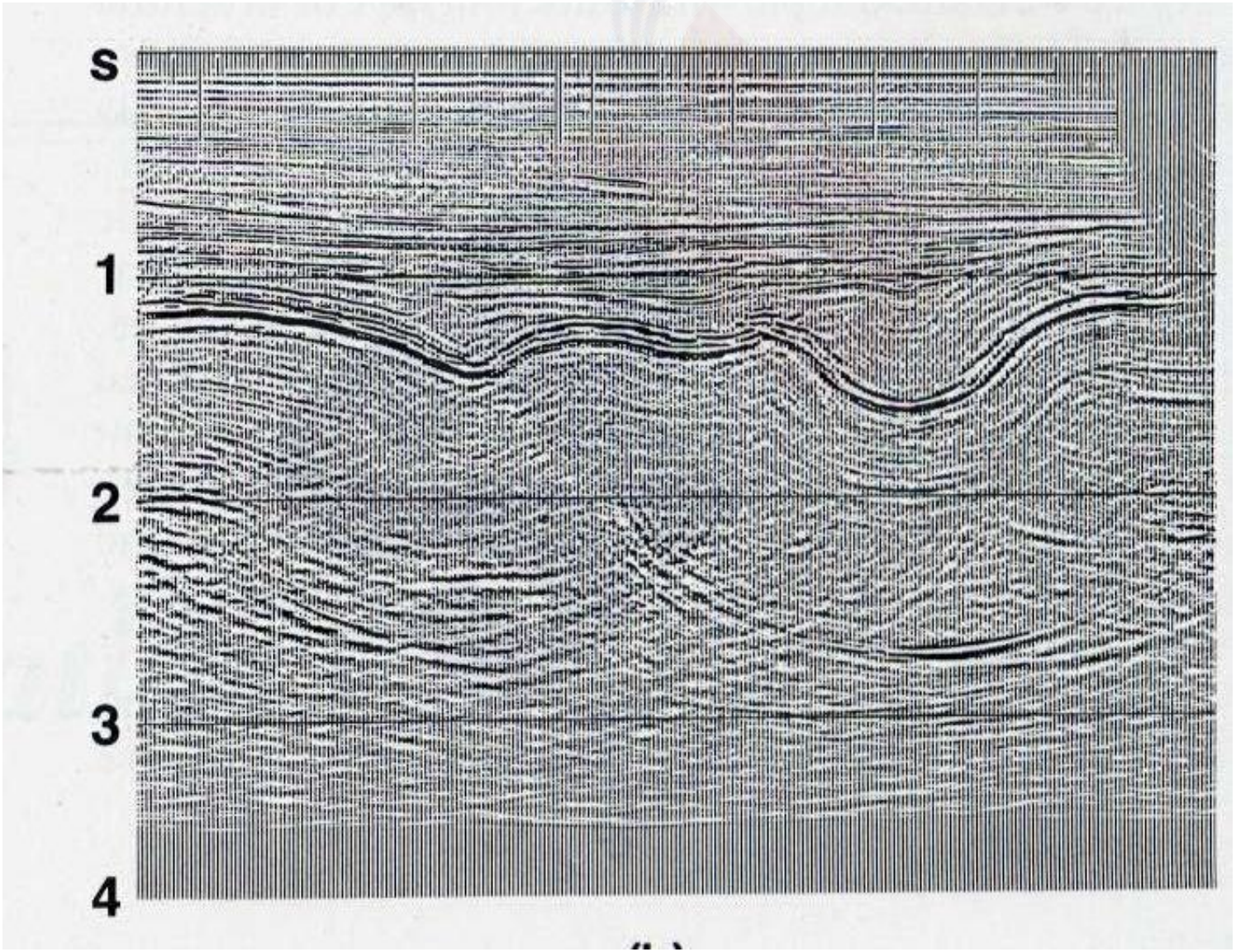
أمثلة عن التهجير

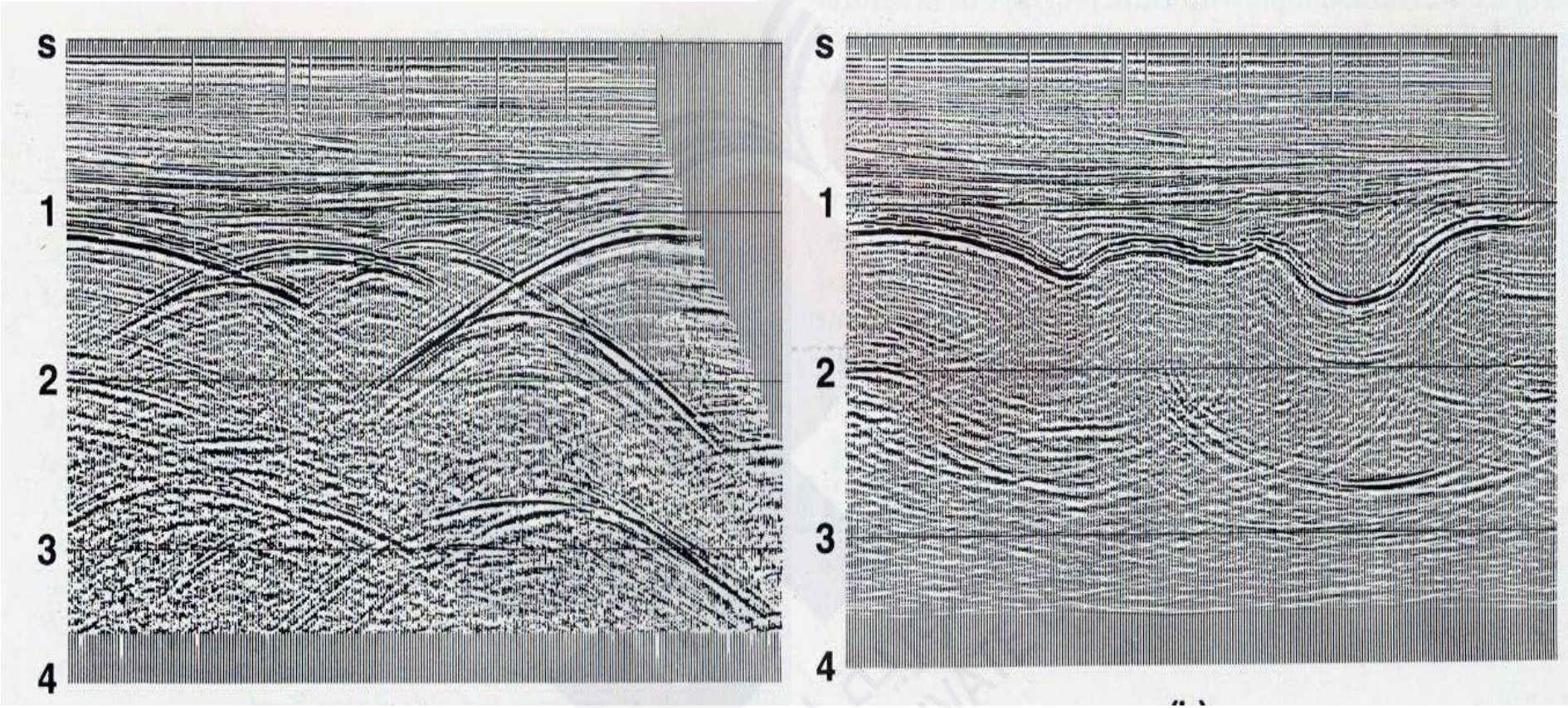
الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

Syncline within Stacked Data



Syncline within Migrated Data





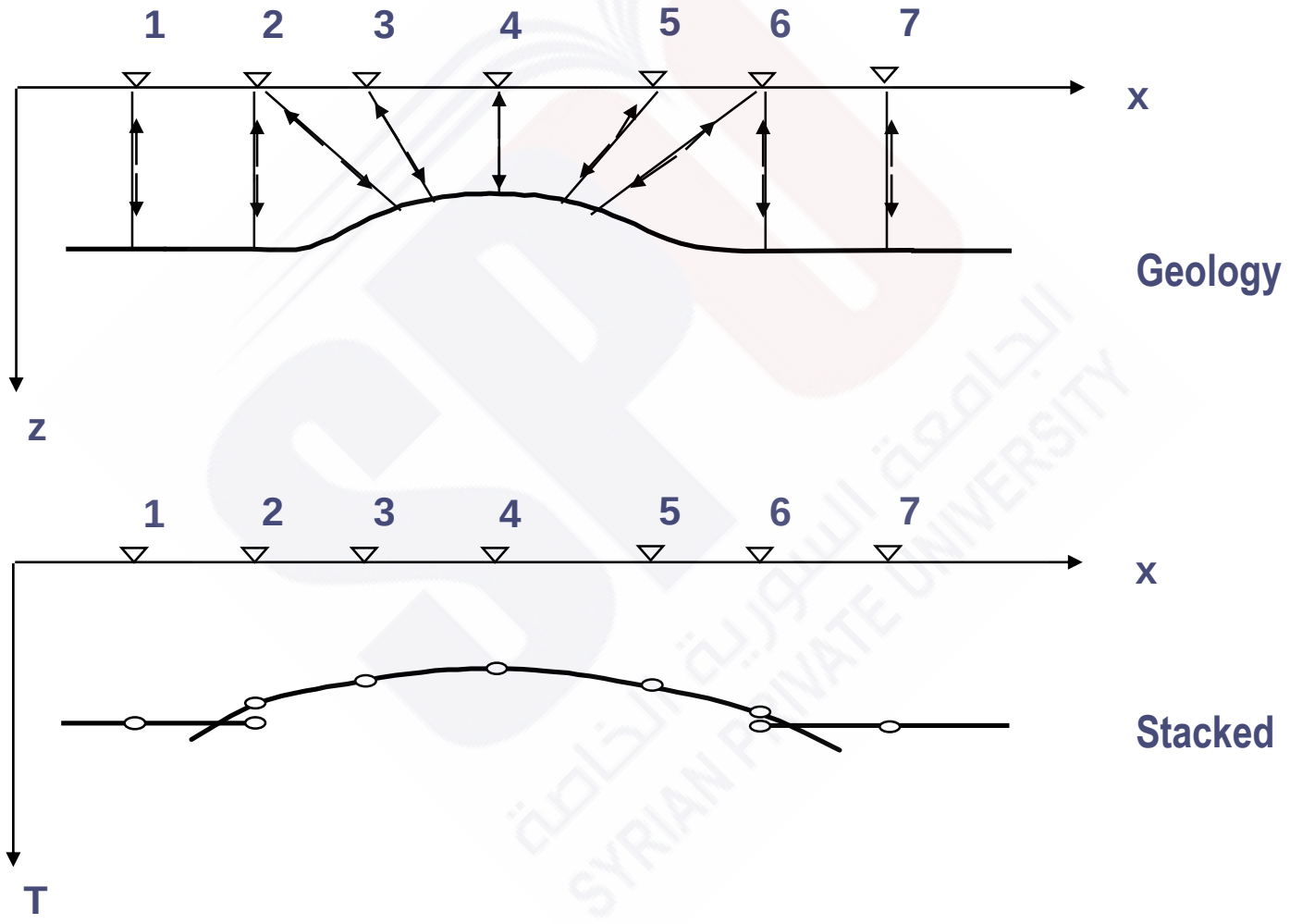
قبل التهجير

بعد التهجير

الشكل ( ): مقارنة الشكلين السابقين، قبل وبعد التهجير

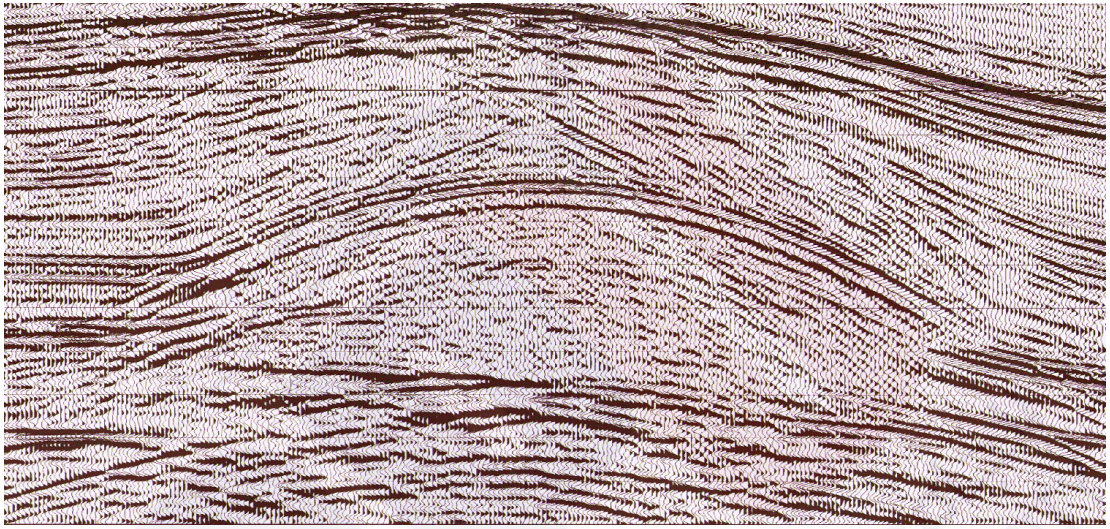
Dr. Riad Taifour

Anticline

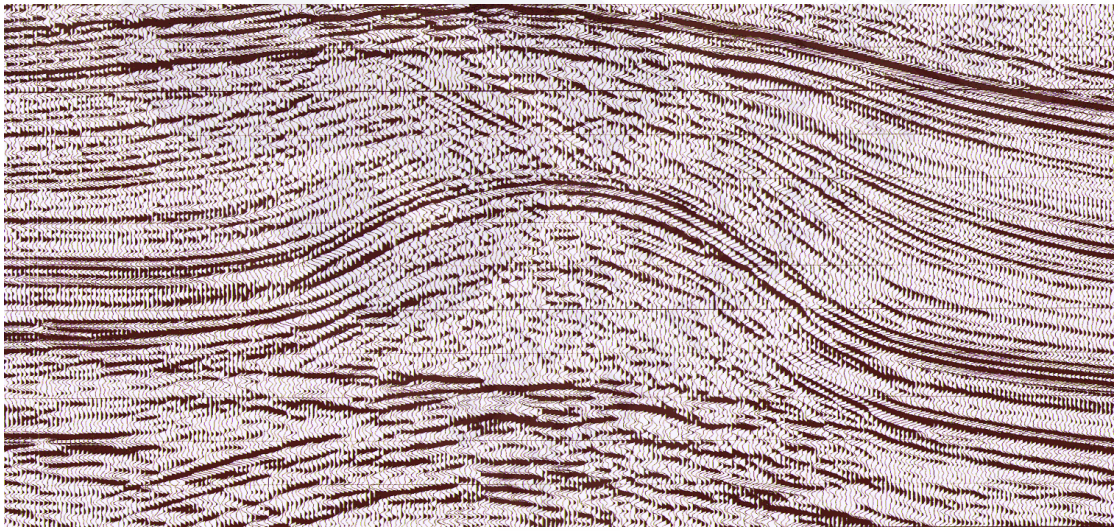


Anticline – Data Example

STACK



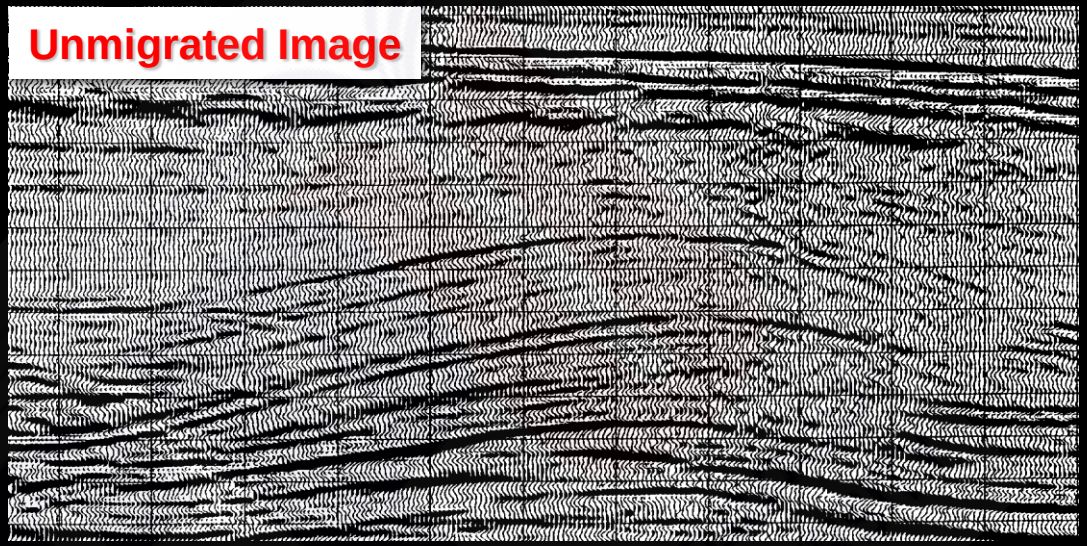
Geology



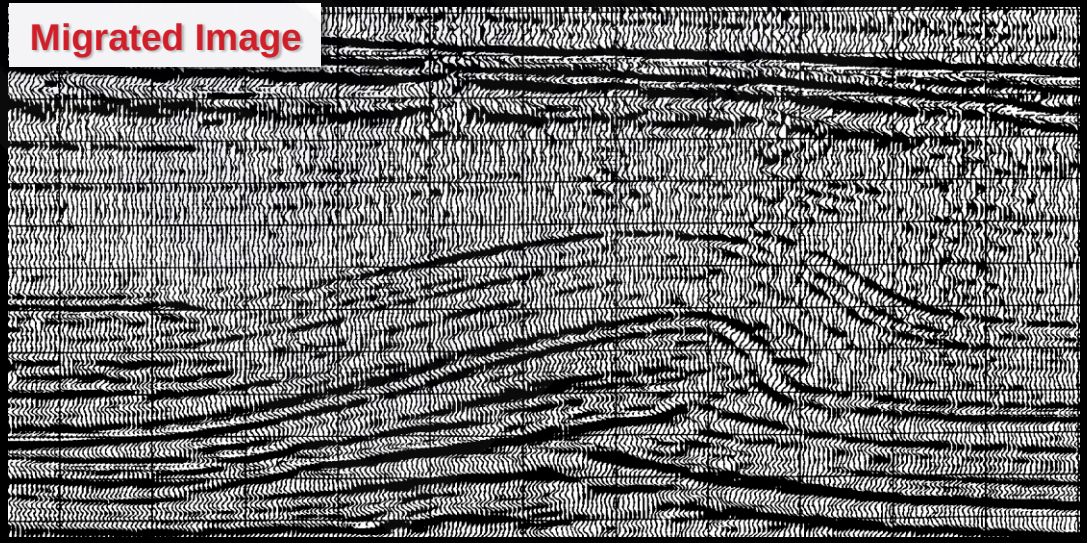
MIGRATION

Seismic Migration

Positioning Problems ‘Blur’ the Image

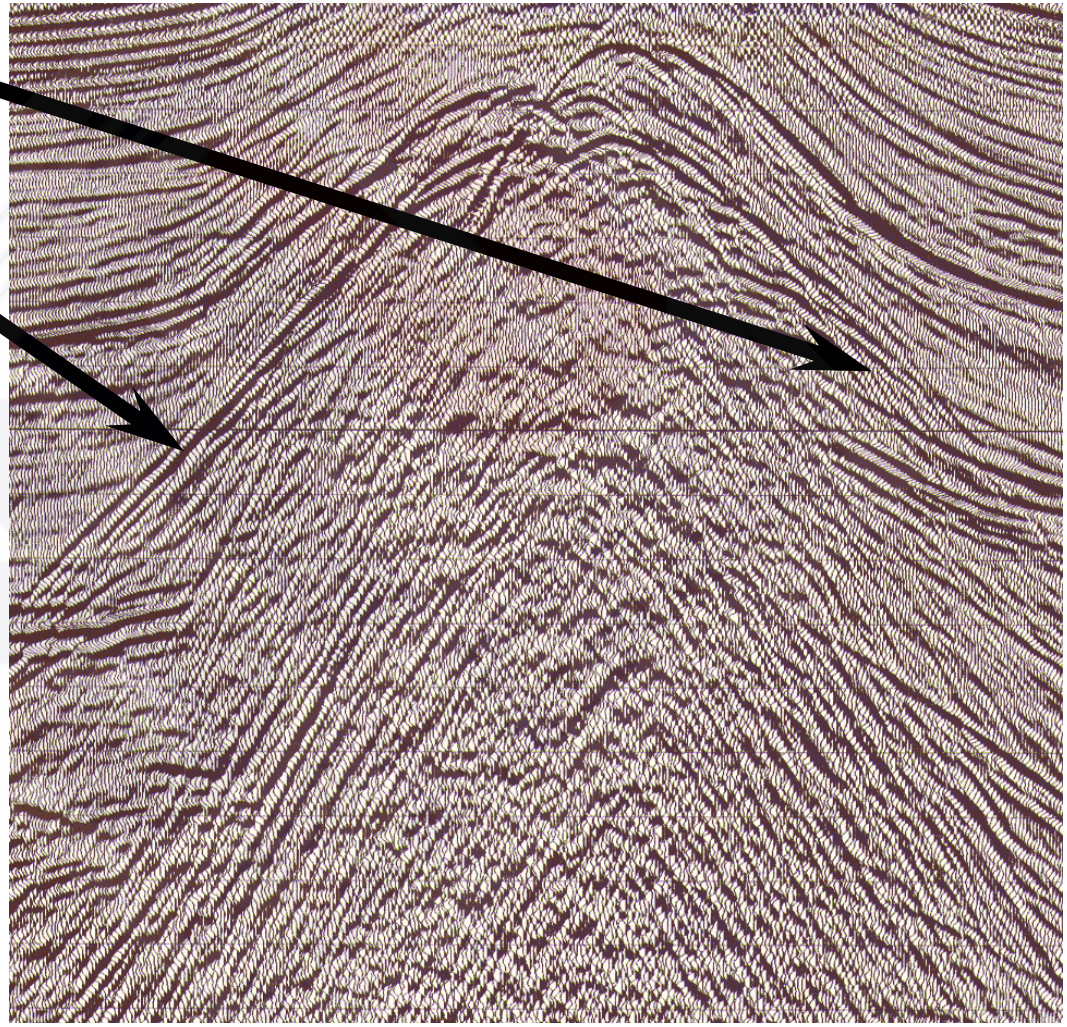


Migration Reduces Positioning Problems, which Improves the Image



Point Diffractor within Stacked Data

Diffractions



Diffracted energy appears very similar to that reflected from an anticline.

MHGRATION AND LATERAL RESOLUTION

Fresnel Zone Equations:

Pre-Migration

$$F_d = V_{avg}\sqrt{T/F}$$

Post-Migration

$$F_d = \lambda /4 = V_{avg} /4\ F$$

where:

F_d = Fresnel Diameter

Vavg = Average Velocity

T = Time

F = Frequency of Pulse

λ = Wavelength

SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

Typical Lateral Resolution

- Shallow Event
  - Time = 1.0 s
  - Vint = Vavg = 2000 m/s
  - Pulse = 50 Hz
  - PreMig Fresnel Diameter = 282 m
  - PostMig Fresnel Diameter = 10 m

- Deep Event
  - Time = 5.0 s
  - V_{int} = 4600 m/s
  - V_{avg} = 3800 m/s
  - Pulse = 20 Hz
  - PreMig Fresnel Diameter = 1900 m
  - PostMig Fresnel Diameter = 47.5 m

Seismic Resolution

Fresnel Zone Circles

Shallow Window
282 m pre-migration
10 m post-migration

Deep Window
1900 m pre-migration
47.5 m post-migration

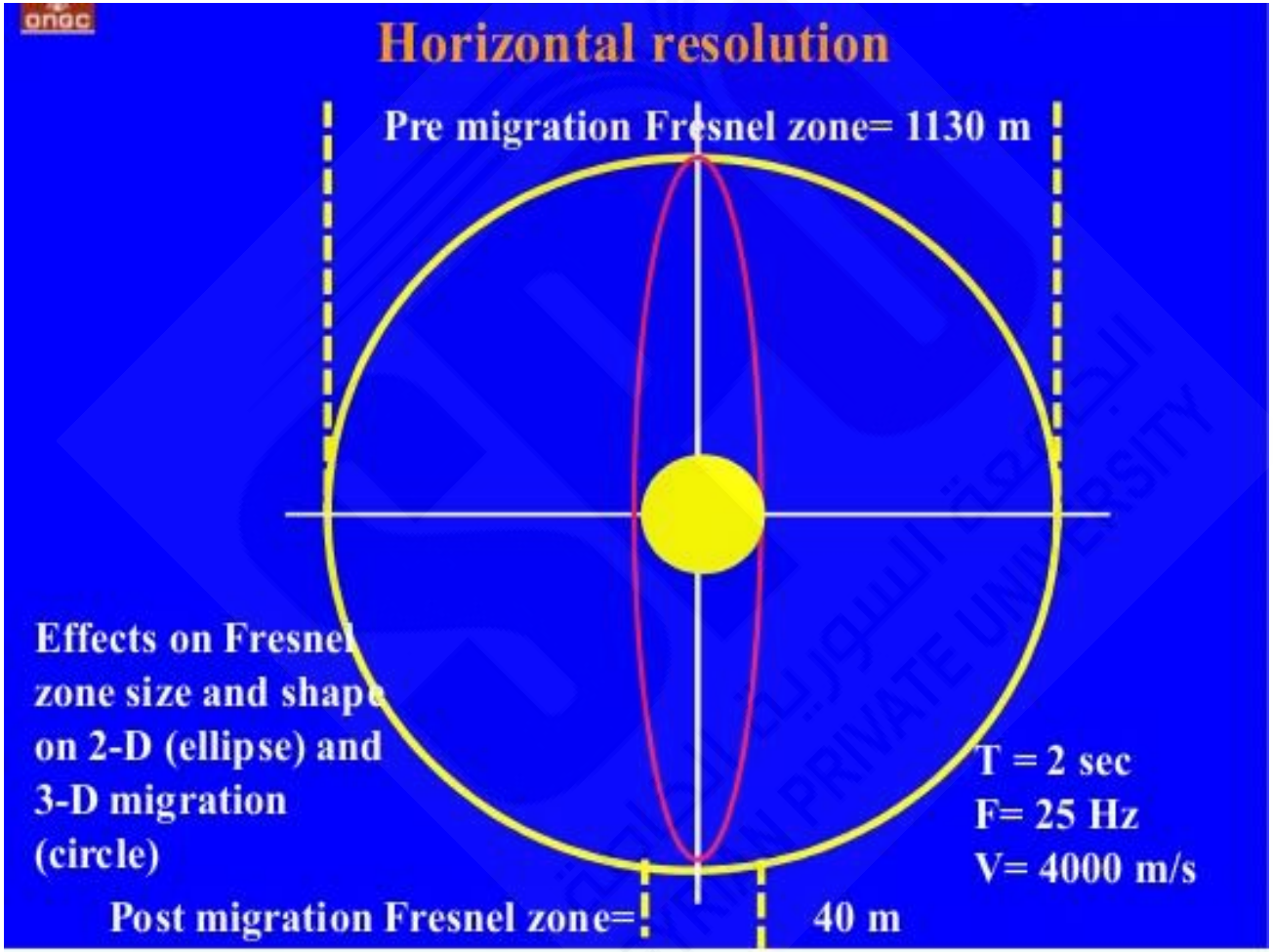
1 km

ملاحظات حول الشكل السابق:

- لاحظ أن المقياس المستخدم هو 1 km
- الدائرة الصغيرة الموجودة في الجزء العلوي على اليسار، تمثل قطر دائرة فرزنيل من أجل حدث قريب من السطح قبل التهجير.
- يوجد ضمن هذه الدائرة دائرة صغيرة باللون الأبيض تبين قطر دائرة فرزنيل بعد التهجير.
- الدائرة الكبيرة في الجزء اليميني تمثل قطر دائرة فرزنيل من أجل حدث عميق قبل التهجير.
- الدائرة البيضاء الصغيرة ضمن الدائرة الكبيرة تمثل قطر دائرة فرزنيل بعد التهجير من أجل حدث عميق.

مقارنة بين:

Post Migration و Pre Migration
2-D and 3-D Migration



SEISMIC RESOLUTION: LATERAL RESOLUTION

وعند الحديث عن التهجير هنا، فإنه لا بد من الإشارة إلى وجود أنواع مختلفة للتهجير، وهي تختلف عن بعضها البعض بطريقة عملها وبالطرق الرياضية المعتمدة فيها، إضافة إلى المرحلة التي يتم تطبيقها فيها، وبما أنه لا مجال هنا للحديث عن أنواع طرائق التهجير المختلفة فإننا لا بد من الإشارة فقط إلى نمطين منها، وهي Poststack Migration و Prestack migration وذلك لأهميتها في تحسين قدرة التمييز الأفقي على المعطيات السيزمية.

فالتهجير بطريقة Prestack migration يؤمن قدرة تمييز أفقية أفضل من التهجير بطريقة Poststack Migration ، كما أن التهجيرفي مجال العمق Depth Migration يؤمن قدرة تمييز أفضل من التهجير في مجال الزمن Time Migration .

شكراً لإصغائكم