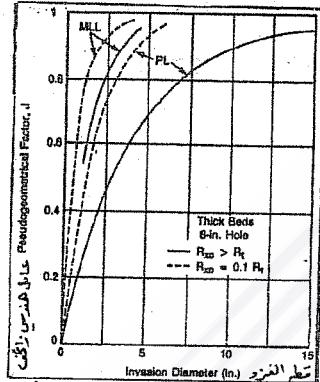


## بـ الاستجابة وقواعد التفسير :

لقد تم تصميم التشكيل القطبي والوسادة بحيث تكون مناسبة في حالة حفارات الحفر المتساوية الخواص التي تصل سماكتها حتى  $3/4$  بوصة ( حوالي 2 مم).

يكون عرض الحزمة التجمعية للتيار الرئيسي الصادر عن القطب  $A_0$  بحدود



شكل ( 6 - 11 ) العامل الهندسي الزائف للأجهزة الميكرولاترولوجي والبروكسي ميتي لوغ.

يعبر عن المقاومية المقاسة بجهاز الـ PL بالعلاقة :

$$R_{PL} = J_{X0} R_{X0} + (1 - J_{X0}) R_t$$

حيث  $R_{PL}$  تمثل المقاومية بالـ PL و  $J_{X0}$  هو العامل الهندسي المزييف لمنطقة المغزوة. إن قيمة  $J_{X0}$  تابعة لقطر الغزو ( $d_i$ ) الذي يعطى بالشكل ( 6 - 11 ). تعتمد القيمة التقريبية  $J_{X0}$  التي نحصل عليها بالعلاقة مع قطر منطقة الغزو بالنسبة لجهاز PL على قطر حفرة البئر وعلى النسبة  $R_{X0}/R_t$ .

اما نتائج الاستجابة فيتم تقويمها وفقاً لمسليلي :

- إذا كان ( $d_i$ ) أكبر من 40 بوصة، فإن  $J_{X0}$  يكون قريباً من الواحد، وطبقاً لذلك فإن قياسات البروكسي ميتي تعين مباشرة  $R_{X0}$ .
- إذا كانت  $d_i$  أقل من 40 بوصة، فإن  $R_{PL}$  هي بين  $R_{X0}$  و  $R_t$  وعادة هي أقرب لـ  $R_{X0}$ .

- إذا كانت  $d_i$  محدودة جداً أو أن الغزو غير موجود، فإن  $R_p$  تكون قريبة جداً لـ  $R_t$ ، وطبعاً عندما  $R_{x0}$  و  $R_t$  تكونان متقاربين فإن قيمة  $R_p$  تعتمد بدرجة محدودة جداً على  $d_i$ .

. الاستجابة العمودية : تكون الاستجابة العمودية للبروكسي مبنية حوالي 6 بوصات، ولهذا فإن التصحيحات لإبعاد تأثير الطبقات المجاورة غير ضرورية بالنسبة للطبقات الأقل من قدم واحد.

يوضح الشكل (6 - 3) المنحني المسجل بجهاز PL مقابل منحنيات الميكرولوغ وذلك أمام تعقب ليتولوجي يضم مجالاً فوضى (A).

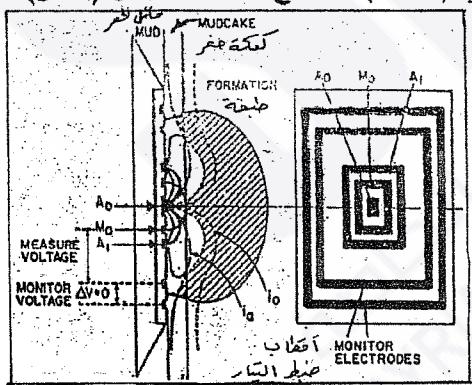
### 6 - 2 - 3 - تسجيلات مقاومية الدقىقة الموجهة كرويا أو الميكروسيفل

(MSFL)

#### أ - المبدأ ودارة القفاس:

وهي نموذج مصغر أيضاً عن سابر المقاومية الموجهة الكروية (SFL) حيث ركبت جملة الأقطاب فيها على وسادة مطاطية عازلة، تضغط على جدار البئر كثيفة السايرات الدقيقة.

لقد صمم جهاز الميكروسيفل لجعل تأثير كعكة الحفر أصغرياً على قيمة  $R_{x0}$  دون أن يقود ذلك إلى زيادة عمق السير (حالة جهاز البروكسي مبني)، يوضح الشكل (6 - 12) تخطيطياً الترتيب القطبي (اليمين) ونماذج خطوط التيار (يسار) لساير الميكروسيفل.



شكل (6 - 12) التشكيل القطبي للميكروسيفل

وشكل خطوط توزع التيار في الوسط المقاوم.

ينبع تيار السير (المسار) خارجياً من المسرى المركزي  $A_0$ ، بينما التيارات المساعدة (الممساعدة) بين الأقطاب  $A_0$  و  $A_1$ ، حيث تسرى في كعكة الحفر بصورة رئيسية وبشكل جزئي في الطبقة.

يتم قياس  $I_0$  الذي تتعلق شنته مباشرة مع الطبقة، نتيجة لضروره فيها، ثم سرعة يتركها يعود إلى القطب البعيد  $B$ . وإنجاز ذلك، فإن التيار الجانبي يضيئ بحيث يجعل كمون قطب التنظيم مساويا للصفر. وبإيجاز تيار القياس ليسري مباشرة داخل الطبقة، فإن تأثير مقاومية كعكة الحفر في استجابة السابورة يصبح أصغريا، ويكون للسابورة عمق سير صالح جدا.

تعمل هذه السابورة على مبدأ جعل سطوح الكمون الناتجة عن التيار الذي ترسله السابورة ذات شكل كروي تقريبا، يتحقق بتوجيه خطوط التيار بوساطة مسارين مساندة كما في التقارير والموجهة الدقيقة، وعواضا عن جمع هذه الخطوط في حزمة ضيقة وتوجيهها أفقيا، يتم منها فقط من الجريان في سائل الحفر والكعكة الطينية، وهكذا يتم التحكم بتبعاد هذه السابورة وتحقيق حل أمثل يكون فيه عمق الاختراق مناسبا للغاية، أي ليس عميقا ولا ضحلا، يسمح بالحصول على قيمة حقيقة لمقاومة القطاع المغسول ( $R_{X0}$ ).

#### ب - الاستجابة وقواعد التفسير:

تتميز سابر الميكروسيفل بميزتين إيجابيتين مقابل الأجهزة الدقيقة الأخرى التي تعين  $R_{X0}$ .

الميزة الأولى: هي أن استجابة السابورة مرتبطة بالمناطق الضحلة القريبة من حفرة البتر ( $R_{X0}$ ) بالرغم من وجود كعكة الحفر حيث أن تسجيلات الميكرولاترولوج الحساس للكعكات الحفر وخاصة عندما تزيد سمامة كعكة الحفر عن 3/8 بوصة فإن القراءات التسجيل تكون متأثرة بشدة عند قيم متباينة جدا في  $R_{X0}/R_{mc}$ . من ناحية أخرى، فإن قياس البروكسي متى هو نسبيا أقل تأثرا بكعكات الحفر، ولكنه يتطلب منطقة مغذوة بقطر ( $d$ ) حوالي 40 بوصة من أجل أن يزودنا بقيمة حقيقة و مباشرة قريبة جدا لـ  $R_{X0}$ .

الميزة الثانية: إمكانية جمعها مع سوابير تسجيلات أخرى، وذلك ضمن مجموعة سوابير DIL وسوابير DLL، مما يلغى الحاجة إلى تنفيذ قياس أو تسجيل مستقل للحصول على معلومات تتعلق بمقاومة المنطقة المغسلة ( $R_{X0}$ ).

إن 90% من استجابة الميكروسيف تتعلق بمسافة تبعد حوالي 4 - 5 بوصات عن الوسادة، بينما تكون الاستجابة العمودية لتمييز الطبقات حوالي 12 بوصات أي قدم واحد. أي أن جهاز الميكروسيف يعد جهازاً تصبيلاً لتمييز الطبقات الرقيقة ذات السماكة الأكبر من قدم واحد.

ويمكن القول إن السايرة الدقيقة الموجهة كرويا تستخدم بشكل أساسي من أجل:

- الحصول على مقاومية المنطقة المغسولة  $R_{X0}$  بدقة رغم الظروف البترية الصعبة (سوائل حفر متوعة، جدران بئر غير مستوية، كعكات حفر سميكة وغير متجانسة).

- تحديد السطوح الفاصلة بين الطبقات ووضع عصود ليتولوجي للبئر نظراً لارتفاع حدة التمييز ولسهولة إجراء القياسات بها.

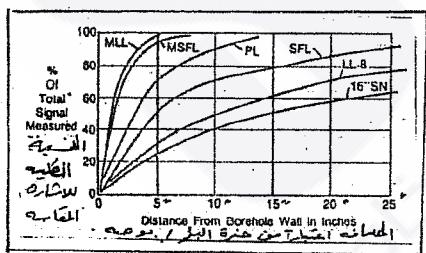
#### 6 - 3 . الفئات العامة لأجهزة مقاومية الدقيقة وتعيين مقاومية المنطقة المغسولة:

6 - 3 - 1 - الاستجابة القرطية أو عمق السير للأجهزة الدقيقة:

تصف كل سايرة مقاومية دقيقة بعمق سير خاص، ومن المهم معرفة ما مقدار كل عمق سير بالنسبة لكل جهاز وذلك بغية اختيار السايرة المناسبة لتنفيذ العمل المطلوب.

إذا كان الغزو سطحياً، فتحتاج إلى جهاز ذي عمق سير سطحي، يتم معه قراءة  $R_{X0}$  من دون تأثير معين من  $R_4$  (MLL, MLL, ML). وبالعكس في حالات وجود الغزو العميق، فإن سايرة مقاومية الدقيقة سوف تومن قراءة  $R_{X0}$  محررة من أي تأثير لـ  $R_{mc}$ .

وكما بالنسبة للأجهزة الأخرى، لا يوجد قيمة وحيدة بالنسبة لعمق سير يمكن استخدامها، وعلى الأغلب يجب استخدام العامل الهندسي.



شكل (6 - 13) عمق السير لأجهزة مقاومية الدقيقة وأجهزة مقاومية الضحلة الموجهة.

يوضح هذا العامل كيف أن كمية معينة من الإشارة الكلية للسايبر يتم تلقيها من حجم الطبقة الممثل بالمسافات (معبّر عنها بالبوصات) من جدار حفرة البئر (شكل 6 - 13) يوضح الجدول (6 - 1) المقدار التقريري لعمق السير للأجهزة المقاومية الدقيقة عند تلقي حوالي % 90 من الإشارة الكلية المقاسة.

### 3 - 2 - الاستجابة العمودية أو قدرة تمييز الطبقات:

تماماً مثل كل جهاز مقاومية دقيق يتصرف بعمق سير معين، فإذاً كل جهاز يتصرف بقدرة استجابة وتمييز للطبقات خاصة، ويعني هذا أن بعض السواير هي أفضل من الأخرى عند تمييز الطبقات الرقيقة. فالأجهزة ذات الاستجابة المناسبة للطبقات السميكة تكون عمياً بالنسبة لتدخلات غضارية أو رملية بسماكة ثلاثة طبقات التي لا ترى إلا بجهاز ذي إستجابة مناسبة (ML, MLL). يبين الجدول الحد الأقصى لتمييز سماكة الطبقات بالأجهزة المقاومية الدقيقة وبالأجهزة الموجهة الضحلة وبجهاز عادي قصير (16).

جدول (6 - 1) مقارنة لأعماق السير والاستجابة العمودية للأجهزة المقاومية الدقيقة والضحلة الموجهة.

الجهاز	الرمز	استجابة 90% عند حمق (بوصة)	الاستجابة العمودية الحد الأصغرى (بوصة)
ميكرولوغ	ML	1	3
ميكرولاترولوغ	MLL	4	$\frac{1}{2}$
ميكروسييل	MSFL	$\frac{1}{2}$	12
بروكسي ميتي لوغ	PL	10	12
السييل	SFL	24	12
لاترولوغر - 8	LL8	49	12
العادى القصير in 16	SN	70+	18

### ٣ - ٣ - تعين مقاومية المنطقة المغسولة ( $R_{x0}$ ):

يتم تعين  $R_{x0}$  من تسجيلات الميكرولاترولوغ والميكروسيقل، وفي بعض الأحيان يتم أخذها من تسجيلات الميكرولغ أو البروكسي ميتي لوغ. والأجهزة الواسانية المستخدمة لتعيين  $R_{x0}$  حساسة لتأثير ثانية الطبقات.

يتم تصحيح القيم المقرودة من قياسات المقاومية الدقيقة بالنسبة لتأثير كعكة الحفر. تزودنا شركات الخدمة الجيوفيزياتية البترية بلوحات بيانية خاصة بالجهاز المستخدم. يتعلق التصحيح بسماكه كعكة الحفر وبالتالي بين مقاومية كعكة الحفر والمقاومة الدقيقة المقاسة. يتم استنتاج سماكة كعكة الحفر عادة من المقارنة بين قطر البئر الحالي المقاس بالكالاير أو الميكروكالاير وبين قطر الدقاق الخارجي الذي تم فيه الحفر. وعندما يكون قطر البئر الحالي مساوياً لقطر الدقاق فمن الصعوبة تعين سماكة الكعكة مقابل الوسادة، وفي حالة غياب قياسات المقاومية الدقيقة، فإن قيمة  $R_{x0}$  يمكن أن تعين من المسامية باستخدام المعادلة مثل:

$$R_{x0} = \frac{0.62 R_{mf}}{\phi^{2.15} (1 - S_{or})^2}$$

حيث يتم تعين  $\phi$  من تسجيلات المسامية وفرض أو تقدير قيمة  $S_{or}$  (نسبة التشبع بالمواد الهيدروكربونية المتبقية). في حالة الطبقات المائية يكون التعين جيداً طالما أن  $S_{or}$  قد تم اتخاذه بأمان (تقريباً مساوياً للصفر). أما في الطبقات الهيدروكربونية الحاملة فإن أي دقة غير أكيدة في  $S_{or}$  سوف طبعاً يمكن أن ينعكس في تعين قيمة  $R_{x0}$  وفق المعادلة السابقة.

### ٣ - ٤ - تطبيقات تسجيلات المقاومية الدقيقة:

تقدّم سواير المقاومية الدقيقة معطيات مهمة وكذلك يتم تعين بعض المعايير الهامة:

- الربط أو المضاهاة بين الآبار أو الطبقات، التشبع للمنطقة المغسولة ( $S_{x0}$ )، التشبع بالمواد الهيدروكربونية. المتبقية ( $S_{or}$ )، حرکية وكثافة المواد الهيدروكربونية، قطر منطقة الغزو، تصحيحات الغزو بالنسبة لأجهزة المقاومية العميقية، تمييز أو تحديد الطبقات الرقيقة.

## الفصل السابع

### قياسات المقاومية والناقلية الكهربائية بالأجهزة التحريرية

#### INDUCTION RESISTIVITY OR ELECTRICAL CONDUCTIVITY LOGS

تقوم أجهزة القياسات التحريرية بقياس الناقلية الكهربائية للأوساط المتعددة المحيطة بهذه الأجهزة. لقد تم إدخال هذا النوع من القياس في عام 1949، وأصبح أكثر أهمية في عام 1955، والآن بعد القياس الكهربائي السادس.

لقد تم تطوير السوابير التحريرية أساساً لقياس مقاومية أو ناقلية الطبقة في حالة احتواء البئر على سائل حفر ذي أساس نفطي وفي حالة الآبار المحفورة بالهواء، ذلك لأن الأجهزة الكهربائية التقليدية والموجهة لا تعمل في هذه السوائل غير الناقلة، وإن كافة المحاولات لاستخدام أقطاب ملائمة بشكل جيد لم تكن مرضية وكافية بالغرض.

لقد أكدت حالياً الخبرات بأن التسجيلات التحريرية لها عدة مميزات بالعلاقة مع تسجيلات المقاومية التقليدية (ES) عندما يتم الحفر بسائل ذي أساس مائي. وكذلك فإن تصاميم الأجهزة التحريرية لتحقيق سير عميق وتوجيه فعال من أجل التقليل الأصغرى لتأثير حفرة البئر، والطبقات المجاورة والمنطقة المغذوة قد تم تحقيقه بشكل جيد.

#### 7 - المبدأ ودراة القياس:

تحوي السوابير التحريرية عدة وشائع من المستقبلات والمرسلات. ومهما يكن فإن المبدأ يمكن أن يشرح باعتبار سابر تتحوي فقط وشيعة مرسلة ووشيعة مستقبلة (شكل 7 - 1).

يتم تمرير تيار كهربائي متذبذب عالي التردد (KHZ 20) ثابت الشدة في الوشيعة المرسلة، ينشأ عنده حقل كهرمغناطيسي متذبذب (EM) ينتشر في الوسط المجاور. يحرض هذا الحقل الكهرمغناطيسي (EM) تيارات كهربائية متذبذبة (متخرضة) في نواقل الوسط، تسري في دارات مغلقة متمحورة مع الوشيعة،

نسميهها تيارات فوكو (Foucault Current). تولد هذه التيارات حقولاً كهرومغناطيسياً ثانوياً في الوسط، يحرض كموناً متلائماً في الوشيعة المستقبلة. إذا كان التيار المتلاب المار في الوشيعة المرسلة ثابت التردد والرسعة، فإن شدة التيار التحرريضي تتاسب مباشرة مع ناقليّة الوسط. وهذا فإن ناقليّة الوسط تعين قوّة الحقل الكهرومغناطيسي الثانوي، ومن ثم الجهد (الكمون) في الوشيعة المستقبلة.

ويمكن تبسيط هذه العلاقة كمياً من خلال مفهوم وحدة الدارات الحلقية الأرضية، وحدة الدارة الحلقية الأرضية (Ground Loop) هي عبارة عن

أنشوطة دائيرية من الوسط المتجلّس متّحورة مع محور الوشائع، ولها مساحة مقطوع عرضي تعادل الواحدة (شكل 1-7).

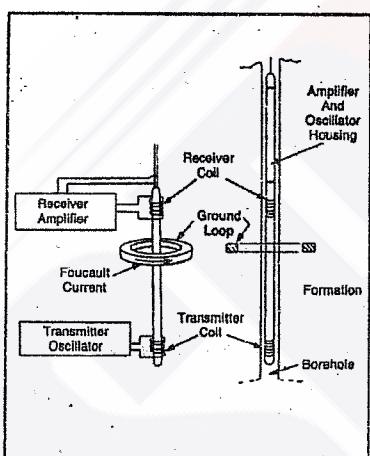
ويمكن رؤية الوسط المحيط حول الوشائع المرسلة والمستقبلة مقسماً إلى مثل هذه الوحدات من الدارات الحلقية الأرضية، وكل منها تتصرف بـ (1) مساحة الوحدة (2) الناقليّة  $C_i$  و (3) الوضعيّة الفراغية  $Z$ .

شكل (7 - 1) مبدأ جهاز تحرريضي ذي وشيعتين

وهكذا يكون الجهد المتحرّض في الوشيعة المستقبلة  $V_i$  من قبل التأثير المتبادل لعدد  $n$  من الدارات الحلقية الأرضية الناشئة عن الحقل الكهرومغناطيسي المترافق عن الوشيعة المرسلة يساوي.

$$V_i = K_{gi} C_i$$

حيث  $K$  ثابتة الجهاز التي تعتمد على شدة وتردد التيار المرسل، مقاييس الوشيعة المرسلة، مقاييس الوشيعة المستقبلة، والتبعاد بين الوشائع،  $C_i$  ناقليّة دارة حلقية  $i$ ،  $K_{gi}$  العامل الهندسي لدارة حلقية  $i$ .



وإن أية إشارة ناتجة مباشرة عن مجموعة الوشائع المستقبلة والمرسلة يتم حسابها بقياس الدارات، هذا وإن الإشارات التي يتم استقبالها بوساطة الوشيعة المستقبلة تضخم وترسل بوساطة الأسلام الناقلة إلى الأجهزة السطحية.

تتألف السواير التحريرية المستخدمة في الخدمة، من عدد من وشائع الإرسال والاستقبال، تسمح بتجويم الحقل الكهر مغناطيسي وتخفيف تأثير جوار البتر التفريج (سائل الحفر، كعكة الحفر، المنطقة المغزوة) وتتأثر الطبقات المجاورة على تسجيلات السايرة إلى أدنى حد ممكن.

#### 7 - 2 - مميزات الأجهزة التحويالية:

- طول الجهاز  $L$  ويساوي إلى المسافة بين الوشيعة الرئيسية المستقبلة والوشيعة الرئيسية المرسلة.

- نقطة التسجيل (0) وتوجد عند منتصف المسافة بين الوشائع الرئيسية وإلى النقطة نفسها يتم نسب الأعمق.

- عدد الوشائع الثانوية المساعدة والرئيسية.

- الاستجابة العمودية وعمق السير القطري.

#### 7 - 3 - العامل الهندسي للأجهزة التحويالية:

إذا تم تبسيط النموذج المقاس (جهاز مركز وطبقة متاجسة ومتزاوية الخواص) فإن استجابة السايرة يمكن حسابها كمجموع للإشارات العنصرية الناشئة عن جميع الدارات الحقيقة الأرضية المتحدة محورياً مع السايرة، ويتم إهمال التحريرض الذاتي المتبادل بين التيارات الحقيقة الأرضية.

وكل إشارة عنصرية تتاسب مع الدارة الناقلة والعامل الهندسي الذي يتبع وضعية الدارة الحقيقة الأرضية (ground Loop) بالنسبة إلى الوشائع المستقبلة والمرسلة، ولأجل ذلك يكون لدينا:

$$V = K \sum g_i C_i$$

ومجموع  $\sum g_i$  يمثل  $g_i$  العامل الهندسي للوسط المحدد كنسبة من إشارة الناقلة الكلية التي ساهمت بالوسط المعين. وكما نرى يمكن للطبقة أن تقسم إلى مجموعة من القطاعات الأسطوانية المتحدة المركز مع الجهاز (جهاز مركز)

وتوافق هذه مع عمود سائل الحفر، المنطقة المغزوة، الطبقة غير المتأثرة والطبقات المجاورة.

ويمكن التعبير عن الإشارة الكلية بالعلاقة:

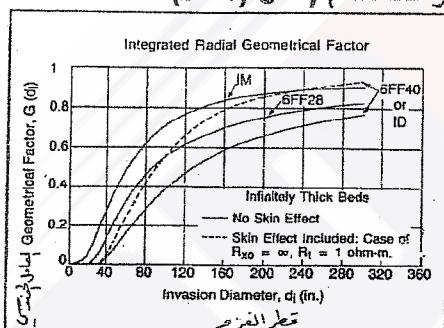
$$C_I = G_m C_m + G_{x_0} C_{x_0} + G_t C_t + G_s C_s$$

$$G_m + G_{x_0} + G_t + G_s = 1 \quad \text{حيث أن:}$$

كما أن  $G_x$  العامل الهندسي بالنسبة لقطاع منطقة محددة.

وهكذا فإن حجم الفراغ المحدد فقط بمقاييس الهندسي بالعلاقة مع الجهاز يكون

ثابتًا ويتم حساب العامل الهندسي تبعاً للجهاز المستخدم (شكل (2 - 7).



شكل (2 - 7) العوامل الهندسية لأجهزة تحربيية

لقد صممت السواير التحربيية لتقدير  $R_t$ ، لهذا من المهم التقليل إلى الحد الأدنى تأثيرات سائل الحفر، المنطقة المغزوة، والطبقات المجاورة، وتحقيق ذلك بتخفيض العوامل الهندسية بالإشارة الموجهة.

ترىنا الحسابات أن كل وسط يدخل في القياس، يسهم في قيمة الإشارة الناتجة، أي بقيمة الناقلة الظاهرة  $C_A$ . وينتشر كل وسط بالقيمة الناتجة عن ناقليته مقرونة بعامله الهندسي أي بالنتائج ( $G_X$ ). ويمكن حساب العامل الهندسي لكل قطاع على حدة، إذا أهملنا التأثير المتبدل للتغيرات المتولدة في كل منها والذي يكون على أشدّه عندما تكون ناقليته كبيرة (بسبب الظاهرة الجلدية).

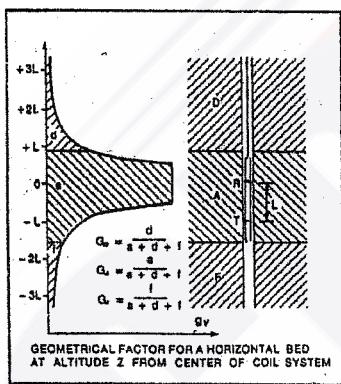
وتحتمد قيمة الإشارات المستقبلة على الامتداد القطري للإشارات الصادرة عن الوشيعة المرسلة أي على العامل الهندسي الأفقي وأيضاً على الامتداد العمودي لهذه الإشارات أي على العامل الهندسي العمودي.

ويسمح تعريف العامل الهندسي ببناء لوحة تصريح رياضية، لحساب تأثيرات حفرة البئر وسائل الحفر، والمنطقة المغزوة والطبقات المجاورة على قياس  $R_t$ ، مقدمة تمايز للحلول الموجدة.

- العامل الهندسي الأفقي ( $G_H$ ) ويدعى أيضاً بعامل الامتداد القطري والذي يمكن تحديده بالعامل الهندسي للوسط المحدد بوساطة أسطوانة متحورة مع جهاز القياس وذلك في حالة أن قطر هذه الأسطوانة يزداد من الصفر وحتى الالهائية ويعطي بالعلاقة التالية:

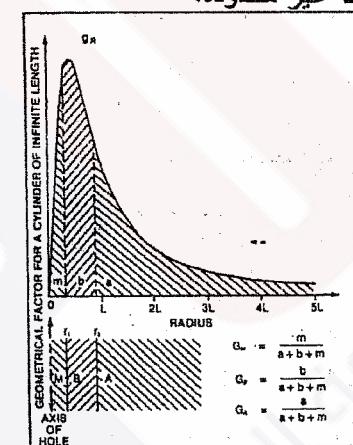
$$G_H = \int_{-\infty}^{+\infty} g_i dz$$

ويمثل الشكل (7 - 3) قيمة تغير العامل الهندسي الأفقي مع الاتجاه القطري في حالة سايرة تحوي على وشيعتين ونفرض هنا أن الأسطوانة غير محدودة الطول، أي أن الطبقة لها سمكية غير محدودة.



شكل (7 - 3) توضيح لخاصية السير القطري لجهاز تحريري مكون من وشيعتين.

- العامل الهندسي العمودي ( $G_V$ ): ويدعى أيضاً بعامل الامتداد العمودي للطبقة الأفقيّة، حيث يمثل التأثير الهندسي للطبقات المجاورة وذلك تبعاً إلى المقاييس الهندسية للطبقة المدروسة بالاتجاه العمودي (شكل 7 - 4).



شكل (7 - 4) توضيح لخاصية السير العمودي لجهاز تحريري مكون من وشيعتين.

لaimثل النظام البسيط المكون من وشيعتين السايرة التحريريّة المستخدمة في الوقت الحاضر. ومع ذلك إذا استطعنا عذّ عمل سايرة ذات عدّة وشائع تكافئ سايرة مكونة من وشيعتين ويتم ذلك بتقسيم أو تجزئة السايرة إلى عدّة أزواج من

#### 7 - 4 - التوجيهيّ