الفصل الثاني

الزلازل وعلاقتها بتكتونية الصفائح

Les séismes

تمـهـيـد إشكـالي:

"شاهد علي برنامجا وثائقيا يتحدث عن زلزال الحسيمة الذي حدث يوم 24 فبراير 2004 وعن آثاره الوخيمة على مدينة إمزورن. وأشار البرنامج إلى أن هذه المنطقة معرضة باستمرار لحدوث الزلازل ومن حين لآخر يشعر سكانها بهزات أرضية، فاستفسرك:

- لماذا تحدث الزلازل؟ وكيف يقيسون شدتها؟
- لماذا الحسيمة، مثلا، معرضة باستمرار لحدوث الزلازل بينما هناك مناطق أخرى شبه آمنة منه؟ "

I- ماهي بعض خصائص الزلازل؟

تعتبر الزلازل هزات أو سلسلة من الهزات الارتجاجية التي تصيب مناطق معينة من الكرة الأرضية، وتكون مدة حدوثها قصيرة إلا أنها تعد من الكوارث الطبيعية إذ تنجم عنها خسائر جسيمة في الأرواح والمنشآت، كما قد تتسبب في تغيرات على مستوى المناظر الطبيعية كانحراف مجاري المياه وانهيار الصخور وظهور الشقوق ...

1- شدة الزلزال.

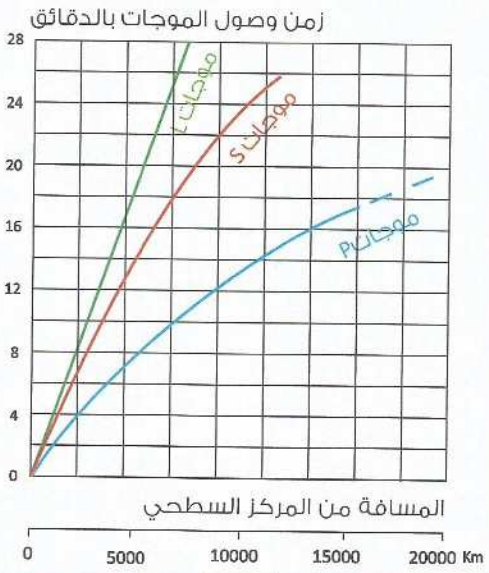
- يمكننا قياس شدة الزلزال بالاعتماد على تصريحات الشهود وجرد الخسائر التي لحقت بالمنشآت وهو ما يعرف بسلم Mercali (1902) الذي يتكون من 12 درجة والذي عدل من طرف Medvedev و Sponheuer و Karnik سنة 1964 فأصبح يعرف باسم سلم M.S.K (و1 في ور).
- عند حدوث زلزال تنتشر من مركزه هزات في جميع الاتجاهات على شكل موجات زلزالية يمكن تسجيلها باستعمال جهاز خاص يسمى مسجل الهزات Sismographe.
- من خلال سجل الاهتزازات المبين في و8 ص 18 (و2 في ور) نميز 3 موجات زلزالية les ondes sismiques:
  - ✓ P الأولية primaire وهي الأسرع.
  - ✓ S الثانوية Secondaire وهي أقل سرعة من P.
  - ✓ L الطويلة Longue وهي الأبطأ.

Moutamadris.ma

تمرين 5

توضح الوثيقة1 مدة إنتشار الموجات الزلزالية P و S و L بدلالة المسافة إنطلاقا من مركز سطحي يبعد عن مسجل الهزات ب 5000Km :

وث.1 مدة إنتشار الموجات الزلزالية بدلالة المسافة من المركز السطحي



1 - استخرج من الوثيقة1 المدة الزمنية (بالدقائق) التي إستغرقتها كل موجة على حدة

2 - احسب سرعة إنتشار الموجات الثلاث بـ Km/s

3 - إذا علمت أن الموجة الزلزالية P سجلت أيضا في محطتين تبعدان على التوالي بـ 10000Km و13000Kmg عن نفس المركز السطحي.

أ – اوجد مدة إنتشار الموجة P بالمحطتين :

ب – احسب سرعة إنتشار الموجة P بالمحطتين :

ت– قارن سرعة إنتشار الموجة الزلزالية P في المحطات الثلاث :

4 - اقترح تفسيرًا للاختلاف الملاحظ :

Moutamadris.ma

- انطلاقا من وسع الموجات الزلزالية قام العالم الأمريكي Richter سنة 1935 بحساب الطاقة المحررة من مركز الزلزال فأنجز سلما من 9 درجات يعد أكثر دقة من سلم M.S.K.

2- المركز السطحي للزلزال Epicentre.

تمرين:

- بعد حدوث زلزال يقوم الأخصائيون بتوزيع استمارات على السكان لستثمارها من أجل إنجاز خريطة زلزالية تمثل عليها المناطق المتساوية الشدة حسب سلم M.S.K بواسطة خطوط تسمى المنحنيات الزلزالية (و9ص19).

1- اعتمادا على هذه الوثيقة حدد المنطقة التي تعرضت لأقوى شدة اهتزاز.

2- كيف تتغير شدة الاهتزاز على هذه الخريطة؟

تصحيح التمرين:

1- المنطقة التي تعرضت لأقوى شدة اهتزاز هي الممثلة بالمنحنى الزلزالي المركزي (ياشيش) وبذلك تسمى المركز السطحي للزلزال Epicentre.

2- تنخفض شدة الاهتزاز كلما ابتعدنا عن المركز السطحي للزلزال.

3- بؤرة الزلزال le foyer sismique (Hypocentre).

- ينتج الزلزال نتيجة كسور مفاجئة للكتل الصخرية (فوالق) في أعماق معينة تتراوح عموما بين 1km و 700km. ويسمى موقع الفالق الذي نجم عنه زلزال: بؤرة الزلزال Hypocentre أي من حيث تنتشر الموجات الزلزالية في جميع الاتجاهات.
- يوجد المركز السطحي عموديا فوق البؤرة، وتسمى المسافة الفاصلة بينهما: عمق البؤرة la profondeur du foyer (و2).

II- ماهي المعلومات التي تمدنا بها الموجات الزلزالية حول تركيب الأرض؟

- بما أن تقنيات الحفر لا تتجاوز بضعة كيلوميترات فبإمكاننا استنتاج تركيب الكرة الأرضية اعتمادا على تغير سرعة انتشار الموجات الزلزالية حسب العمق.
- اعتمادا على دراسة الوثيقة 13 ص 70 يتبين أن سرعة انتشار الموجات الزلزالية P وS تعرف تغيرات مفاجئة في أعماق معينة تسمى انقطاعات:
  - * انقطاع Mohorovicic في عمق 30 كلم
  - * انقطاع Gutenberg في عمق 2900 كلم
  - * انقطاع Lehman في عمق 5155 كلم
- نستنتج أن الكرة الأرضية تتكون من عدة أغلفة متراكزة (و 3) تختلف من حيث السمك والكثافة التركيب الكيميائي، والتي نلخصها في الجدول الآتي:

Moutamadris.ma

تركيب الكرة الأرضية		الخصائص
القشرة الأرضية La croûte terrestre		وتضم: - قشرة قارية ذات سمك بين 30 و65 كلم وكثافة متراوحة بين 2,7g/cm3 و3g/cm3. - وقشرة محيطية ذات سمك متراوح بين 5 و15 كلم وكثافة 3,2g/cm3.
الرداء le manteau كثافة متراوحة بين 3,3 و5,5g/cm3	رداء علوي Manteau superieur	- يمتد سمكه بين عمقي 30 كلم و 100 كلم في المتوسط، صلب ويشكل مع القشرة الأرضية : الغلاف الصخري la lithosphère
	رداء متوسط أو أستنوسفير Asthénosphère	- يمتد سمكه من عمق 100 كلم في المتوسط إلى عمق 700 كلم. ويتميز بكون الصخور منصهرة جزئيا على مستواه (99% صلب).
	رداء عميق أو ميزوسفير Mésosphère	- يمتد من عمق 700 كلم إلى عمق 2885 كلم وهو صلب.
نواة Noyau كثافتها من 9,5 إلى 12g/cm3	نواة خارجية Noyau externe	- تمتد من عمق 2885 كلم إلى عمق 5155 كلم، وهي سائلة حيث تتوقف الموجات الزلزالية S عن الانتشار.
	نواة داخلية أو بذرة La graine	- ويمتد شعاعها من عمق 5155 كلم إلى مركز الأرض (حوالي 6400ى كلم)، وهي صلبة

III- ما علاقة الزلازل بتكتونية الصفائح؟

تنتشر الزلازل في مناطق ضيقة من الكرة الأرضية تتطابق مع حدود الصفائح، أي مناطق تباعدها ومناطق تقاربها

1- ما مصدر الزلازل على مستوى مناطق التباعد (الذروات المحيطية)؟

- الذروة المحيطية سلسلة جبلية بركانية تمتد على طول منتصف المحيطات، ويتوسطها خندق عميق ضيق يسمى الخسف le rift.
- تعرف الذروات المحيطية حدوث الزلازل بكيفية مستمرة نادرا ما نشعر بها إلا أنها تسجل من طرف مسجلات الهزات.

Moutamadris.ma

- من خلال دراستنا لمجموعة من الوثائق يتبين أن القوى التمددية الناتجة عن تباعد الصفائح تؤدي إلى حدوث فوالق على مستوى القشرة المحيطية.
- تعتبر هده الفوالق مصدر الزلازل التي تعرفها الذروات المحيطية والتي تتميز ببؤر سطحية أو ضعيفة العمق.

2- ما مصدر الزلازل على مستوى مناطق التقارب (الحافات القارية النشيطة)؟

❖ تمرين مدمج

- تمثل الوثيقة 6 في ورقة الرسم خريطة توزيع بؤر زلزالية، والوثيقة 7 مقطعا جيولوجيا أنجز غرب أمريكا الجنوبية والوثيقة 8 رسما تخطيطيا للساحل الغربي لأمريكا الجنوبية.

1- اعتمادا على الوثيقة 6 حدد أين تتوزع البؤرالزلزالية؟

2- اعتمادا على الوثيقة 7 حدد كيف تتوزع البؤر الزلزالية في هذا المقطع؟

3- لتفسير هذا التوزيع نعتمد على الوثيقة 8

أ- ماذا يحدث للصفيحة المحيطية على مستوى المنطقة A؟ سم الظاهرة

ب-ماذا يحدث للصفيحتين على مستوى هذه المنطقة؟ وماذا ينتج عن ذلك؟

ت-من خلال ما سبق استنتج أسباب حدوث الزلازل على مستوى مناطق تقارب صفائح الغلاف الصخري؟

❖ تصحيح التمرين

1- تنتشر الزلازل على طول الشريط القاري الحدودي بين صفيحة أمريكا الجنوبية وصفيحة النازكا.

2- تتوزع البؤر الزلزالية في هذا المقطع على مستوى مائل، إذ يزداد عمقها من الحفرة المحيطية نحو القارة.

3- أ- على مستوى المنطقة A تنزلق الصفيحة المحيطية تحت الصفيحة القارية وتنغرز في الأستينوسفير. تسمى هذه الظاهرة: الطمر la subduction.

Moutamadris.ma

ب- تتقارب الصفيحتان على مستوى منطقة الطمر ويؤدي الاحتكاك بينهما إلى حدوث فوالق انضغاطية.

ت- تؤدي القوى الانضغاطية الناتجة عن تقارب الصفيحتين على مستوى مناطق الطمر إلى حدوث فوالق على طول المستوى المائل للصفيحة المنغرزة. تعد هذه الفوالق مصدرا للزلازل التي تعرفها هذه المناطق والتي تتميز ببؤر عميقة.

3- خلاصـــــة

- تؤدي القوى التمددية الناتجة عن تباعد الصفائح إلى حدوث فوالق على مستوى القشرة المحيطية، تعد مصدرا للزلازل التي تعرفها الذروات المحيطية والتي تتميز ببؤر سطحية أو ضعيفة العمق.
- تؤدي القوى الانضغاطية الناتجة عن تقارب الصفيحتين على مستوى مناطق الطمر إلى حدوث فوالق على طول المستوى المائل للصفيحة المنغرزة. تعد هذه الفوالق مصدرا للزلازل التي تعرفها هذه المناطق والتي تتميز ببؤر عميقة.

Moutamadris.ma

وث1 صور لمخلفات زلازل – *Dégats de séismes*

زلزال أفغانستان 2008 ◄

مخلفات زلزال ◄

وث2 سلم ميركالي أو M.S.K

الدرجة 1 : الزلزال لا يحس به الإنسان ويحس به الحيوان وتسجله الأجهزة فقط.

الدرجة 2 : الزلزال يشعر به بعض الأشخاص الواقفين.

الدرجة 3 : هزات تشبه تلك التي يحدثها مرور شاحنة صغيرة .

الدرجة 4 : هزات يشعر بها الأشخاص بالطوابق العليا للعمارات.

الدرجة 5 : زلزال يشعر به جميع الأشخاص مع تحريك الأثاث و الأشياء المعلقة.

الدرجة 6 : إستيقاظ النائمين ورنين للأجراس ورعب عام.

الدرجة 7 : ظهور بعض الشقوق الصغيرة في جدران البنايات الحديثة.

الدرجة 8 : ظهور شقوق كبيرة في البنايات الحديثة.

الدرجة 9 : هدم جزئي أو كلي لبعض البنايات.

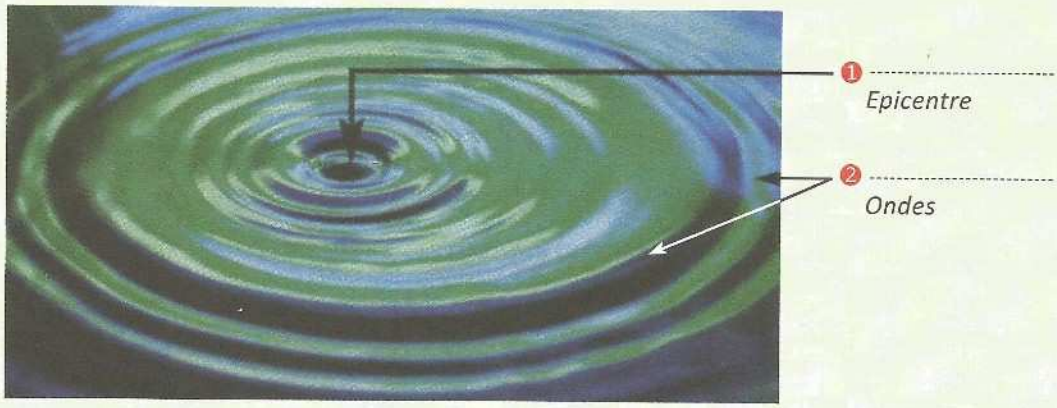
الدرجة 10 : هدم كلي للبنايات والقناطروكسر قنوات الواد الحار.

الدرجة 11 : هدم كلي للقناطر والسدود واعوجاج السكك الحديدية.

الدرجة 12 : زوال كل المنشآت البشرية و تغيير طبوغرافية المنطقة مع إنحراف المجاري المائية.

Moutamadris.ma

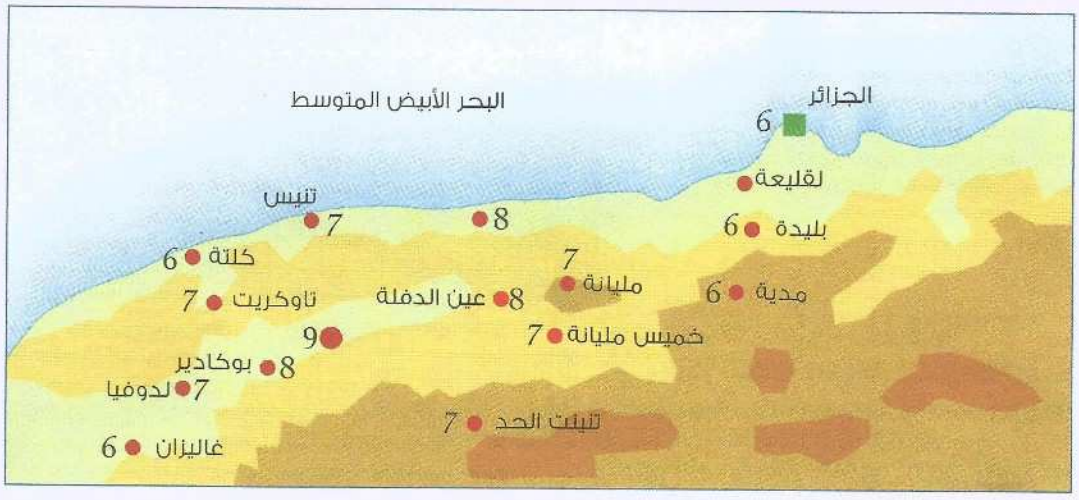
وث.3 كيفية تجسيد تشكل وإنتشار الموجات الزلزالية (سطح بركة مائية)



1- ماذا يمثل السهم 1 في الحقيقة؟ .....

2- ماذا يحدث للأشكال 2 كلما إبتعدنا من 1 ؟ .....

تمريـــن 1



▲ خريطة مبسطة لشمال الجزائر

1- إنطلاقا من سلم MSK والوثيقة أعلاه حدد الخسائر الناتجة عن الزلزال بكل من : بليدة، شلف، مليلية، بوكادير، الجزائر العاصمة: .....

.....

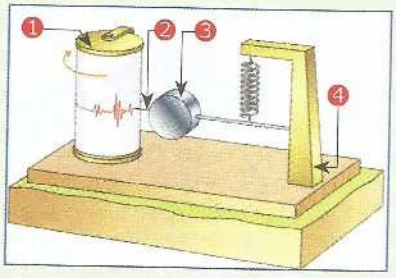
2- حدد المدن التي عرفت نفس شدة الزلزال بواسطة خط متعرج، ماذا يمثل كل خط و ماذا تمثل الخريطة المحصل عليها ؟ .....

3- حدد المركز السطحي للزلزال ثم عرفه: .....

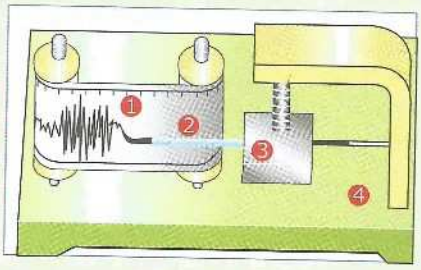
.....

Moutamadris.ma

وث.4 مسجل الهزات – *Sismographe*



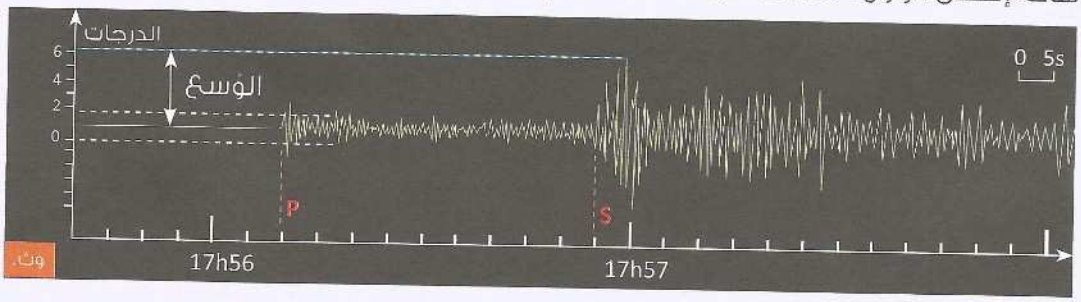
1 ـ أسطوانة مسجلة
2 ـ قلم مسجل
3 ـ نواس ذو كتلةكبيرة
4 ـ دعامة



تمرين 2

إنطلاقا من قياس وسع الموجات الزلزالية المسجلة تمكن العالم Richter من وضع سلم مفتوح من 9 درجات معتمداً على الطاقة الحرارية المنبعثة من الفالق الباطني المتسبب في الزلزال.

ساعة إنطلاق الزلزال : 17h55.00 (I= الشدة حسب MSK و M= الدرجة حسب ريشتر)



1- حدد الوقت التقريبي لوصول الموجتين P و S : .....

2- بماذا تفسر المدة الزمنية التي استغرقتها الموجة P للوصول إلى محطة التسجيل؟

.....

3- كيف تفسر الفارق الزمني بين P و S علما أنهما إنطلقتا في وقت واحد من البؤرة ؟

.....

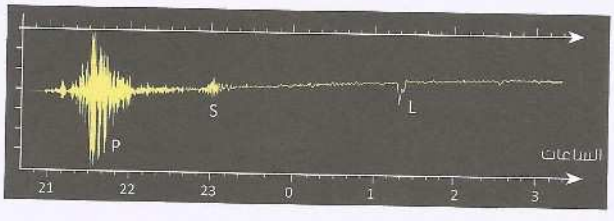
4- احسب سرعة إنتشارالموجات P علما أن المسافة الفاصلة بين المحطة والبؤرة: 700km.

.....

5- إعتمادا على سلم MSK و العلاقة M= 1+2I/3 حدد الخسائر المسجلة بالمكز السطحي.

تمرين 3

تسلسل وصول الموجات الزلزالية إلى مسجل الهزات يبعد ب 9000Km عن المركز السطحي للزلزال

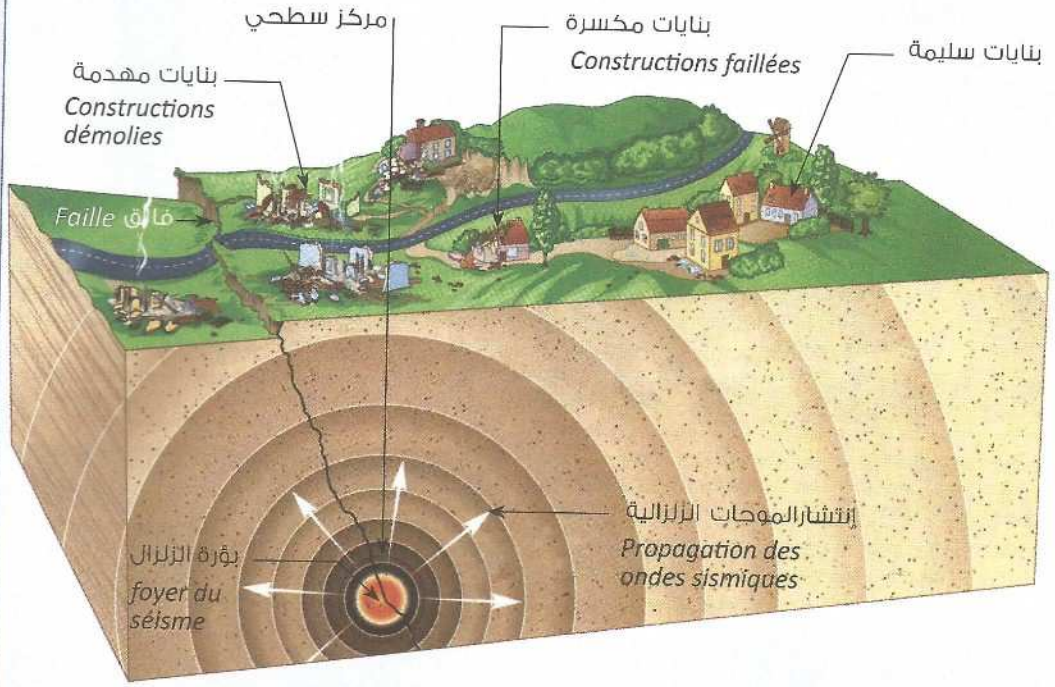


1 - حدد أنواع الموجات الزلزالية .

2 - استخرج من الوثيقة جانبه الساعة التي سجلت فيها كل موجة .

Moutamadris.ma

وث. مجسم يبين خصائص الزلزال



1 - كيف تنتشر الموجات الزلزالية إنطلاقا من البؤرة؟ .....

2 - حدد موقع المركز السطحي بالنسبة للبؤرة : .....

3 - أ : عرف البؤرة : .....

.....

ب : عرف المركز السطحي : .....

.....

4 - صف شدة الدمار الذي يصيب المنطقة كلما ابتعدنا عن المركز السطحي : .....

.....

5 - حدد مصدر الهزات الزلزالية : .....

Moutamadris.ma