

Géologie Générale



SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE



UNIVERSITÉ CADI AYYAD
FACULTÉ POLY-DISCIPLINAIRE DE SAFI
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Filière
Sciences de la vie (SVI)

Semestre 1

Module M3 : Géologie générale

**MANUEL DES EXERCICES CORRIGÉS DES SUJETS
D'EXAMENS**

**SISMOLOGIE ET STRUCTURE INTERNE DE LA
TERRE**

Par :

Chafik NAKHCHA, Professeur à la faculté Polydisciplinaire de Safi

Année universitaire : 2021/2022

I. INTRODUCTION

Le présent manuel est un polycopié qui regroupe des exercices corrigés de Sismologie et structure interne de la terre. La plus part de ces exercices ont fait l'objet des sujets d'examens depuis l'année universitaire 2004 – 2005.

II. EXERCICES CORRIGES DE SISMOLOGIE ET STRUCTURE INTERNE DE LA TERRE

Exercice 1 :

1. Pour chaque question, une seule réponse est correcte, laquelle ?

A. Les séismes tectoniques sont :

1. des séismes qui permettent la libération de l'énergie provoquée par les mouvements de failles.
2. des tremblements de terre liés à des éruptions volcaniques
3. des vibrations sismiques provoquées par des explosions nucléaires

B. Les ondes P sont :

1. des ondes sismiques longitudinales qui ne se propagent que dans les solides.
2. des ondes de longues périodes qui font vibrer les particules du milieu dans le seul plan horizontal.
3. des ondes sismiques de compression - dilatation qui font vibrer les particules du milieu le long de la direction de leur propagation.

2. Répondez par vrai ou faux (cochez X dans la case exacte):

	Vrai	Faux
1. Les ondes S sont plus rapides que les ondes L		
2. La discontinuité de Moho est la limite entre la croûte et la lithosphère		
3. L'intensité d'un séisme est déterminée à l'aide des sismomètres		
4. L'asthénosphère est constituée par le manteau inférieur		
5. La densité de la croûte océanique est plus faible que celle de la croûte continentale		
6. L'origine des séismes tectoniques est le jeu des failles		
7. La partie superficielle du manteau forme la base de la lithosphère		
8. Le manteau est situé entre la croûte et le noyau		
9. La vitesse de propagation des ondes sismiques de surface augmente avec la distance épacentrale		
10. Dans la zone d'ombre ou «anneau de silence». On peut enregistrer des ondes sismiques tardives qui résultent d'une réflexion sur la discontinuité de Lehman		
11. Les ondes sismiques ont des vitesses classées dans l'ordre suivant: VS >VP >VL		
12. La discontinuité de Moho est la limite entre la croûte et la lithosphère		
13. La magnitude d'un séisme est déterminée à l'aide des sismomètres		
14. L'intensité d'un séisme mesure l'énergie libérée sous forme de mouvements de bloc rocheux.		

15. La probabilité qu'un séisme survienne est la même en tout point de la surface du globe.		
16. Il est possible de connaître les valeurs d'intensités de certains séismes historiques (avant 1800)		

Exercice 2 :

1. Dans quel cas et pourquoi utilise-t-on l'échelle de Mercalli ? :
2. Comment déterminer les magnitudes des séismes ?
- 3) Quelle est la différence entre l'échelle de Mercalli et celui de Richter. ?
4. Citer les facteurs qui déterminent la forme et l'allure d'un sismogramme ?
- 5- En fonction de quoi varient les intensités des séismes ?
- 6 Quelles sont les caractéristiques des ondes sismiques P S et L ?
- 7 Quelle est la principale caractéristique de l'onde S.
- 8- A quel type d'onde appartiennent les ondes de Rayleigh

Exercice3 :

La **figure 1** représente Le sismogramme d'un séisme enregistré par une station loin de l'épicentre. Repérez, sur cette figure les ondes P S et L ?

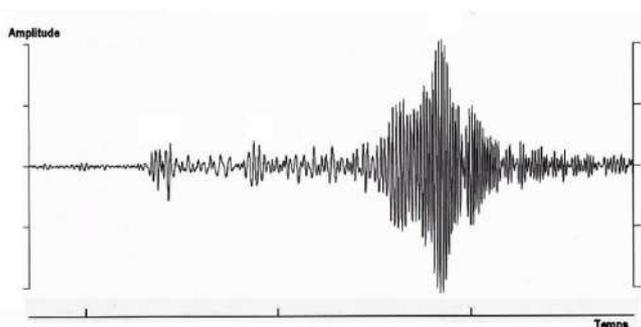


Figure 1

Exercice 4 :

La ville d'Al Hoceima a connu en 1994 un tremblement de terre qui a fait deux morts et des dégâts importants. La population a été questionnée et à chaque ville ou village a été attribué un chiffre correspondant à un degré de **l'intensité** sur l'échelle MSK.

Localité	intensité	Localité	intensité	Localité	intensité
Al Hoceima	8	Tafensa	9	Izemourene	8
Taousserte	8	Adouz	8	Tirhza	8
Rouadi	8	Imarnissene	8	Ait Kamra	8
Imzouren	7	BniBouayach	7	Mnoud	7
Ait Messaoud	8	Snada	6	Bniboufrah	5
L'assoutene	6	Boumeddour	5	Rabda	7
Ras Tarf	6	Saida	6	Imhaouchene	7
Izannayene	6	Bades	6	Boussekour	8

Adrar	7	Tenda	9	Khatabi	7
Tikkid	8				

1. Reporter les valeurs d'intensités pour chaque ville sur la carte de **la figure 2** ?
2. Tracer les courbes d'isocéistes ?
3. Localiser l'épicentre macrosismique du séisme ?

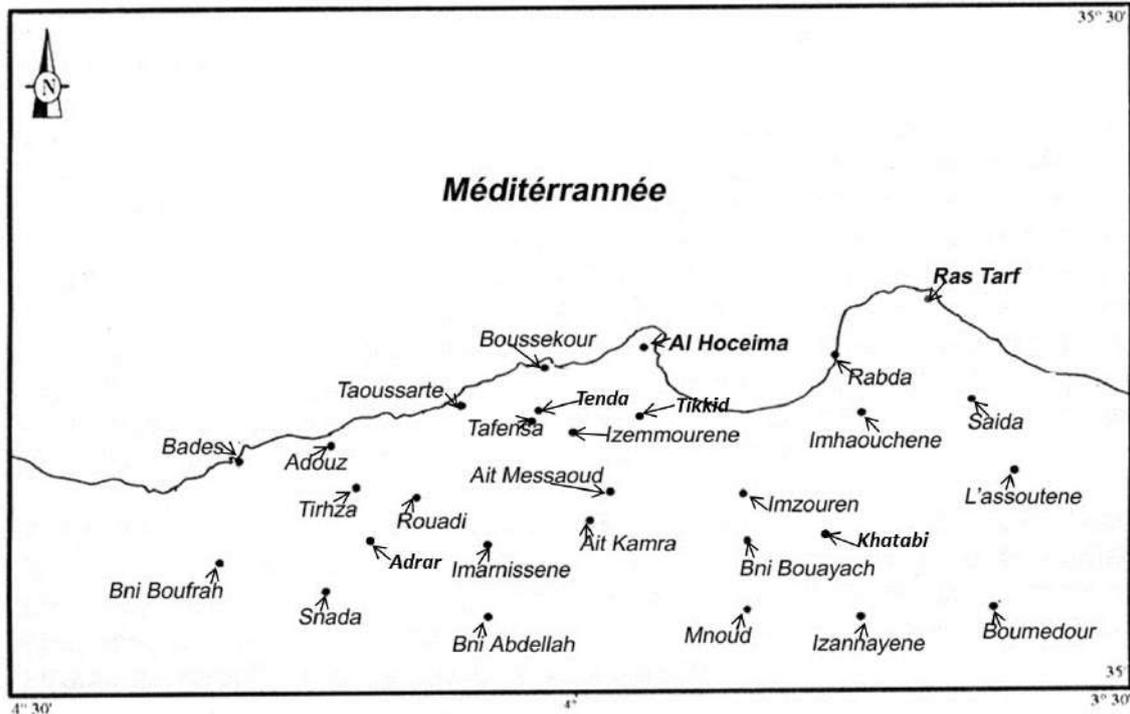


Figure 2

Exercice 5 :

Ce même séisme (Al Hoceima 1994, de l'exercice 1) a été enregistré par trois stations marocaines : Palomas (**PAL**) ; Touzarine (**TOU**) et Tazeka (**TZK**). La profondeur du foyer est de 13 km. Les temps d'arrivée des ondes P et des ondes S sont comme-suit :

Pour la station PAL : T_p est 08h 26mn 55,5s. L'arrivée des ondes S a lieu à 08h26mn57,5s.

Pour la station TZK : L'arrivée des ondes P a lieu à 08h 27mn 14,5s et celle des ondes S à 08h 27mn 30s ;

Pour la station TOU : Les ondes P sont arrivées à 08h 27mn 0,5s, celle des ondes S à 08h 27mn 5,5s.

Le tableau 1, (**table de Jeffreys-Bullen**) représente la variation des différences des temps d'arrivées ($T_s - T_p$) en fonction de la distance épiscopentrale **D**

1. Déterminez la distance épiscopentrale pour les trois stations PAL, TZK et TOU ?

2. A quelle heure s'est produit le séisme ? Sachant que la vitesse de propagation des ondes P dans profondeurs situées entre 5 et 15 km est de l'ordre de **6,0 Km/s**.

- 3- Localiser sur la figure 2 l'épicentre du séisme, donnez sa position géographique en X et Y ?.
4. Comparer l'épicentre du séisme avec celui déterminé par les courbes d'isoséistes (épicentre macrosismique) de l'exercice 1 ?

Ts – Tp (en s)	D en km	Ts – Tp	D	Ts – Tp	D
0,0	00,0	6,5	55,6	14,3	122
0,6	05,6	7,2	61,6	15,0	128
1,3	11,1	7,8	66,7	15,5	131
2,0	16,7	8,4	72,3	16,4	139
3,2	27,8	9,1	77,8	17,7	150
3,9	33,4	9,8	83,4	19	161
4,6	38,9	10,4	89,0	20,4	172
5,0	44,5	11,7	100	25,6	217
5,8	50,0	13,6	117	28,8	245

Tableau 1 : table de Jeffreys-Bullen :

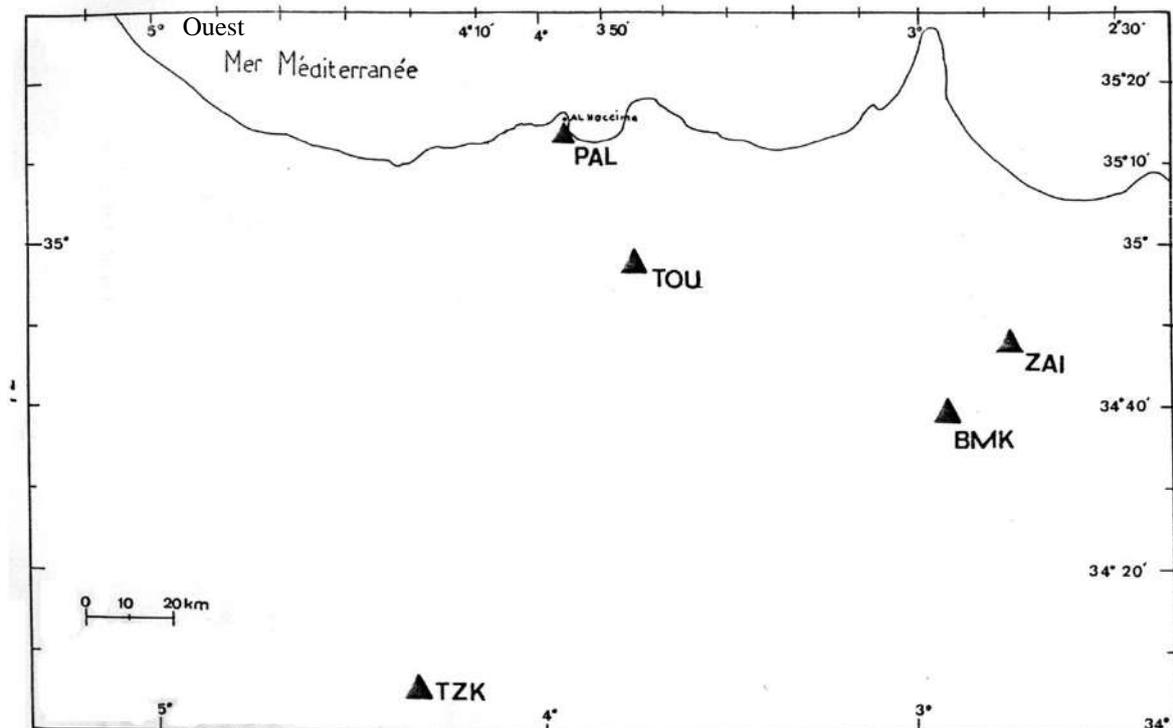


Figure 3

Exercice 6

La région d'Essaouira a connu le 21 novembre 1988, un tremblement de terre de magnitude 4,6. La **figure 4** représente le résultat de l'étude macrosismique de ce séisme,

1. Que représente la **figure 4**.
2. Donner l'intensité maximale observée du séisme.
3. Localisez sur la **figure 4** l'épicentre macrosismique. .
5. Quelle est la différence entre une étude macrosismique et une étude instrumentale d'un séisme ?

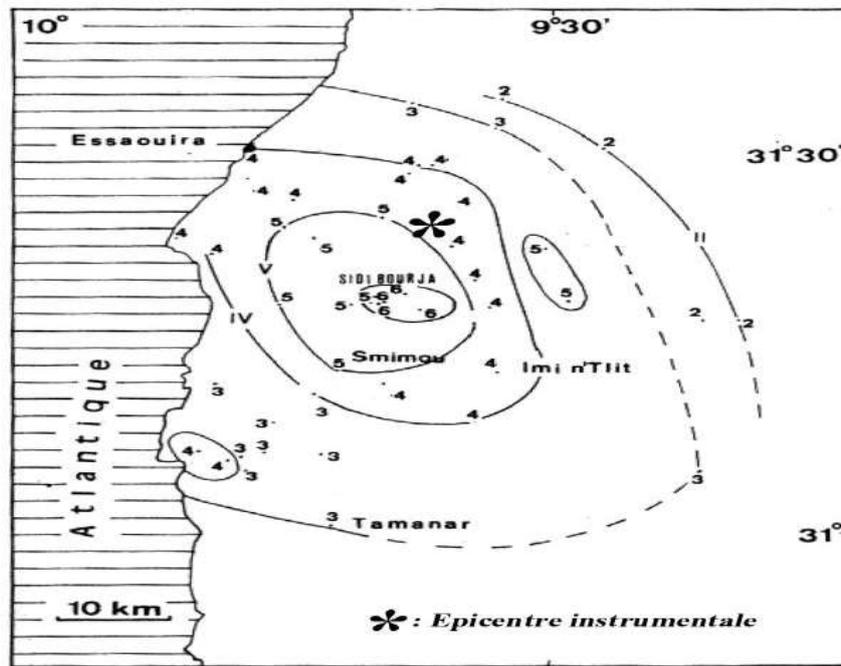


Figure 4

Exercice 7

La **figure 5** représente deux cartes sismiques de deux régions différentes (cartes A et B)

1. Que représentent les courbes numérotées des deux cartes ?
2. Comment réaliser ces cartes ?
3. En se basant sur les caractéristiques des deux séismes, expliquer la différence entre ces deux cartes ?

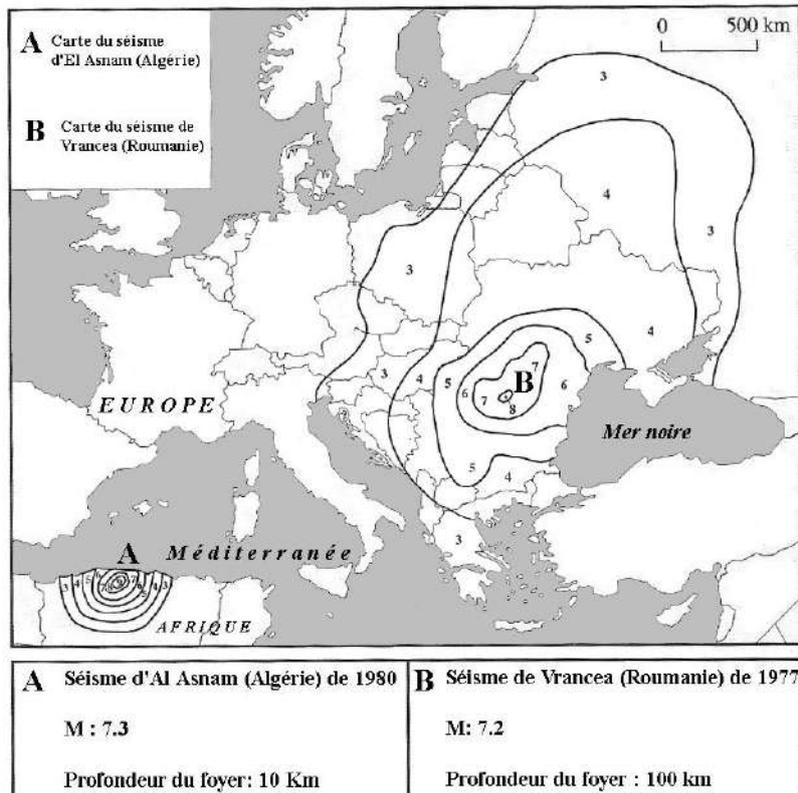


Figure 5

Exercice 8

Soient trois stations d'enregistrement sismiques A, B et C situées respectivement à 4 000 km, 10 000km et 13 000 km de l'épicentre d'un séisme. Trois sismographes différents ont été enregistrés au niveau des trois stations. Pour la station A : l'intervalle de temps entre l'onde P et S est de 3mn et celui entre l'onde S et L est de 1mn.

Pour la station B : l'intervalle de temps entre l'onde P et S est de 5mn et celui entre l'onde S et L est de 6mn.

Pour la station C : l'intervalle de temps entre l'onde P et S est 6mn

1. sur la **figure 6** tracer les hodochrones de chacune des ondes S et L à partir de celui de l'onde P.

2. quel est l'intervalle de temps entre l'onde S et L pour la station C située à 13 000km de l'épicentre?

Nota : Les échelles du temps et des distances sont donnés à côté de la figure suivante.

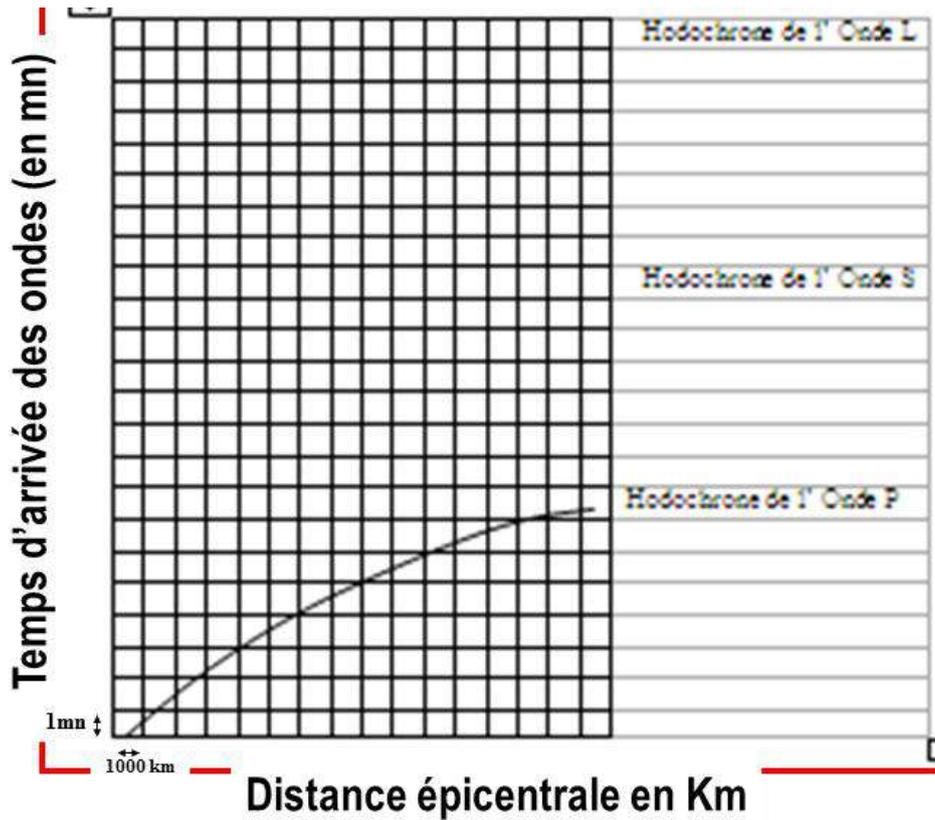


Figure 6: Hodographe hypothétique des ondes P et S et L

Exercice 9

Un tremblement de terre s'est produit à 23h 40min 14 sec (en TU). Les stations sismiques de Lisbonne (A), d'AddisAbaba (B) et de Caracas (C) ont enregistré les ondes P et S provenant de cet événement. Les heures d'arrivée des ondes P à ces trois stations sont :

Tp (A) = 23h 42 min 17s

Tp (B) = 23h 49 min 14s

Tp (C) = 23h 50 min 14s

TU : Temps universel

La figure 7 montre les courbes de vitesse des différentes ondes sismiques (Hodographe).

1. Déterminer à partir de l'hodographe de la **figure 7** les distances à l'épicentre (en km) des trois stations A, B et C
2. Reportez l'emplacement de ces 3 stations (A, B et C) sur la **figure 7**.
- c) Déterminez l'heure d'arrivée des ondes S (en h min sec) à chacune des trois stations A, B et C.
3. Localisez sur la carte de la **figure 8**, l'emplacement de l'épicentre du séisme, donnez approximativement les valeurs de ses coordonnées géographiques en ° (X= -.....°), Y= (....°).

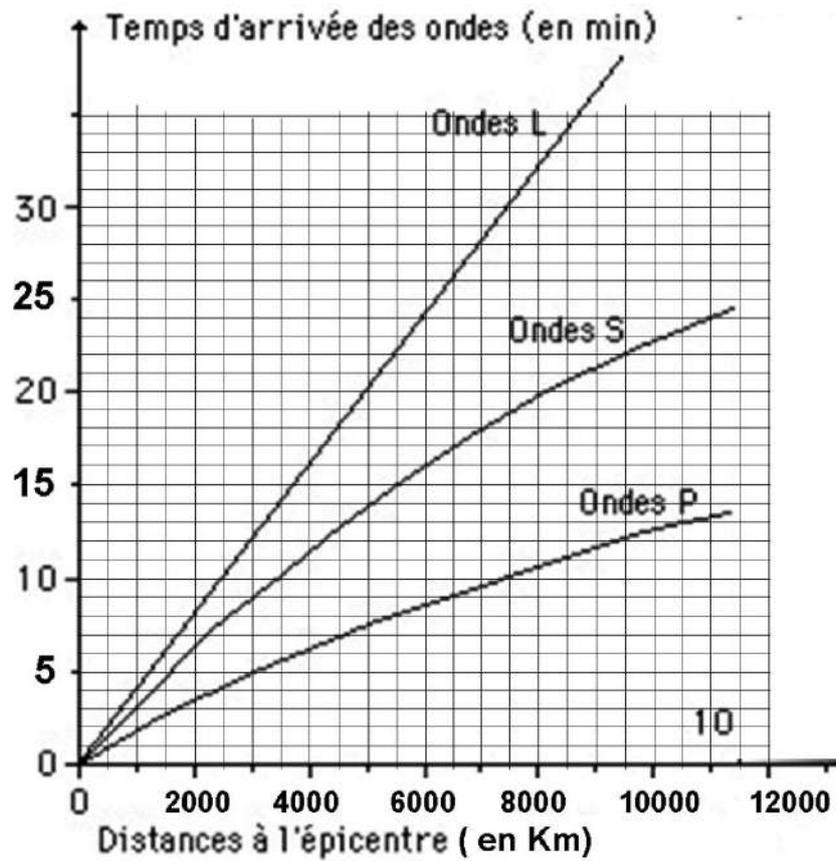


Figure 7: Hodographe des séismes lointains

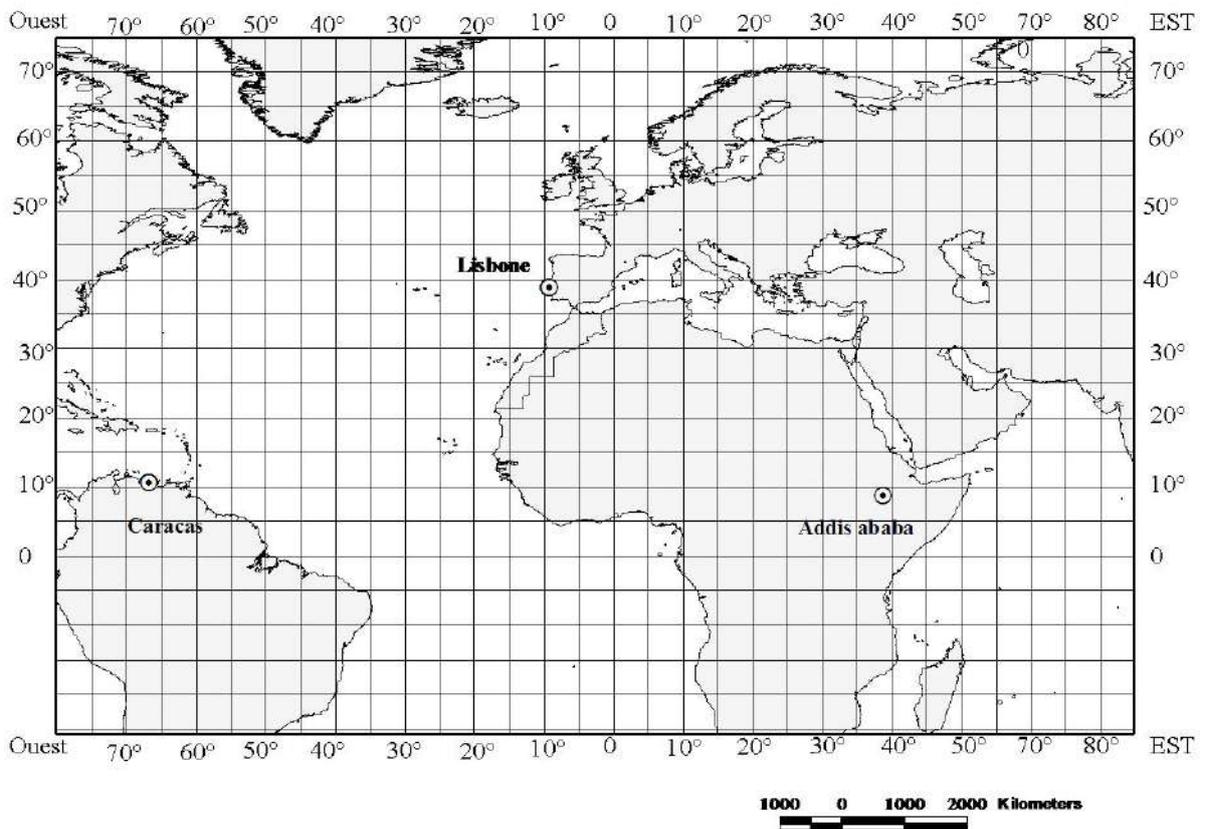


Figure 8

Exercice 10

Un séisme a été enregistré au Maroc par trois stations. **ZFT** (Zeft), **OUK** (Oukaimeden) et **CIA**(Chichaoua). Le temps d'arrivée des ondes P et S pour chaque station est le suivant :

ZFT: TP = 03h 36mn 38s; TS = 03h 37mn 22s

OUK: TP = 03h 35mn 58s; TS = 03h 36mn 07s

CIA: TP = 03h 36mn 13s; TS = 03h 36mn 34s

- 1 - Donner la différence du temps d'arrivée (en secondes) des ondes **S** (Ts) et celui des ondes **P** (Tp) pour chaque station.
- 2 - Calculer la distance épacentrale (D) pour chaque station sachant que pour les vitesses des ondes P et S dans la croûte on admet le plus souvent que : $(1/V_s - 1/V_p) = 1/8$
- 3 - Reporter le sur la **figure 9** l'emplacement de l'épicentre du séisme par la méthode d'intersection des cercles.

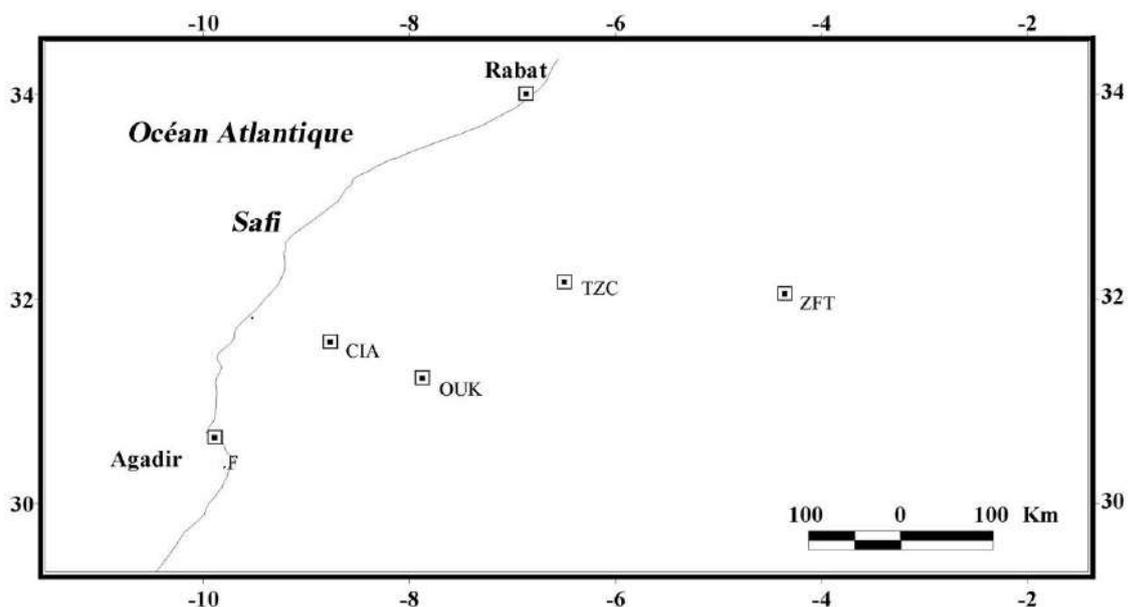


Figure 9: Carte schématique du Maroc central (voir l'échelle graphique sur la carte)

Exercice 11

Un séisme a été enregistré par quatre stations : LRG, FRT, LMR et CFV (voir **figure 10**).

1. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes sismiques P et S ?
2. D'après ces sismogrammes, quelle est la station la plus proche et la station la plus éloignée de l'épicentre ? Justifiez votre réponse ?
3. Déterminez la différence des temps d'arrivées des ondes S et P en secondes pour chaque station ?
4. Calculer la distance épacentrale pour chaque station, sachant que pour des séismes proches de l'épicentre, on considère que les vitesses des ondes P et S sont des constantes et sont de l'ordre de 5 km/s Pour V_p et 3.2 km/s pour V_s ?
5. Reportez sur la **figure 11**, l'emplacement de l'épicentre du séisme en utilisant les données des quatre stations ?

6. Sachant que le temps d'arrivée de l'onde P à la station LRG est de : 10h 5 min 18.9 sec, Calculer le temps d'origine du Séisme ?

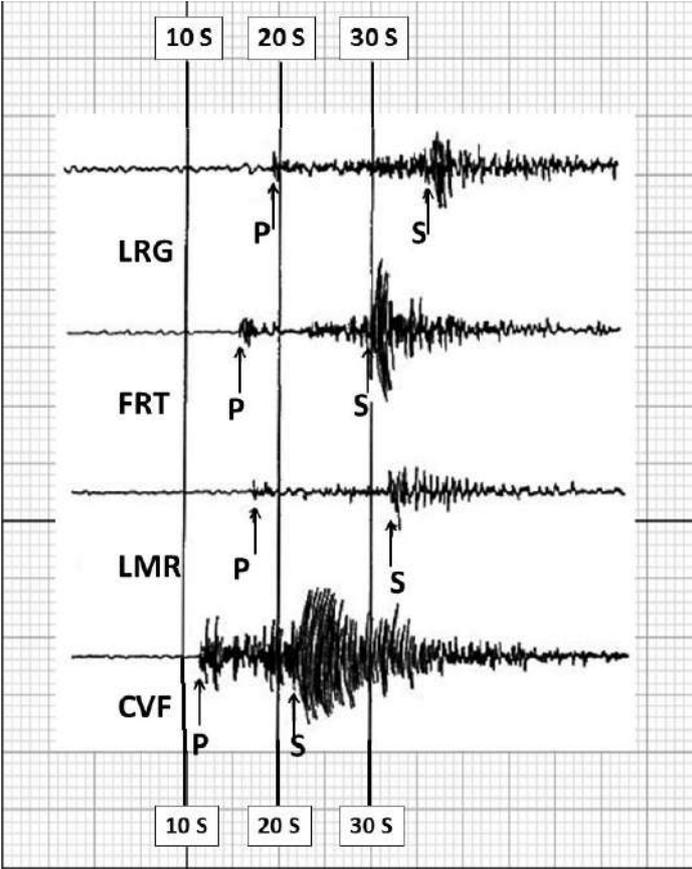


Figure 10

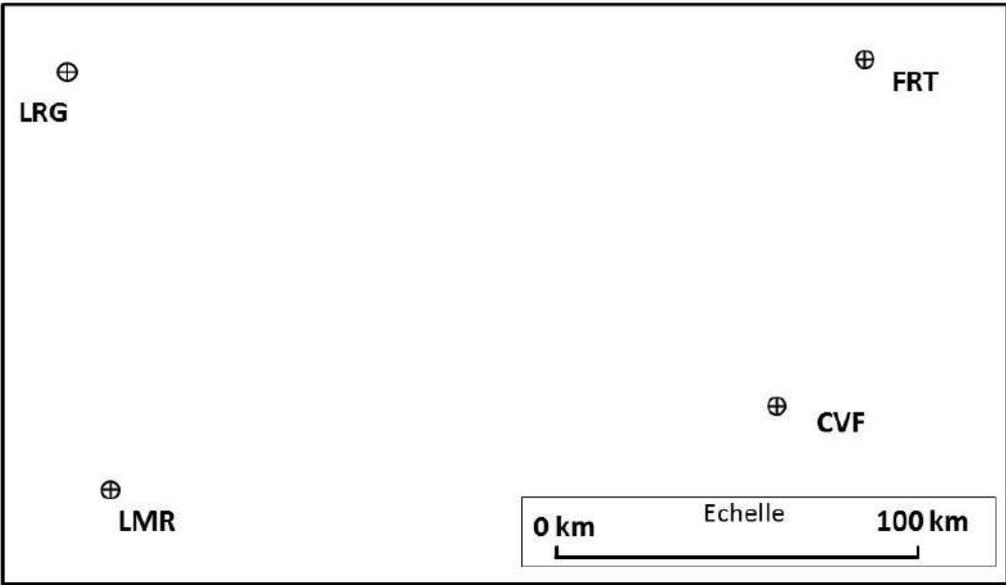


Figure 11

Exercice 12

Un séisme s'est produit au nord du Maroc le 10/3/1973 à **23h 30min 37sec**. Trois stations sismiques l'ont enregistré (**TSY, DKH et RSA**). L'épicentre du séisme est localisé sur la **Figure 13**.

1. Sur la figure des hodochrones des séismes proches de l'épicentre (**figure 12**), reportez l'emplacement des 3 stations (**TSY, DKH et RSA**).

2. Déterminez le temps d'arrivée des ondes P (T_p) et celui des ondes S (T_s) du séisme, pour les trois stations (**TSY, DKH et RSA**).

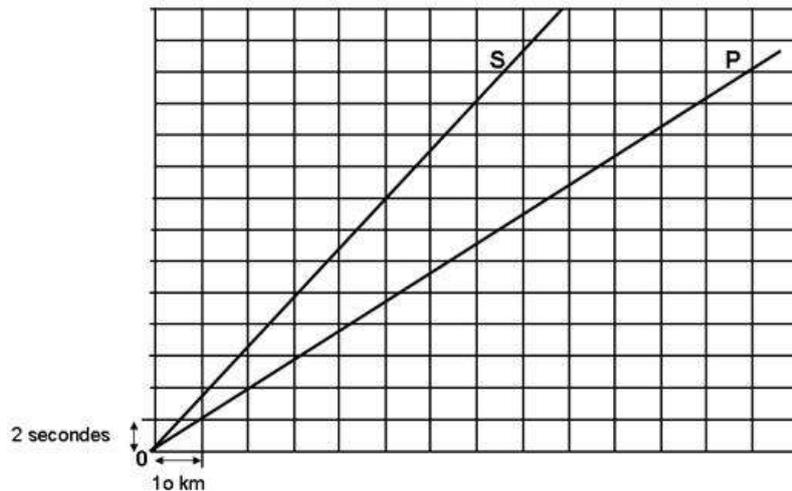


Figure 12 : Hodochrones des ondes P et S pour les séismes proches de l'épicentre

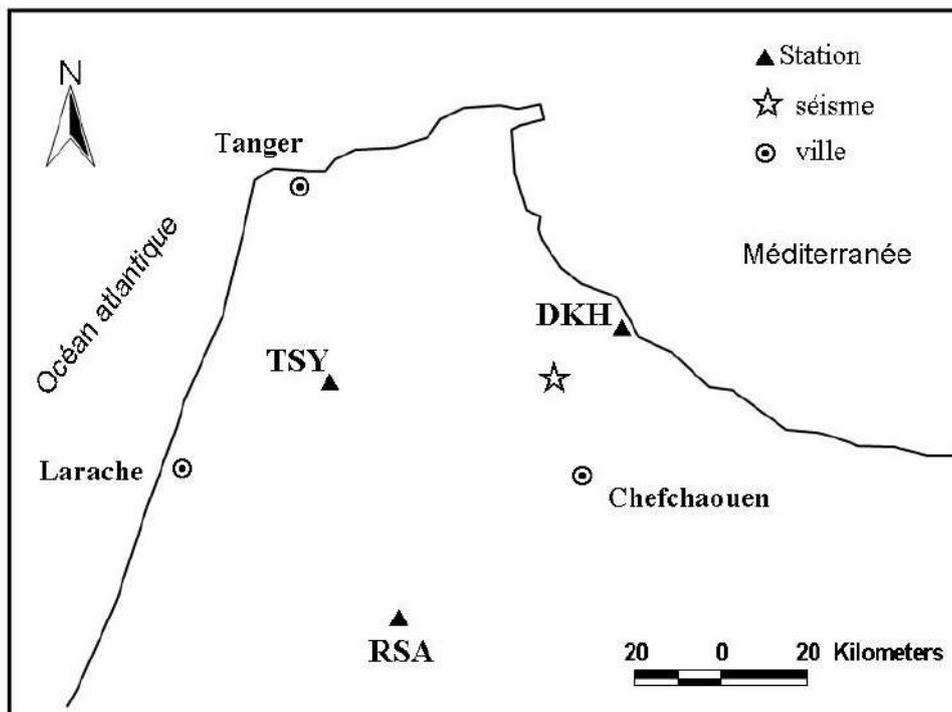


Figure 13

Exercice 13 :

I La région d'Agadir a connu durant son histoire des séismes importants dont le plus important est celui du 29 février 1960 qui a fait plus de 12000 morts, plusieurs milliers de blessés et plus de 75% des constructions de la ville ont été détruites. La **figure n°14** montre la localisation dans cette région, des épacentres des séismes les plus importants (magnitude > 4) et dont la profondeur des foyers ne dépasse pas 9 km.

Le séisme n°6 a eu lieu le **5/4/1992** à **21h 16min et 35 secs**. 3 stations sismiques l'ont enregistré (**S1, S2 et S3**).

1. Sur la figure des hodochrones des séismes proches de l'épicentre (**figure n°15**), reportez l'emplacement des 3 stations **S1S2S3** ?
2. Déterminer le temps d'arrivée des ondes P (T_p) et S (T_s) du séisme n°6 pour les trois stations S1, S2 et S3. ?
3. Calculer la vitesse de propagation des ondes P et S ?, Comparer les valeurs trouvées avec celles des vitesses de propagation des ondes P et S pour des séismes lointains ($V_p > 10\text{Km/s}$ et $V_s > 6\text{km/s}$) ?

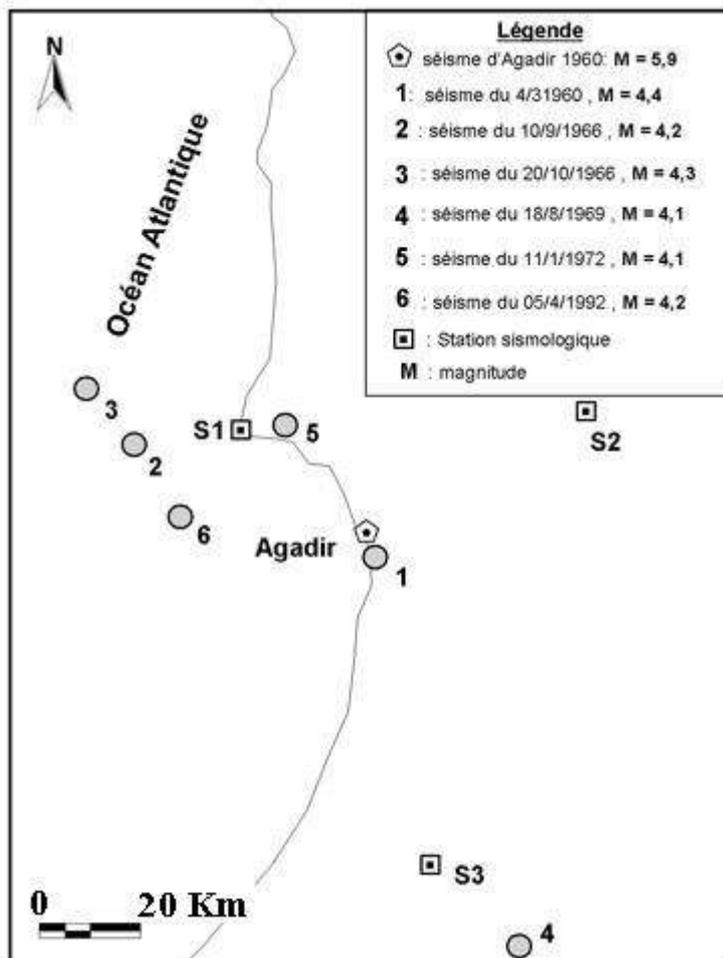


Figure 14 : Carte sismique de la région d'Agadir (voir l'échelle graphique sur la carte)

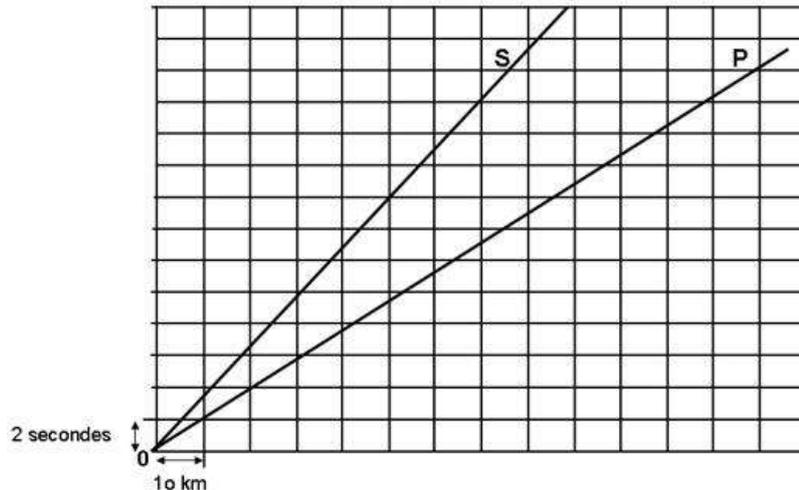


Figure 15

Exercice 14 :

Lors d'un tremblement de terre, les ondes P et S se propagent à l'intérieur du globe terrestre et elles sont enregistrées par les différentes stations d'enregistrements réparties sur le globe. On a remarqué cependant que les stations très éloignées du séisme (entre **11500 et 14500 km**) n'enregistrent pas d'ondes. Expliquez pourquoi? Illustrez votre réponse par un schéma.

Exercice 15 :

À l'aide des courbes de la **figure 16 et 17**, expliquez les variations des vitesses des ondes sismiques P et S avec la profondeur?

Reportez sur ces figures, à leurs emplacements exacts, les différentes zones internes de la terre ainsi que les discontinuités qui les séparent ?

Exercice 16 :

La **figure 18** représente le sismogramme d'un séisme enregistré par une station située à 15000 km de l'épicentre du séisme. Trois types d'ondes sismiques successives s'inscrivent sur le sismogramme onde P, S et L.

1. Sachant que les ondes P sont arrivées à la station **18 min** après le déclenchement du séisme, déterminez la vitesse des ondes P en **Km/seconde** ?
2. Quel est le temps mis par les ondes S puis L pour arriver à cette même station après le déclenchement du séisme ?
3. Déterminer les vitesses moyennes des ondes S et des ondes L en Km/s.

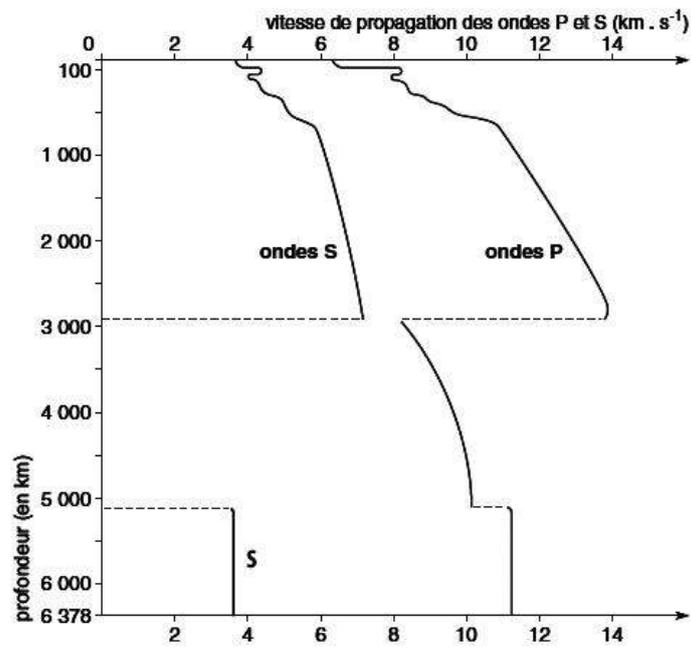


Figure 16

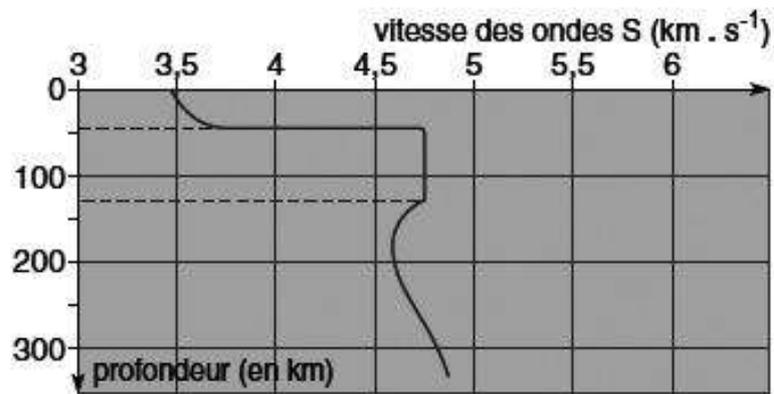


Figure 17: Variation de la vitesse des ondes sismiques S avec la profondeur (détail de la partie superficielle de la terre)

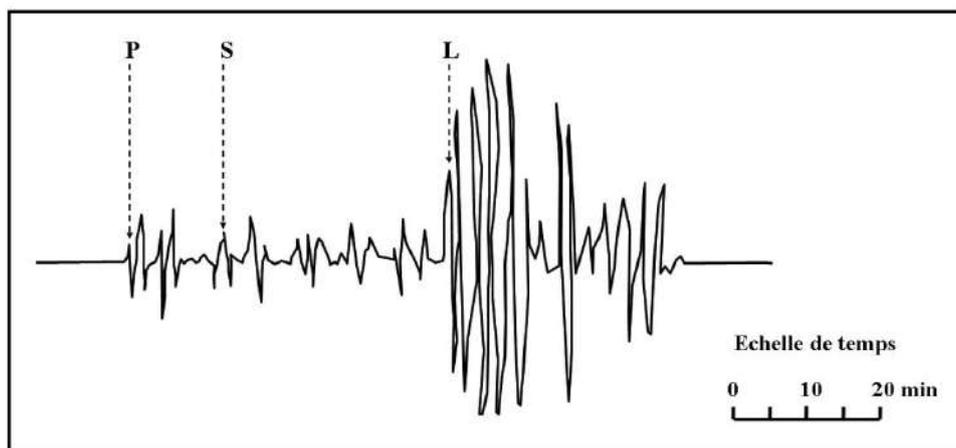


Figure 18

Exercice 17 :

Le Pérou a été secoué le 15 août 2007 à 23h 40 min par un tremblement de terre de magnitude 7.7 sur l'échelle de Richter. Ce séisme a été enregistré par une station sismique située à 10400 km de l'épicentre. Le sismogramme est représenté par la **figure 19**.

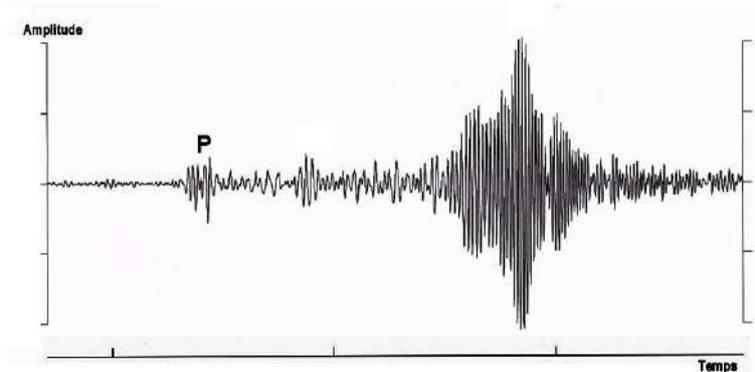


Figure 19: sismogramme du séisme de Pérou du 15 août 2007. (enregistré à 10400 km de l'épicentre)

1. Sur la **figure 19**, repérez les ondes S et L ?

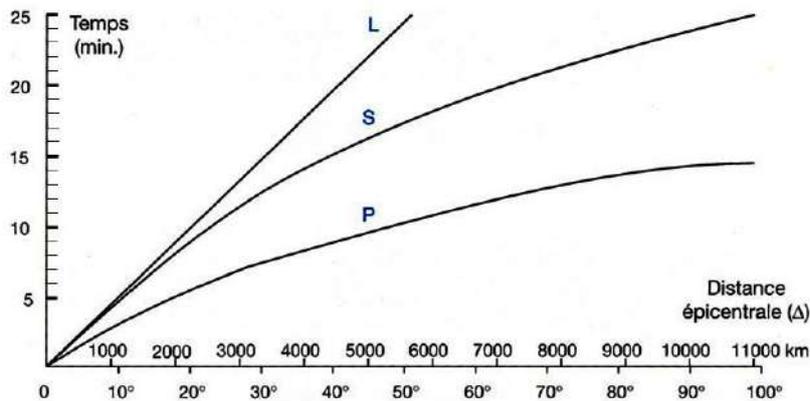


Figure 20 : Hodographe des séismes lointains

2. A partir de la **figure 19**, donnez la différence du temps d'arrivée des ondes S (T_s) et celui des ondes P (T_p) du séisme de Pérou ?

3. Déterminez les heures d'arrivée des ondes P et des ondes S du séisme à la station ?

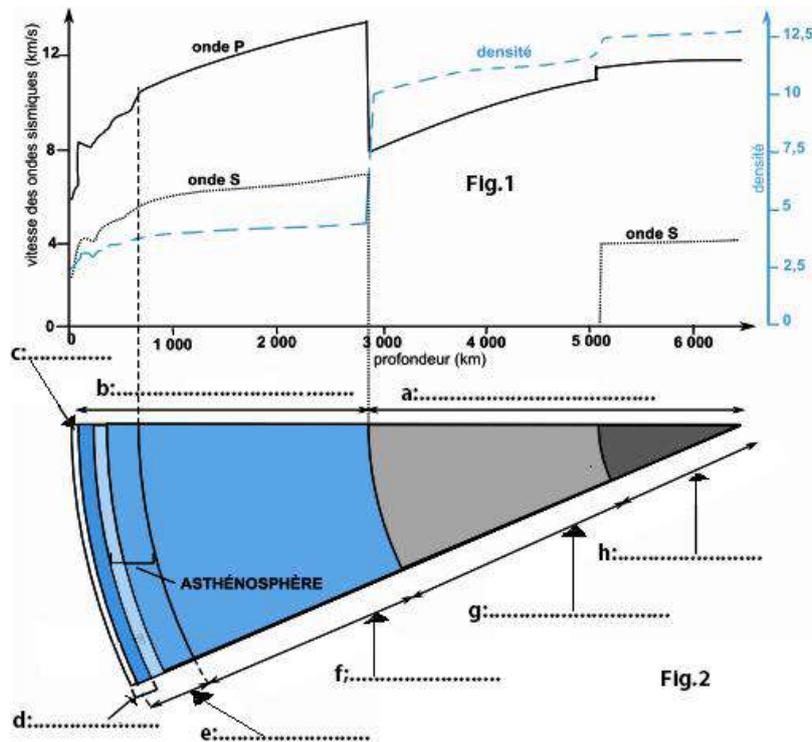
4. À partir de la **figure 20**, comparez les vitesses des 3 types d'ondes ? Comment cela se traduit-il sur le sismogramme ?

Exercice 18 :

Gutenberg, Mohorovicic et Lehman ont découvert, chacun, une des discontinuités du globe terrestre. A l'aide d'un texte de quelques lignes, expliquez le raisonnement suivi pour aboutir à la mise en évidence de ces discontinuités.

Exercice 19 :

- 1 : Complétez la légende de la **figure 21**: (a, b, c, d, e, f, g, h)
- 2 : Placez sur la **figure 21** à leurs emplacements exacts, les trois principales discontinuités de la terre ;
3. Expliquez la variation des vitesses des ondes sismiques P et S avec la profondeur.
(Uniquement pour des profondeurs supérieur à 1000 km)



(**Figure.20**) : variations de la vitesse de propagation des ondes sismiques et de la densité en fonction de la profondeur ;

(**Figure.21**) schéma d'interprétation associé de la structure interne de la Terre.

Exercice 20 :

La **figure 22** représente la variation de la vitesse des ondes sismiques S en fonction de la profondeur de la terre (entre 0 et 900 Km).

1. Complétez la légende de la **figure 22**? (A quoi correspondent chacune des zones : **a, b, c, 1, 2 et 3**) ;
2. Reportez sur la **figure n°22**, à son emplacement exact la principale discontinuité qui existe dans cette partie interne de la terre (écrivez le nom de cette discontinuité ?)
3. Expliquez la variation de la vitesse des ondes sismiques S avec la profondeur à partir de la **figure 22**

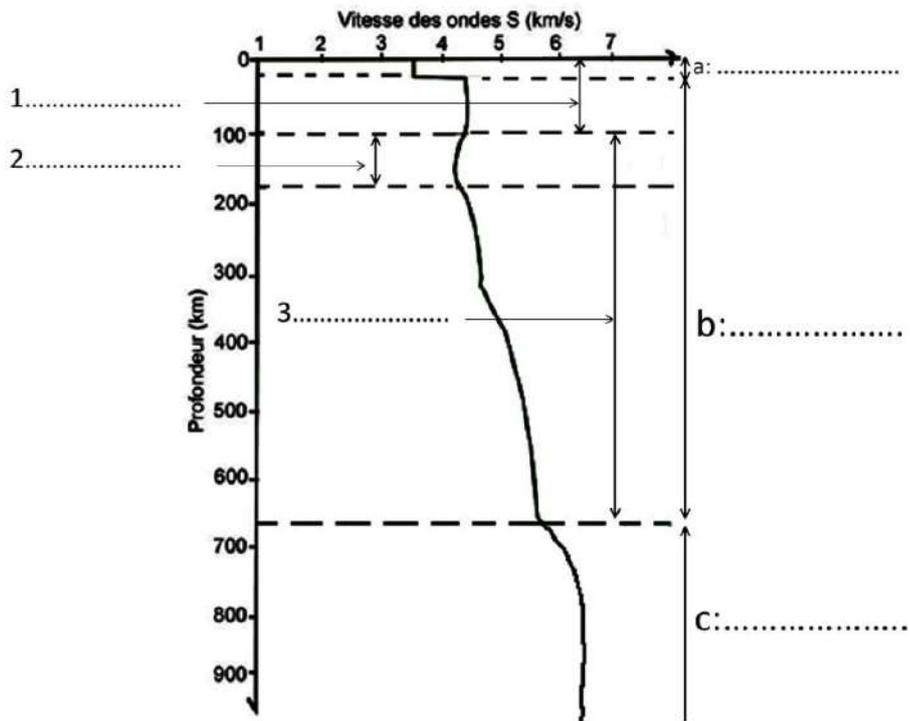


Figure 22

Exercice 21 :

Montrez par un schéma les principales zones internes de la terre et les discontinuités qui les séparent. (Veuillez répondre dans le cadre ci-dessous)

CORRIGES DES EXERCICES

Solution de l'exercice 1

1.

A Les séismes tectoniques sont :

1. des séismes qui permettent la libération de l'énergie provoquée par les mouvements de failles.

B. Les ondes P sont :

3. des ondes sismiques de compression - dilatation qui font vibrer les particules du milieu le long de la direction de leur propagation.

2. Répondez par vrai ou faux (cochez X dans la case exacte):

	Vrai	Faux
1. Les ondes S sont plus rapides que les ondes L	X	
2. La discontinuité de Moho est la limite entre la croûte et la lithosphère		X
3. L'intensité d'un séisme est déterminée à l'aide des sismomètres		X
4. L'asthénosphère est constituée par le manteau inférieur		X
5. La densité de la croûte océanique est plus faible que celle de la croûte continentale		X
6. L'origine des séismes tectoniques est le jeu des failles	X	
7. La partie superficielle du manteau forme la base de la lithosphère	X	
8. Le manteau est situé entre la croûte et le noyau	X	
9. La vitesse de propagation des ondes sismiques de surface augmente avec la distance épacentrale		X
10. Dans la zone d'ombre ou «anneau de silence». On peut enregistrer des ondes sismiques tardives qui résultent d'une réflexion sur la discontinuité de Lehman	X	
11. Les ondes sismiques ont des vitesses classées dans l'ordre suivant: VS >VP >VL		X
12. La magnitude d'un séisme est déterminée à l'aide des sismomètres	X	
13. L'intensité d'un séisme mesure l'énergie libérée sous forme de mouvements de bloc rocheux.		X
14. La probabilité qu'un séisme survienne est la même en tout point de la surface du globe.		X
15. Il est possible de connaître les valeurs d'intensités de certains séismes historiques (avant 1800)	X	

Solution de l'exercice 2

1. Dans quel cas et pourquoi utilise-t-on l'échelle de Mercalli ? :

On utilise l'échelle de Mercalli dans le cas d'une étude macrosismique d'un séisme qui s'est produit dans une région donnée, et pour déterminer l'intensité du séisme par l'observation des effets ressentis et observés du séisme (effets macrosismiques).

2. Comment déterminer les magnitudes des séismes ?

La magnitude des séismes est déterminée par plusieurs méthodes, ce que nous avons vu dans le cours la première méthode de Richter : en effet on peut calculer sa valeur en mesurant à partir du sismogramme l'amplitude maximale des ondes sismiques car Richter a défini la magnitude comme étant le logarithme décimal de l'amplitude maximale mesurée en micromètres, après introduction de corrections pour tenir compte des différents facteurs dont dépend l'amplitude enregistrée à savoir : la distance station-épiceutre, la profondeur du foyer, la nature du sous-sol, la période des ondes, type de sismographes, etc
Donc on peut calculer la magnitude par des formules de type :

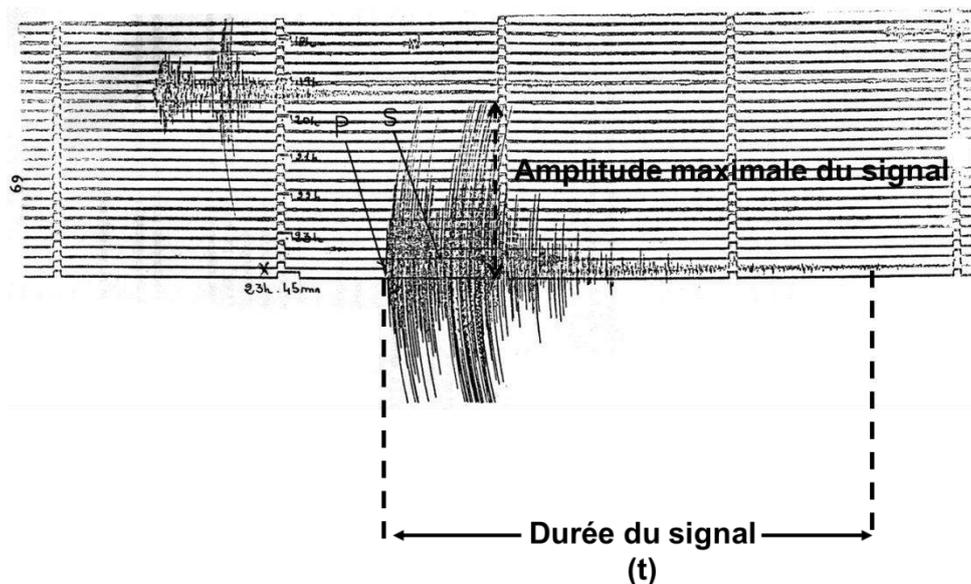
$$M = \log.A + \text{corrections}$$

On peut aussi calculer la magnitude, dans le cas des séismes proches de l'épicentre par la mesure de la durée du signal en (secondes) par des formules du type :

$$M_d = a + b \log (t) + c\Delta$$

t : est la durée du signal en secondes

Δ : est la distance épiceentrale en km



3. Quelle est la différence entre l'échelle de Mercalli et celui de Richter. ?

l'échelle de Mercalli est utilisée pour déterminer les intensités d'un séisme, dans différents points d'observation des effets macrosismiques. Ces échelles sont établies en se basant sur le classement par ordre d'importance des effets macrosismiques, et comportent douze degrés notés en chiffres romains de I à XII.

Par contre l'échelle de Richter est basé sur des formules mathématiques établies pour calculer la magnitude d'un séisme à partir des paramètres physique liés directement au séisme, (amplitude maximale su signal, durée du signal, déplacement de la faille, .etc..

La magnitude maximale peut atteindre 9

4. Citer les facteurs qui déterminent la forme et l'allure d'un sismogramme ?

La forme d'un sismogramme varie en fonction :

- De l'énergie libérée au foyer sous la forme d'onde sismique;
- De la distance foyer- station sismographique;
- De la nature et de la structure du milieu traversé par les ondes et,
- Du type de sismographe utilisé.

5. En fonction de quoi varient les intensités des séismes ?

Les intensités des séismes varient en fonction des lieux d'observations : généralement les intensités élevées se trouvent proches de l'épicentre du séisme, plus on s'éloigne de ce dernier plus l'intensité diminue. De même la nature géologique des terrains peuvent influencer sur les intensités : elles peuvent jouer le rôle d'amplificateur d'énergie du séisme ou l'inverse (un même séisme peut donner des intensités différentes même si le lieu d'observation à la même distance épicentrale, du fait de la variation de la nature géologique). Aussi, le type et la qualité des constructions peut varier les intensités.

6. Quelles sont les caractéristiques des ondes sismiques P S et L ?

-Les ondes P, ainsi appelées parce qu'elles arrivent les premières; sont des ondes longitudinales. Elles font vibrer les particules du milieu le long de la direction de leur propagation. On les appelle aussi ondes de compression- dilatation parce que leur propagation se traduit par des compressions et dilatations successives du milieu.

- Les ondes S, ainsi appelées parce qu'elles arrivent les secondes; sont des ondes transversales; A leur passage les particules du milieu vibrent dans un plan vertical perpendiculairement à la direction de propagation, donc transversalement par rapport à cette direction. Les ondes S ne se propagent que dans les solides, elles ne se propagent ni dans les liquides, ni dans les gaz

Les ondes P et S partent du foyer du séisme et se propagent dans toutes les directions avant d'arriver à la surface. Pour cette raison elles sont appelées ondes de volumes

-les ondes de longue période appelées aussi ondes de surface car elles se propagent à la surface ou près de la surface et sont donc appelées ondes de surface (ou ondes superficielles)

Les ondes de longues périodes (= ondes de surface) sont de deux types : les ondes de Love ou ondes Q et les ondes de Rayleigh ou ondes R

-Les ondes de Love sont des ondes transversales comme les ondes S, mais les vibrations des particules du milieu ne se font que dans le seul plan horizontal; elles ne peuvent se propager que dans les solides

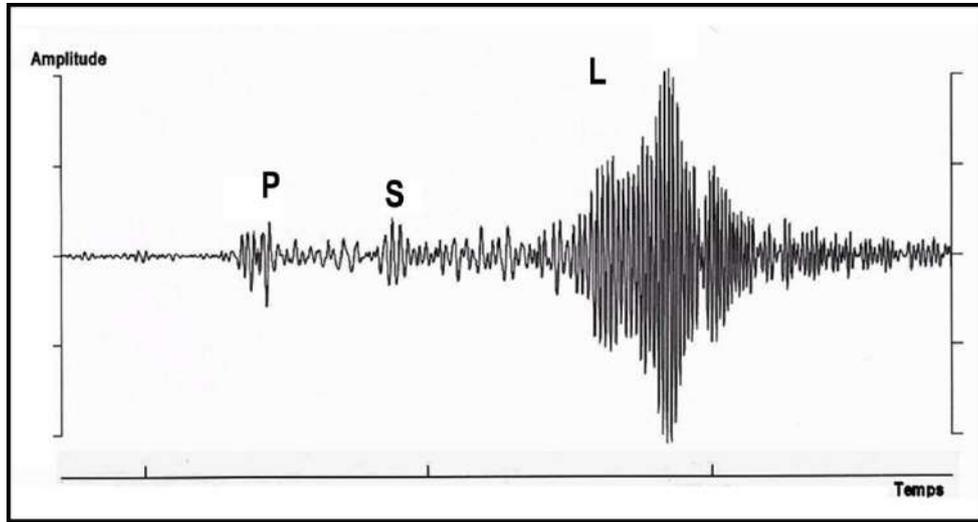
-Les ondes de Rayleigh sont transmissibles par les solides et les liquides. Les particules du milieu décrivent, en tournant dans le sens rétrograde par rapport au sens de propagation et en décrivant des ellipses allongées verticalement.

7. Quelle est la principale caractéristique de l'onde S.

La principale caractéristique de l'onde S c'est qu'elles ne se propagent que dans les solides, elles ne se propagent ni dans les liquides, ni dans les gaz

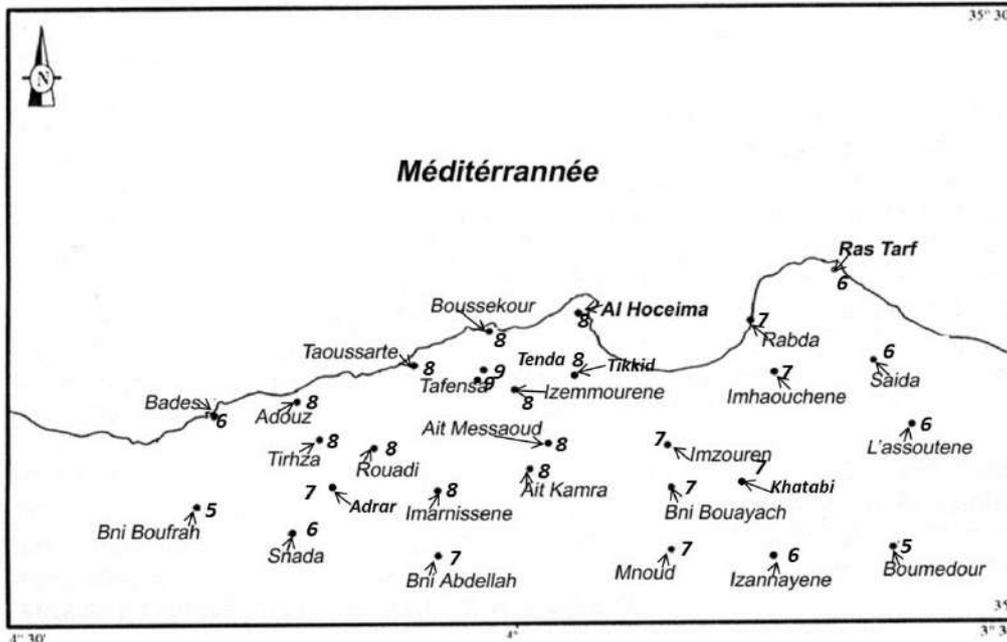
8. A quel type d'onde appartient les ondes de Rayleigh
 Les ondes de Rayleigh appartiennent aux ondes de surface ou ondes superficielles

Solution de l'exercice 3

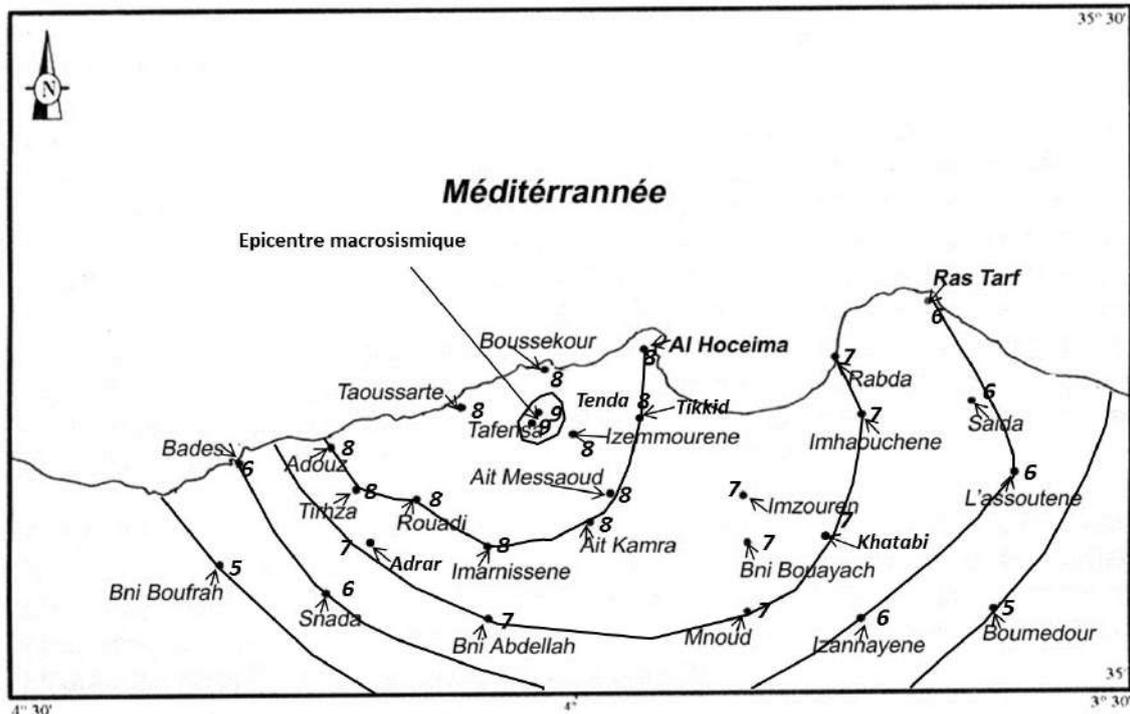


Solution de l'exercice 4

1. Reporter les valeurs d'intensités pour chaque ville sur la carte de *la figure 2* ?



2. Tracer les courbes d'isocéistes ?
3. Localiser l'épicentre macrosismique du séisme ?



Solution de l'exercice 5

1. Pour déterminer la distance épacentrale pour les trois stations on doit d'abord calculer les différences des temps d'arrives des ondes S et P pour chacune des trois stations, puis on cherche sur la **table de Jeffreys-Bullen**, les distances épacentrales correspondantes.

PAL: TS - TP = 08h26mn57,5s.- 08h 26mn 55,5s = **2s**

TZK : TS - TP = 08h 27mn 30s - 08h 27mn 14,5s = **15.5 s**

TOU : TP - TP = 08h 27mn 5,5s- 08h 27mn 0,5s = **5s**

Donc à partir de la table:

D (PAL) = 16.7 Km

D (TZK) = 131 Km

D(TOU) = 44.5 km

2. A quelle heure s'est produit le séisme ? Sachant que la vitesse de propagation des ondes P dans profondeurs situées entre 5 et 15 km est de l'ordre de **6,0 Km/s**.

Pour calculer le temps d'origine T0 (à l'épicentre) du séisme

D'après l'énoncé de l'exercice, le séisme a une profondeur de 13 km ; donc les ondes P vont se propager avec une vitesse de **6,0 Km/s**.

D'autre part :

$V_p = D/(t_p - t_0)$ donc;

$T_0 = T_p - D/V_p$

On peut donc calculer t_0 en choisissant les données de n'importe quelle station, si on prend par exemple la station PAL, on aura :

T0 = 08h 26mn 55,5s- 16.7 /6

T0 = 08h 26mn 55,5s- 2.78 = **08h 26mn 52,7s**

3- Localiser sur **la figure 2** l'épicentre du séisme, donnez sa position géographique en X et Y ?.

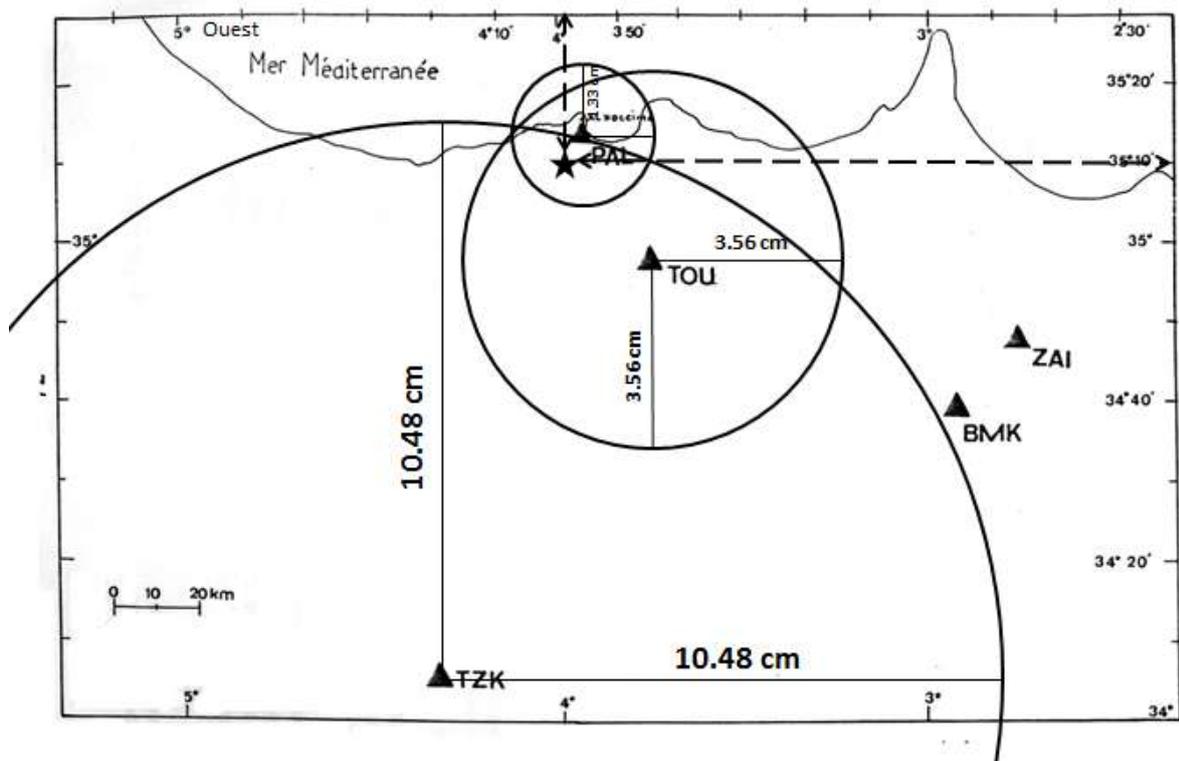
1,6 cm à 20 km : (NB mesurez l'échelle sur la figure de l'exercice)

X_____ D (PAL) = 16.7 Km, D en cm de PAL = $(16.7 \times 1,6) / 20 = 1.33$ cm

X_____ D (TZK) = 131 Km, D en cm de TZKL = $(131 \times 1,6) / 20 = 10.48$ cm

X_____ D(TOU) = 44.5 km, D en cm de TOU = $(44.5 \times 1,6) / 20 = 3.56$ cm

Attention : Il faut calculer les distances en fonction des mesures que vs avez sur votre figure (il se peut qu'il y a une légère différence avec ces corrections à cause des variations d'échelle d'impression.



Les coordonnées de l'épicentre est ; X = 3° 58'ouest, Y = 35° 10'N

Solution de l'exercice 6 :

- 1- La figure 1 représente une carte d'isoséiste
- 2- l'intensité maximale observée du séisme est **6(VI)**
- 3- Voir **figure 1**.
- 4- l'étude macrosismique est l'étude des séismes **sans l'aide d'appareils**, elle est basée sur l'observation des effets ressentis du séisme pour évaluer son degré d'importance sous forme **d'intensité**. L'étude instrumentale est l'étude des séismes à **l'aide d'appareils** (sismomètres) qui enregistrent des sismogrammes indiquant les temps d'arrivées des ondes sismiques P S et L. l'étude instrumentale permet de déterminer **l'emplacement exacte de l'épicentre** du séisme ainsi que le **calcul de la magnitude** et donc de préciser **l'énergie libérée** du séisme.

Solution de l'exercice 7 :

1. les courbes numérotées des deux cartes représentent des **cartes d'isoséistes** ou des courbes d'égalité d'intensité.
2. **Voir cours**
3. Les deux séismes **A** et **B** ont presque les mêmes magnitudes (**7.3** et **7.2**), et des profondeurs différentes. (**10** et **100 km**). Sur La carte on remarque que les courbes d'isoséistes du séisme **A** sont très rapprochées les unes des autres que celles du **séisme B** qui sont écartées .donc l'allure des courbes d'isoséistes est liée à la profondeur du séisme. Plus le séisme est profond plus les courbes seront espacées

Solution de l'exercice 8 :

1. Pour tracer les hodochrones des ondes S et L, il faut placer d'abord sur l'axe des x (qui représente les distances épicentrales) l'emplacement des trois stations A, B et C
On a les distances épicentrales des trois stations A, B et C :

$$\begin{aligned} DA &= 4\,000 \text{ km} \\ DB &= 10\,000 \text{ km} \\ DC &= 13\,000 \text{ km} \end{aligned}$$

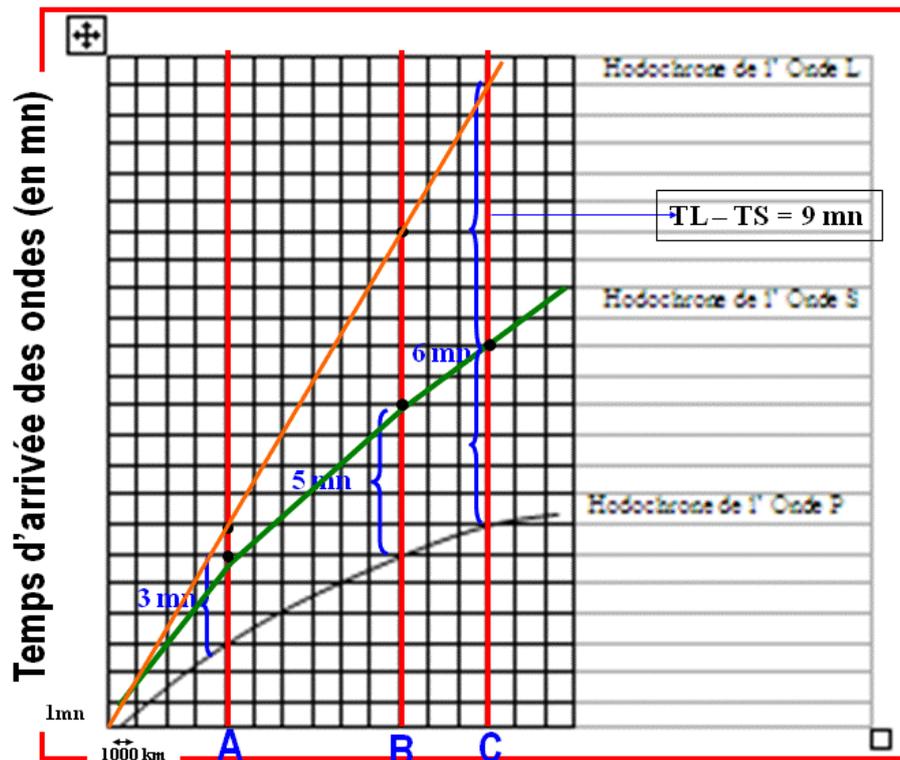
On a aussi :

$$\begin{aligned} TS(A)-TP(A) &= 3\text{min} & TL(A)-TS(A) &= 1\text{min} \\ TS(B)-TP(B) &= 5\text{min} & TL(B)-TS(B) &= 6\text{min} \\ TS(C)-TP(C) &= 6\text{min} \end{aligned}$$

Donc on peut placer sur la figure, trois points correspondant à la différence des temps d'arrivées des ondes P et S pour les trois Stations. On peut donc tracer à partir de ces points la courbe des ondes S (voir, figure).

Une fois la courbe S est tracée on peut placer ensuite les deux autres points (différence des temps d'arrivées des ondes S et L pour les deux Stations A et B) sur la courbe L. cette dernière est toujours une droite, en la projetant on peut déterminer l'intervalle de temps entre l'onde S et L pour la station C.

2. l'intervalle de temps entre l'onde S et L pour la station C, est donc 9 min



Distance épacentrale en Km

Solution de l'exercice 9:

1. Le séisme s'est produit à 23h 40min 14 sec cela veut dire que : $t_0 = 23\text{h } 40\text{min } 14 \text{ s}$.

Donc : $t_{pA} - t_0 = 23\text{h } 42\text{min } 17\text{s} - 23\text{h } 40\text{min } 14 \text{ s} = 2\text{min } 3\text{s}$.

Cette différence de temps nous permet, en utilisant les courbes de vitesses des ondes P de connaître la distance épacentrale de la station A (**voir figure 5**):

En projetant sur la courbe on trouve que $DA = 1000\text{km}$

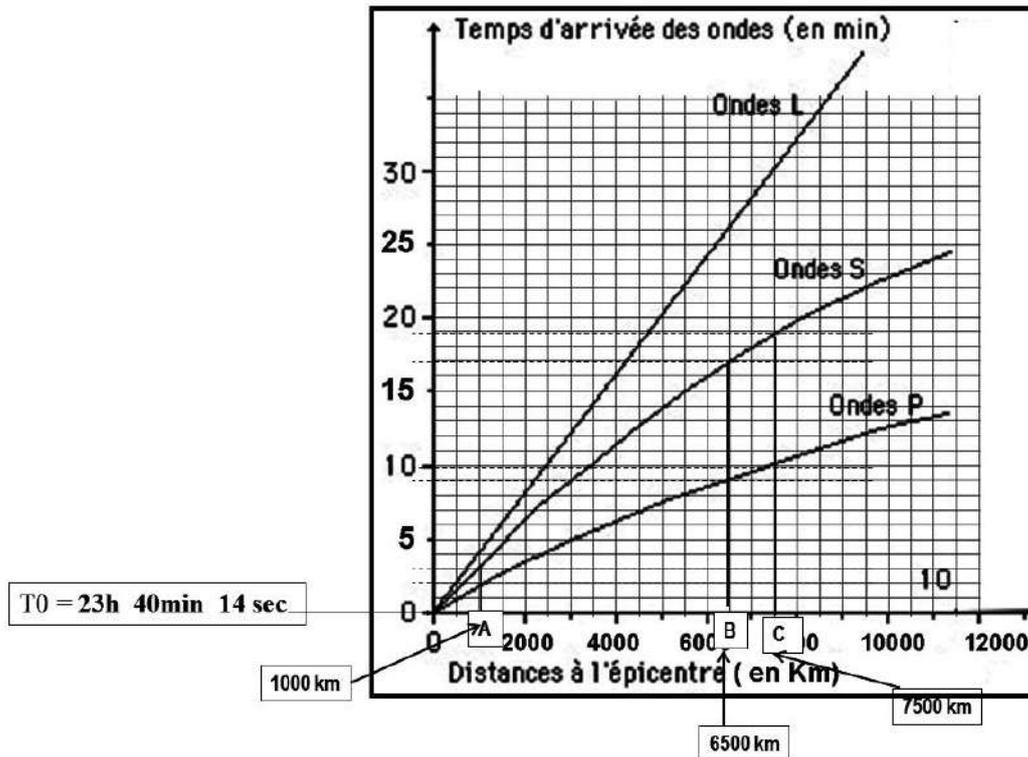
Même raisonnement pour les Stations B et C cad : $t_{pB} - t_0 = 23\text{h } 49\text{min } 14\text{s} - 23\text{h } 40\text{min } 14 \text{ s} = 9\text{min}$.

$DB = 6500\text{km}$

$t_{pC} - t_0 = 23\text{h } 50\text{min } 14\text{s} - 23\text{h } 40\text{min } 14 \text{ s} = 10\text{min}$.

$DC = 7500\text{km}$

2. Reportez l'emplacement de ces 3 stations sur la figure 5.



3. Déterminez l'heure d'arrivée des ondes S (en h min sec) à chacune des trois stations A, B et C.

$$Ts(A) = t_0 + 3\text{min} = 23\text{h } 40\text{min } 14\text{ sec} + 3 = 23\text{h } 43\text{min } 14\text{ s}$$

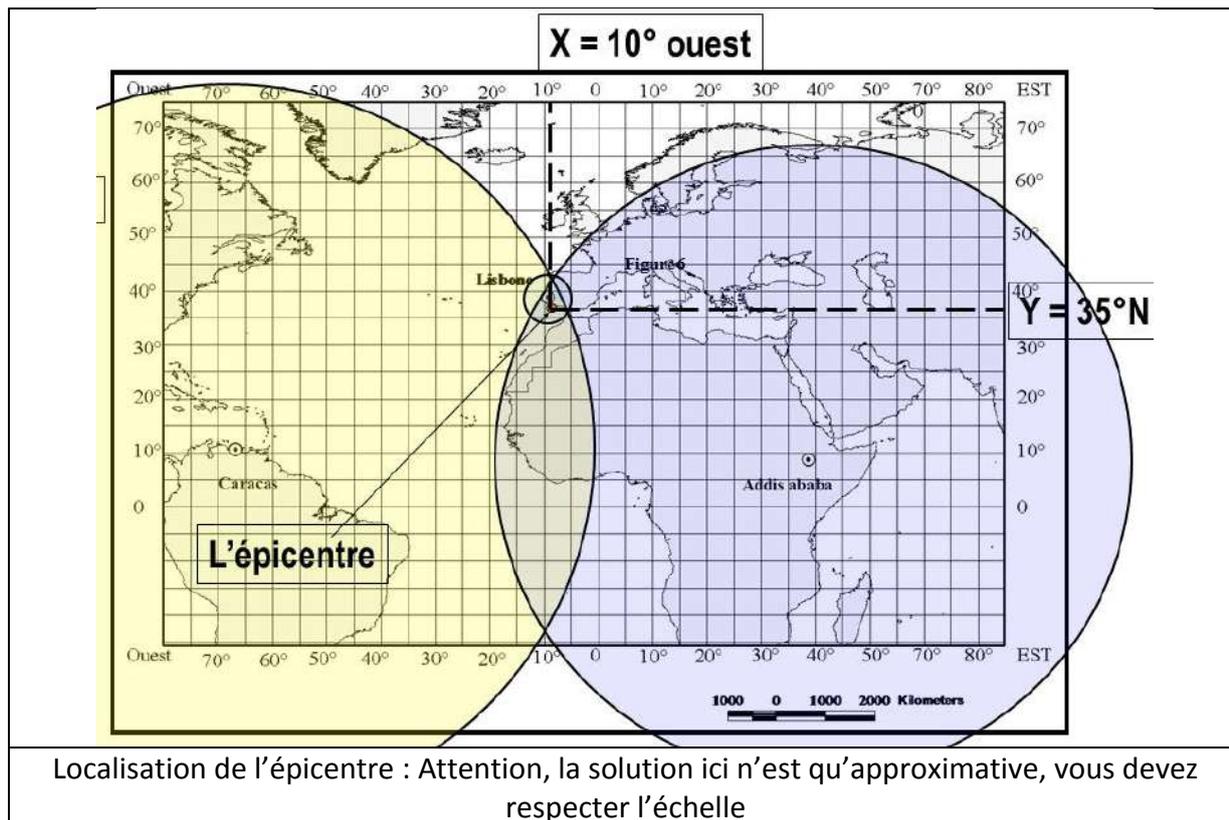
$$Ts(B) = t_0 + 17\text{min} = 23\text{h } 40\text{min } 14\text{ sec} + 17 = 23\text{h } 57\text{min } 14\text{ s}$$

$$Ts(C) = t_0 + 19\text{min} = 23\text{h } 40\text{min } 14\text{ sec} + 19 = 23\text{h } 59\text{min } 14\text{ s}$$

4. En utilisant la méthode de l'intersection des cercles pour localiser l'épicentre, en effet les distances épicentrales (en km) pour les trois stations (A, B et C) sont connues, on doit tracer des cercles centrés sur chaque station et dont le rayon correspond respectivement aux distances épicentrales DA , DB et DC trouvées.

Attention ! on a les distances en km on doit utiliser l'échelle de la carte pour convertir les distances en cm, pour pouvoir les tracer. Donc:

Pour (A) Lisbonne	
0.8 cm	→ 1000 km
X	→ $DA = 1000\text{ km}$
X = 0.8 cm	
Pour (B) Addis Ababa	
0.8 cm	→ 1000 km
X	→ $DB = 6500\text{ km}$
X = 0.8 x 6500/1000 = 5.2 cm	
Pour Caracas (C)	
X = 0.8 x 7500/1000 = 6 cm	
Les coordonnées géographiques de l'épicentre est approximativement : X = 10 ° W, Y = 35° N	



Solution de l'exercice 10:

ZFT: TP = 03h 36mn 38s; TS = 03h 37mn 22s
OUK: TP = 03h 35mn 58s; TS = 03h 36mn 07s
CIA: TP = 03h 36mn 13s; TS = 03h 36mn 34s

1 - Donner la **différence du temps d'arrivée** (en secondes) des ondes S (**Ts**) et celui des ondes P (**Tp**) pour chaque station.

ZFT: TS - TP = 03h 37mn 22s - 03h 36mn 38s = 44s

OUK: TS - TP = 03h 36mn 07s - 03h 35mn 58s = 9s

CIA: TP - TP = 03h 36mn 34s - 03h 36mn 13s = 21s

2 - Calculer la distance épacentrale (**D**) pour chaque station sachant que pour les vitesses des ondes P et S dans la croûte on admet le plus souvent que : $(1/Vs - 1/Vp) = 1/8$

$Ts = T0 + D/Vs$; $Tp = T0 + D/Vp$

Donc $Vs = D/(Ts - T0)$; $Vp = D/(Tp - T0)$

$1/(D/(Ts - T0)) - 1/(D/(Tp - T0)) = 1/8 \dots \dots \dots 8(Ts - Tp) = D$

ZFT: D = 8 x 44 = 352 km

OUK: D = 8 x 9 = 72 km

CIA: D = 8 x 21 = 168 km

3 - Reporter le sur la figure 7 l'emplacement de l'épicentre du séisme par la méthode d'intersection des cercles.

Comme dans l'exercice 5, on doit utiliser l'échelle de la carte pour convertir les distances et localiser l'épicentre par la méthode d'intersection des cercles :

Solution de l'exercice 11 :

Un séisme a été enregistré par quatre stations : LRG, FRT, LMR et CVF (voir **figure 10**).

1. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes sismiques P et S ?

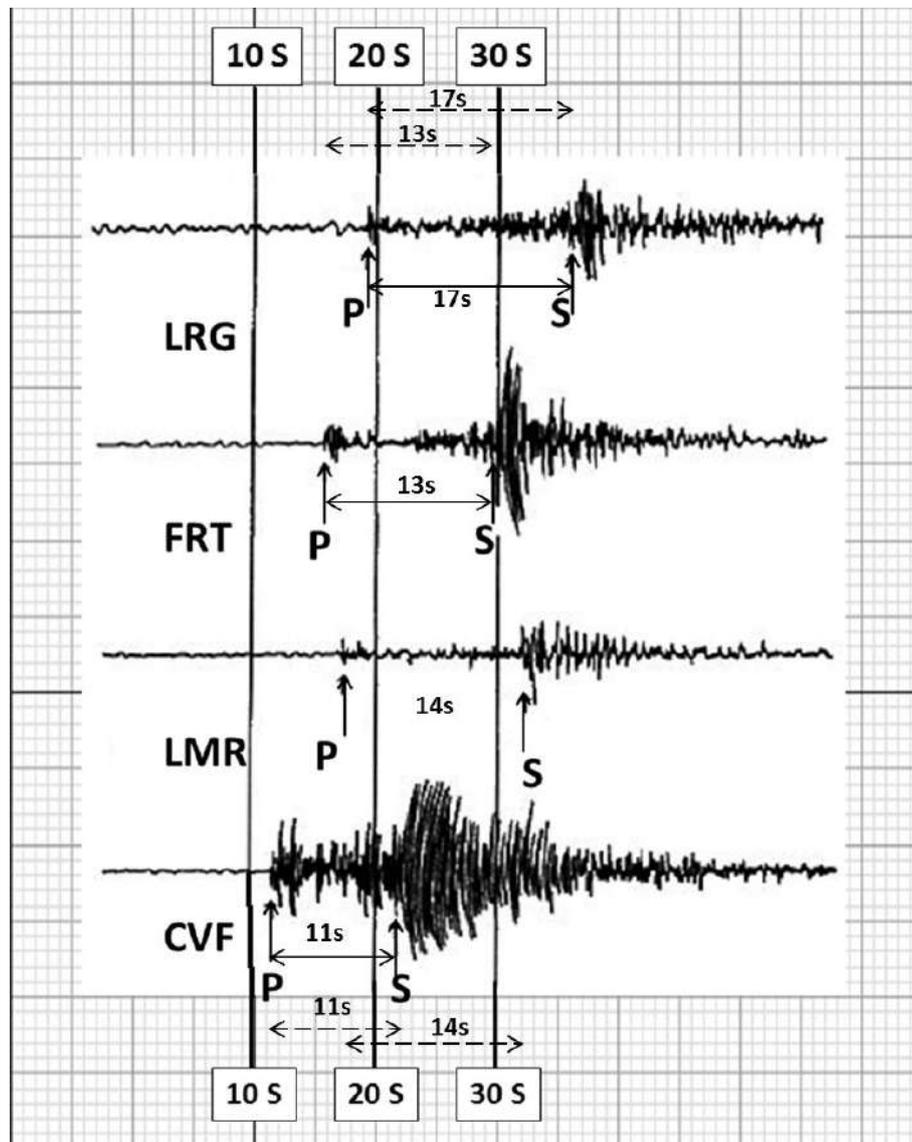
1. Voir Page 24

2. D'après ces sismogrammes, quelle est la station la plus proche et la station la plus éloignée de l'épicentre ? Justifiez votre réponse ?

La station la plus proche de l'épicentre est la station CVF, car c'est la station où l'onde P est arrivée la première (observable sur le sismogramme)

La station la plus éloignée de l'épicentre est la station LRG, car c'est la station où l'onde P est arrivée la dernière (observable sur le sismogramme)

3. Déterminez la différence des temps d'arrivées des ondes S et P en secondes pour chaque station ?



D'après les sismogrammes et en prenant en considération l'échelle des temps on aura environ voir figure ci-dessus:

$$\text{LRG: } TS - TP = 17\text{s}$$

$$\text{FRT : } TS - TP = 13\text{ s}$$

$$\text{LMR : } TP - TP = 14\text{ s}$$

$$\text{CVF : } TP - TP = 11\text{ s}$$

4. Calculer la distance épacentrale pour chaque station, sachant que pour des séismes proches de l'épicentre, on considère que les vitesses des ondes P et S sont des constantes et sont de l'ordre de 5 km/s pour V_p et 3.2 km/s pour V_s ?

$$\text{On a } T_s = T_0 + D/V_s \quad ; \quad T_p = T_0 + D/V_p$$

$$T_s - T_p = (T_0 + D/V_s) - (T_0 + D/V_p)$$

$$T_s - T_p = D/V_s - D/V_p$$

$$T_s - T_p = D(1/V_s - 1/V_p) \text{ donc}$$

$$D = \frac{T_s - T_p}{(1/V_s - 1/V_p)} \quad ; \quad V_p = 5 \text{ km/s et } V_s = 3.2 \text{ km/s}$$

$$D (\text{LRG}) = 17 / 0.1125 = 151.11 \text{ km}$$

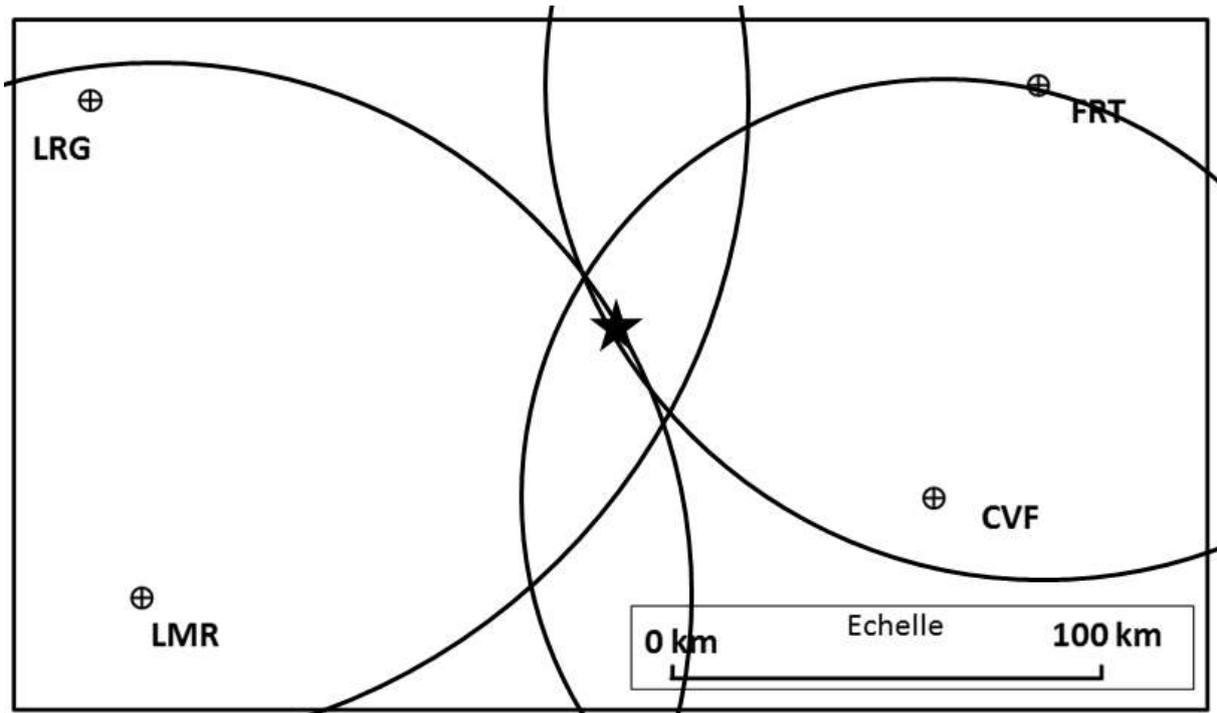
$$D (\text{FRT}) = 13 / 0.1125 = 115.55 \text{ km}$$

$$D (\text{LMR}) = 14 / 0.1125 = 124.44 \text{ km}$$

$$D (\text{CVF}) = 11 / 0.1125 = 97.77 \text{ km}$$

5. Reportez sur la **figure 11**, l'emplacement de l'épicentre du séisme en utilisant les données des quatre stations ?

Voir figure : méthode d'intersection des cercles (tjrs attention ! mesurer les distances en fonction de l'échelle que vous avez



6. Sachant que le temps d'arrivée de l'onde P à la station LRG est de : 10h 5 min 18.9 sec, Calculer le temps d'origine du Séisme ?

On a $T_p = T_0 + D/V_p$

$T_0 = T_p - D/V_p$

$T_0 = 10\text{h } 5\text{ min } 18.9\text{ sec} - 17/5$

$= 10\text{h } 5\text{ min } 18.9\text{ sec} - 3.4\text{sec}$

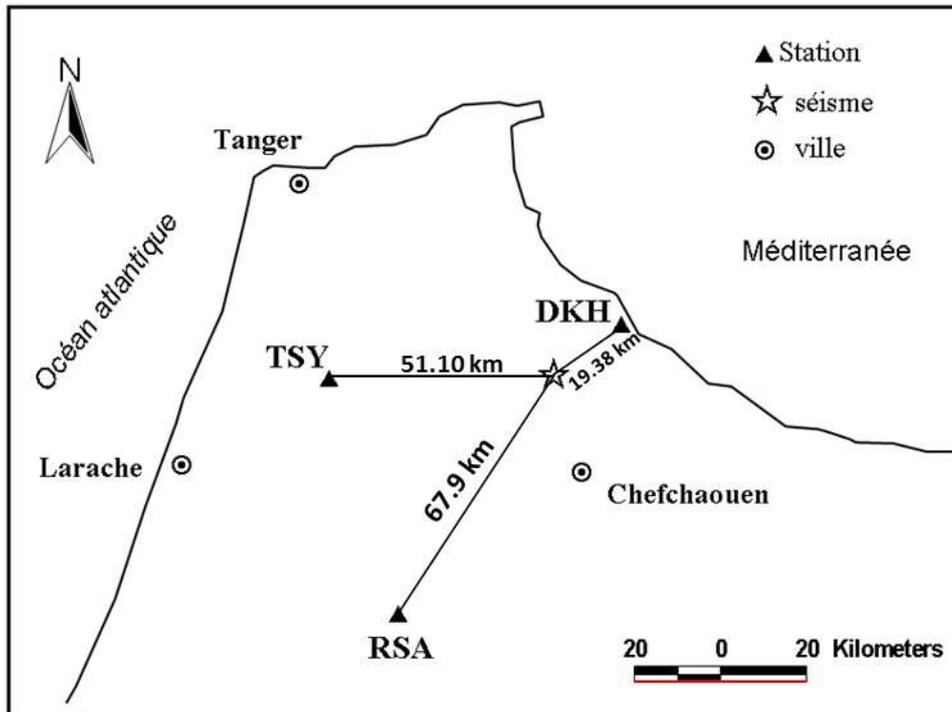
$T_0 = 10\text{h } 5\text{ min } 15.5\text{ sec}$

Solution de l'exercice 11 :

Un séisme s'est produit au nord du Maroc le 10/3/1973 à **23h 30min 37sec**. Trois stations sismiques l'ont enregistré (**TSY, DKH et RSA**). L'épicentre du séisme est localisé sur la **Figure 13**.

1. Sur la figure des hodochrones des séismes proches de l'épicentre (**figure 12**), reportez l'emplacement des 3 stations (**TSY, DKH et RSA**).

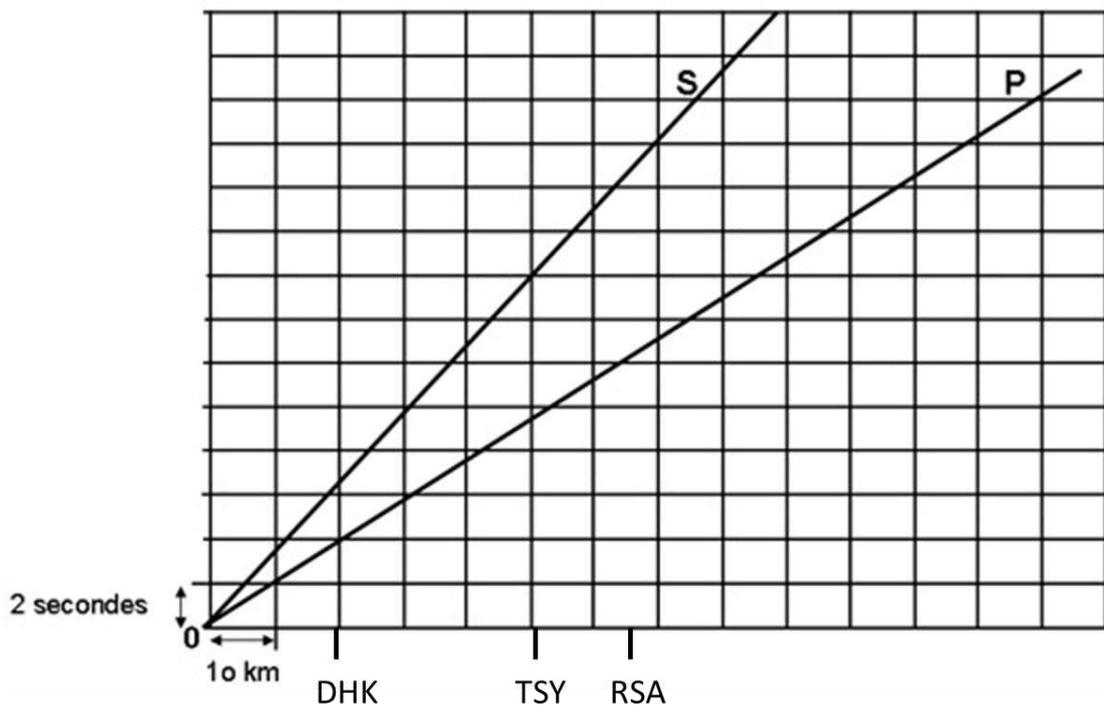
Pour reporter l'emplacement des 3 stations (**TSY, DKH et RSA**) sur la figure des hodochrones des séismes, il suffit de déterminer la distance épicentrale de chaque station en km (à partir de la carte, car ici l'épicentre est déjà positionné, donc il suffit de tirer les distances de la carte en cm et de les transformer en km en se basant de l'échelle de la carte).



Donc ;

D (DHK) = 19.38 km
 D (RSA) = 67.96 km
 D (TSY) = 51.10 km

D (DHK) = 19.38 km
 D (RSA) = 67.96 km
 D (TSY) = 51.10 km



2. Déterminez le temps d'arrivée des ondes P (T_p) et celui des ondes S (T_s) du séisme, pour les trois stations (TSY, DKH et RSA). Même méthode de l'exercice 9

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

