

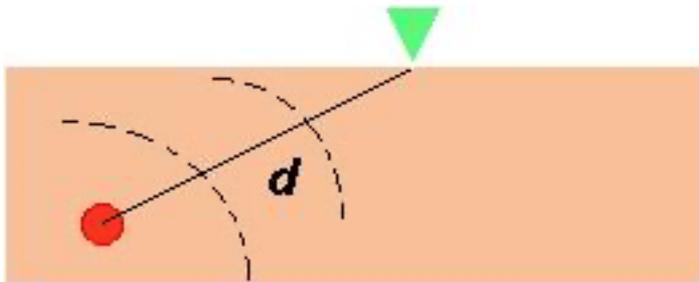
Localiser les séismes

L'endroit où, sur une faille démarre la rupture est appelé foyer du tremblement de terre ou hypocentre. L'épicentre est le point de la surface du sol le plus proche du foyer. L'épicentre macrosismique est le lieu de plus forte intensité ressentie, il peut être différent de l'épicentre réel. Autrefois, la détermination de l'épicentre se faisait à partir des appréciations des personnes ayant ressenti le séisme et les dégâts. Actuellement, grâce à plusieurs milliers de stations disposées sur l'ensemble de la planète, il est possible de déterminer l'épicentre et l'hypocentre de tous les séismes de magnitude supérieure à 4 et voire même 2 dans certaines zones bien surveillées comme la Californie.

Il existe deux moyens géométriques simples pour déterminer approximativement l'épicentre d'un séisme.

Détermination de l'épicentre par la méthode des cercles

La méthode des cercles nécessite l'utilisation d'au moins trois stations d'enregistrement situés en des lieux différents et qui enregistrent la composante verticale des ondes P et S. L'onde emprunte le trajet le plus court et l'on considère ainsi, mais cela reste une approximation, que le trajet est une ligne droite.



Avec une seule station, on peut écrire :

temps d'arrivée de l'onde P : $t_p = t_0 + (d/v_p)$

temps d'arrivée de l'onde S : $t_s = t_0 + (d/v_s)$

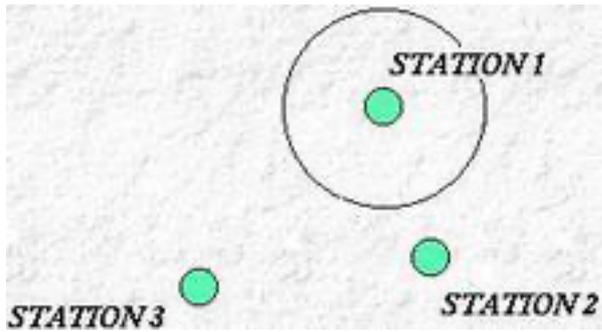
où d est la distance épicentrale, t_0 le temps origine, v_p la vitesse de l'onde P et v_s la vitesse de l'onde S. Ne connaissant pas le temps origine t_0 , on peut isoler la distance épicentrale d en faisant la différence entre les deux relations précédentes : $t_s - t_p = d \times (1/v_s - 1/v_p)$.

Les vitesses des ondes P et S dans la croûte sont telles que l'on peut admettre que : $(1/v_s - 1/v_p) = 1/8$.

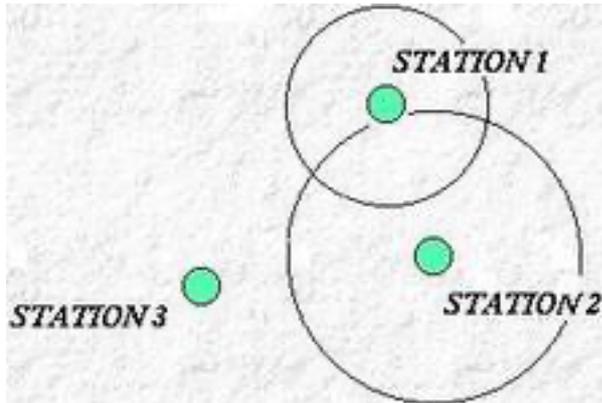
D'où : $d = 8 \times (t_s - t_p)$

Quand les vitesses ne sont pas connues, on utilise des abaques pour déterminer d , c'est-à-dire des courbes établies expérimentalement permettant d'obtenir rapidement graphiquement une valeur de d en fonction de $(t_s - t_p)$.

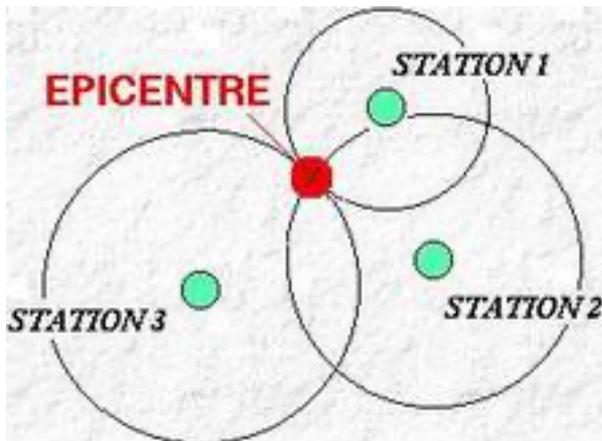
Dans un plan donné, l'ensemble des points situés à une distance épicentrale d d'une station représente un cercle de rayon d et de centre la station. Avec une station, on ne peut pas déterminer la position du séisme puisque l'on obtient un nombre infini de localisation le long du cercle. Il faut en fait au moins trois stations auxquelles correspondent trois cercles de rayon d_1 , d_2 et d_3 .



1. on trace un cercle de rayon la distance épiscoptrale d_1

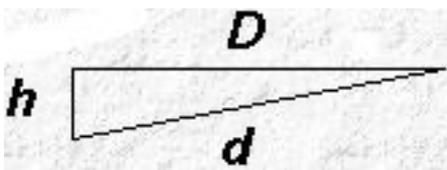


2. on effectue la même opération en station 2



3. avec la station 3, on obtient trois cercles

Si le foyer est superficiel et les stations proches, la méthode convient plutôt bien : les trois cercles se coupent en un seul point (ou dans une petite zone) qui est le foyer du séisme. Sinon, on ne peut plus déterminer de plan fixe et chaque distance d définit une sphère au lieu d'un cercle. Les trois sphères se coupent à une profondeur que l'on ignore et la projection en surface donne la zone où s'est produit le séisme.



Détermination de l'épicentre par la méthode des hyperboles

La méthode des hyperboles nécessite également l'utilisation d'au moins trois stations mais n'utilise que les enregistrements des ondes P. Soit t_1 le temps d'arrivée de l'onde P à la station 1, t_2 celui à la station 2, t_3 celui à la station 3 et d_1 la distance épacentrale à la station 1, d_2 à la station 2 et d_3 à la station 3. On a d'abord pour les stations 1 et 2 :

$$t_1 = t_0 + (d_1/v_p)$$

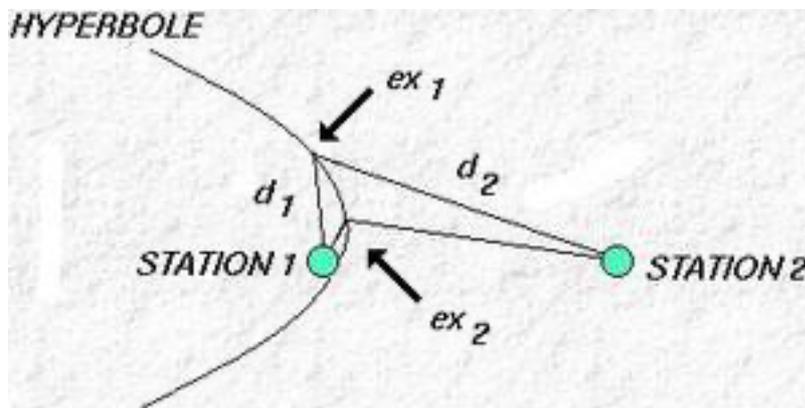
$$t_2 = t_0 + (d_2/v_p)$$

$$\text{D'où par différence : } t_2 - t_1 = (d_2 - d_1) / v_p$$

$$\text{et ainsi : } d_2 - d_1 = v_p \times (t_2 - t_1).$$

Puisque l'on connaît à peu près la vitesse des ondes P v_p et que l'on peut mesurer les différences des temps d'arrivée ($t_2 - t_1$), on en déduit ($d_2 - d_1$) qui est une valeur constante.

L'ensemble des distances d_1 et d_2 tels que ($d_2 - d_1$) reste une constante représente dans un plan une hyperbole construite autour des deux stations. Si l'on ne peut pas déterminer de plan, on obtient en trois dimensions une surface quadrique (paraboloïde elliptique).



Lorsqu'ensuite on est assez loin, en déterminant de la même manière l'ensemble des points tels que ($d_3 - d_1$) et ($d_3 - d_2$) restent des constantes on obtient trois hyperboles qui se coupent en un point qui représente le foyer du séisme.

Détermination de l'épicentre par les méthodes actuelles

Le défaut des deux méthodes présentées est lié aux approximations. On suppose que les vitesses sont constantes et ce n'est évidemment pas vrai et on suppose qu'on les connaît. On a souvent une estimation des vitesses en fonction de la profondeur mais c'est une estimation.

Les méthodes numériques utilisées de nos jours tiennent compte de ces inconnues.

En réalité, on dispose des temps d'arrivée à bien plus que trois stations. Encore une fois, si tout était parfaitement connu, il suffirait d'en choisir trois au hasard et on obtiendrait le bon résultat. Tenir compte de toutes les données est un problème numérique qui se résout par un algorithme sur ordinateur de manière à minimiser les erreurs entre la localisation trouvée et chacune des données.

Ce contenu est extrait du site web du Musée de sismologie de Strasbourg. Crédits Eost 2022