

Principe de la sismotectonique (mécanismes au foyer)

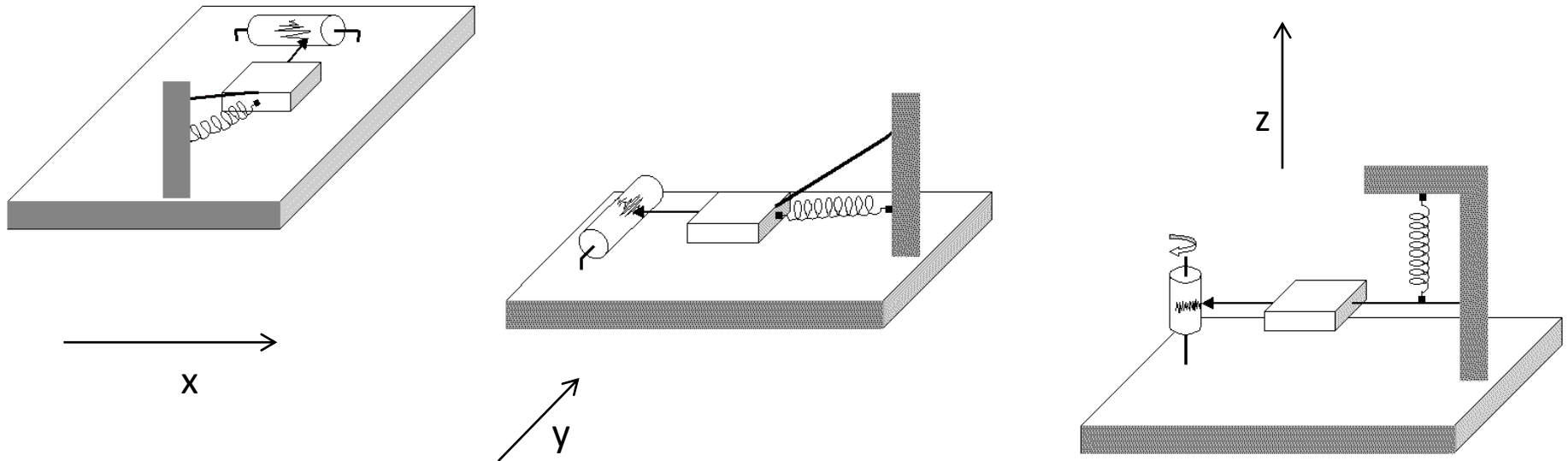
L'apport de la sismotectonique

Quelques rappels sur l'enregistrement des séismes:

Les dispositifs d'enregistrements sont des **sismomètres**. Les enregistrements obtenus des **sismogrammes**.

Une **station d'enregistrement** possède généralement **trois sismographes** disposés perpendiculairement, deux d'entre eux dans le **plan horizontal**, le **troisième vertical** ; Cette disposition permet de d'étudier précisément dans l'**espace** les modalités de propagation des ondes sismiques

RAPPEL: Ondes P en compression, S en cisaillement, ondes de surface multidirectionnelles



L'apport de la sismotectonique

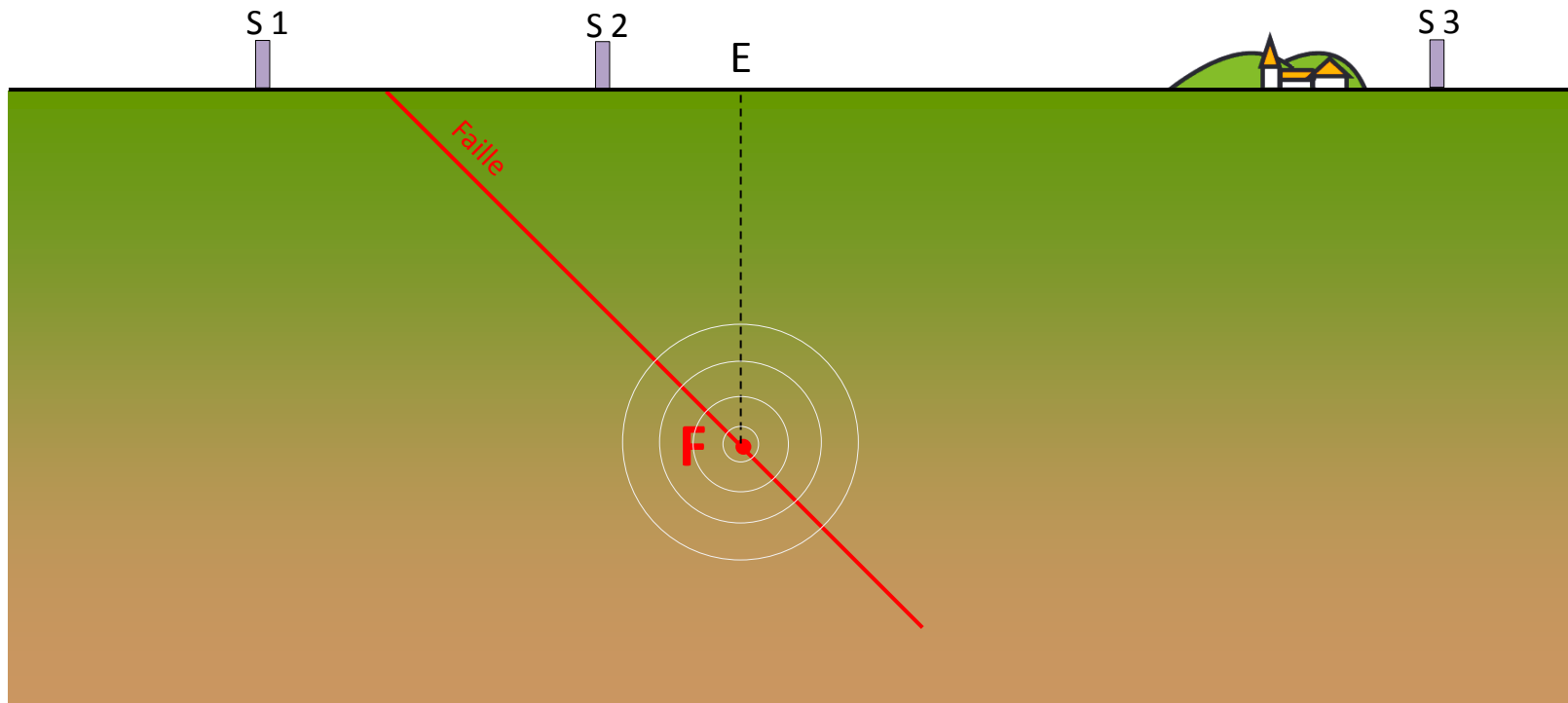
Comment déterminer un mouvement relatif de part et d'autre d'une faille en étudiant un **enregistrement sismique** ?

F = Foyer sismique; E = épicentre du séisme

S1, S2 et S3 = stations d'enregistrement

Dans cet exemple, on enregistre la composante verticale du séisme

S 1	
S 2	
S 3	



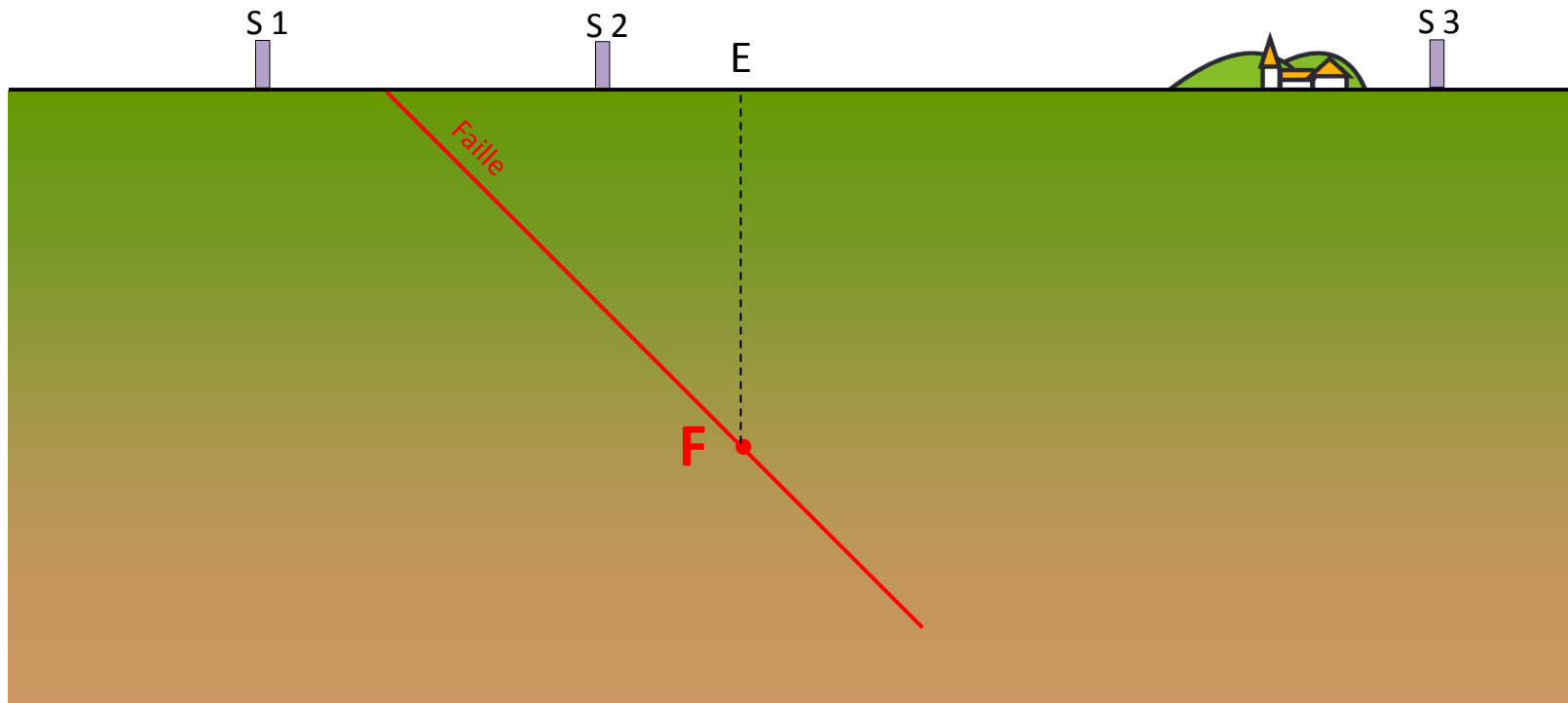
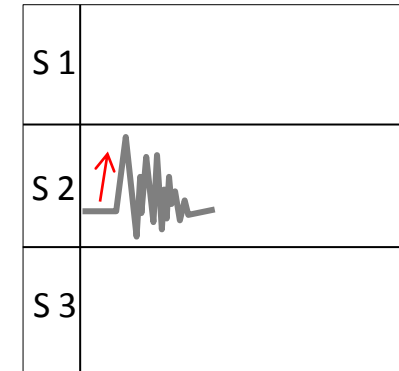
L'apport de la sismotectonique

Principe:

On se base sur la direction des mouvements du sol à l'arrivée des **ondes P**, tout particulièrement au premier mouvement: Dans certains cas, le sol commence à se **soulever** (la station est « poussée » vers l'extérieur) d'où un premier pic **vers le haut**.

Dans l'exemple, c'est le cas de la station 2.

Sismogrammes (ondes P)

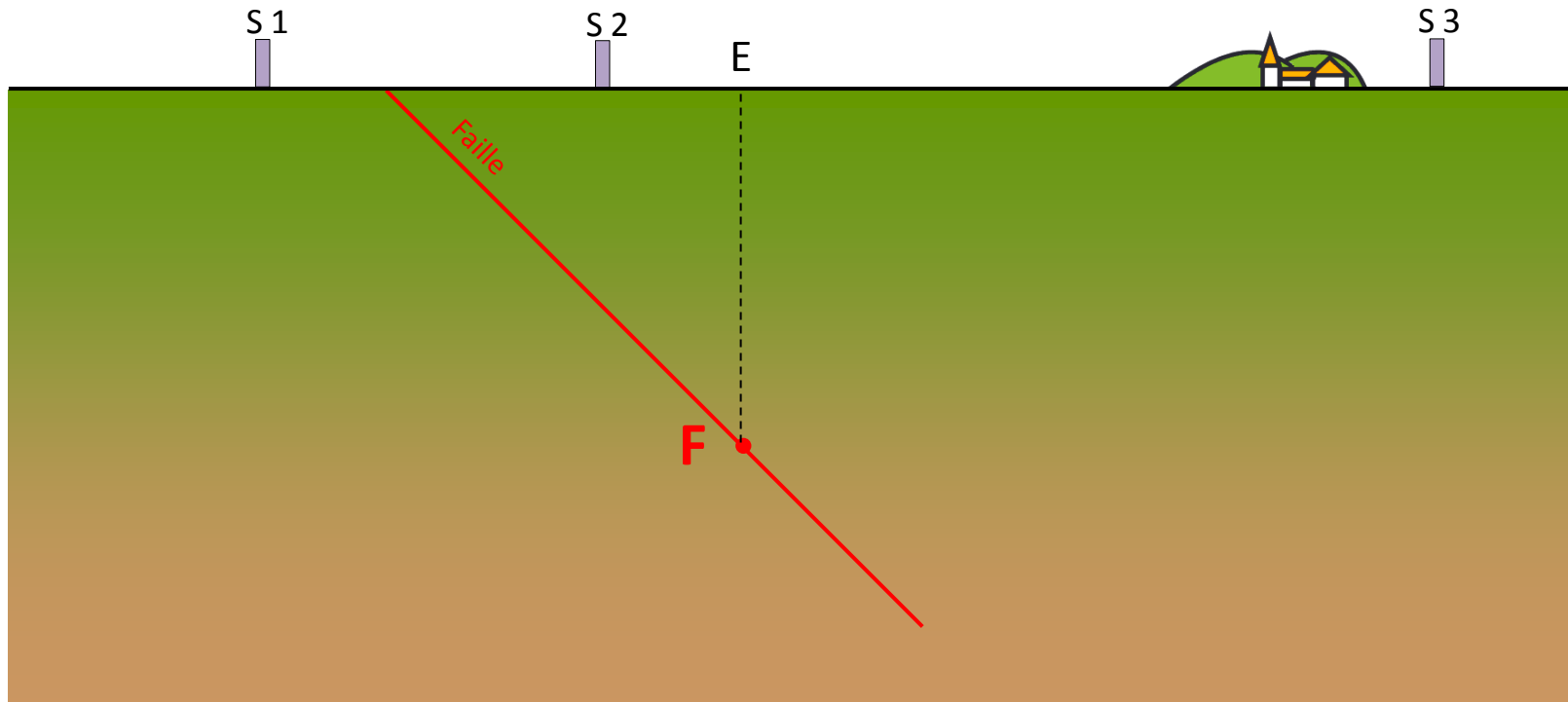
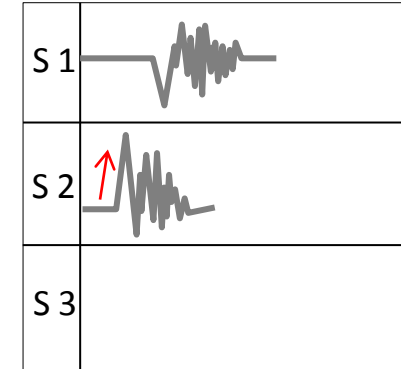


L'apport de la sismotectonique

Principe:

Que peut on déduire alors de enregistrement en S1?

Sismogrammes (ondes P)

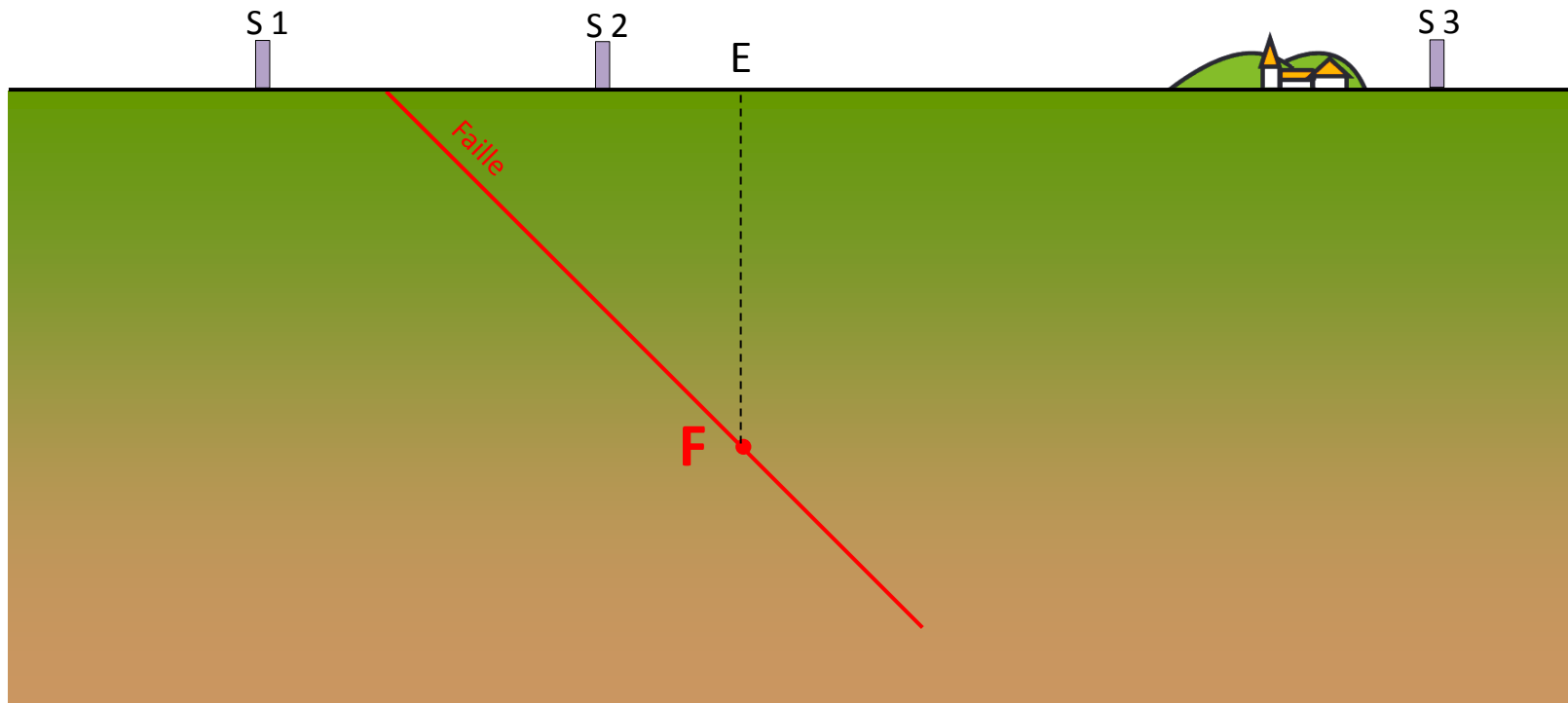
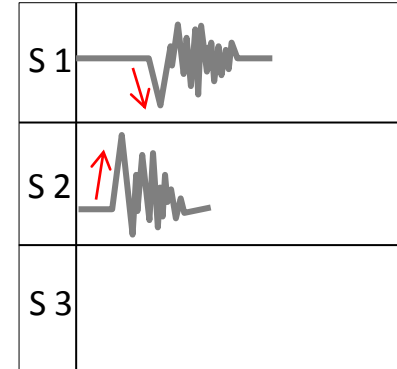


L'apport de la sismotectonique

Principe:

En S1, la première onde P est « vers le bas ». Elle traduit donc un affaissement de la partie du sol sur lequel elle est située.

Sismogrammes (ondes P)



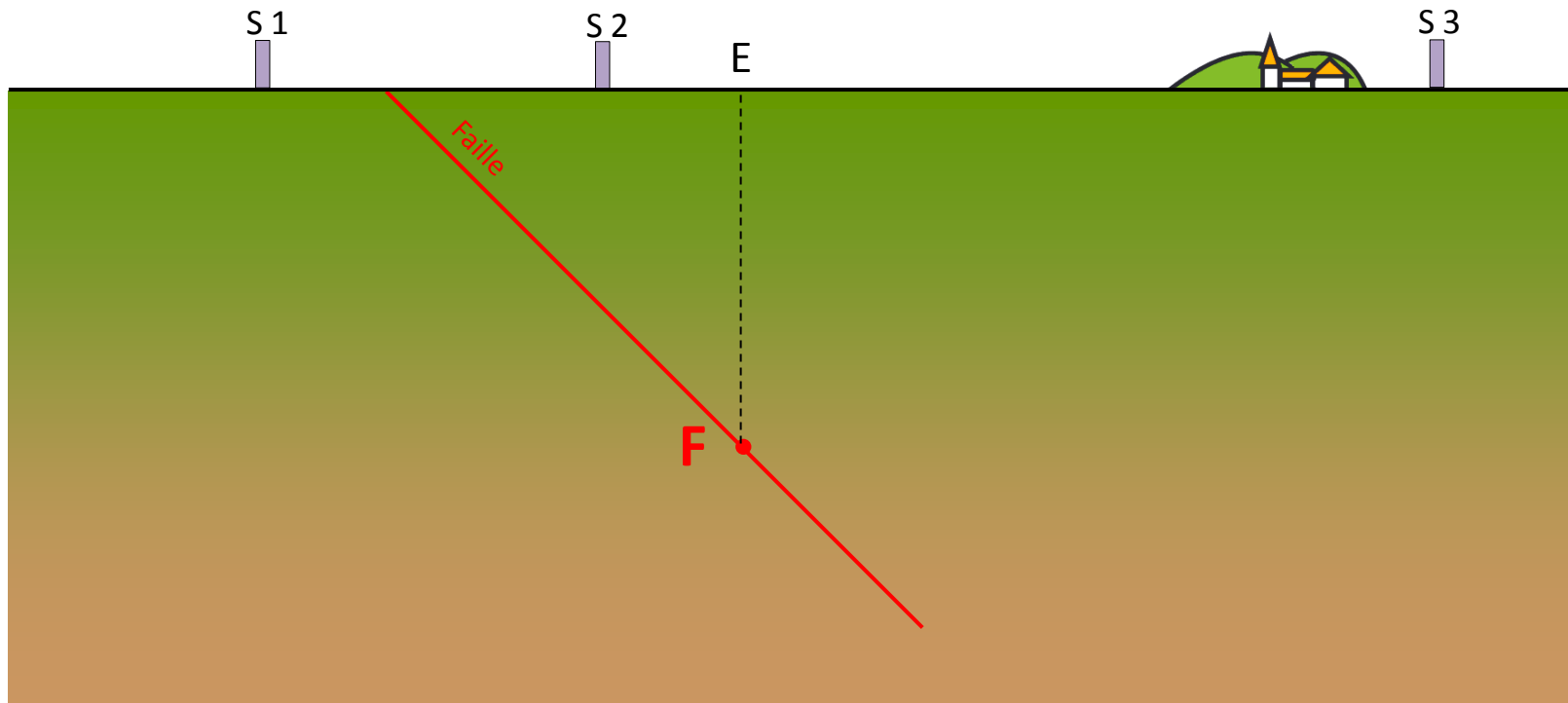
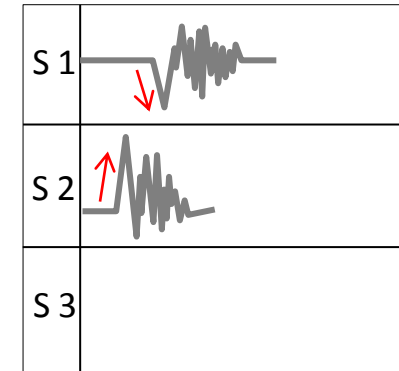
L'apport de la sismotectonique

Principe:

Ces 2 indications suffisent pour déterminer le mouvement relatif de part et d'autre de la faille.

Alors, faille inverse ou faille normale ?

Sismogrammes (ondes P)



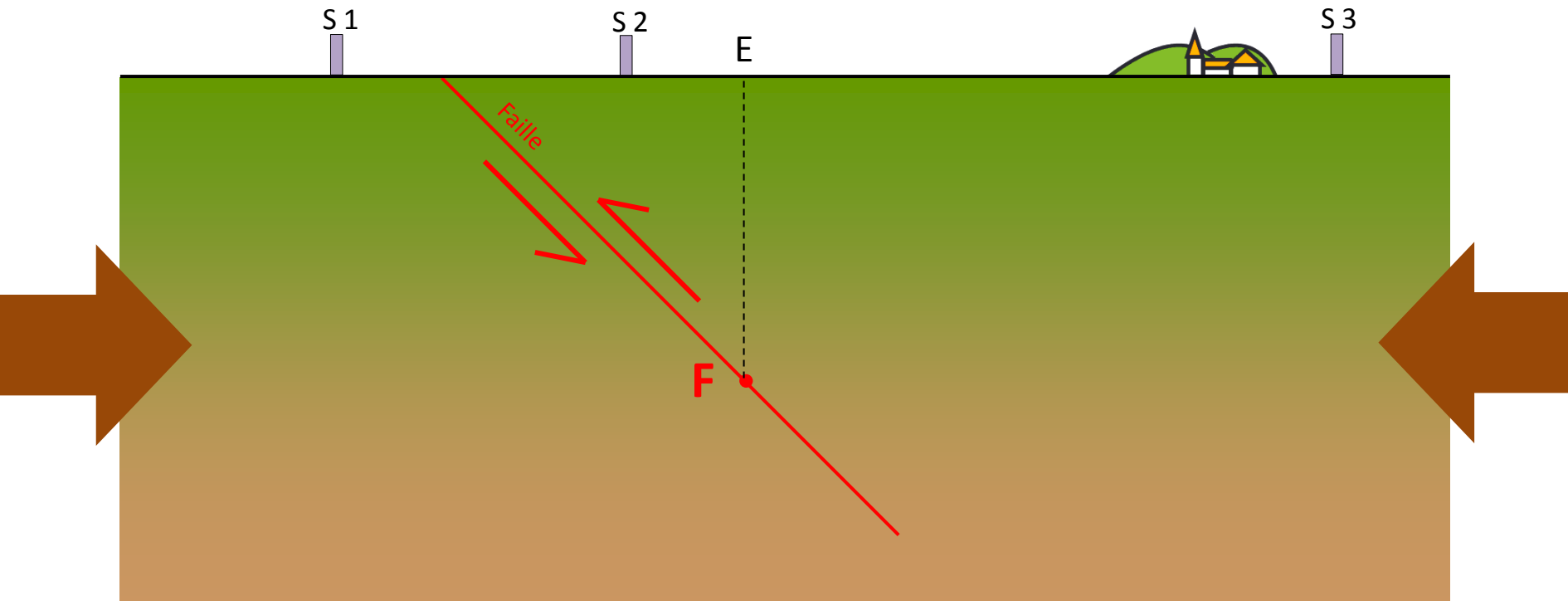
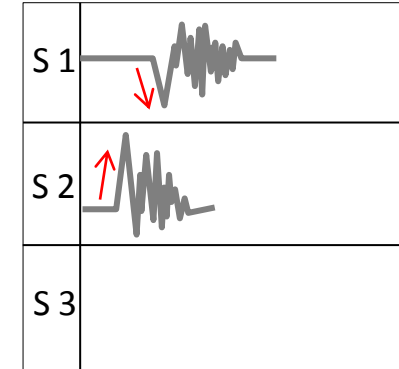
L'apport de la sismotectonique

Principe:

Ces 2 indications suffisent pour déterminer le mouvement relatif de part et d'autre de la faille.

L'affaissement en S1 et le soulèvement en S2 traduit un mouvement relatif de faille **inverse**.

Sismogrammes (ondes P)



L'apport de la sismotectonique

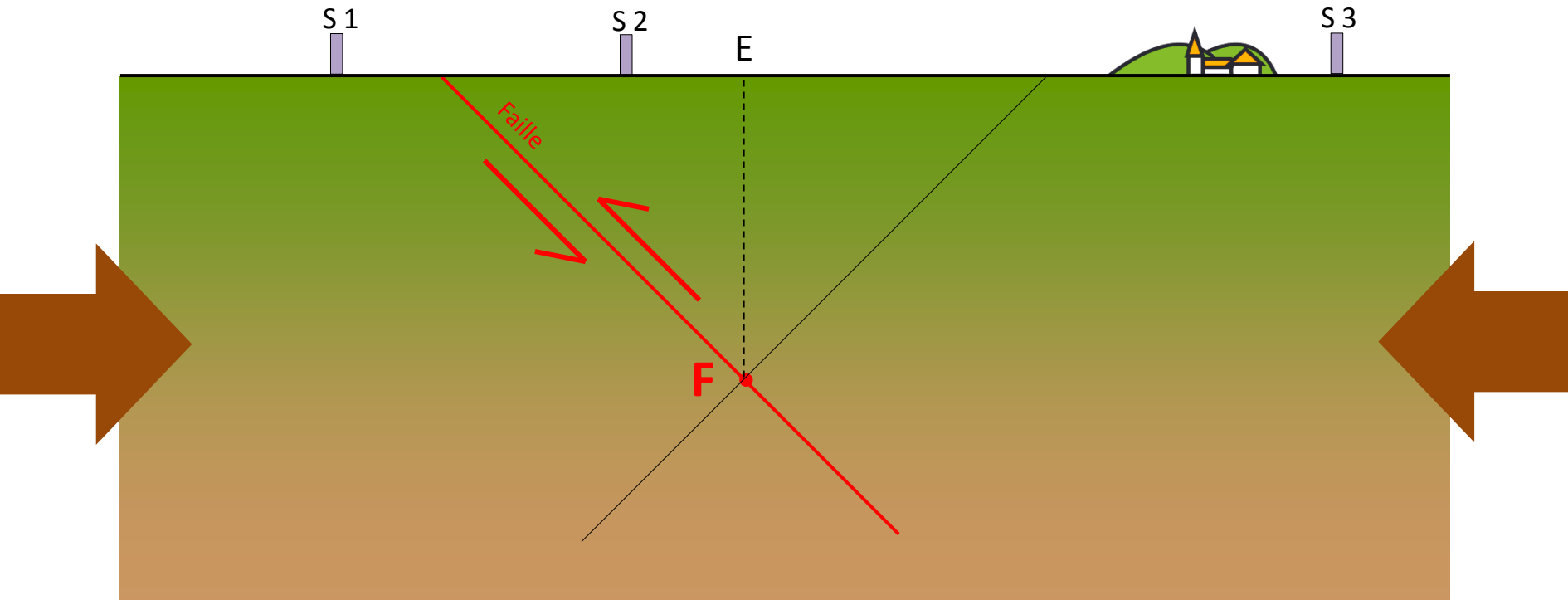
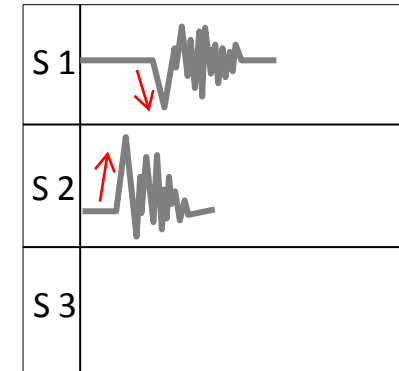
Principe:

Ces 2 indications suffisent pour déterminer le mouvement relatif de part et d'autre de la faille.

L'affaissement en S1 et le soulèvement en S2 traduit un mouvement relatif de faille **inverse**.

On peut dire aussi que la zone proche de S1 est en **dilatation**, alors que la zone en S2 est en **compression**.

Sismogrammes (ondes P)



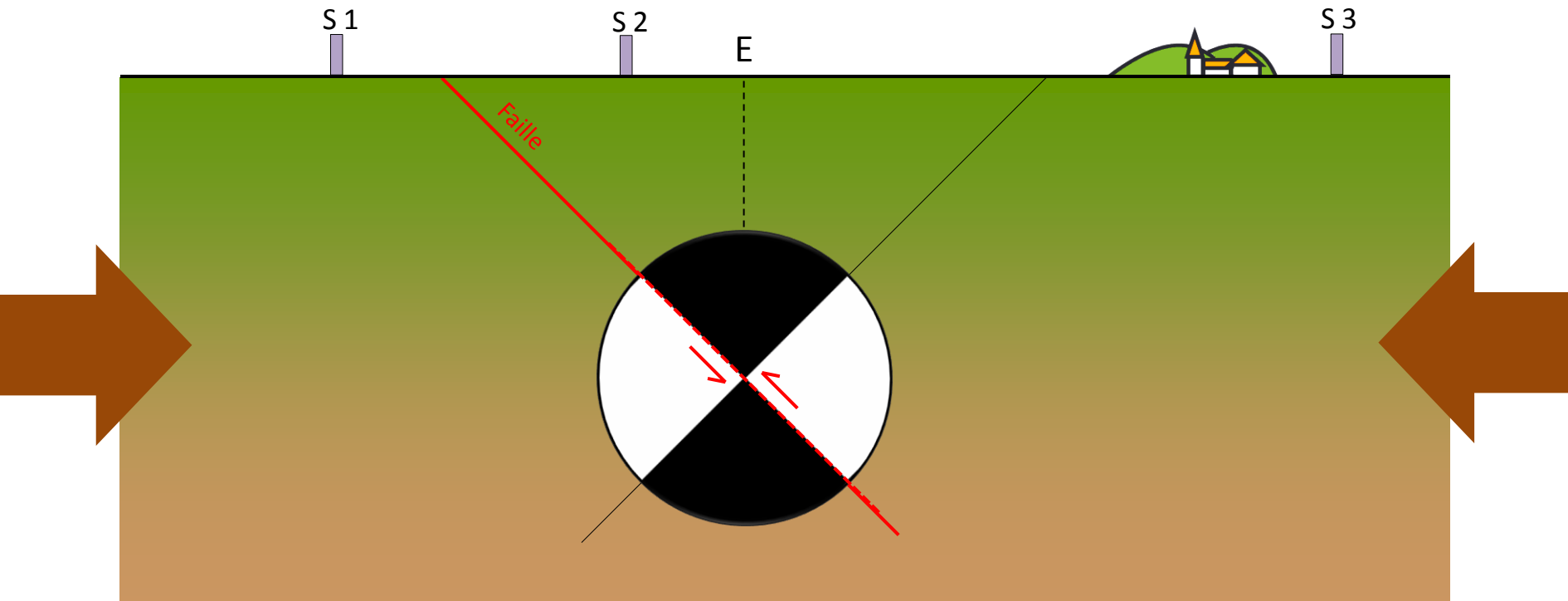
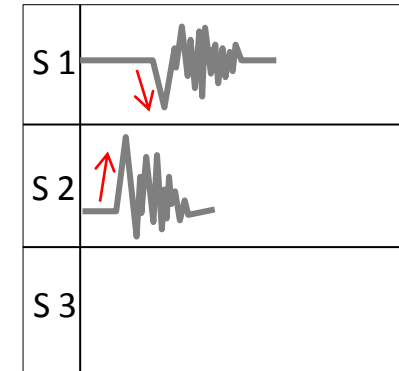
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Pour traduire conventionnellement la nature du type de déformation (dilatation ou compression), on utilise une sphère virtuelle à 4 secteurs, 2 en **compression** (noir ou +) et 2 en **dilatation** (blanc ou -), séparés par 2 plans nodaux perpendiculaires entre eux qui se croisent au niveau du foyer (un des plan nodaux est le plan de faille)

Dans le cas présent, la sphère en vue latérale aura cet aspect:

Sismogrammes (ondes P)

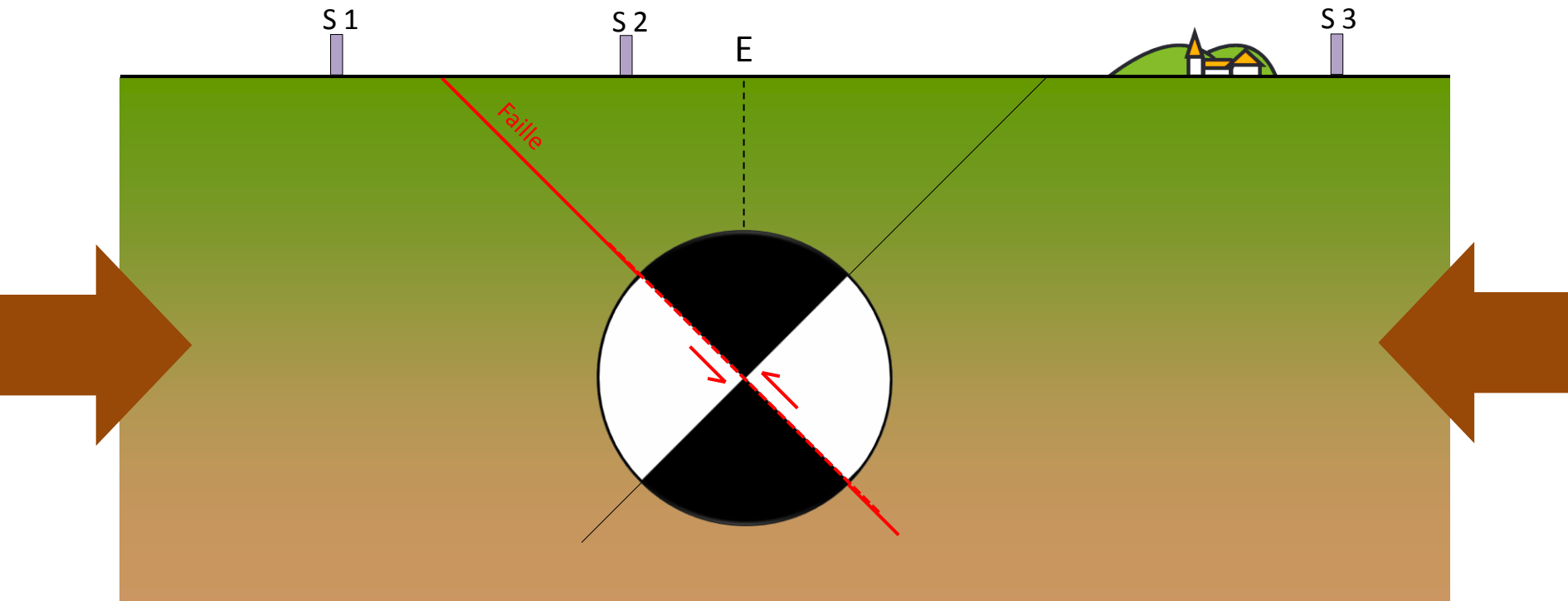
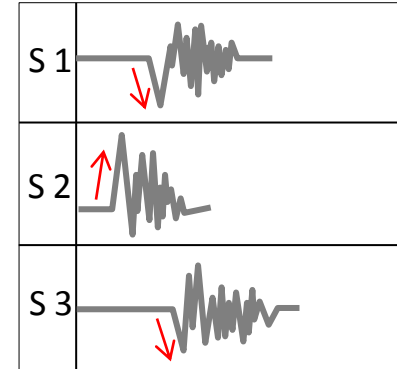


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Voyons l'aspect de l'enregistrement en S3...

Sismogrammes (ondes P)

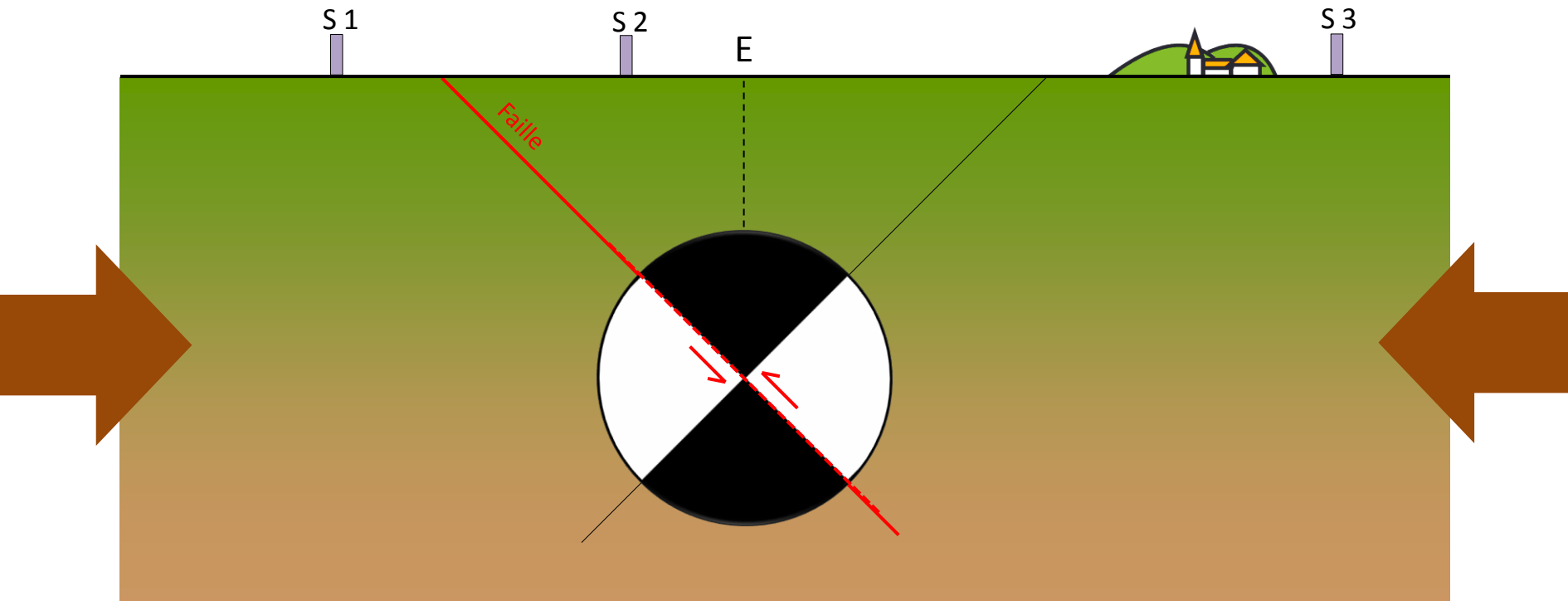
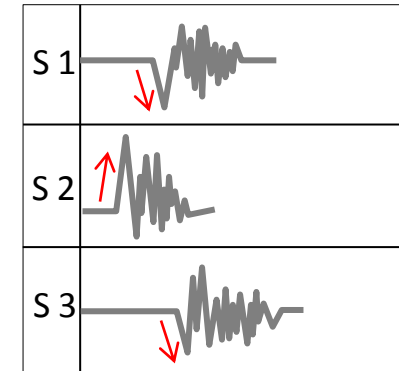


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

L'enregistrement en S3 est bien conforme aux informations données par la sphère focale: la première onde P (vers le bas) traduit un **affaissement** et la station se situe bien dans le domaine **blanc** (en **dilatation**).

Sismogrammes (ondes P)



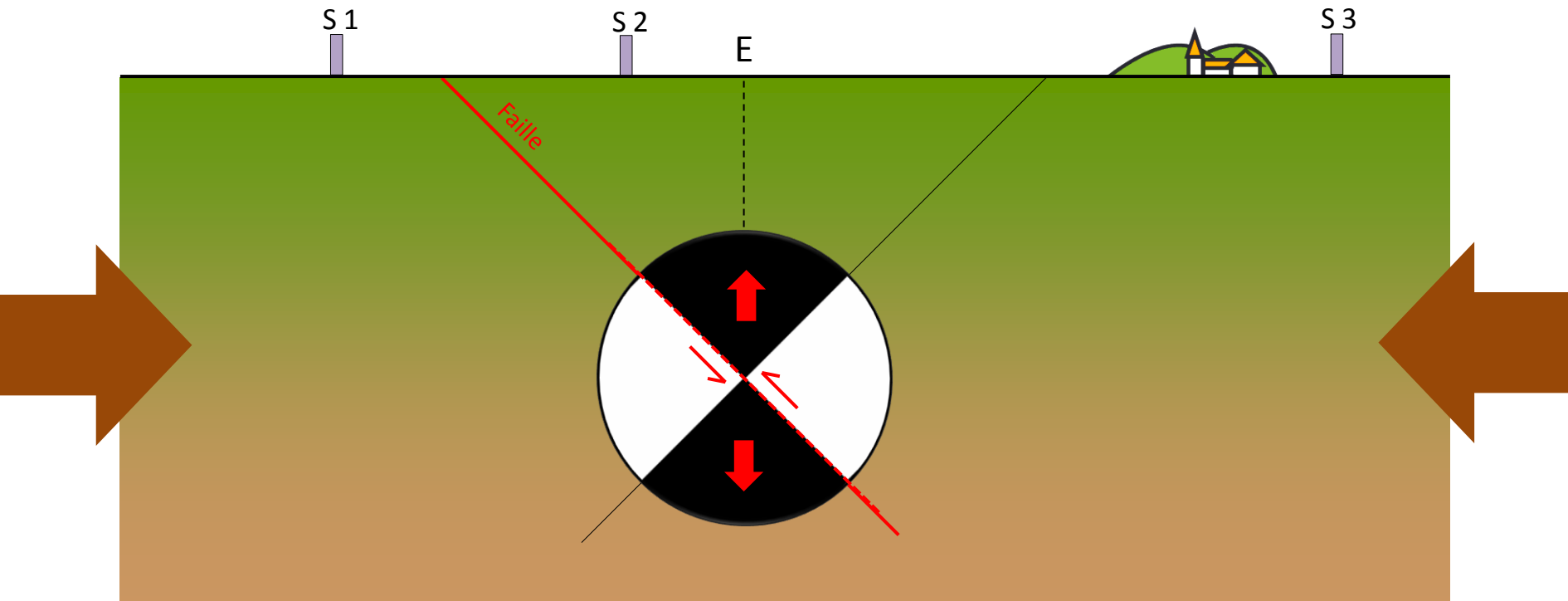
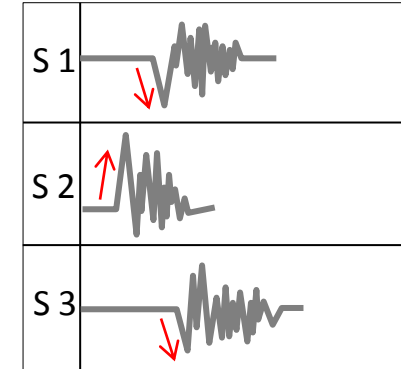
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Les secteurs traduisent aussi un régime de déformation **par rapport au foyer**.

Dans ce cas, on dira que les secteurs **noirs** sont des quadrants en **tension** pour le foyer...

Sismogrammes (ondes P)

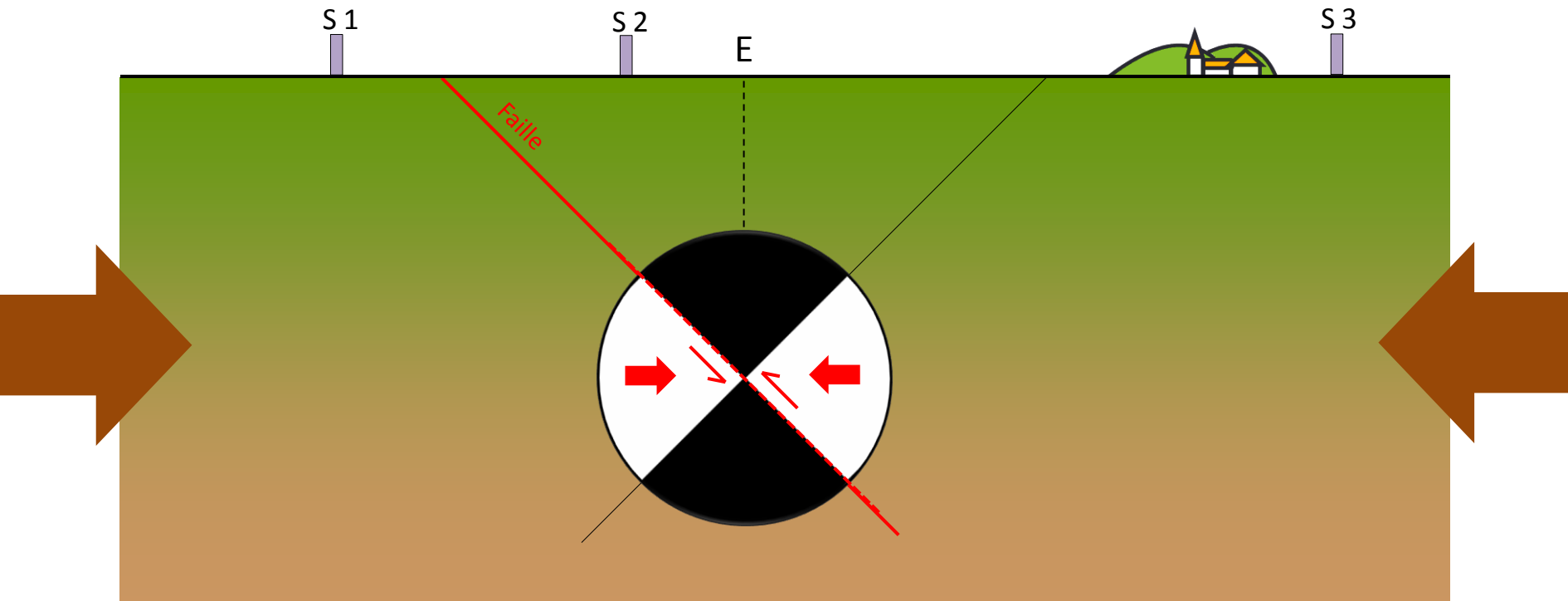
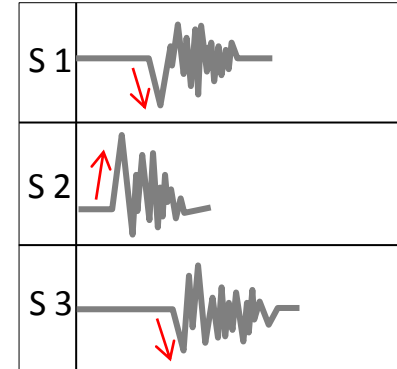


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

...et les secteurs **blancs** en **pression** pour le foyer.

Sismogrammes (ondes P)



L'apport de la sismotectonique

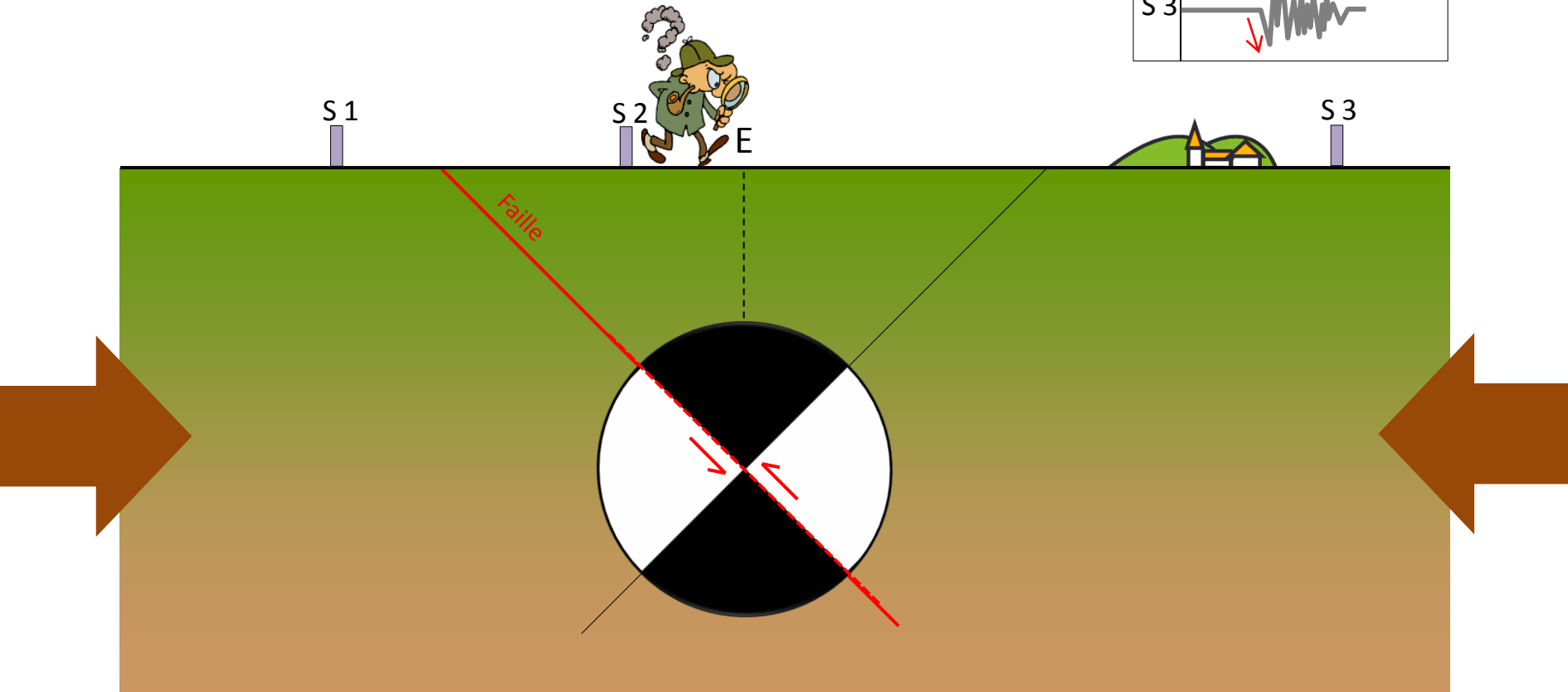
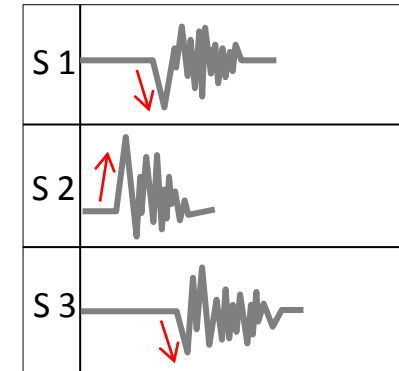
La sphère focale:

On a coutume d'utiliser des **projections** de la sphère focale dans un **plan horizontal**.

Imaginons qu'un observateur regarde la sphère « par dessus ».

Que va-t-il voir ?

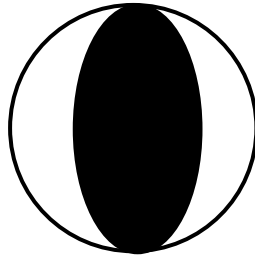
Sismogrammes (ondes P)



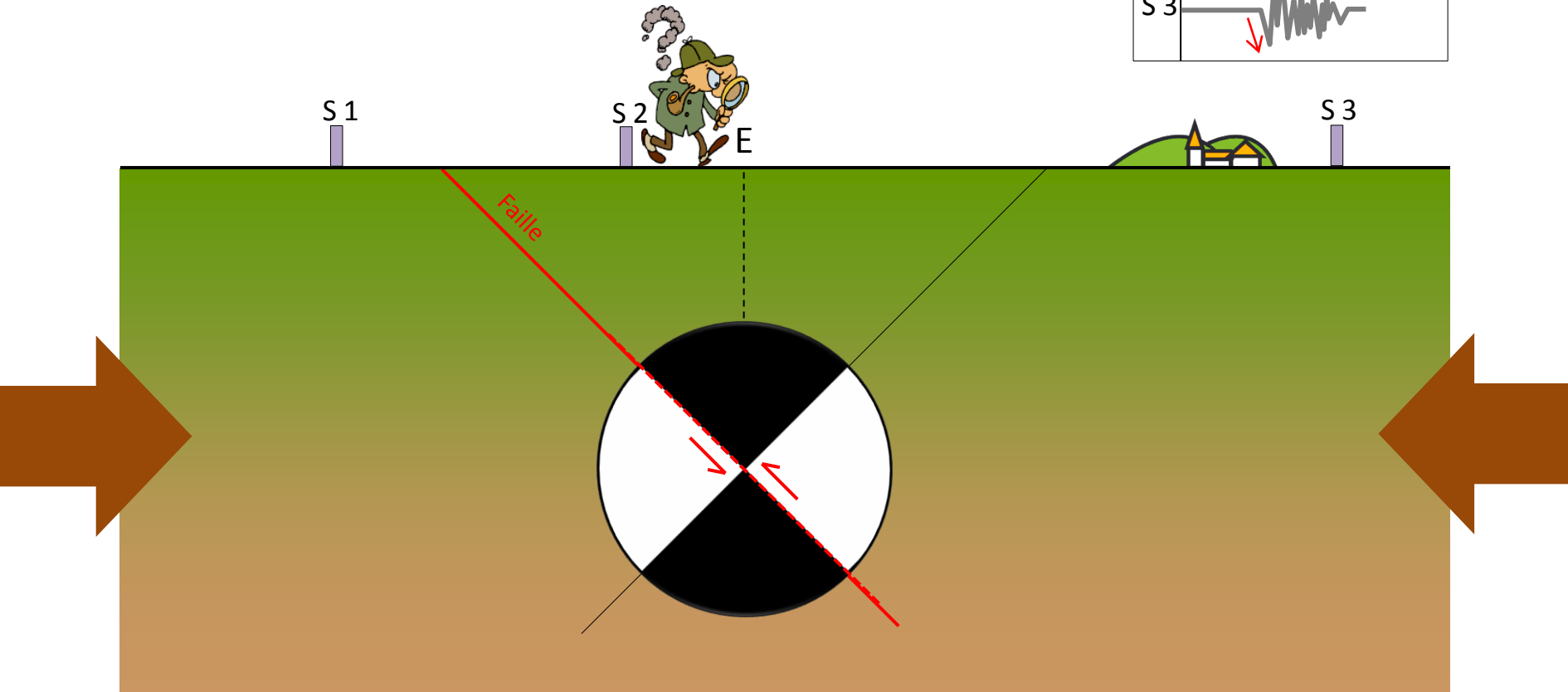
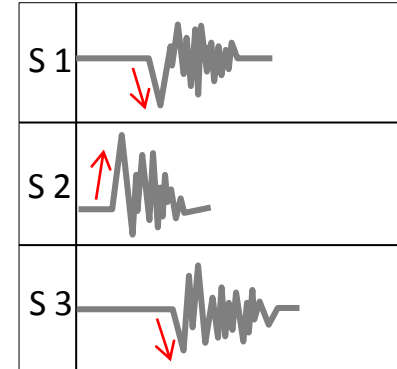
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

...Voilà l'aspect de la sphère focale en projection horizontale



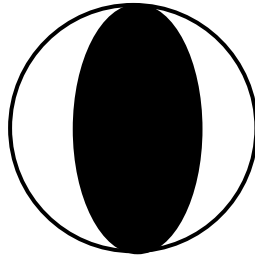
Sismogrammes (ondes P)



L'apport de la sismotectonique

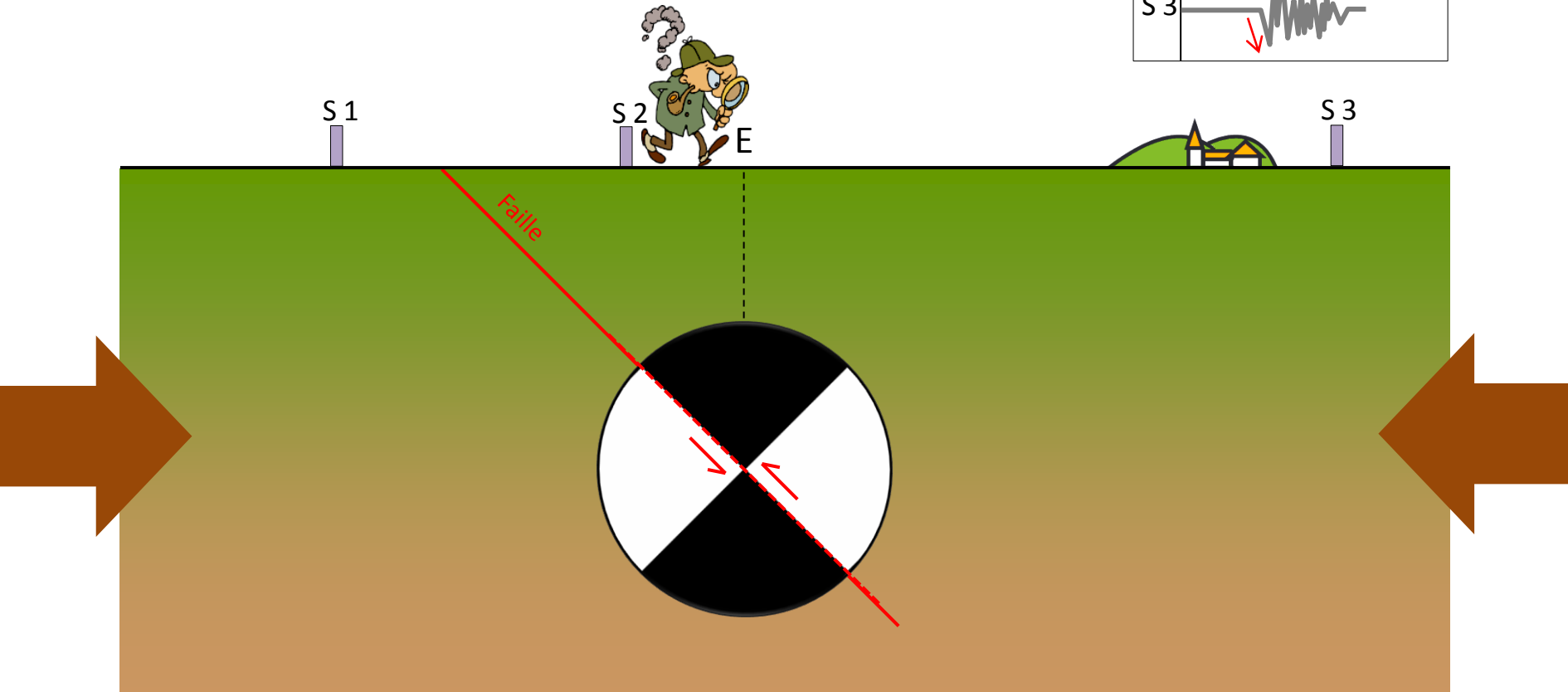
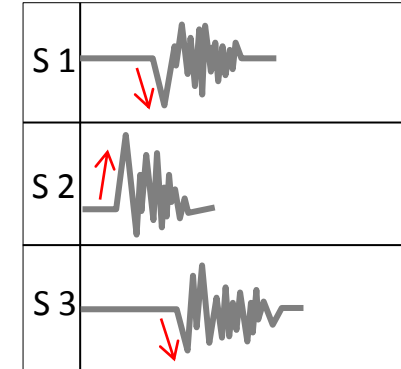
La sphère focale:

Ainsi, on peut associer cette représentation (projection horizontale):



...à une **faille inverse**

Sismogrammes (ondes P)



L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

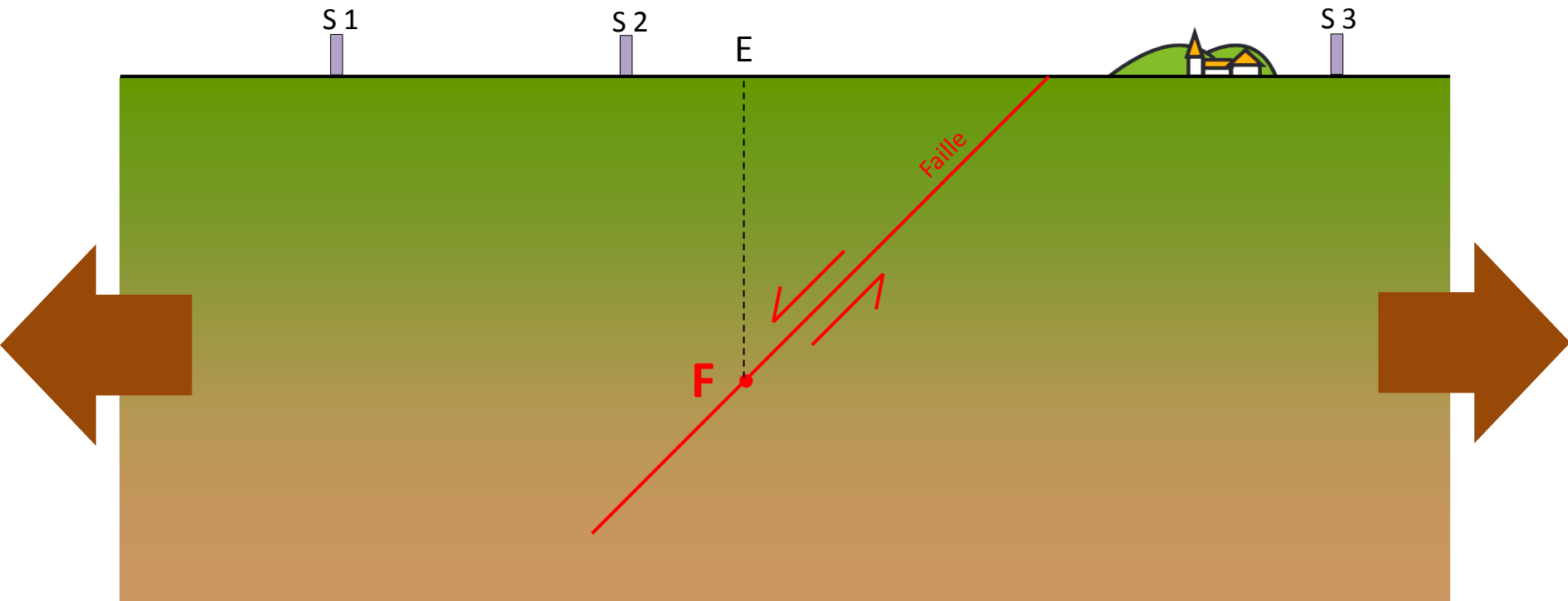
Imaginons alors une situation de **faille normale**...

On peut même changer l'orientation de la faille si on veut...

Dans ce contexte, quel sera
l'aspect de la sphère focale ?

Sismogrammes (ondes P)

S 1	
S 2	
S 3	



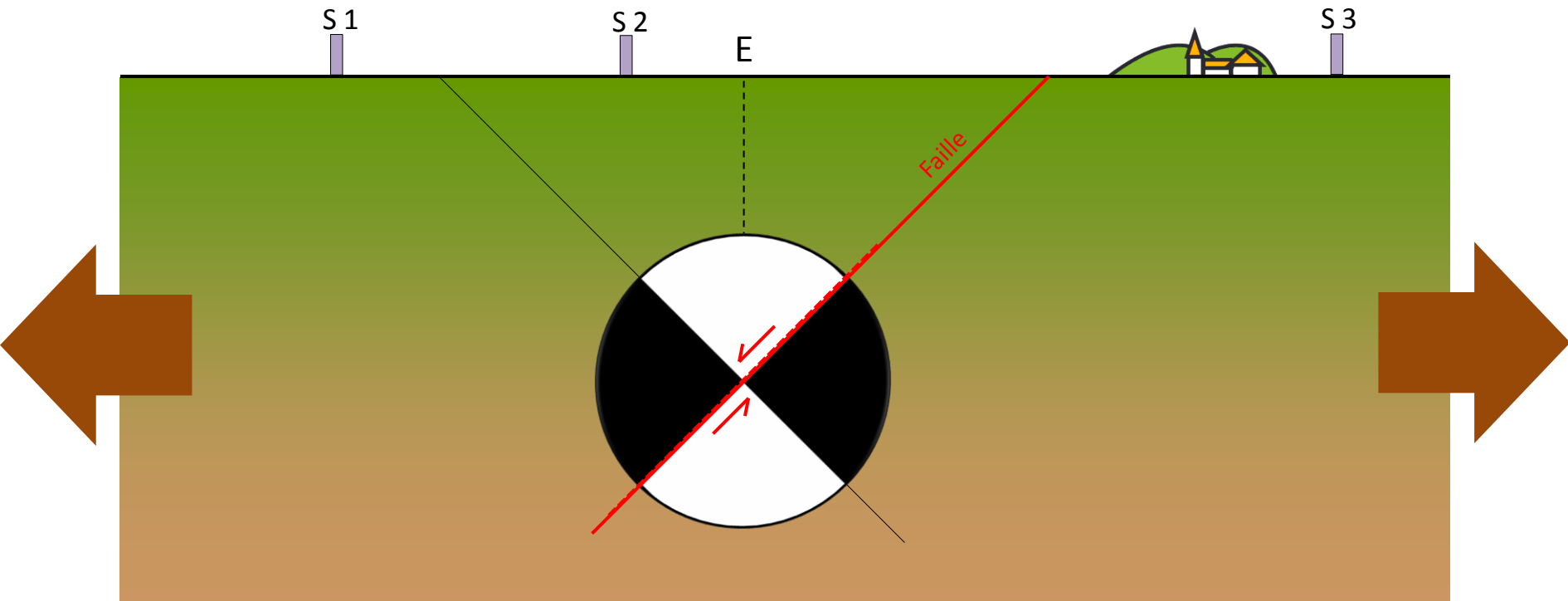
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

La sphère focale en **projection verticale** aura cet aspect:

Sismogrammes (ondes P)

S 1	
S 2	
S 3	



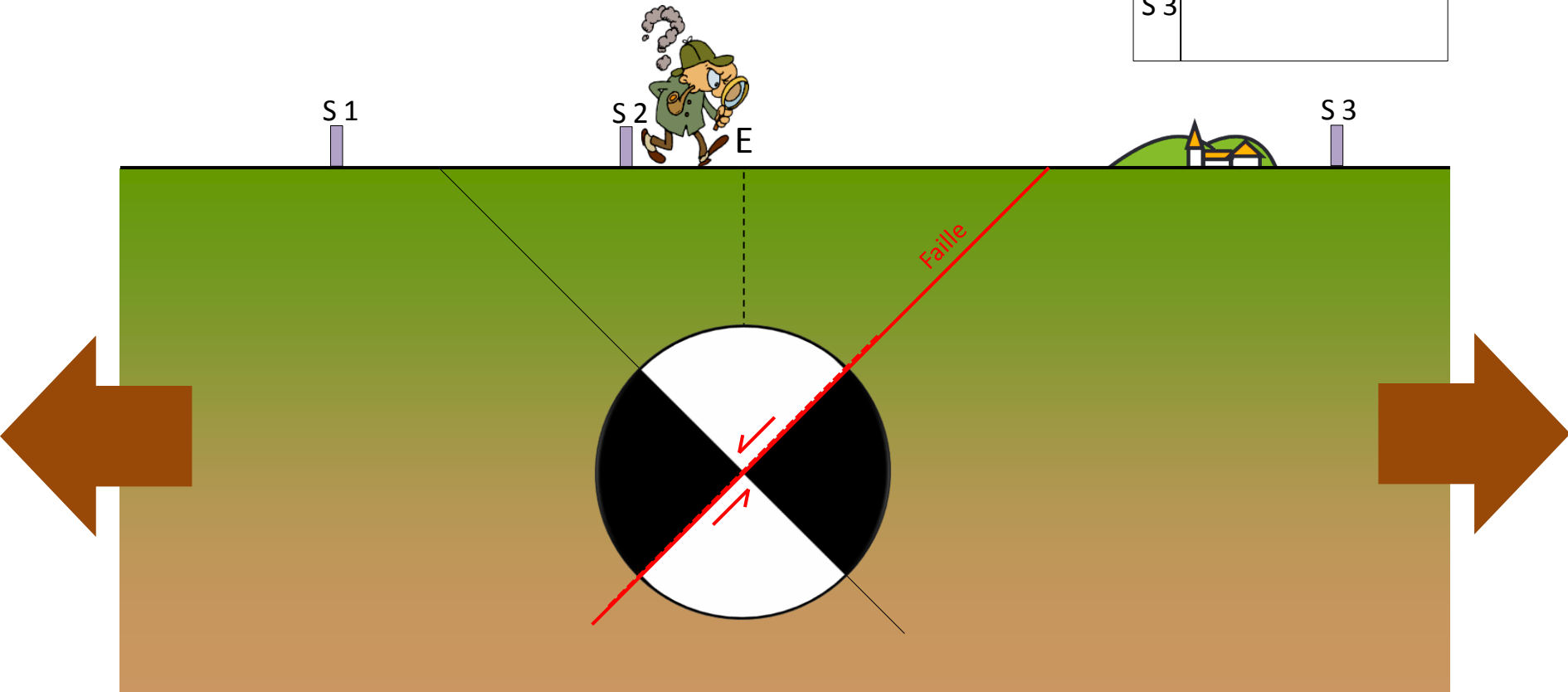
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

...et son aspect en projection horizontale ?

Sismogrammes (ondes P)

S 1	
S 2	
S 3	



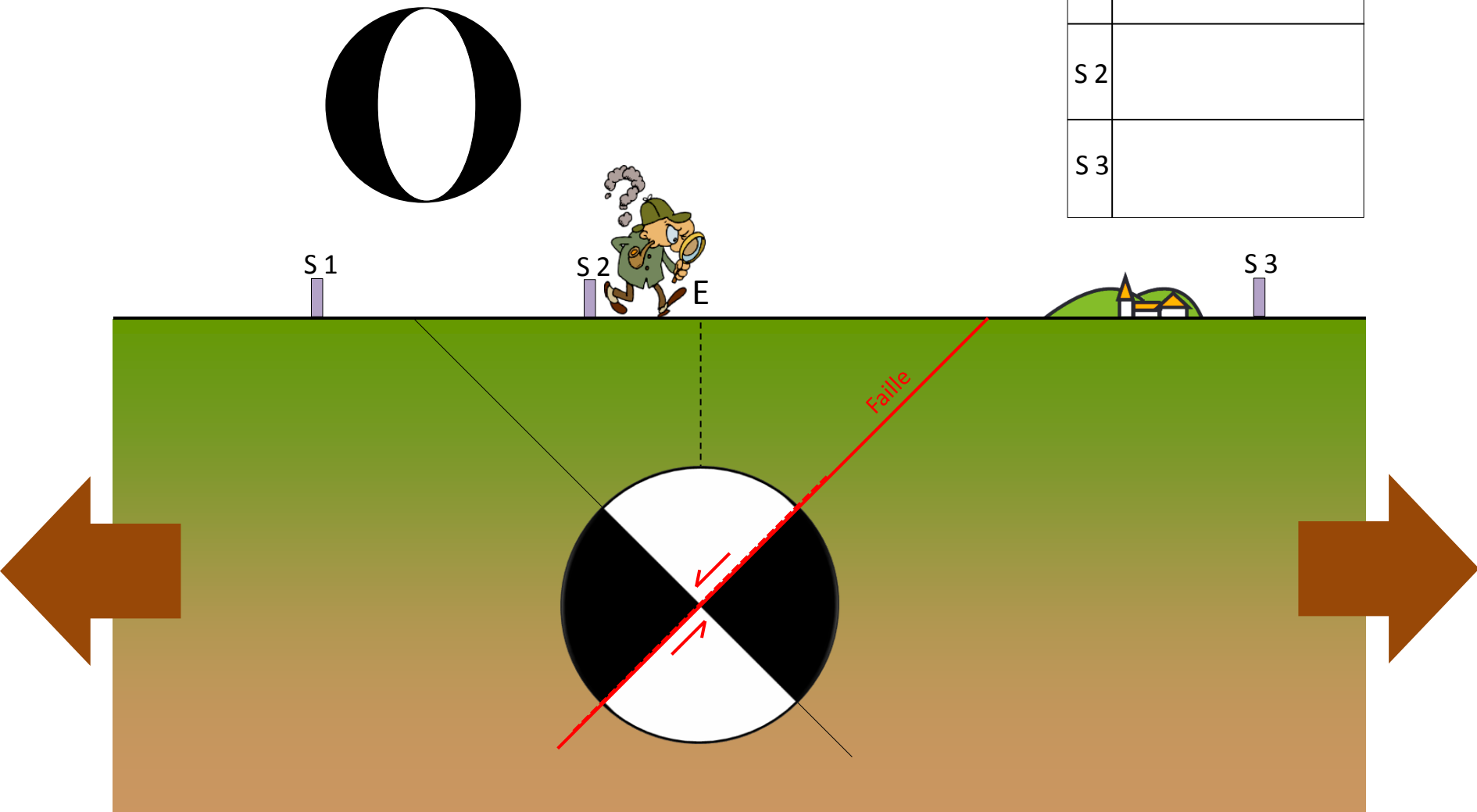
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Pour une **faille normale**, l'aspect de la sphère focale en projection horizontale sera:

Sismogrammes (ondes P)

S 1	
S 2	
S 3	



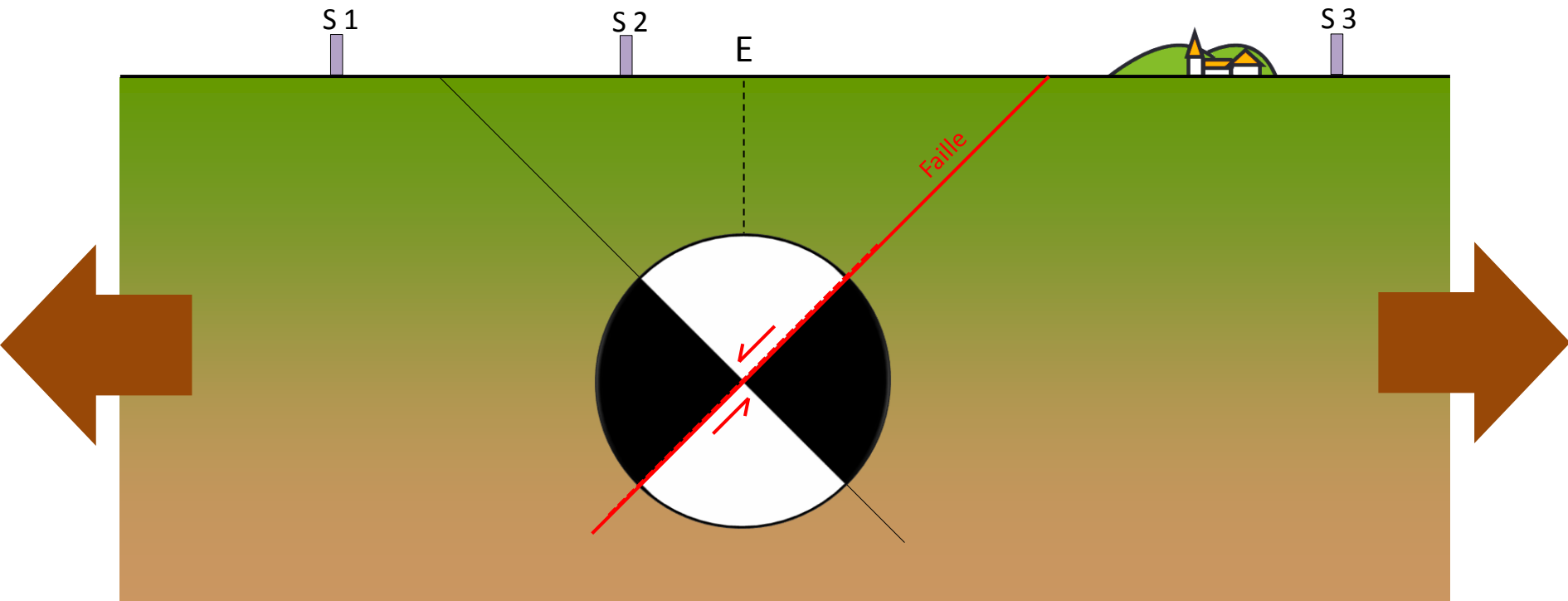
L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Quels seront alors l'aspect des sismogrammes enregistrés en S1, S2 et S3 ?

Sismogrammes (ondes P)

S 1	
S 2	
S 3	

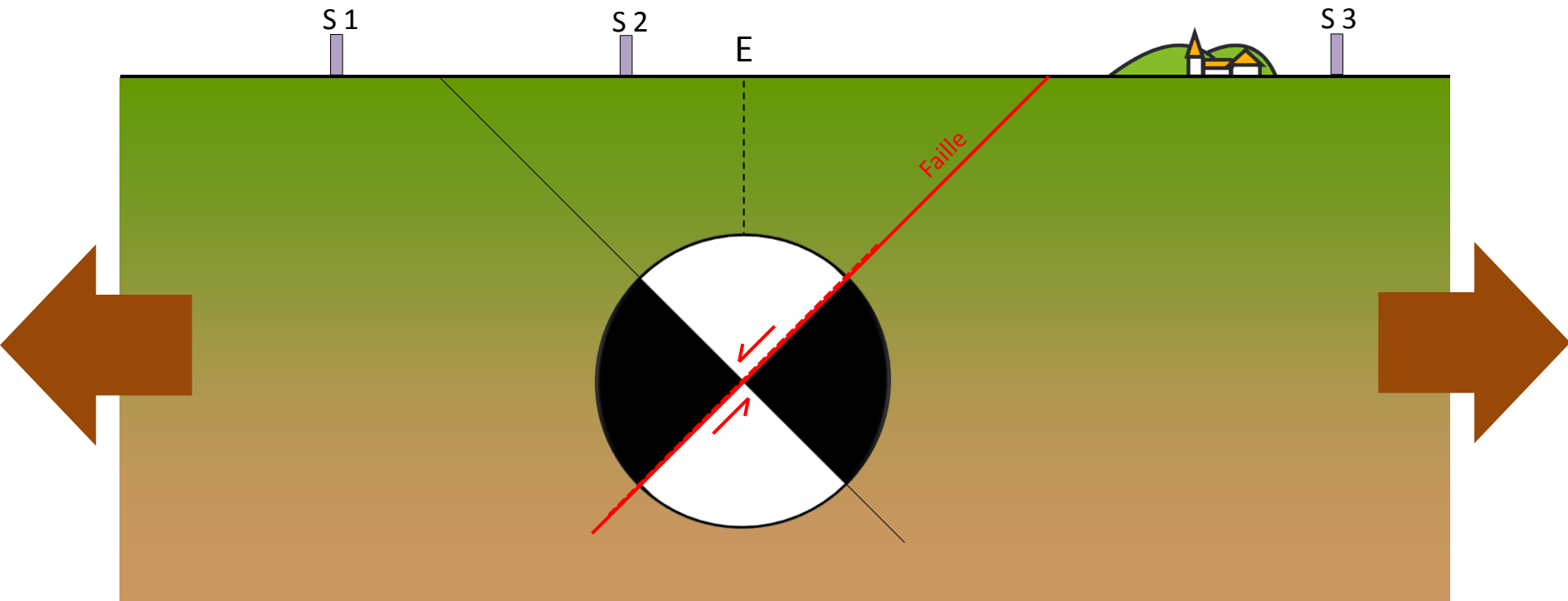
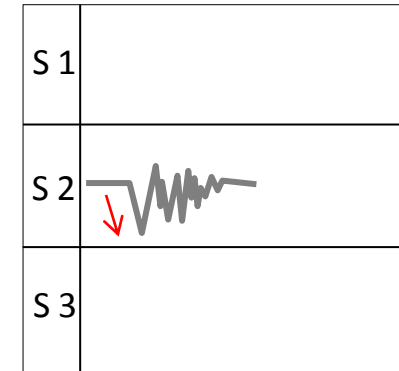


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

S2 se situe dans le quadrant blanc, donc le premier mouvement en S2 est « en dilatation »; c'est un affaissement donc 1^{er} pic « vers le bas ».

Sismogrammes (ondes P)

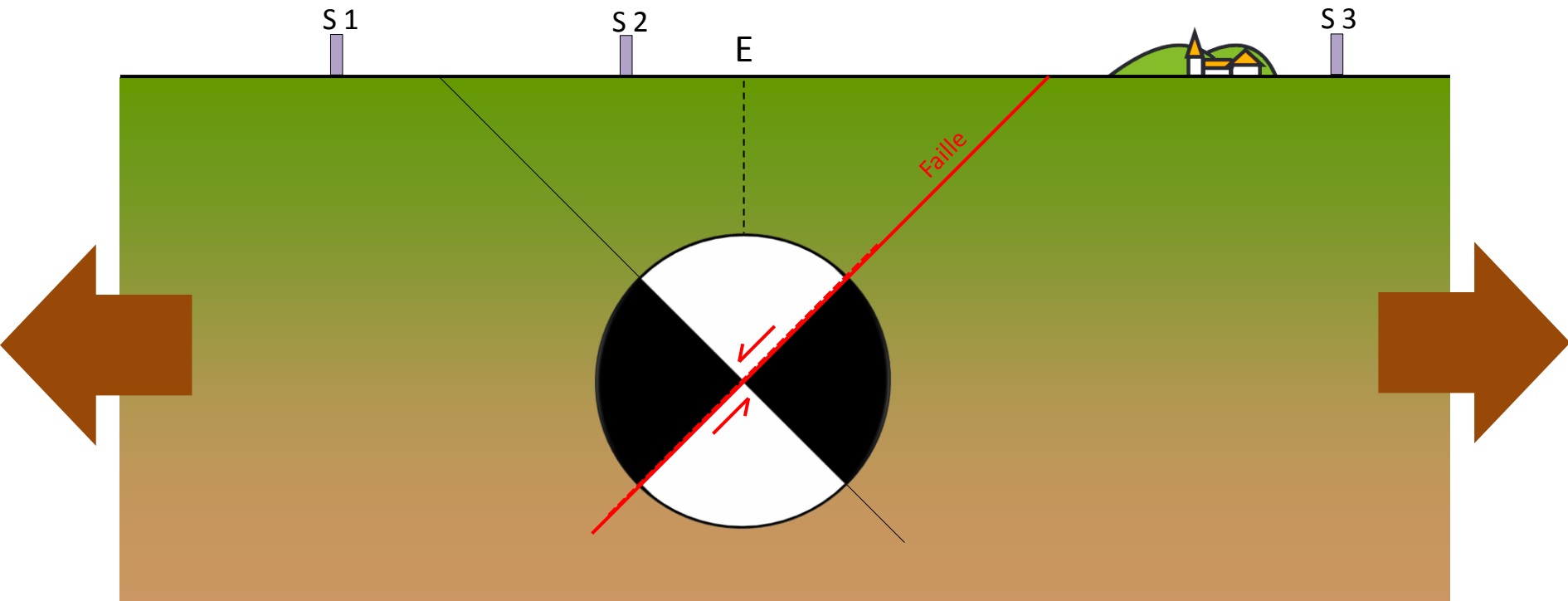
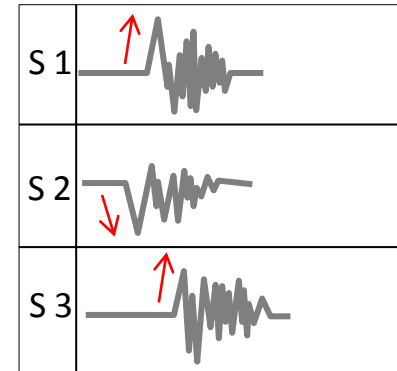


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

S1 et S2 se situent dans des quadrants noirs, donc premier mouvement aux stations « en compression ». Le sol s'est soulevé donc 1^{er} pic « vers le haut ».

Sismogrammes (ondes P)

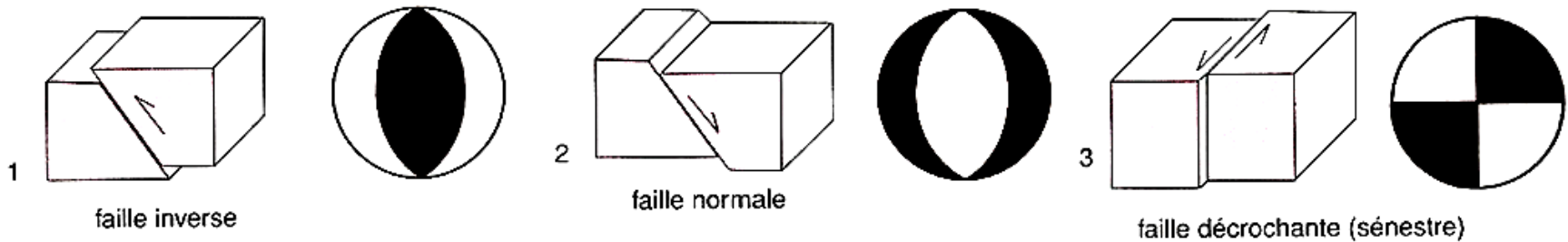


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

Sur ce principe, on donc peut imaginer différentes situations, où la projection horizontale de la sphère focale donne comme indication:

- La direction des plans nodaux (dont un sera le plan de faille)
- Le type de déformation (faille normale donc contexte distensif, faille inverse donc contexte de convergence, faille décrochante donc cisaillement)

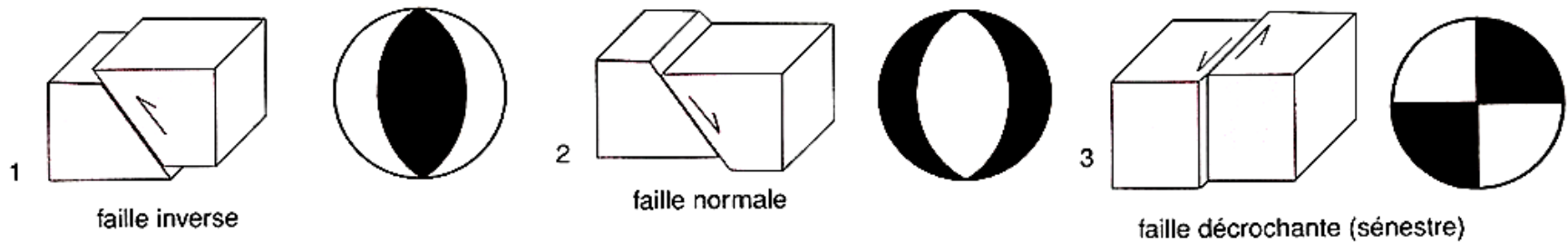


L'apport de la sismotectonique

La sphère focale:

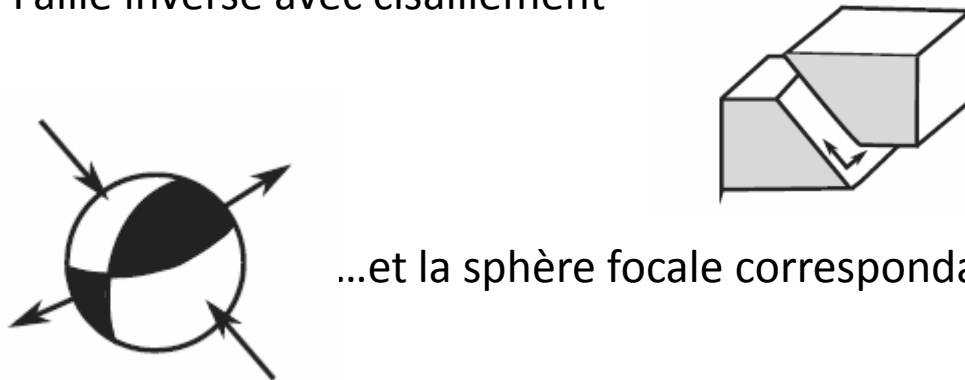
Sur ce principe, on donc peut imaginer différentes situations, où la projection horizontale de la sphère focale donne comme indication:

- La direction des plans nodaux (dont un sera le plan de faille)
- Le type de déformation (faille normale donc contexte distensif, faille inverse donc contexte de convergence, faille décrochante donc cisaillement)



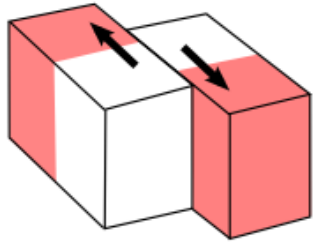
On peut encore compliquer en imaginant des situations « hybrides »

Exemple : Faille inverse avec cisaillement



L'apport de la sismotectonique

Strike-Slip/Shear



Block model

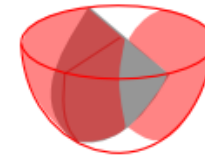
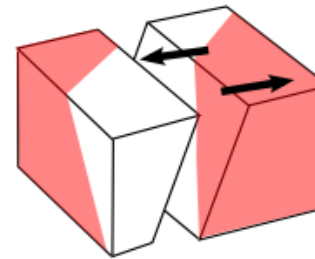


**Focal
Sphere**

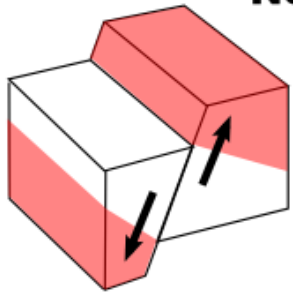


**2D Projection
of Focal Sphere**

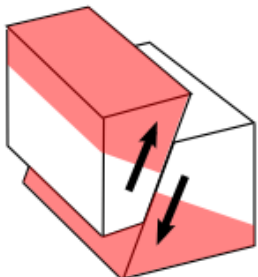
Transtension (extension+shear)



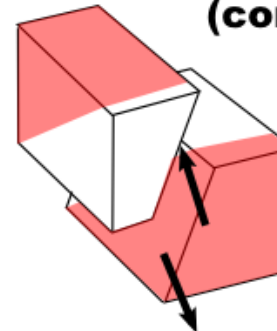
Normal/Extension



Reverse/Thrust/Compression



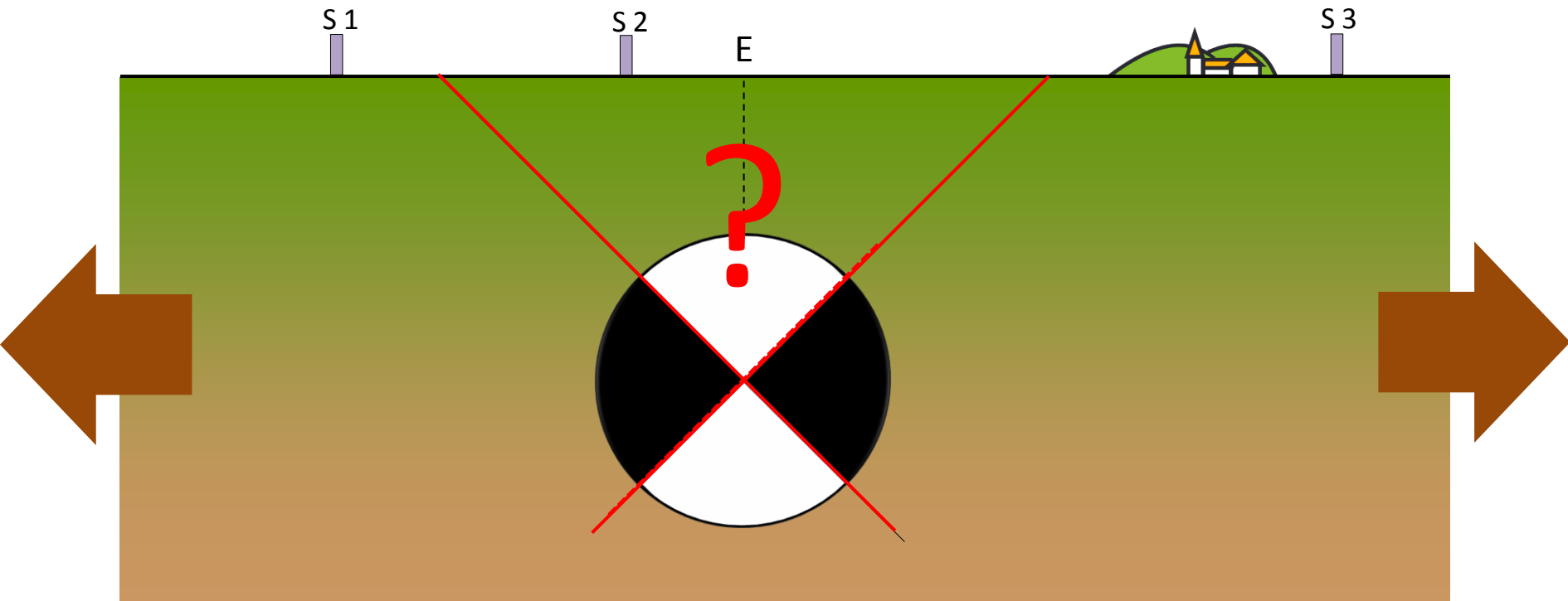
Transpression (compression+shear)



L'apport de la sismotectonique

REMARQUE

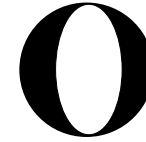
L'aspect de la sphère focale permet de préciser le **régime de déformation** mais **pas la position** du plan de faille: En effet, elle représente deux plans nodaux dont un seul est le plan de faille. Il y a donc une **indétermination de 90° qui peut être levée** par la prise en compte de données complémentaires (distribution des foyers selon un le plan de Wadati-Benioff dans une zone de subduction, mesure du pendage par observation directe...)



L'apport de la sismotectonique

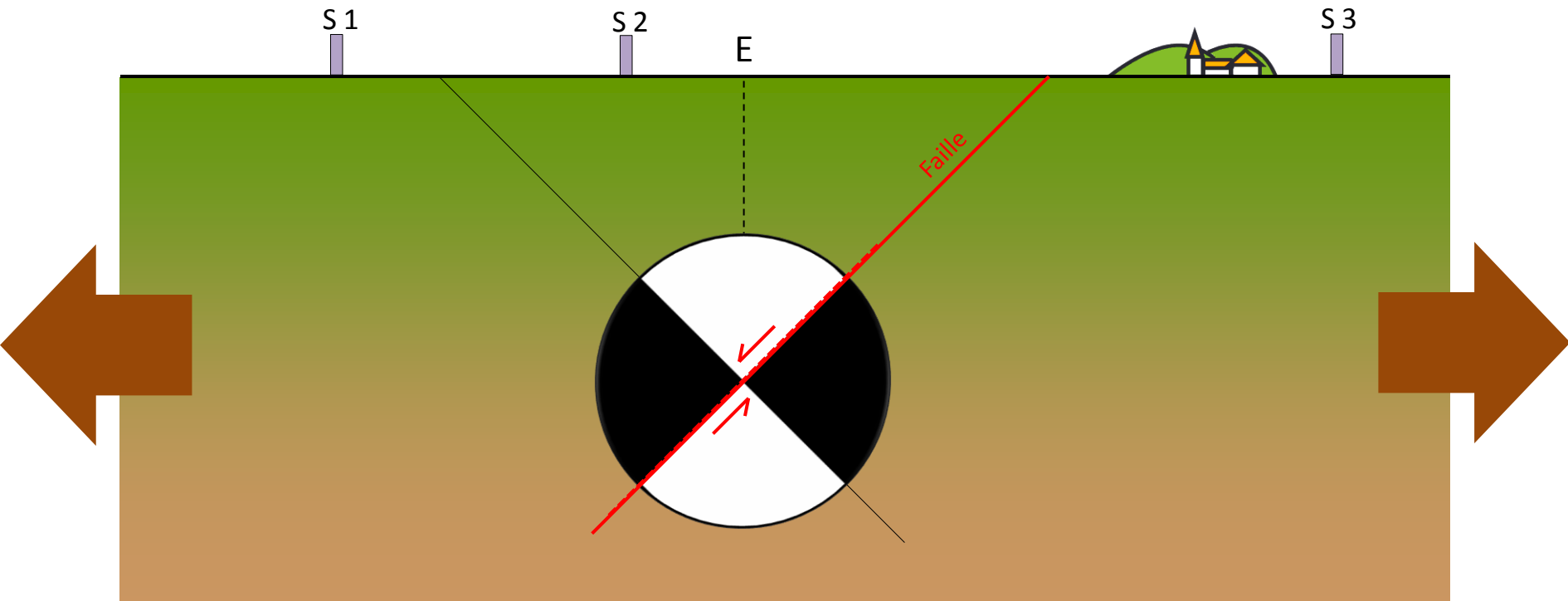
EXEMPLE

Si nous avons en projection horizontale cette sphère focale:



On sait bien sûr que l'on aura affaire à une **faille normale** mais il y aura **2 possibilités**:

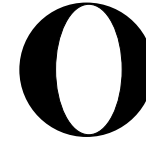
Celle-ci:



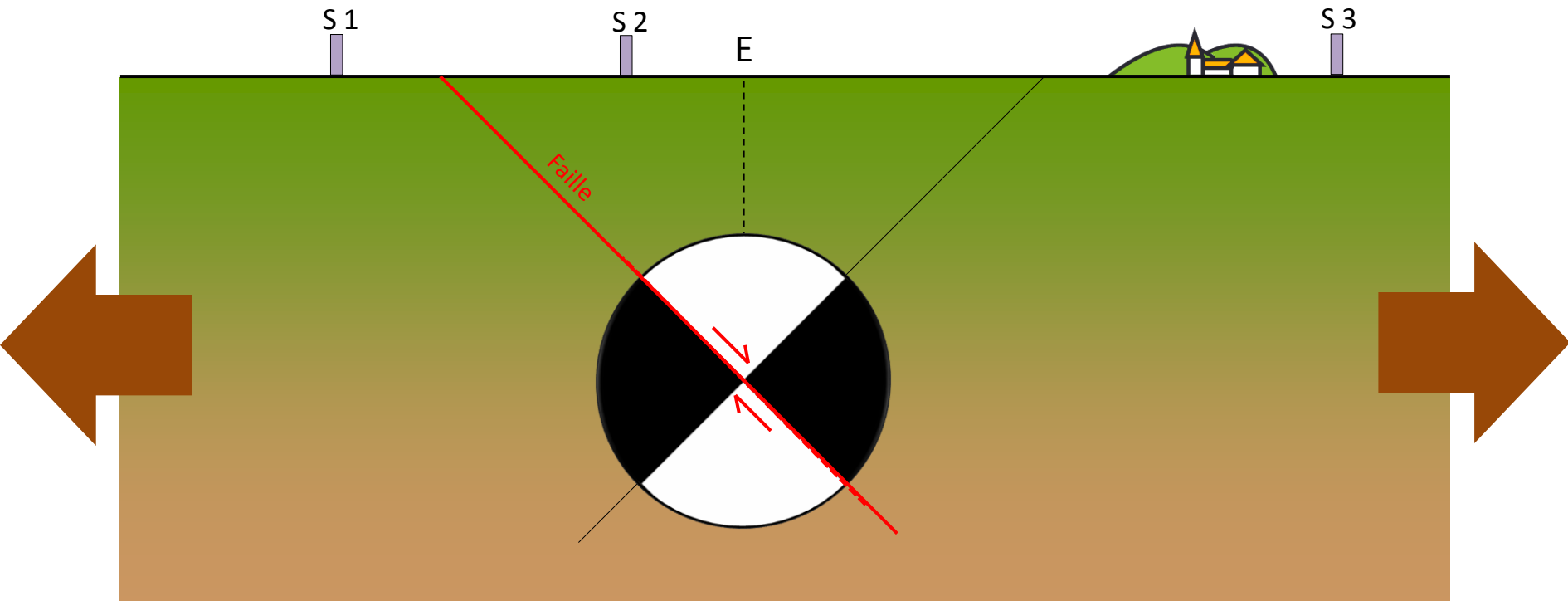
L'apport de la sismotectonique

EXEMPLE

Si nous avons en projection horizontale cette sphère focale:



Et celle-ci:



Aspects sismotectoniques de la subduction

Un dernier exemple pour bien comprendre:

Mécanismes au foyer et répartition des séismes au niveau de la zone de subduction des Tonga

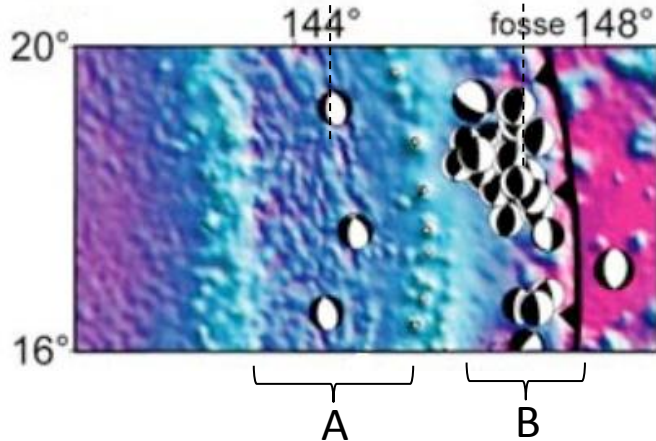
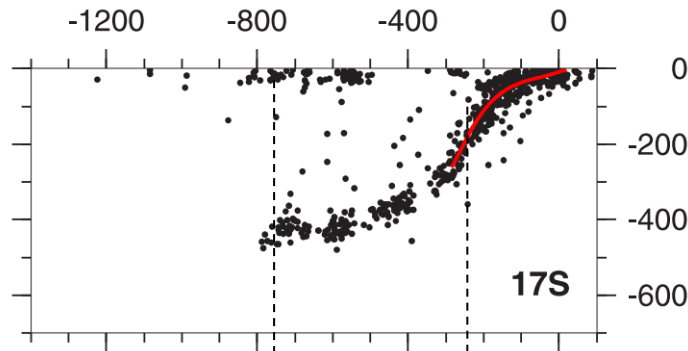
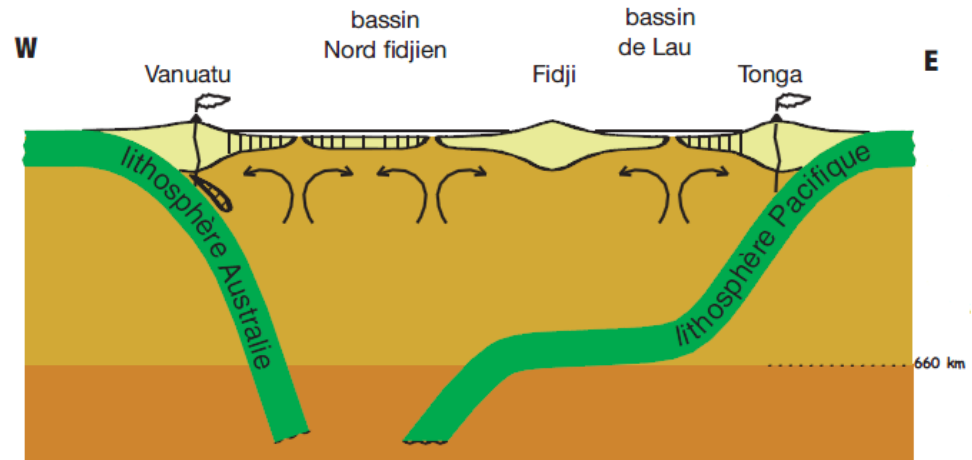


Schéma de la subduction au niveau des Fidji / Tonga



Source: « Le visage sous marin de la Terre, Y. Lagabrielle

Séismes ayant lieu au sein de la plaque supérieure, entre 0 et 40 km de profondeur, situés à une distance minimale pour laquelle le slab atteint les 60 km de profondeur

Quelle mise en relation peut on établir entre ces 3 documents ?

Aspects sismotectoniques de la subduction

Un dernier exemple pour bien comprendre:

Mécanismes au foyer et répartition des séismes au niveau de la zone de subduction des Tonga

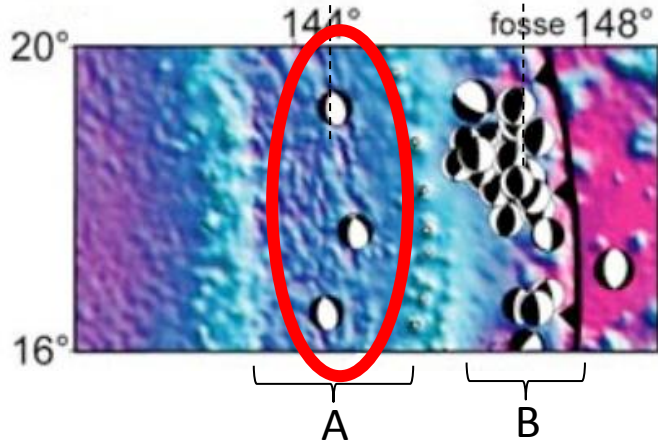
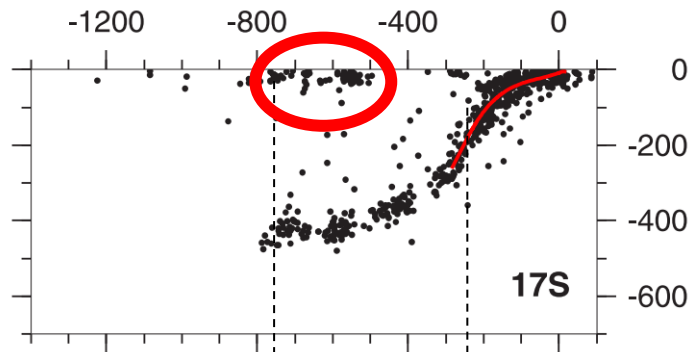
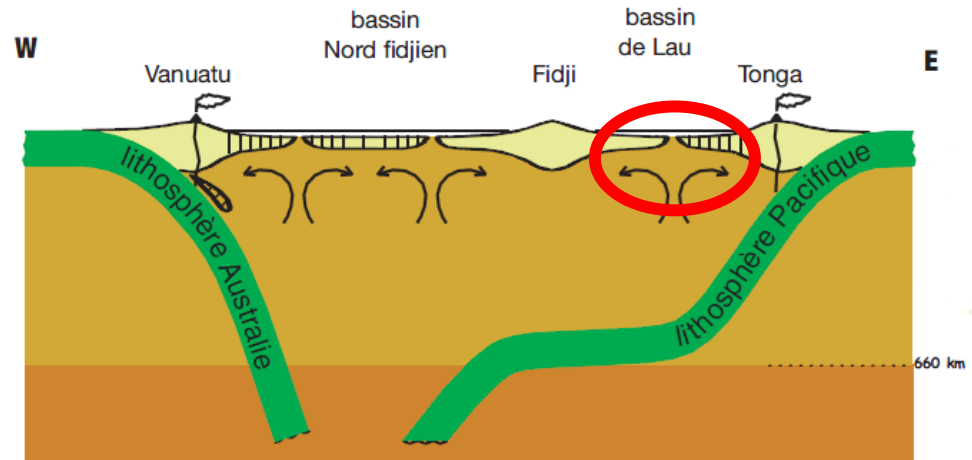


Schéma de la subduction au niveau des Fidji / Tonga



Source: « Le visage sous marin de la Terre, Y. Lagabrielle

Séismes ayant lieu au sein de la plaque supérieure, entre 0 et 40 km de profondeur, situés à une distance minimale pour laquelle le slab atteint les 60 km de profondeur

On a une **distension en A** (sphères focales traduisant des failles normales) ... c'est la formation du bassin d'arrière arc (Bassin du Lau).

Aspects sismotectoniques de la subduction

Un dernier exemple pour bien comprendre:

Mécanismes au foyer et répartition des séismes au niveau de la zone de subduction des Tonga

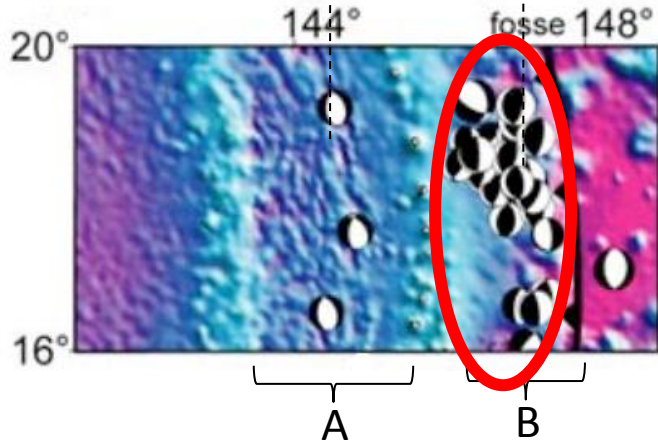
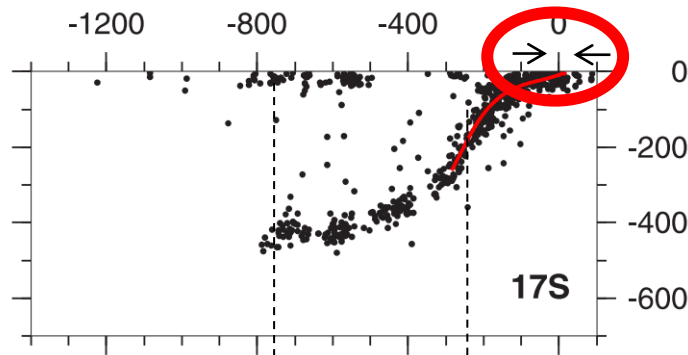
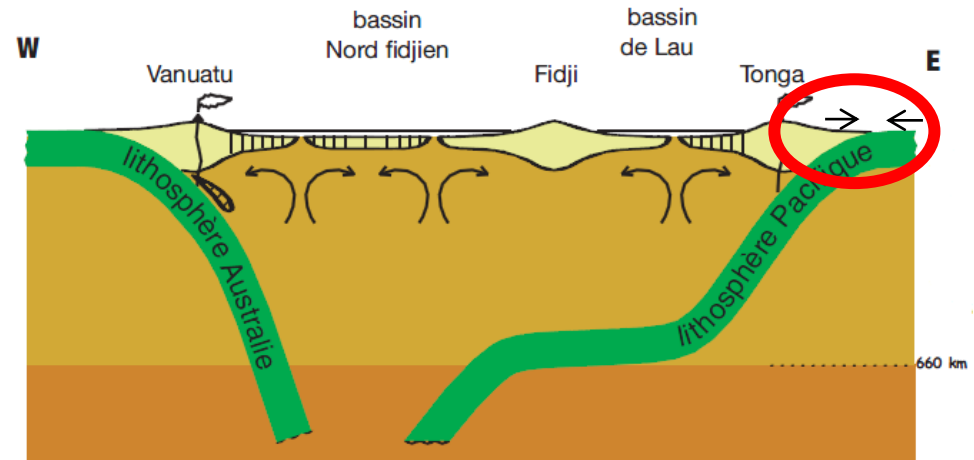


Schéma de la subduction au niveau des Fidji / Tonga



Source: « Le visage sous marin de la Terre, Y. Lagabrielle

Séismes ayant lieu au sein de la plaque supérieure, entre 0 et 40 km de profondeur, situés à une distance minimale pour laquelle le slab atteint les 60 km de profondeur

...et un régime **compressif en B** (contraintes liées à la subduction)