

# PLAN

1°) Energie et températures dans la Terre

2°) Eléments de dynamique

3°) Champ de pesanteur

4°) **Mesure de la déformation**

5°) **Sismologie et tremblements de terre**

6°) Chimie des roches

# Chapitre 6

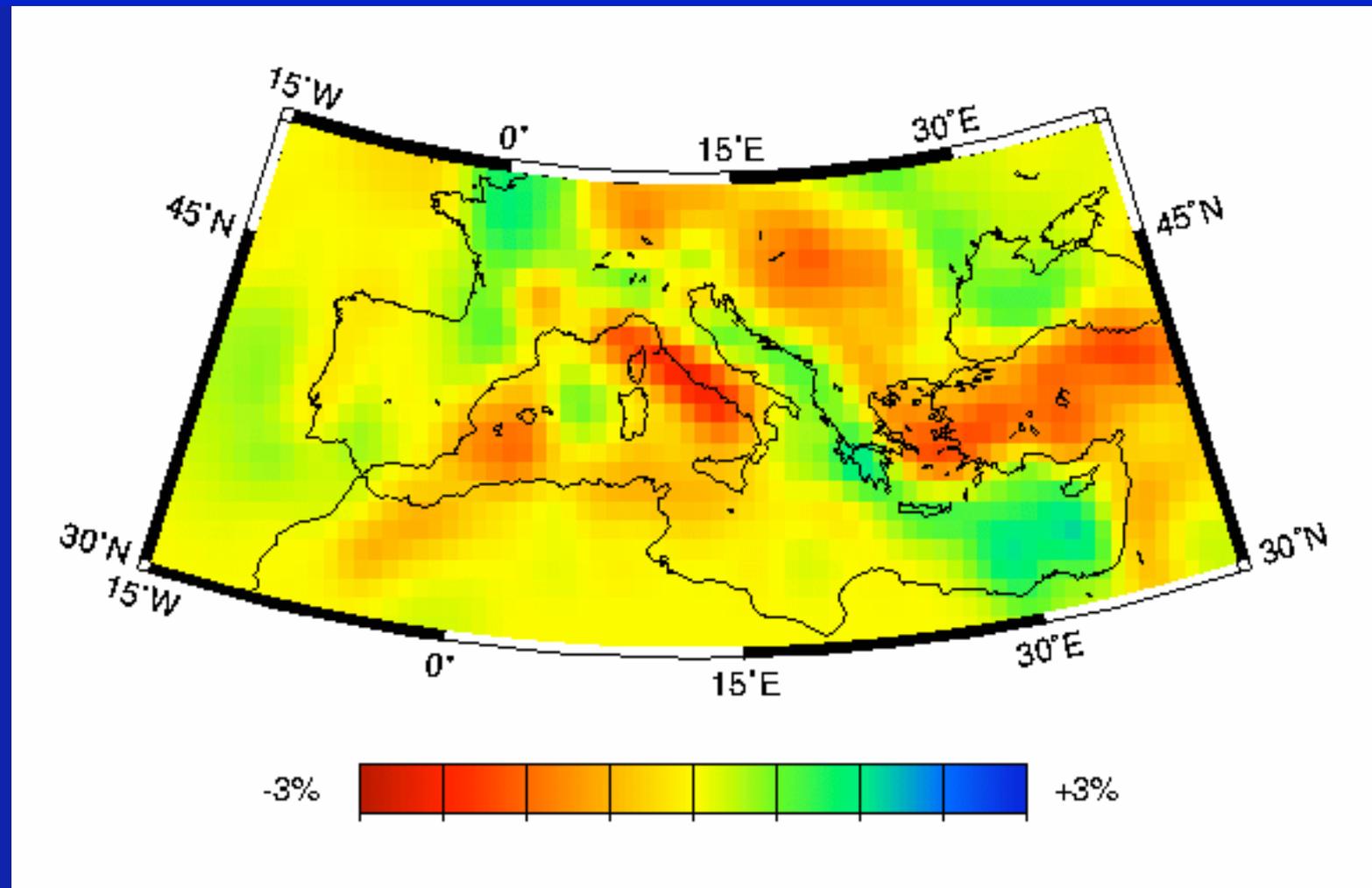
Géochimie  
(chimie des roches  
et des phénomènes géologiques)

**5.1. Les ondes sismiques**

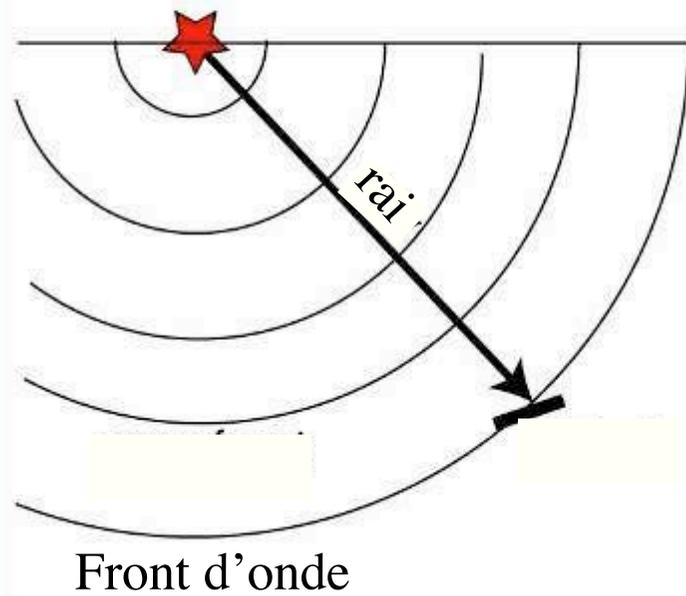
**5.2. Principes d'imagerie du sous-sol**

**5.3. Tremblements de terre et failles actives**

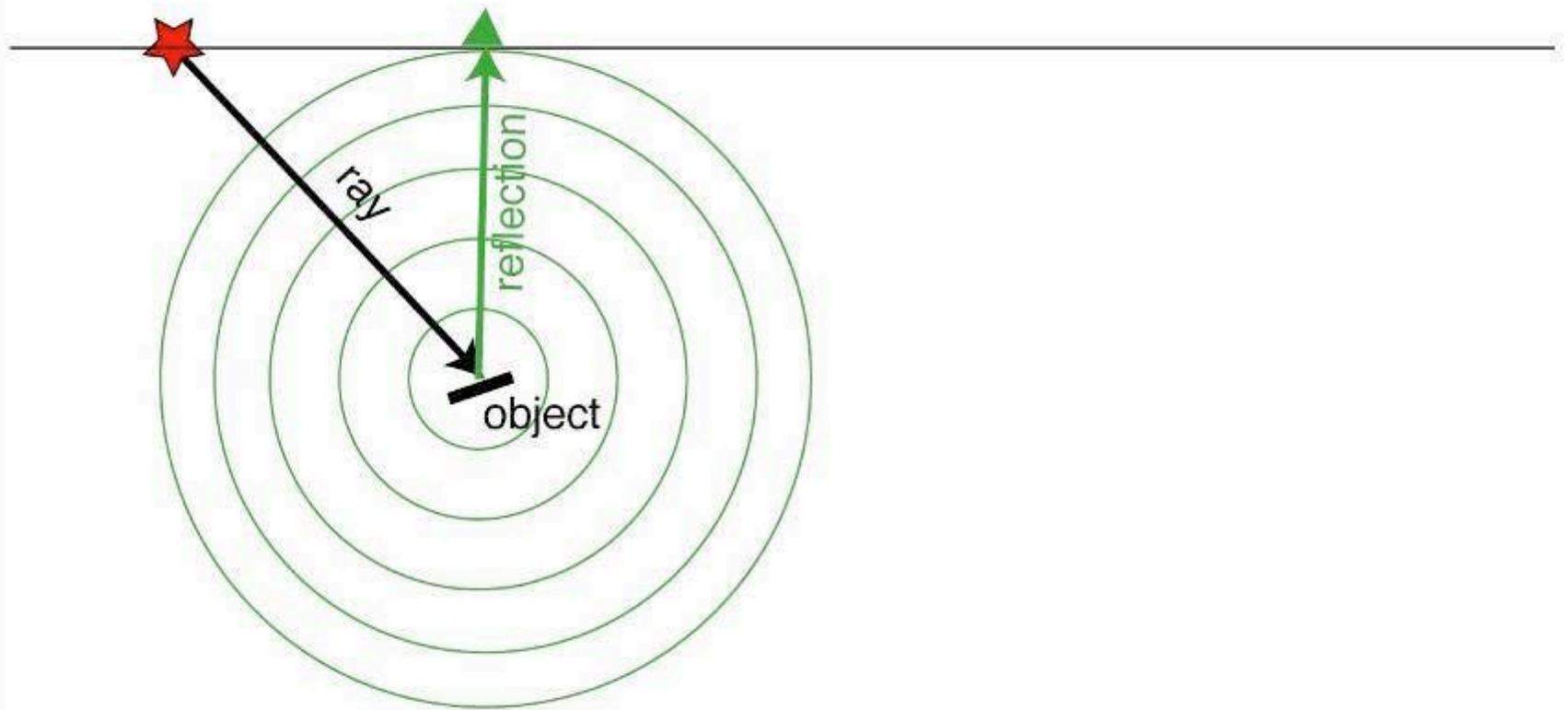
## L'Europe à 95 km de profondeur



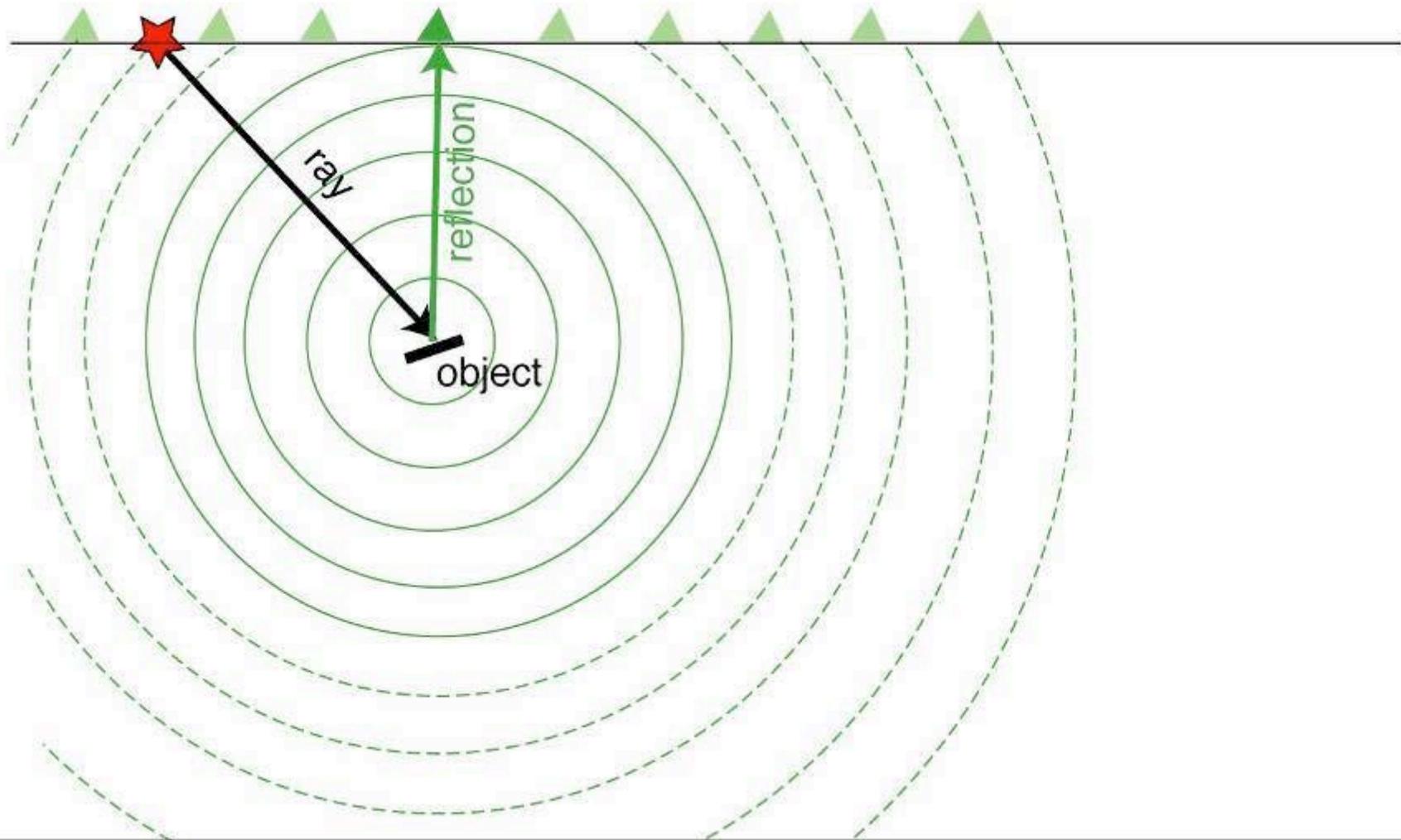
# Imagerie de l'intérieur



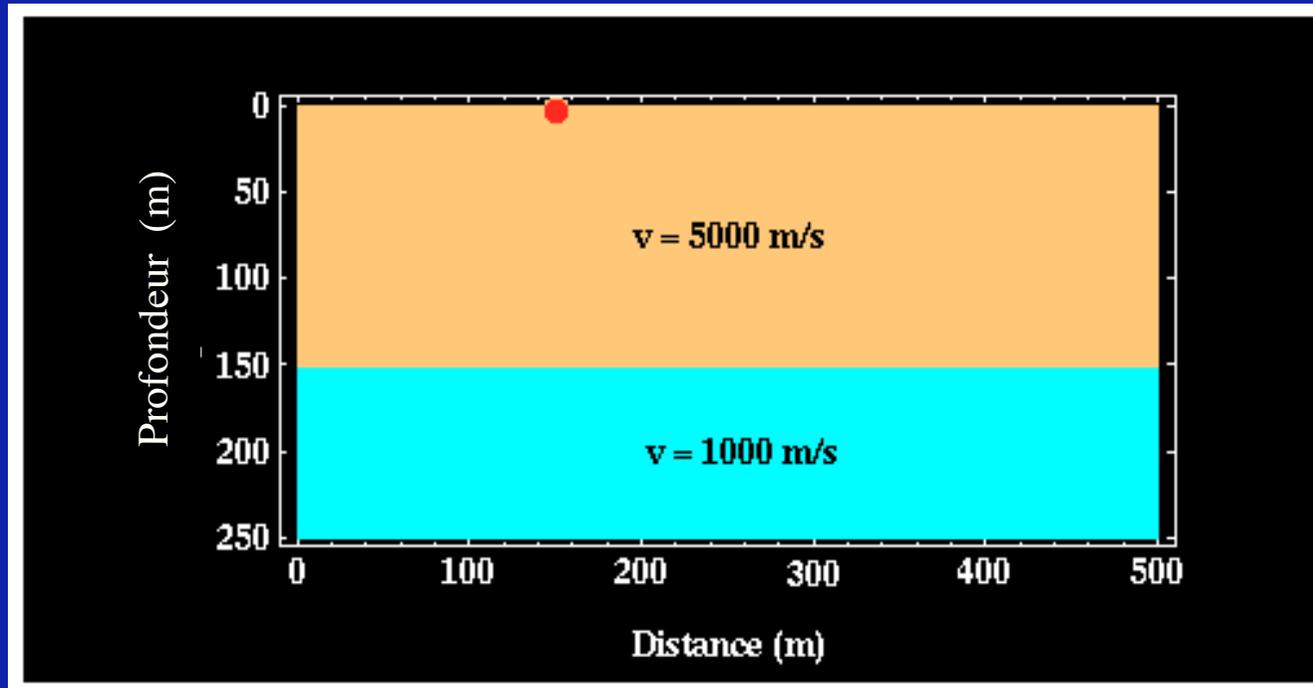
Un réflecteur renvoie les rais

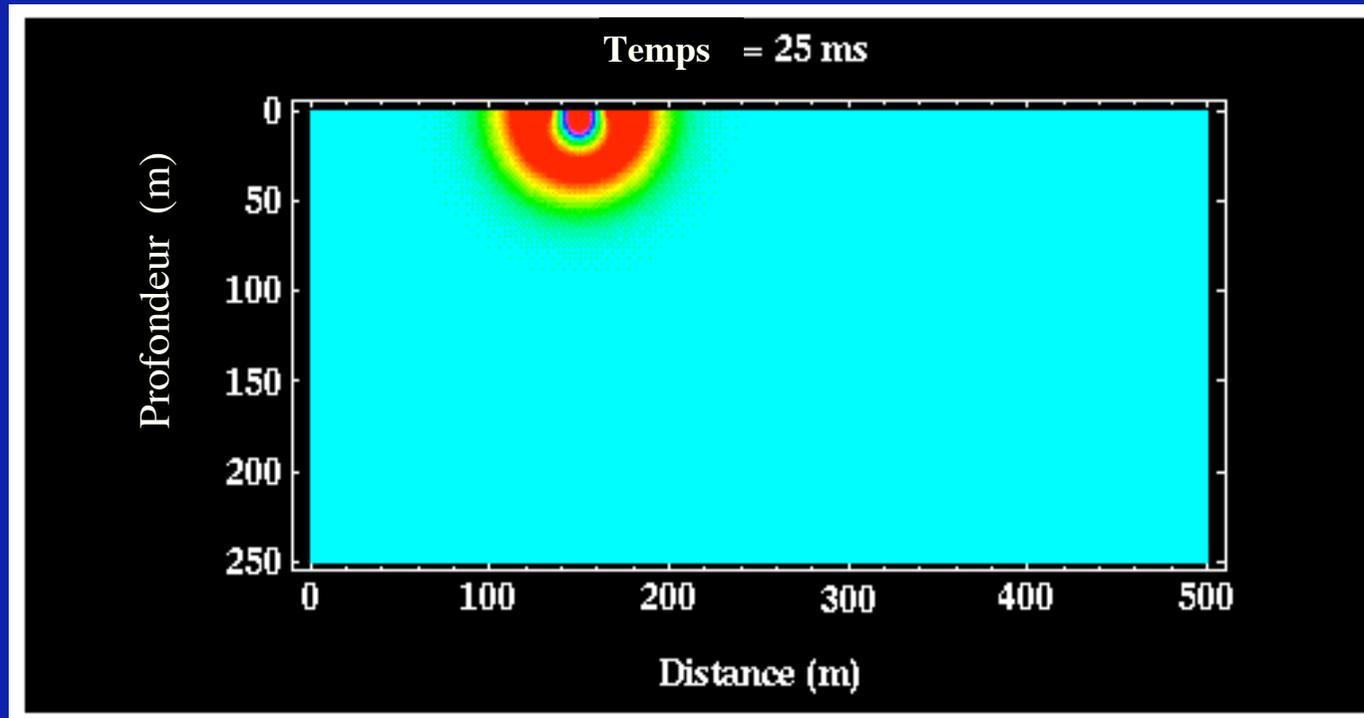


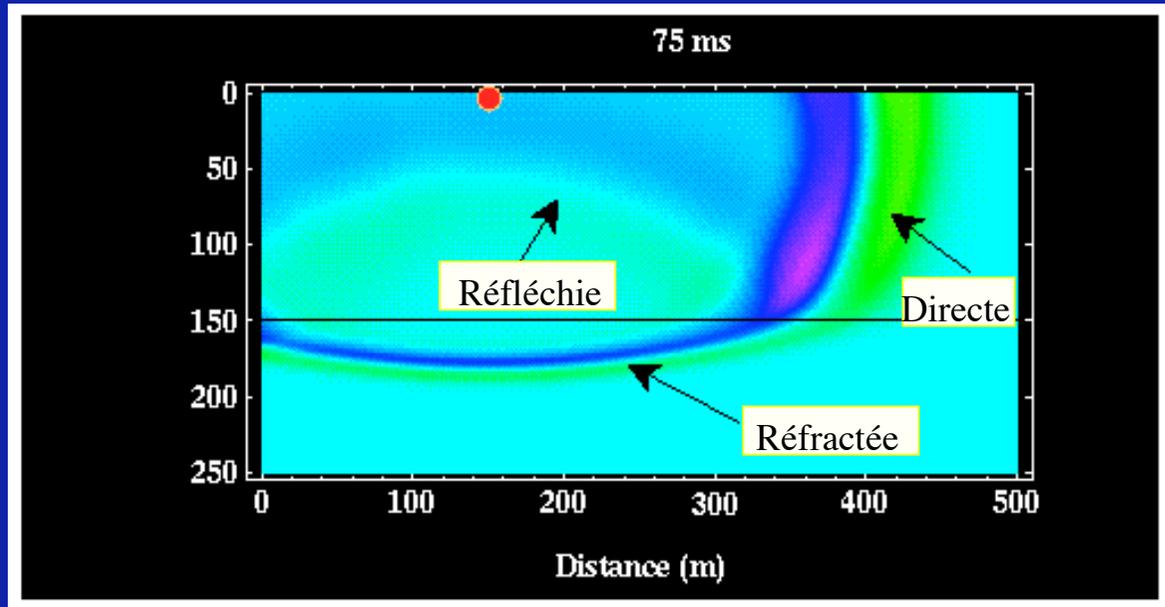
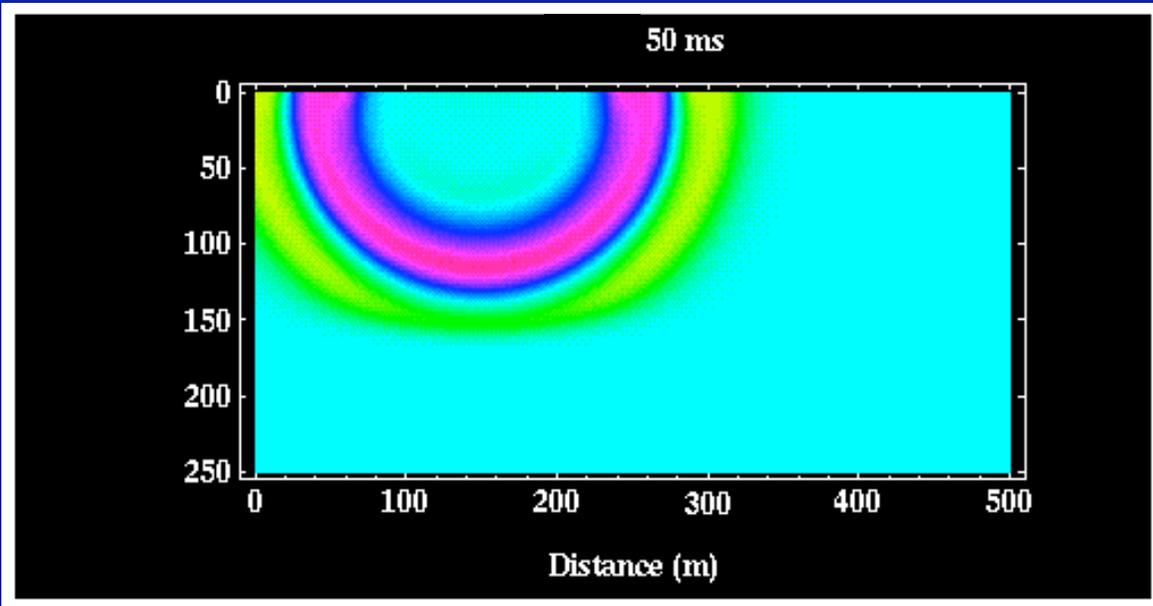
Stations



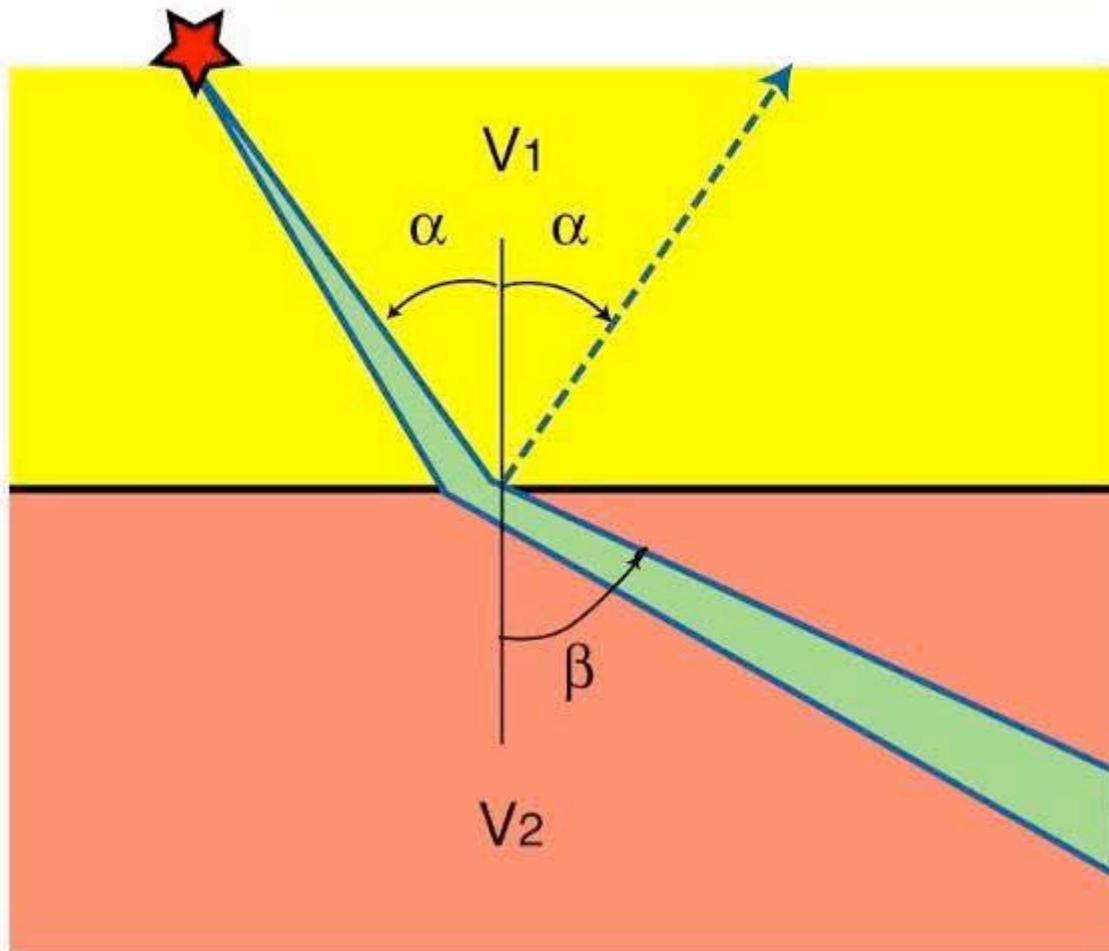
# Détection d'une interface



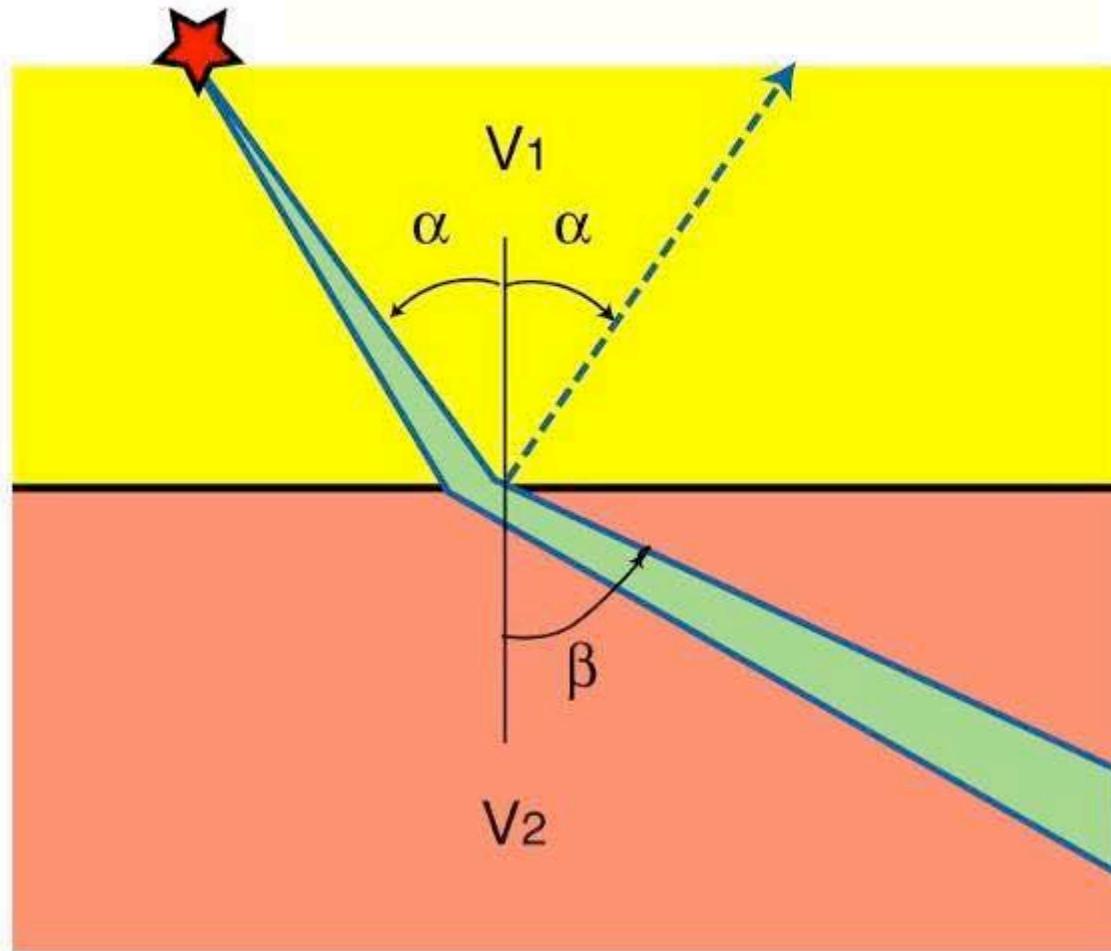




$$\frac{\sin \alpha}{V_1} = \frac{\sin \beta}{V_2}$$



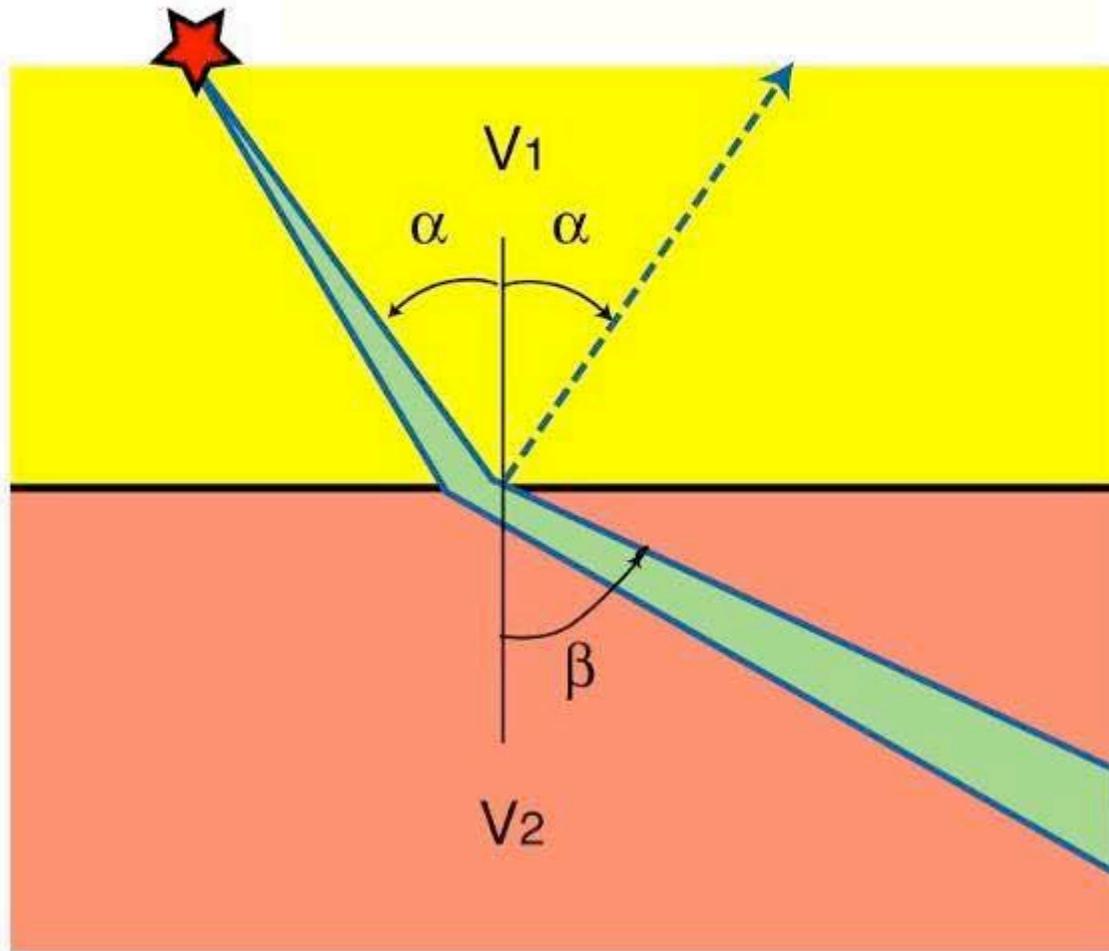
$$\frac{\sin \alpha}{V_1} = \frac{\sin \beta}{V_2}$$



$$\sin \beta = \sin \alpha \frac{V_2}{V_1}$$

**$\beta$  augmente  
quand  
 $\alpha$  augmente**

$$\frac{\sin \alpha}{V_1} = \frac{\sin \beta}{V_2}$$



$$\sin \beta = \sin \alpha \frac{V_2}{V_1}$$

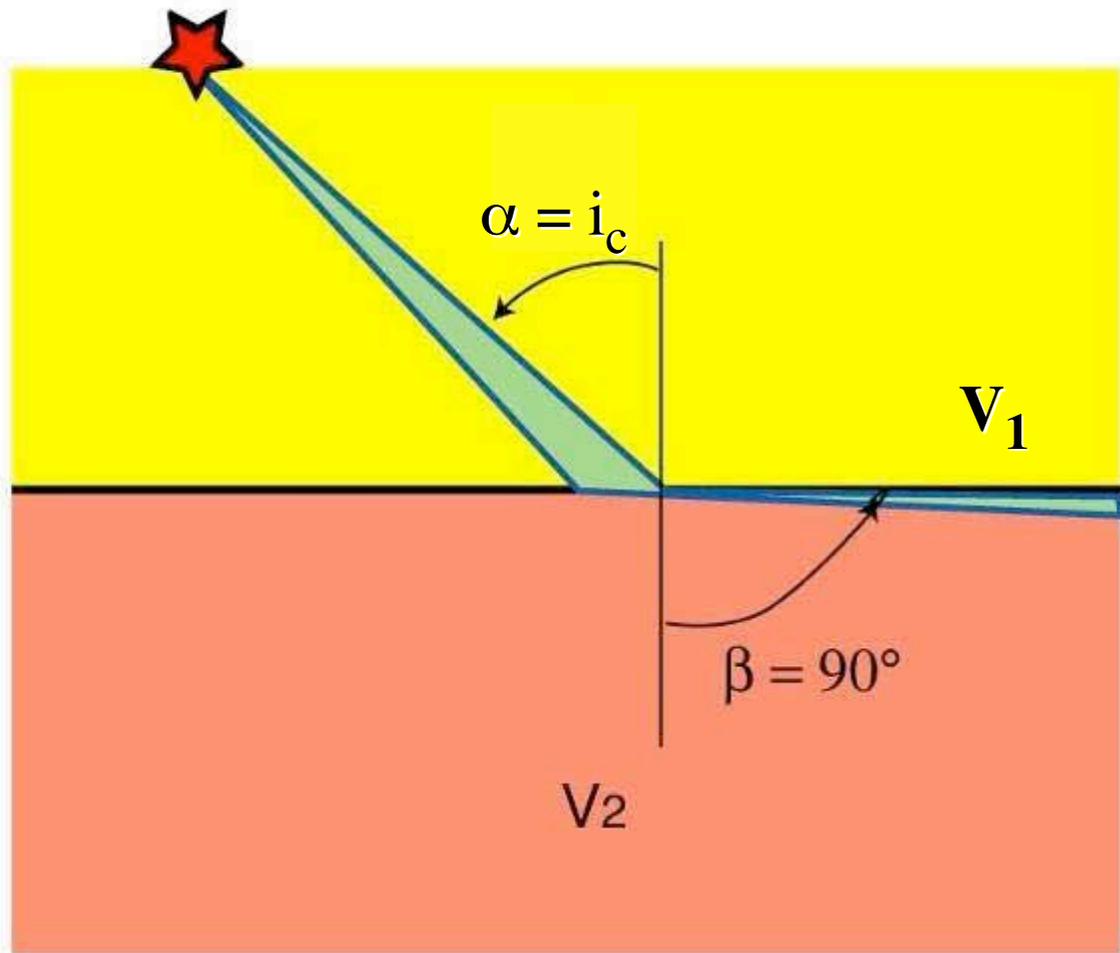
$\beta$  augmente  
quand  
 $\alpha$  augmente

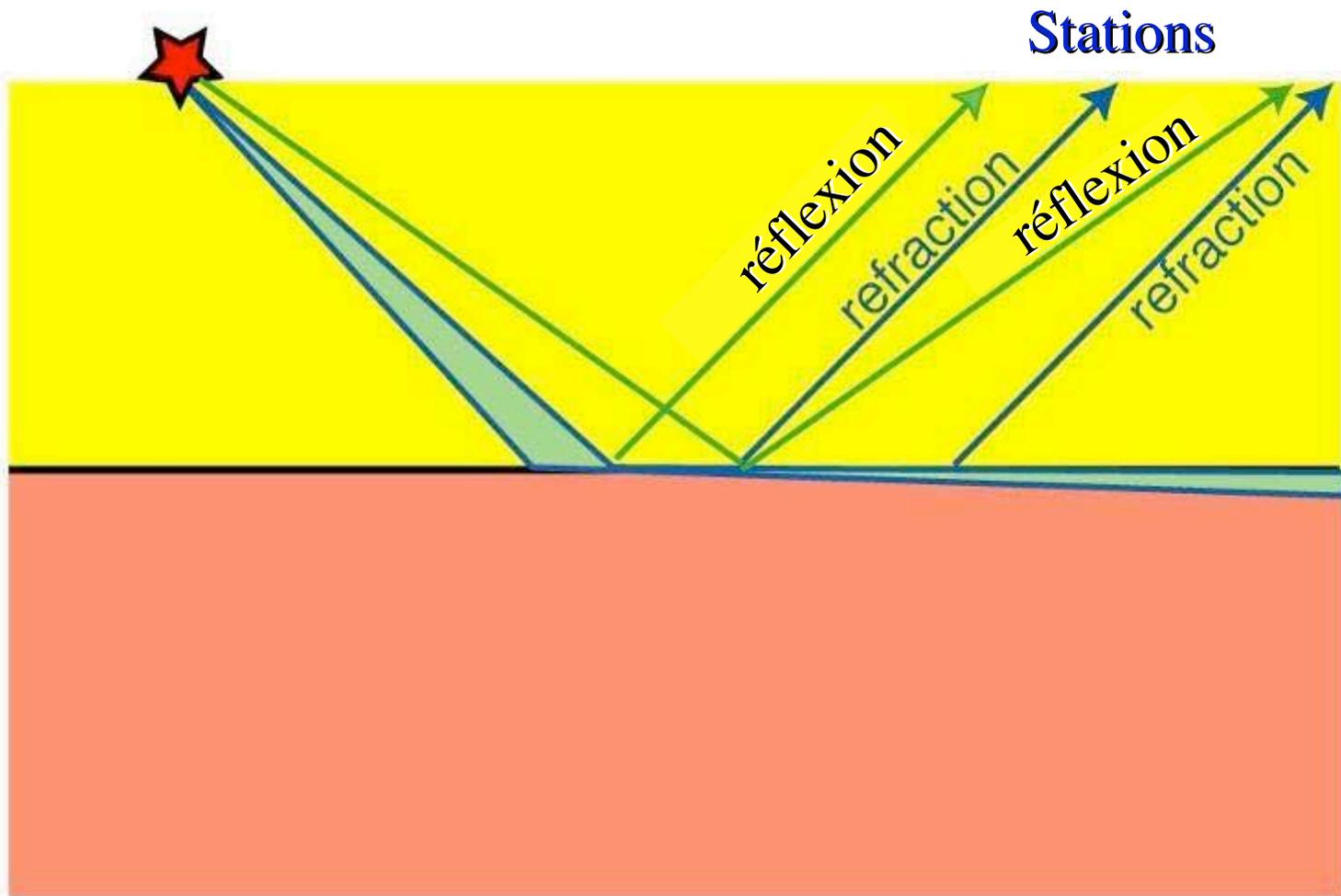
Avec  $\frac{V_2}{V_1} > 1$  ?

Cas limite pour  $\beta = 90^\circ$   
Incidence critique  $\alpha = i_c$

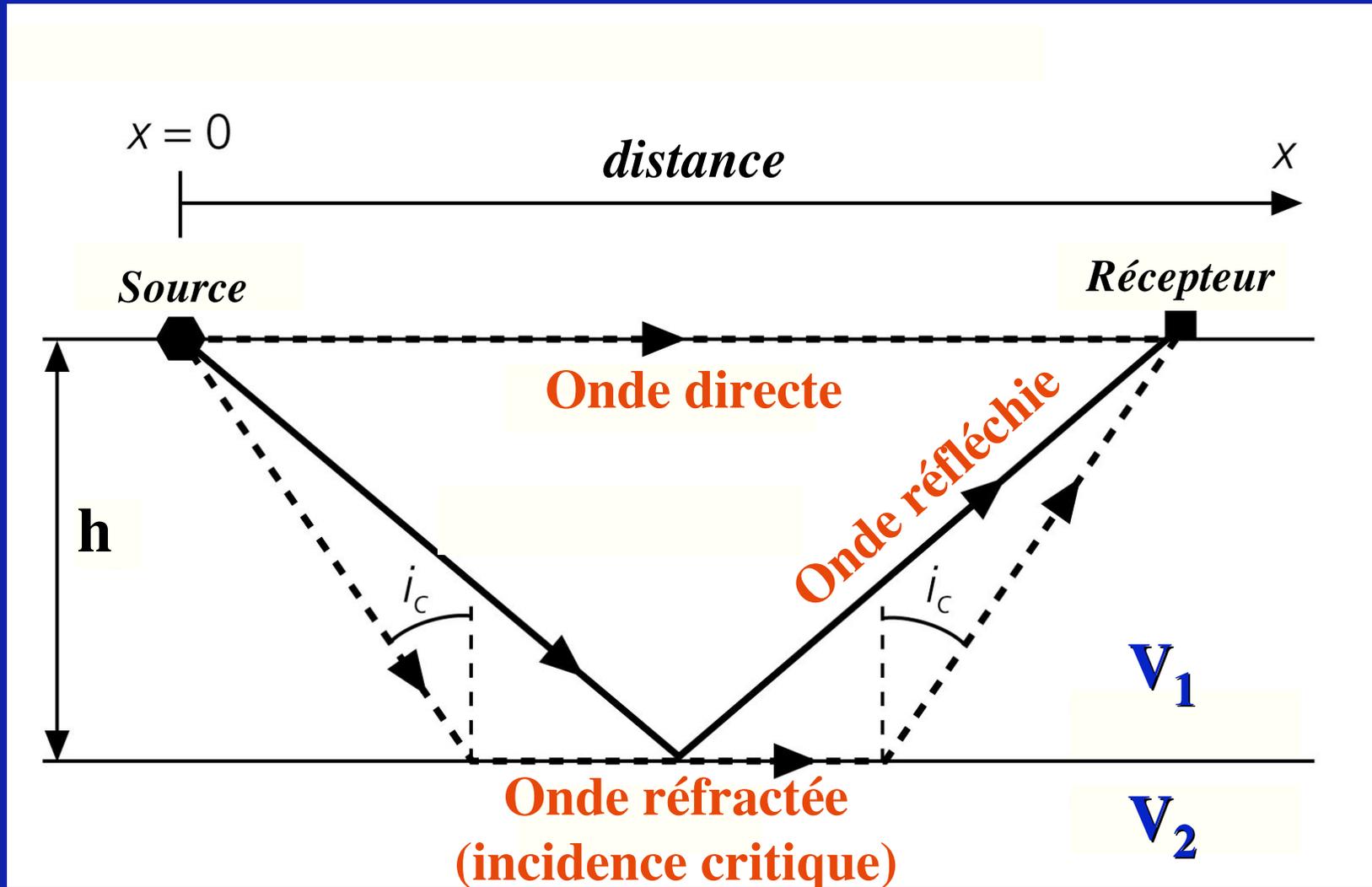
$$\frac{\sin i_c}{V_1} = \frac{1}{V_2}$$

(Uniquement  
si  $V_2 > V_1$ )

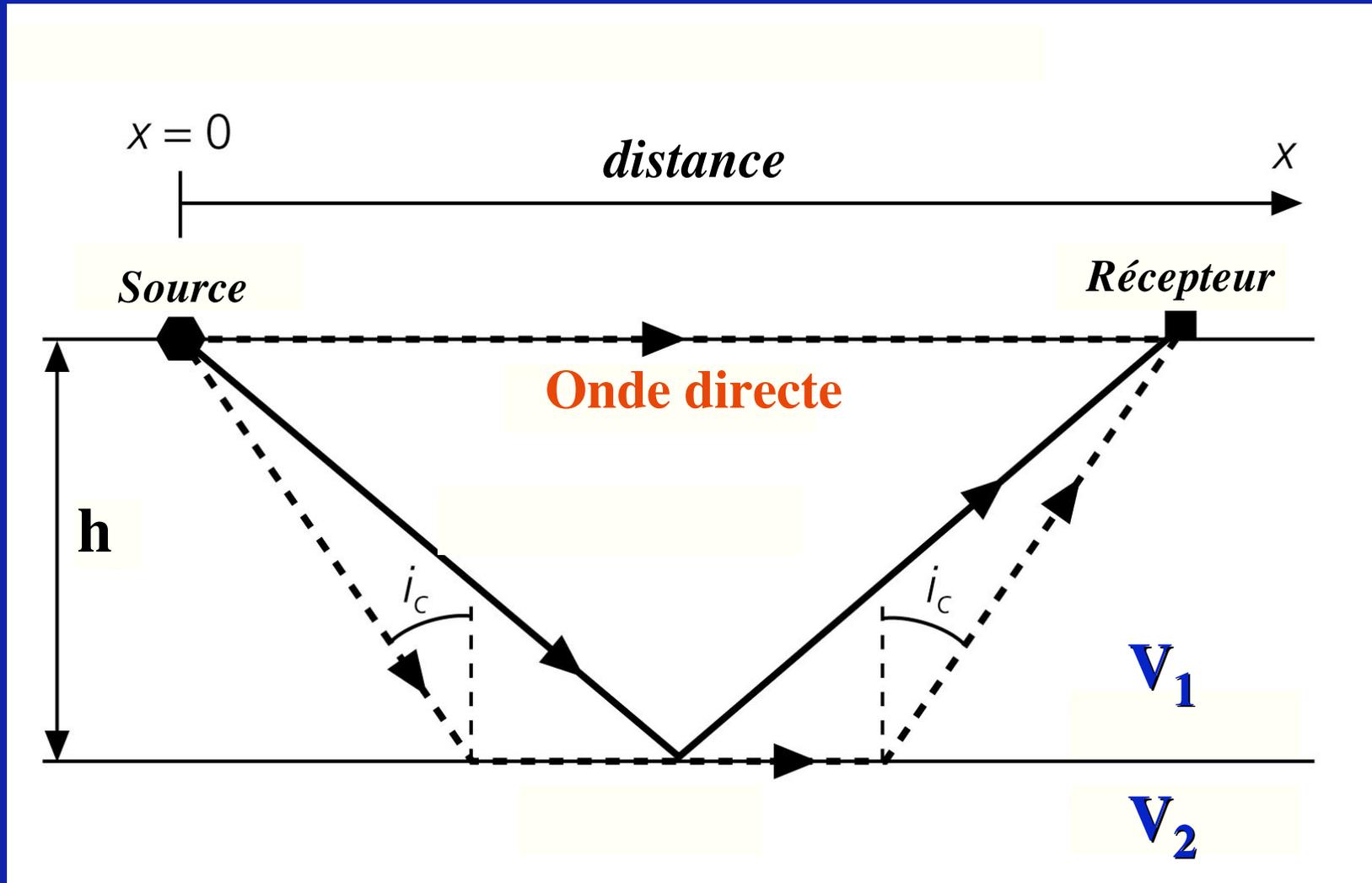




# Temps de trajet des ondes

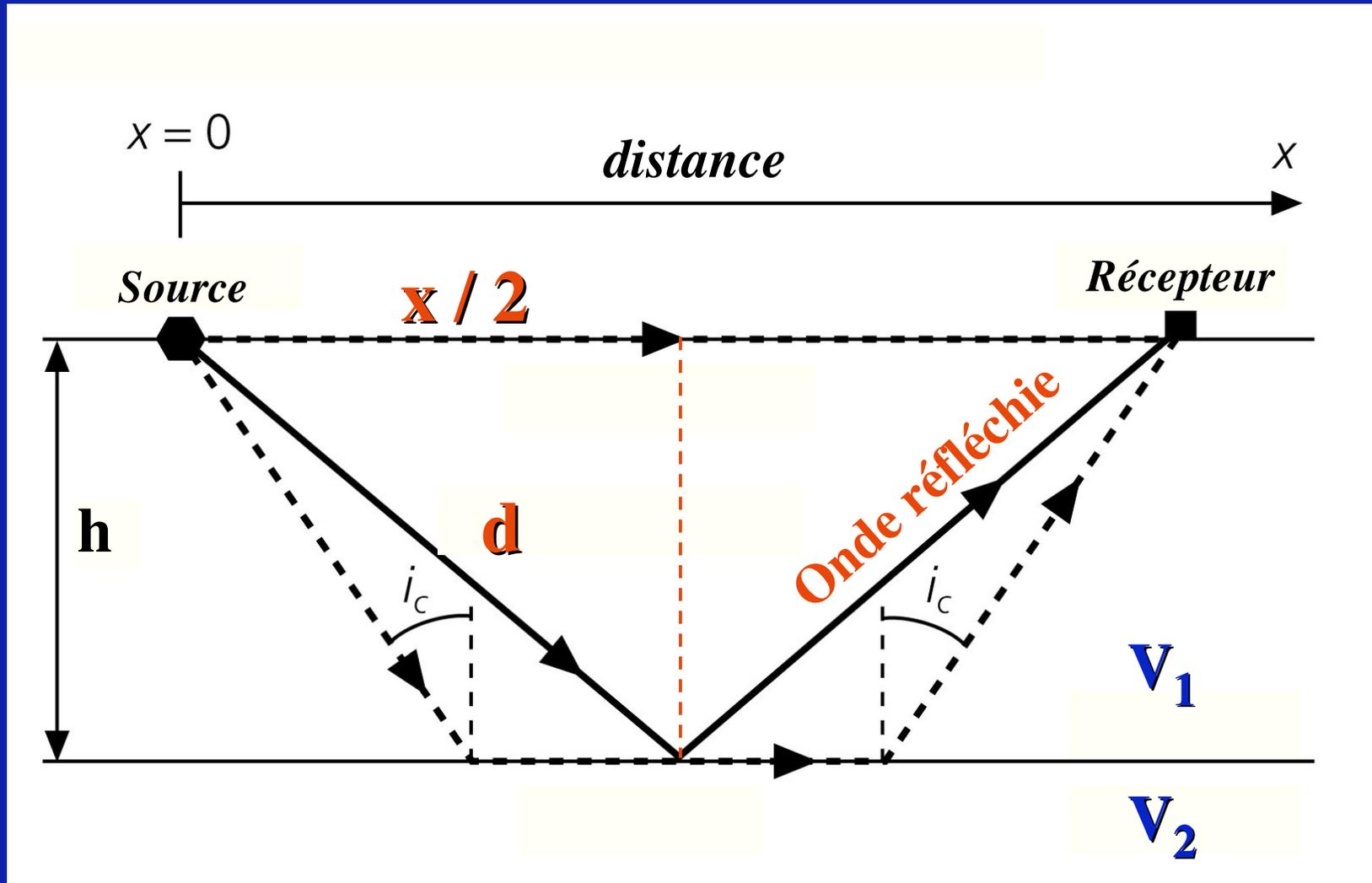


# Onde directe



$$x = V_1 t$$

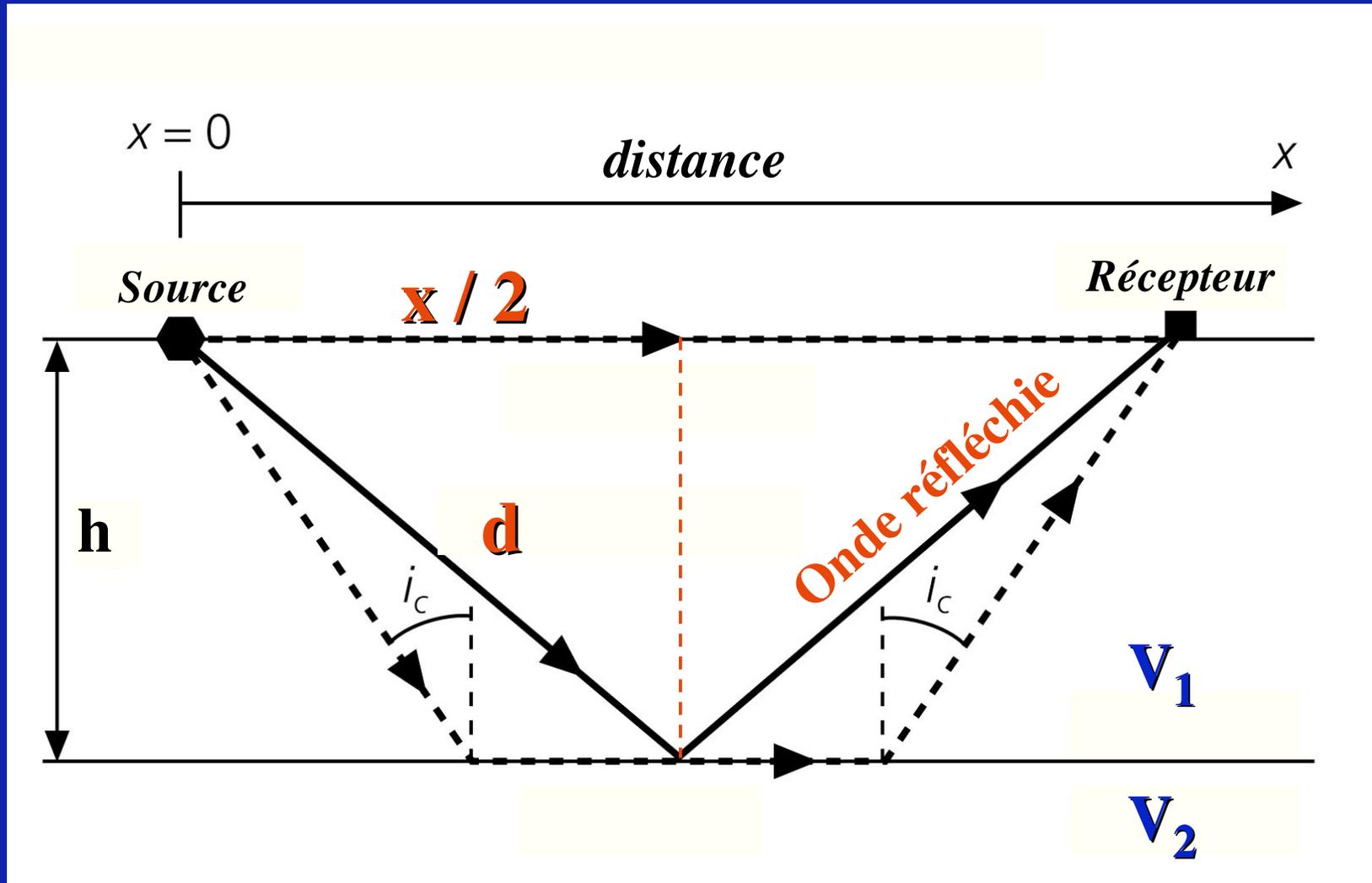
# Onde réfléchie



$$2d = V_1 t$$

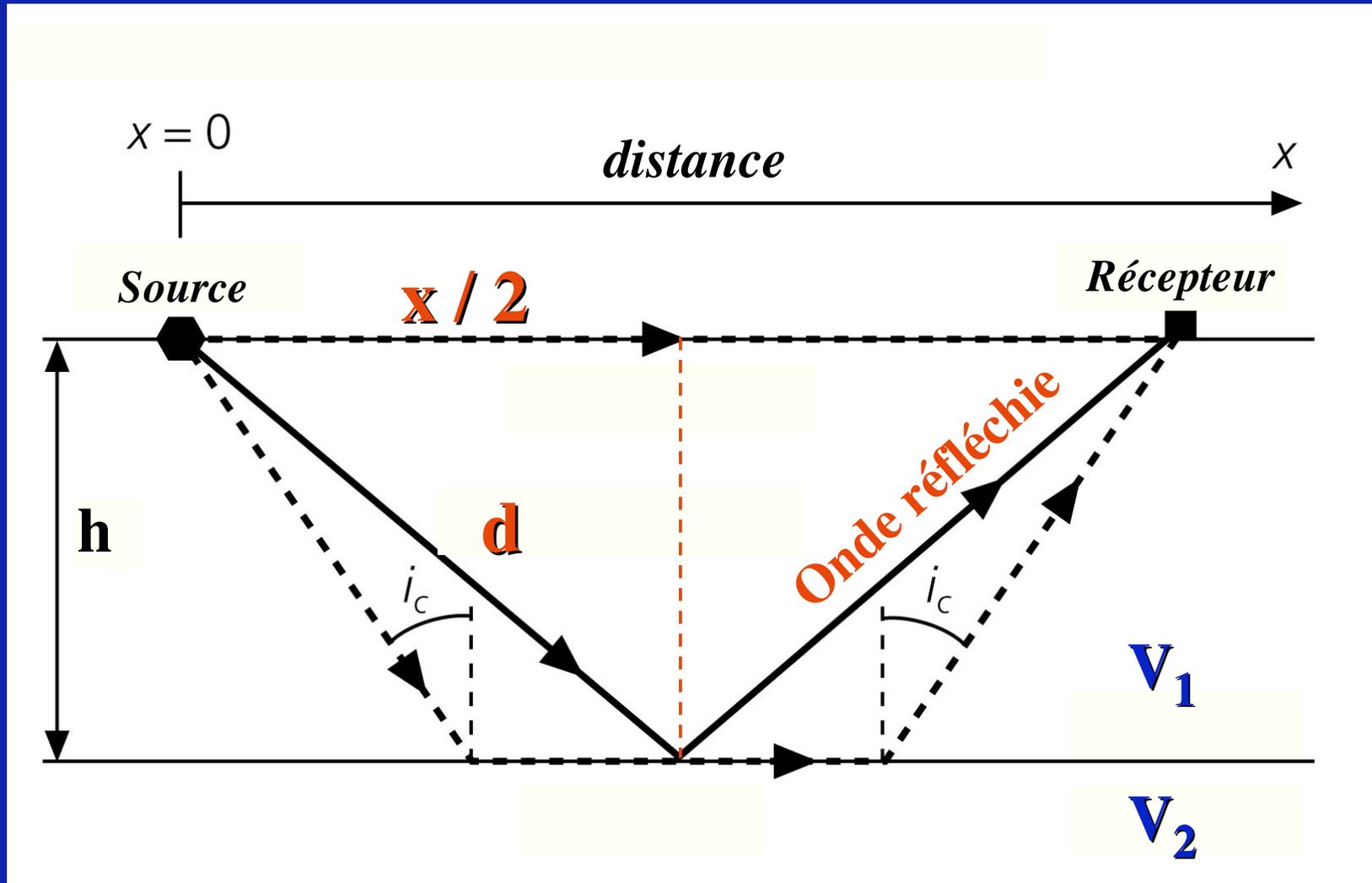
$$d^2 = h^2 + (x/2)^2$$

# Onde réfléchie



$$t = \frac{2d}{V_1} = \frac{2[h^2 + (x/2)^2]^{1/2}}{V_1}$$

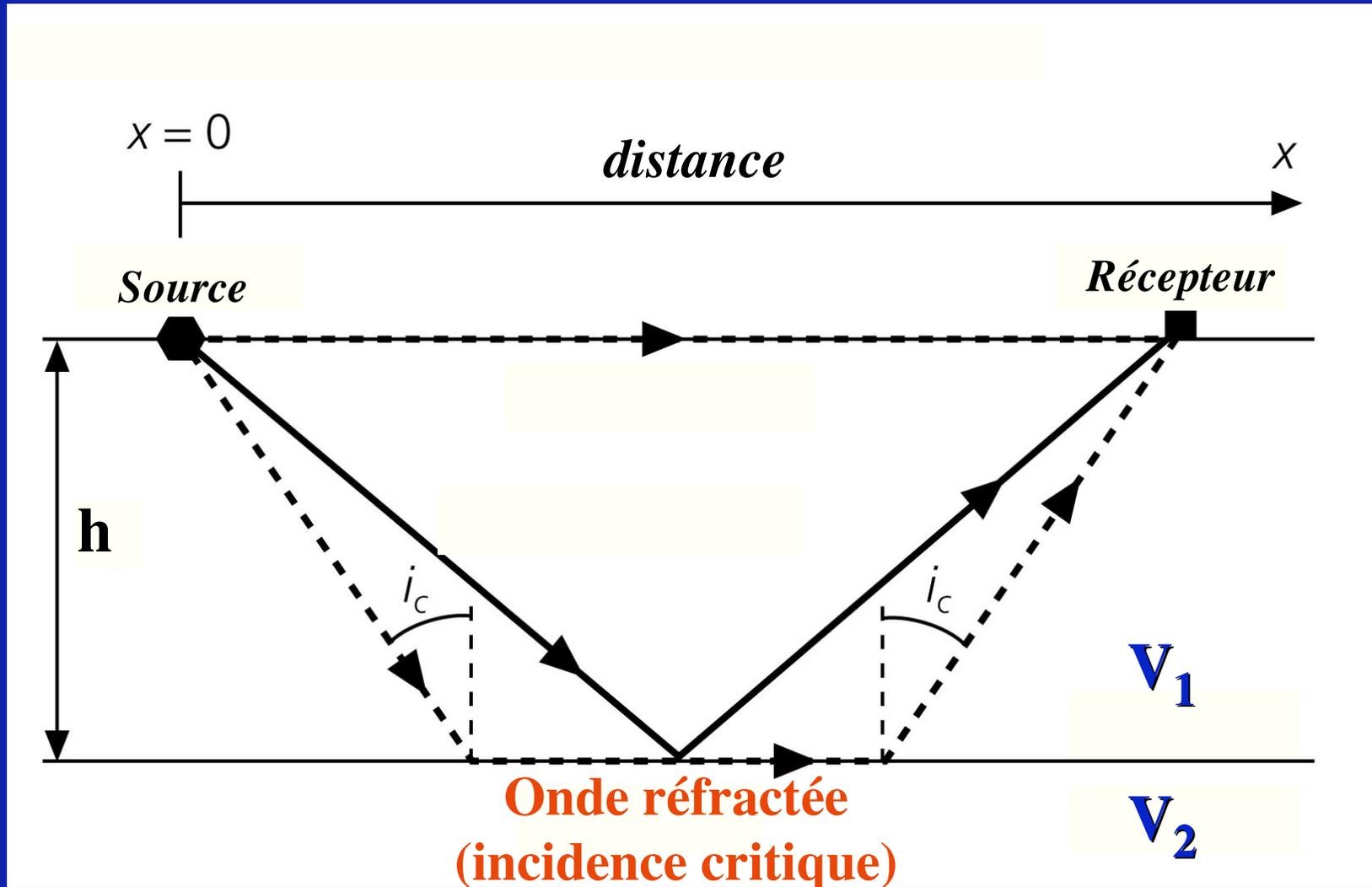
# Onde réfléchie



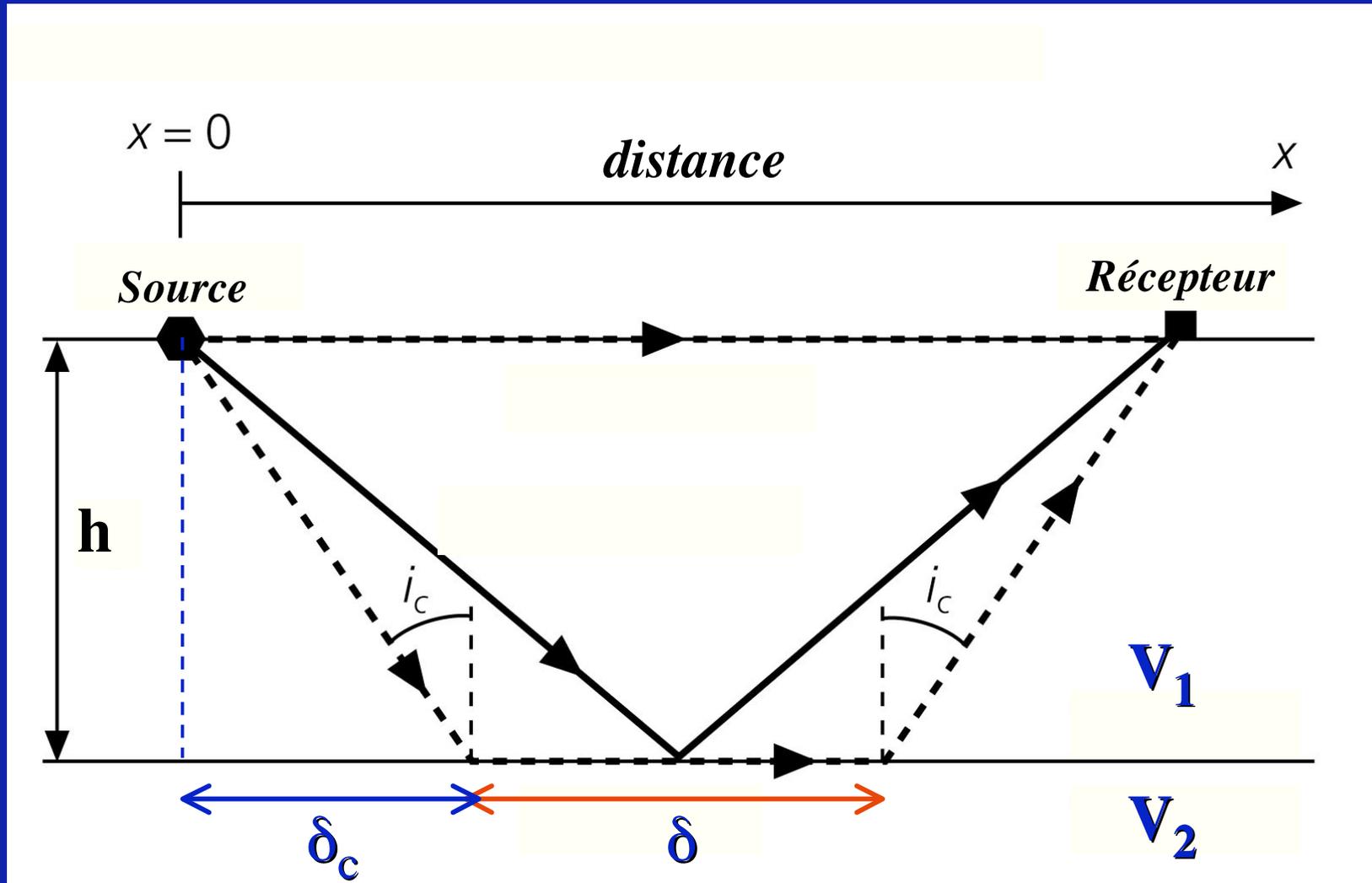
$$t = \frac{2 [h^2 + (x/2)^2]^{1/2}}{V_1}$$

Temps non nul pour  $x=0$

# Onde réfractée



# Onde réfractée

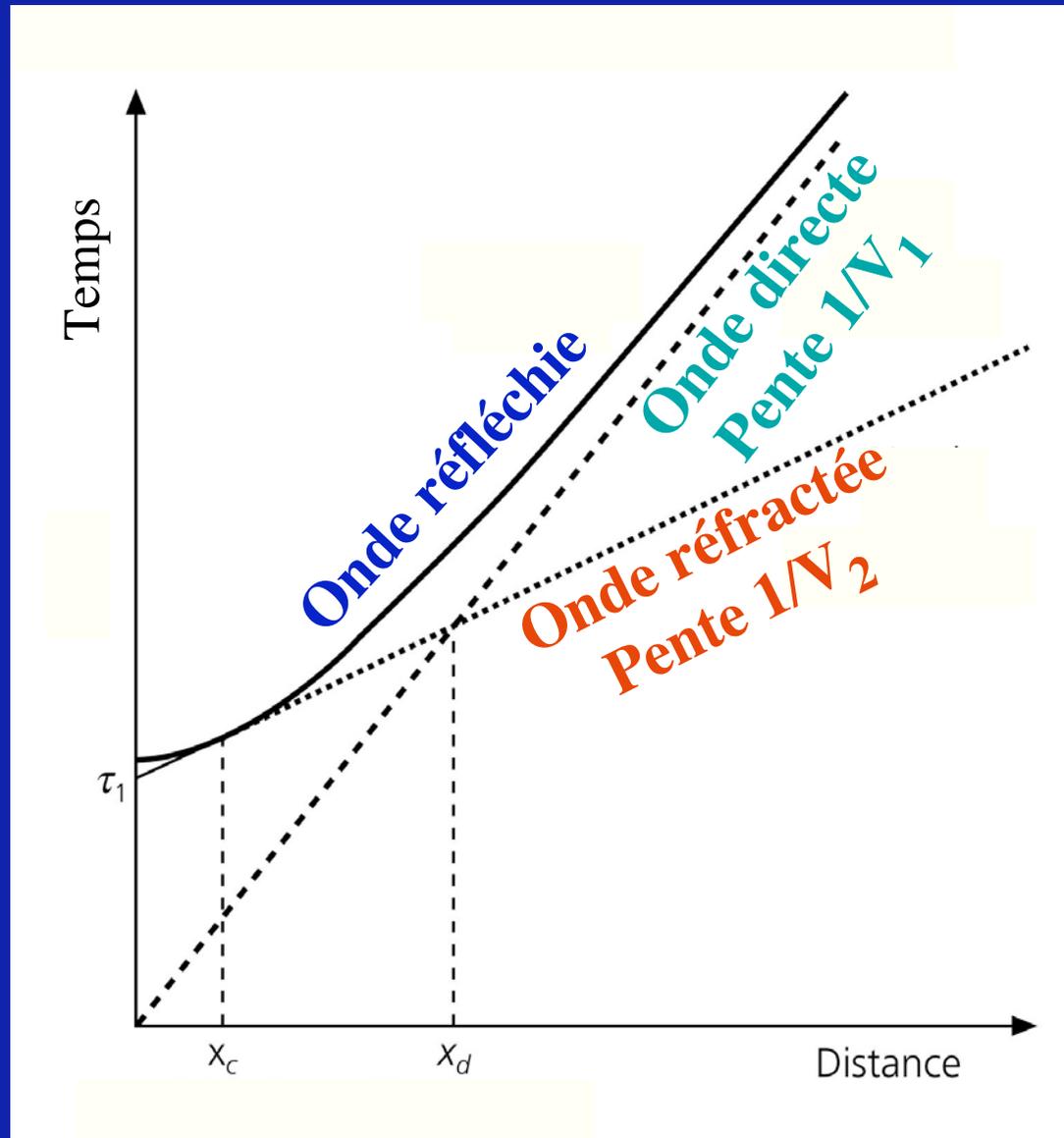


$$x = 2\delta_c + \delta$$

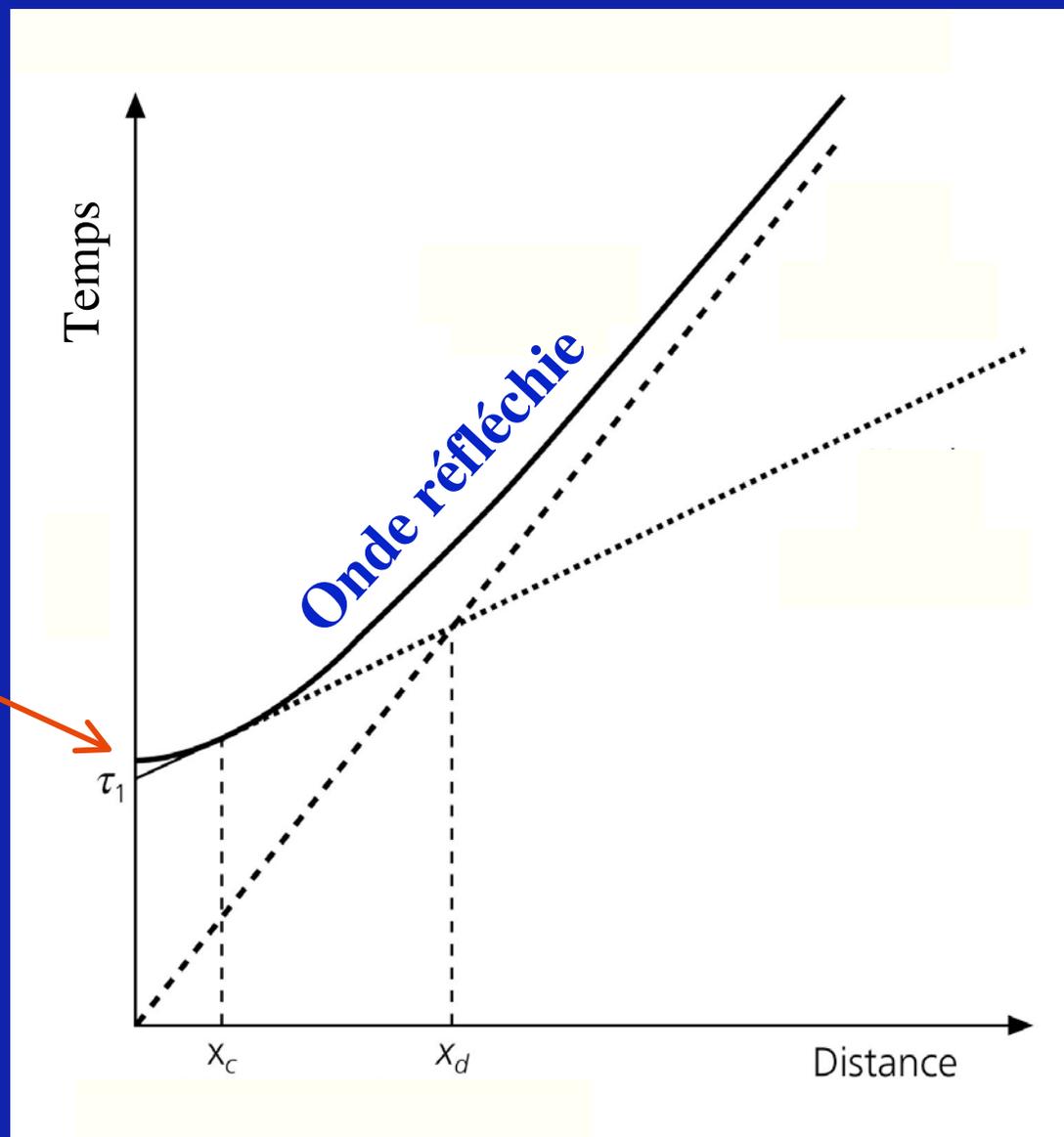
$$d^2 = h^2 + d_c^2$$

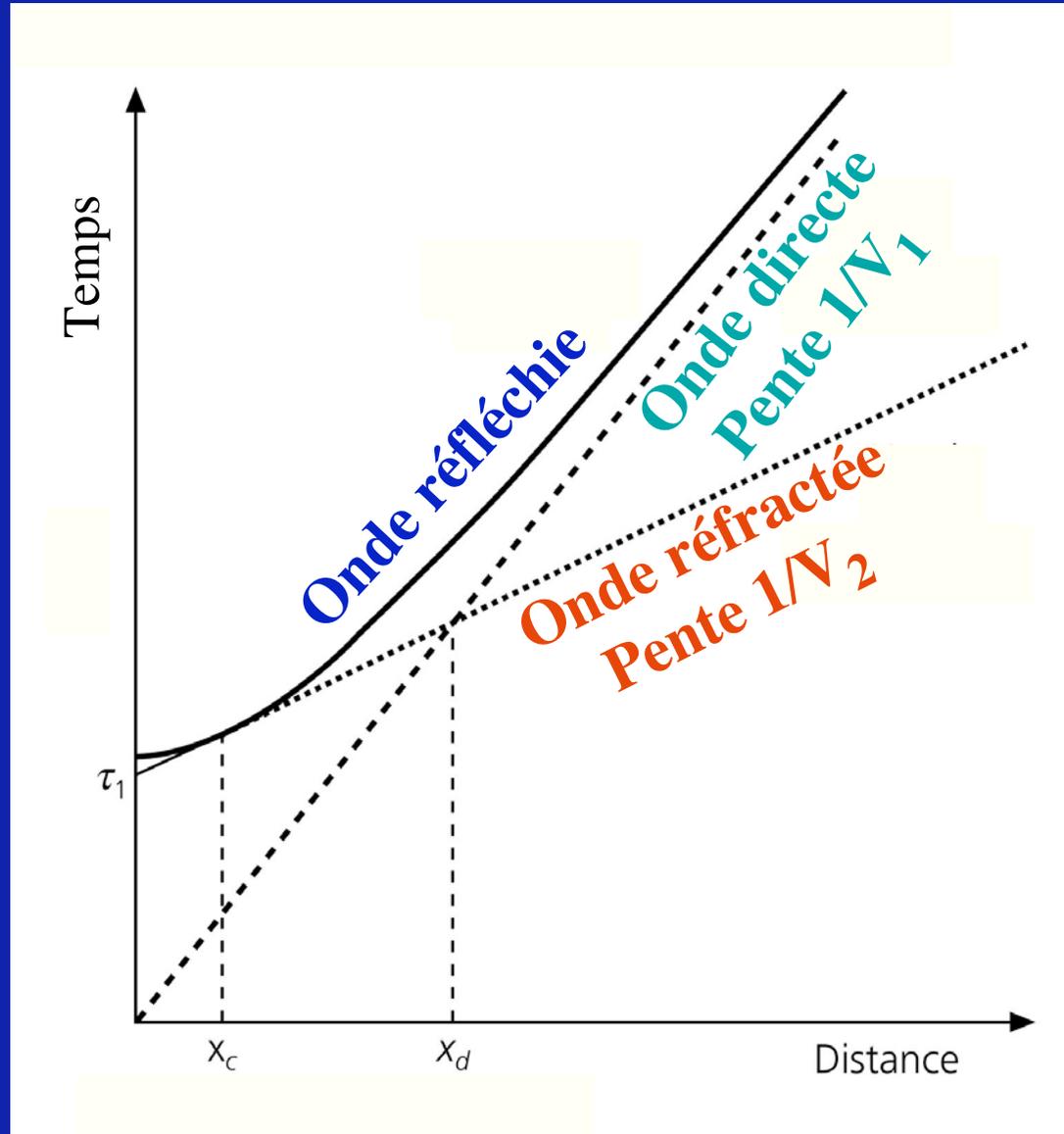
Calculs ....

## Relation entre temps de trajet et distance



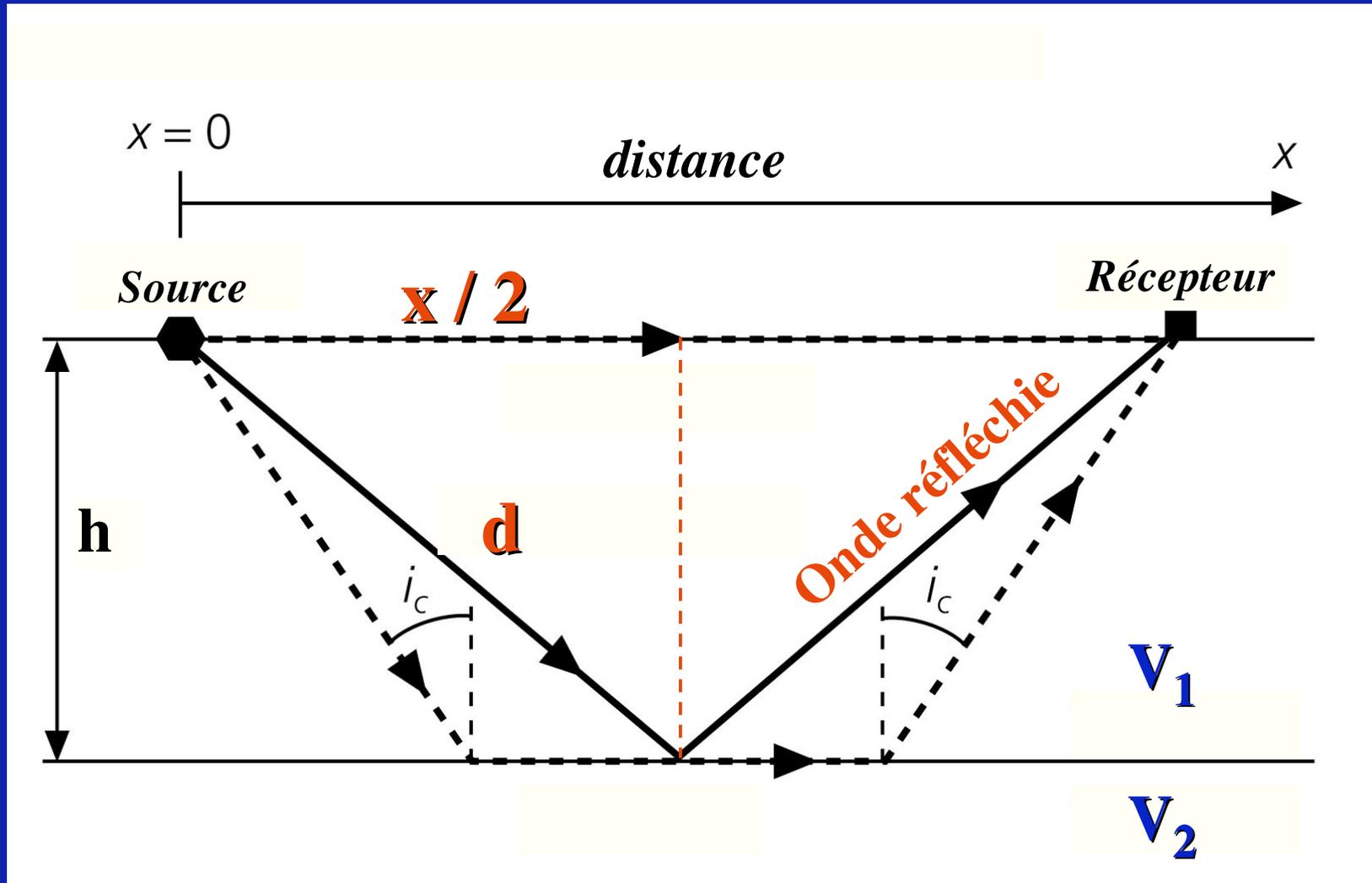
Temps  
pour  $x = 0$



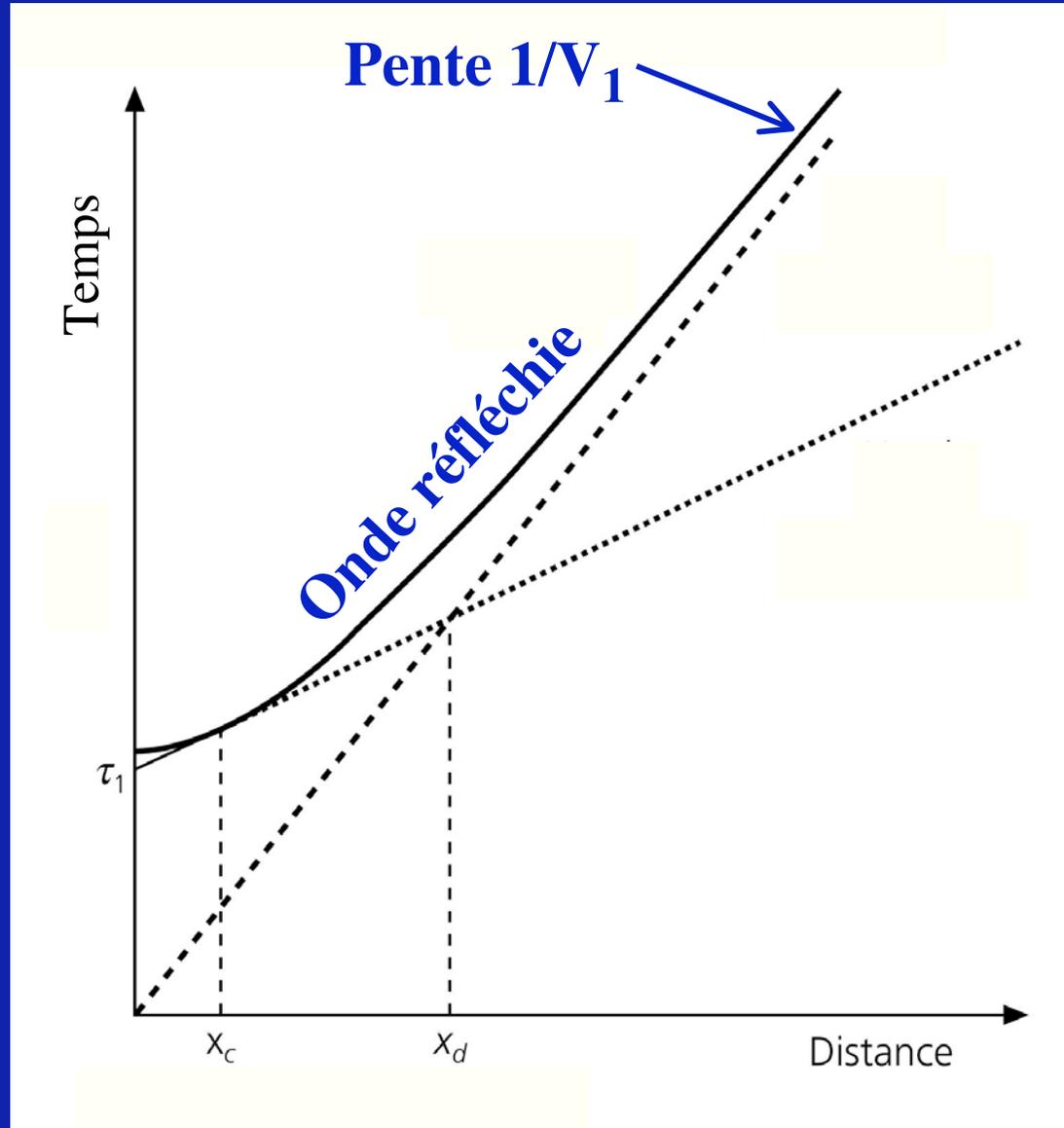


Permet de déterminer  $h$ ,  $V_1$  et  $V_2$

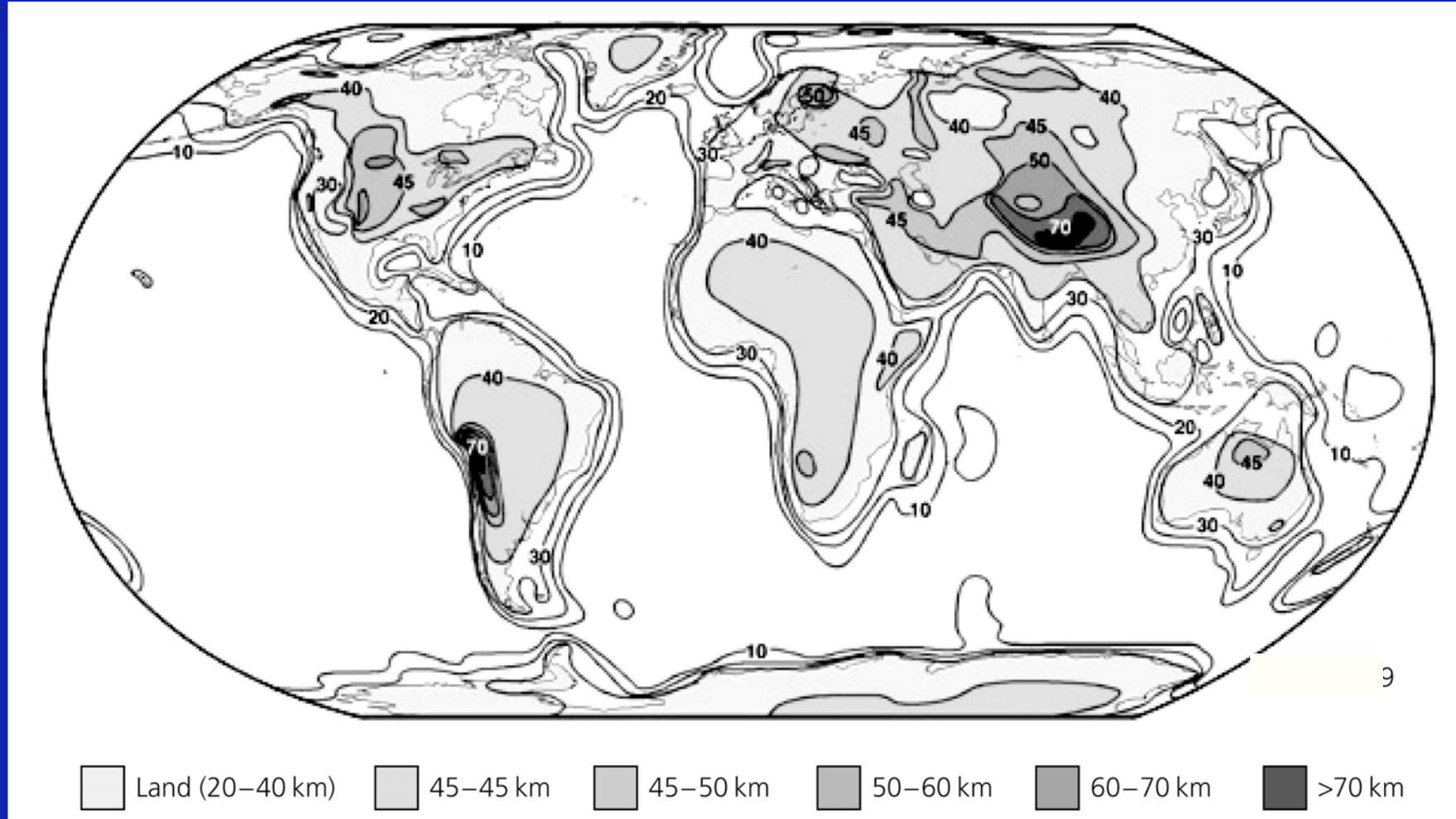
## Onde réfléchie



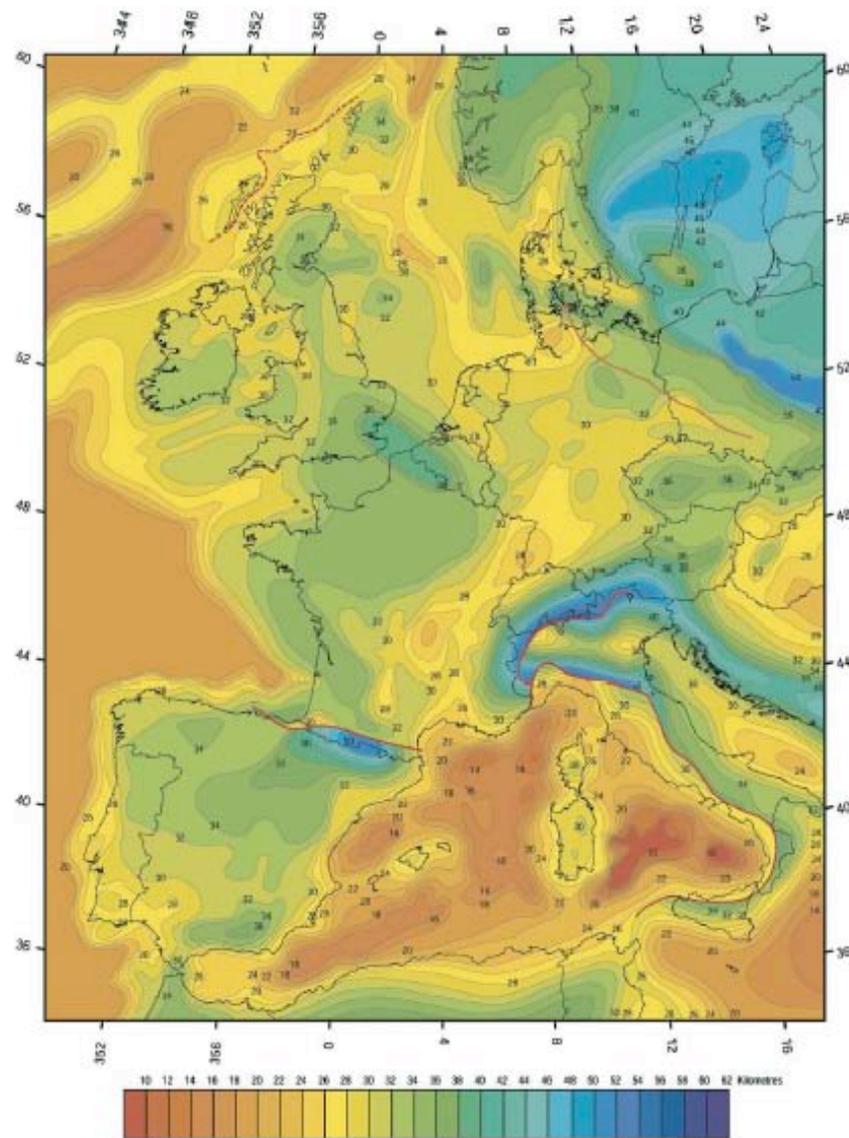
$$t = \frac{2 [h^2 + (x/2)^2]^{1/2}}{V_1} = \frac{x}{V_1} \quad \text{pour } x \gg h$$



# EPAISSEUR DE LA CROUTE CONTINENTALE



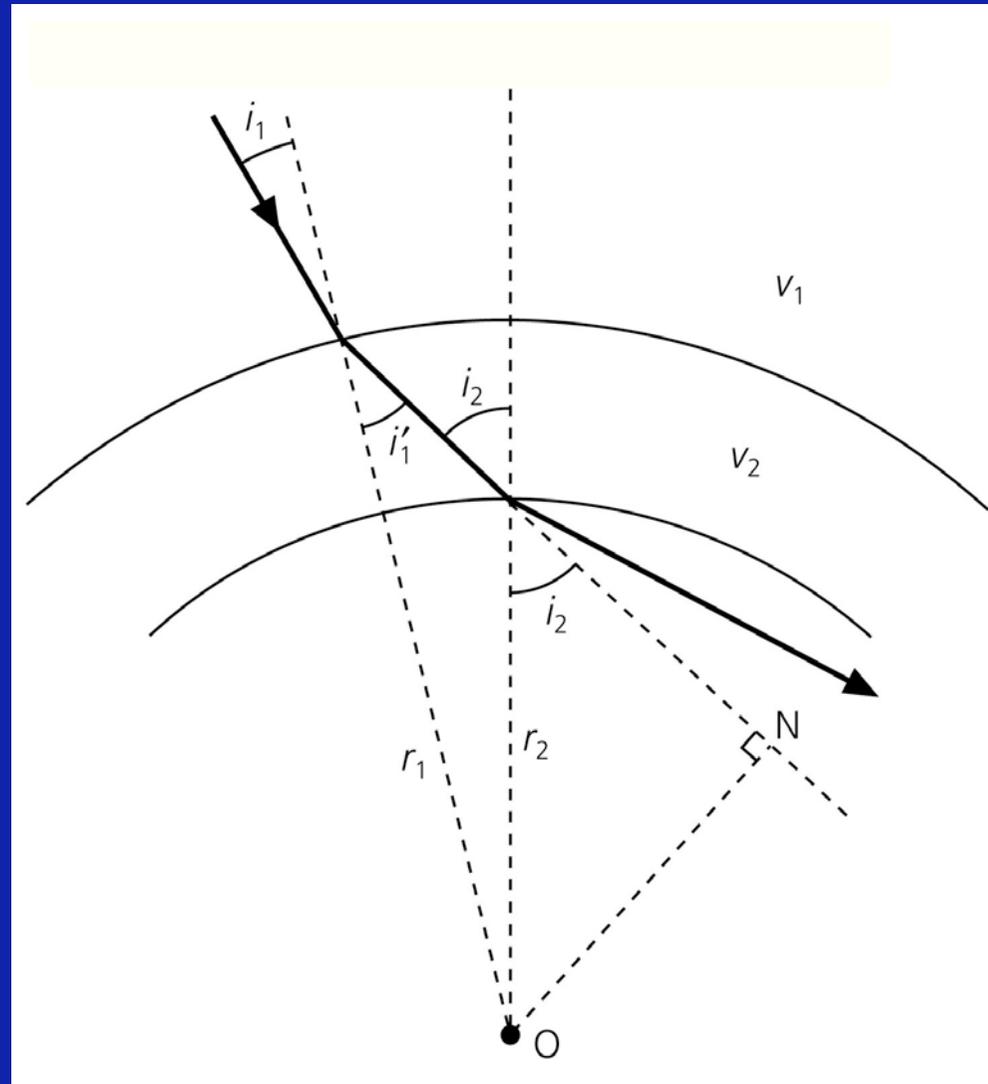
# La croûte Européenne



10 20 30 40 50 60

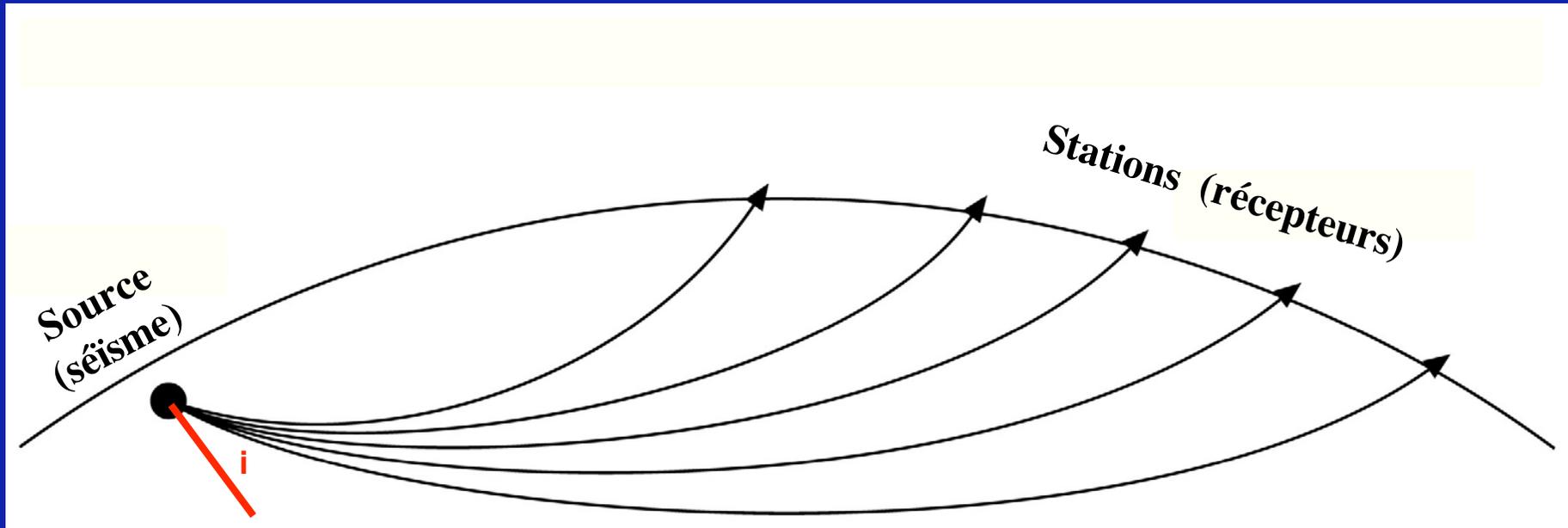
Epaisseur (km)

## A grandes distances, il faut considérer la courbure de la Terre



En général,  $V$  augmente avec la profondeur :  
le rai est courbé vers le haut

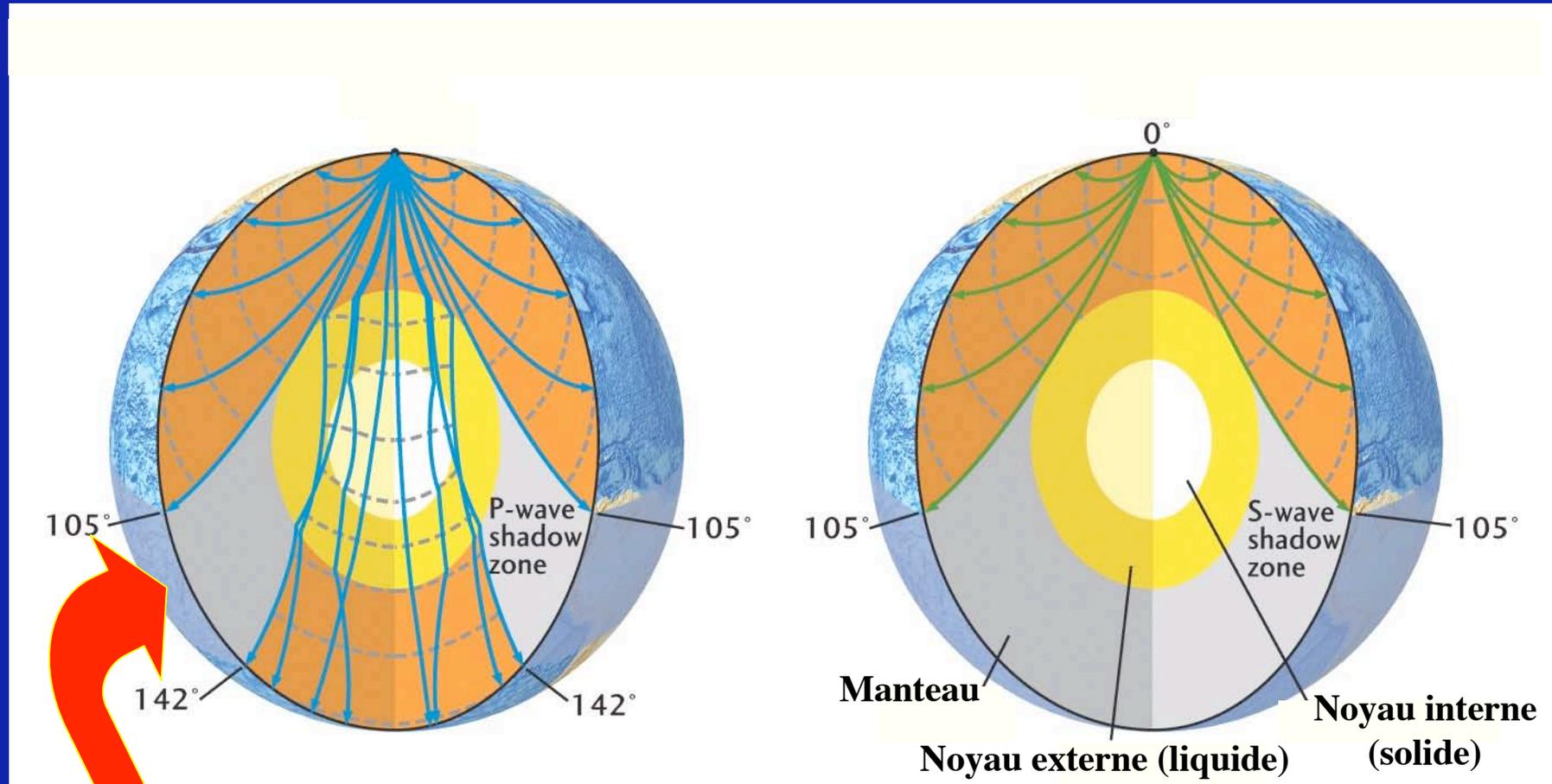
**Les vitesses augmentent avec la profondeur (avec la pression) :  
les rais sismiques sont courbes**



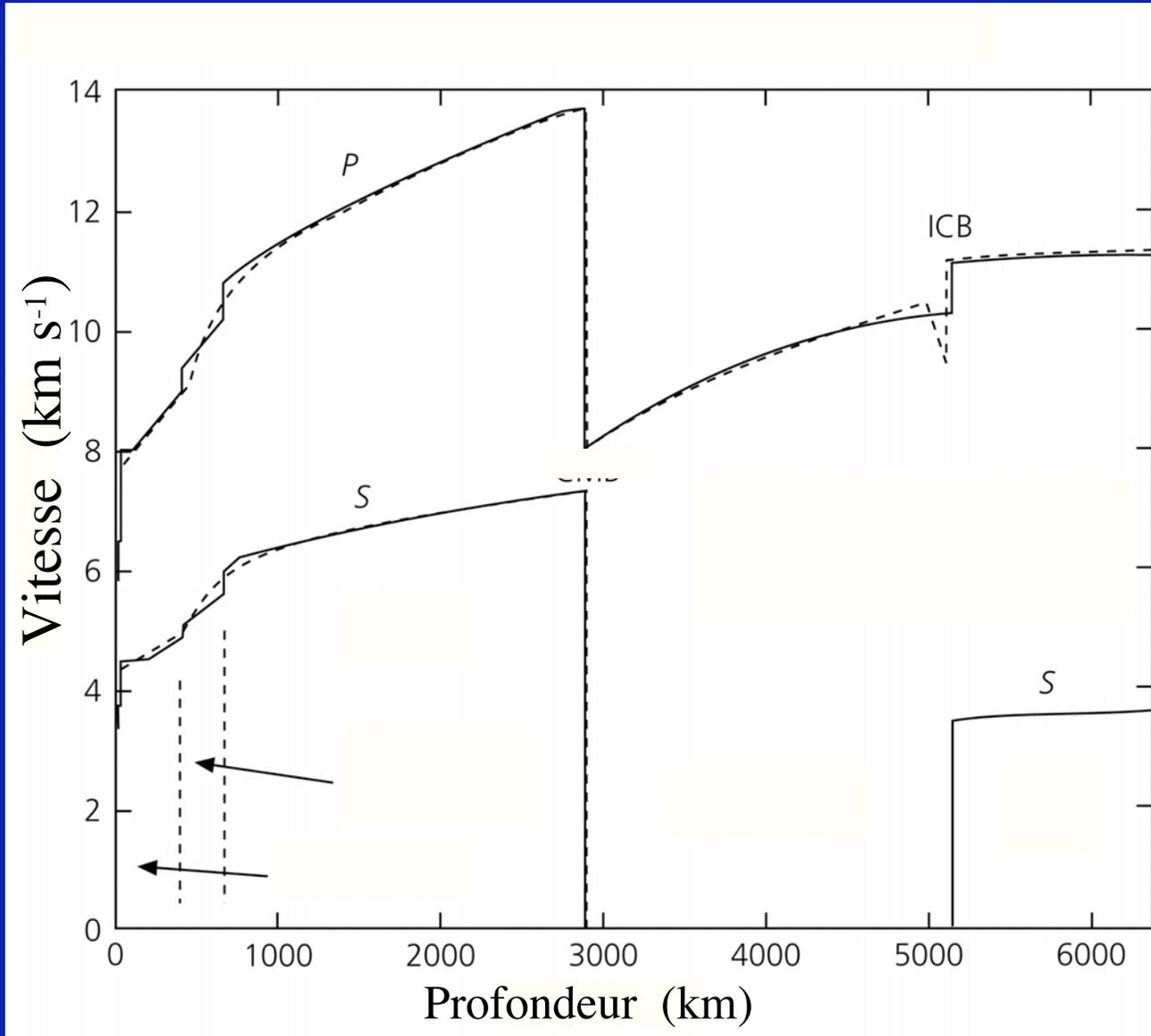
# Les “zones d’ombre” de la Terre : détection du noyau terrestre

## Ondes P

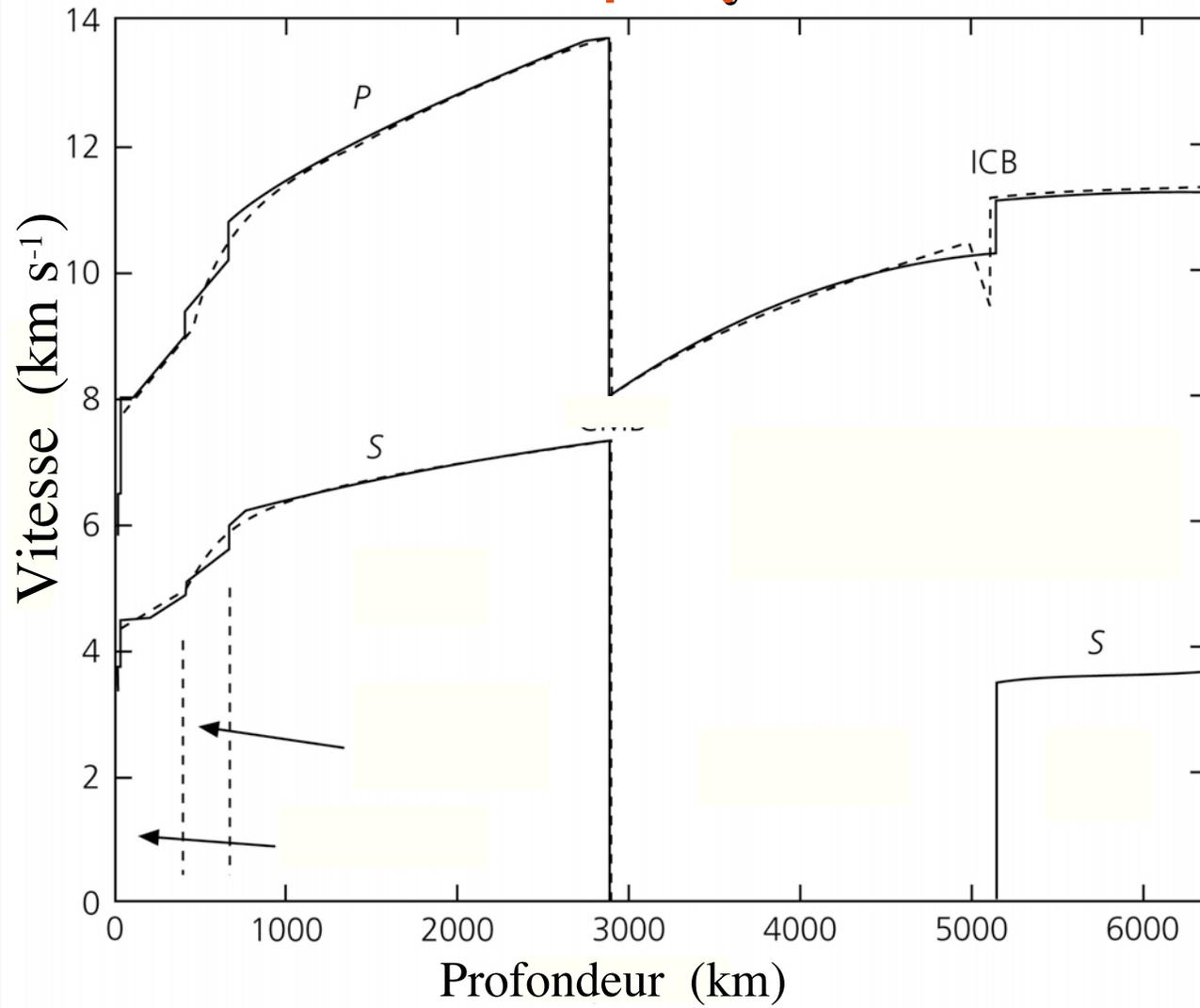
## Ondes S



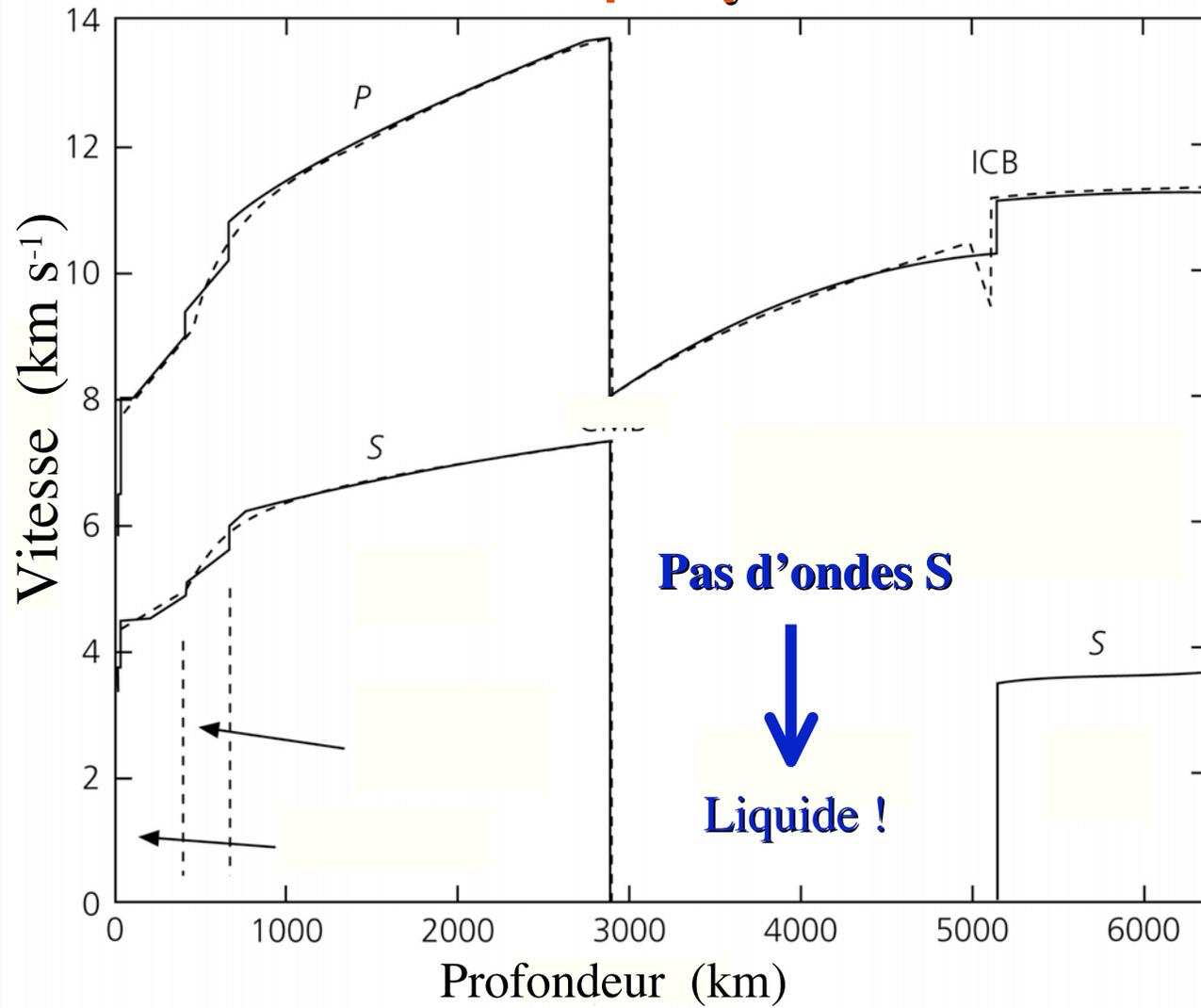
**Zone d’ombre :  
pas d’ondes sismiques**



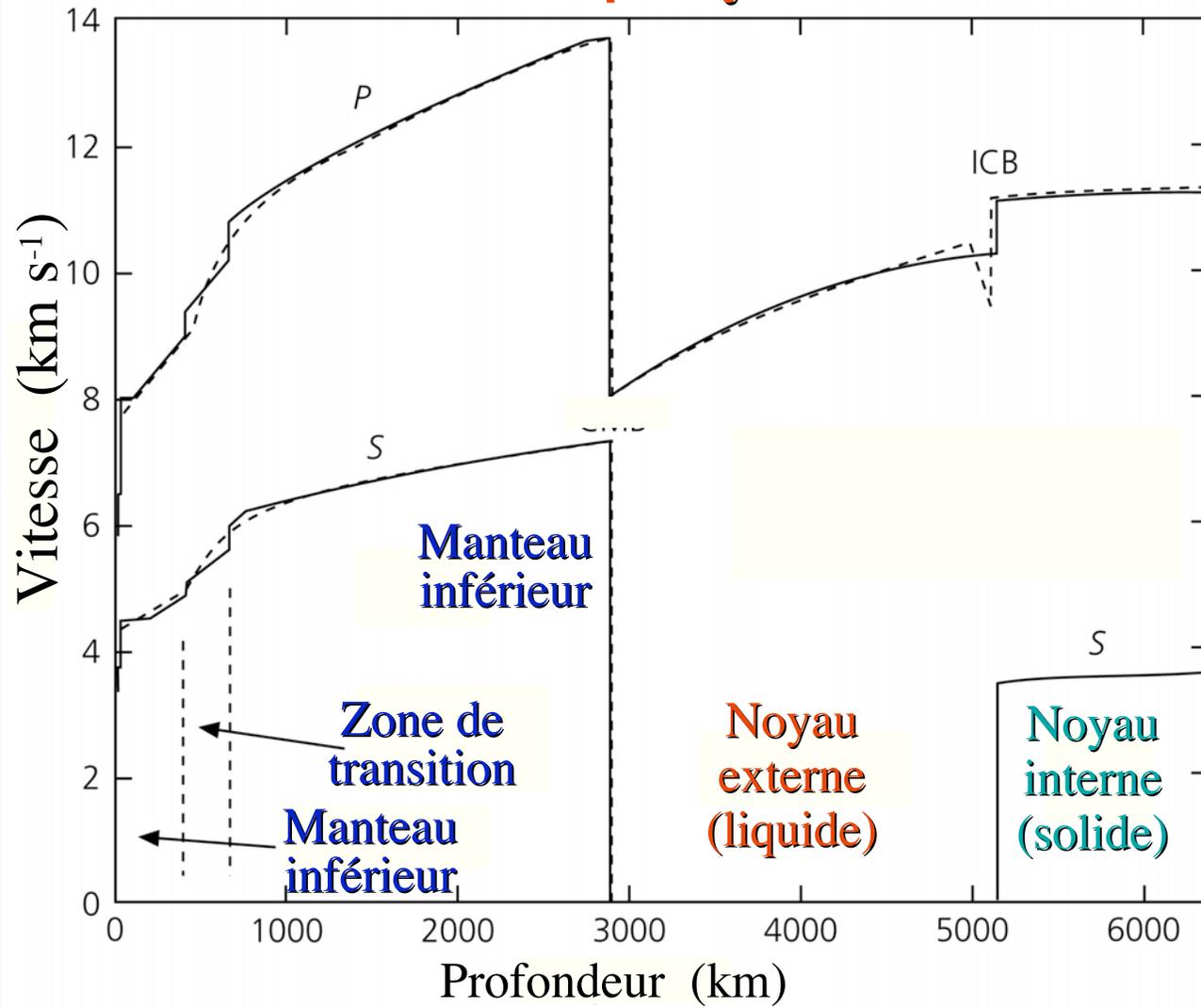
# Manteau | Noyau



# Manteau | Noyau



# Manteau | Noyau



# Tomographie sismique

## Variations latérales de vitesse (beaucoup plus faibles que les variations radiales)



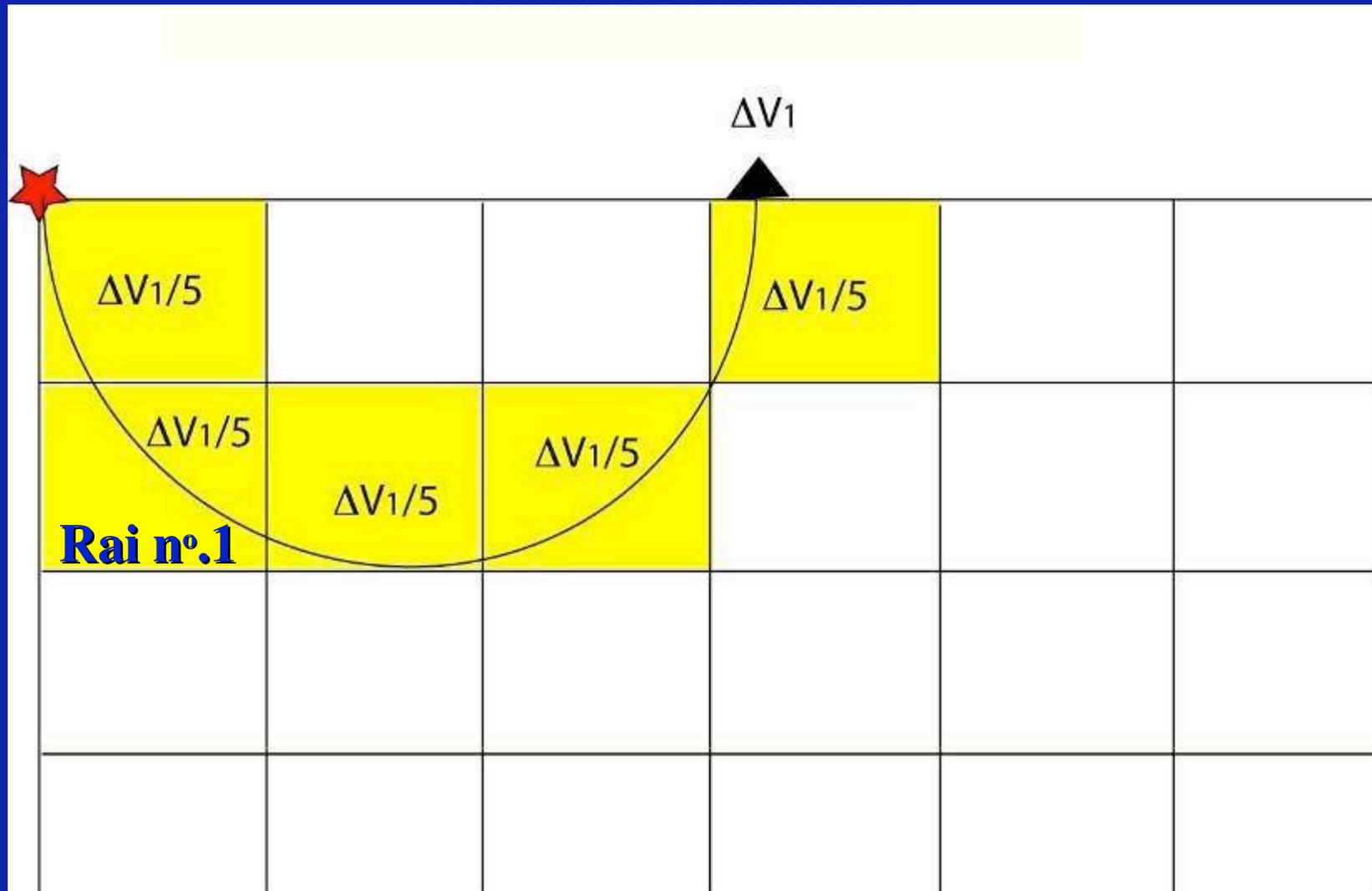
Le temps de trajet varie de  $\Delta t$  par rapport à la moyenne.  
La vitesse varie de  $\Delta V$  par rapport à la moyenne.

$\Delta V > 0$  pour  $\Delta T < 0$  (zones froides)

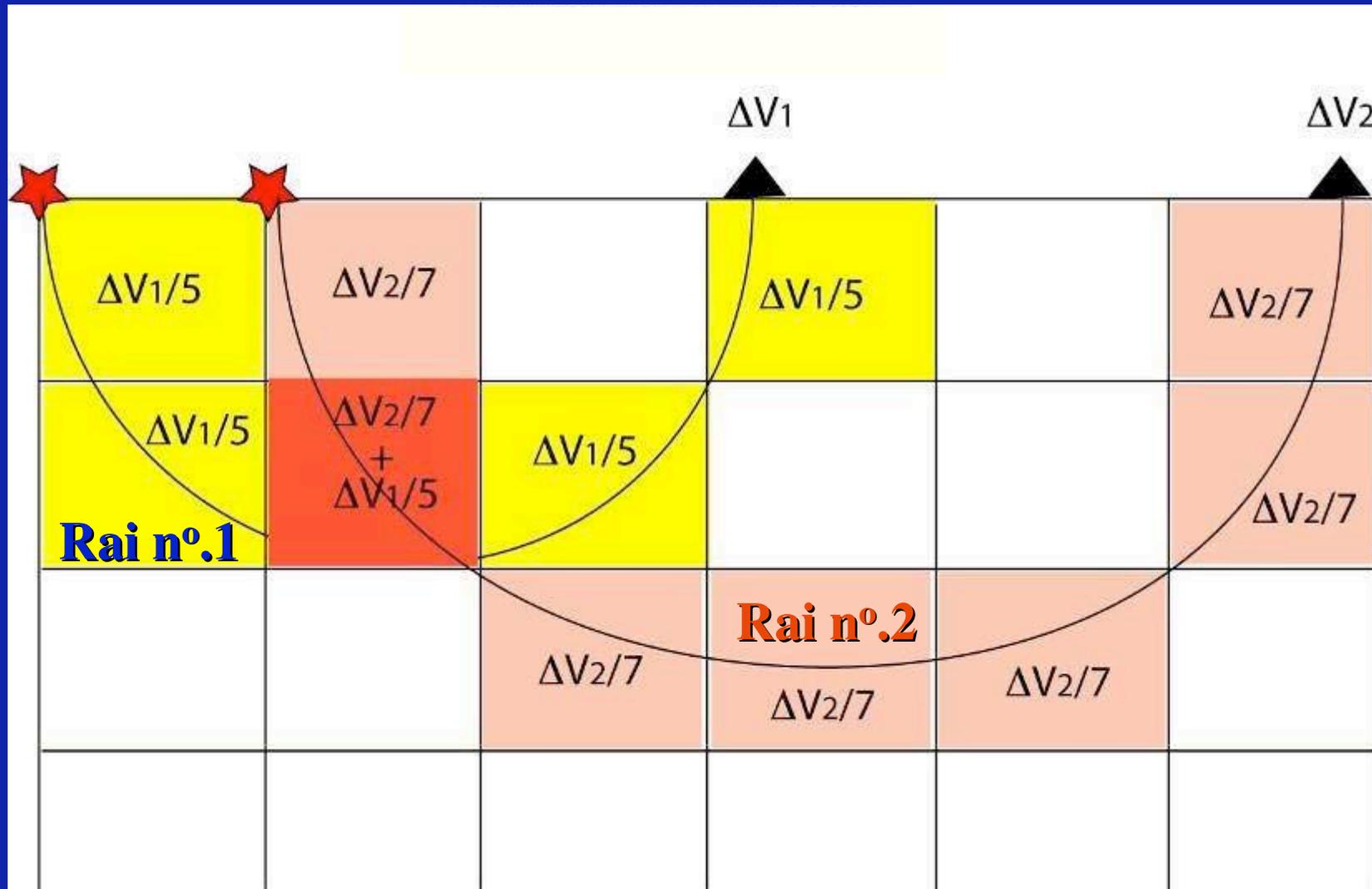
$\Delta V < 0$  pour  $\Delta T > 0$  (zones chaudes)

Principe : on découpe la Terre en blocs.

Pour le rai n°.1, l'anomalie de vitesse est distribuée sur 5 blocs (exemple)

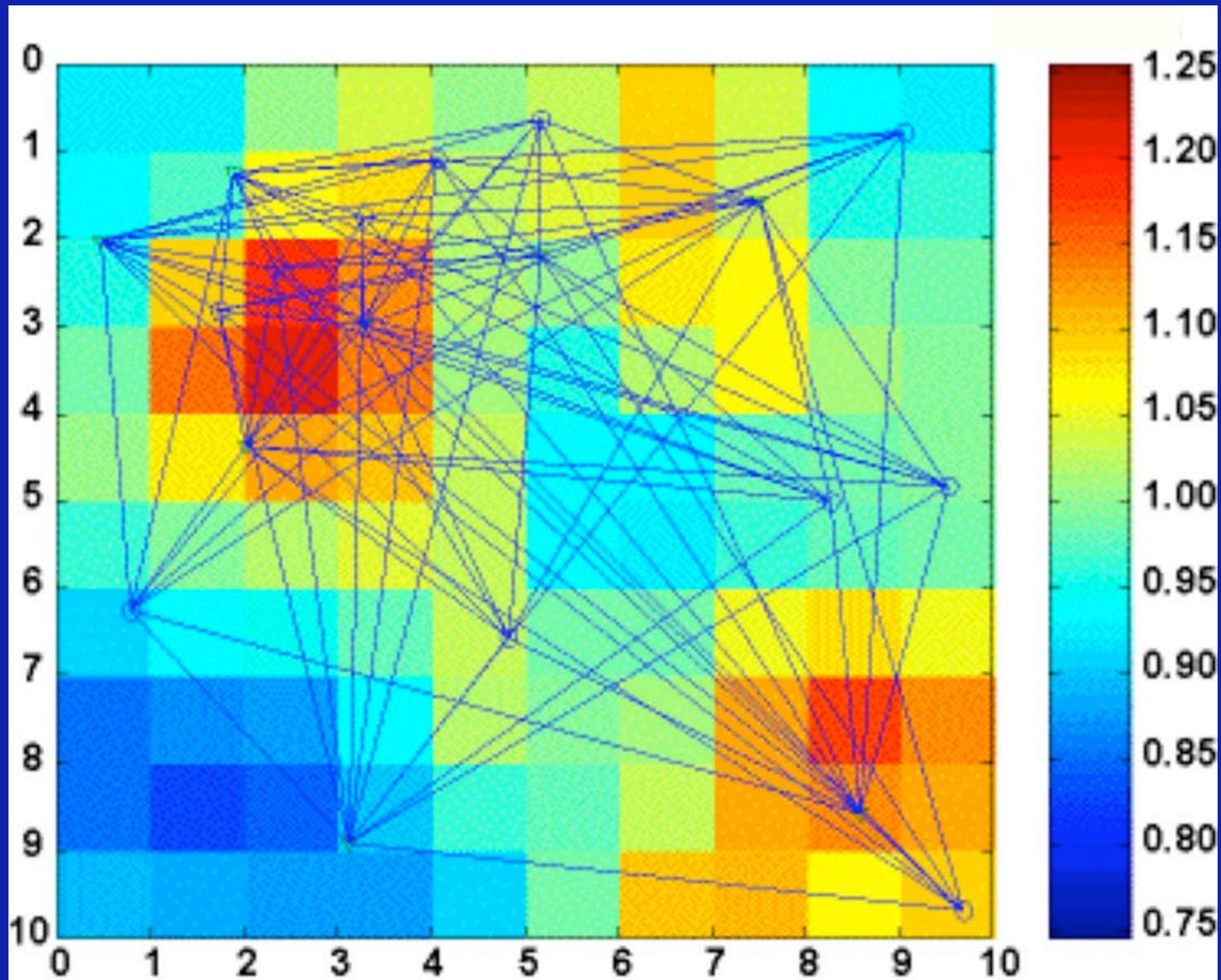


Un deuxième rai échantillonne le même bloc sur un autre trajet.

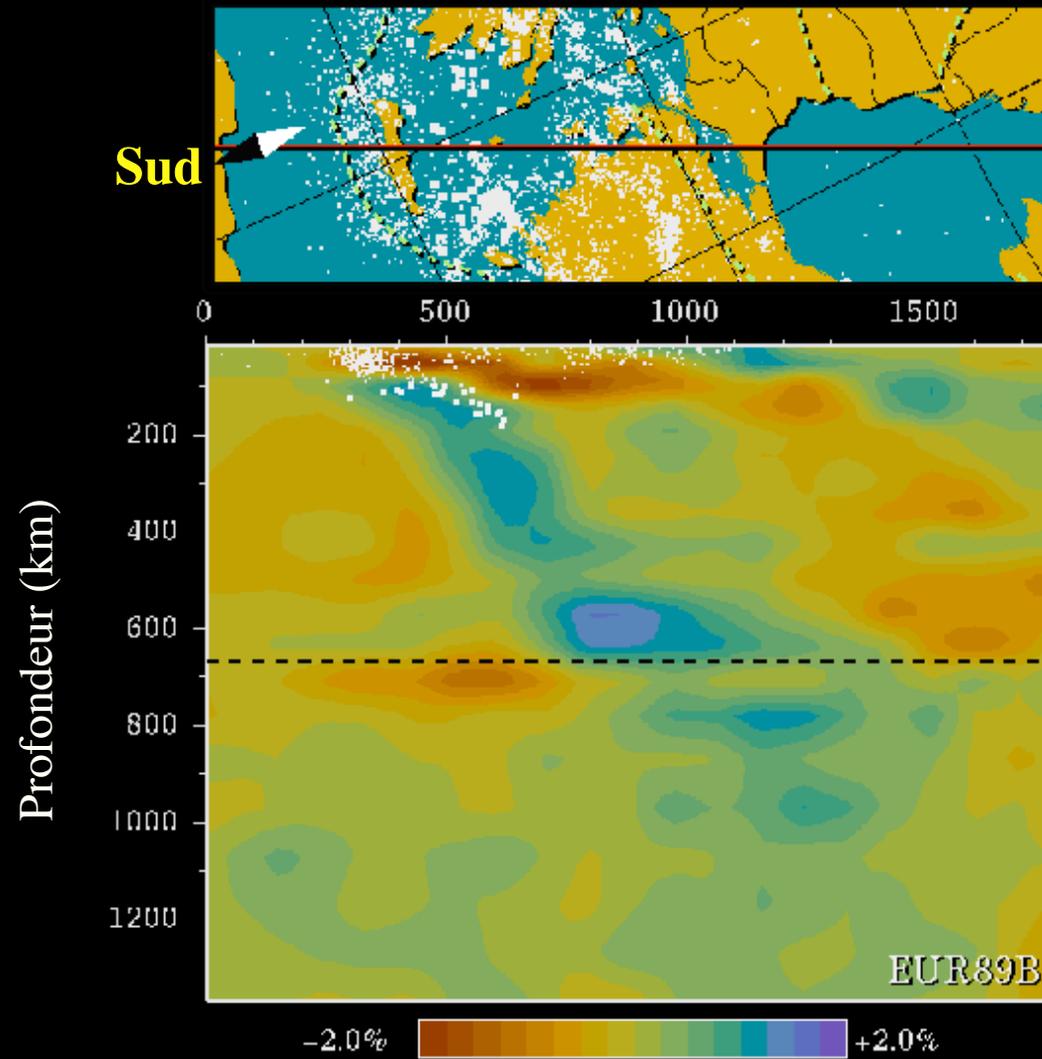


On recoupant les informations, on détermine  $\Delta V$  pour chaque bloc.

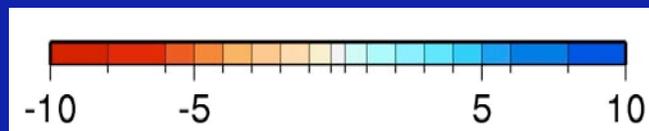
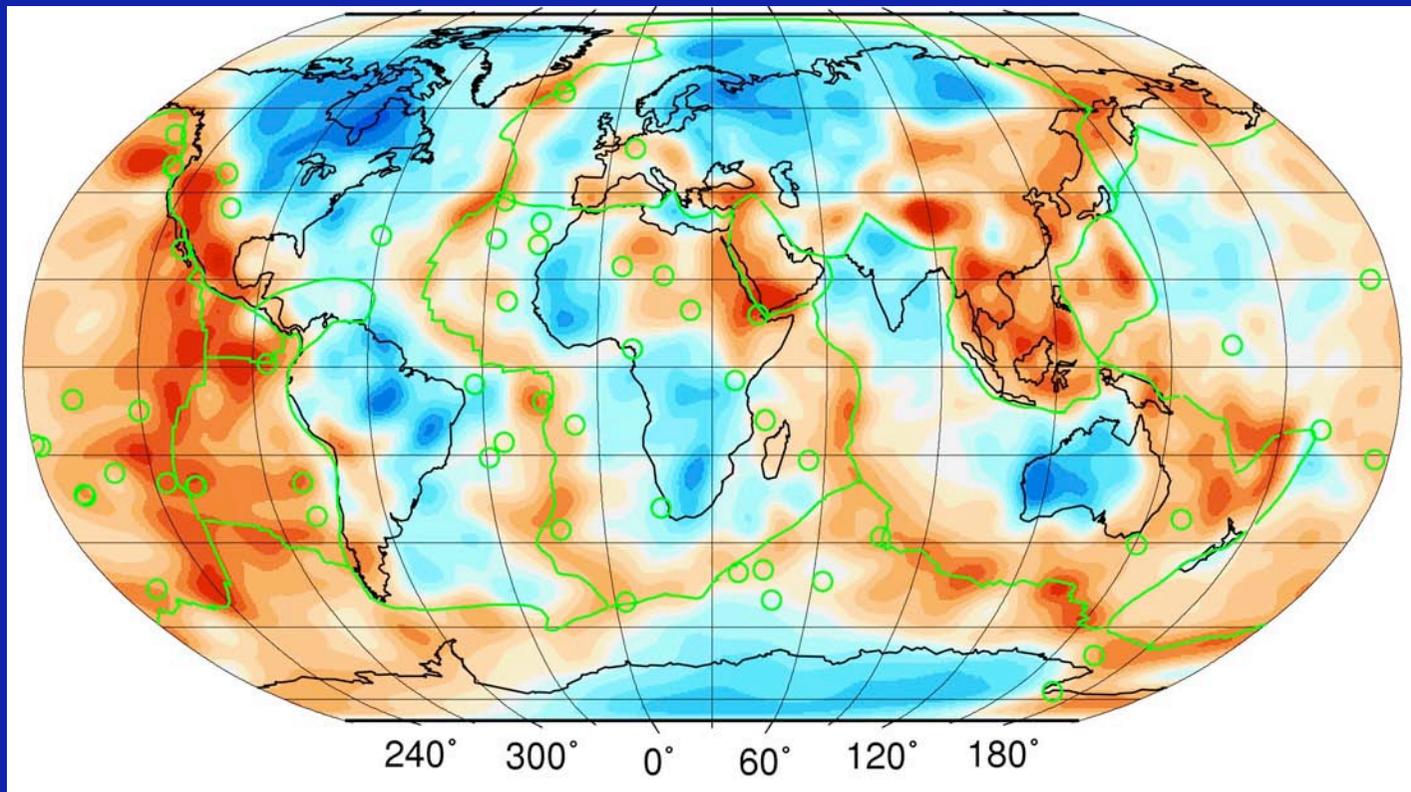
## Recouvrements (à 2-D)



# La zone de subduction de la mer Egée

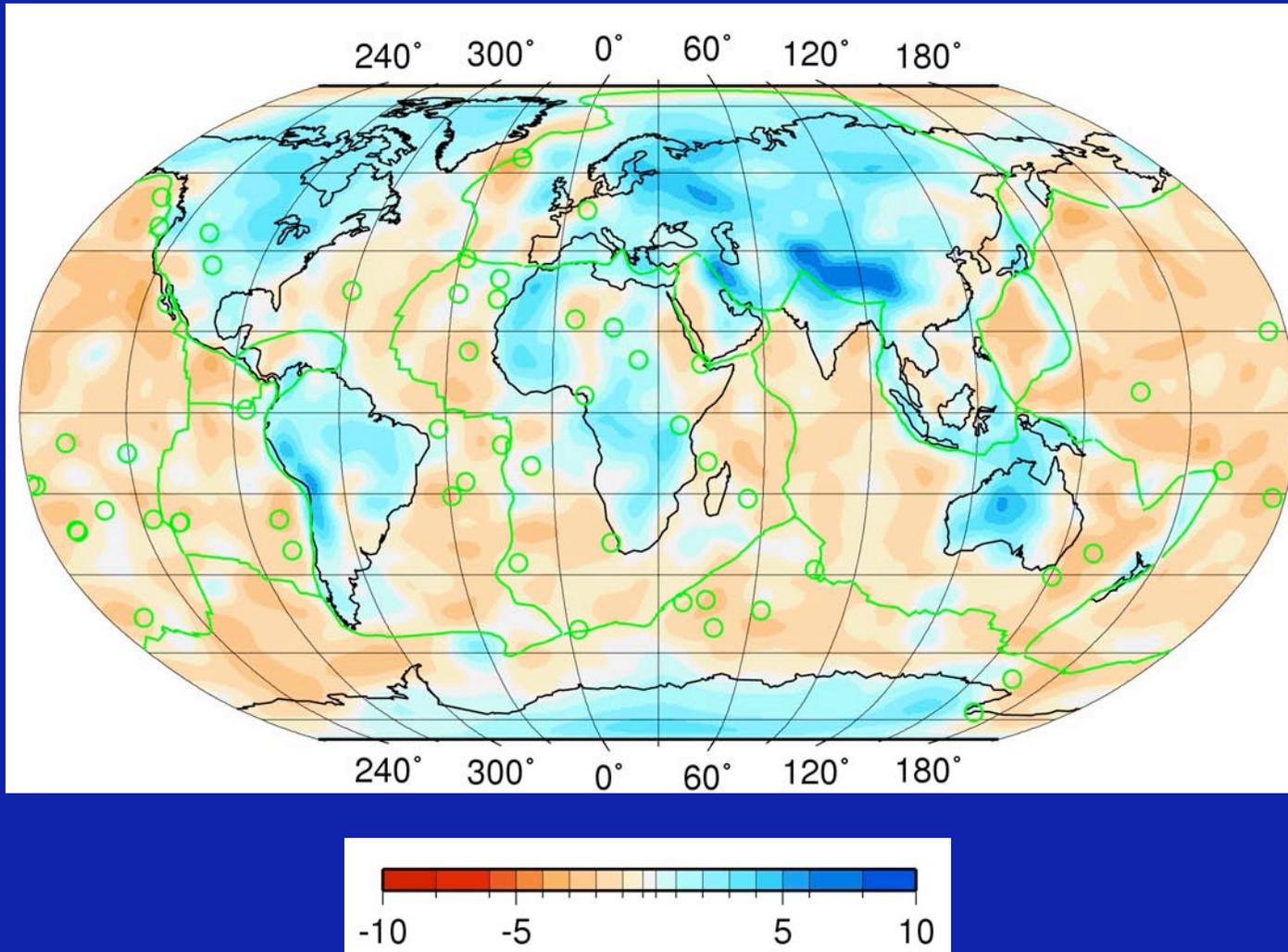


## Le monde à 100 km de profondeur

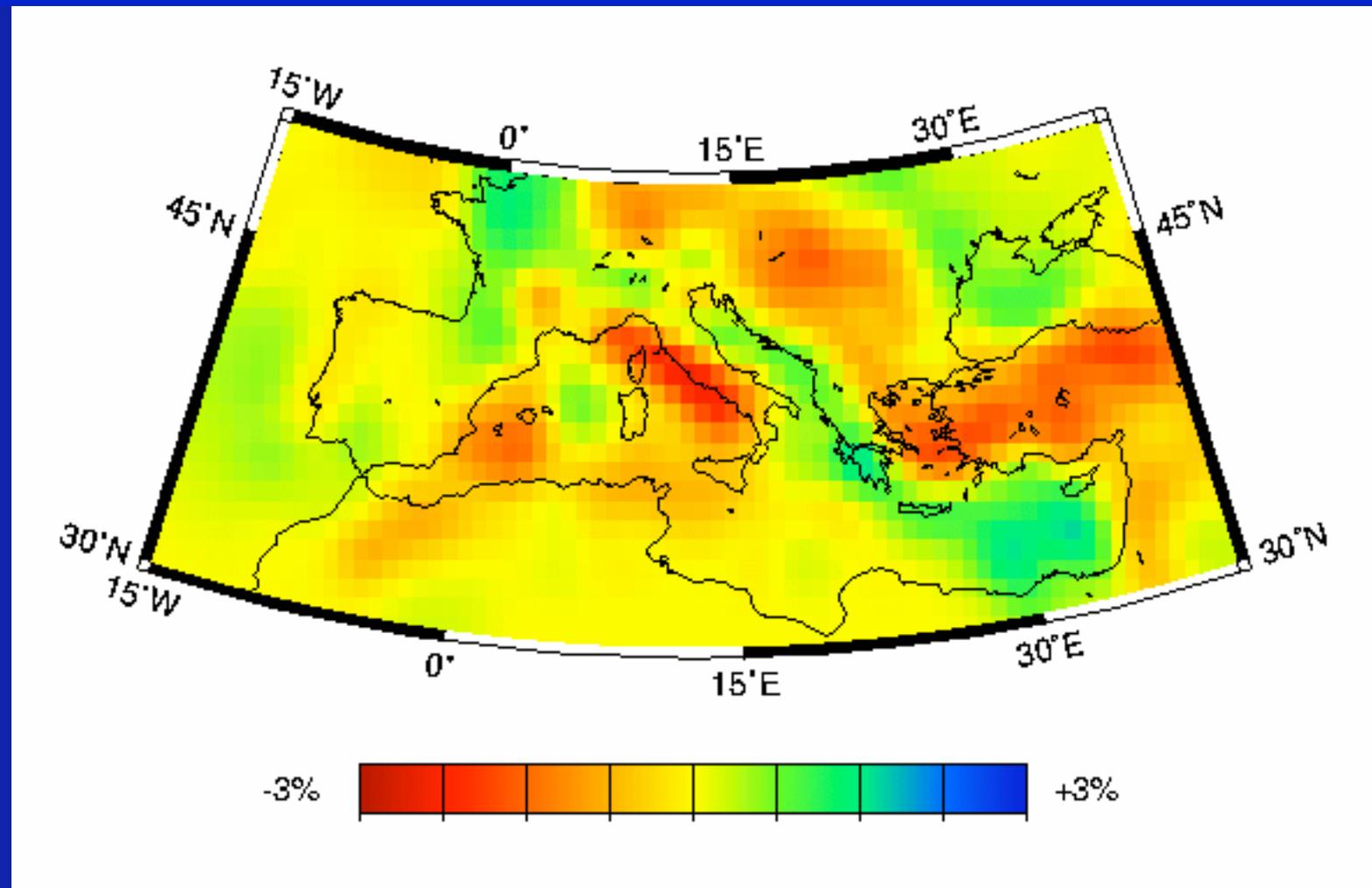


Anomalies de vitesse (%)

... et 200 km de profondeur



## L'Europe à 95 km de profondeur



## L'Europe à 195 km de profondeur

