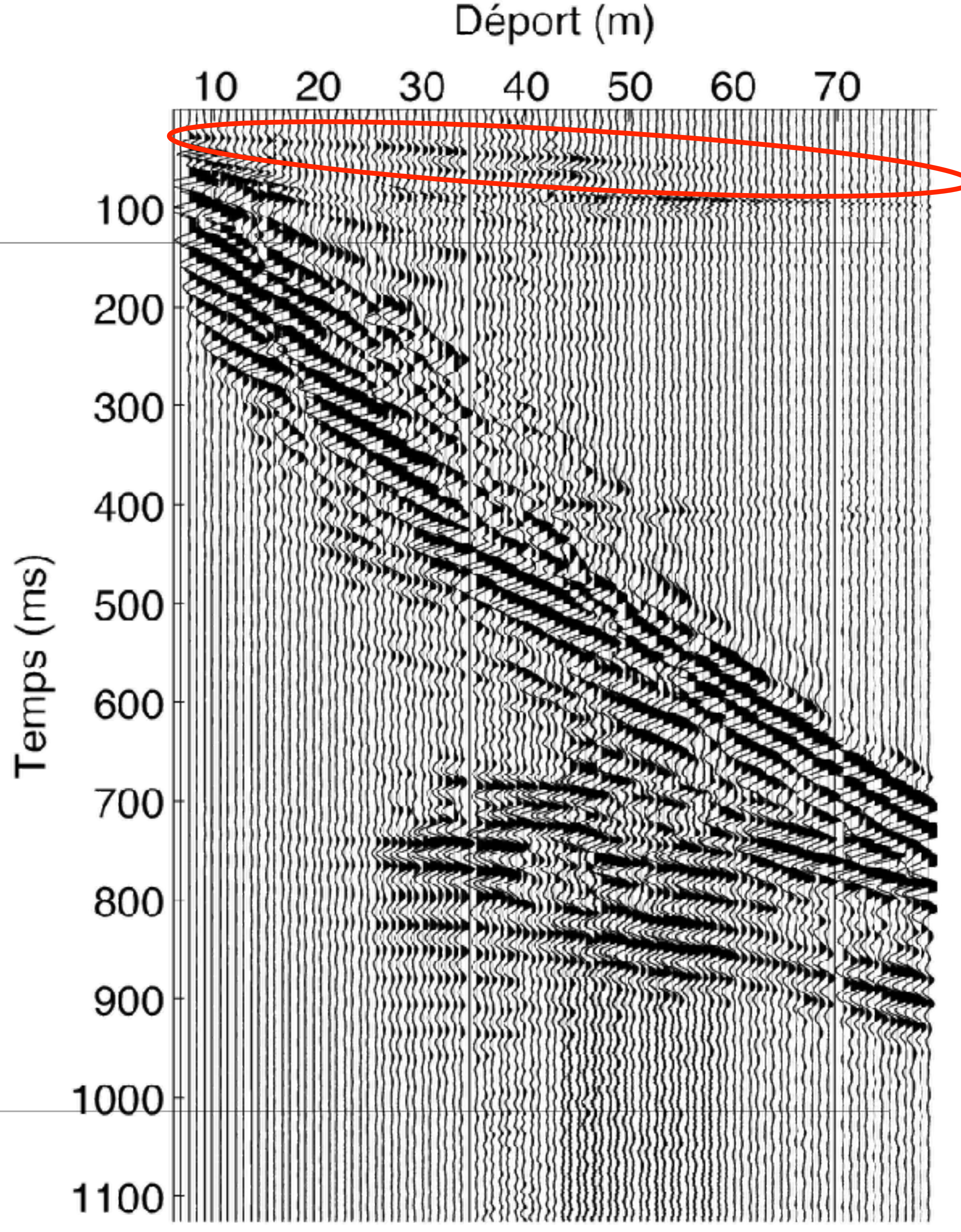
Rai sismique

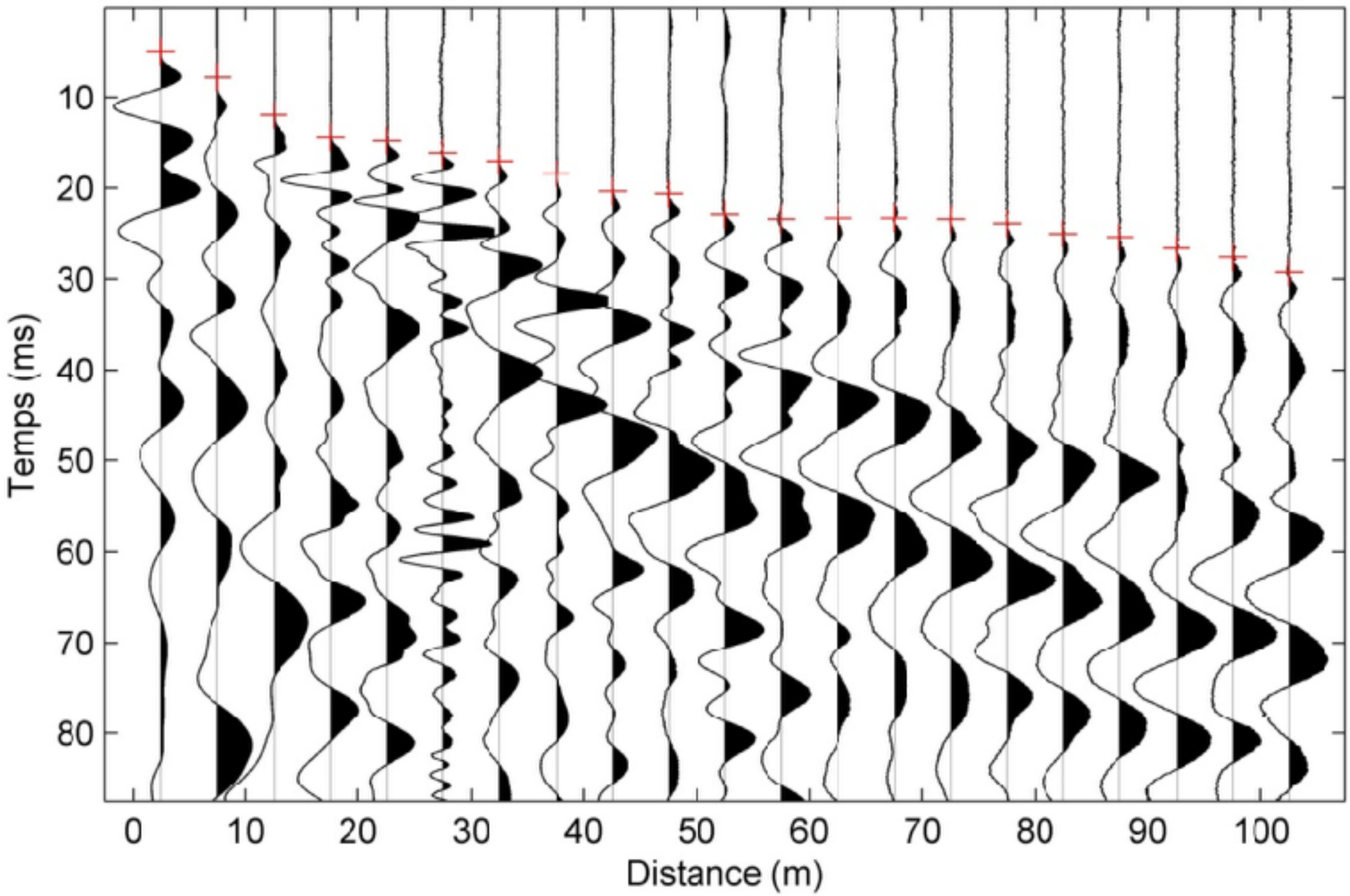
Sismique réfraction

Nous pouvons retrouver les variations de vitesse et les épaisseurs des couches d'un milieu tabulaire grâce aux temps des premières arrivées sismiques.



Sismique réfraction

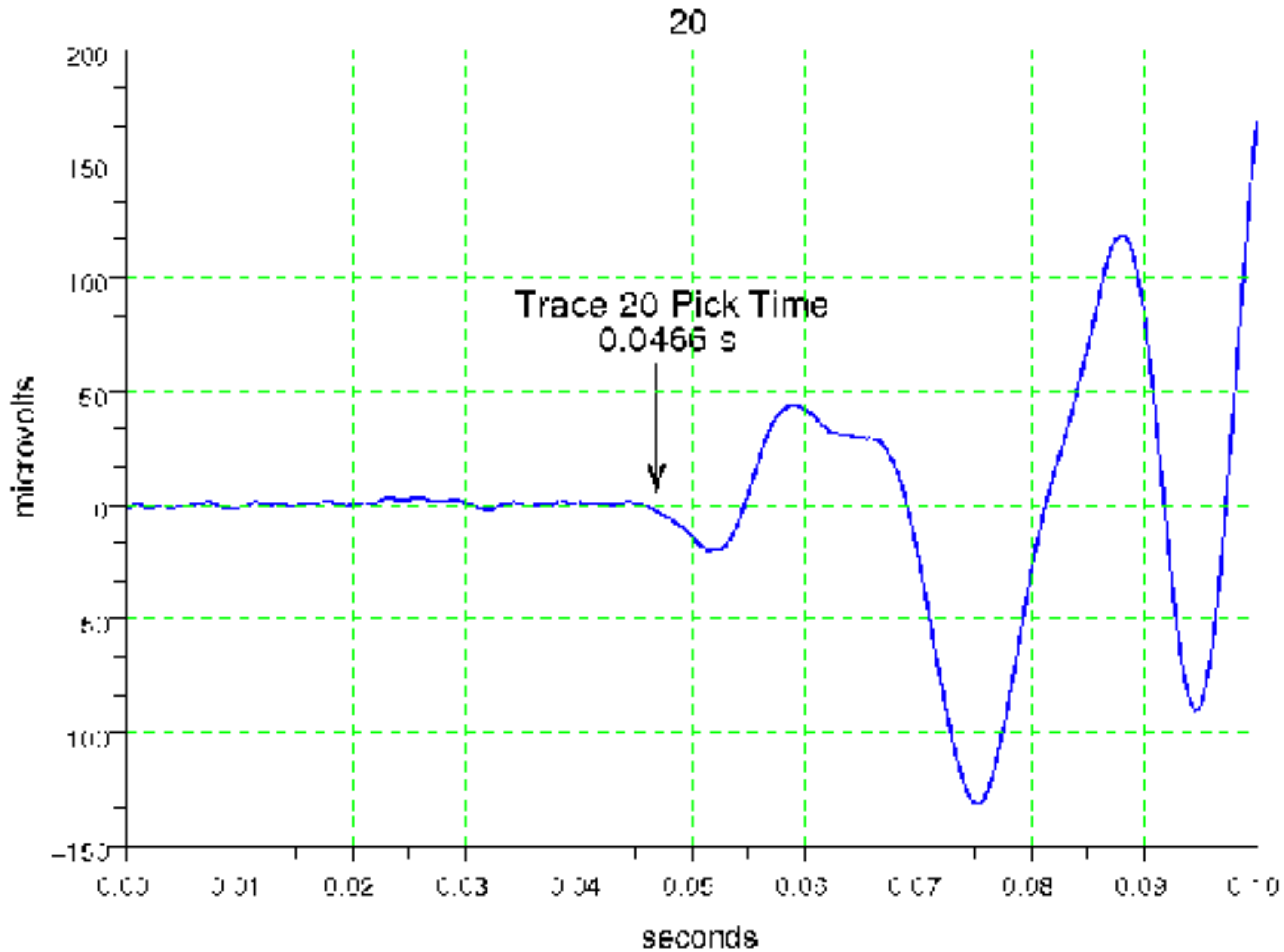
On réduit l'information d'une trace à seulement un temps d'arrivée, en pointant la position de la première ondelette visible.



Identification des premières arrivées

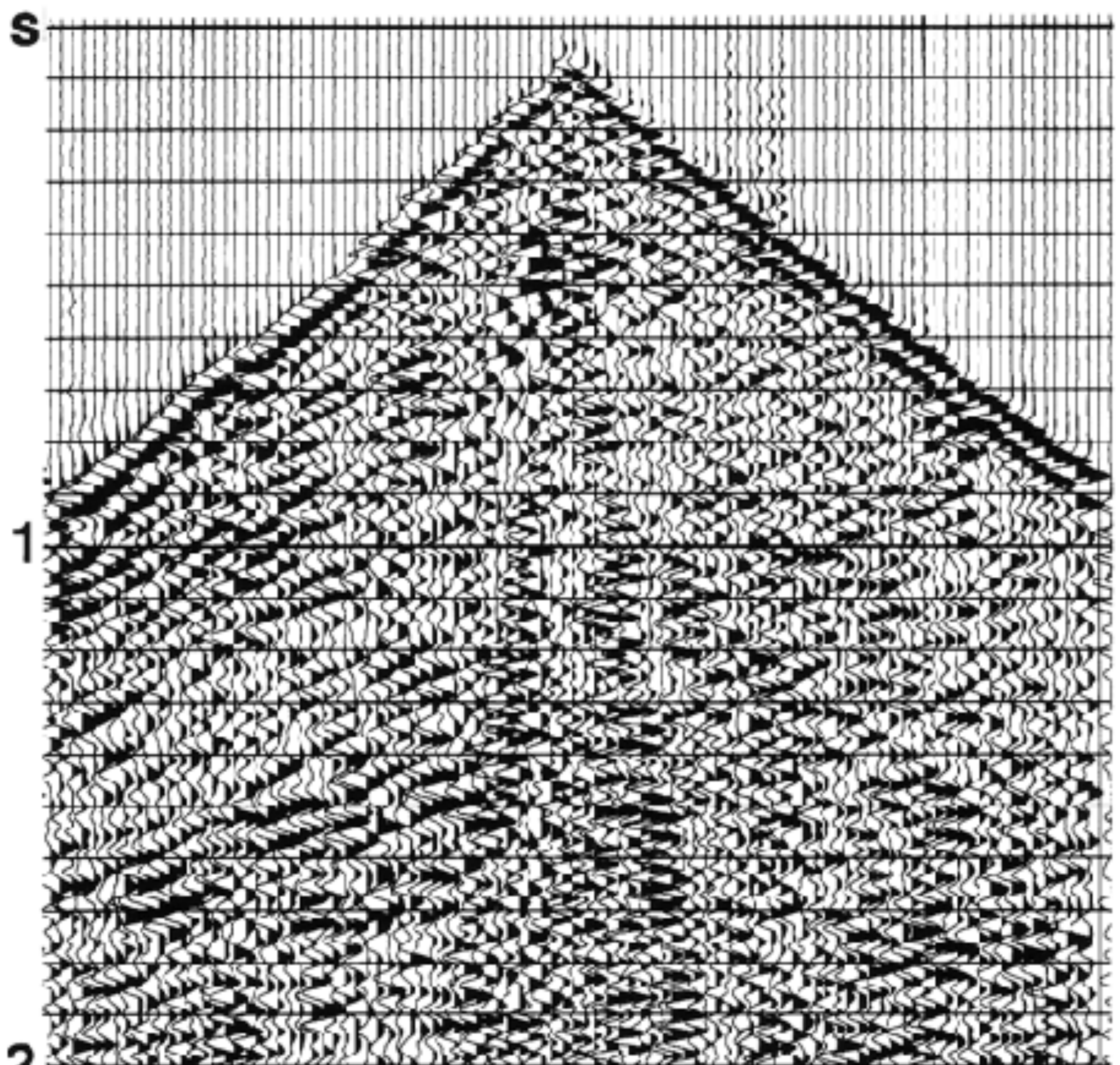
La précision des pointés est très importante, car elle influence directement la précision des résultats.

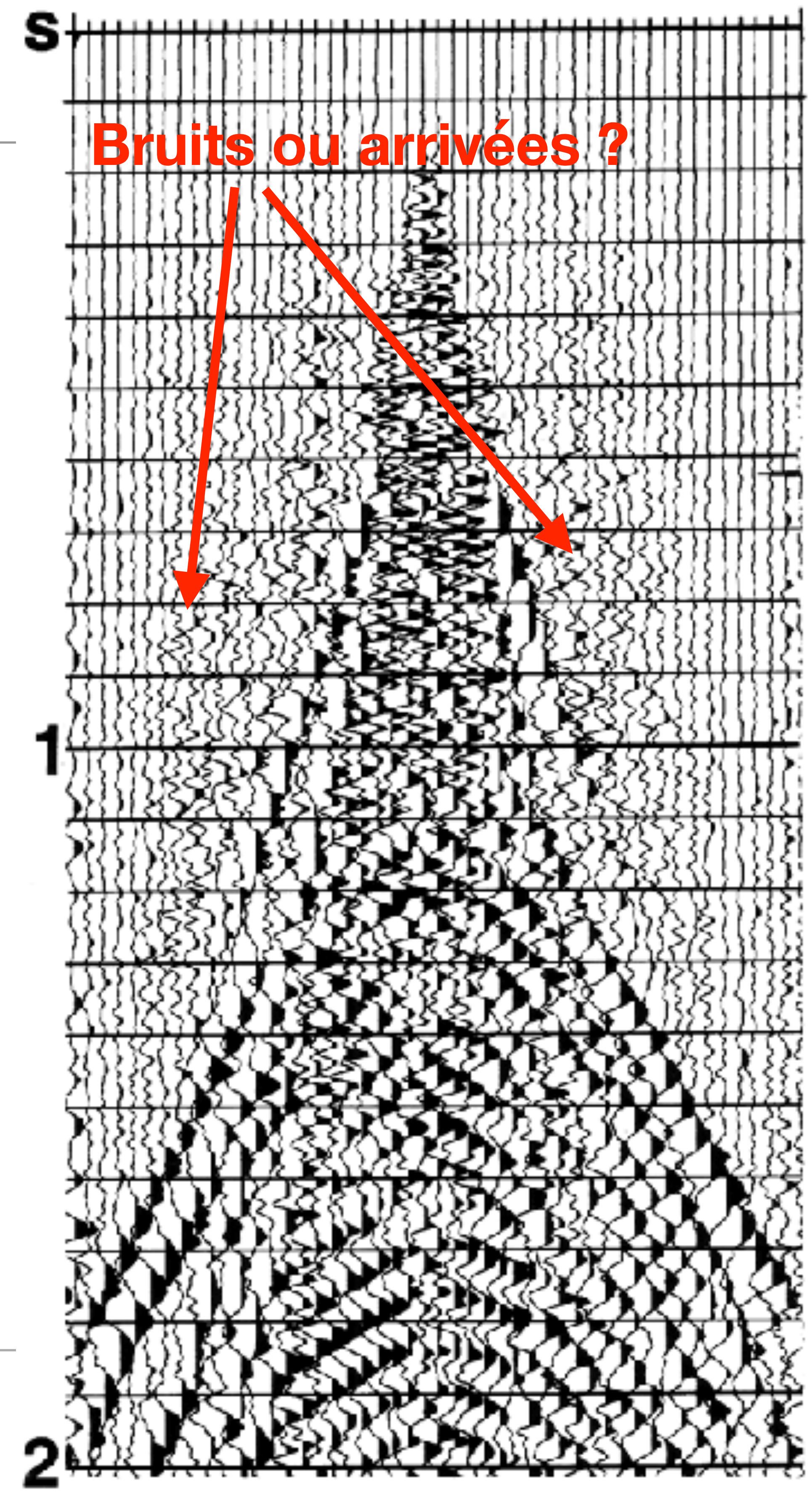
Des données trop bruitées rendent difficile, voire impossible, un pointage précis!



Sismique réfraction

Pour y parvenir, il faut des données de qualité comportant des premières arrivées franches.





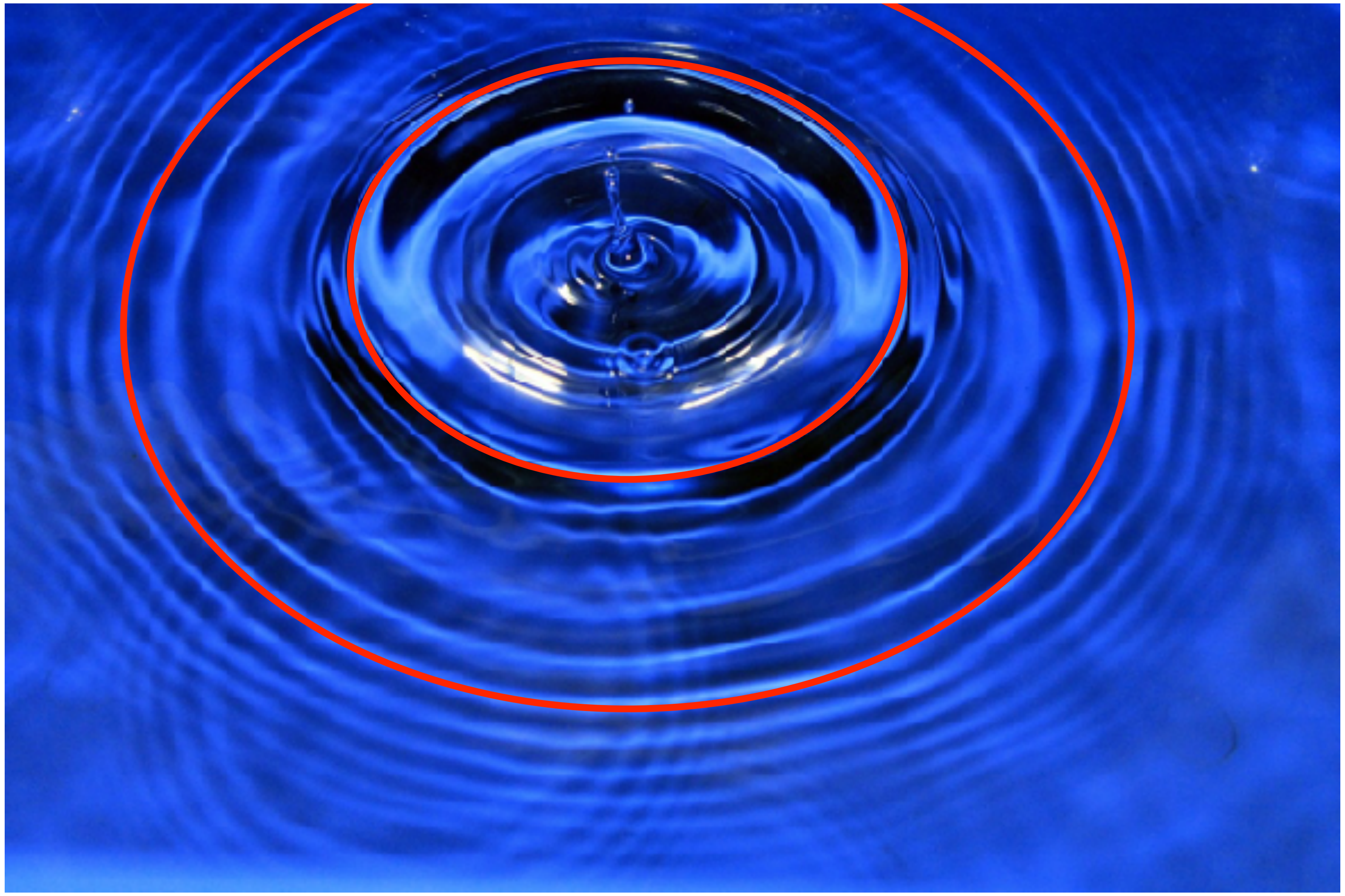
Front d’onde

L’identification des premières arrivées consiste à tracer dans l’espace le déplacement du front d’onde parvenant aux récepteurs. Il faut donc identifier la même phase sur toutes les traces!

Front d’onde: Positions spatiales d’une onde dont la phase est équivalente (par exemple le minimum ou le maximum d’une onde).

Front d’onde

L’identification des premières arrivées consiste à tracer dans l’espace le déplacement du front d’onde parvenant aux récepteurs. Il faut donc identifier la même phase sur toutes les traces!

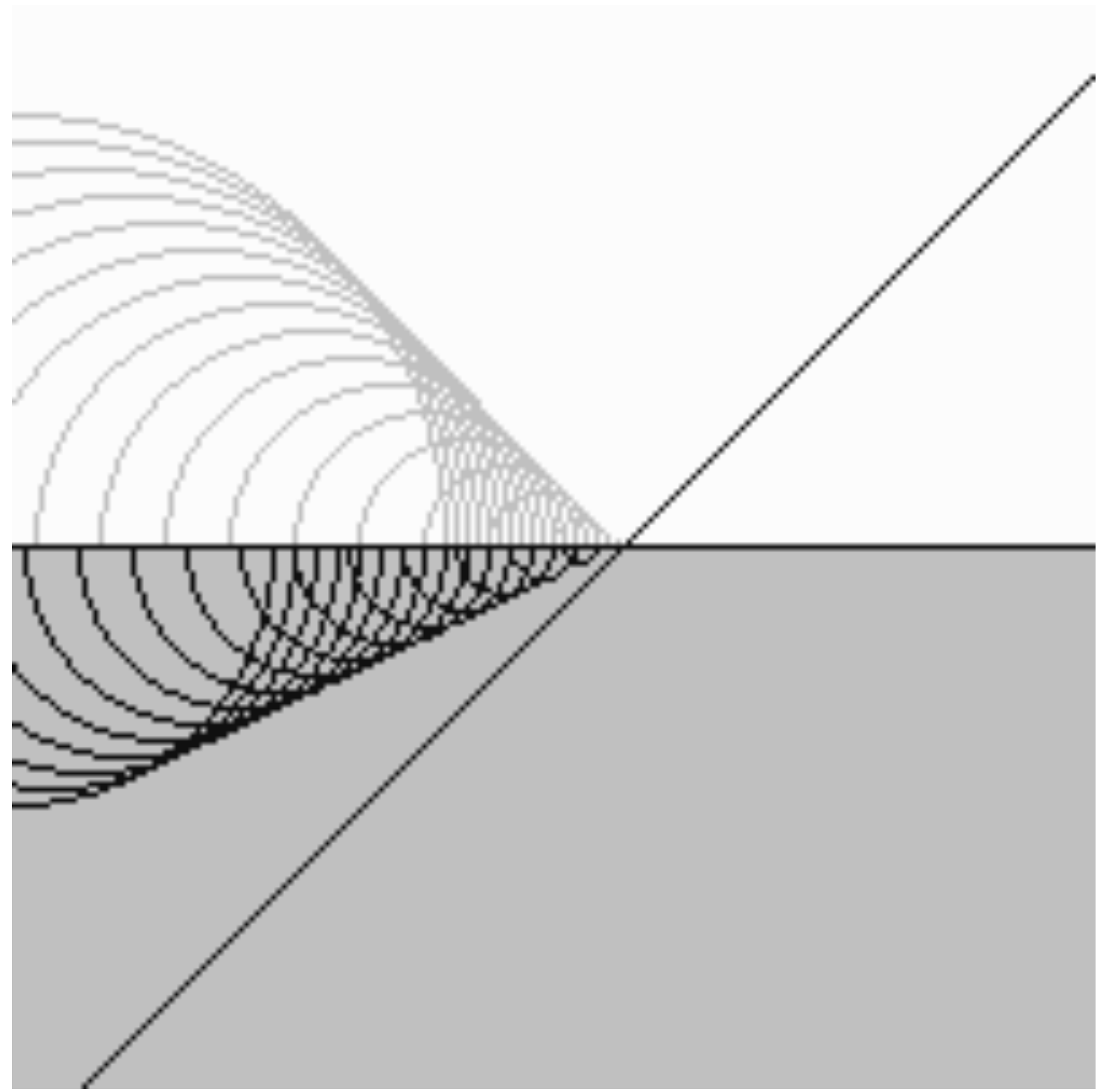


Front d’onde: Positions spatiales d’une onde dont la phase est équivalente (par exemple le minimum ou le maximum d’une onde).

Principe de Huygens

Pour estimer les vitesses sismiques du sol, il faut estimer quel a été le parcours du front d'onde qui est arrivé à la surface. Comment ?

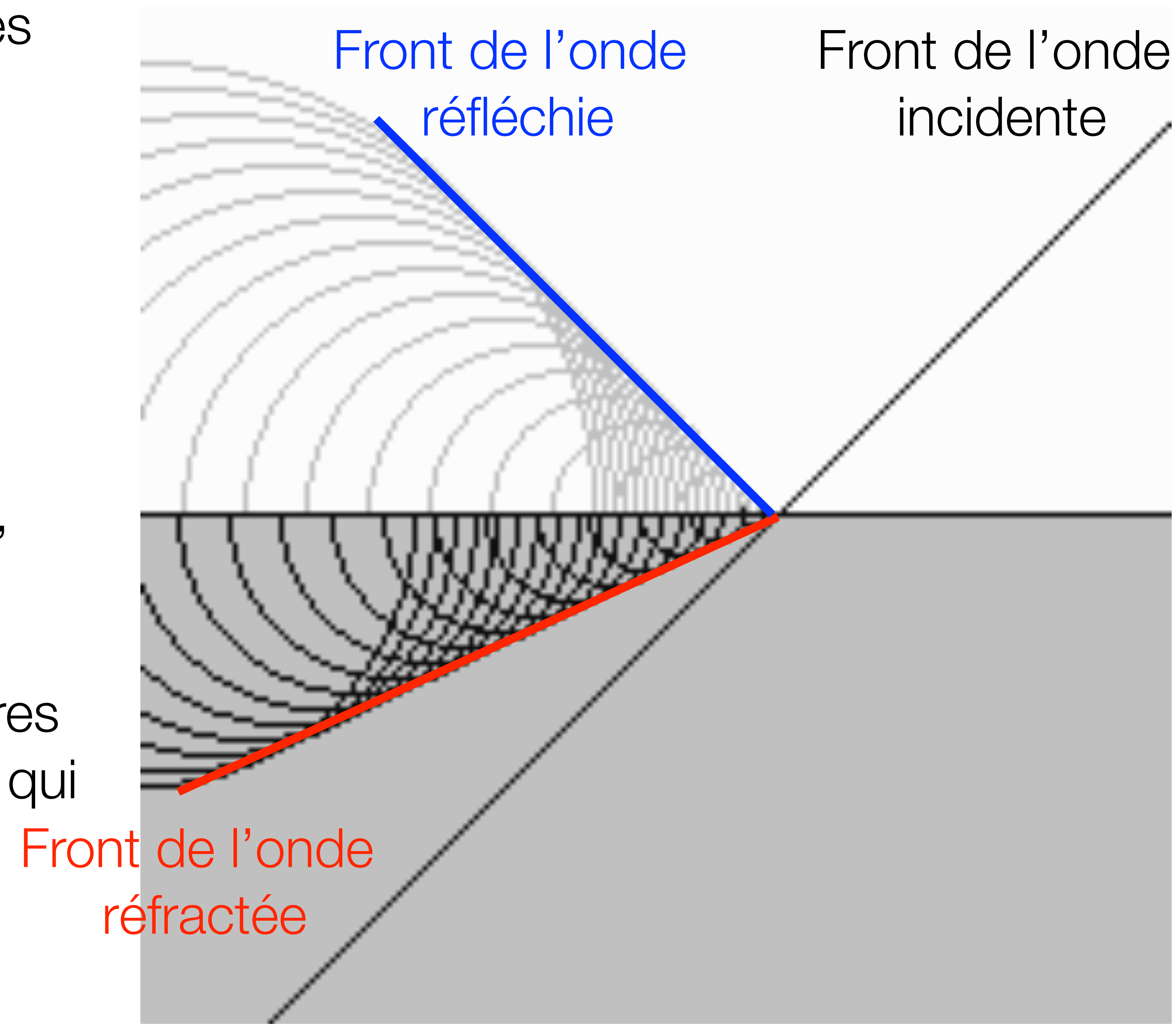
Principe de Huygens: Chaque point du front d'onde agit comme une source d'une onde sphérique, de même amplitude et de même phase. L'interface constructive et destructive des sources secondaires produit un front d'onde continu et qui se déplace dans le temps.



Principe de Huygens

Pour estimer les vitesses sismiques du sol, il faut estimer quel a été le parcours du front d’onde qui est arrivé à la surface. Comment ?

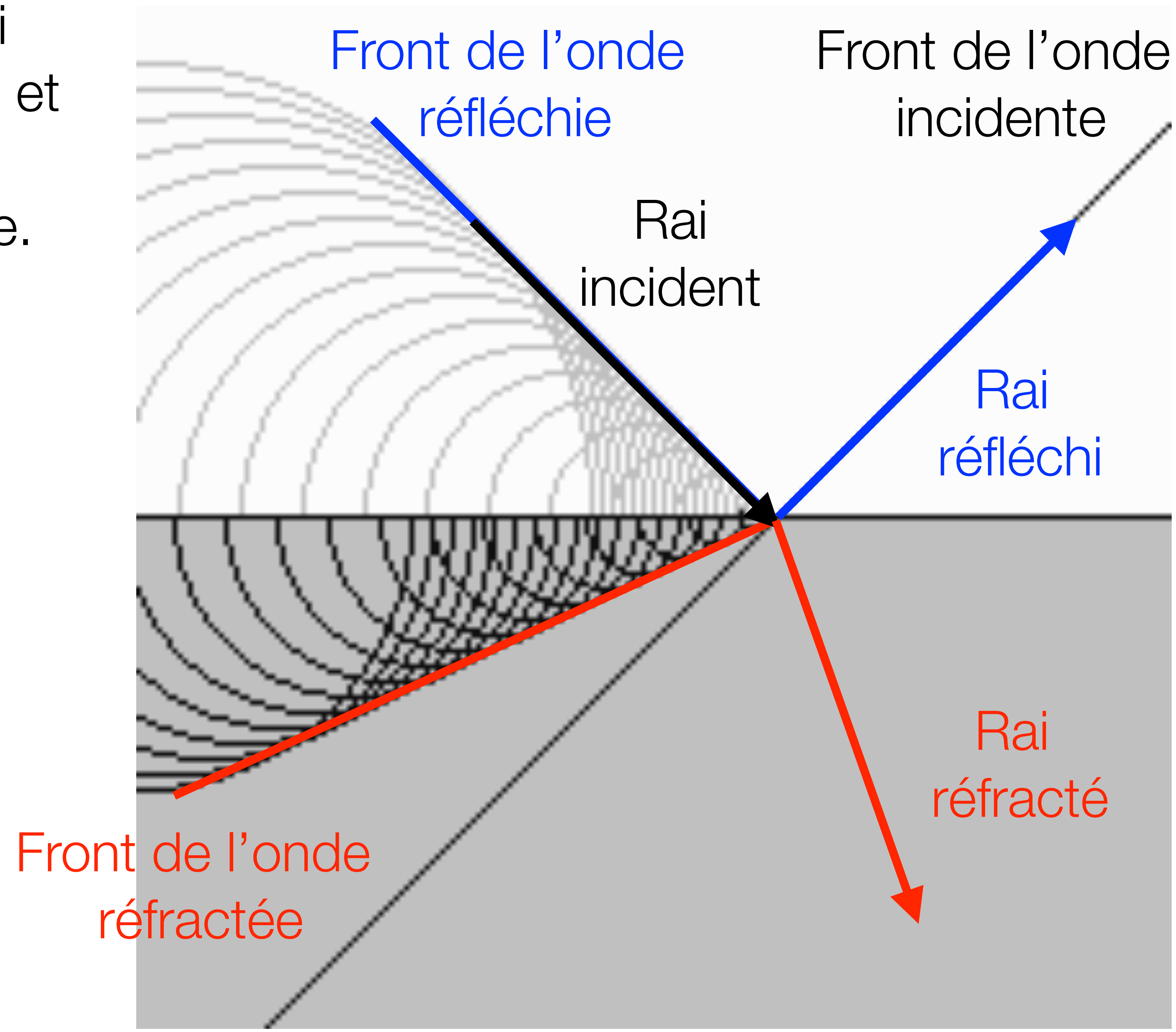
Principe de Huygens: Chaque point du front d’onde agit comme une source d’une onde sphérique, de même amplitude et de même phase. L’interface constructive et destructive des sources secondaires produit un front d’onde continu et qui se déplace dans le temps.



Rai sismique

Il est plus commode d'utiliser le rai sismique pour retracer le parcours et la direction du front d'onde. Le rai est perpendiculaire au front d'onde.

Rai sismique: Vecteur perpendiculaire au front d'onde et pointant dans sa direction de propagation.



Lois de Snell-Descartes

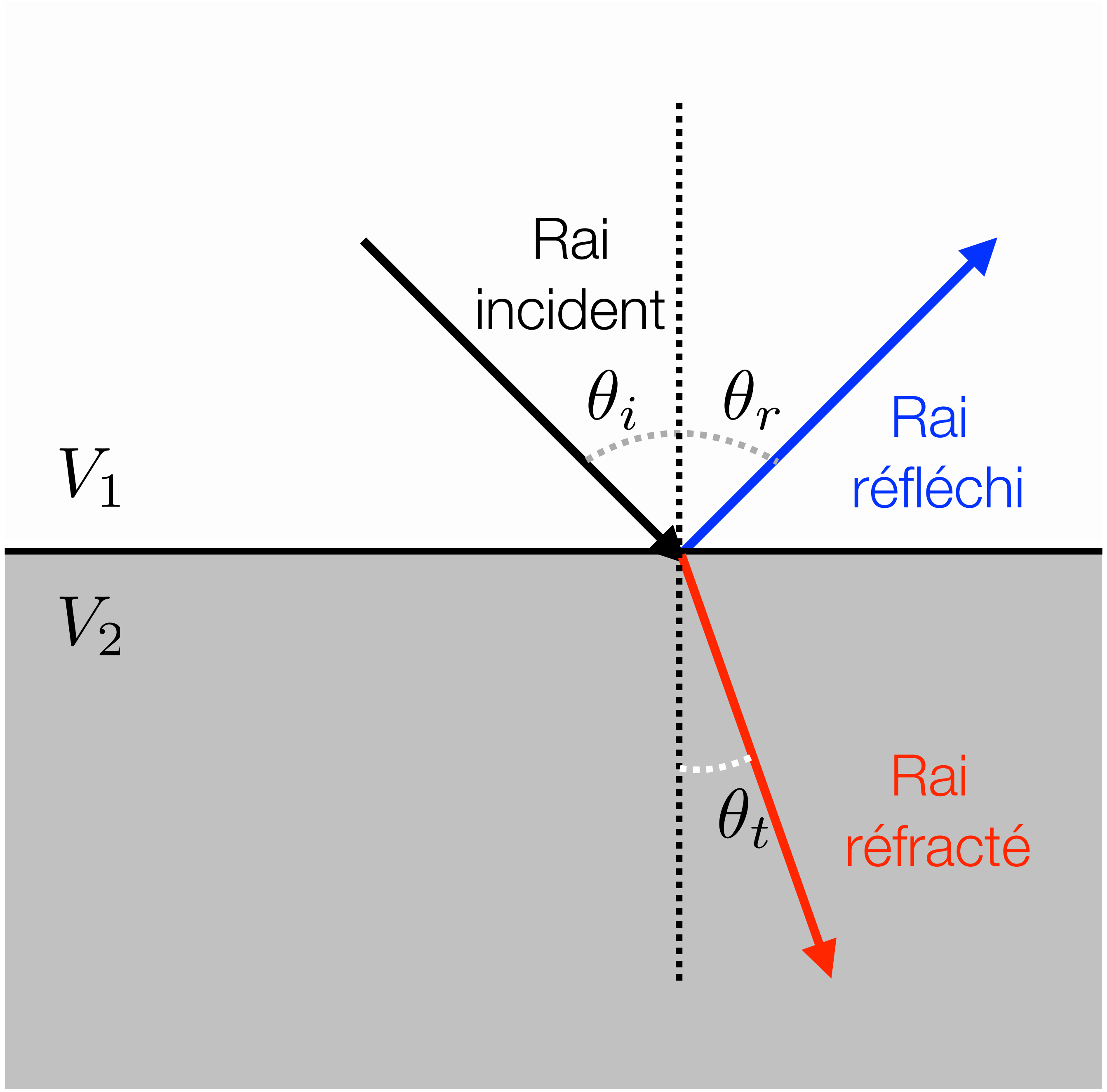
Il est possible de prédire le parcours des rais sismiques grâce à la loi de Snell-Descartes:

1. Loi de la réflexion:

$$\theta_t = \theta_r$$

2. Loi de la réfraction:

$$\frac{\sin \theta_i}{V_1} = \frac{\sin \theta_t}{V_2}$$



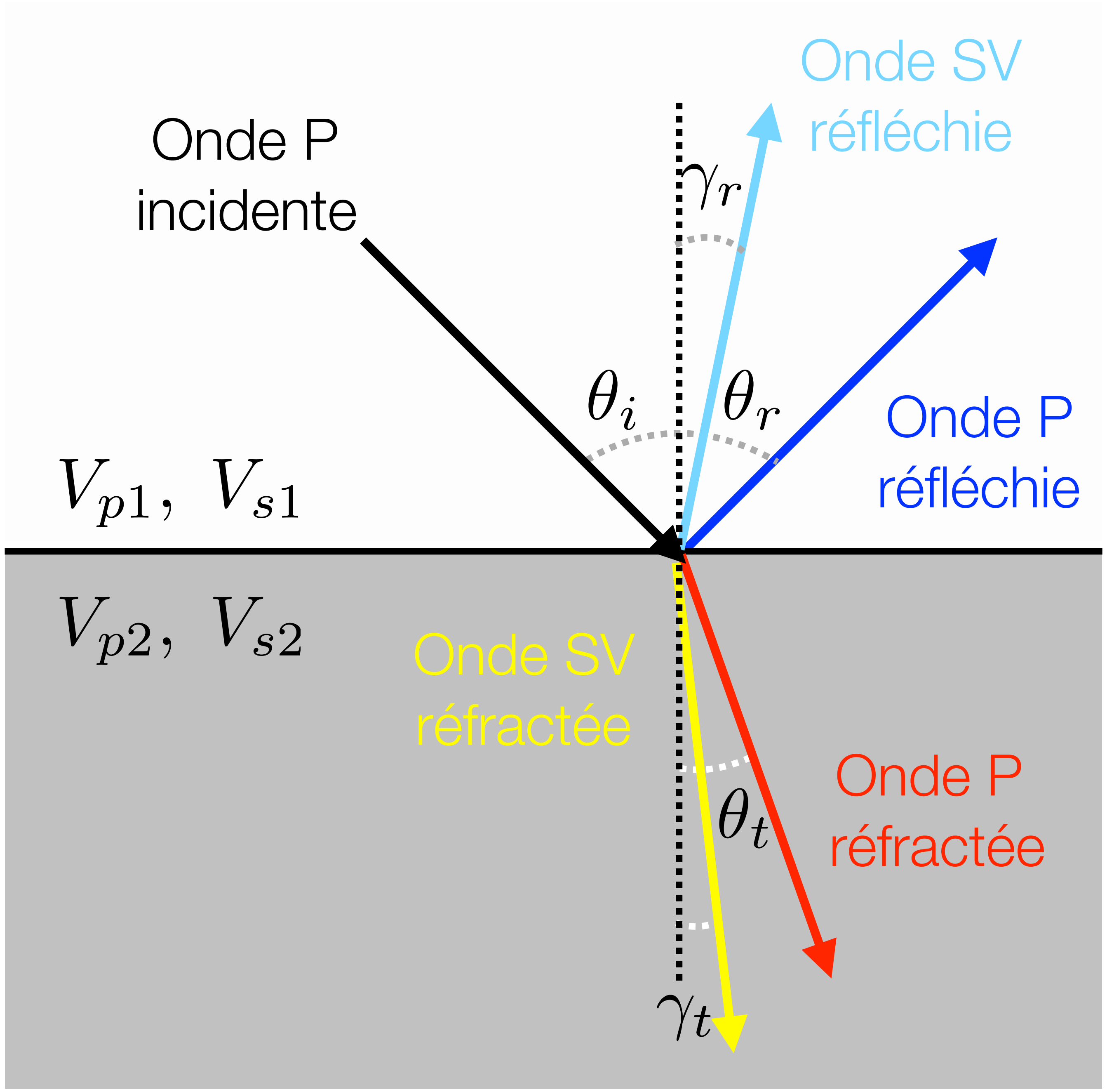
Réfractions en sismique

Attention! En sismique, nous avons plusieurs types d'ondes (P et S). Une interface produira une conversion de mode, et chaque type d'onde répond à l'équation de réfraction généralisée:

$$p = \frac{\sin\theta_i}{V_{p1}} = \frac{\sin\theta_t}{V_{p2}}$$

$$= \frac{\sin\gamma_r}{V_{s1}} = \frac{\sin\gamma_t}{V_{s2}}$$

où p est le paramètre de rai.

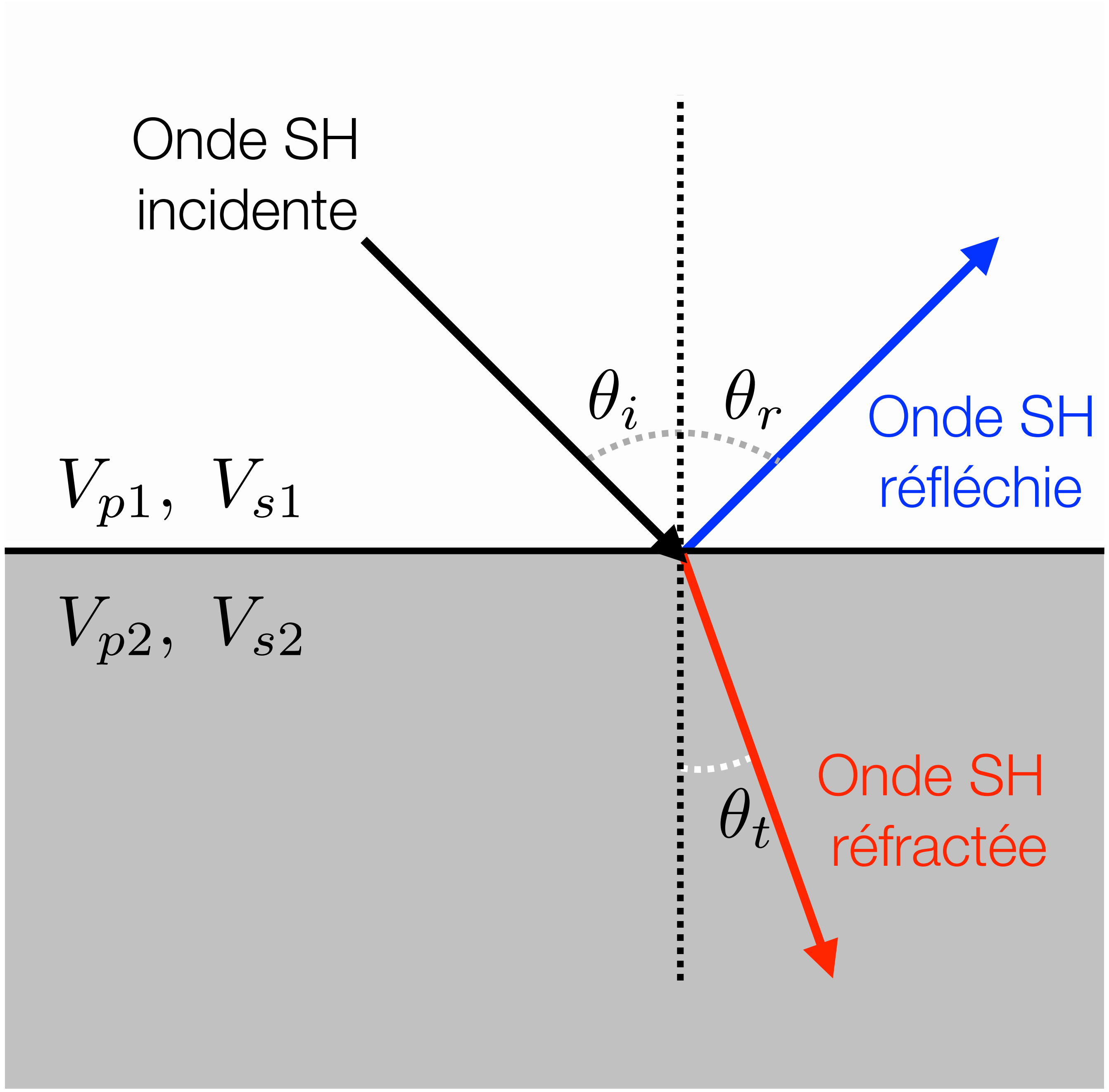


Réfractions SH

Les ondes SH (polarisée horizontalement, parallèle au plan de réfraction) ne produisent pas de conversion d'onde!

La loi de la réfraction reste cependant la même!

$$p = \frac{\sin \theta_i}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_t}{V_{p2}}$$



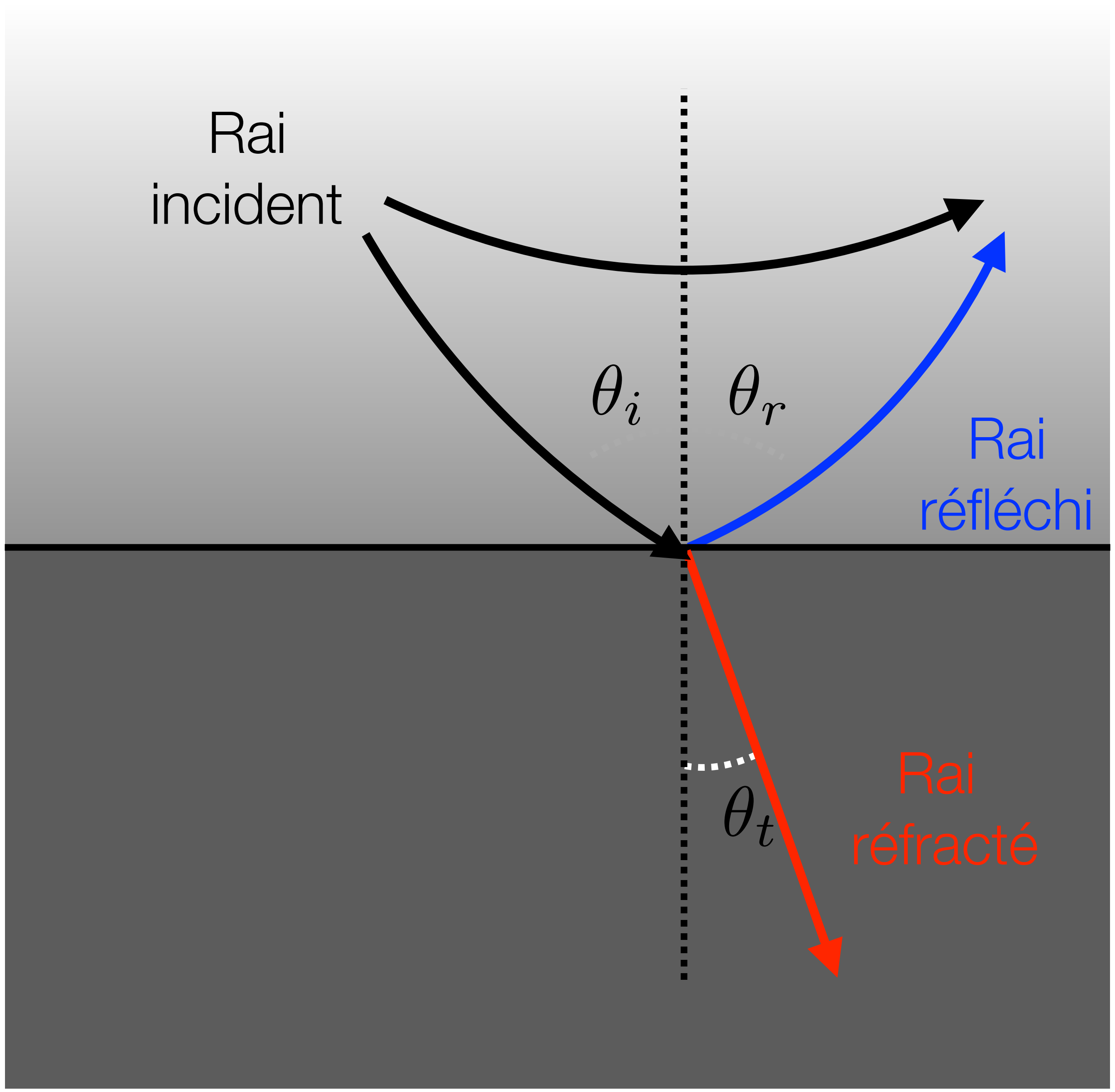
Gradient de vitesse

Qu'arrive-t-il si la vitesse augmente graduellement ?

Aucune réflexion n'est produite, mais le paramètre de rai reste toujours constant!

$$p = \frac{\sin \theta_i}{V_{p1}} = \frac{\sin \theta_t}{V_{p2}}$$

Les rais deviennent alors courbes et peuvent remonter à la surface!



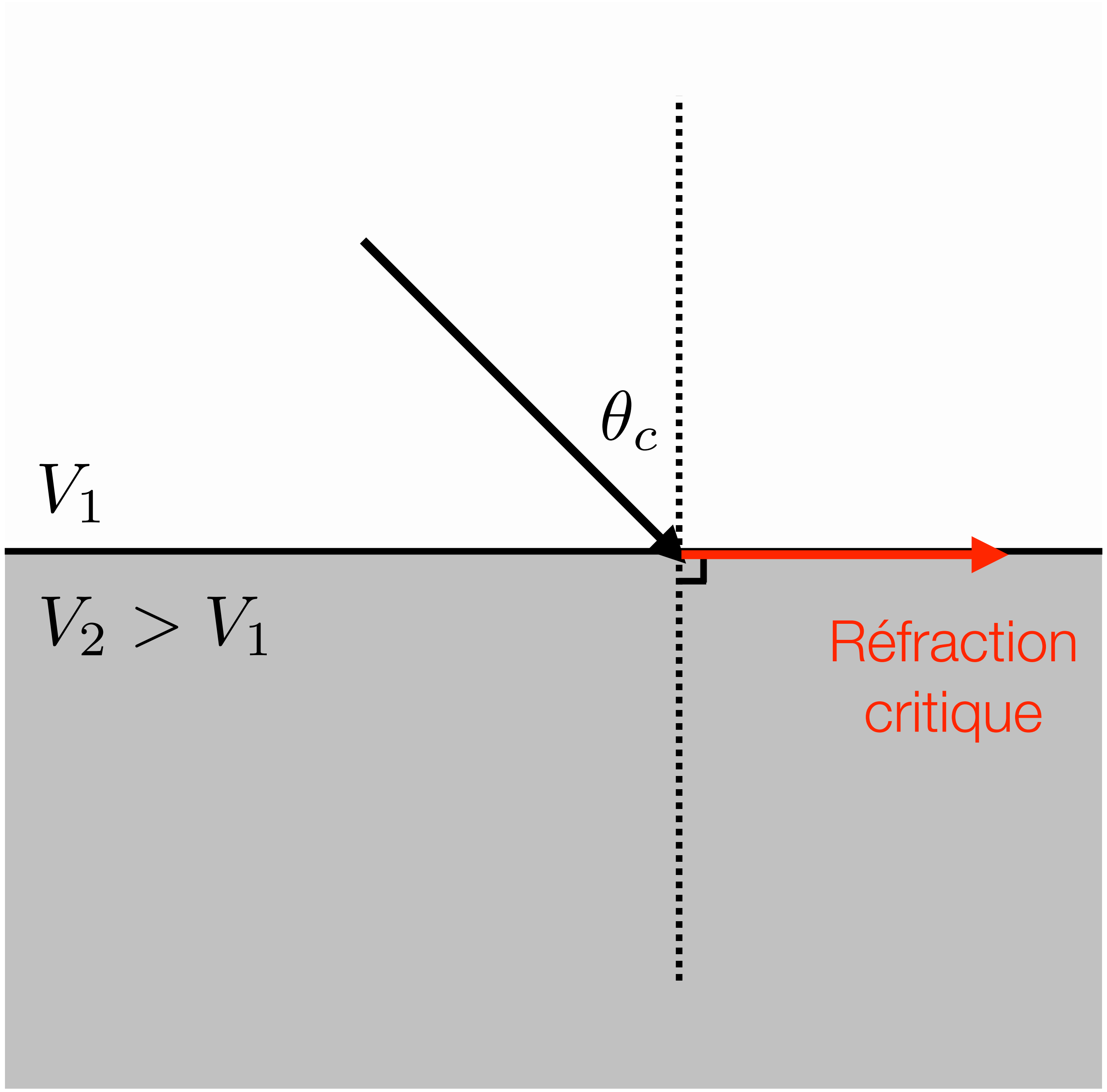
Réfraction critique

Comment varie l'angle en fonction du contraste de vitesse entre les milieux 1 et 2 ?

$$\theta_t = \sin^{-1}\left(\frac{V_2}{V_1} sin\theta_i\right)$$

Prenons $V_2/V_1 = 5$, alors:

- $\theta_i = 1^o \rightarrow \theta_t = 5^o$
- $\theta_i = 4^o \rightarrow \theta_t = 20^o$
- $\theta_i = 8^o \rightarrow \theta_t = 44^o$
- $\theta_i = 11.54^o \rightarrow \theta_t = 90^o$

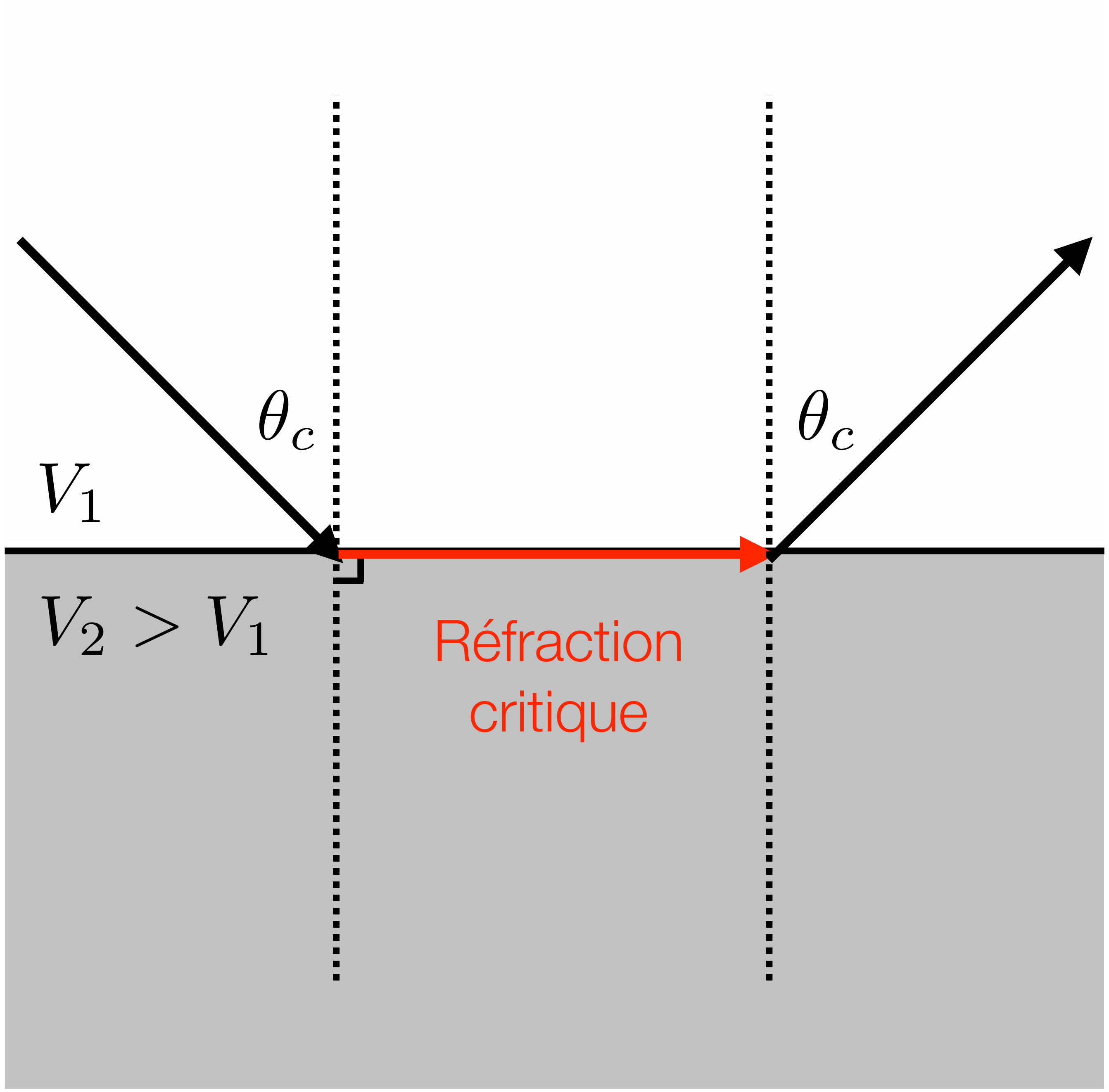


Réfraction critique

L'angle critique est donné par:

$$\theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

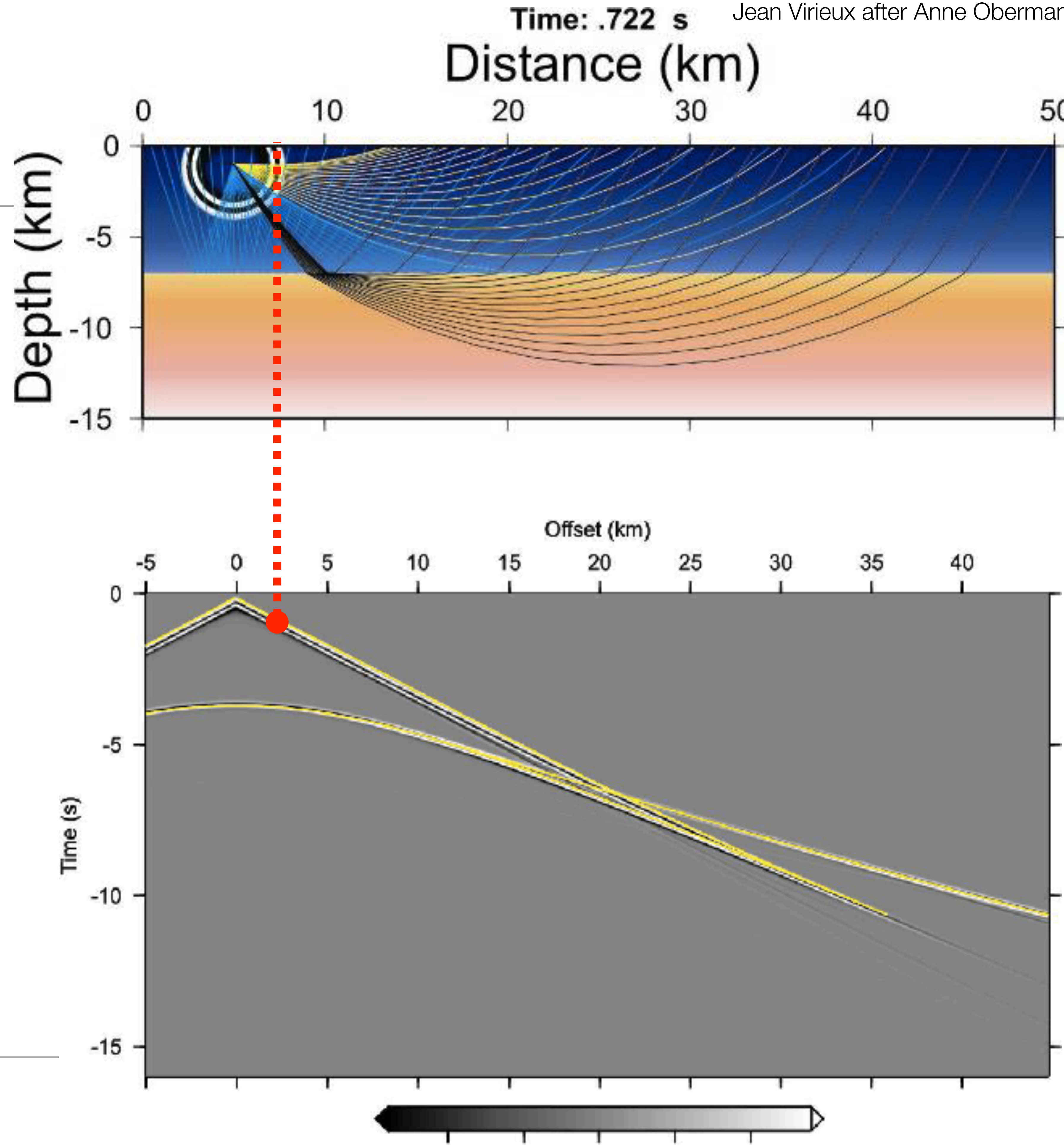
- La réfraction critique ne survient que si V_2>V1
- L'angle se propage à la vitesse V_2 le long de l'interface
- Selon le principe de Huygens, une onde est réémise vers le haut, à un angle égal à l'angle critique.



Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

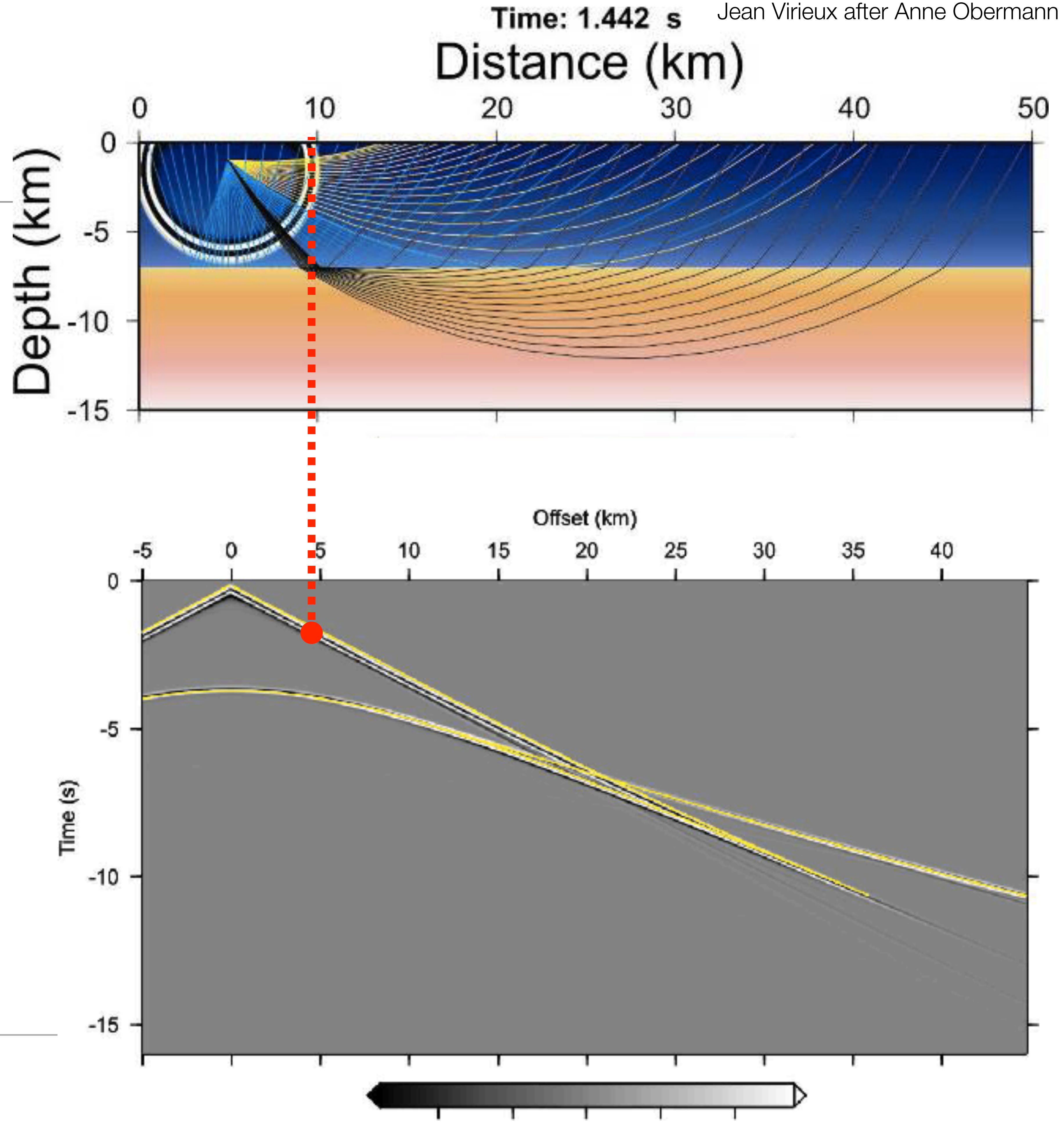
La réfraction

- Modèle à deux couches
- Un gradient de vitesse est présent dans chaque couche, ce qui courbe les rais
- Propagation purement acoustique, pas de conversion de mode, ni d'ondes de surface



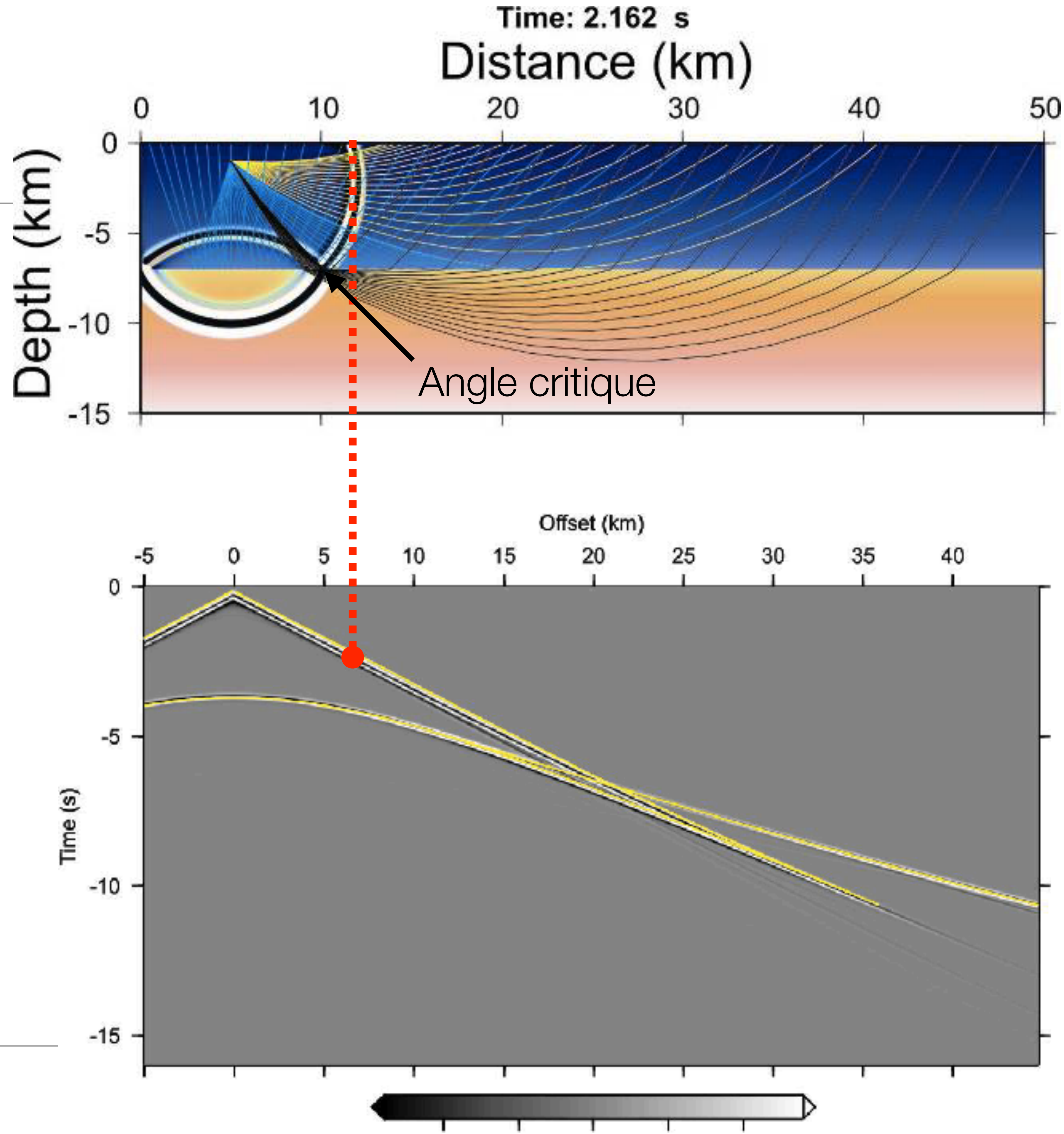
Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

La réfraction



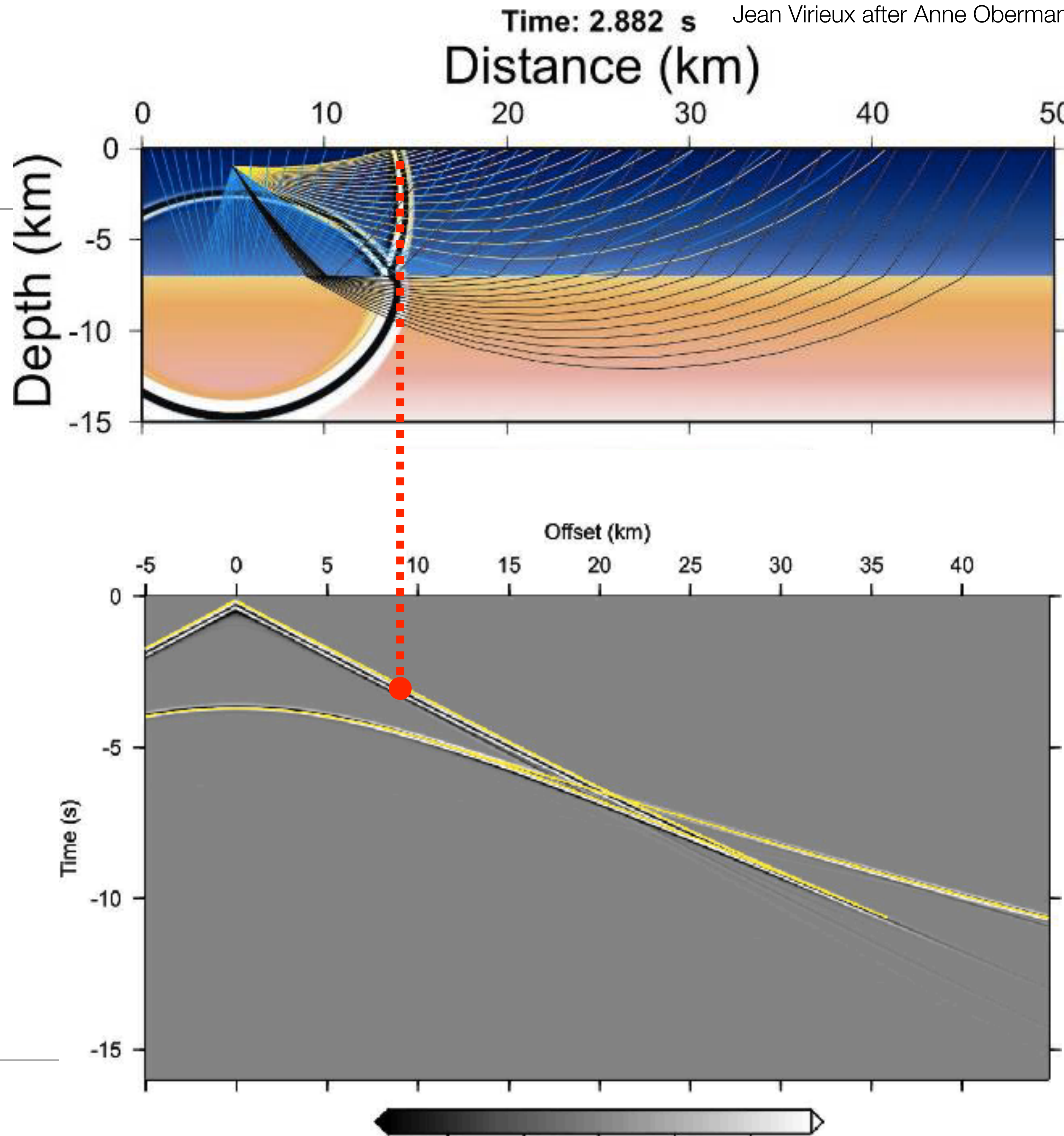
La réfraction

- L’angle critique est atteint
- La réfraction est maintenant parallèle à l'interface
- Une réflexion totale interne est maintenant atteinte, c’est-à-dire que le coefficient de réflexion est de 1.



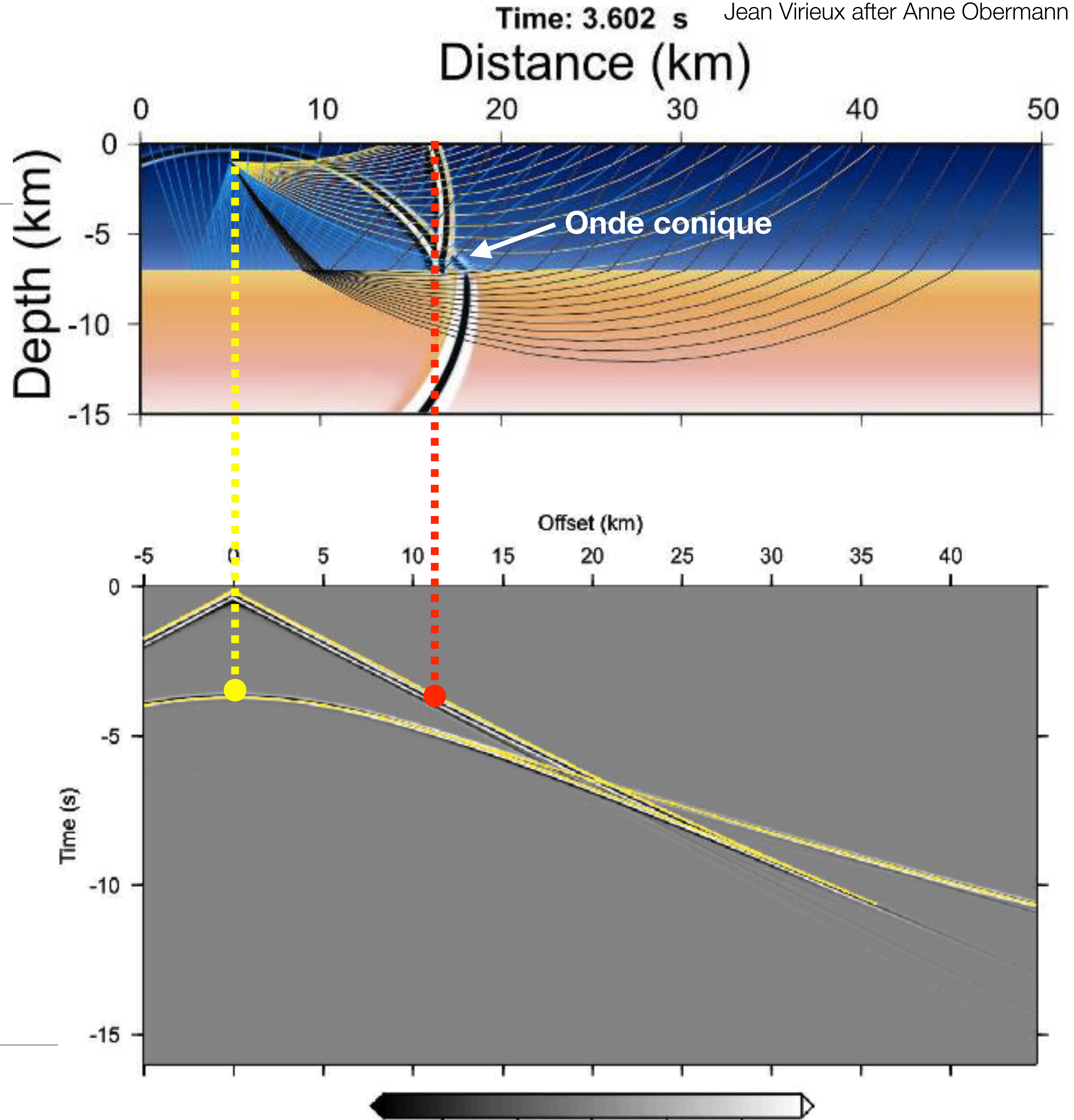
Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

La réfraction



La réfraction

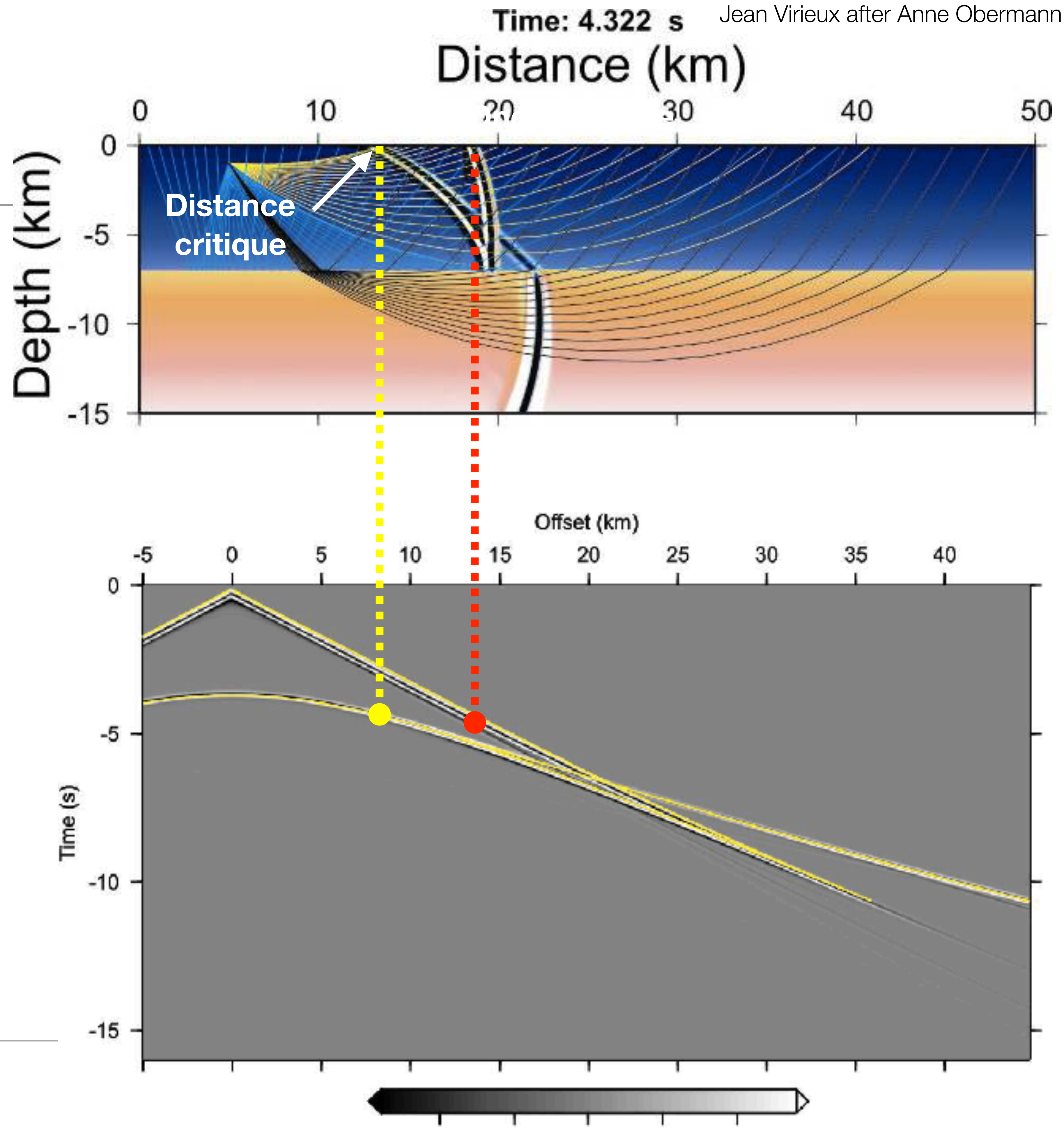
- La réflexion atteint maintenant la surface
- On discerne maintenant une onde « conique » causée par la réfraction critique montante



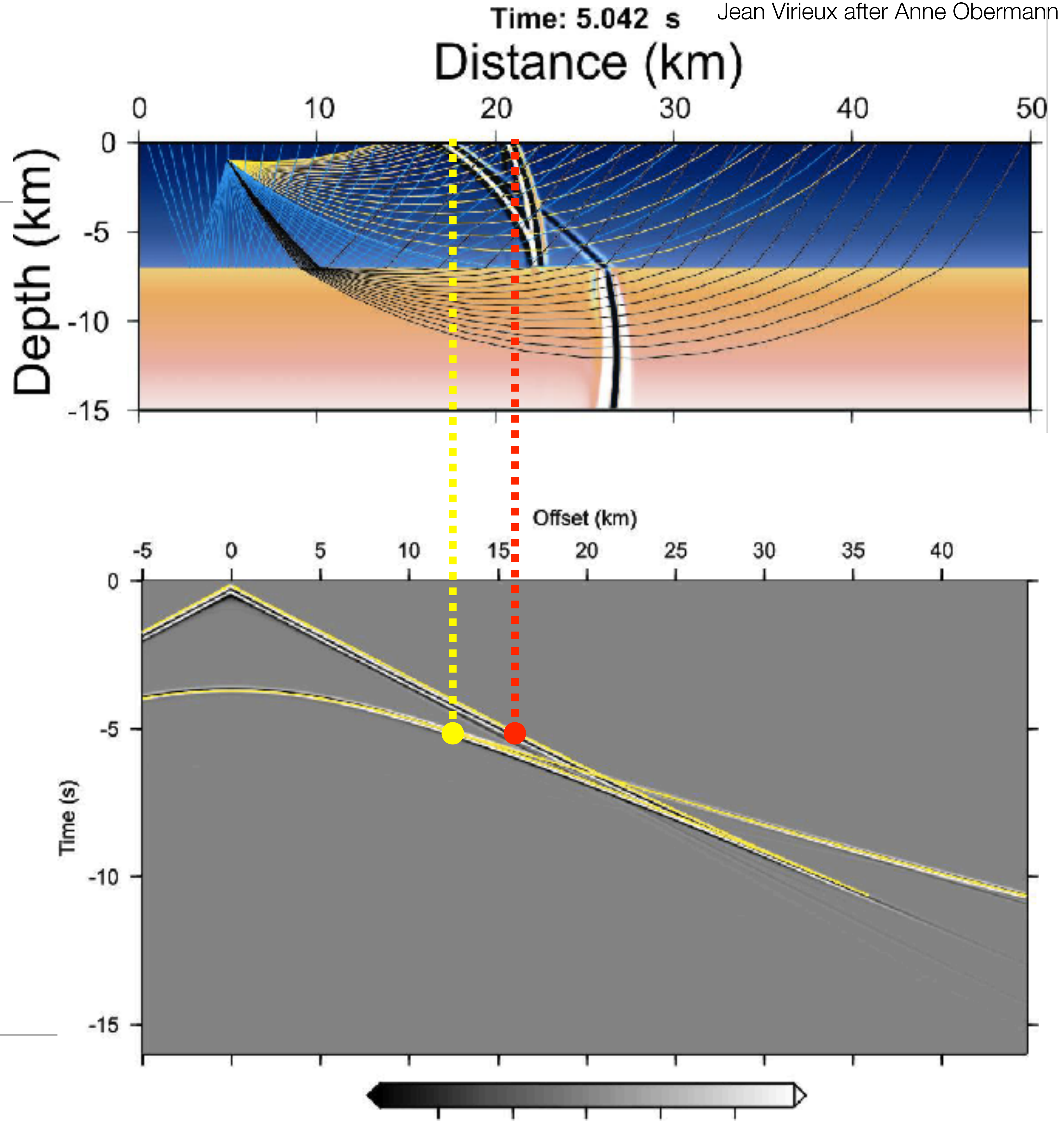
Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

La réfraction

- Les ondes réfractées par le gradient de vitesse (les rais courbes jaunes) arrivent maintenant avant l'onde directe
- À ce moment, la distance critique du gradient est atteinte

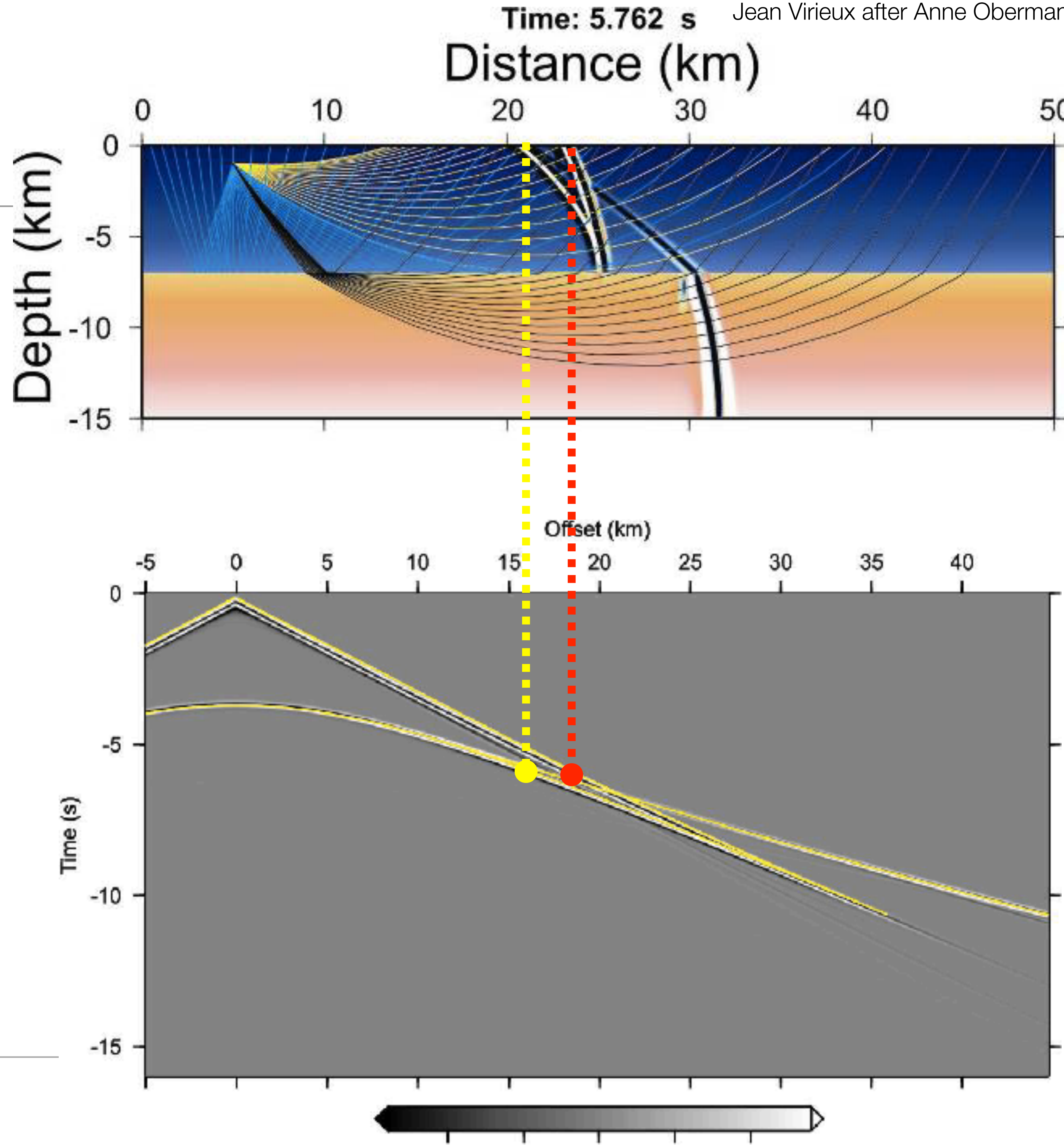


La réfraction



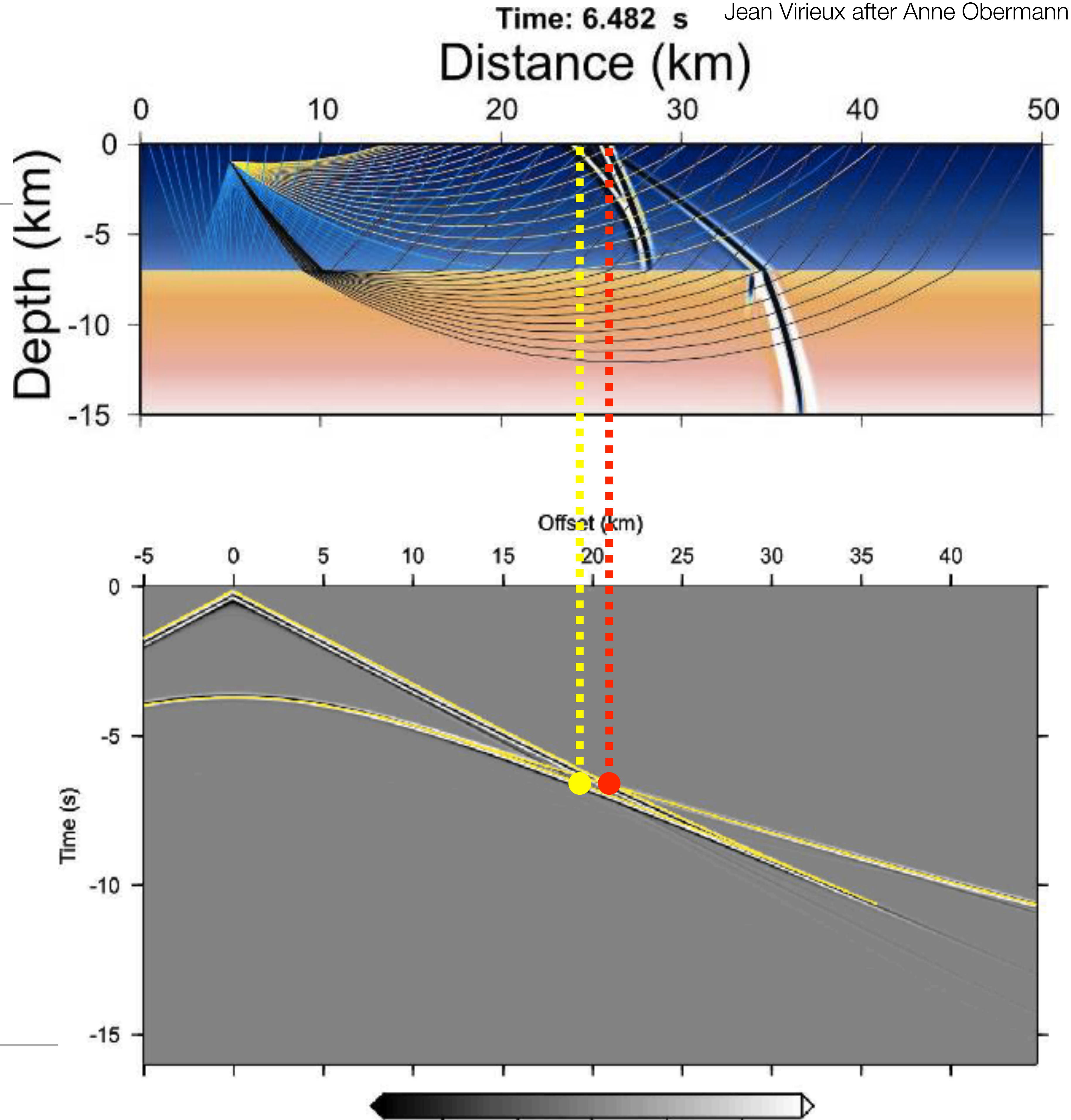
Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

La réfraction

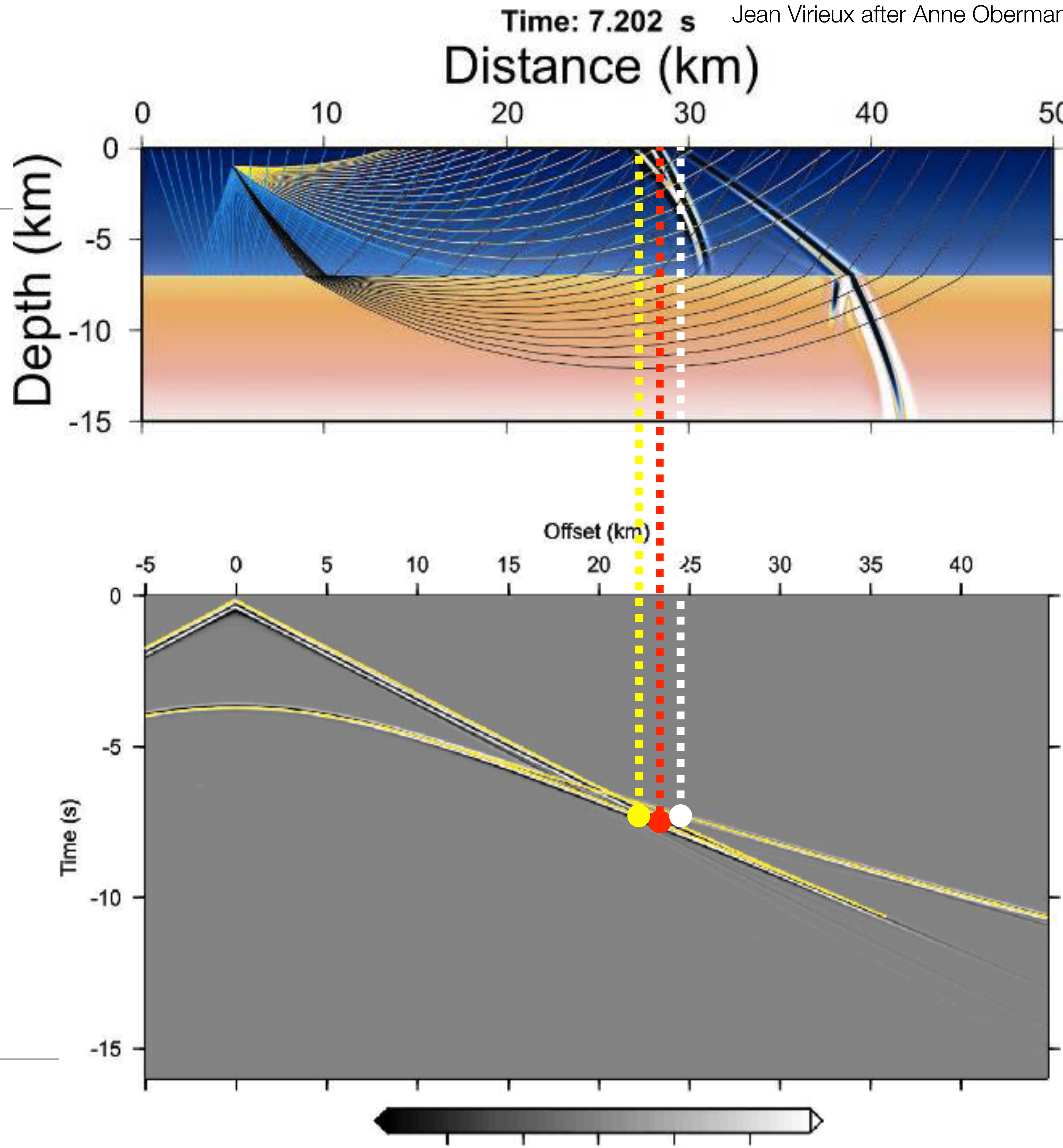


La réfraction

- La réfraction critique rejoint maintenant l'onde réfractée par le gradient de vitesse
- Un brusque changement de pente est observé, car l'onde conique se propage à la vitesse du milieu 2
- La distance de croisement de la réfraction au milieu 2 est alors atteinte.

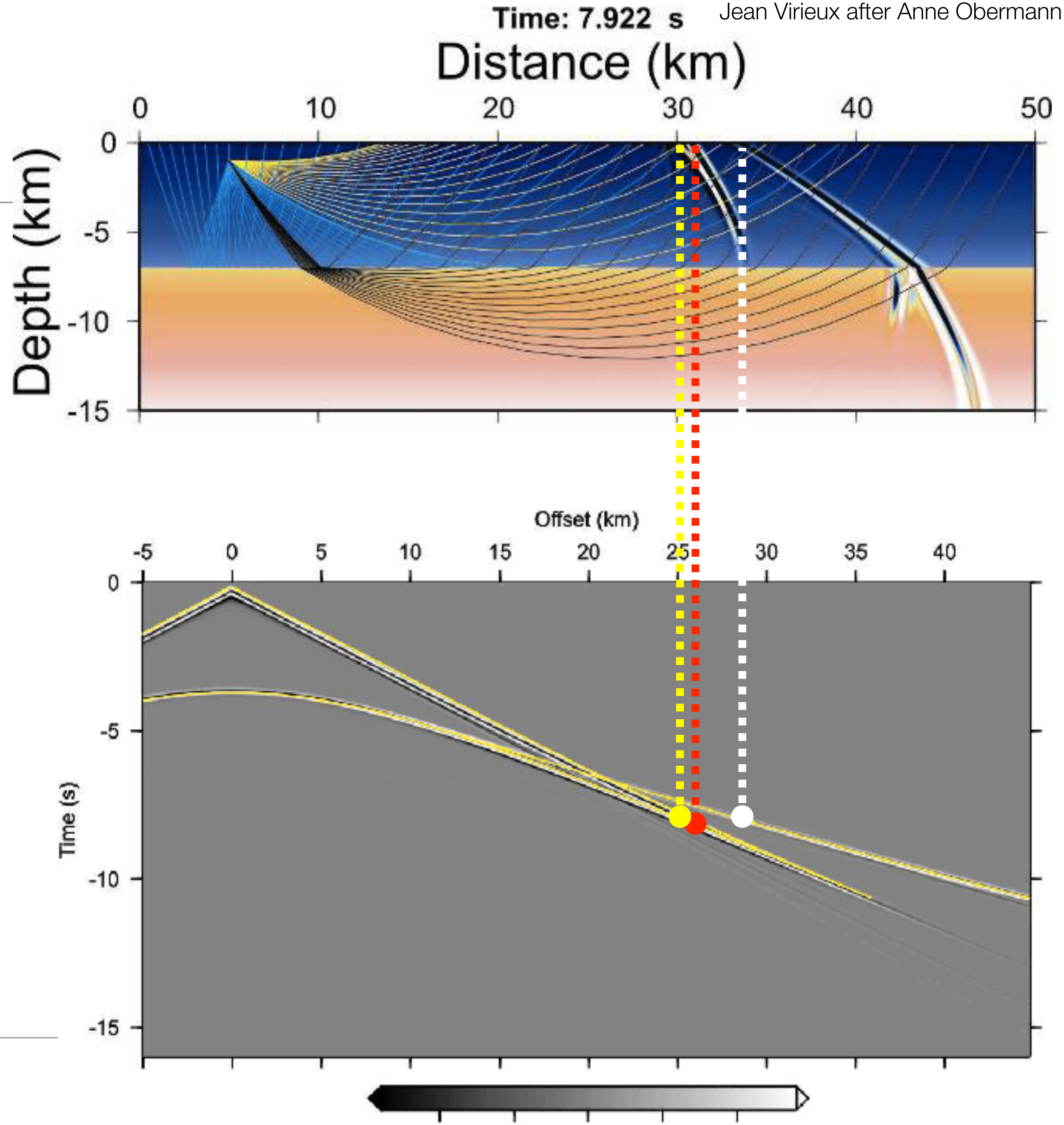


La réfraction



Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

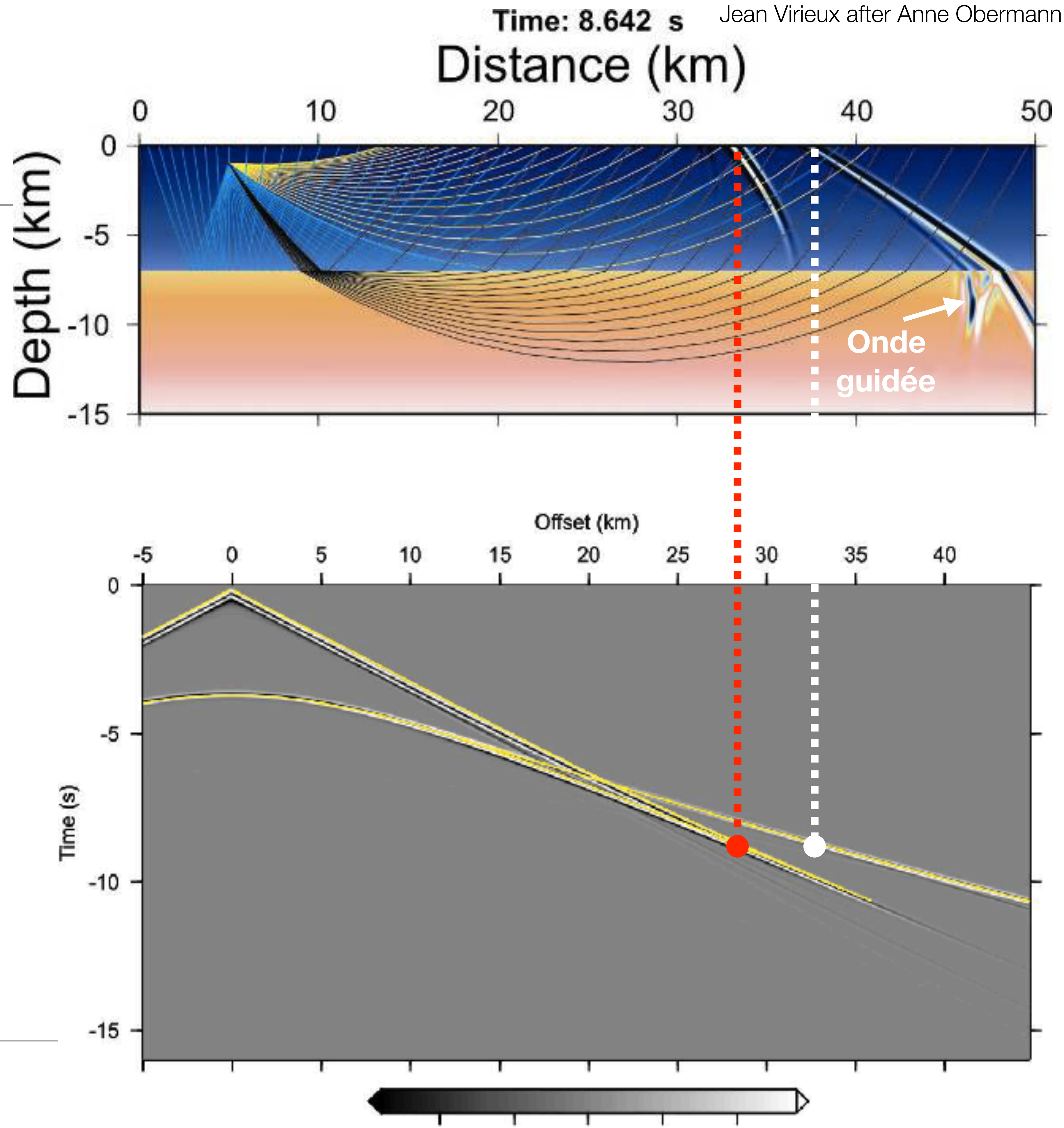
La réfraction



La réfraction

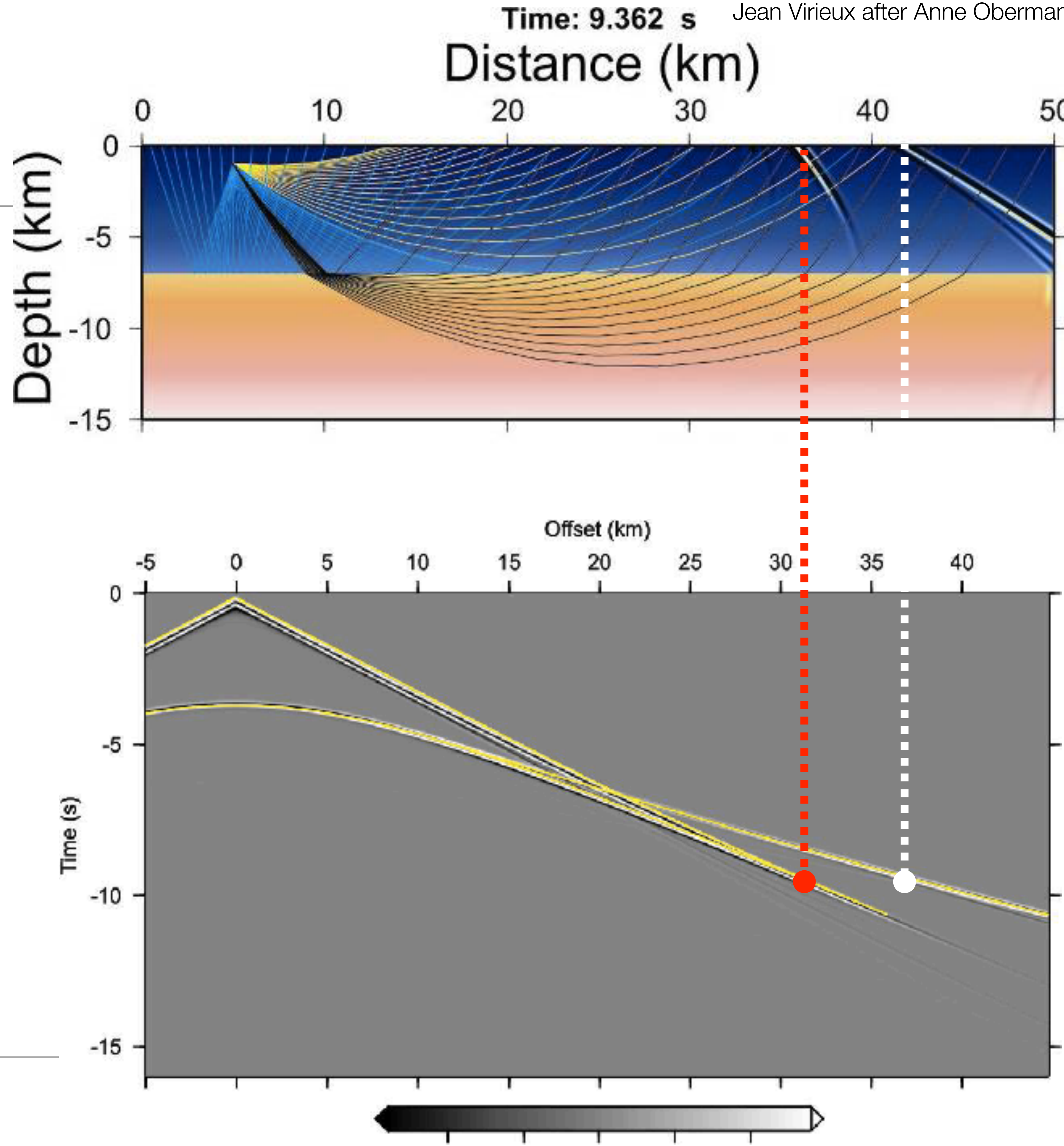
- À long déport, les ondes réfléchies et les ondes courbées par le gradient de vitesse ont le même temps de propagation

- Une seule arrivée est alors observée sur le sismogramme



Tiré des notes de cours de
Jean Virieux after Anne Obermann

La réfraction

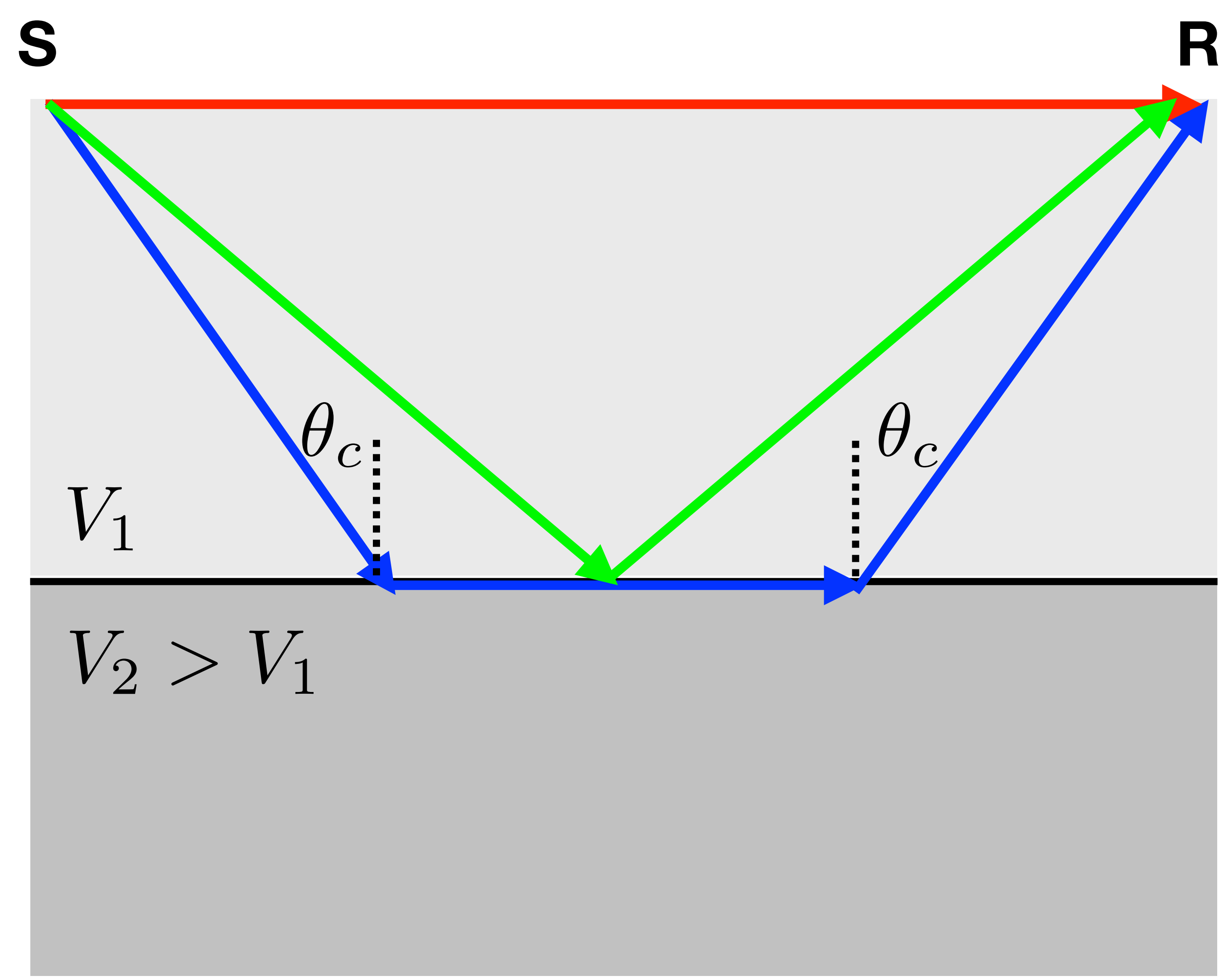


Milieu tabulaire à 2 couches horizontales

Parcours des rais sismiques

L'énergie peut voyager de la source au receveur selon plusieurs parcours:

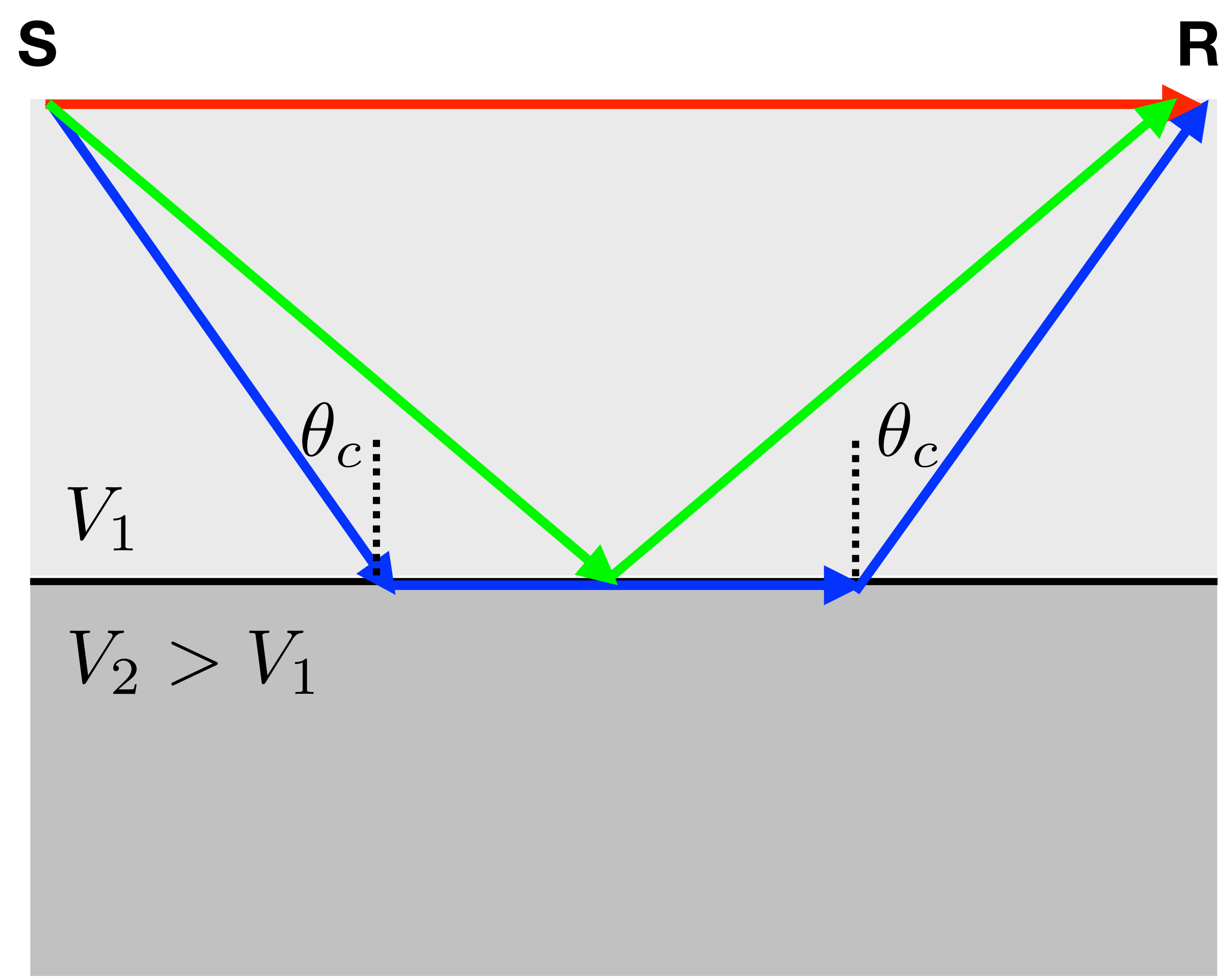
- Onde directe
- Onde réfléchie
- Onde réfractée



Réciprocité

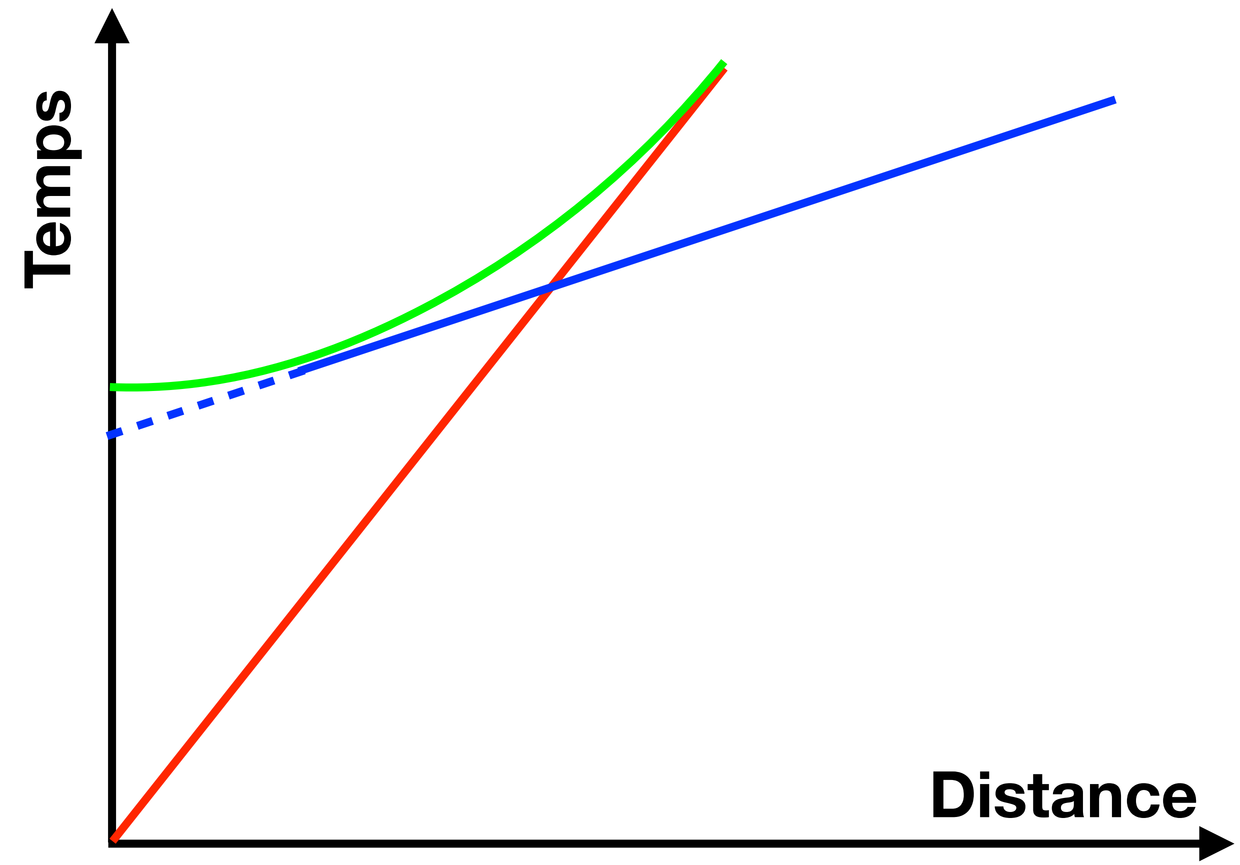
Réciprocité en sismique: Les temps d'arrivée entre deux points fixes sont équivalents, peu importe si les positions du tir et du receveur sont interverties.

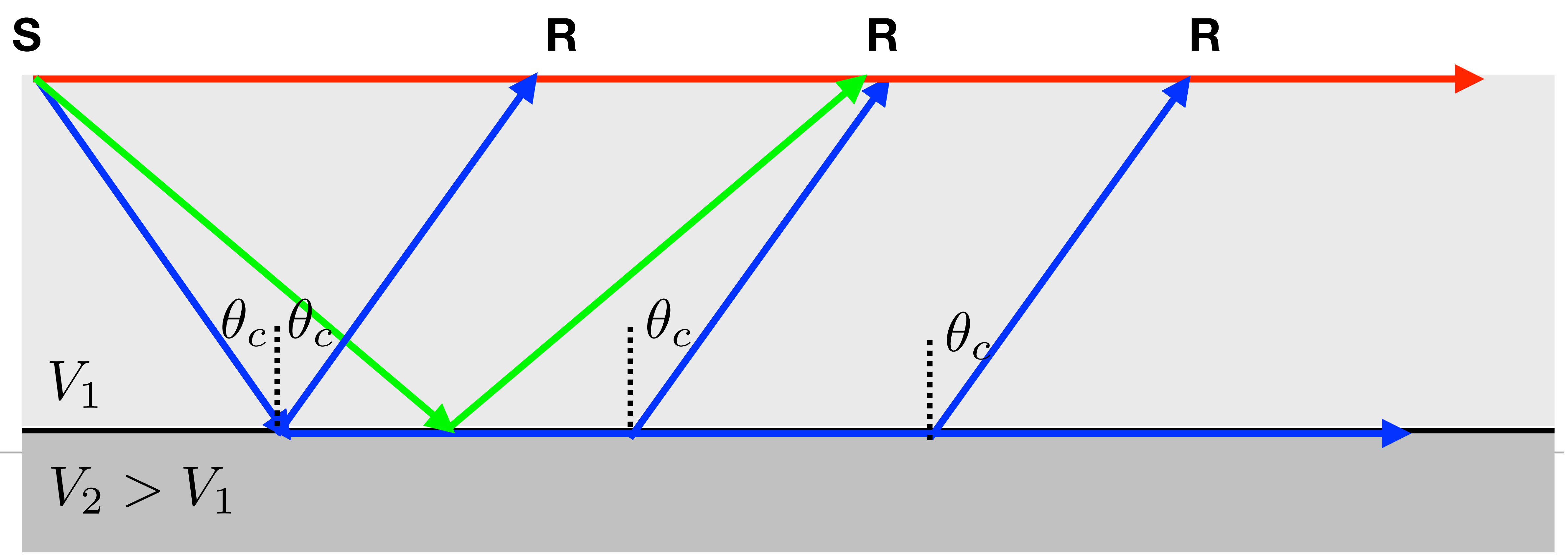
- Ceci permet de vérifier la précision du pointage des arrivées ($t_{SR} = t_{RS}$)
- Permet de vérifier des erreurs sur le positionnement du temps 0 lors de l'acquisition
- Les méthodes d'interprétation se basent sur le principe de réciprocité



Dromochronique

La dromochronique est le graphique des temps d'arrivées en fonction de la distance. Elle permet d'interpréter les levés de sismique réfraction.

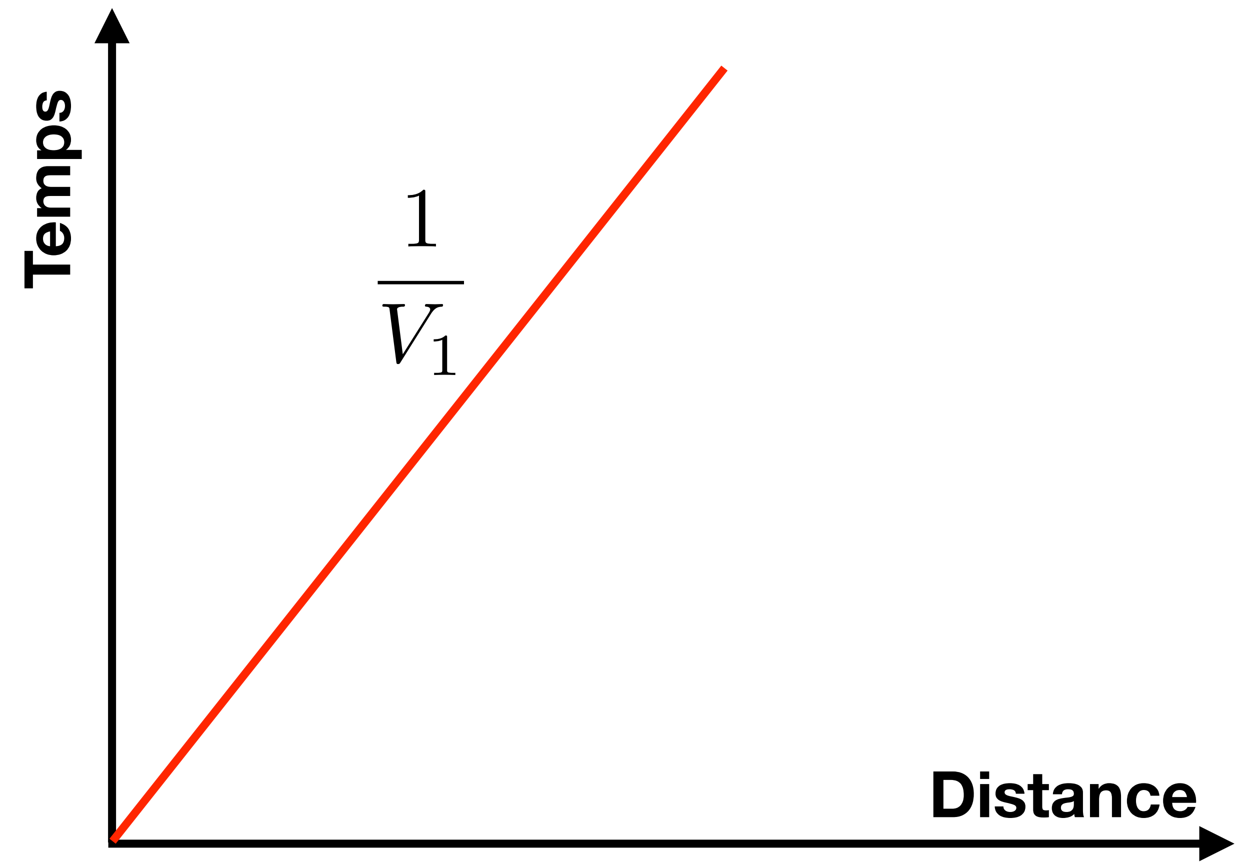


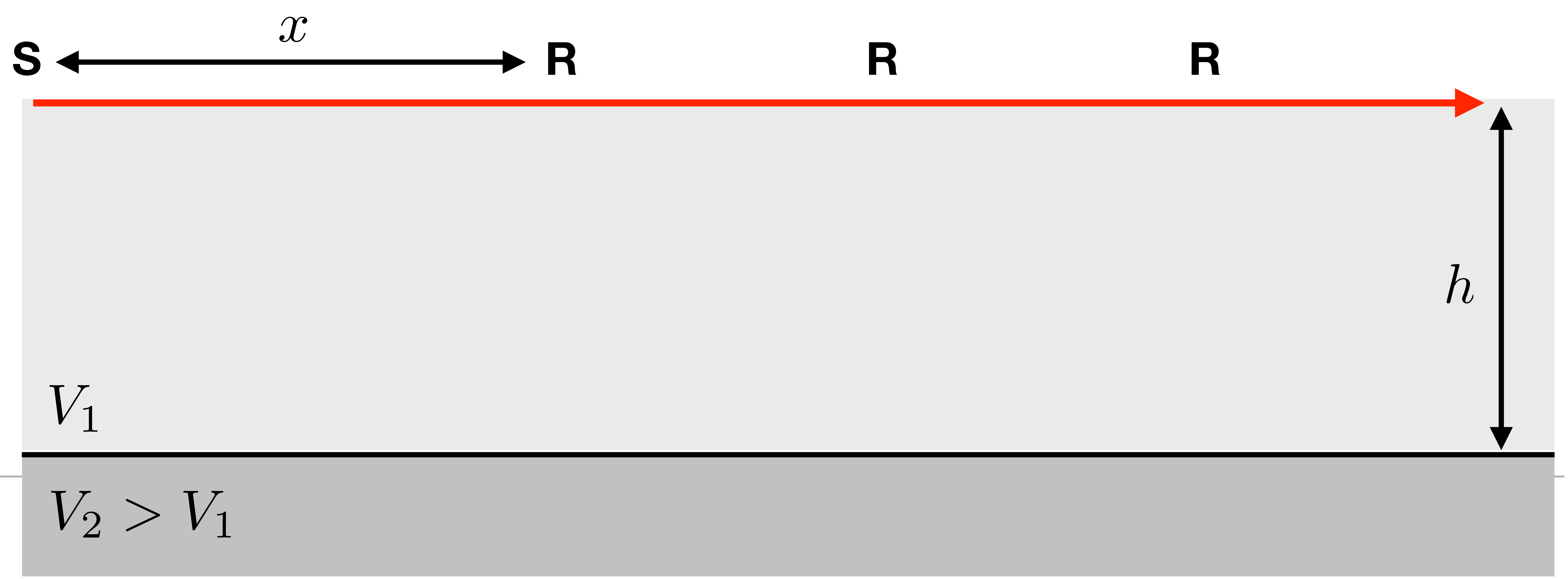


Onde directe

L'onde directe voyage sur un parcours direct entre la source et les receveurs. Son temps d'arrivée est:

$$t = \frac{1}{V_1} x$$

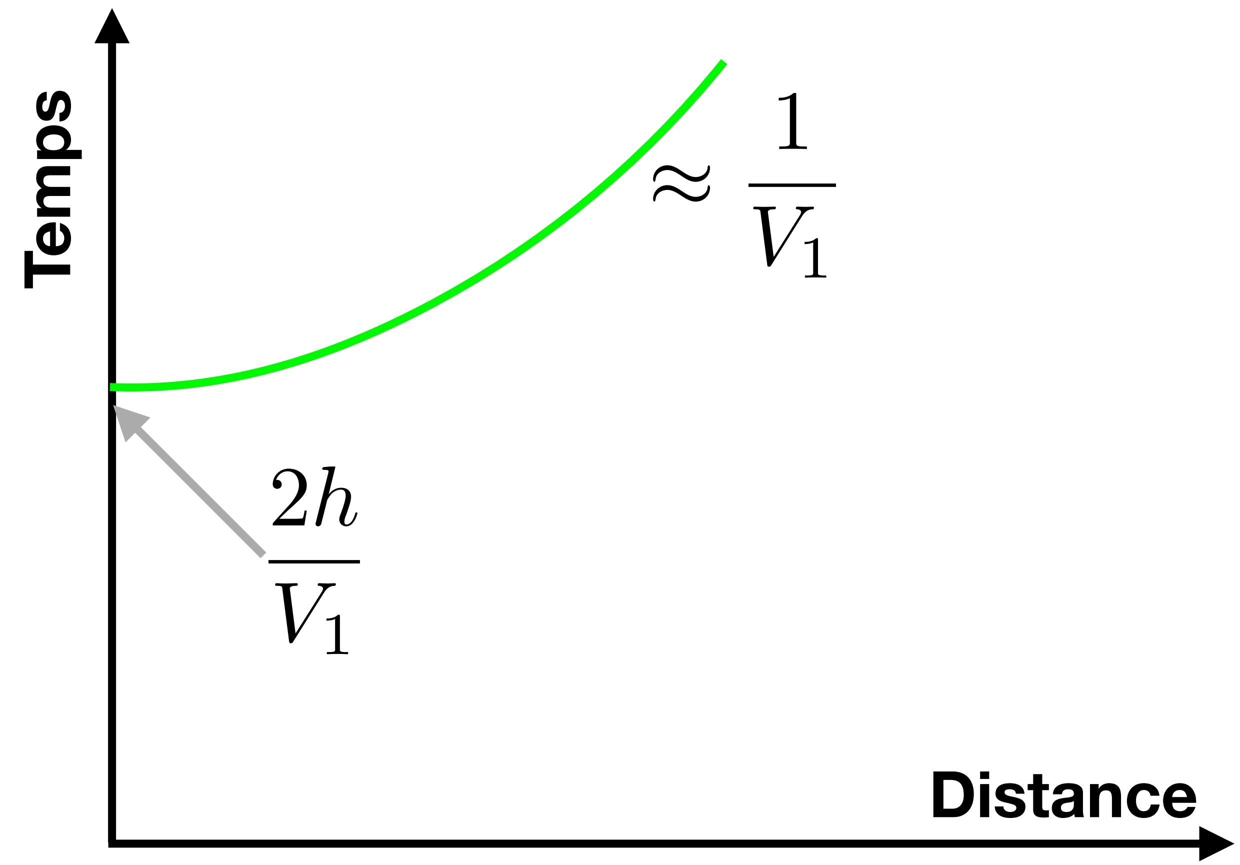


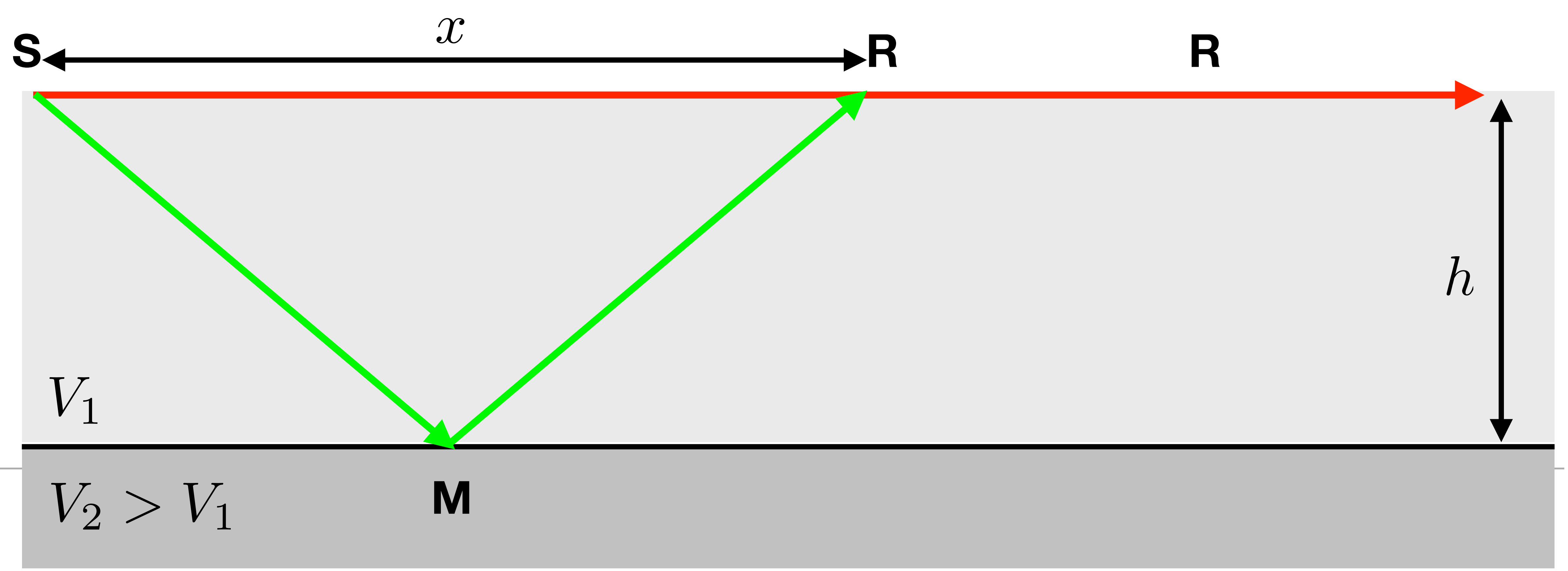


Onde réfléchie

L'onde réfléchie subit une réflexion au point milieu de S et R. Son temps d'arrivée est:

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

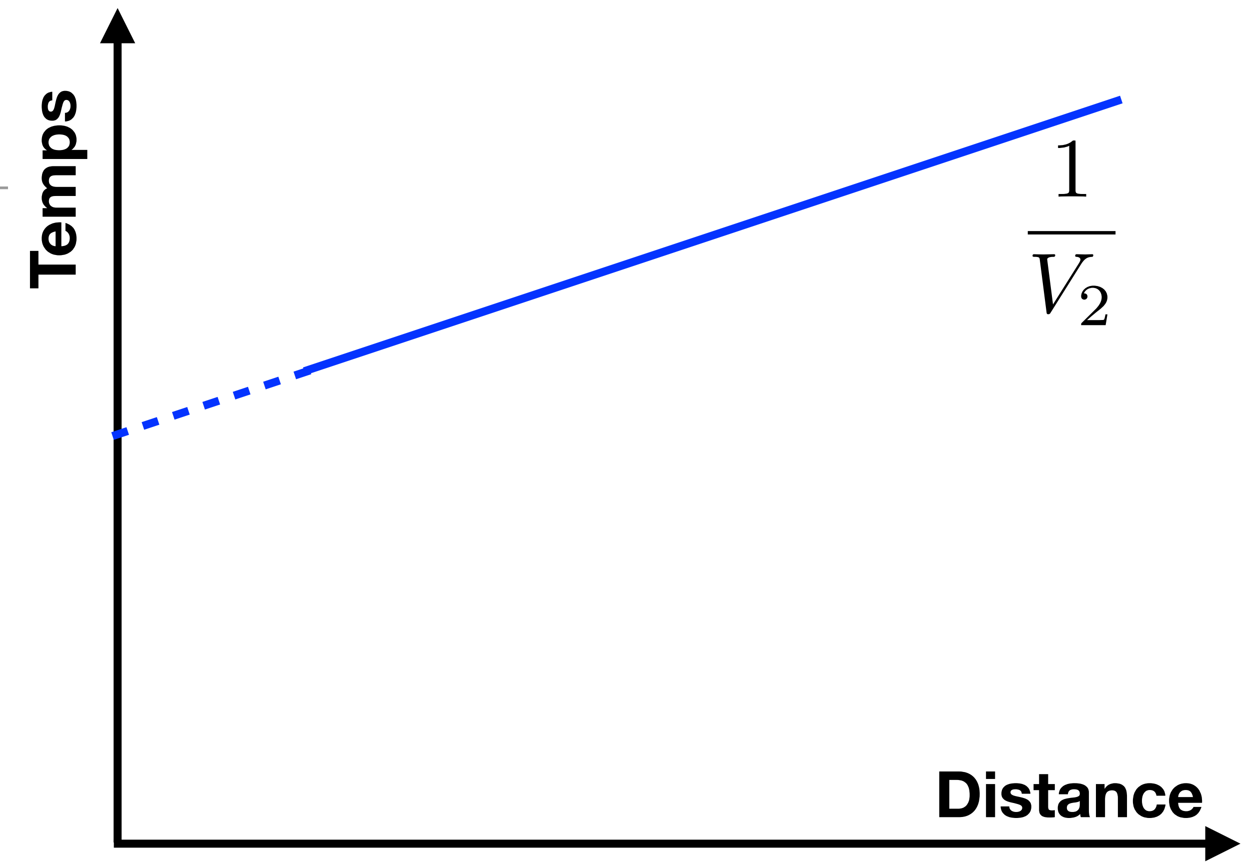


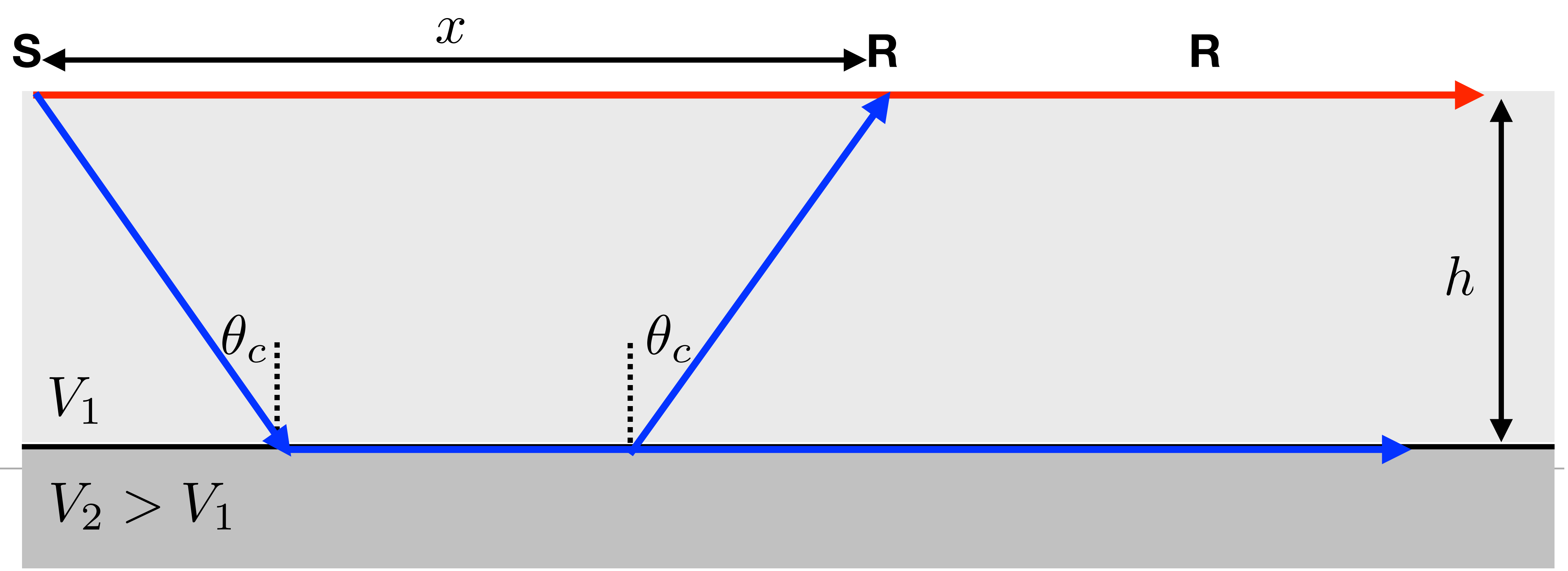


Onde réfractée

L'onde réfractée suit une droite dont la pente est donnée par l'inverse de la vitesse du milieu 2.

$$t = \frac{x}{V_2} + 2h\sqrt{\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2}}$$

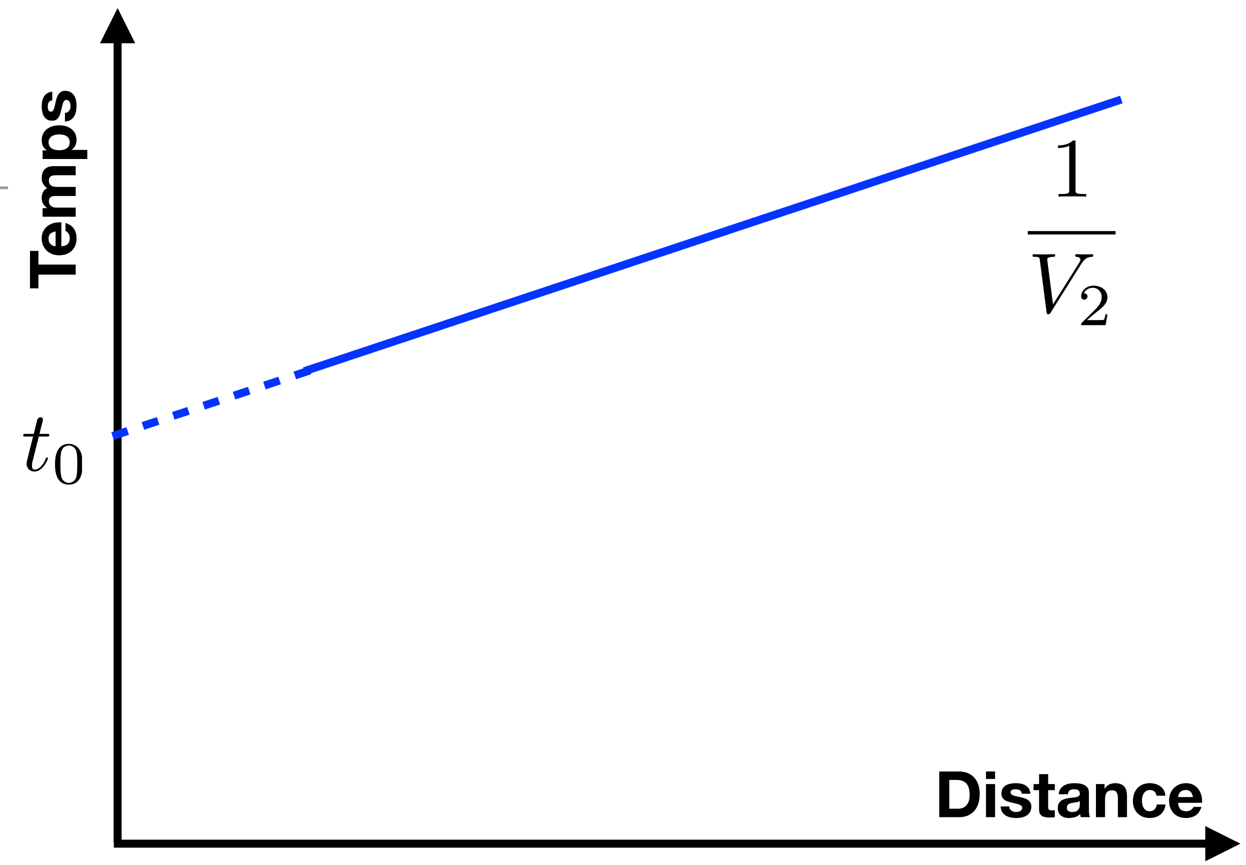


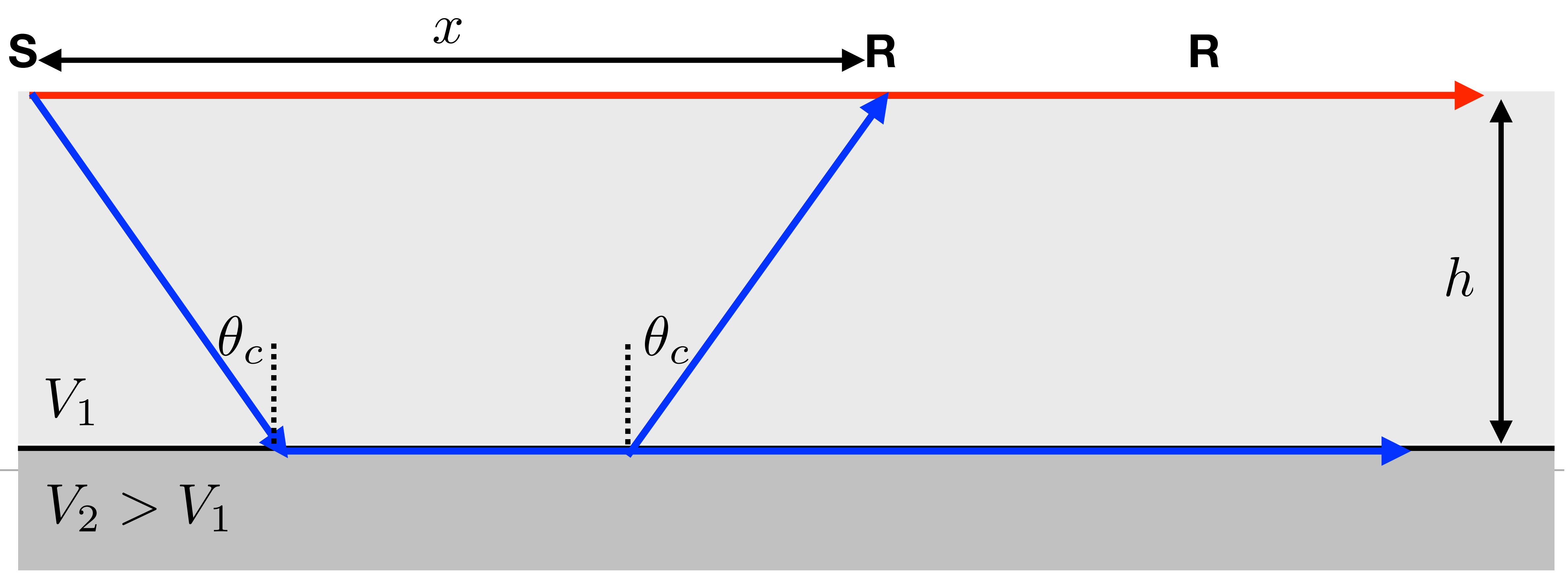


Temps d'intercepte

L'ordonnée à l'origine de la droite de la réfraction s'appelle le temps d'intercepte:

$$t_0 = 2h\sqrt{\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2}}$$

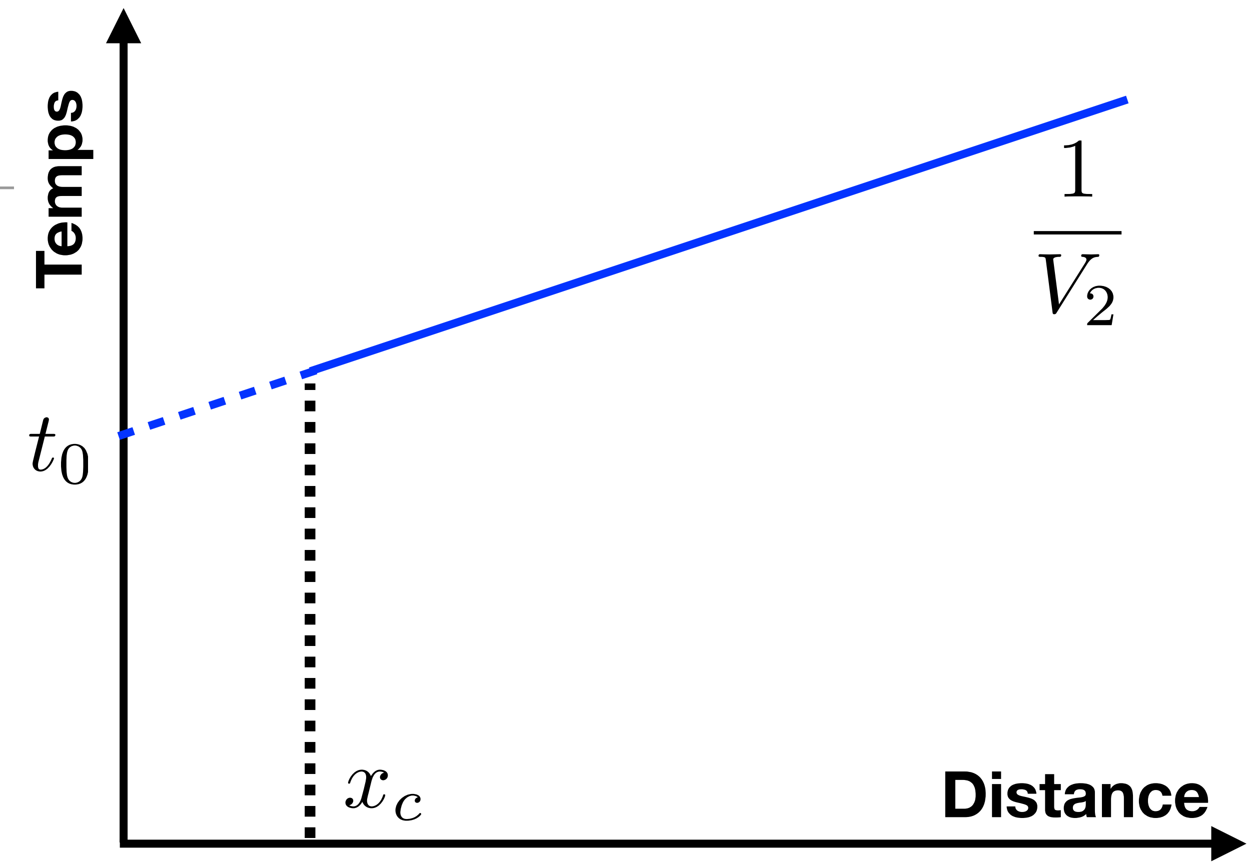


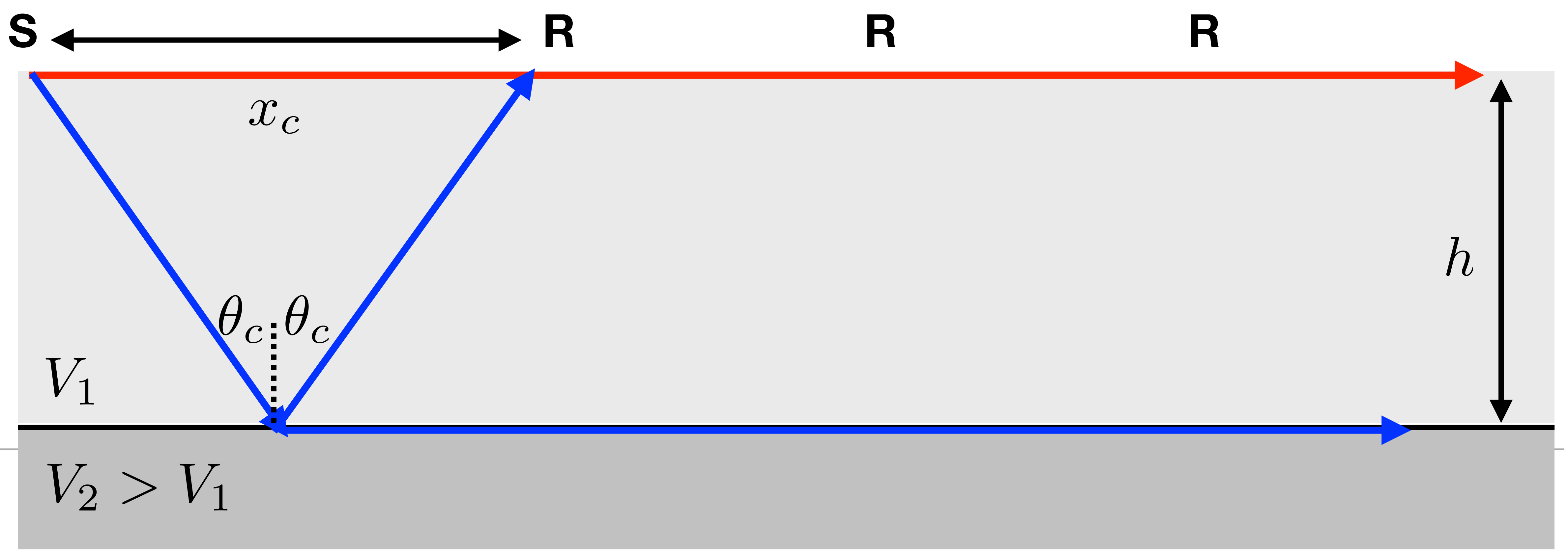


Distance critique

Attention! Aucune réfraction ne peut arriver avant la distance critique! L’ordonnée à l’origine ne représente pas une arrivée physique!

$$x_c = \frac{2hV_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

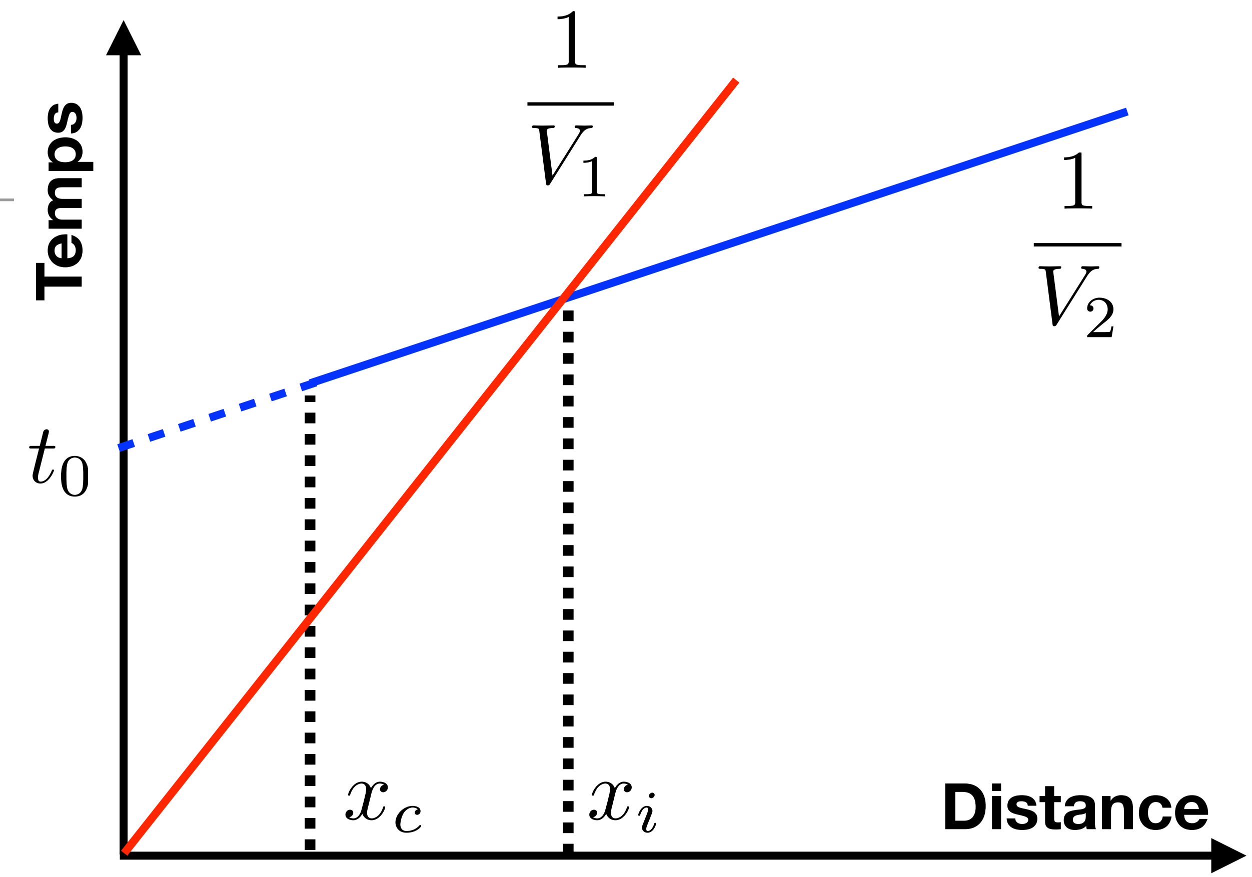


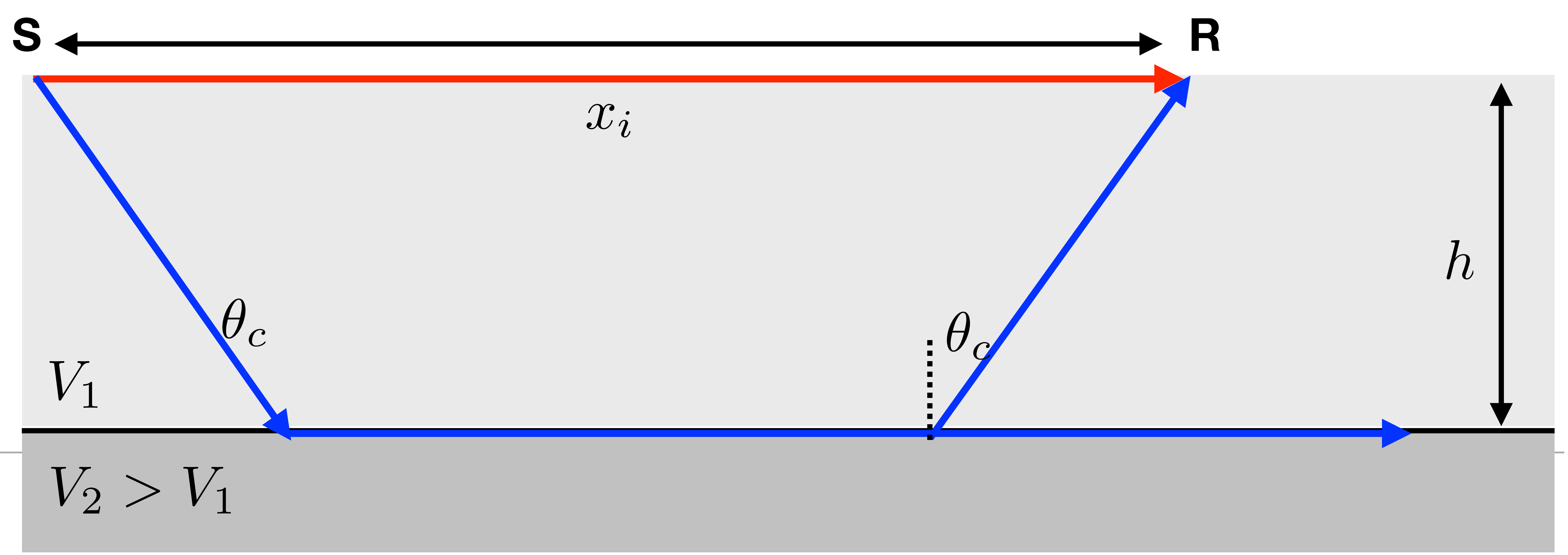


Distance de croisement

Une autre distance importante est la distance de croisement, le point où l'onde réfractée rejoint l'onde directe:

$$x_i = 2h\sqrt{\frac{V_1 + V_2}{V_2 - V_1}}$$





Interprétation deux couches horizontales

1. Calculer les vitesses des milieux 1 et 2 grâce à l'inverse des pentes des ondes directes et réfractées

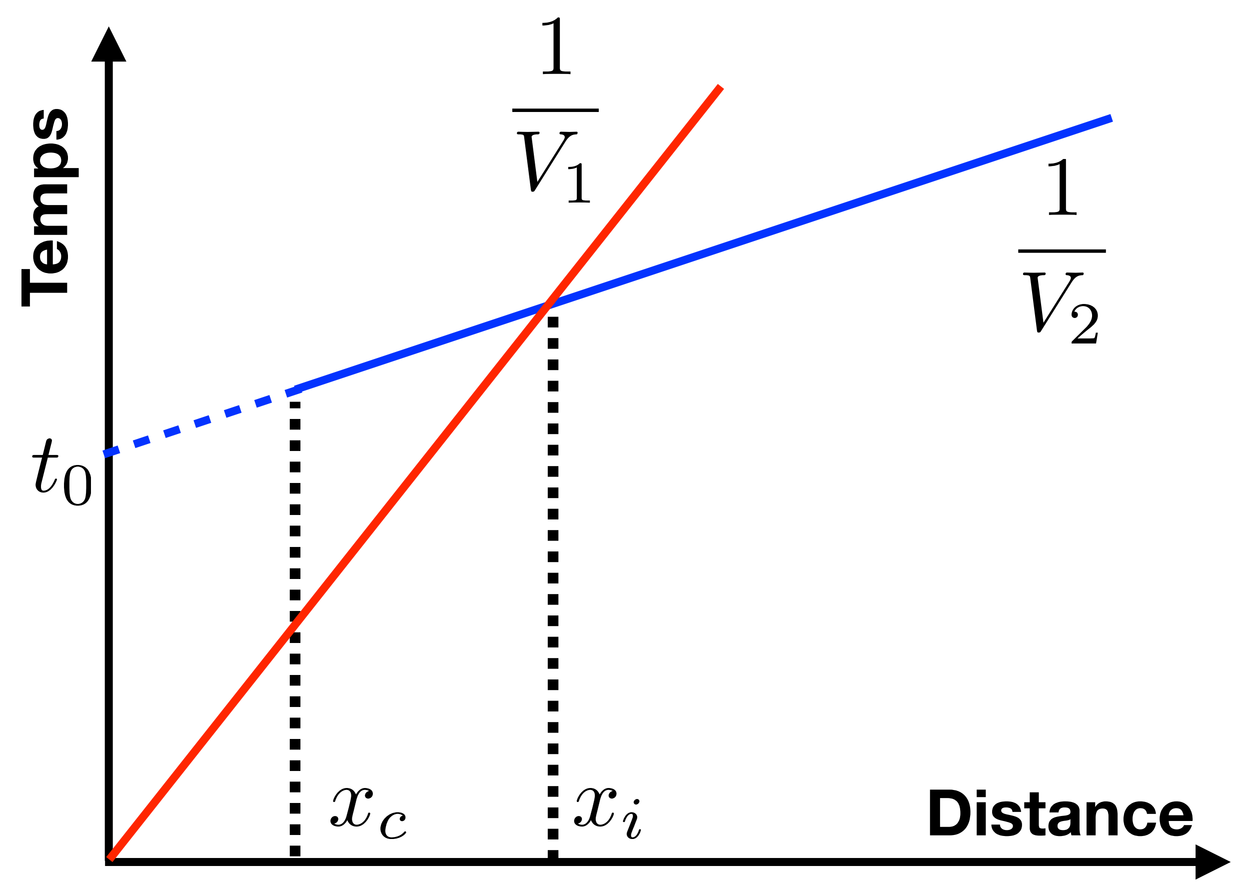
2. Estimer l'épaisseur soit:

- par les temps d'intercepte:

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

- par les distances de croisement

$$h = \frac{x_i}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$



Exemple: Interprétation à deux couches

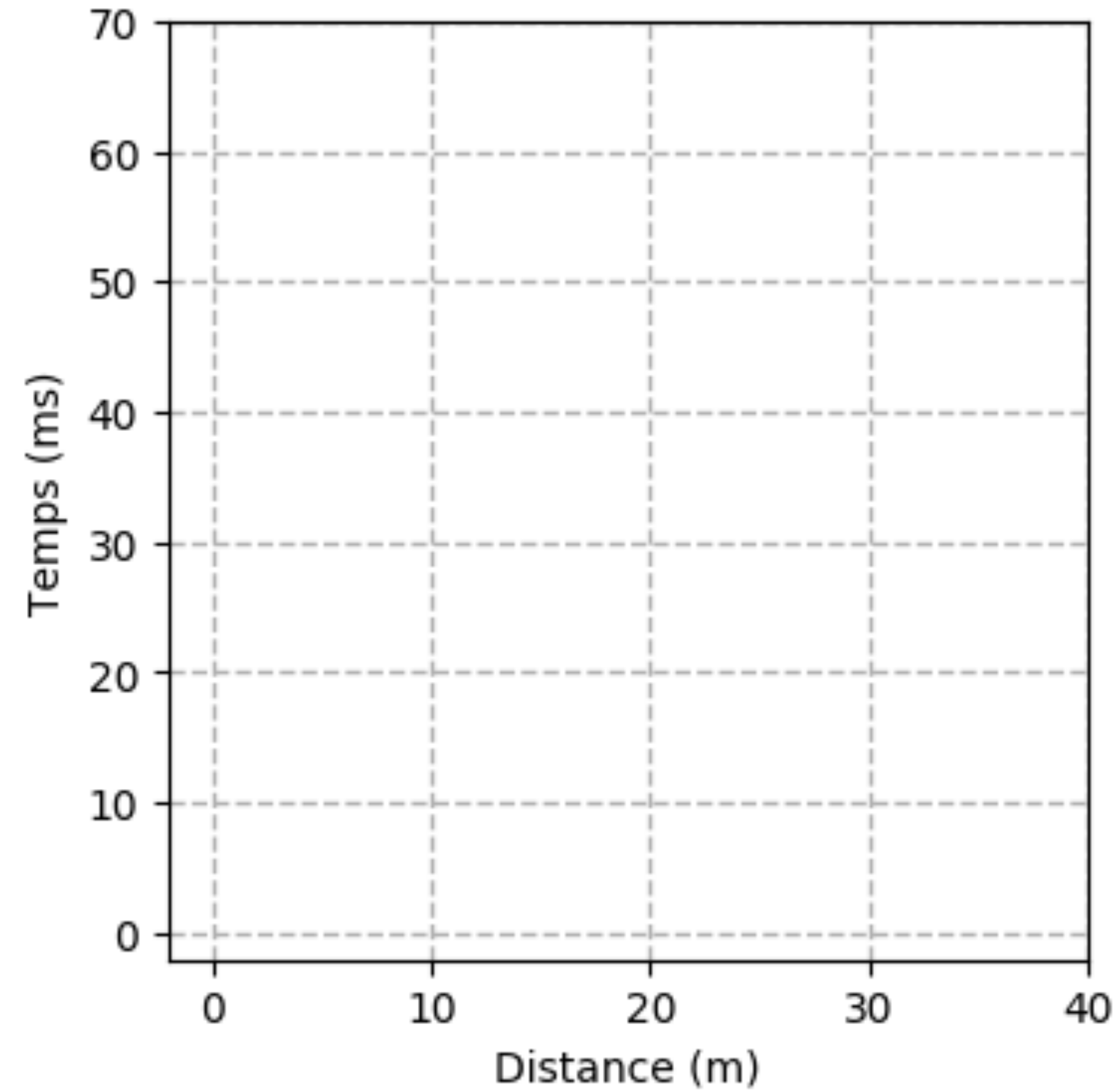
Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

Distance (m)	Temps (ms)
0	0.0
5	16.7
10	33.3
15	49.2
20	52.5
25	55.9
30	59.2
35	62.5

Exemple: Interprétation à deux couches

Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

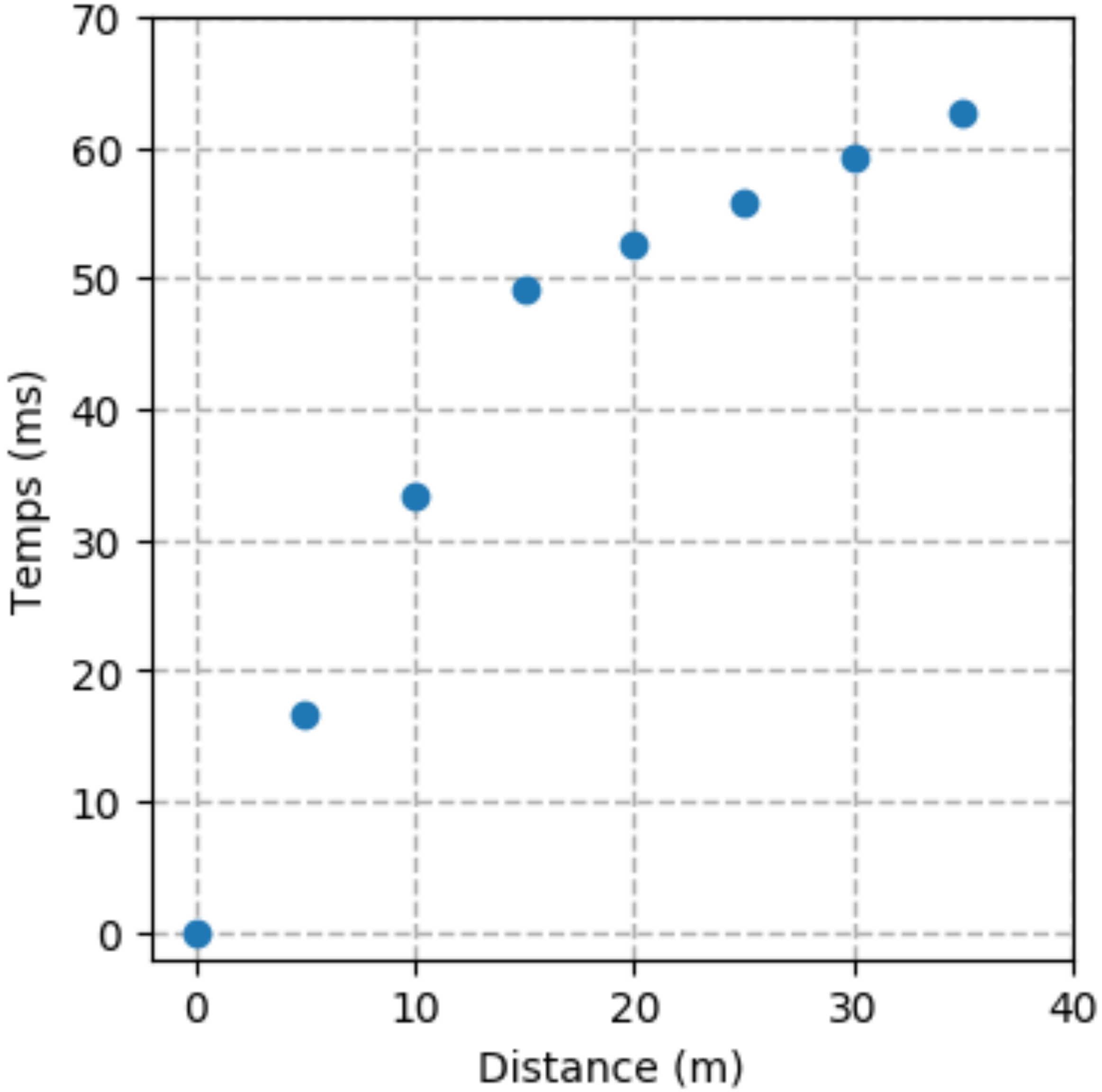
1. Tracez la dromochronique



Exemple: Interprétation à deux couches

Exemple: Interprétez les temps d’arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

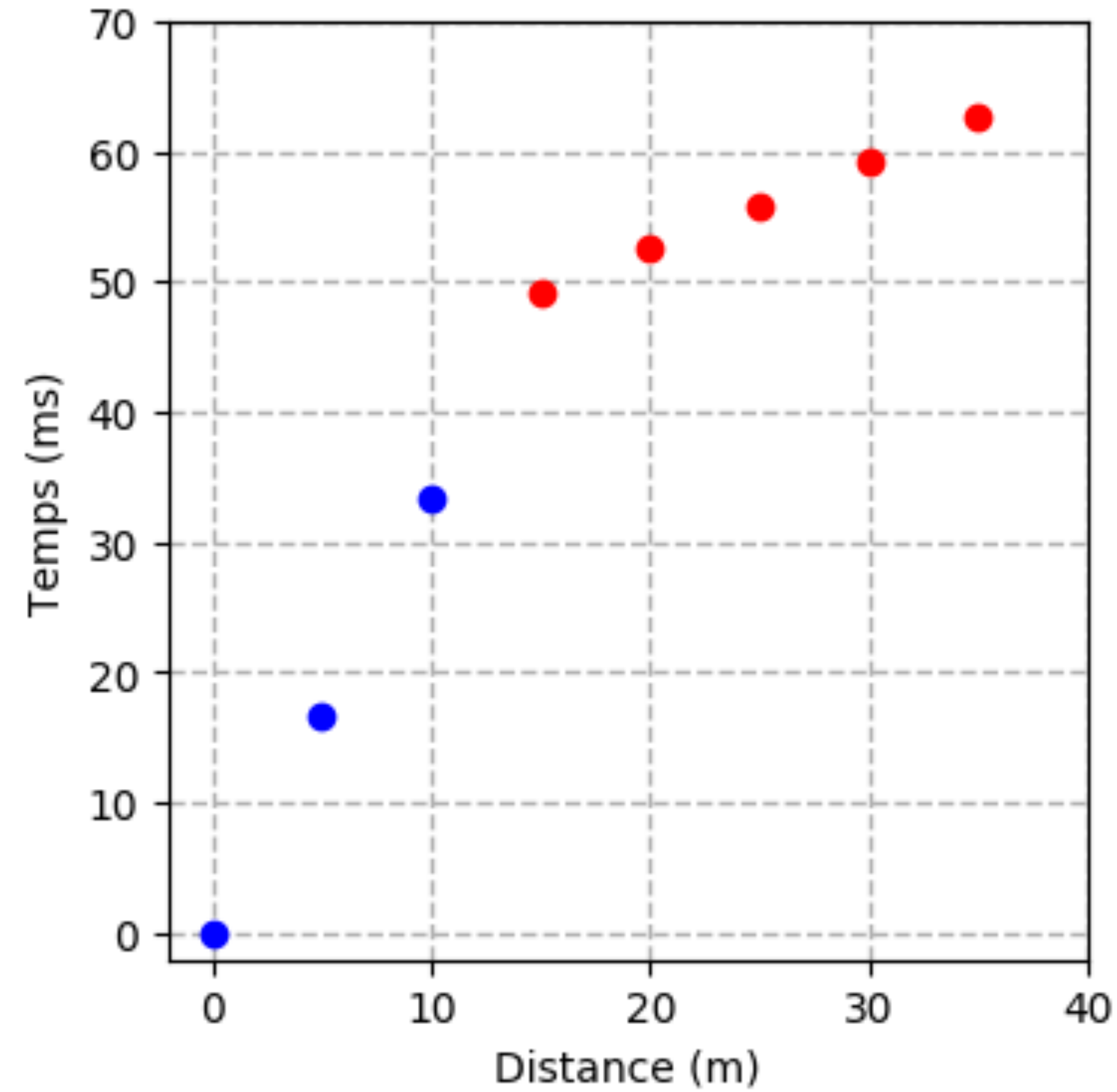
1. Tracez la dromochronique



Exemple: Interprétation à deux couches

Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

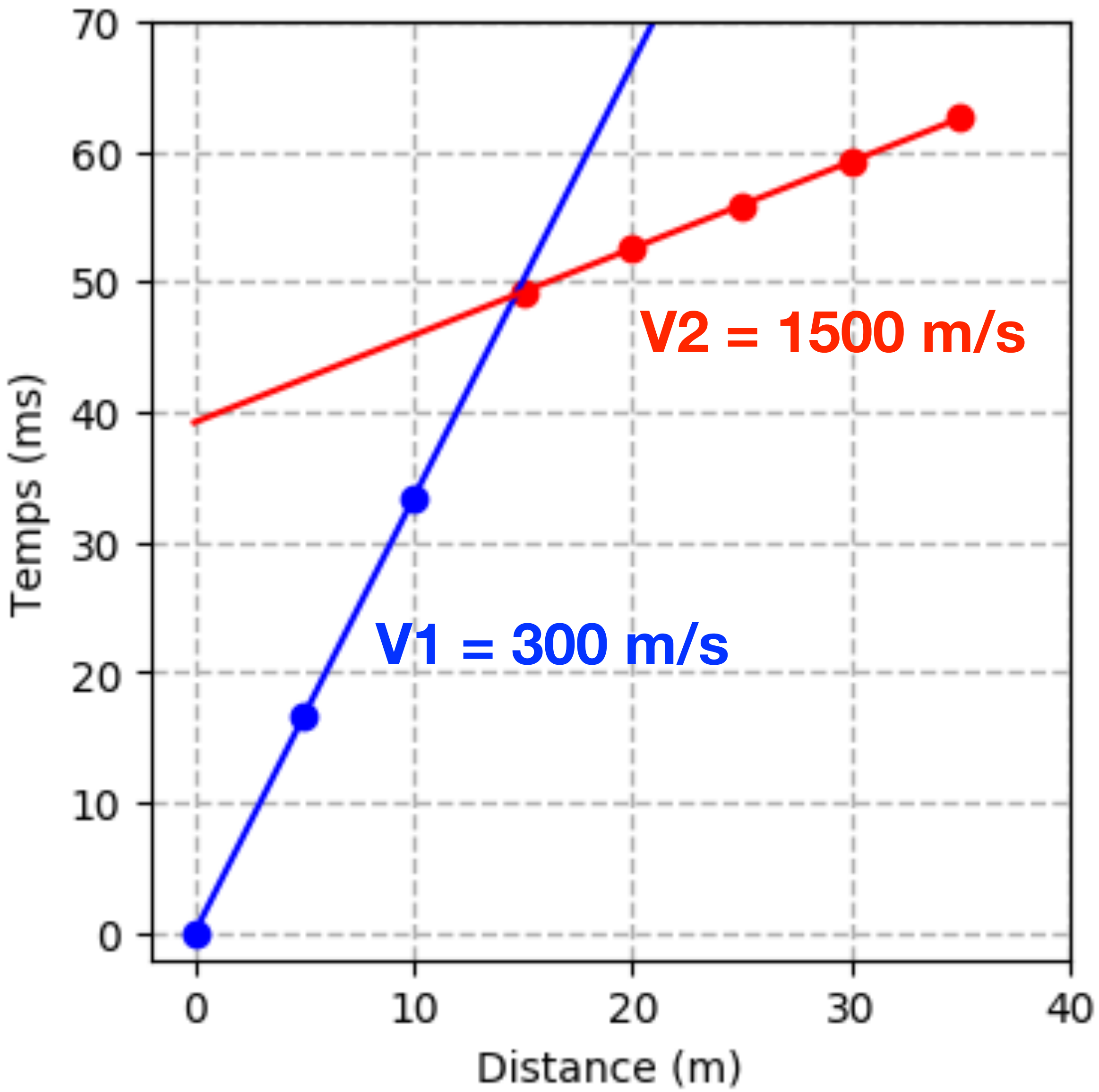
1. Tracez la dromochronique
2. Identifiez les brisures de pente et assignez les arrivées à un réfracteur



Exemple: Interprétation à deux couches

Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

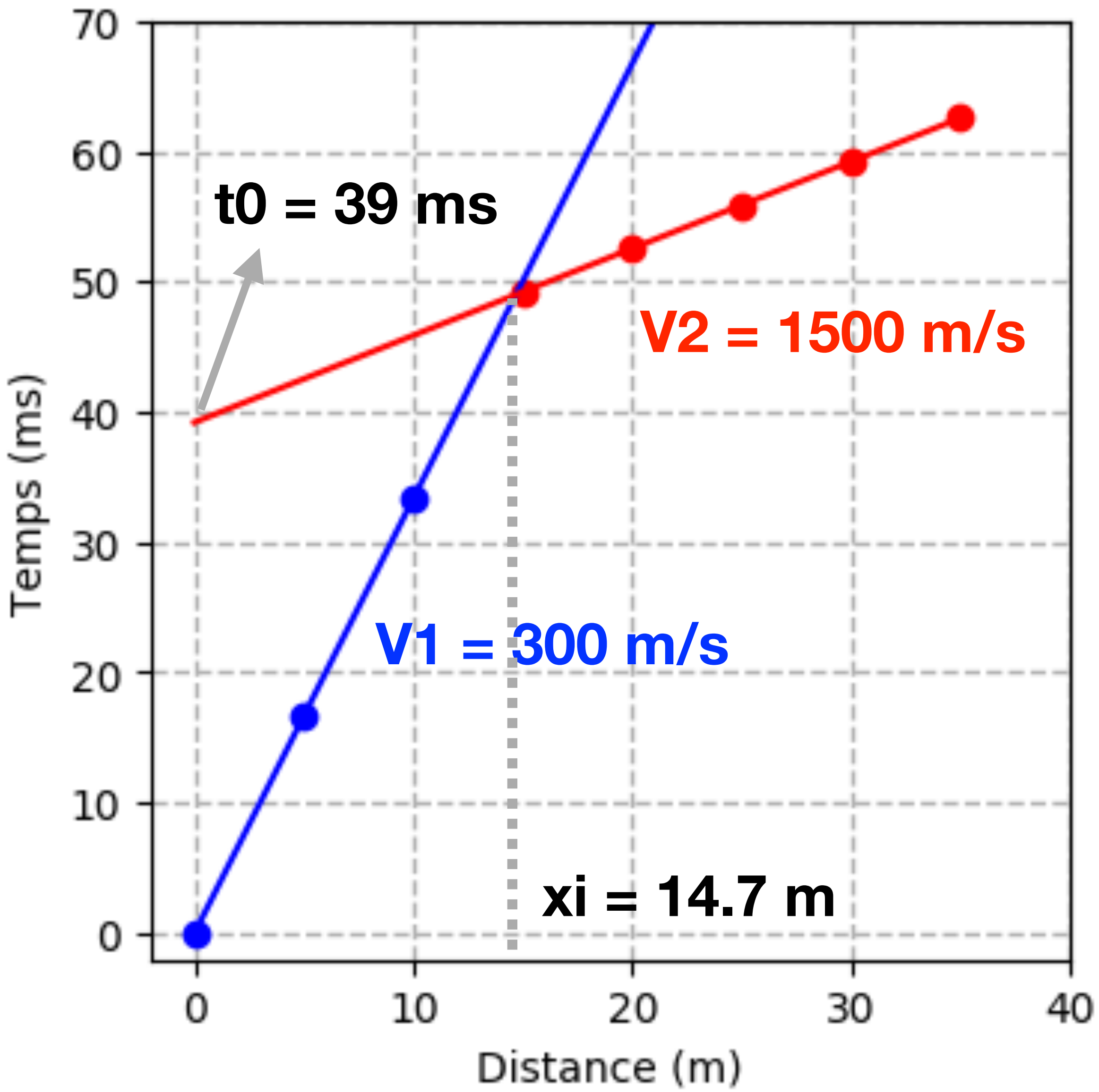
1. Tracez la dromochronique
2. Identifiez les brisures de pente et assigner les arrivées à un réfracteur
3. Obtenir les vitesses par l'inverse des pentes



Exemple: Interprétation à deux couches

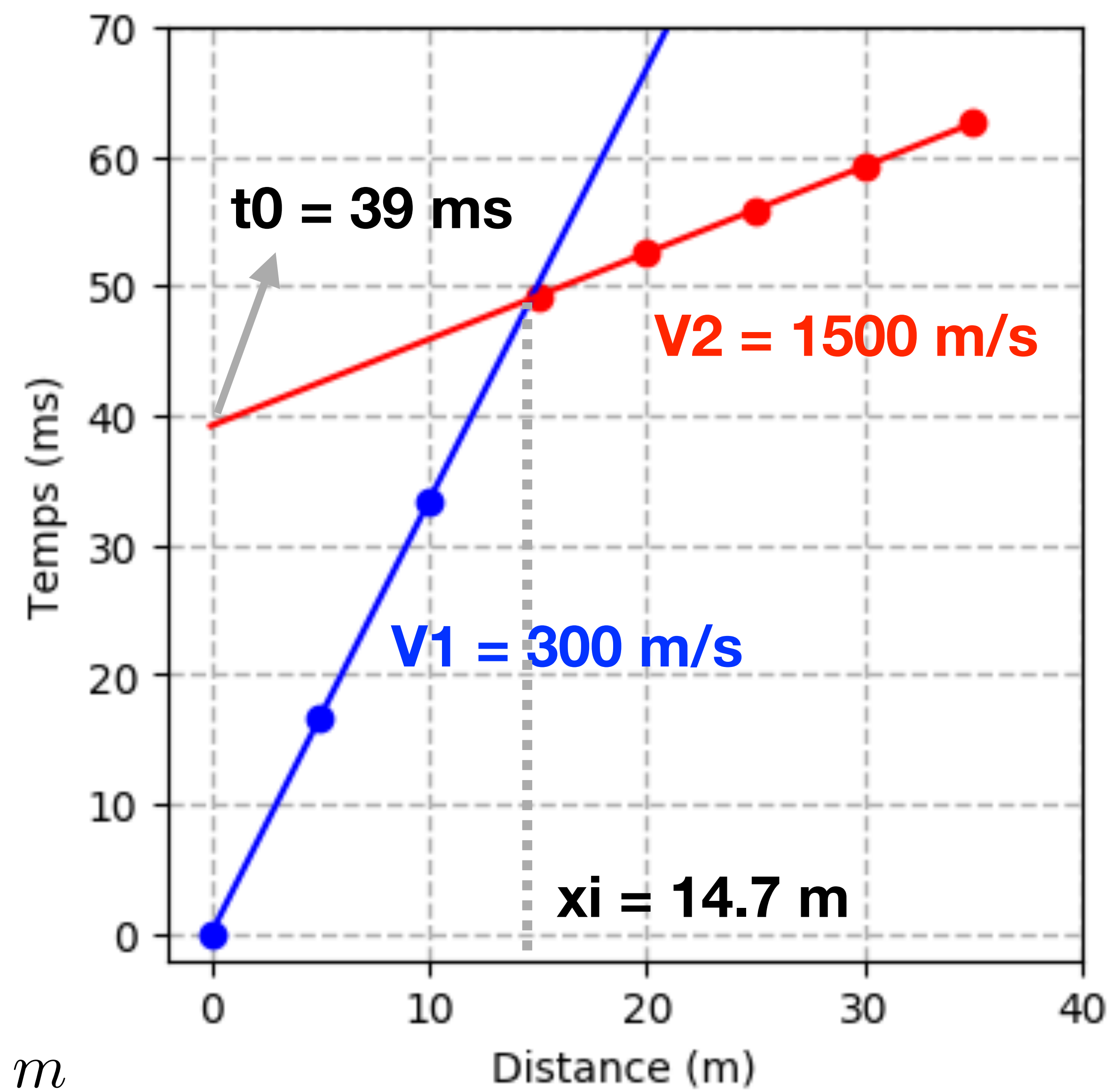
Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.

1. Tracez la dromochronique
2. Identifiez les brisures de pente et assignez les arrivées à un réfracteur
3. Obtenir les vitesses par l'inverse des pentes
4. Déterminez le temps d'intercepte et la distance de croisement



Exemple: Interprétation à deux couches

Exemple: Interprétez les temps d'arrivées suivants selon un modèle à deux couches horizontales.



1. Tracez la dromochronique
2. Identifiez les brisures de pente et assignez les arrivées à un réfracteur
3. Obtenir les vitesses par l'inverse des pentes
4. Déterminez le temps d'intercepte et la distance de croisement
5. Déterminez la profondeur sous le tir:

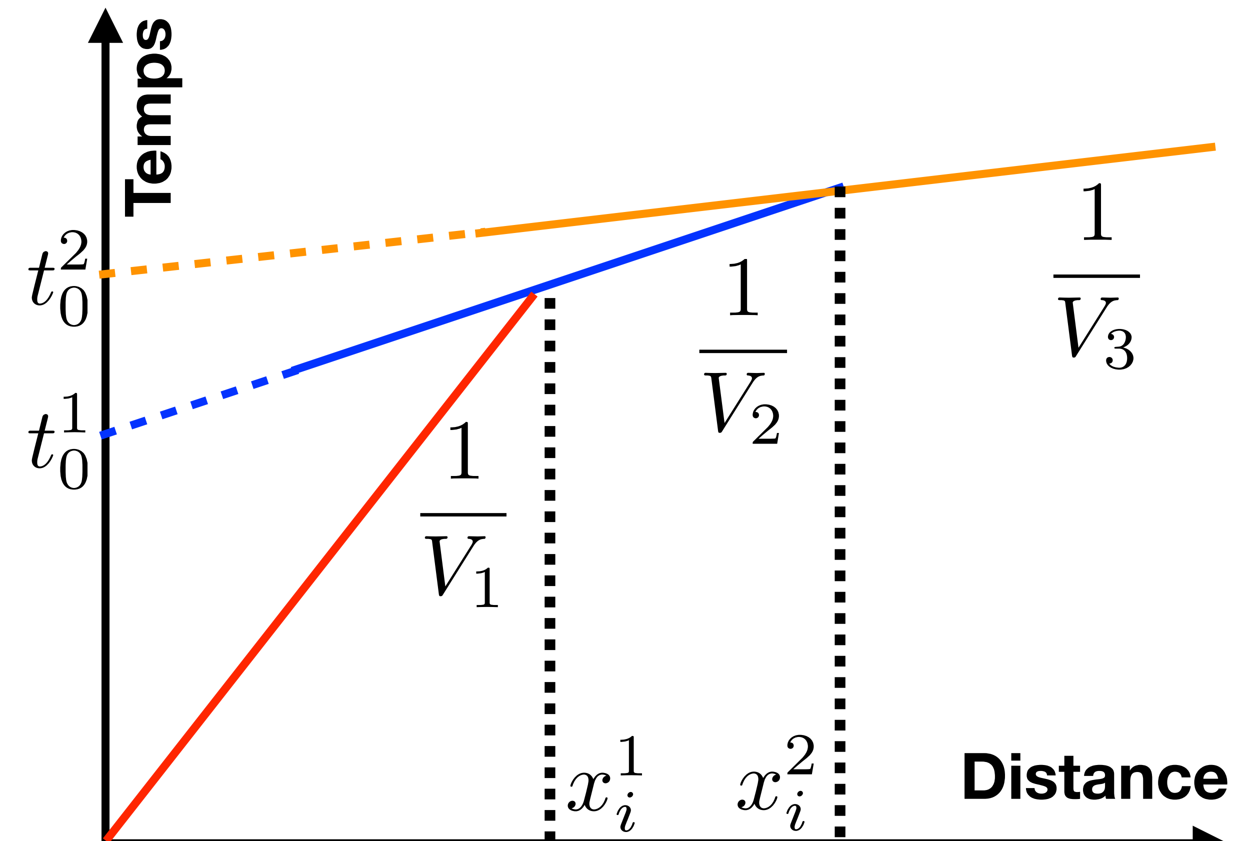
$$h = \frac{x_i}{2}\sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V1}} = \frac{14.7}{2}\sqrt{\frac{1500 - 300}{1500 + 300}} = 6\ m$$

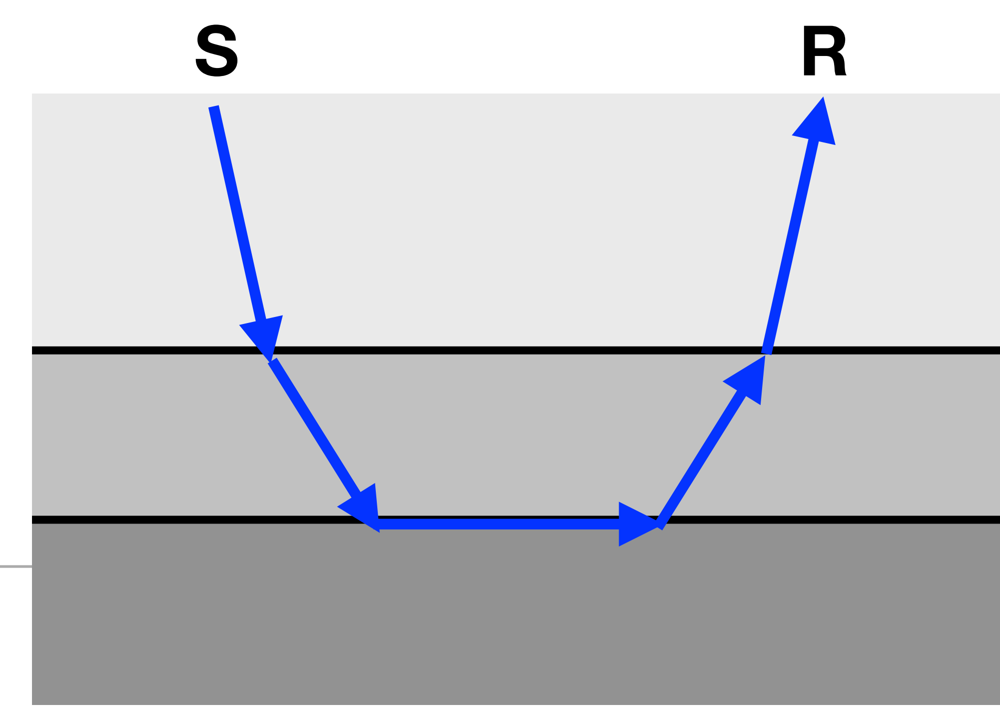
Interprétation de n couches horizontales

Dans le cas de n couches horizontales, le temps d'arrivée est donné par:

$$t_n = \frac{x}{V_n} + \sum_{i=0}^{n-1} 2h_i \sqrt{\frac{1}{V_i^2} - \frac{1}{V_n^2}}$$

On voit que la pente dépend de la vitesse de la couche N.





Interprétation de n couches horizontales

1. Identifier chaque bris de pente sur les dromochroniques, et en tirer les vitesses des n couches ainsi que leur temps et leur distance d'intercepte.

2. Trouver itérativement les épaisseurs de chaque couche:

Distances de croisement

$$h_k = \frac{x_i^k}{2}\sqrt{\frac{V_{k+1} - V_k}{V_{k+1} + V_k}} - \sum_{j=1}^{k-1} h_j K_{jk}$$

$$K_{jk} = \frac{\sqrt{1 - \frac{V_j^2}{V_{k+1}^2}} - \sqrt{1 - \frac{V_j^2}{V_k^2}}}{\sqrt{\frac{V_j^2}{V_k^2} - \frac{V_j^2}{V_{k+1}^2}}}$$

Temps d'intercepte

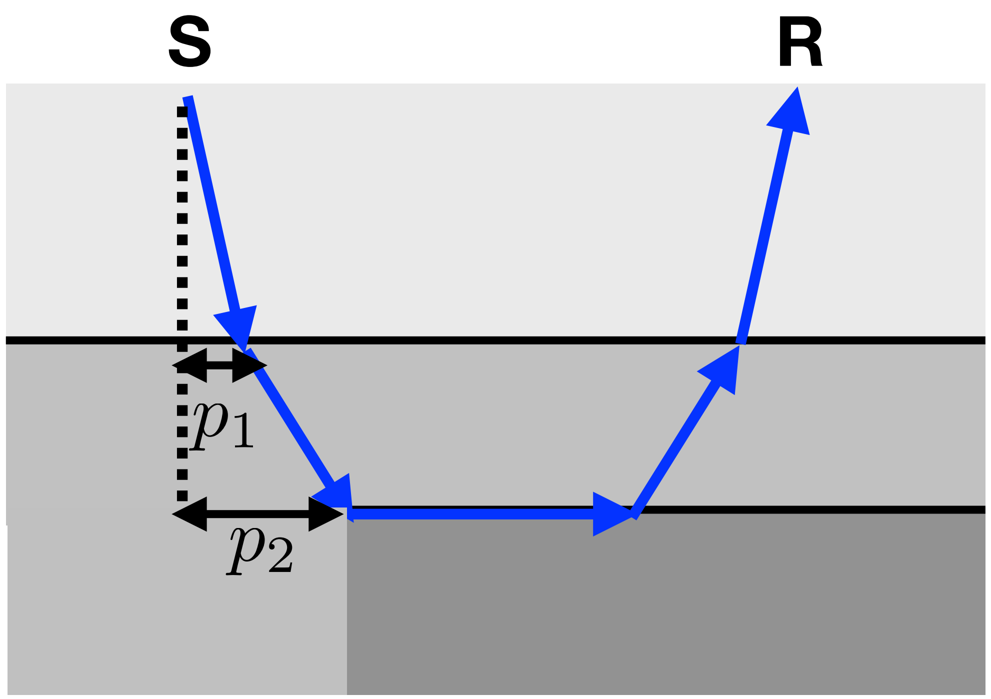
$$h_k = \frac{t_0^k}{2}\frac{V_k V_{k+1}}{\sqrt{V_{k+1}^2 - V_k^2}} - \sum_{j=1}^{k-1} h_j D_{kj}$$

$$D_{kj} = \sqrt{\frac{1 - \frac{V_j^2}{V_{k+1}^2}}{\frac{V_j^2}{V_k^2} - \frac{V_j^2}{V_{k+1}^2}}}$$

Interprétation de n couches horizontales

3. Trouver le déplacement sous le tir pour lequel la profondeur est valide

$$p_k = \sum_{j=k}^{1} h_j \frac{V_j}{\sqrt{V_{k+1}^2 - V_j^2}}$$

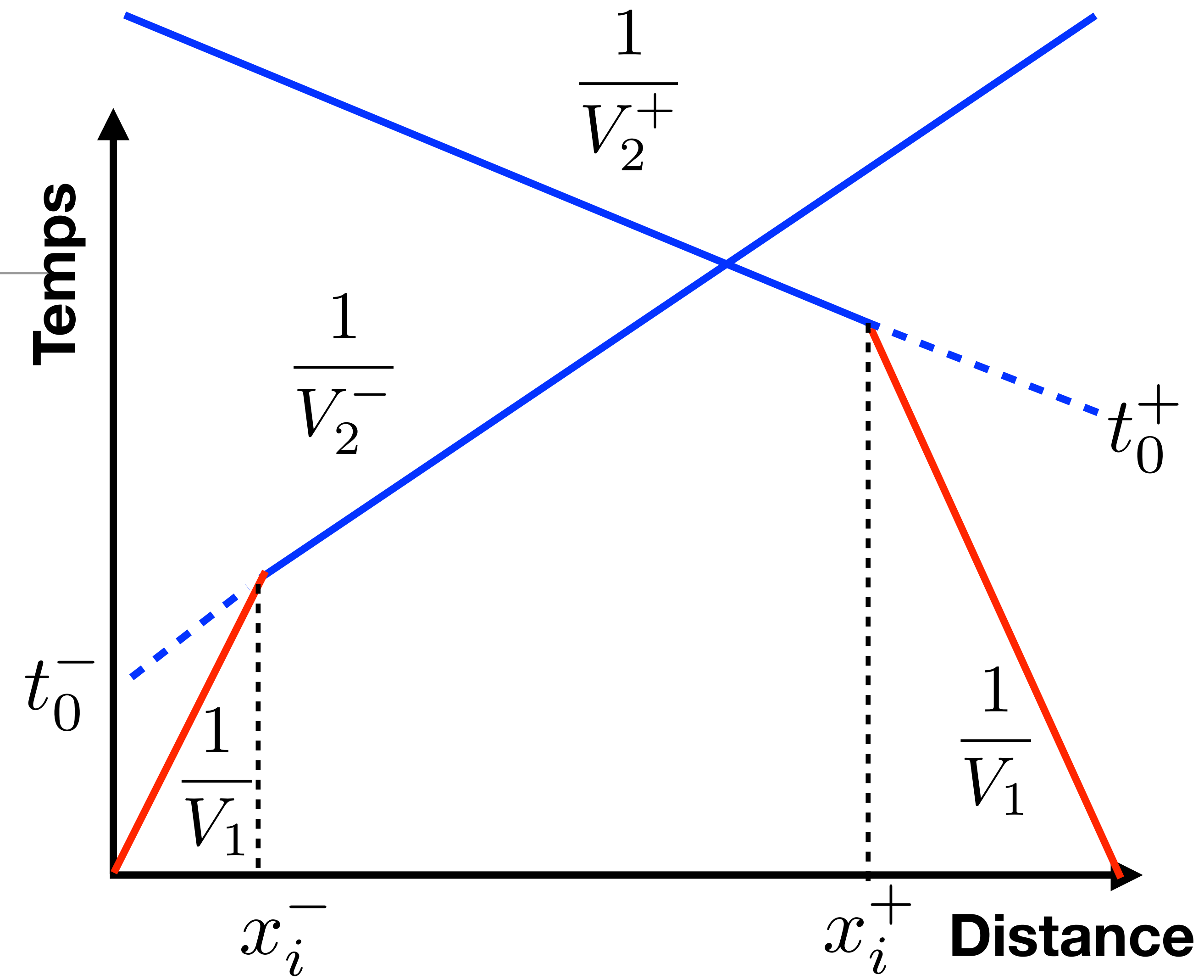


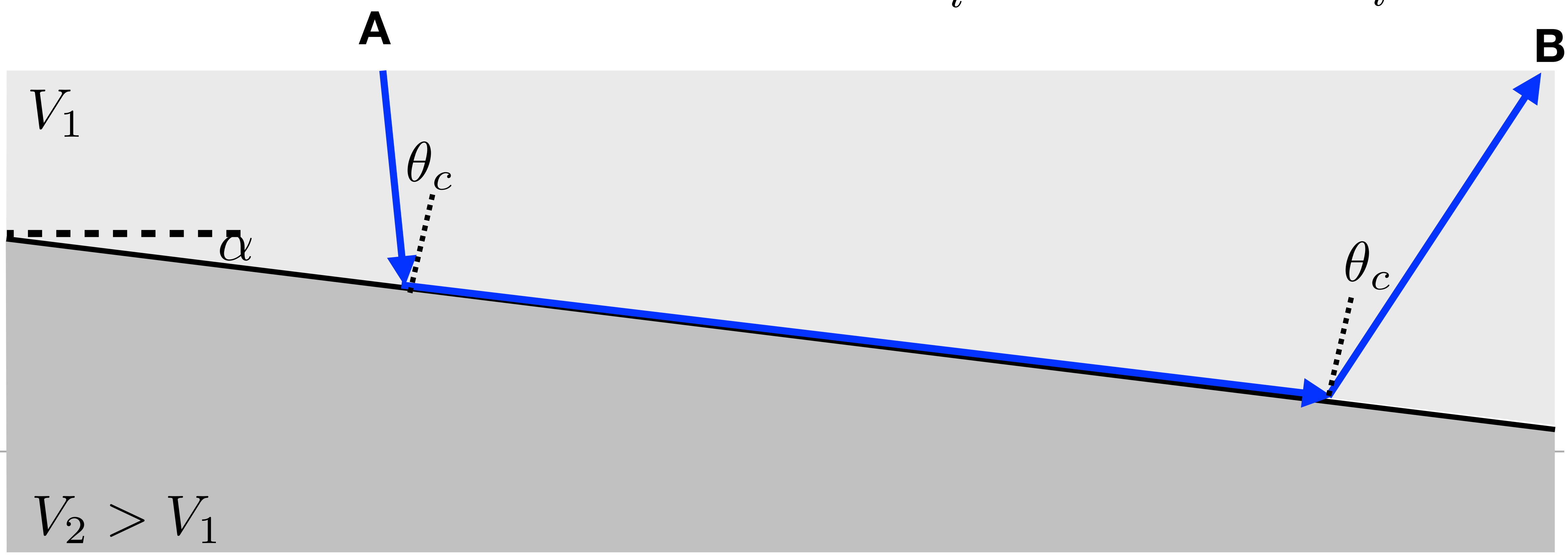
Milieu tabulaire avec une couche inclinée

Couches inclinées

Les vitesses apparentes du réfracteur dépendent maintenant de la direction du tir!

Il faut toujours un tir direct et un tir inverse en sismique réfraction !

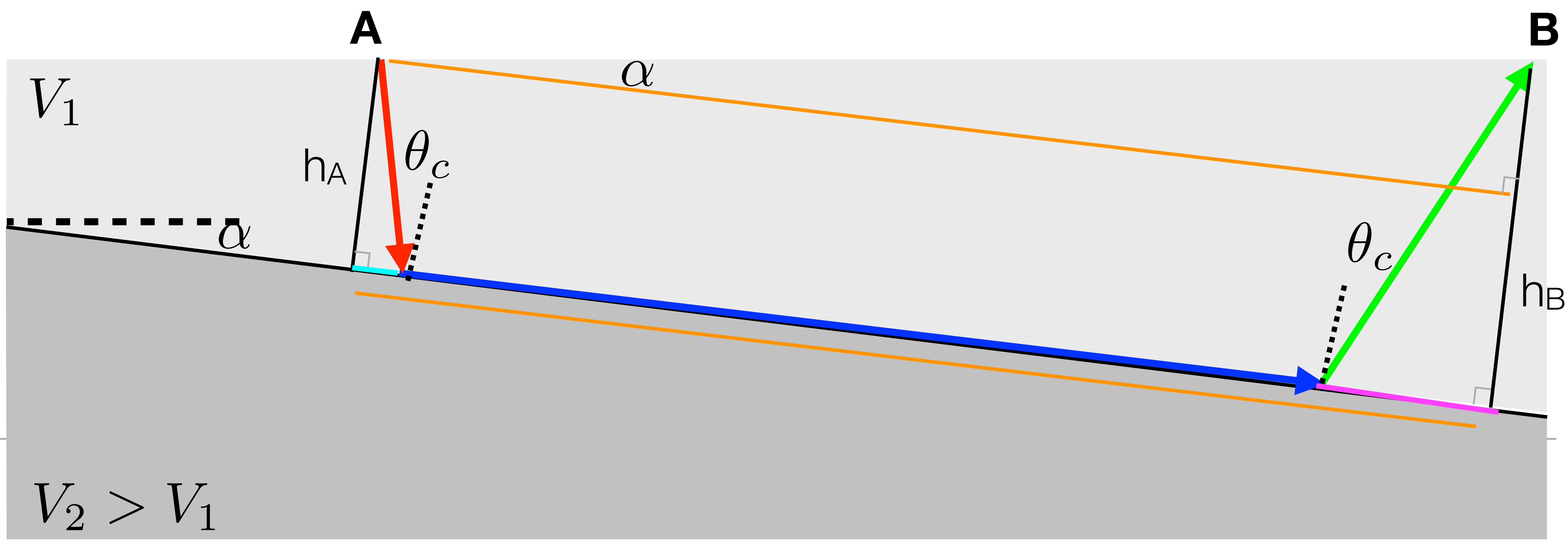




Couches inclinées

Le temps de propagation entre A et B:

$$T_{AB} = \frac{h_A}{V_1 \cos\theta_c} + \frac{h_B}{V_1 \cos\theta_c} + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2} - \frac{h_A \tan\theta_c}{V_2} - \frac{h_B \tan\theta_c}{V_2}$$



Couches inclinées

Le temps de propagation entre A et B:

$$T_{AB} = \frac{h_A}{V_1 \cos\theta_c} + \frac{h_B}{V_1 \cos\theta_c} + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2} - \frac{h_A \tan\theta_c}{V_2} - \frac{h_B \tan\theta_c}{V_2}$$

$$T_{AB} = h_A \left(\frac{1}{V_1 \cos\theta_c} - \frac{\tan\theta_c}{V_2} \right) + h_B \left(\frac{1}{V_1 \cos\theta_c} - \frac{\tan\theta_c}{V_2} \right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

$$T_{AB} = \frac{h_A}{\cos\theta_c} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{\sin\theta_c}{V_2} \right) + \frac{h_B}{\cos\theta_c} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{\sin\theta_c}{V_2} \right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

$$T_{AB} = \frac{h_A}{V_1 \cos\theta_c} \left(1 - \sin\theta_c \frac{V_1}{V_2} \right) + \frac{h_B}{V_1 \cos\theta_c} \left(1 - \sin\theta_c \frac{V_1}{V_2} \right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

Couches inclinées

Le temps de propagation entre A et B:

$$T_{AB} = \frac{h_A}{V_1 \cos\theta_c}\left(1 - \sin\theta_c \frac{V_1}{V_2}\right) + \frac{h_B}{V_1 \cos\theta_c}\left(1 - \sin\theta_c \frac{V_1}{V_2}\right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

$$T_{AB} = \frac{h_A}{V_1 \cos\theta_c}\left(1 - \sin^2\theta_c\right) + \frac{h_B}{V_1 \cos\theta_c}\left(1 - \sin^2\theta_c\right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

$$T_{AB} = \frac{h_A \cos\theta_c}{V_1} + \frac{h_B \cos\theta_c}{V_1} + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

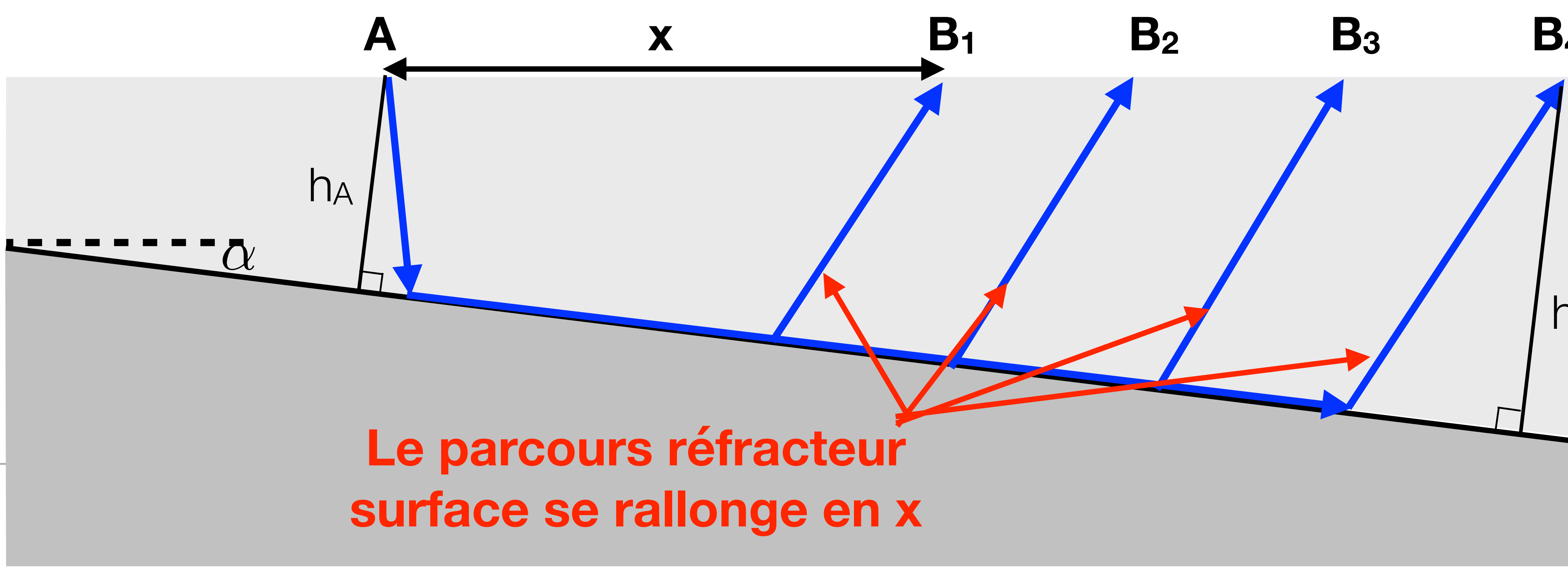
$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}\left(h_A + h_B\right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

Couches inclinées

Le temps de A à B est bien sur égal au temps de B à A.

$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(h_A + h_B) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

Cependant, la **vitesse apparente** sera différente!

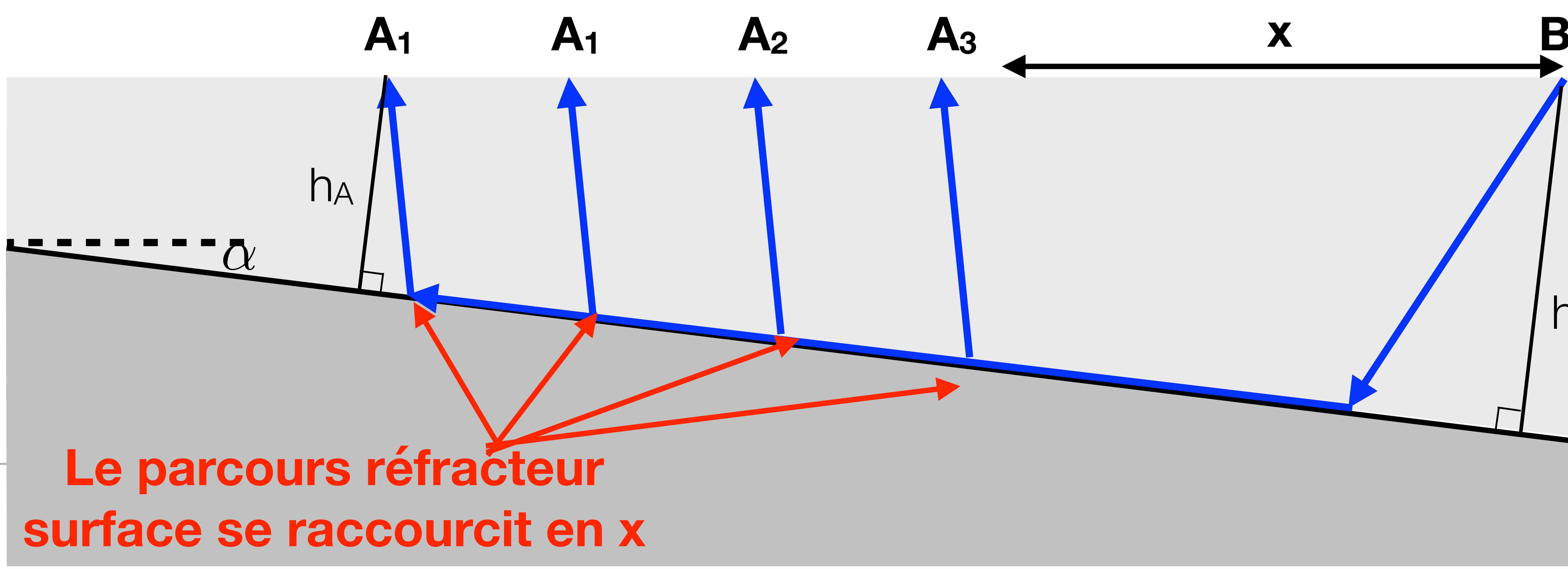


Couches inclinées

Le temps de A à B est bien sur égal au temps de B à A.

$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(h_A + h_B) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

Cependant, la **vitesse apparente** sera différente!

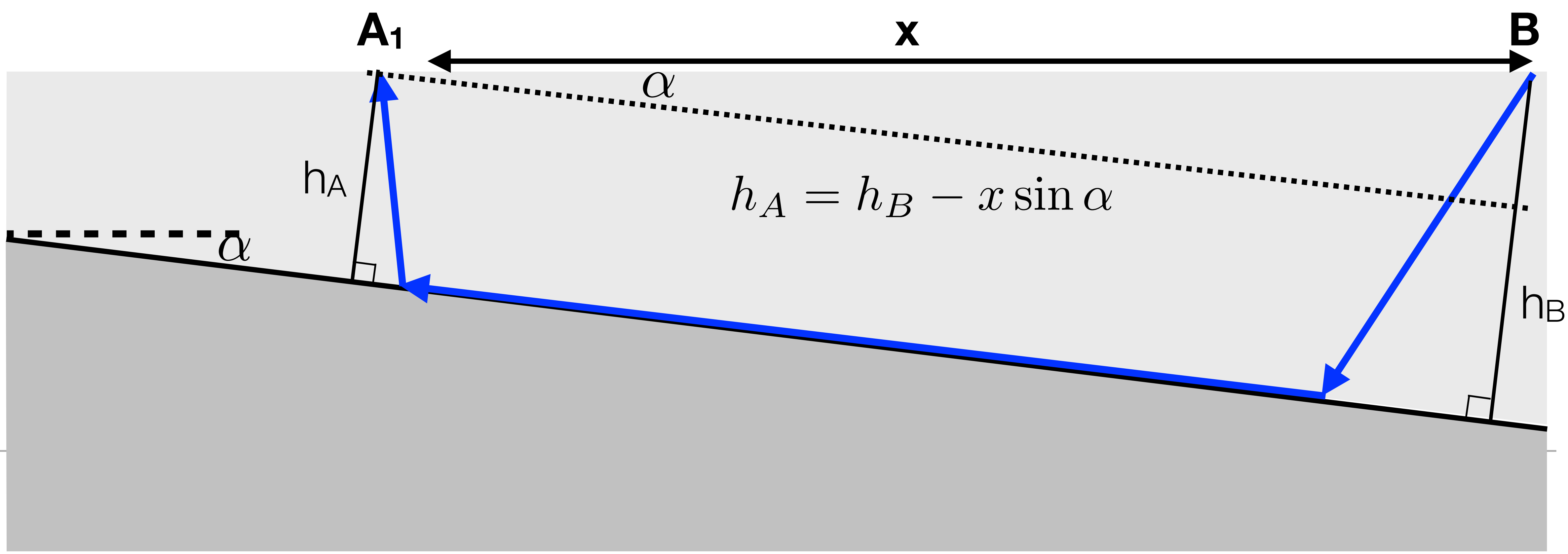


Couches inclinées

Pour trouver les vitesses, il faut exprimer les hauteurs en A et B en fonction de x:

$$h_A = h_B - x \sin\alpha$$

$$h_B = h_A + x \sin\alpha$$



Couches inclinées

La vitesse est la dérivée de la distance en fonction du temps. Sachant:

$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}\left(h_A + h_B\right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

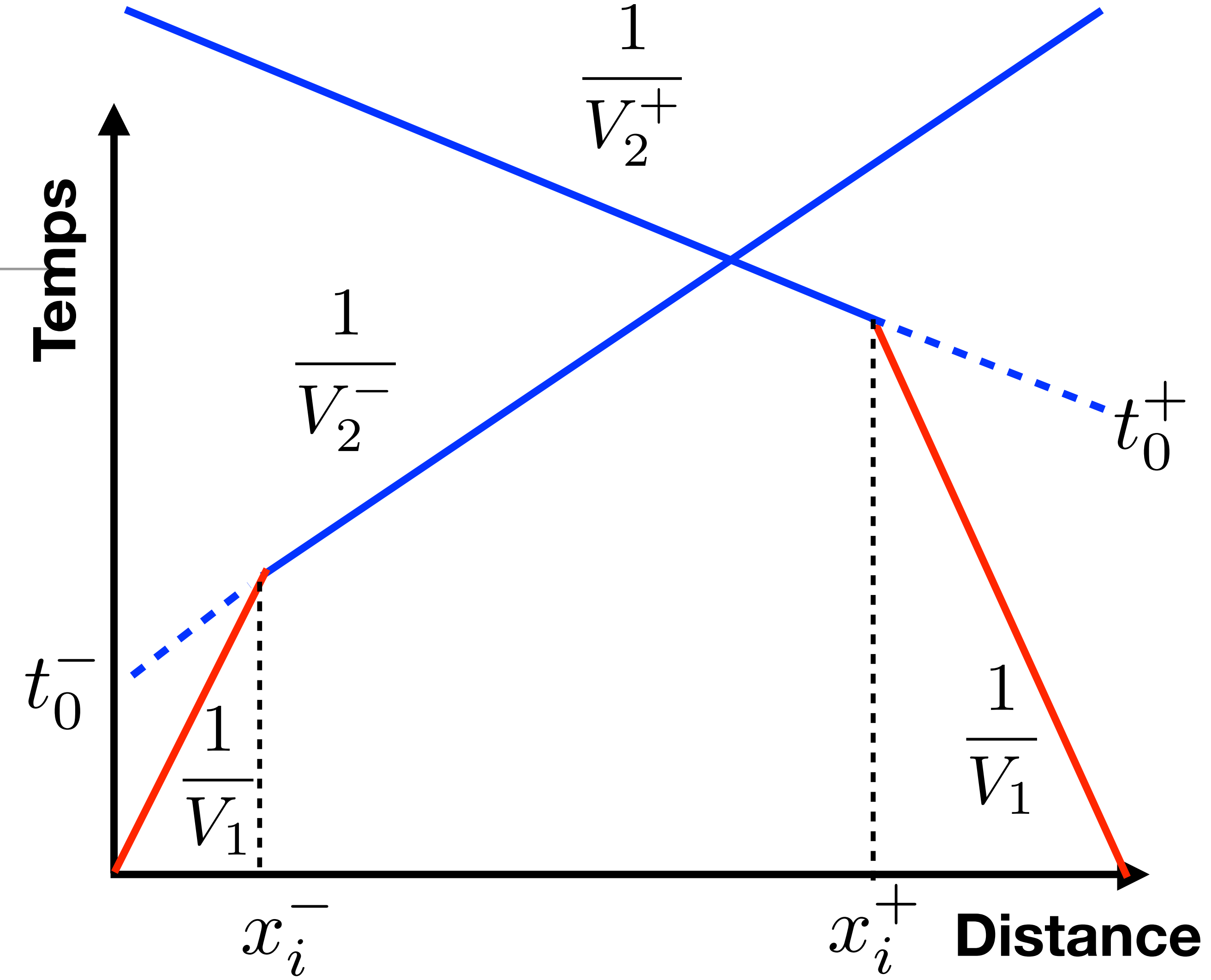
La vitesse pour un tir en A:

$$\frac{1}{V_2^{-}} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\cos\theta_c}{V_1}(h_A + h_A + x\sin\alpha) + \frac{x\cos\alpha}{V_2}\right]$$

$$= \frac{\cos\theta_c}{V_1}\sin\alpha + \frac{\cos\alpha\sin\theta_c}{V_1}$$

$$= \frac{\sin\left(\alpha + \theta_c\right)}{V_1}$$

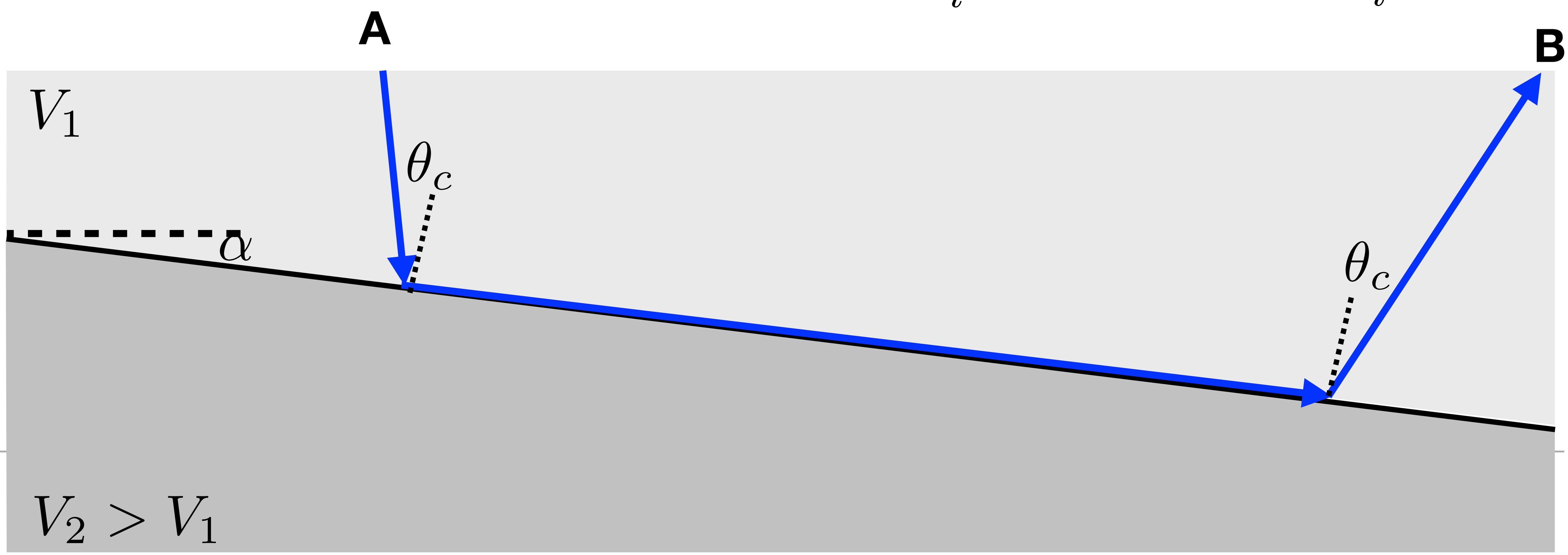
Couches inclinées



Les vitesses apparentes sont données par:

$$V_2^- = \frac{V_1}{\sin(\alpha + \theta_c)}$$

$$V_2^+ = \frac{V_1}{\sin(\theta_c - \alpha)}$$



Couches inclinées

Comment déterminer le pendage et la vitesse vraie ?

$$V_2^- = \frac{V_1}{\sin\left(\alpha + \theta_c\right)} \qquad V_2^+ = \frac{V_1}{\sin\left(\theta_c - \alpha\right)}$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^-}\right) = \alpha + \theta_c \qquad \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^+}\right) = \alpha - \theta_c$$

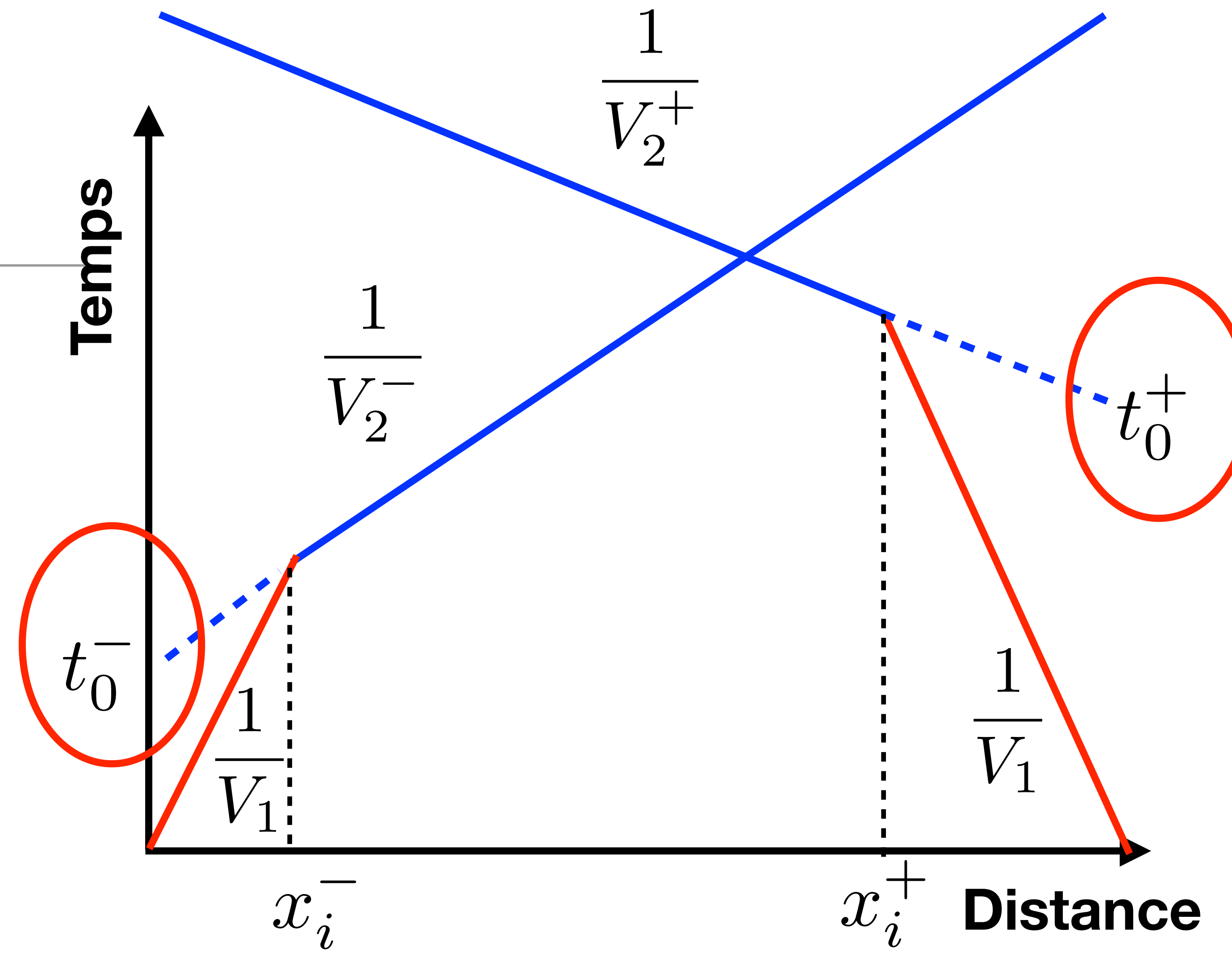
$$\boxed{\begin{aligned} \theta_c &= \frac{1}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^-}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^+}\right)\right] \\ \alpha &= \frac{1}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^-}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^+}\right)\right] \end{aligned}}$$

Temps d’intercepte

Quels sont les temps d’intercepte ?

Le temps de parcours était:

$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}\left(h_A + h_B\right) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$



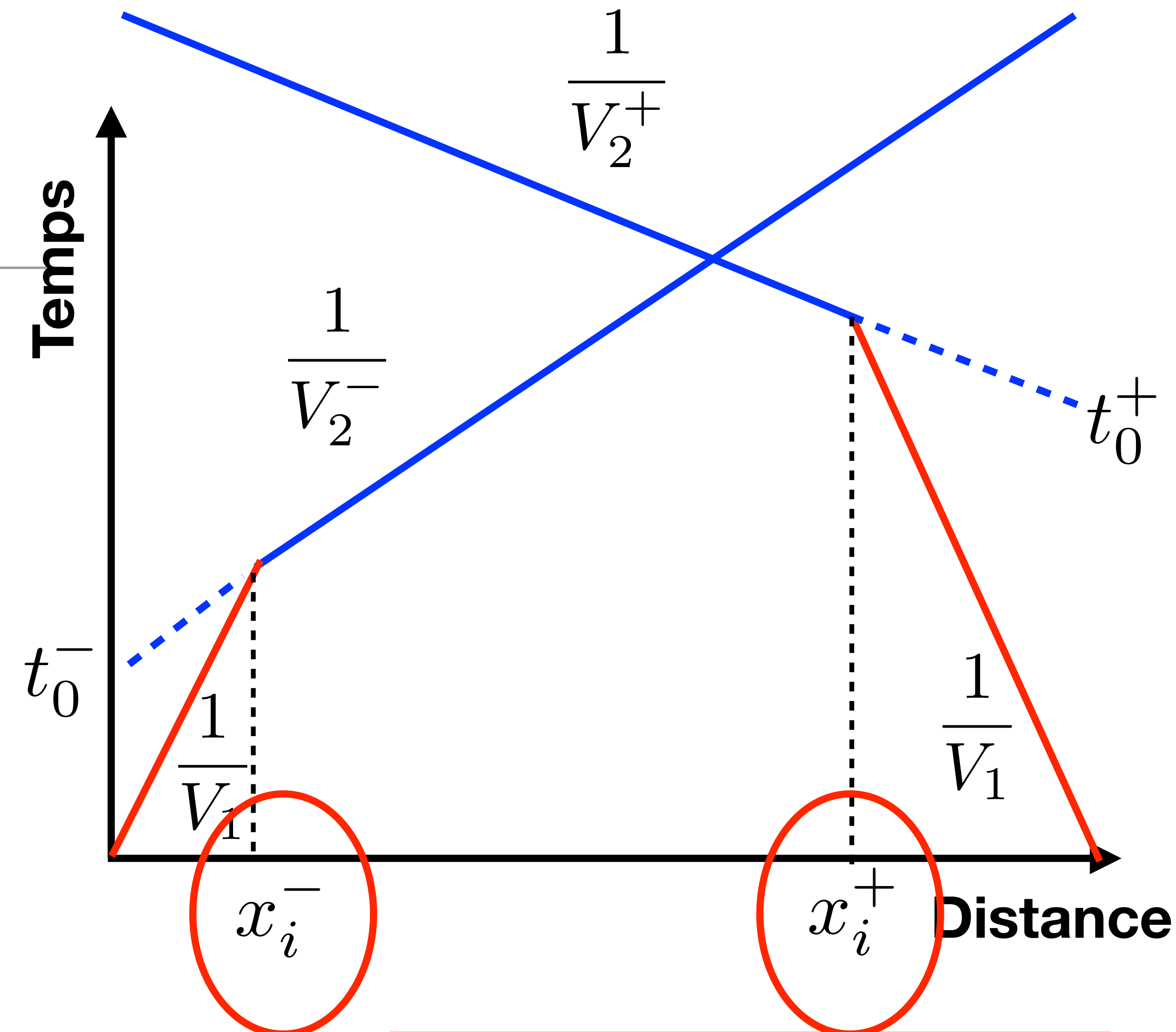
Pour les tirs en A et en B:

$$T_{AB}^- = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(2h_A + x\sin\alpha) + \frac{x\cos\alpha}{V_2} \longrightarrow T_0^- = T_{AB}^-\big|_{x=0} = \frac{2h_A\cos\theta_c}{V_1}$$

$$T_{AB}^+ = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(2h_B - x\sin\alpha) + \frac{x\cos\alpha}{V_2} \longrightarrow T_0^+ = T_{AB}^+\big|_{x=0} = \frac{2h_B\cos\theta_c}{V_1}$$

Distances de croisement

Quelles sont les distances de croisement ?



Le temps de parcours était:

$$T_{AB} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(h_A + h_B) + \frac{\overline{AB}\cos\alpha}{V_2}$$

Pour les tirs en A et en B:

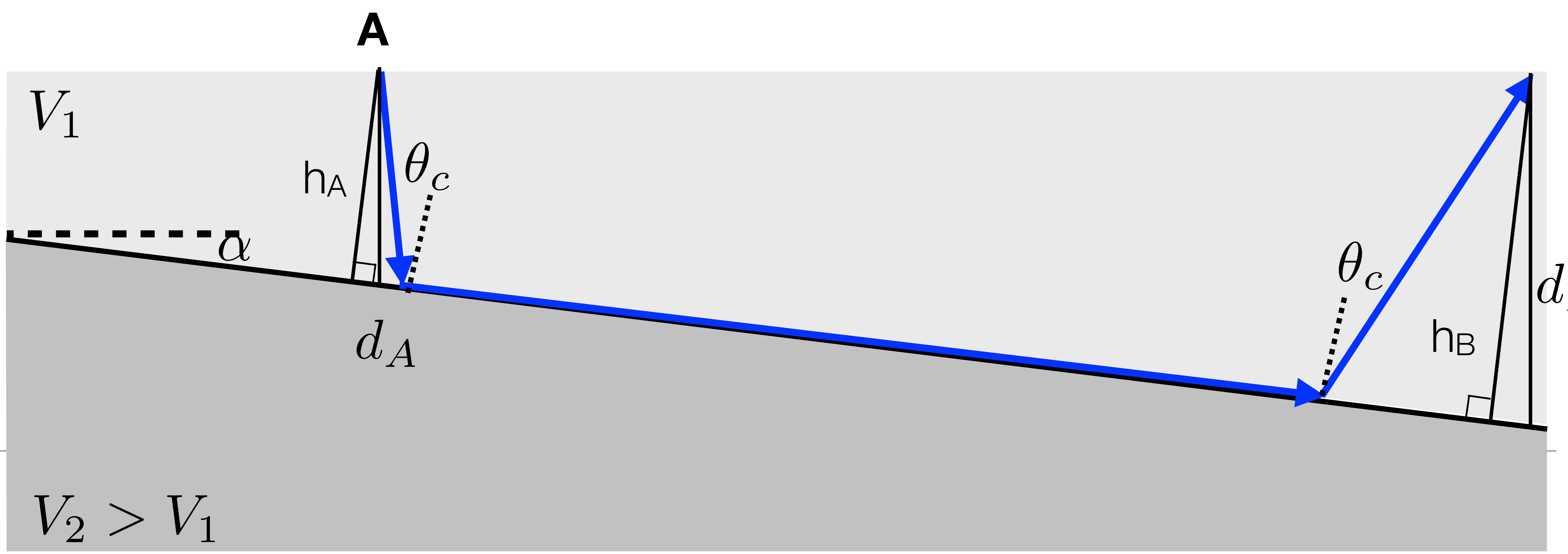
$$\frac{x_i^-}{V_1} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(2h_A + x_i^+ \sin\alpha) + \frac{x_i^- \cos\alpha}{V_2} \longrightarrow x_i^- = \frac{2h_A \cos\theta_c}{1 - \sin(\theta_c + \alpha)}$$

$$\frac{x_i^+}{V_1} = \frac{\cos\theta_c}{V_1}(2h_B - x_i^+ \sin\alpha) + \frac{x_i^+ \cos\alpha}{V_2} \longrightarrow x_i^+ = \frac{2h_B \cos\theta_c}{1 - \sin(\theta_c - \alpha)}$$

Couches inclinées

Attention! Les hauteurs h_A et h_B sont les longueurs perpendiculaires à l'interface sous les tirs en A et B! Pour retrouver les profondeurs au droit des tirs, il faut:

$$d_A = \frac{h_A}{\cos\alpha} \qquad d_B = \frac{h_B}{\cos\alpha}$$



Interprétation d'un réfracteur incliné

1. Déterminer les vitesses V_1, V_2^+ et V_2^- directement sur les dromochroniques

2. Déterminer l'angle critique et le pendage à l'aide de:

$$\alpha = \frac{1}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^-}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^+}\right)\right]$$

$$\theta_c = \frac{1}{2}\left[\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^-}\right) + \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_2^+}\right)\right]$$

3. Déterminer la vitesse vraie du deuxième milieu:

$$V_2 = \frac{V_1}{\sin\theta_c}$$

4. Déterminer les profondeurs grâce aux distances de croisement ou aux temps d'intercepte:

$$d_A = \frac{x_i^-(1 - \sin(\theta_c + \alpha))}{2\cos\theta_c\cos\alpha} \qquad d_A = \frac{t_0^- V_1}{2\cos\theta_c\cos\alpha}$$

$$d_B = \frac{x_i^+(1 - \sin(\theta_c - \alpha))}{2\cos\theta_c\cos\alpha} \qquad d_B = \frac{t_0^+ V_1}{2\cos\theta_c\cos\alpha}$$

Corrections et limitations

Correction topographique

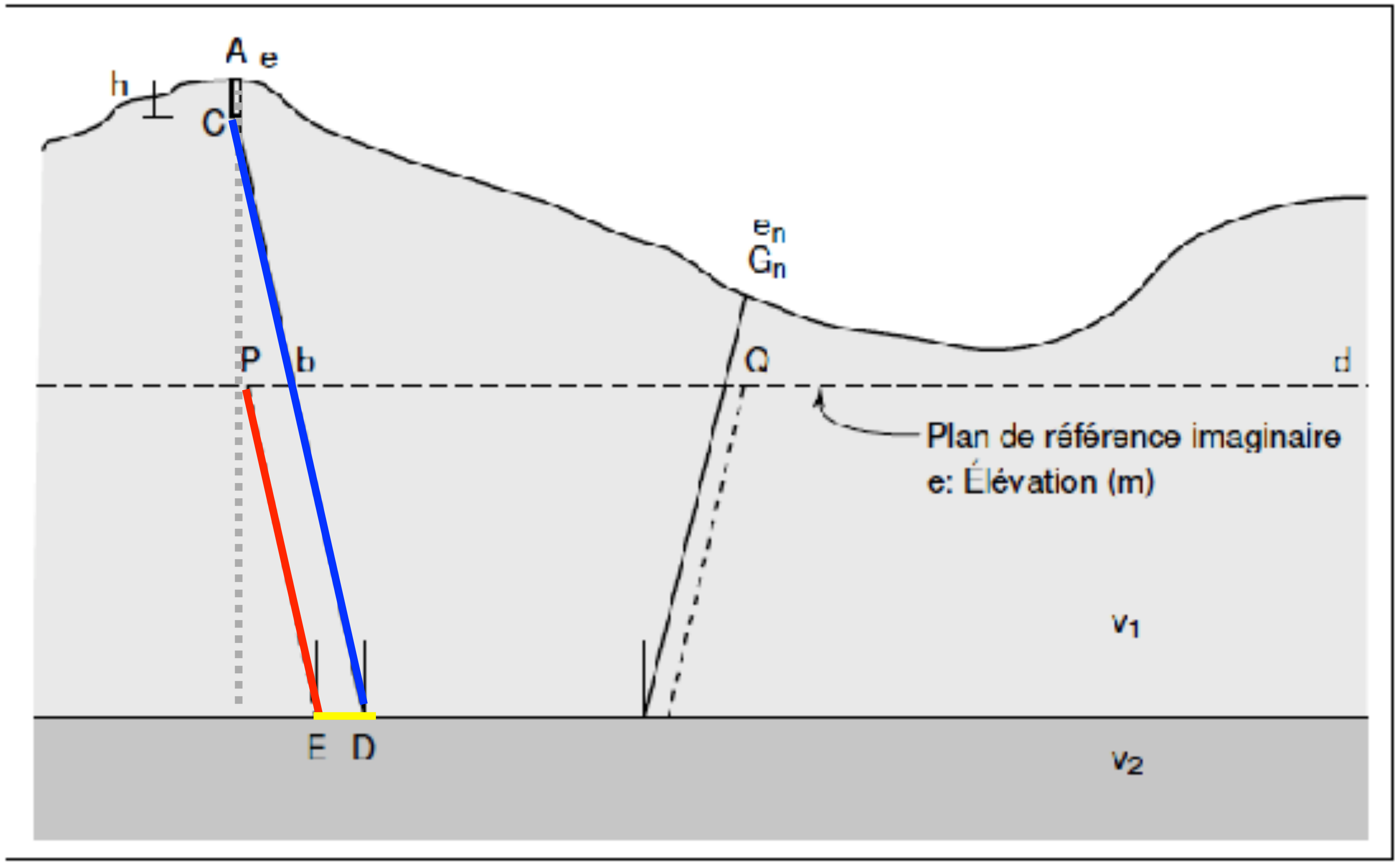
La topographie change le parcours des rais. Pour la source:

$$\Delta T = \frac{CD}{V_1} - \frac{PE}{V_1} - \frac{ED}{V_2}$$

Après un peu d'algèbre:

$$\Delta T_S = (e - h - d)\frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2}$$

e: Élévation
h: Profondeur de la source
d: Élévation de référence



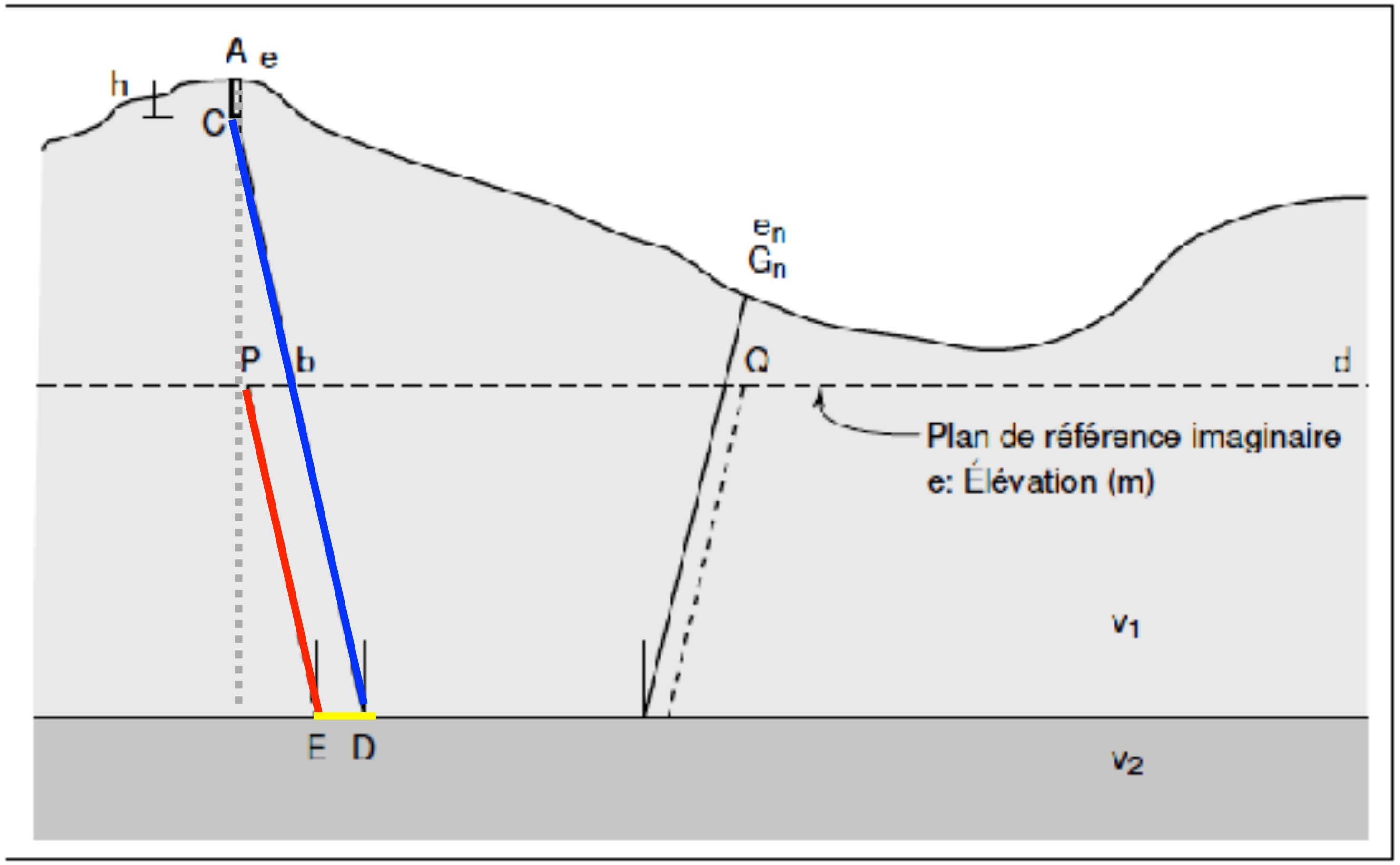
Correction topographique

La correction topographique totale est la somme des corrections de la source et du géophone:

$$\Delta T_{topo} = \Delta T_{src} + \Delta T_{rec}$$

Connaissant:

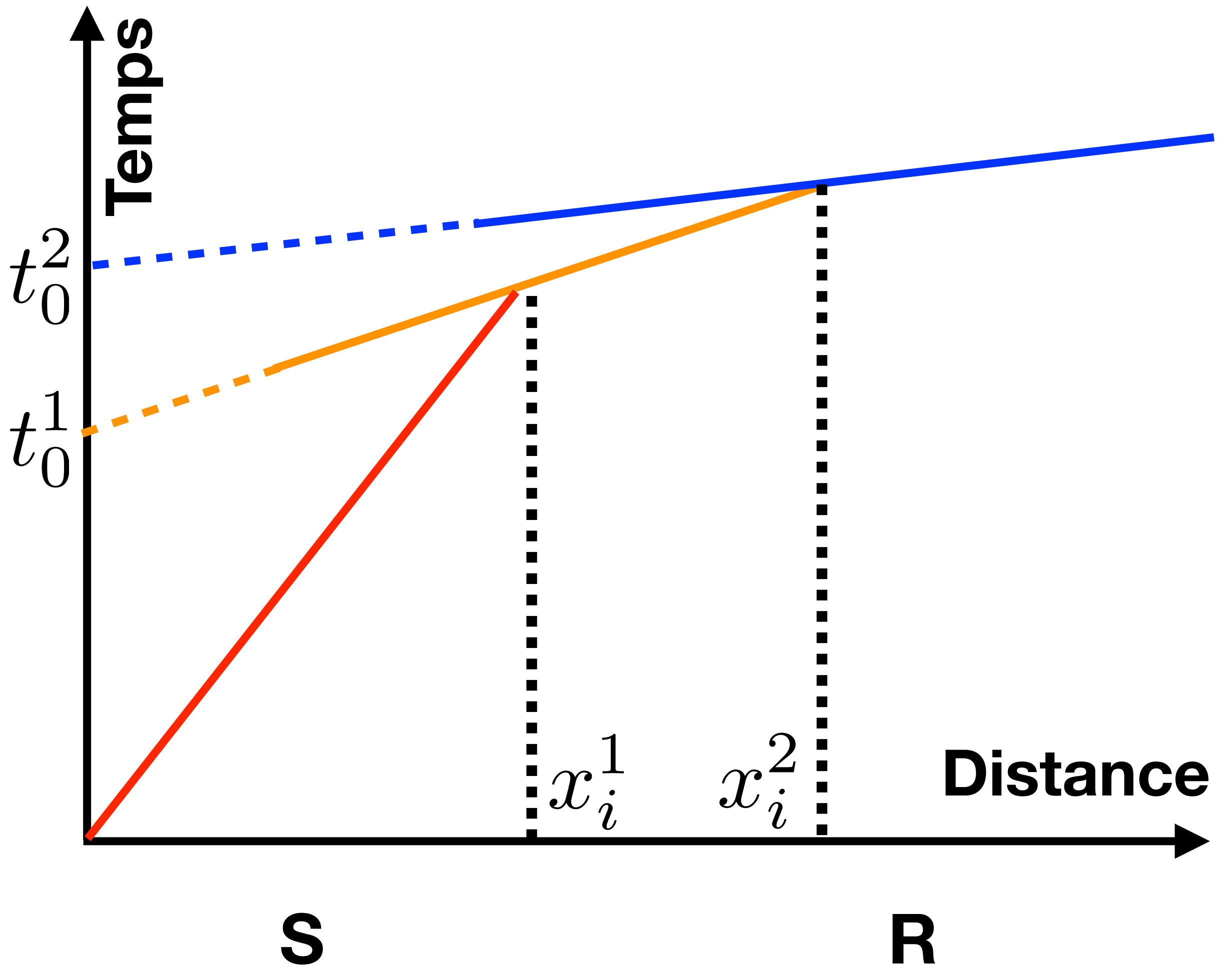
e_s: Élévation de la source
e_r: Élévation du géophone
h: Profondeur de la source
d: Élévation de référence

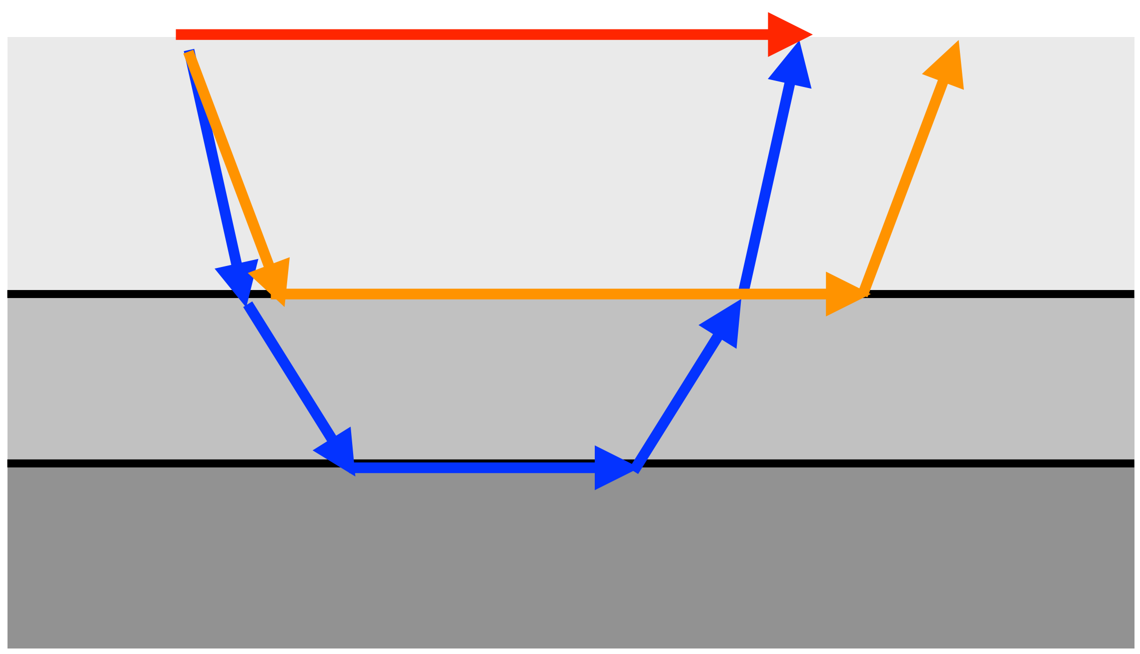


$$\Delta T_{topo} = (e_s + e_r - h - 2d)\frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_1 V_2}$$

Couche cachée

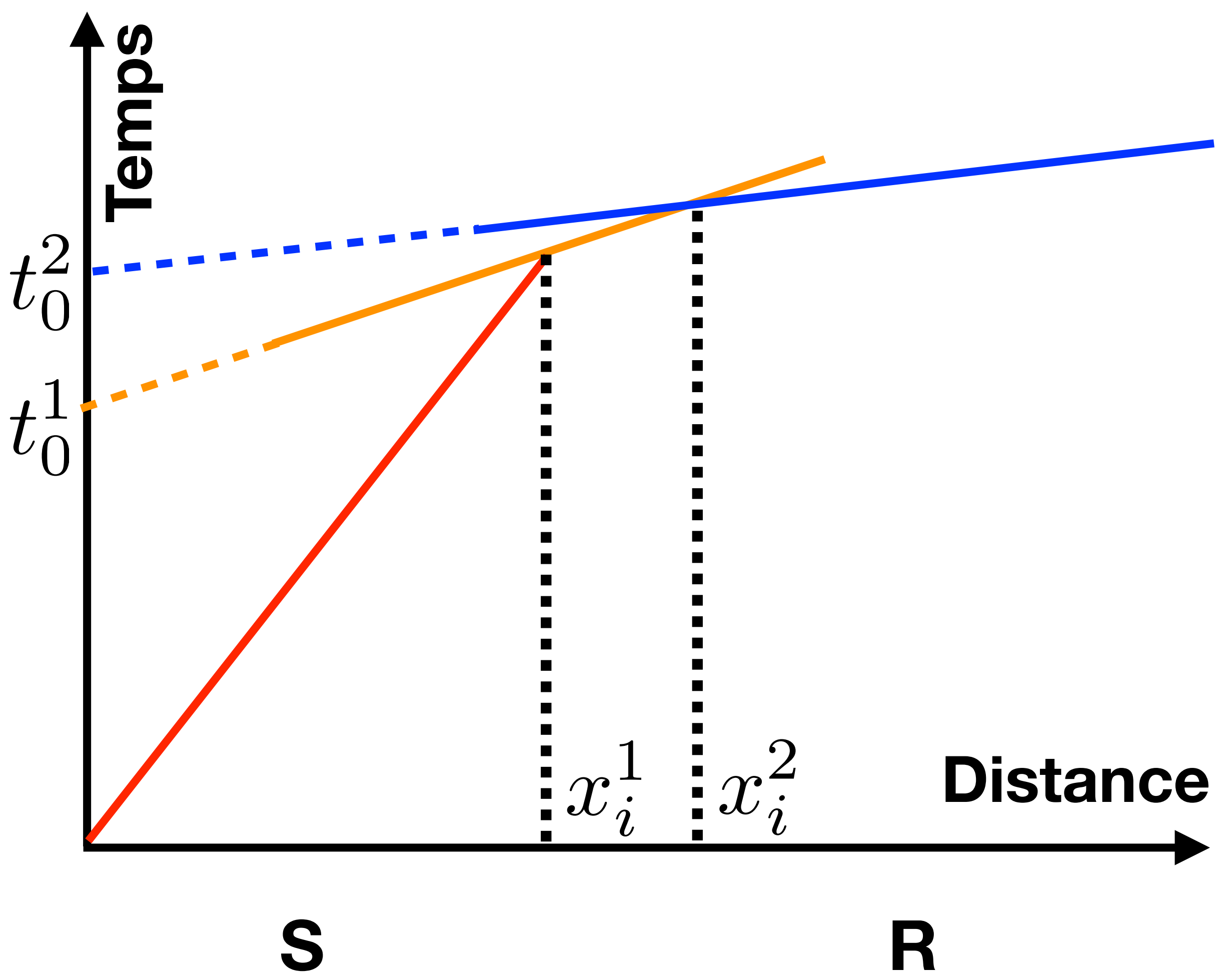
Que se passe-t-il lorsqu'une couche intermédiaire s'amincit ?

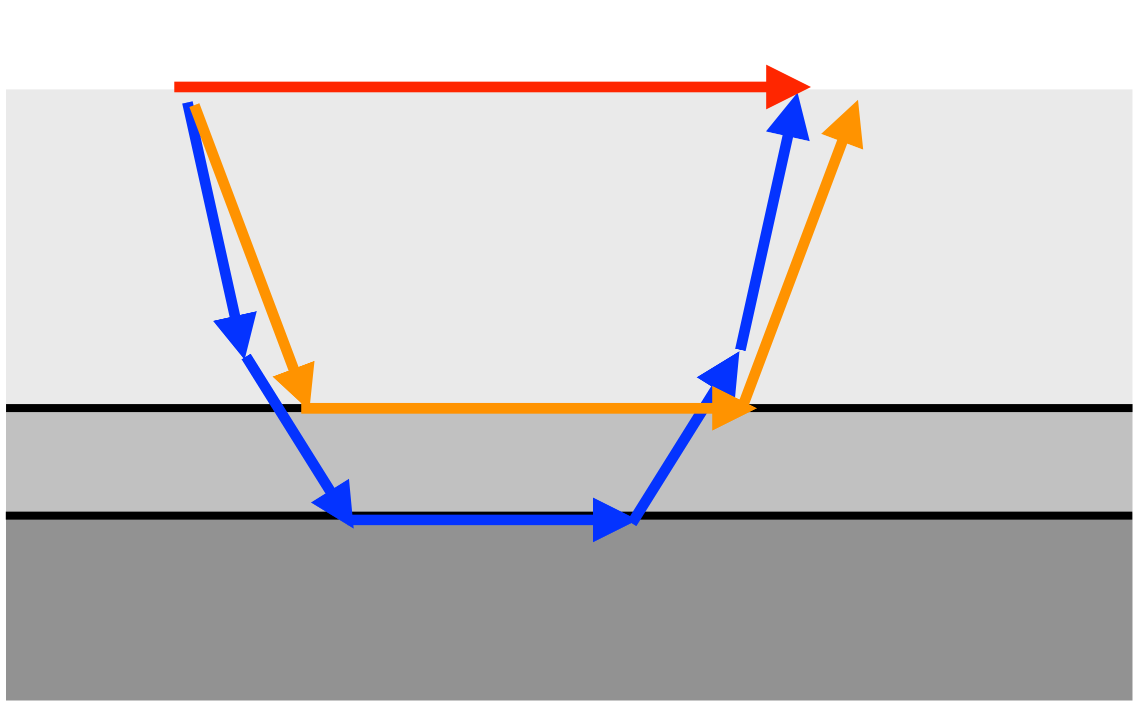




Couche cachée

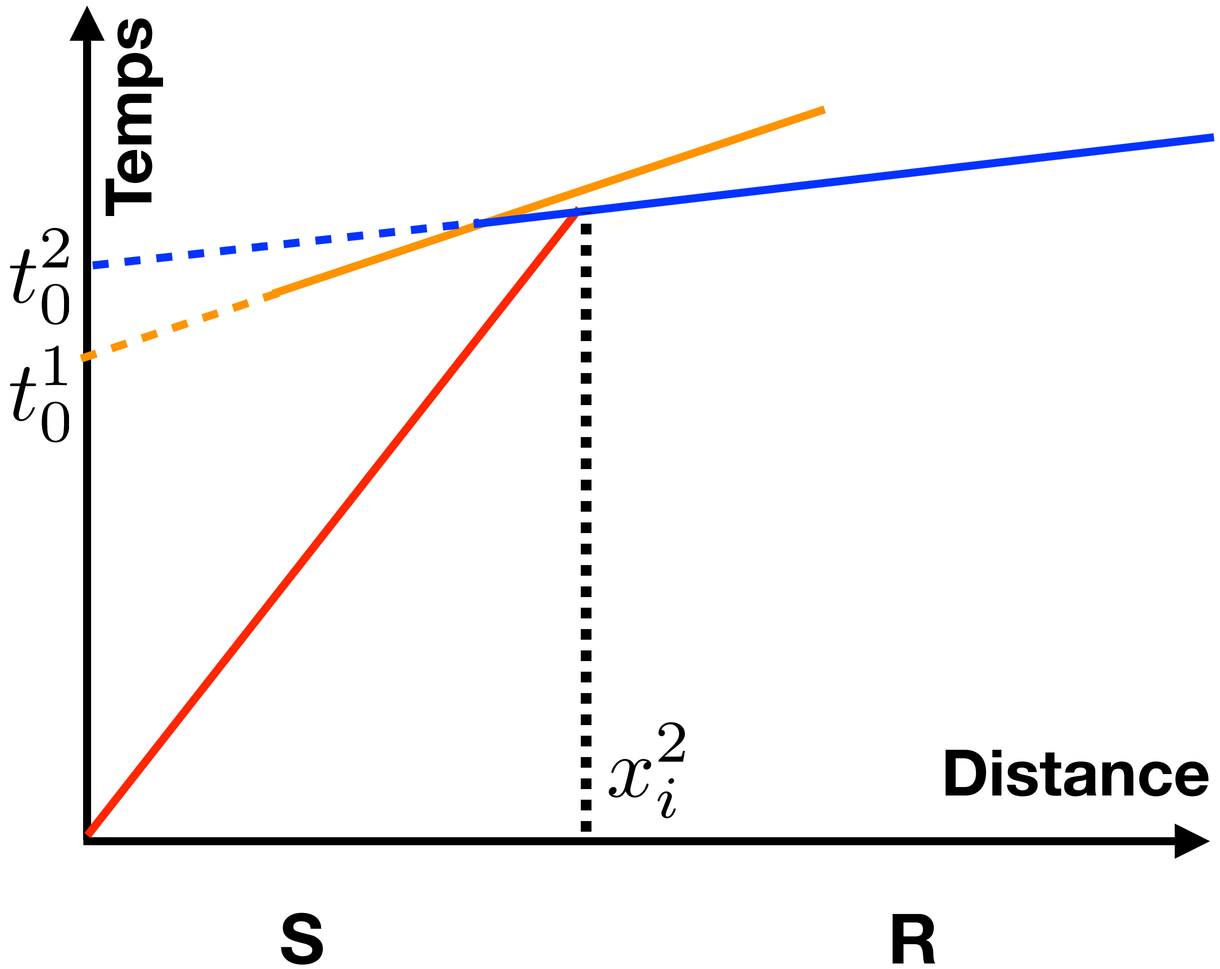
Que se passe-t-il lorsqu'une couche intermédiaire s'amincit ?

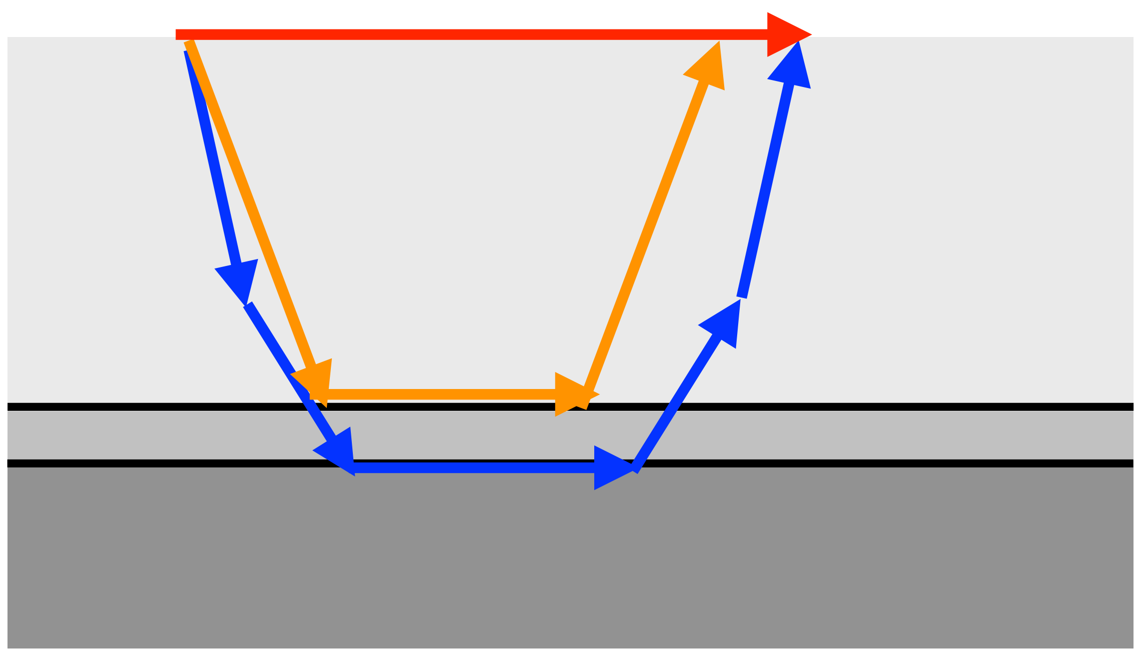




Couche cachée

Que se passe-t-il lorsqu'une couche intermédiaire s'amincit ?





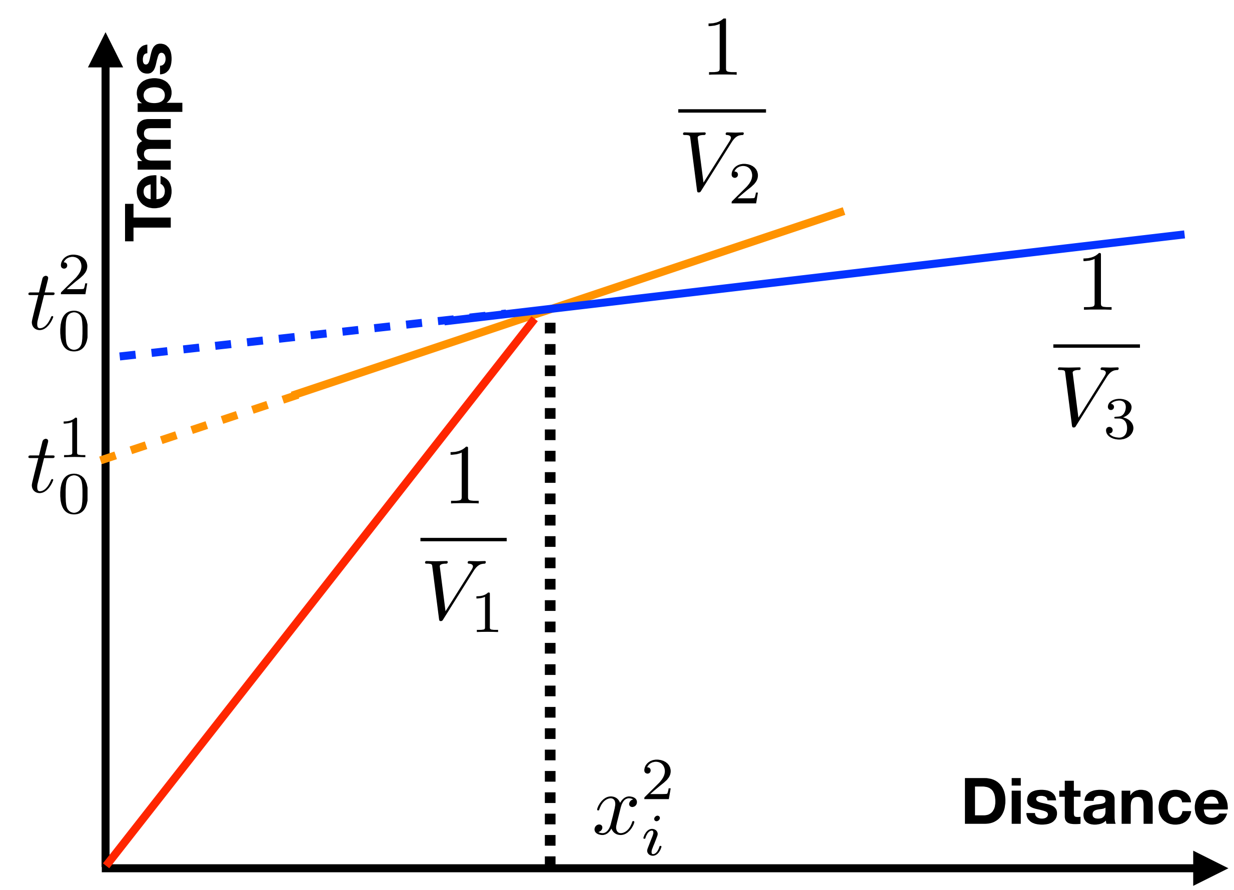
Couche cachée

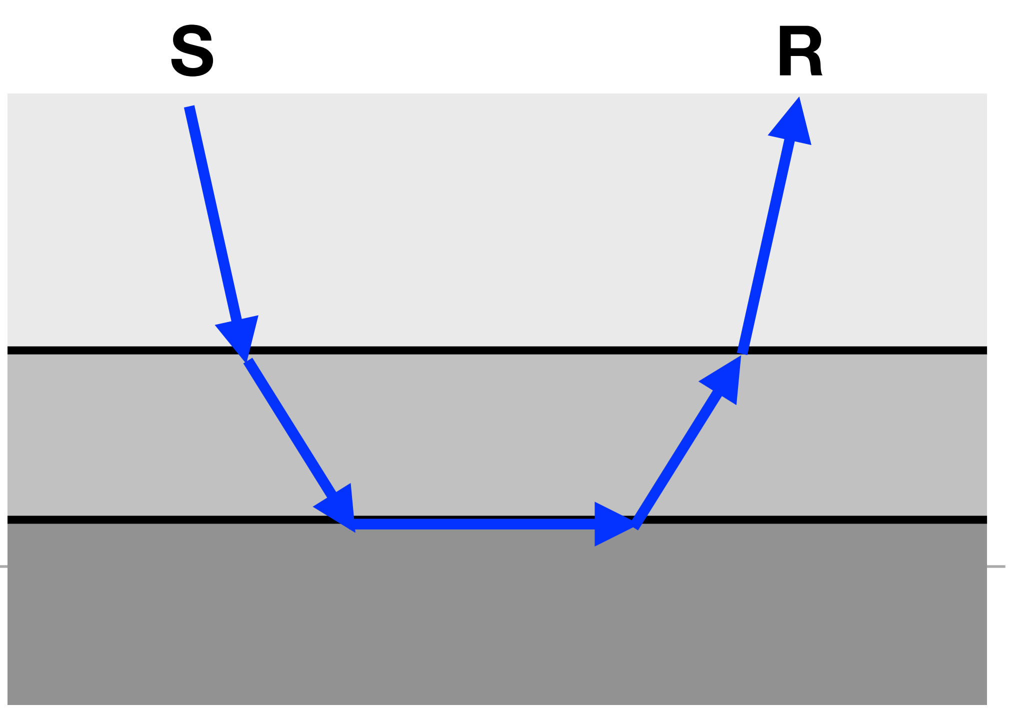
Une couche cachée est une couche dont la réfraction ne devient jamais une première arrivée!

Les causes:

- Contraste de vitesse trop faible
- Épaisseur trop faible
- Espacement des géophones trop grands

Dans ce cas, la profondeur du réfracteur visible sera erronée!





Couche cachée: correction

On peut corriger pour une couche cachée dans le cas simple d'un milieu à 3 couches horizontales.

Pour cela, il faut connaître la vitesse V_2 et une des épaisseurs.

Facteur de correction

$$C = \sqrt{\frac{V_1^2/V_2^2 - V_1^2/V_3^2}{1 - V_1^2/V_3^2}}$$

V_2 et $h_r = h_1 + h_2$

$$h_1 = \frac{h' - h_r C}{1 - C}$$

$$h_2 = h_r - h_1$$

V_2 et h_1

$$h_2 = \frac{(h' - h1)}{C}$$

V_2 et h_2

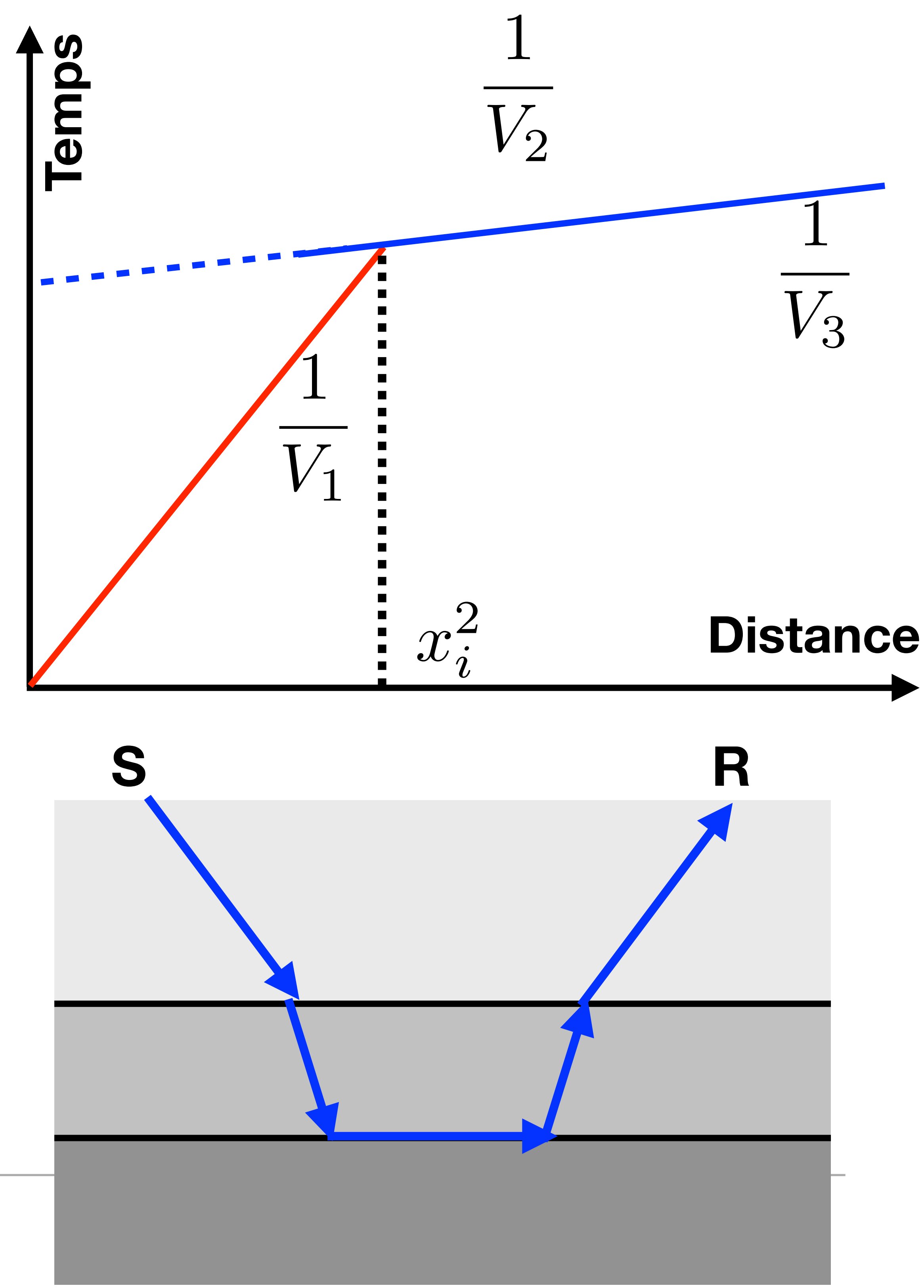
$$h_1 = h' - h_2 C$$

Inversion de vitesse

En présence d'une inversion de vitesse (V2 < V1):

- Aucune réfraction critique n'est possible
- La dromochronique ne peut donc montrer un bris de pente pour cette couche
- L'interprétation sera un modèle à 2 couches
- La profondeur du réfracteur sera exagérée

La sismique réfraction n'est pas applicable dans ce cas!

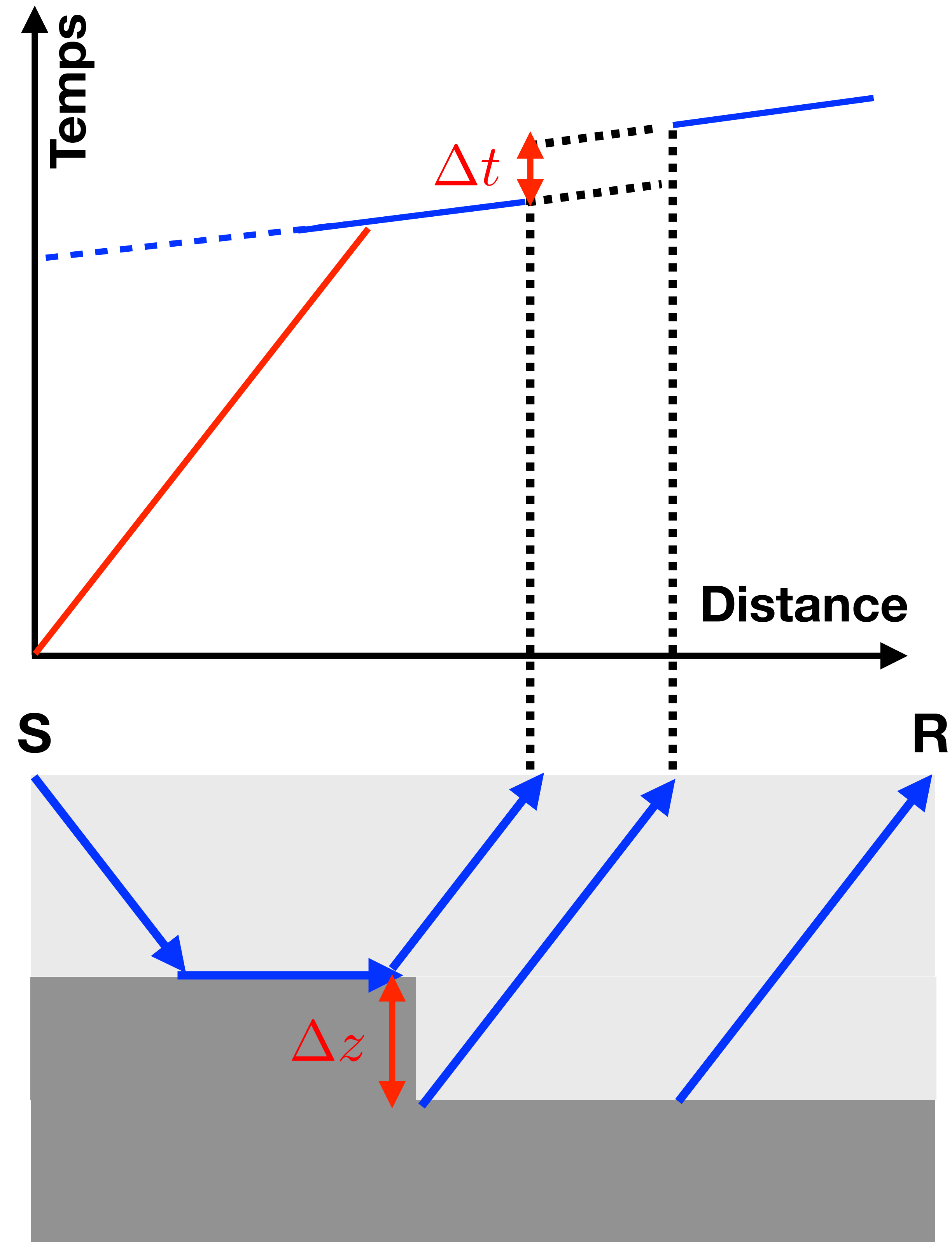


Faille

Une faille ou une dépression brusque du roc causera des discontinuités de la dromochronique.

Lorsque la hauteur de la discontinuité est faible par rapport à la profondeur du réfracteur, la hauteur peut être approximée par:

$$\Delta z = \frac{\Delta t V_1 V_2}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$



Anomalies courantes

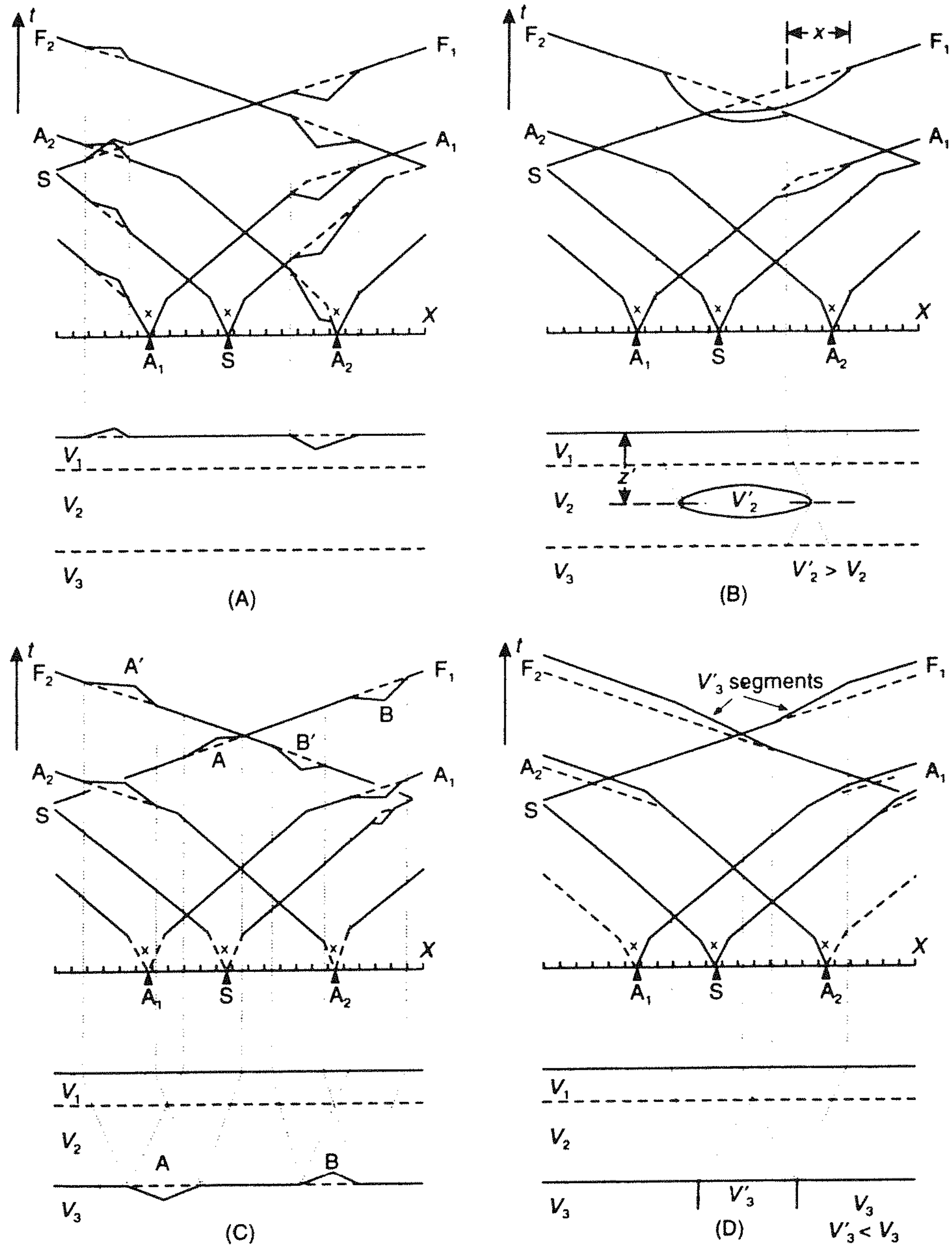
Quelques anomalies courantes observées sur les dromochroniques:

A. Variations topographiques rapides ou changement local de vitesse de la couche 1

B. Lentille de vitesse anormale

C. Topographie localisée du réfracteur

D. Changement de vitesse locale du réfracteur



Corrections et limitations

Bref, les dromochroniques sont rarement des droites parfaites en pratique, ce qui rend l’interprétation non triviale!