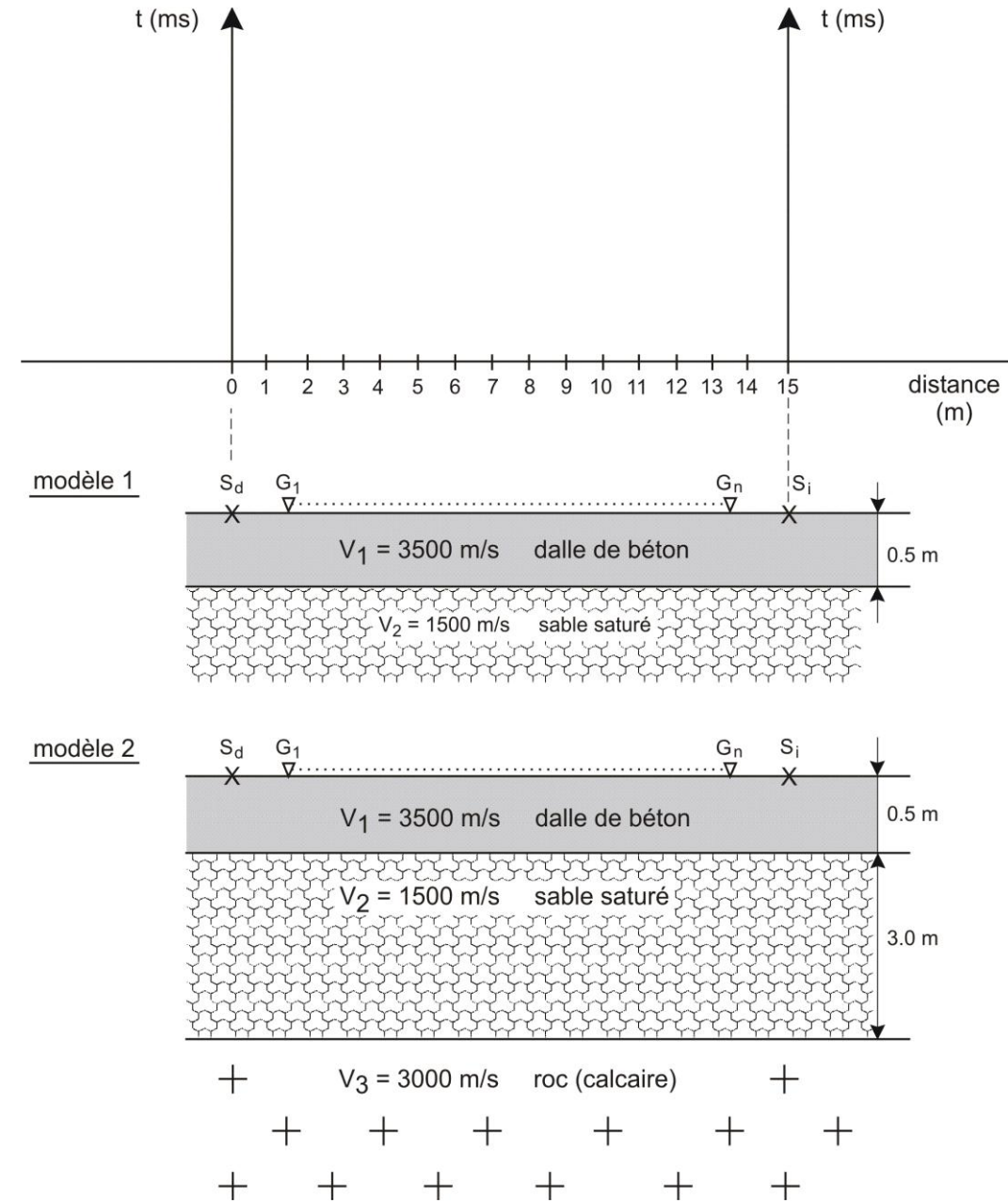


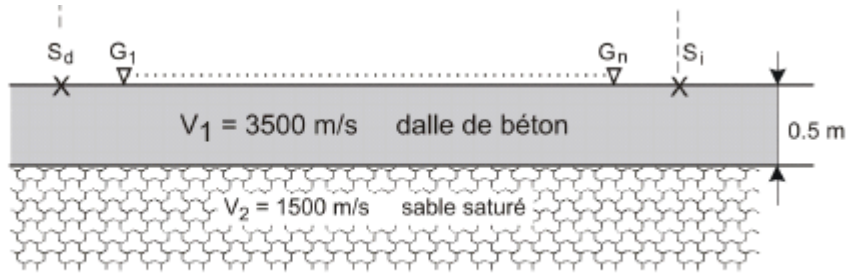
### Question 1

À la figure suivante on présente le cas de 2 modèles de couches à être évalué par la méthode de sismique réfraction. Le premier modèle (modèle 1) est constitué d'une dalle de béton de bonne qualité ( $V_1 = 3500$  m/s) reposant sur du sable saturé ( $V_2 = 1500$  m/s). Le deuxième (modèle 2) est constitué du 1<sup>er</sup> modèle (dalle de béton sur sable saturé) reposant au-dessus d'un socle calcaire très sain ( $V_3 = 3000$  m/s).

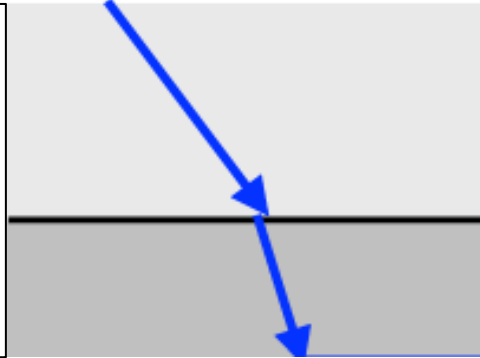
Q : on vous demande de tracer les dromochroniques (tirs direct et inverse) pour ces 2 modèles. Le dispositif utilisé a 15 m entre les 2 tirs (direct et inverse) et on supposera qu'on a une très grande quantité de géophones entre les 2 tirs de telle manière qu'on obtient des dromochroniques continues. Justifiez votre détermination des dromochroniques.



modèle 1



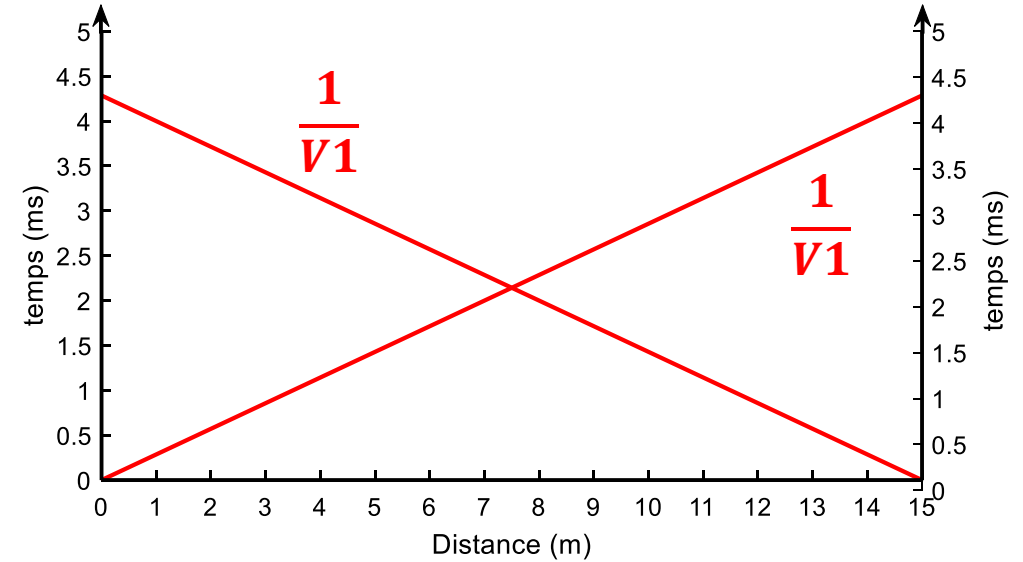
S



L'angle critique est donné par:

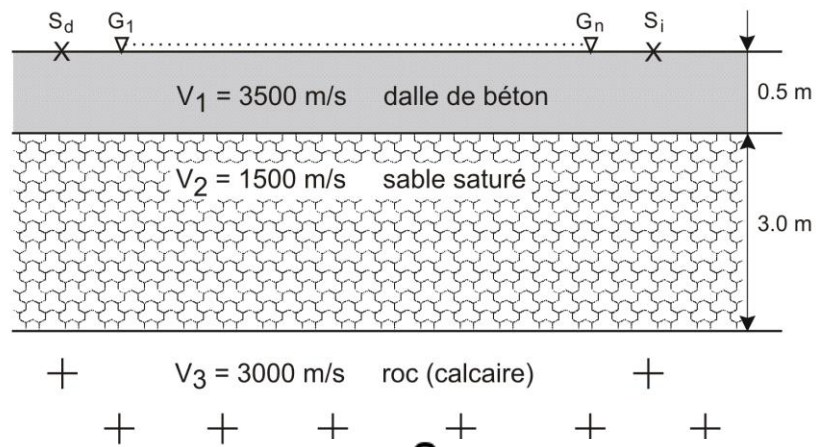
$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

- La réfraction critique ne survient que si  $V_2 > V_1$



- Pour le modèle 1 :  $V_1 > V_2 \rightarrow$  Pas de réfraction critique.
- La réfraction de la deuxième couche ne devient pas une première arrivée.
- On obtient une dromocronique linéaire correspondant à l'onde directe qui voyage dans la première couche.

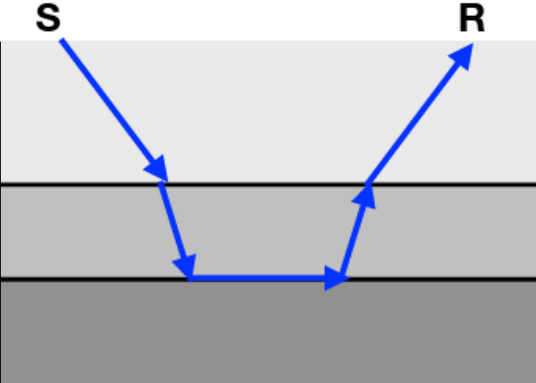
## modèle 2



L'angle critique est donné par:

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

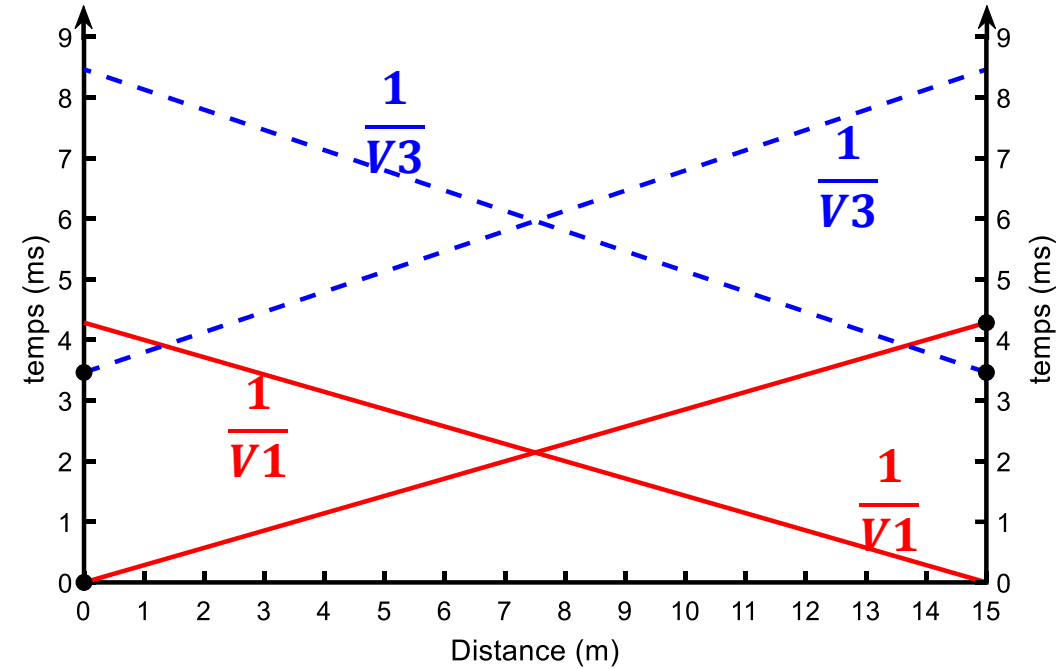
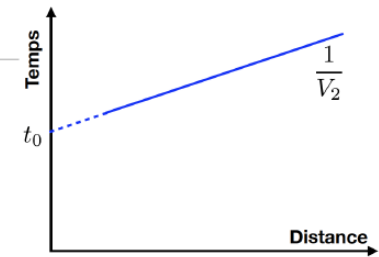
$$\theta_t = \sin^{-1} \left( \frac{V_2}{V_1} \sin \theta_i \right)$$



## Temps d'intercepte

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

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



- Pour le modèle 2 :  $V_1 > V_2 \rightarrow$  Pas de réfraction critique.  
 $V_2 < V_3 \rightarrow$  réfraction critique possible
- La réfraction de la 2<sup>ème</sup> couche  $V_2$  ne devient pas une 1<sup>ère</sup> arrivée.

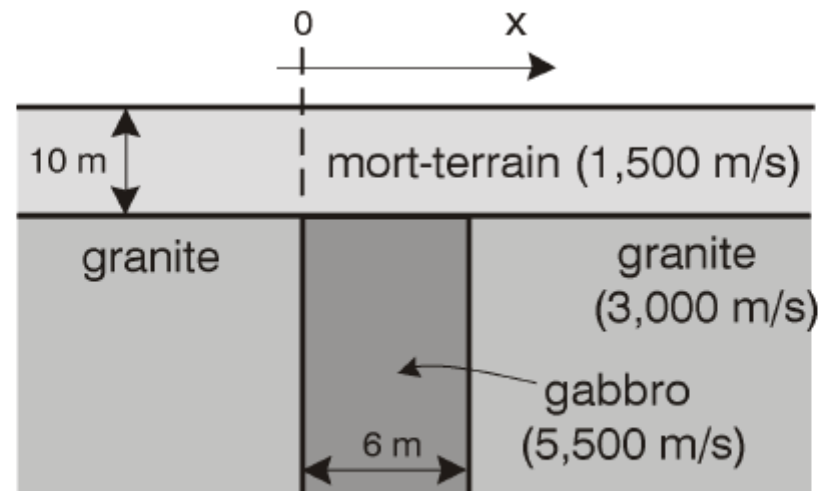
**!! Attention  $V_1 > V_3 \rightarrow$  la pente du 2<sup>ème</sup> segment ( $1/V_3$ ) doit être plus grande de la pente du 1<sup>er</sup> segment ( $1/V_1$ )  
L'onde réfractée de  $V_3$  n'arrivera jamais avant l'onde directe de  $V_1$ .**

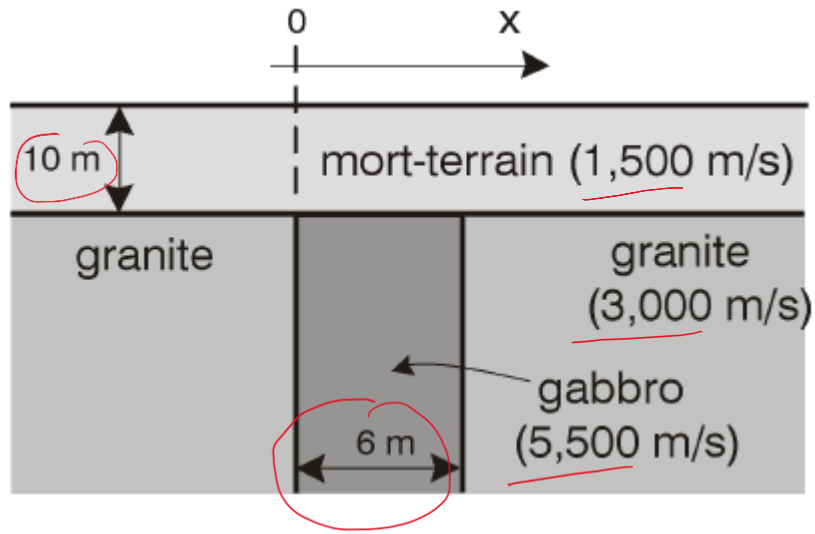
- On obtient une dromocronique composée d'un segment linéaire, puisque l'onde réfractée par la 3<sup>ème</sup> couche  $V_3$  sera toujours masquée par la première arrivée de l'onde directe de  $V_1$ .

### Question 2

On veut pouvoir mettre en évidence par sismique réfraction une intrusion de gabbro dans le socle granitique situé à 10 mètres sous le mort-terrain (figure 2). On veut également obtenir les trois vitesses  $V_1$ ,  $V_2$  et  $V_3$ .

Quelle devrait être la longueur minimale du dispositif (distance source-dernier géophone), la position du premier tir ( $x_0$ ), et l'espacement entre les géophones pour obtenir les épaisseurs du mort-terrain et du dyke ainsi que leurs vitesses ? Tracez la dromochronique représentant la réponse du sous-sol.





- La longueur minimale du dispositif doit être suffisante pour que les ondes réfractées des couches les plus profondes (granite et gabbro) soient les premières à arriver à certains géophones.
- Pour le granite, l'onde réfractée doit dépasser l'onde directe du mort-terrain .
- Pour le gabbro, il faut s'assurer que l'onde réfractée du gabbro soit également enregistrée comme première arrivée.
- Un réflecteur doit au moins produire **trois premières arrivées**.

## Espacement des géophones

L'espacement des géophones devrait permettre d'observer la pente de chaque arrivée:

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

Pour  $V_1 = 300$  m/s et  $V_2 = 4500$  m/s et  $h = 1$  m:

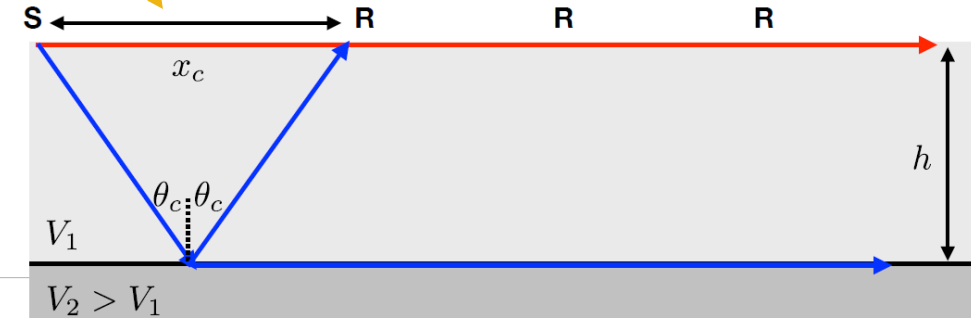
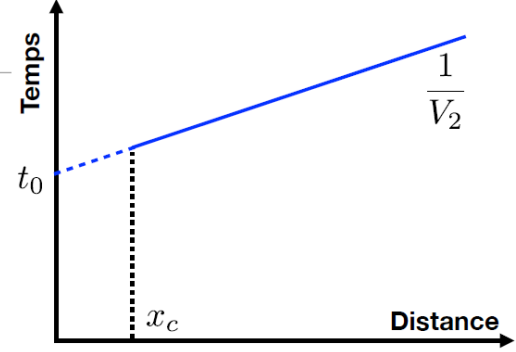
$$\bullet x_i = 2.14 \text{ m}$$

**Règle de pouce:** Chaque réfracteur devrait produire une arrivée sur au moins 3 capteurs

## Distance critique

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

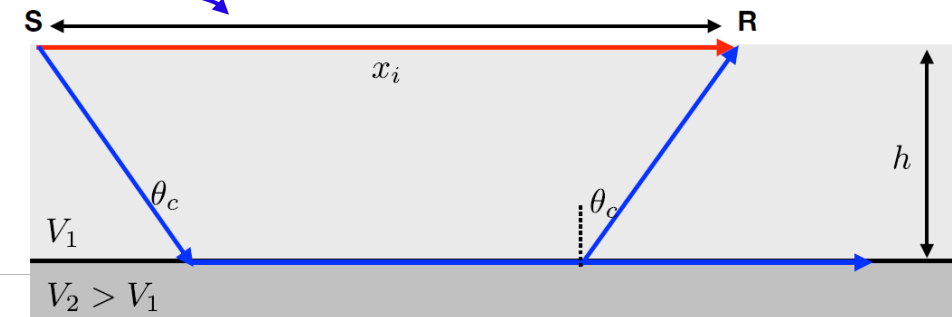
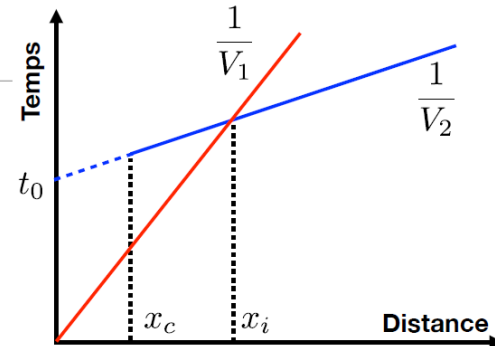
$$x_c = \frac{2hV_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$



## Distance de croisement

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

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

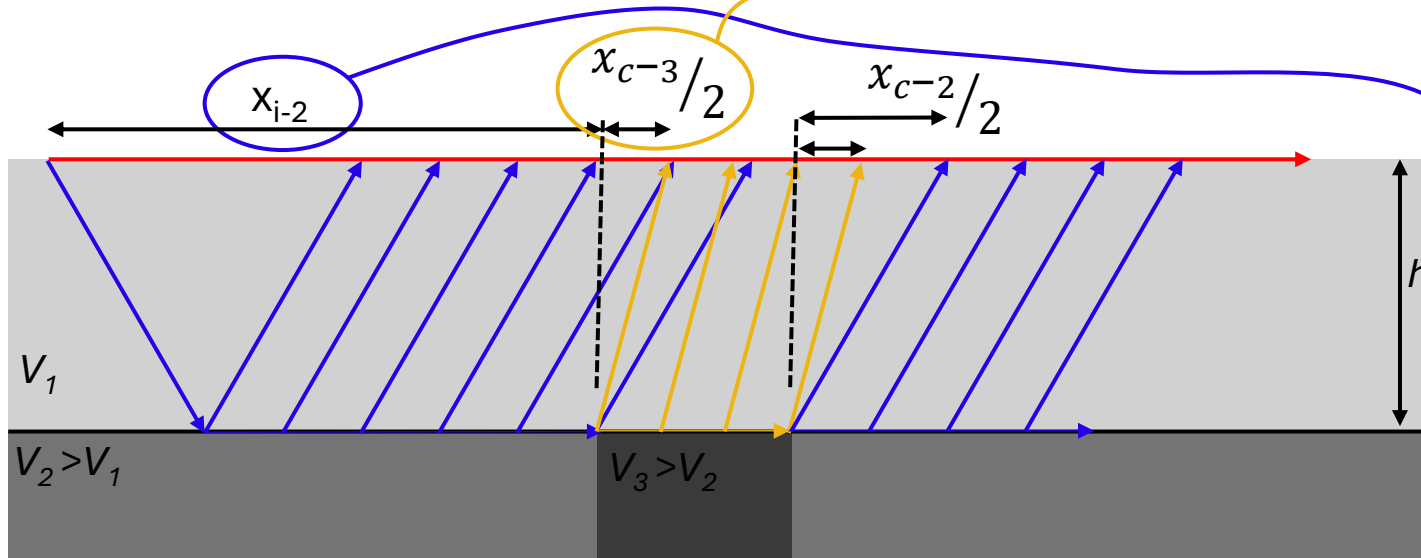


L'angle critique est donné par:

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

$$\theta_{c-2} = 30^\circ$$

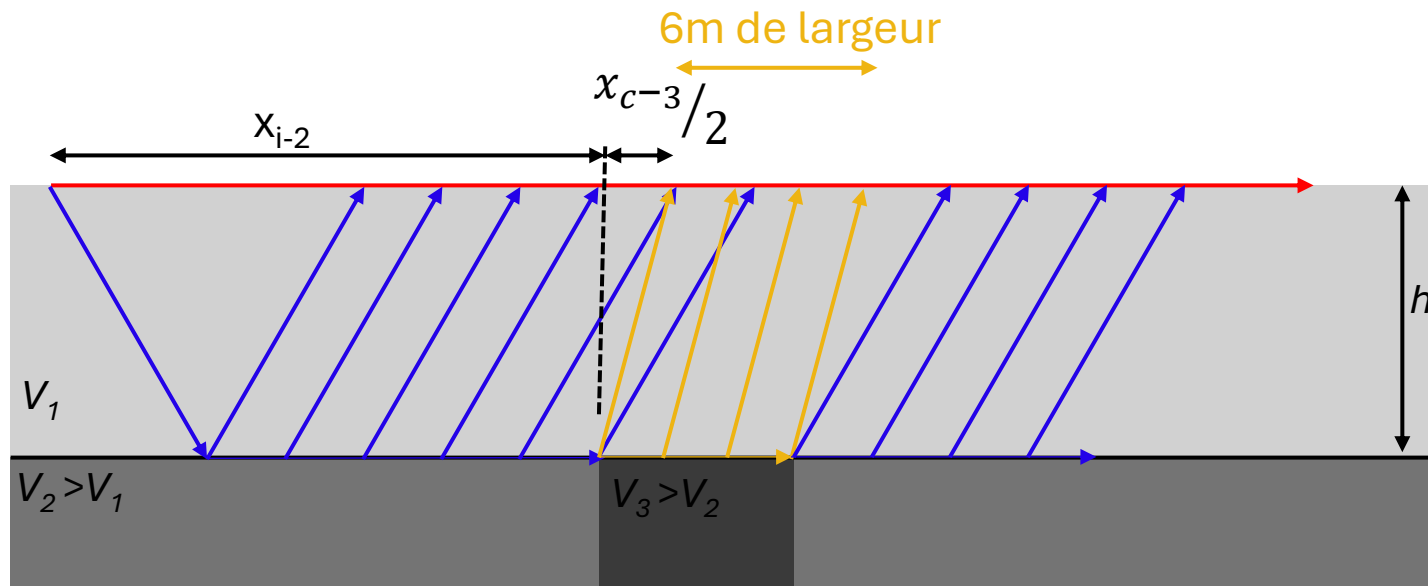
$$\theta_{c-3} = 15.8^\circ$$



$x_{i-2} = 34.6 \text{ m}$  → La distance à laquelle l'onde réfractée par le granite produira des premières arrivées.

$x_{c-3}/2 = 5.7/2 = 3 \text{ m}$  → La distance à partir de laquelle l'onde réfractée par le gabbro produira des premières arrivées, une fois le front d'onde rentre en contact avec le gabbro

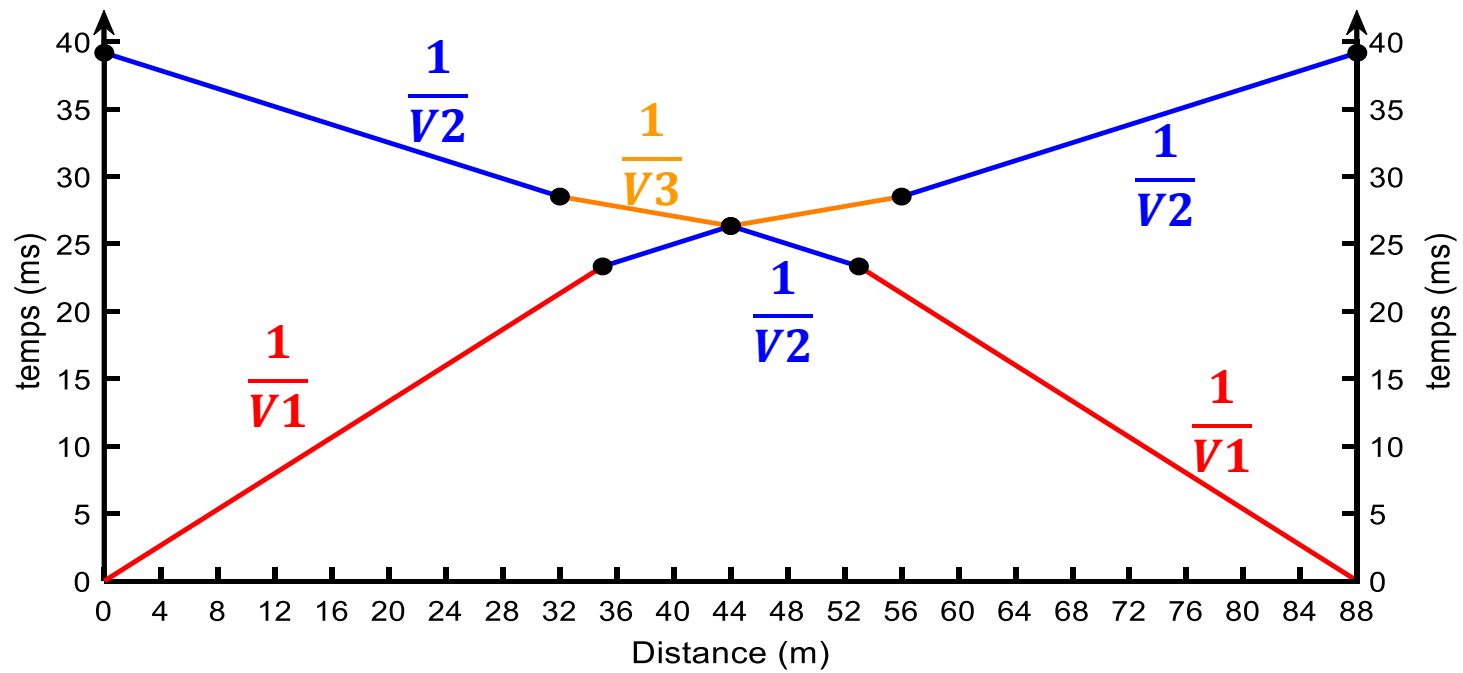
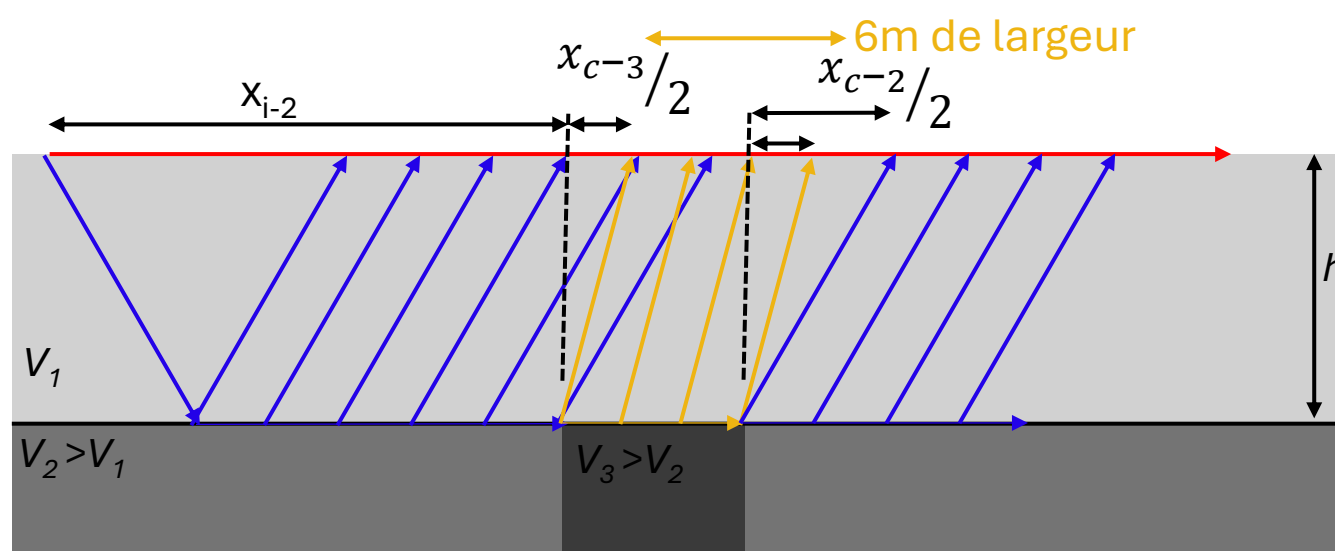
$x_{c-2}/2 = 11.5/2 = 6 \text{ m}$



- **Minimalement**, on doit reculer de 38 ( $=34.6+3$ ) m du gabbro.
- À cette distance l'onde directe produira des 1<sup>ères</sup> arrivées sur 35 m et l'onde réfracté par le granite produira des 1<sup>ères</sup> arrivées sur 3 m (!).
- Or le gabbro doit produire des 1<sup>ères</sup> arrivées sur, **au moins**, 3 géophones.
- Le gabbro étant de 6 m de largeur, la distance **maximale** inter-géophone,  $\Delta g = 6/3 = 2$  m.
- Avec  $\Delta g = 2$  m, on doit s'assurer d'intercepter le granite sur 3 arrivées, donc on doit reculer de 41m du gabbro ( $=35+2*3$ ).
- Les mêmes considérations sont à faire pour le tir indirect, et donc reculer 41 m de la limite aval du gabbro.

Configuration finale :  $L = 41+6+41 = 88$  m,  $\Delta g = 2$  m, 45 capteurs.

La configuration :  $L = 38+6+38 = 82$  m,  $\Delta g = 1$  m, serait correcte mais nécessite un grand nombre de capteurs. La plus par des systèmes d'acquisition vient un multiple de 24 capteurs



**Configuration finale :**

**$L = 41 + 6 + 41 = 88$  m,  $\Delta g = 2$  m, 45 capteurs.**

### Question 3

Un levé de sismique réfraction a été effectué à travers une discontinuité verticale dans le sol. Les données en tirs direct et inverse sont présentées au tableau 1.

- a) Expliquez pourquoi la dromochronique a l'allure que vous observez ?
- b) Déterminez autant que possible les vitesses, l'épaisseur du mort-terrain et la position de la discontinuité latérale.

TABLEAU 1

| Position du géophone<br>(m)/tir | Tir direct (ms) | Tir inverse (ms) |
|---------------------------------|-----------------|------------------|
| 10                              | 12.5            | 12.5             |
| 20                              | 25.0            | 25.0             |
| 30                              | 37.5            | 37.5             |
| 40                              | 50.0            | 50.0             |
| 50                              | 64.2            | 62,5             |
| 60                              | 69.2            | 75.0             |
| 70                              | 74.2            | 80.8             |
| 80                              | 79.2            | 85.8             |
| 90                              | 84.2            | 90.8             |
| 100                             | 89.2            | 96.7             |
| 110                             | 94.2            | 99.2             |
| 120                             | 99.2            | 101.7            |

| Distance<br>(m) | Tir<br>direct<br>(ms) | Tir<br>inverse<br>(ms) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| 20              |                       |                        |
| 10              | 12.5                  | 12.5                   |
| 20              | 25.0                  | 25.0                   |
| 30              | 37.5                  | 37.5                   |
| 40              | 50.0                  | 50.0                   |
| 50              | 64.2                  | 62.5                   |
| 60              | 69.2                  | 75.0                   |
| 70              | 74.2                  | 80.8                   |
| 80              | 79.2                  | 85.8                   |
| 90              | 84.2                  | 90.8                   |
| 100             | 89.2                  | 96.7                   |
| 110             | 94.2                  | 99.2                   |
| 120             | 99.2                  | 101.7                  |

Estimer l'épaisseur soit:

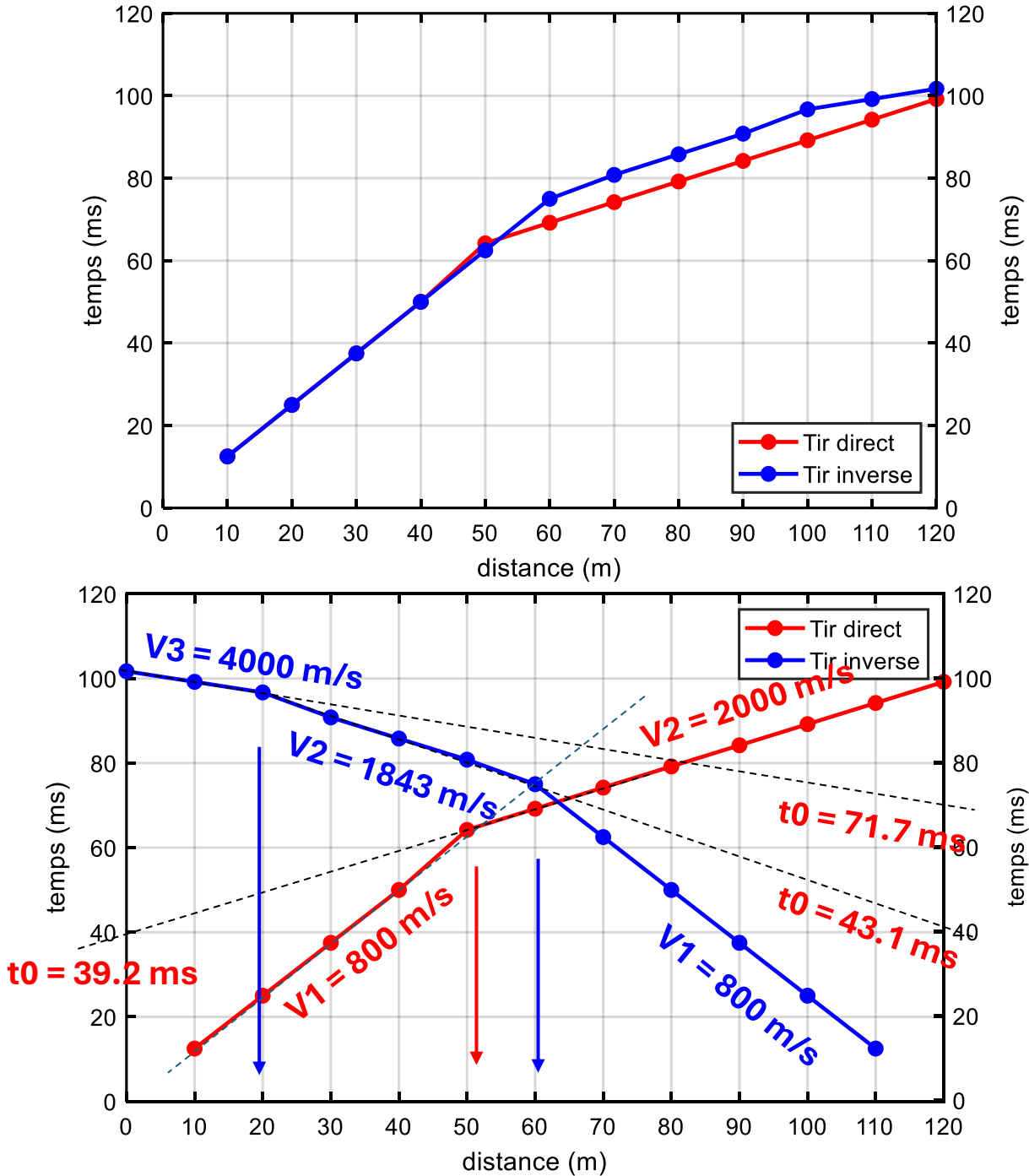
- par les temps d'intercepte:

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

- par les distances de croisement

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

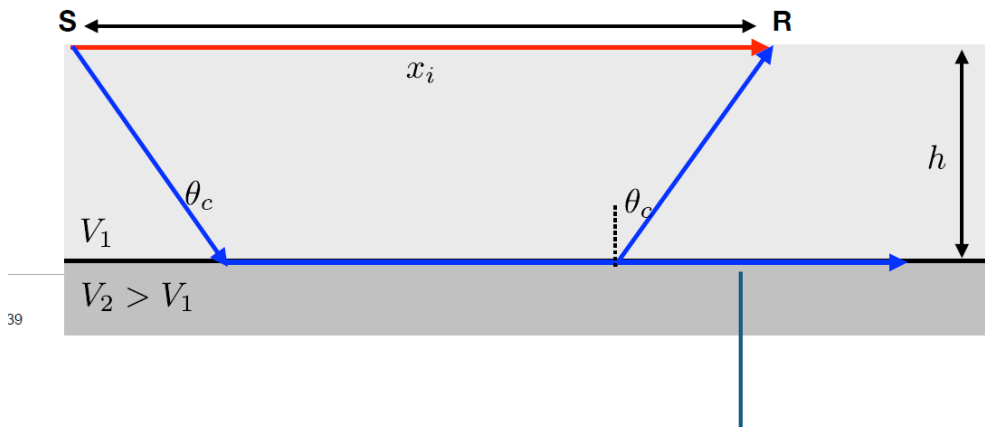
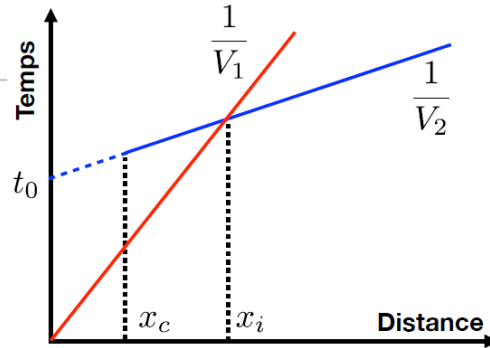
$$h_B = 19.1 \text{ m} , 18.8 \text{ m}$$



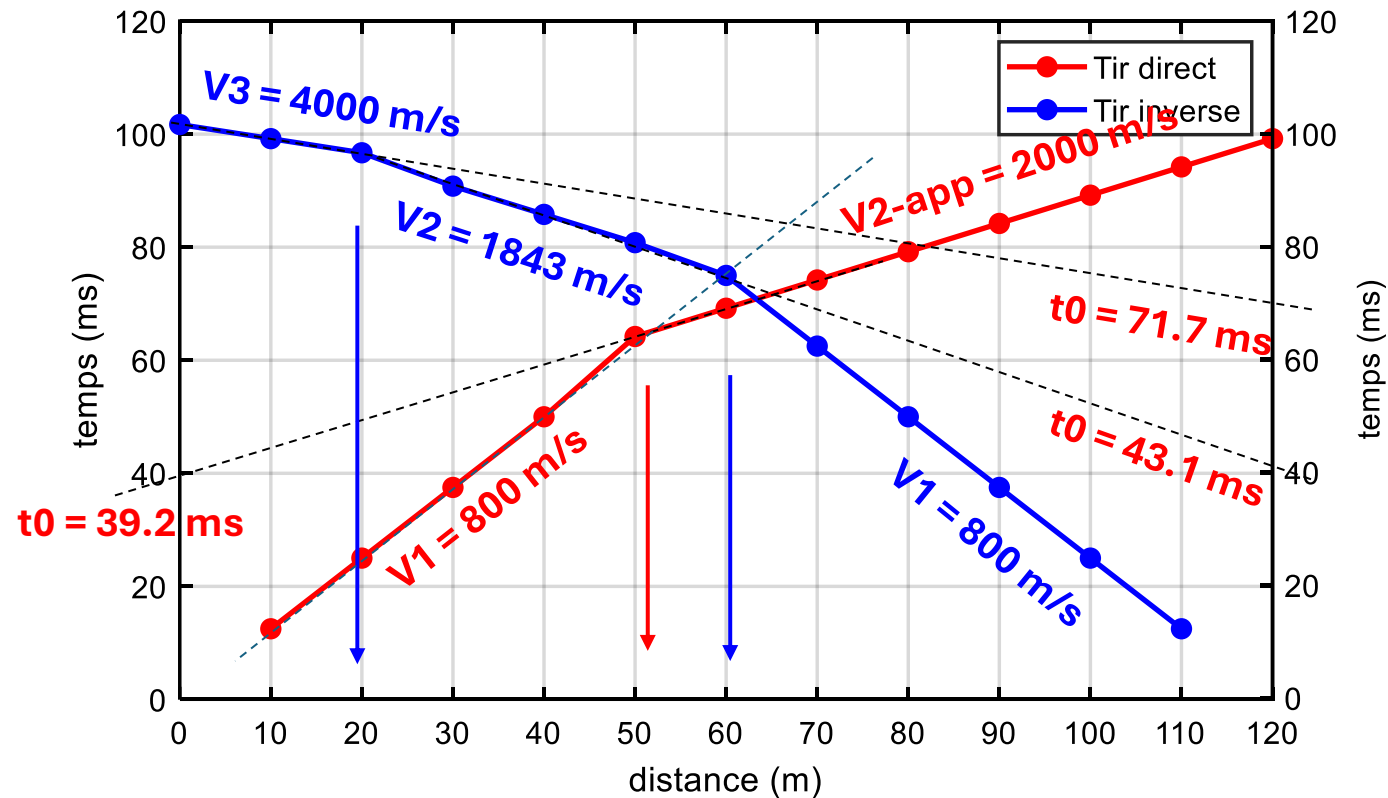
## Distance de croisement

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

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



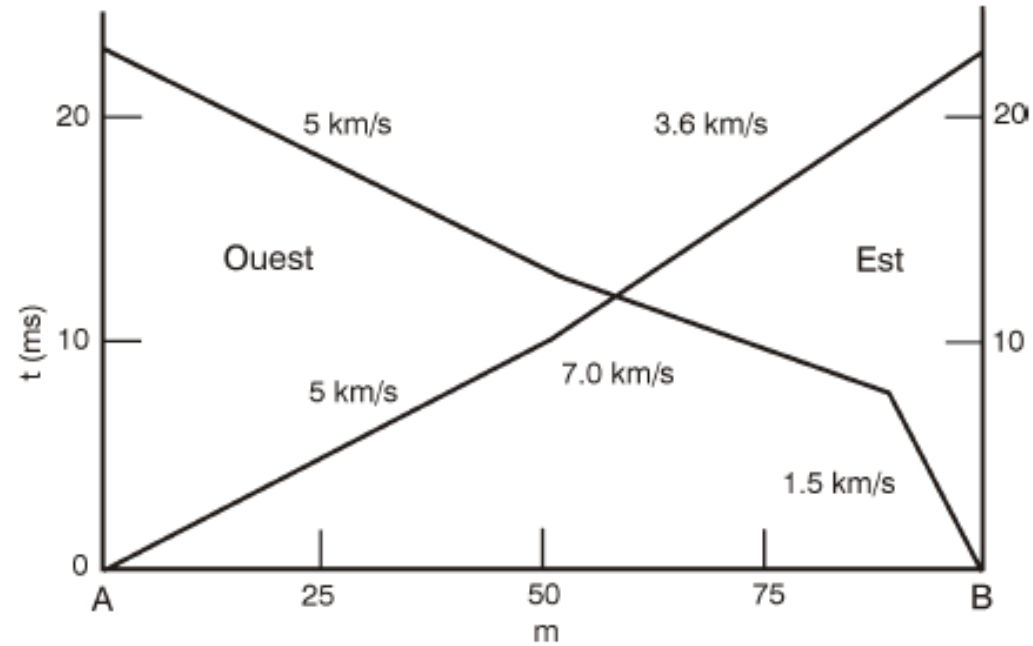
→ Discontinuité latérale se trouve avant  $x_{i-1} = 46.5$  m du tir direct. La onde réfractée par la discontinuité  $V_3$  n'a pas réussi à devenir une première arrivée sur la dromocronique du tir direct.



#### Question 4

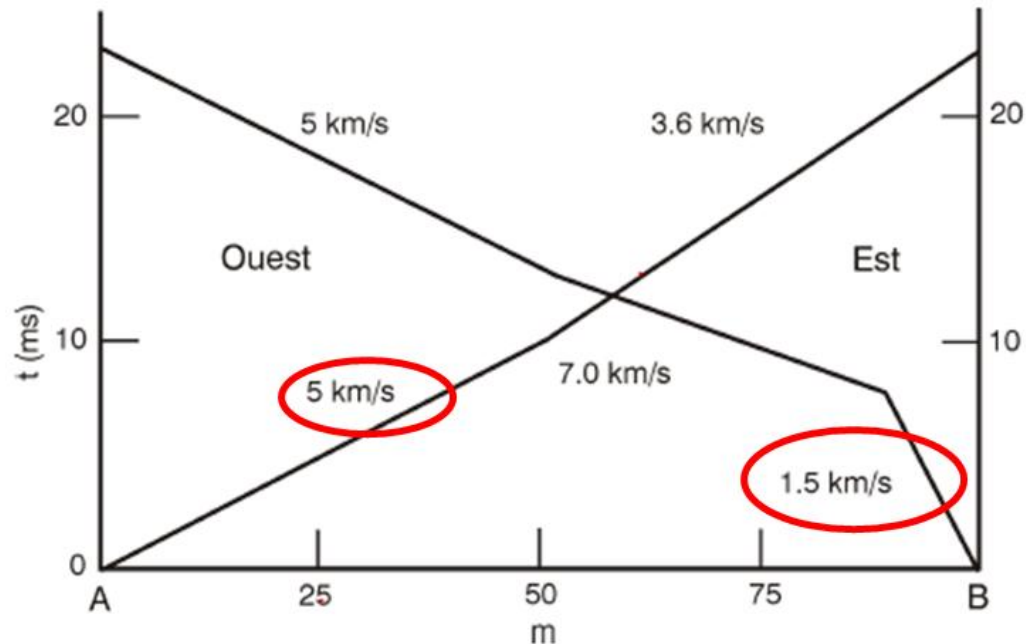
Un profil E-W (tir direct et inverse) de 100 m a été effectué en sismique réfraction à travers la limite ouest d'une vallée alluvionnaire de direction N-S creusée dans le roc. Ce profil est montré à la figure 2.

- Interprétez ces dromochroniques. Donnez le modèle du sous-sol : vitesses, épaisseurs, attitude des formations.
- Un trou vertical en B a intersecté du granite à 5 m : est-ce que cela confirme votre interprétation ?

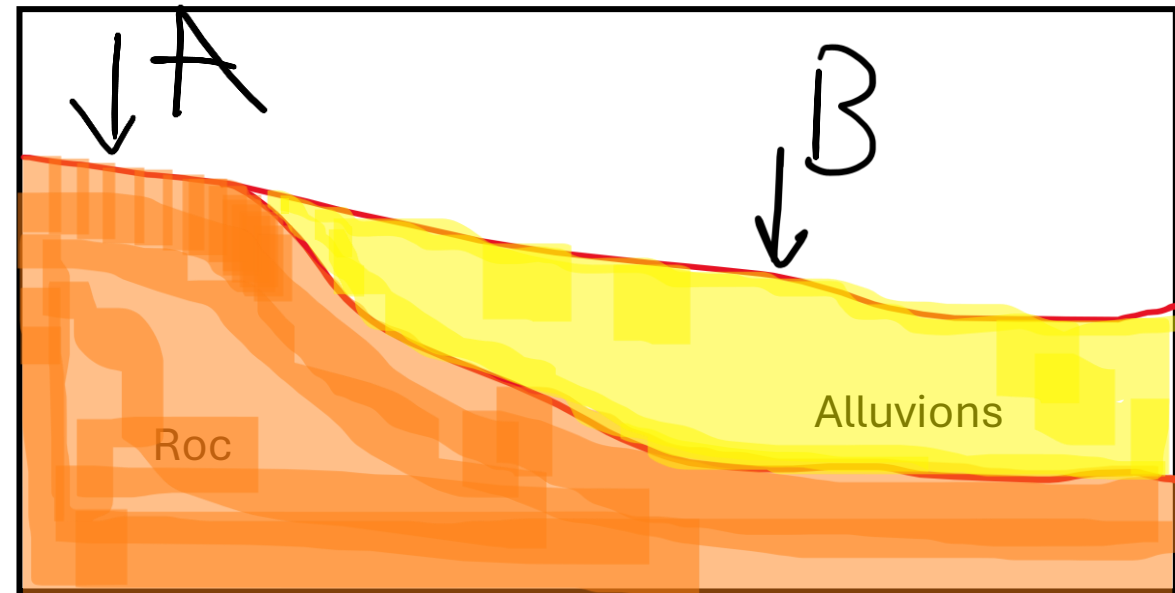


a) Interprétez ces dromochroniques. Donnez le modèle du sous-sol : vitesses, épaisseurs, attitude des formations.

Ce relevé a été réalisé transversalement à la limite ouest de la vallée alluviale. L'analyse préliminaire des dromochroniques révèle qu'à l'ouest, au point A, la vitesse de propagation des ondes sismiques en surface est de 5 km/s, indiquant la présence de roches très dures telles que le granit ou des roches métamorphiques compactes, et qu'à l'est, au point B, la vitesse en surface est de 1.5 km/s, indiquant la présence d'alluvions.

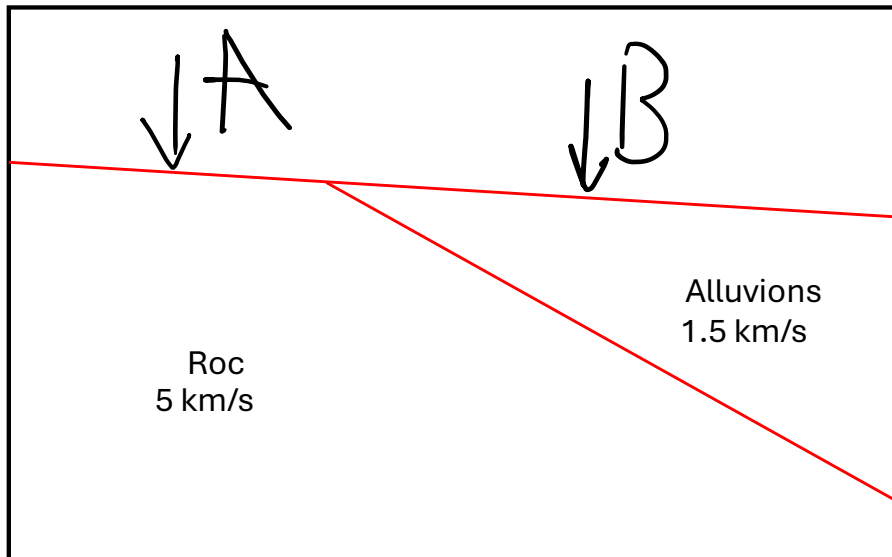


Donc, **a priori**, nous sommes en présence de cette structure géologique :

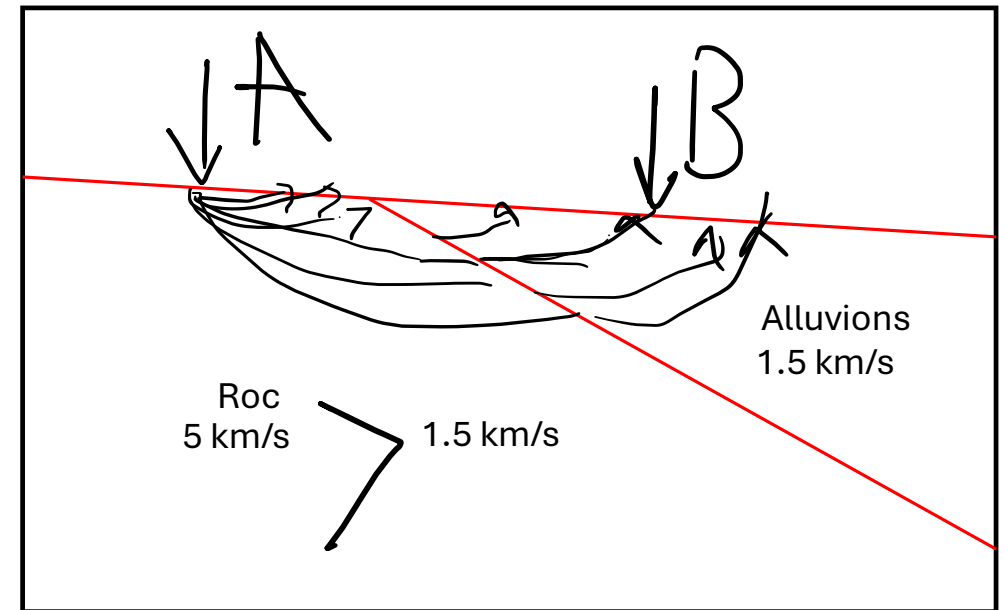


À partir des données dont nous disposons, nous allons essayer d'extraire les vitesses, les épaisseurs et les attitudes des formations. D'abord, analysons les dromochroniques pour voir quelles informations nous pouvons utiliser :

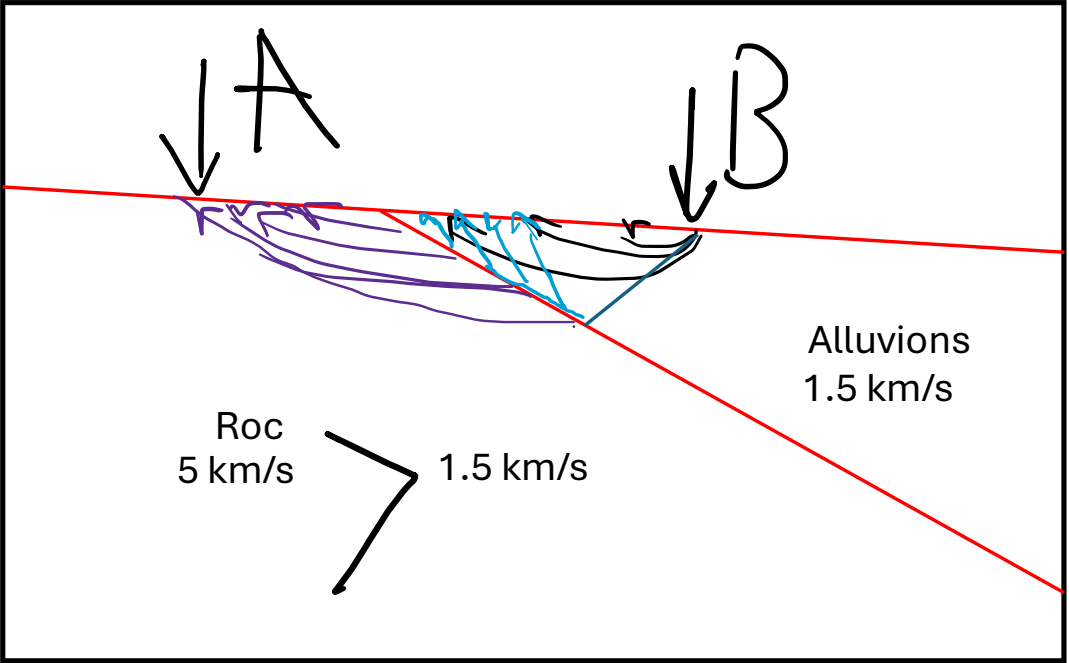
1. Les dromochroniques sont linéaires, donc **un modèle de formations linéaires** (réflecteurs linéaires) peut expliquer ces dromochroniques.
2. La vitesse des **alluvions** est égale à l'inverse de la première pente de la dromochronique en B,  **$V_1 = 1.5 \text{ km/s}$** . Alors que **la vitesse du roc est égale à  $V = 5 \text{ km/s}$** , l'inverse de la première pente de la dromochronique en A.



3. En A : La vitesse du roc étant supérieure à celle des alluvions, il n'y a pas de réfraction critique. La dromochronique en A, contient une première portion ( $V = 5 \text{ km/s}$ ) qui correspond au front d'onde directe, et une deuxième portion ( $V_2 = 3.6 \text{ km/s}$ ) qui correspond au front d'onde transmis, donc pas exploitable comme vitesse.



4. En B : 3 fronts d'onde sont observés, un front d'onde directe ( $V_1=1.5$  km/s), un front d'onde réfracté par le roc avec une vitesse apparente ( $V_2^+ = 7$  km/s) supérieure à celle du roc ( $V=5$  km/s), et un front d'onde transmis dans le roc ( $V=5$  km/s) :



### Rappel :

Pour un réfracteur incliné, la vitesse apparente  $V_2^+$  correspond à la vitesse à laquelle le front d'onde réfracté atteint la surface en se propageant **contre le pendage**, donc avec une **vitesse apparente supérieure** à celle du réfracteur puisque **le trajet parcouru** par l'onde réfractée **est raccourci** le long des levés.

À l'inverse,  $V_2^-$  correspond à la vitesse à laquelle le front d'onde réfracté atteint la surface en se propageant **avec le pendage**, donc avec une **vitesse apparente inférieure** à celle du réfracteur puisque **le trajet parcouru** par l'onde réfractée **est allongé** le long des relevés.

Donc, on dispose de  $V_1=1.5$  km/s,  $V_2 = 5$  km/s et  $V_2^+ = 7$  km/s du tir en B :

$$\theta_c = \sin^{-1} \left( \frac{V_1}{V_2} \right) \rightarrow \theta_c = 17.5^\circ$$

$$V_2^+ = \frac{V_1}{\sin(\theta_c - \alpha)} \rightarrow \alpha = 5.1^\circ$$

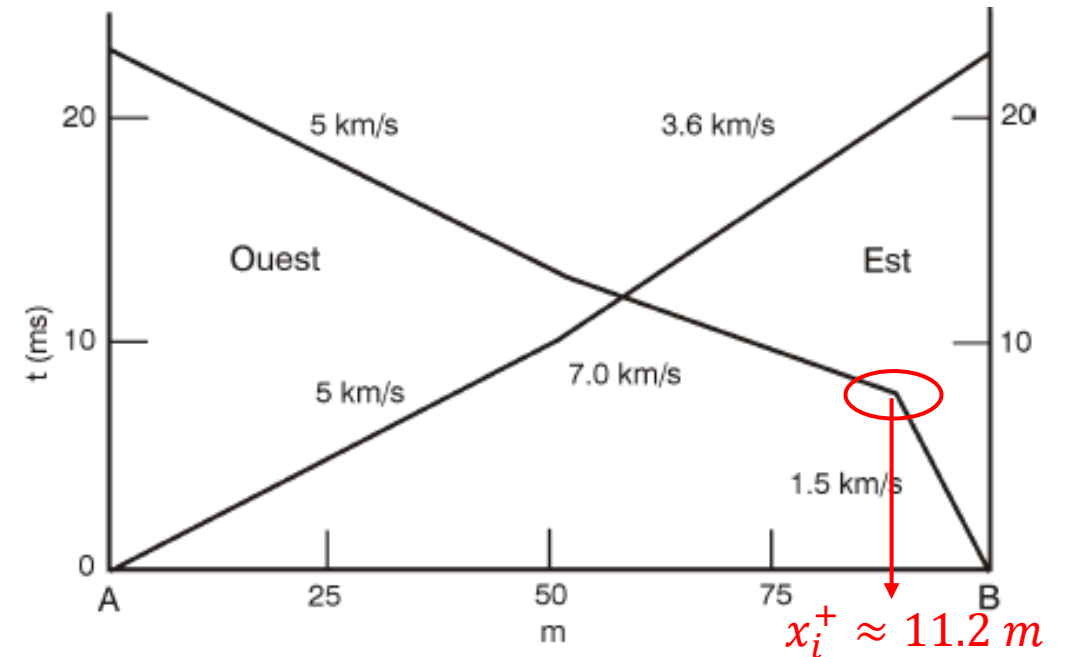
→ Il s'agit d'un affleurement rocheux incliné de  $5.1^\circ$  O-E.

b) Un trou vertical en B a intersecté du granite à 5 m : est-ce que cela confirme votre interprétation ?

Sachant que :

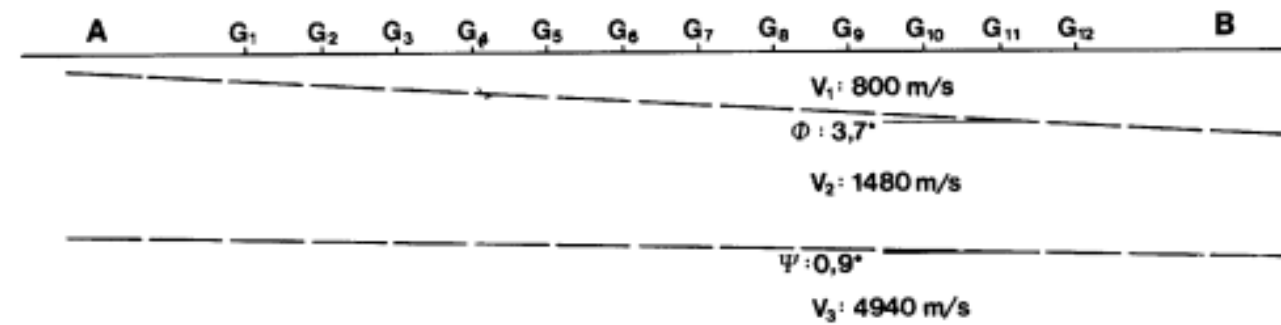
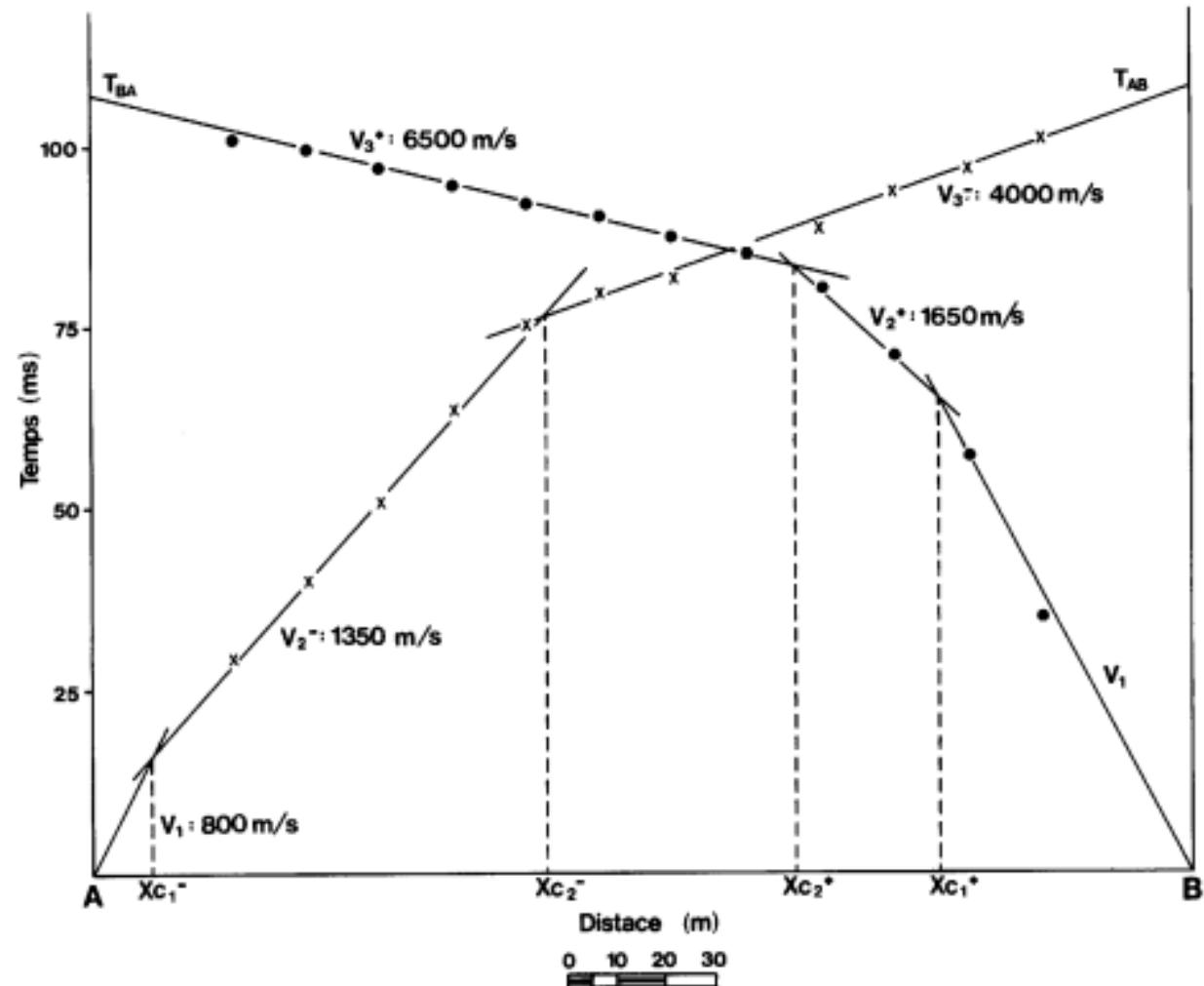
$$d_B = \frac{x_i^+ \cdot (1 - \sin(\theta_c - \alpha))}{2 \cdot \cos \theta_c \cdot \cos \alpha} \rightarrow d_B = 4.6 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

Donc effectivement, les observations ponctuelles faites au niveau du forage confirment l'interprétation faite à partir de dromochroniques.



### Remarque :

C'est en présence de plusieurs réflecteurs inclinés successifs, qu'il faut déterminer les vitesses  $V_1$ ,  $V_2^-$ ,  $V_3^-$ ,  $V_2^+$ ,  $V_3^+$ , etc. Les calculs des pendages, des angles critiques, des vitesses et des hauteurs sont effectués de manière itérative, suivant la même méthode que celle utilisée pour un seul réflecteur incliné. Les valeurs des pendages renseignent sur les sens des inclinaisons des réflecteurs : un pendage positif indique un réflecteur incliné dans le même sens que le premier réflecteur, tandis qu'un pendage négatif indique une inclinaison dans le sens opposé au premier réflecteur.



### **Question 5**

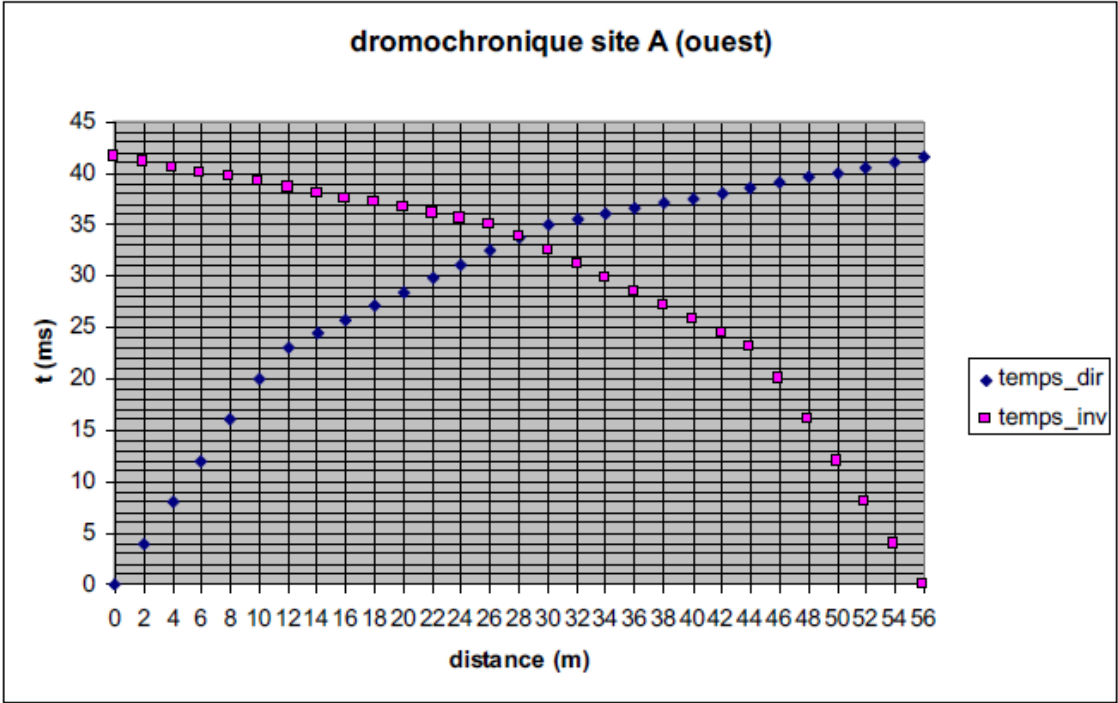
Des travaux d'aménagement hydroélectriques requièrent la connaissance de la stratification du sous-sol et l'estimation de la qualité du roc. Des levés de sismique réfraction ont été effectués sur un profil est-ouest. On ne montre aux figure et tableaux suivants que les levés obtenus aux points extrêmes du profil, soit les sites A et B.

**Q1** : Interprétez à l'aide d'un modèle à 3 couches la dromochronique (temps des premières arrivées en fonction de la distance) obtenue sur le site A. Un forage stratigraphique effectué au centre du levé en A confirme bien qu'il s'agit d'une séquence de 3 couches constituées d'une couche de sable sec en surface suivie d'une couche de sable saturé reposant sur le roc de bonne qualité.

**Q2** : Au site B (figure 2), on obtient une dromochronique suivant un modèle à 2 couches.

- a) Sans autre information que les données de la dromochronique, interprétez les vitesses et les épaisseurs de ce modèle.
- b) Le géologue en chef du projet a la certitude que la stratigraphie ne devrait pas changer entre le site A et le site B. Quel serait alors, en conservant la séquence sable sec/sable saturé/roc, l'épaisseur maximale de la 2ème couche (sable saturé) à cet endroit?

**Q1 :** Interprétez à l'aide d'un modèle à 3 couches la dromochronique (temps des premières arrivées en fonction de la distance) obtenue sur le site A. Un forage stratigraphique effectué au centre du levé en A confirme bien qu'il s'agit d'une séquence de 3 couches constituées d'une couche de sable sec en surface suivie d'une couche de sable saturé reposant sur le roc de bonne qualité.



Dromochronique symétrique → couches horizontales

- $V1 = 500 \text{ m/s}$
- $V2 = 1500 \text{ m/s}$
- $V3 = 4000 \text{ m/s}$
- $Xi1 = 12 \text{ m}$ ,  $h1 = 4.24 \text{ m}$
- $Xi2 = 30 \text{ m}$ ,  $h2 = 9.33 \text{ m}$

**Site A**

| x (m) | t_dir (ms) | t_inv (ms) |
|-------|------------|------------|
| 0     | 0          | 41.6       |
| 2     | 4          | 41.1       |
| 4     | 8          | 40.6       |
| 6     | 12         | 40.1       |
| 8     | 16         | 39.6       |
| 10    | 20         | 39.1       |
| 12    | 23.1       | 38.6       |
| 14    | 24.4       | 38.1       |
| 16    | 25.8       | 37.6       |
| 18    | 27.1       | 37.1       |
| 20    | 28.4       | 36.6       |
| 22    | 29.8       | 36.1       |
| 24    | 31.1       | 35.6       |
| 26    | 32.4       | 35.1       |
| 28    | 33.8       | 34.6       |
| 30    | 35.1       | 34.1       |
| 32    | 35.6       | 33.6       |
| 34    | 36.1       | 33.1       |
| 36    | 36.6       | 32.6       |
| 38    | 37.1       | 32.1       |
| 40    | 37.6       | 31.6       |
| 42    | 38.1       | 31.1       |
| 44    | 38.6       | 30.6       |
| 46    | 39.1       | 30.1       |
| 48    | 39.6       | 29.6       |
| 50    | 40.1       | 29.1       |
| 52    | 40.6       | 28.6       |
| 54    | 41.1       | 28.1       |
| 56    | 41.6       | 27.6       |

1. Trouvons  $V_1$  :

- Tir direct :  $V_1 = \frac{8-0}{0.016-0} = 500 \frac{m}{s}$
- Tir indirect :  $V_1 = \frac{56-48}{0.016-0} = 500 \frac{m}{s}$

2. Trouvons  $V_2$  :

- Tir direct :  $V_2 = \frac{30-12}{0.0351-0.0231} = 1500 \frac{m}{s}$
- Tir indirect :  $V_2 = \frac{44-26}{0.0351-0.0231} = 1500 \frac{m}{s}$

3. Trouvons  $V_3$  :

- Tir direct :  $V_3 = \frac{56-32}{0.0416-0.0356} = 4000 \frac{m}{s}$
- Tir indirect :  $V_3 = \frac{24-0}{0.0416-0.0356} = 4000 \frac{m}{s}$

4. Trouvons  $h_1$  :

- $x_{i1} = 12 \text{ m}$
- $h_1 = \frac{x_{i1}}{2} \sqrt{\frac{V_2-V_1}{V_2+V_1}} = \frac{12}{2} \sqrt{\frac{1500-500}{1500+500}} = 4.24 \text{ m}$

5. Trouvons  $h_2$  :

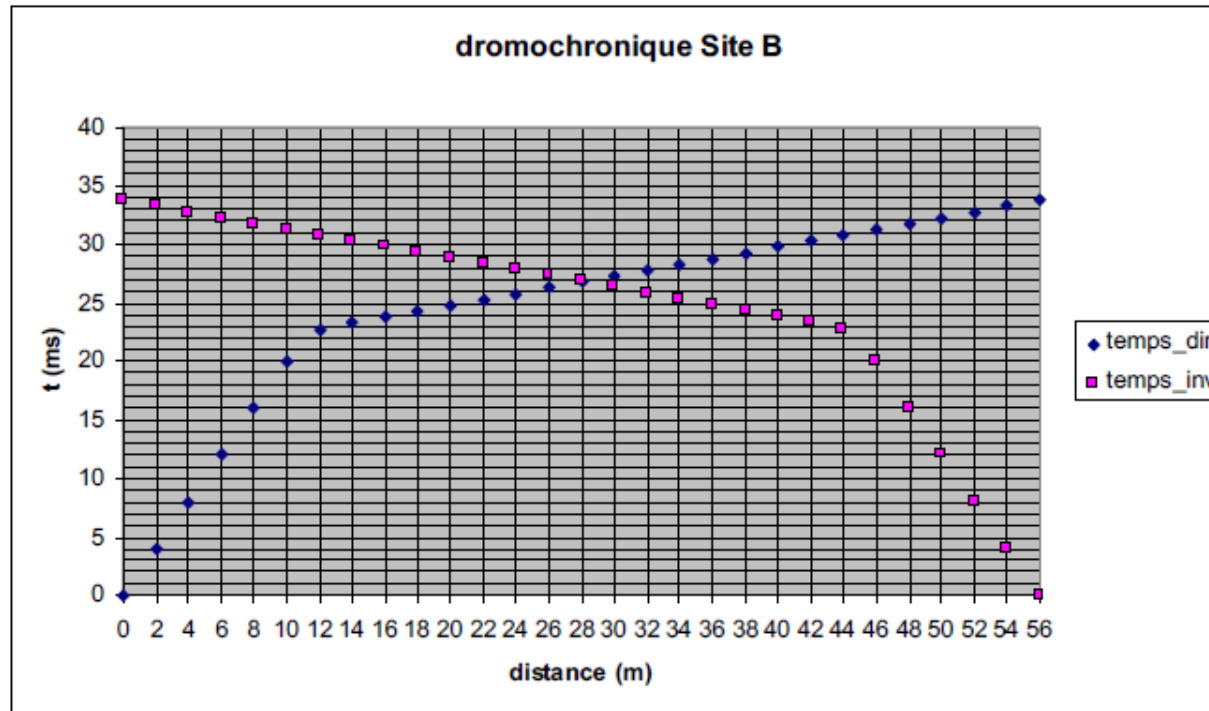
- $x_{i2} = 30 \text{ m}$
- $h_2 = \frac{x_{i2}}{2} \sqrt{\frac{V_3-V_2}{V_3+V_2}} - h_1 K_{12}$
- $K_{12} = \frac{\sqrt{1-\frac{V_1^2}{V_3^2}} \sqrt{1-\frac{V_1^2}{V_2^2}}}{\sqrt{\frac{V_1^2}{V_2^2} \frac{V_1^2}{V_3^2}}} = 0.185$
- $h_2 = \frac{30}{2} \sqrt{\frac{4000-1500}{4000+1500}} - 4.24 \times 0.185 = 9.33 \text{ m}$

## Site A

| x (m) | t_dir (ms) | t_inv (ms) |
|-------|------------|------------|
| 0     | 0          | 41.6       |
| 2     | 4          | 41.1       |
| 4     | 8          | 40.6       |
| 6     | 12         | 40.1       |
| 8     | 16         | 39.6       |
| 10    | 20         | 39.1       |
| 12    | 23.1       | 38.6       |
| 14    | 24.4       | 38.1       |
| 16    | 25.8       | 37.6       |
| 18    | 27.1       | 37.1       |
| 20    | 28.4       | 36.6       |
| 22    | 29.8       | 36.1       |
| 24    | 31.1       | 35.6       |
| 26    | 32.4       | 35.1       |
| 28    | 33.8       | 33.8       |
| 30    | 35.1       | 32.4       |
| 32    | 35.6       | 31.1       |
| 34    | 36.1       | 29.8       |
| 36    | 36.6       | 28.4       |
| 38    | 37.1       | 27.1       |
| 40    | 37.6       | 25.8       |
| 42    | 38.1       | 24.4       |
| 44    | 38.6       | 23.1       |
| 46    | 39.1       | 20         |
| 48    | 39.6       | 16         |
| 50    | 40.1       | 12         |
| 52    | 40.6       | 8          |
| 54    | 41.1       | 4          |
| 56    | 41.6       | 0          |

**Q2 :** Au site B (figure 2), on obtient une dromochronique suivant un modèle à 2 couches.

- a) Sans autre information que les données de la dromochronique, interprétez les vitesses et les épaisseurs de ce modèle.



Dromochronique symétrique → couches horizontales

- $V1 = 500 \text{ m/s}$
- ~~$V2 = 1500 \text{ m/s}$~~
- $V2 = 4000 \text{ m/s}$
- $Xi1 = 12 \text{ m}$ ,  $h1 = 5.29 \text{ m}$

### Site B

| x (m) | t_dir (ms) | t_inv (ms) |
|-------|------------|------------|
| 0     | 0          | 33.8       |
| 2     | 4          | 33.3       |
| 4     | 8          | 32.8       |
| 6     | 12         | 32.3       |
| 8     | 16         | 31.8       |
| 10    | 20         | 31.3       |
| 12    | 22.8       | 30.8       |
| 14    | 23.3       | 30.3       |
| 16    | 23.8       | 29.8       |
| 18    | 24.3       | 29.3       |
| 20    | 24.8       | 28.8       |
| 22    | 25.3       | 28.3       |
| 24    | 25.8       | 27.8       |
| 26    | 26.3       | 27.3       |
| 28    | 26.8       | 26.8       |
| 30    | 27.3       | 26.3       |
| 32    | 27.8       | 25.8       |
| 34    | 28.3       | 25.3       |
| 36    | 28.8       | 24.8       |
| 38    | 29.3       | 24.3       |
| 40    | 29.8       | 23.8       |
| 42    | 30.3       | 23.3       |
| 44    | 30.8       | 22.8       |
| 46    | 31.3       | 20         |
| 48    | 31.8       | 16         |
| 50    | 32.3       | 12         |
| 52    | 32.8       | 8          |
| 54    | 33.3       | 4          |
| 56    | 33.8       | 0          |

## Site B

1. Trouvons  $V_2$  :

- Tir direct :  $V_2 = \frac{56-12}{0.0338-0.0228} = 4000 \frac{m}{s}$
- Tir indirect :  $V_2 = \frac{44-0}{0.0338-0.0228} = 4000 \frac{m}{s}$

2. Trouvons  $h_1$  :

- $x_{i1} = 12 \text{ m}$
- $h_1 = \frac{x_{i1}}{2} \sqrt{\frac{V_2-V_1}{V_2+V_1}} = \frac{12}{2} \sqrt{\frac{4000-500}{4000+500}} = 5.29 \text{ m}$

| x (m) | t_dir (ms) | t_inv (ms) |
|-------|------------|------------|
| 0     | 0          | 33.8       |
| 2     | 4          | 33.3       |
| 4     | 8          | 32.8       |
| 6     | 12         | 32.3       |
| 8     | 16         | 31.8       |
| 10    | 20         | 31.3       |
| 12    | 22.8       | 30.8       |
| 14    | 23.3       | 30.3       |
| 16    | 23.8       | 29.8       |
| 18    | 24.3       | 29.3       |
| 20    | 24.8       | 28.8       |
| 22    | 25.3       | 28.3       |
| 24    | 25.8       | 27.8       |
| 26    | 26.3       | 27.3       |
| 28    | 26.8       | 26.8       |
| 30    | 27.3       | 26.3       |
| 32    | 27.8       | 25.8       |
| 34    | 28.3       | 25.3       |
| 36    | 28.8       | 24.8       |
| 38    | 29.3       | 24.3       |
| 40    | 29.8       | 23.8       |
| 42    | 30.3       | 23.3       |
| 44    | 30.8       | 22.8       |
| 46    | 31.3       | 20         |
| 48    | 31.8       | 16         |
| 50    | 32.3       | 12         |
| 52    | 32.8       | 8          |
| 54    | 33.3       | 4          |
| 56    | 33.8       | 0          |

b) Le géologue en chef du projet a la certitude que la stratigraphie ne devrait pas changer entre le site A et le site B. Quel serait alors, en conservant la séquence sable sec/sable saturé/roc, l'épaisseur maximale de la 2ème couche (sable saturé) à cet endroit?

Épaisseur maximale à laquelle l'onde réfractée par V2 ne parvient toujours pas à arriver en premier :

- $x_{i1} = x_{i2} = 12 \text{ m}$
- La nappe est toujours à la même élévation :  $h_1 = 4.24 \text{ m}$

$$h_2 = \frac{x_{i2}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} - h_1 K_{12} = \frac{12}{2} \sqrt{\frac{4000 - 1500}{4000 + 1500}} - 4.24 \times 0.185 = 3.26 \text{ m}$$

- b) Le géologue en chef du projet a la certitude que la stratigraphie ne devrait pas changer entre le site A et le site B. Quel serait alors, en conservant la séquence sable sec/sable saturé/roc, l'épaisseur maximale de la 2ème couche (sable saturé) à cet endroit?

Épaisseur maximale à laquelle l'onde réfractée par V2 ne parvient toujours pas à arriver en premier :

- $x_{i1} = x_{i2} = 12 \text{ m}$
- La nappe est toujours à la même élévation :  $h_1 = 4.24 \text{ m}$

$$h_2 = \frac{x_{i2}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} - h_1 K_{12} = \frac{12}{2} \sqrt{\frac{4000 - 1500}{4000 + 1500}} - 4.24 \times 0.185 = 3.26 \text{ m}$$

### Question 6

La construction de la nouvelle ligne rose du Métro de Montréal nécessite une estimation précise de la profondeur au roc et l'identification de zones de failles et de fractures, et ce, sur tout le long du parcours prévu. On vous demande de procéder au traitement d'un levé de sismique réfraction acquis dans le cadre de ces travaux. Les données sont présentées au tableau suivant.

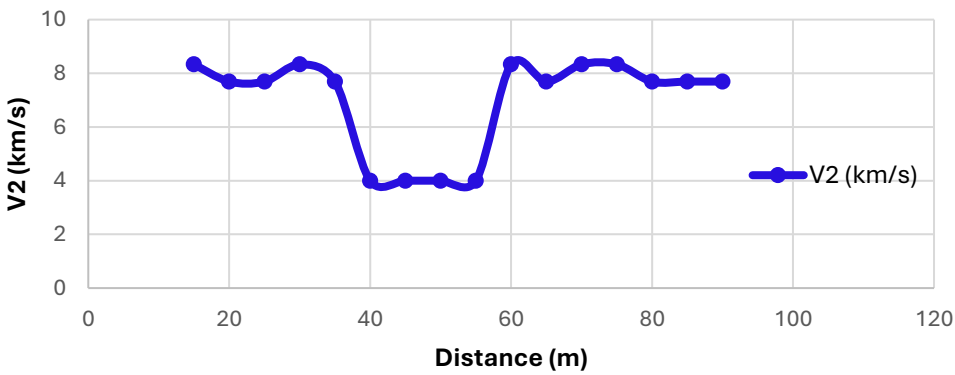
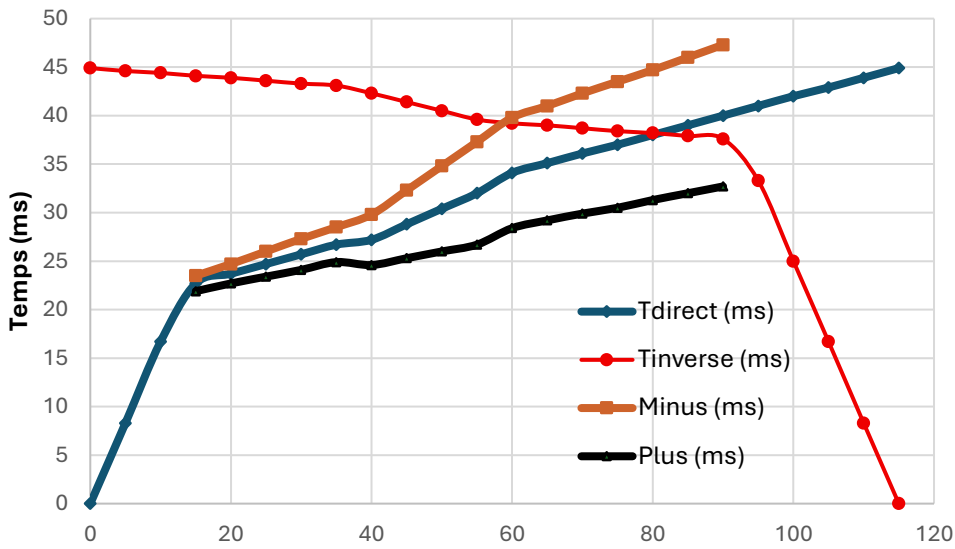
**Q1 :** Tracez la dromochronique contenant les tirs direct et inverse. Identifiez par l'aspect des dromochroniques le nombre de couches et la position d'une possible zone de fracture.

**Q2 :** À l'aide de la méthode du Plus-Minus, obtenez les profondeurs au roc ainsi que la vitesse locale sous chacun des géophones. Grâce aux vitesses du roc obtenus, justifiez s'il y a présence d'une zone fracturée sous la ligne.

| Géophone | Distance (m) | T direct (ms) | T inverse (ms) |
|----------|--------------|---------------|----------------|
| 1        | 0            | 0.0           | 44.9           |
| 2        | 5            | 8.3           | 44.6           |
| 3        | 10           | 16.7          | 44.4           |
| 4        | 15           | 22.7          | 44.1           |
| 5        | 20           | 23.7          | 43.9           |
| 6        | 25           | 24.7          | 43.6           |
| 7        | 30           | 25.7          | 43.3           |
| 8        | 35           | 26.7          | 43.1           |
| 9        | 40           | 27.2          | 42.3           |
| 10       | 45           | 28.8          | 41.4           |
| 11       | 50           | 30.4          | 40.5           |
| 12       | 55           | 32.0          | 39.6           |
| 13       | 60           | 34.1          | 39.2           |
| 14       | 65           | 35.1          | 39.0           |
| 15       | 70           | 36.1          | 38.7           |
| 16       | 75           | 37.0          | 38.4           |
| 17       | 80           | 38.0          | 38.2           |
| 18       | 85           | 39.0          | 37.9           |
| 19       | 90           | 40.0          | 37.6           |
| 20       | 95           | 41.0          | 33.3           |
| 21       | 100          | 42.0          | 25.0           |
| 22       | 105          | 42.9          | 16.7           |
| 23       | 110          | 43.9          | 8.3            |
| 24       | 115          | 44.9          | 0.0            |

| Géophone | Distance (m) | Tdirect (ms) | Tinverse (ms) | Minus (ms) | Plus (ms) | V2 (km/s) | h (m) |
|----------|--------------|--------------|---------------|------------|-----------|-----------|-------|
| 1        | 0            | 0            | 44.9          |            |           |           |       |
| 2        | 5            | 8.3          | 44.6          |            |           |           |       |
| 3        | 10           | 16.7         | 44.4          |            |           |           |       |
| 4        | 15           | 22.7         | 44.1          | 23.5       | 21.9      | 8.3       | 6.6   |
| 5        | 20           | 23.7         | 43.9          | 24.7       | 22.7      | 7.7       | 6.8   |
| 6        | 25           | 24.7         | 43.6          | 26         | 23.4      | 7.7       | 7.0   |
| 7        | 30           | 25.7         | 43.3          | 27.3       | 24.1      | 8.3       | 7.2   |
| 8        | 35           | 26.7         | 43.1          | 28.5       | 24.9      | 7.7       | 7.5   |
| 9        | 40           | 27.2         | 42.3          | 29.8       | 24.6      | 4.0       | 7.5   |
| 10       | 45           | 28.8         | 41.4          | 32.3       | 25.3      | 4.0       | 7.7   |
| 11       | 50           | 30.4         | 40.5          | 34.8       | 26        | 4.0       | 7.9   |
| 12       | 55           | 32           | 39.6          | 37.3       | 26.7      | 4.0       | 8.1   |
| 13       | 60           | 34.1         | 39.2          | 39.8       | 28.4      | 8.3       | 8.5   |
| 14       | 65           | 35.1         | 39            | 41         | 29.2      | 7.7       | 8.8   |
| 15       | 70           | 36.1         | 38.7          | 42.3       | 29.9      | 8.3       | 9.0   |
| 16       | 75           | 37           | 38.4          | 43.5       | 30.5      | 8.3       | 9.2   |
| 17       | 80           | 38           | 38.2          | 44.7       | 31.3      | 7.7       | 9.4   |
| 18       | 85           | 39           | 37.9          | 46         | 32        | 7.7       | 9.6   |
| 19       | 90           | 40           | 37.6          | 47.3       | 32.7      | 7.7       | 9.8   |
| 20       | 95           | 41           | 33.3          |            |           |           |       |
| 21       | 100          | 42           | 25            |            |           |           |       |
| 22       | 105          | 42.9         | 16.7          |            |           |           |       |
| 23       | 110          | 43.9         | 8.3           |            |           |           |       |
| 24       | 115          | 44.9         | 0             |            |           |           |       |

$V_{1direct}=598.8\text{ m/s}$   
 $V_{1indirect}=600.2\text{ m/s}$   
  
 $V_{1moyenne}=599.5\text{ m/s}$   
  
 $T_{AB}=44.9\text{ ms}$



**Calcul du temps Plus**  
$$T^+ = T_{AP} + T_{BP} - T_{AB}$$

**Calcul des vitesses 2**  
$$V_2 = 2 \frac{\Delta x}{\Delta T^-}$$

**Calcul du temps Minus**  
$$T_p^- = T_{AP} - T_{BP} + T_{AB}$$

**Calcul des épaisseurs**  
$$h_p = \frac{T^+}{2\sqrt{1/V_1^2 - 1/V_2^2}}$$