

# TD Analyse Structurale 2025-2026

## TD1 – Analyse Isohypse et des couches monoclinales

Julien Charreau

# **TD1 – Analyse Isohypse et des couches monoclinales**

## **Objectifs du TD:**

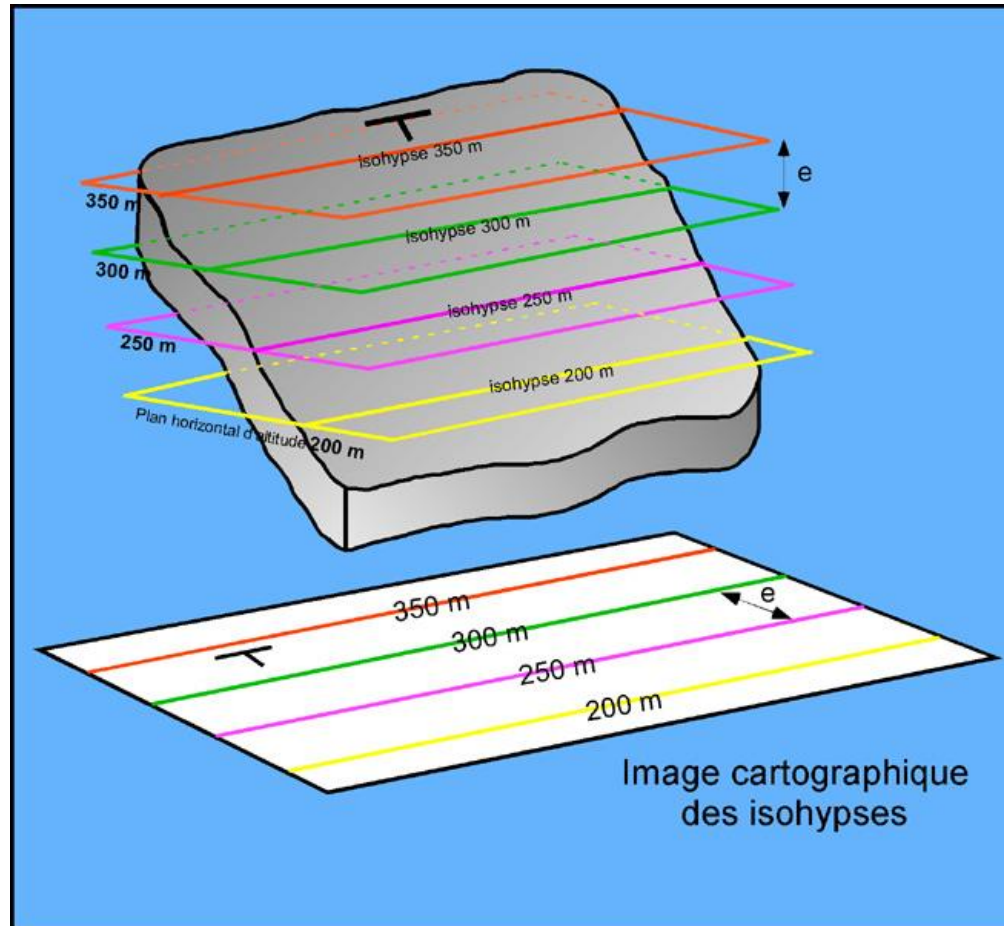
**Analyser l'orientation et la distribution en carte  
et dans le sous sol des couches planaires inclinées**

## **Notions abordées:**

**Isohypes**

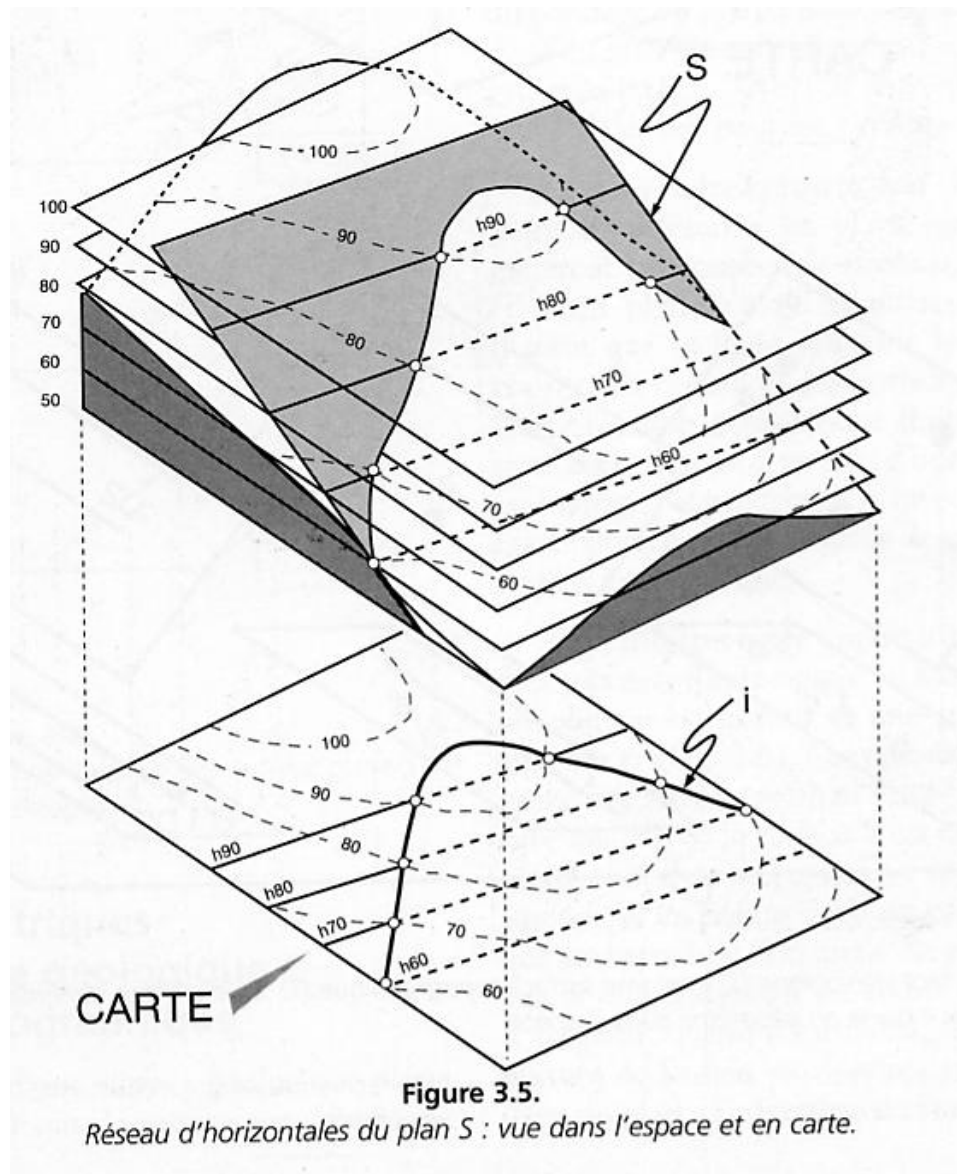
## Définition: qu'est-ce qu'une isohypse ?

Une isohypse est une ligne d'égal altitude sur une surface géologique.



Dans le cas d'une couche monoclinale, toutes les isohypses sont parallèles  
Si les isohypses sont espacées en altitude de façon régulière (espacement vertical),  
leur espacement en carte (vue de dessus) est aussi régulier.

# Relation entre isohypses et topographie



# Relation entre isohypses et topographie

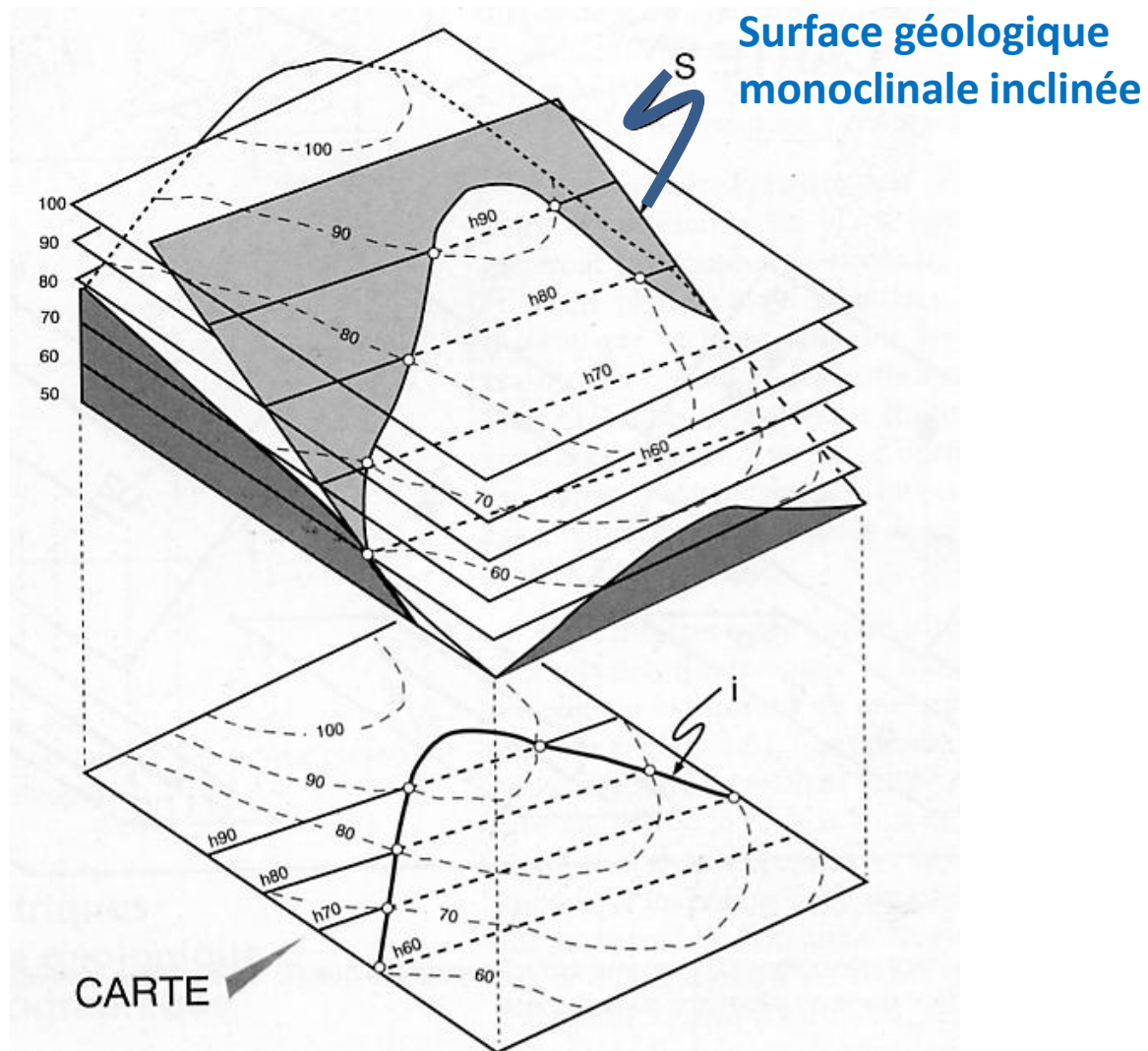


Figure 3.5.

Réseau d'horizontales du plan S : vue dans l'espace et en carte.

# Relation entre isohypses et topographie

Topographie

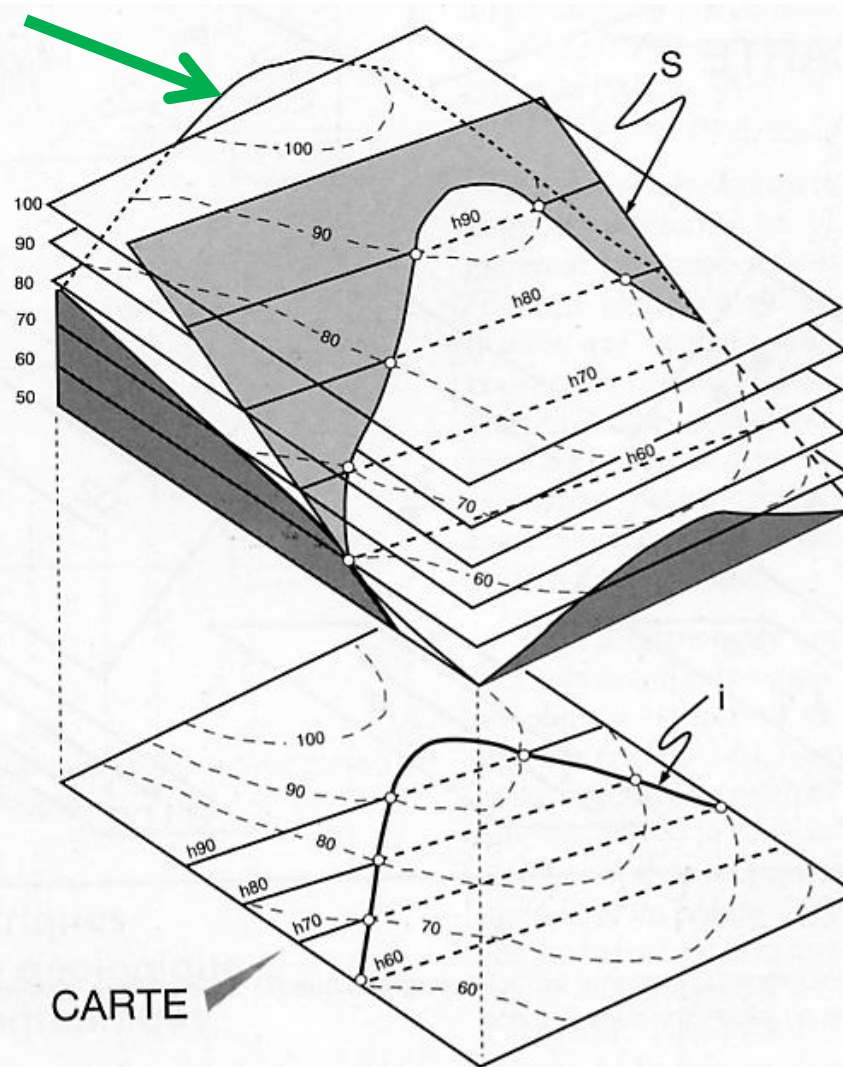
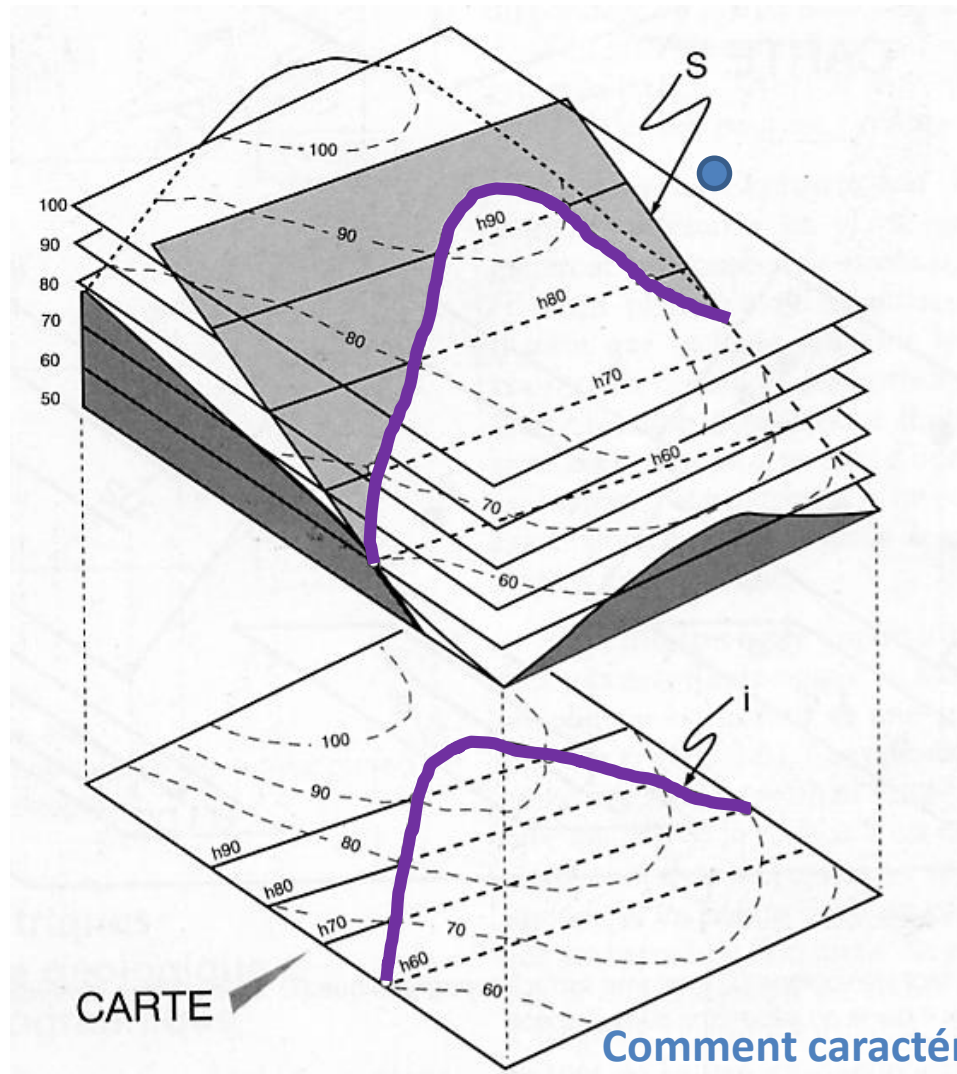


Figure 3.5.

Réseau d'horizontales du plan S : vue dans l'espace et en carte.

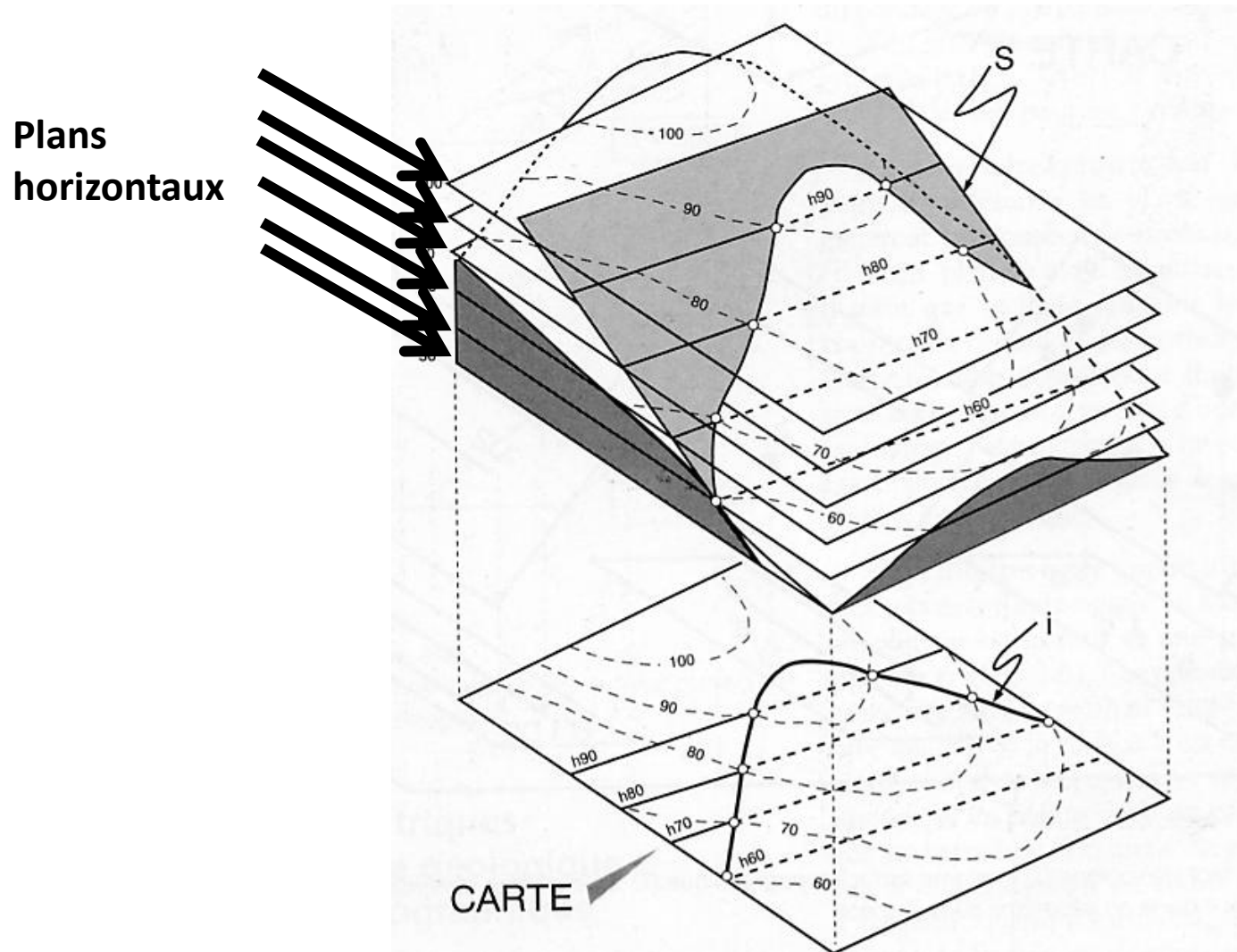
# Relation entre isohypses et topographie

Intersection  
Topographie  
Vs.  
plan incliné



Comment caractériser l'orientation  
de cette couche à partir de l'intersection  
observée en carte?

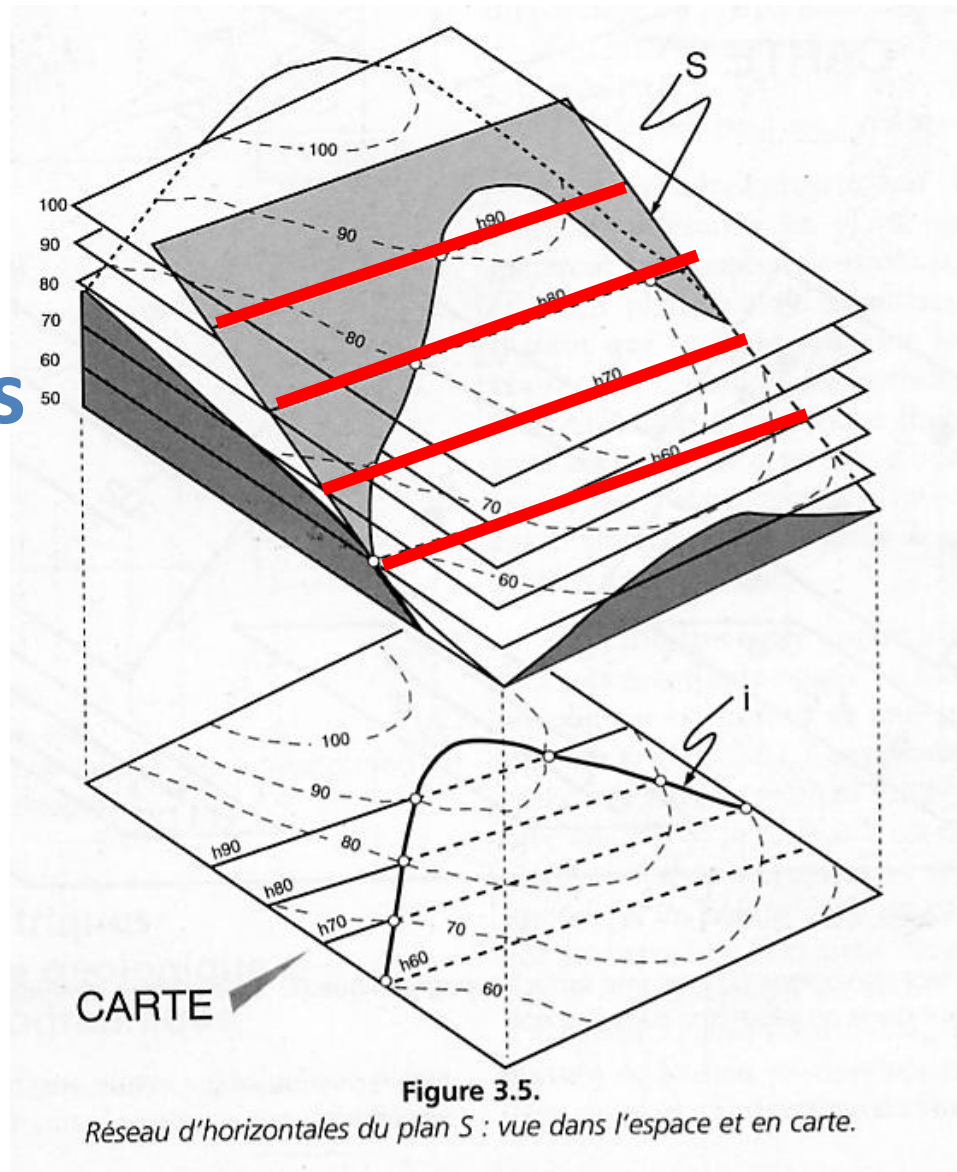
# Relation entre isohypses et topographie



Réseau d'horizontales du plan S : vue dans l'espace et en carte.

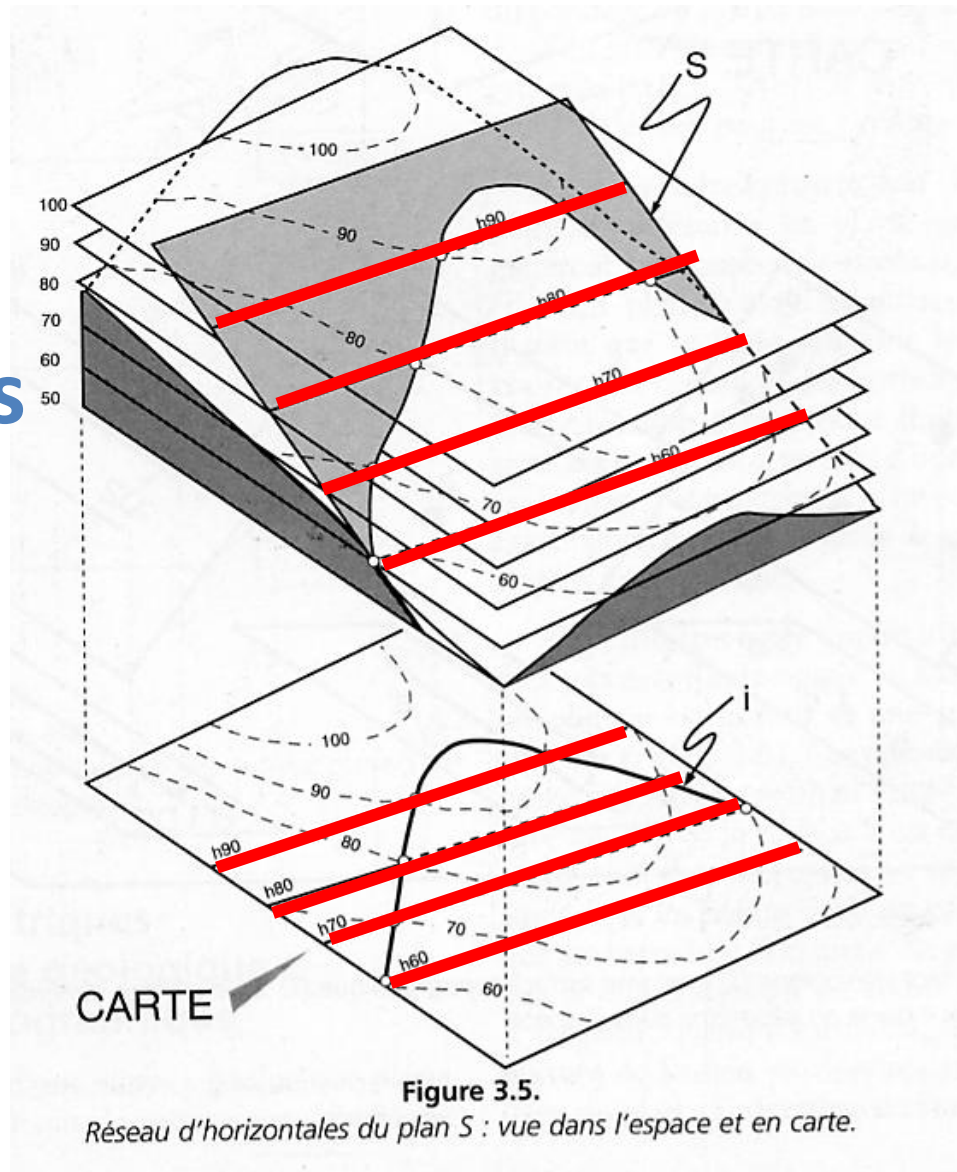
# Relation entre isohypses et topographie

Isohypses



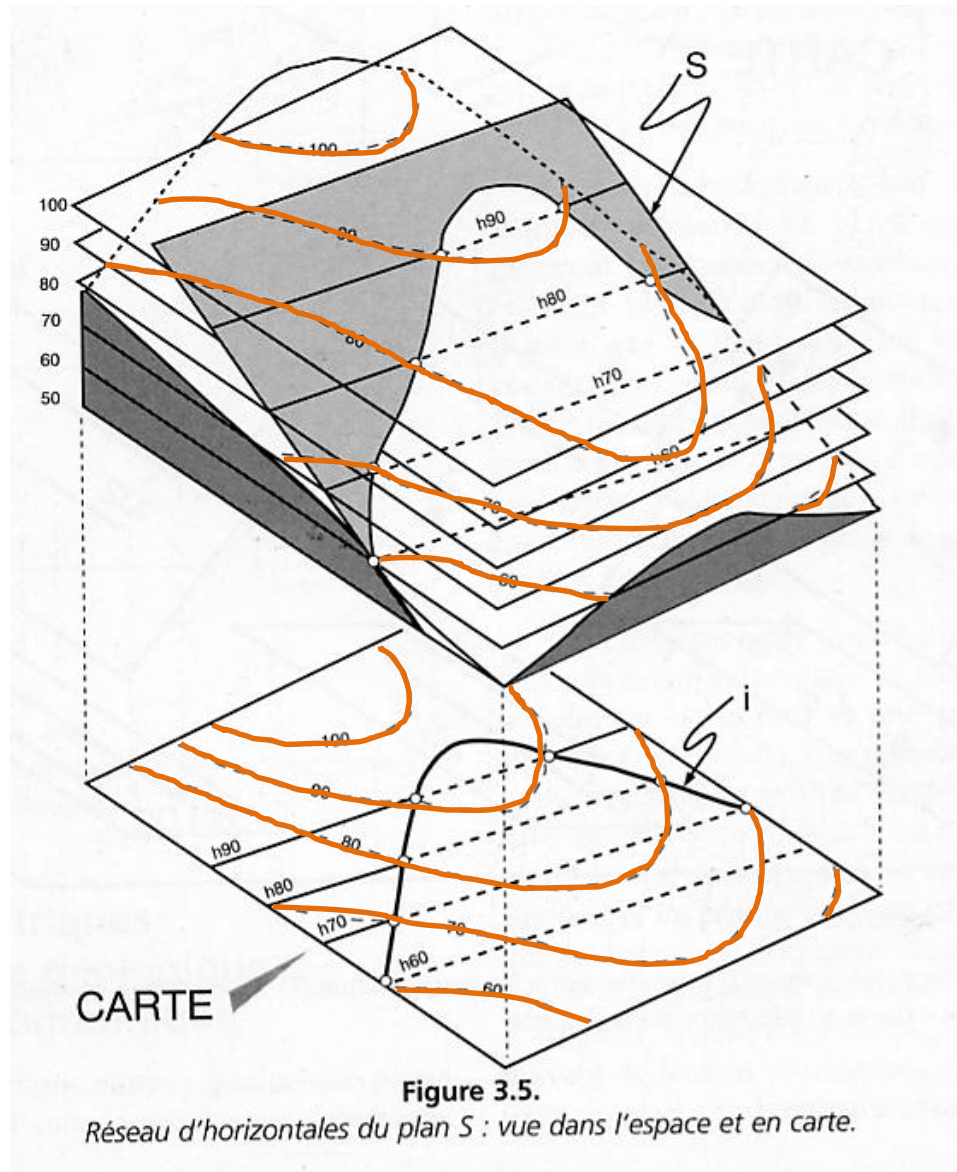
# Relation entre isohypses et topographie

Isohypses



# Relation entre isohypses et topographie

Courbes de niveau

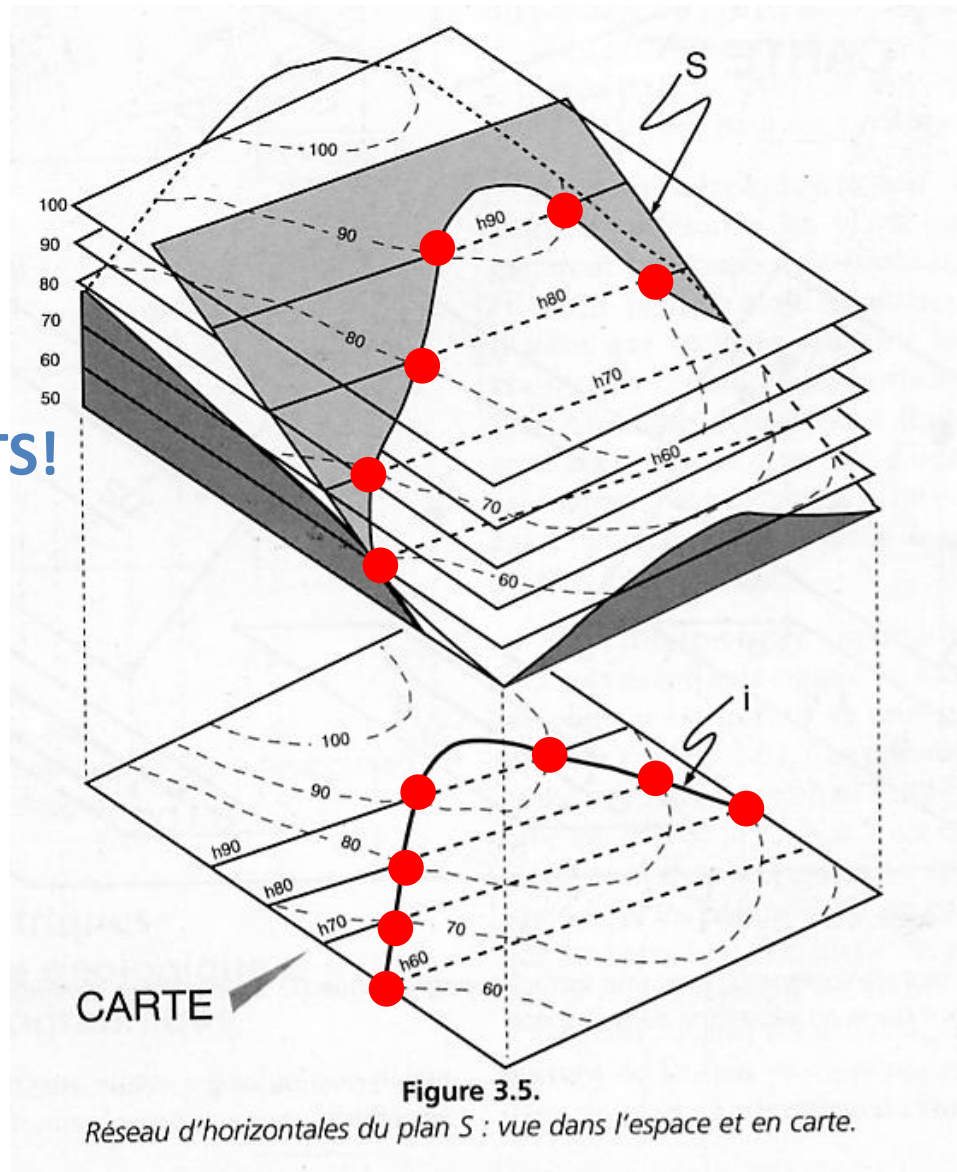


# Relation entre isohypses et topographie

Points communs  
aux isohypse et  
aux courbes de  
Niveaux

...

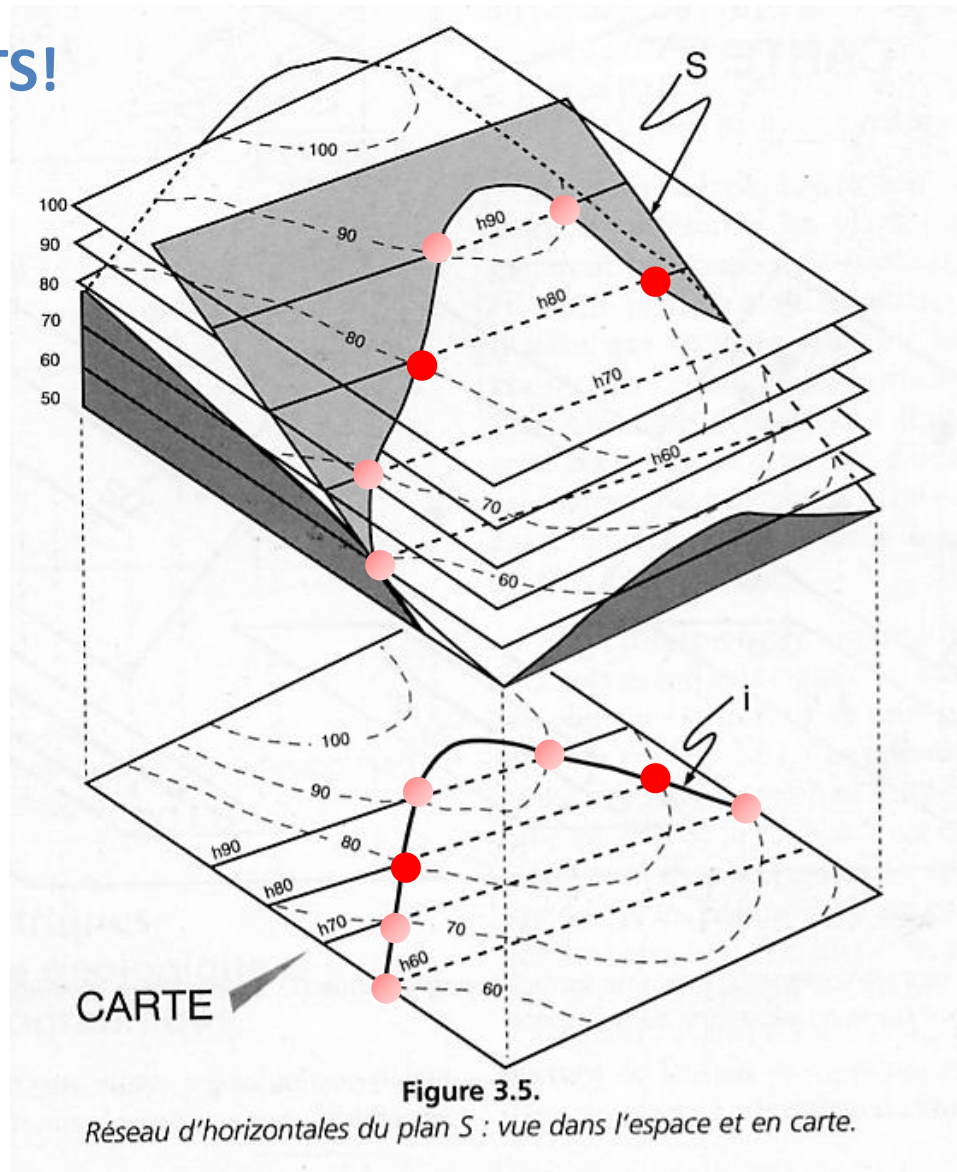
**TRES IMPORTANTS!**



# Relation entre isohypses et topographie

TRES IMPORTANTS!

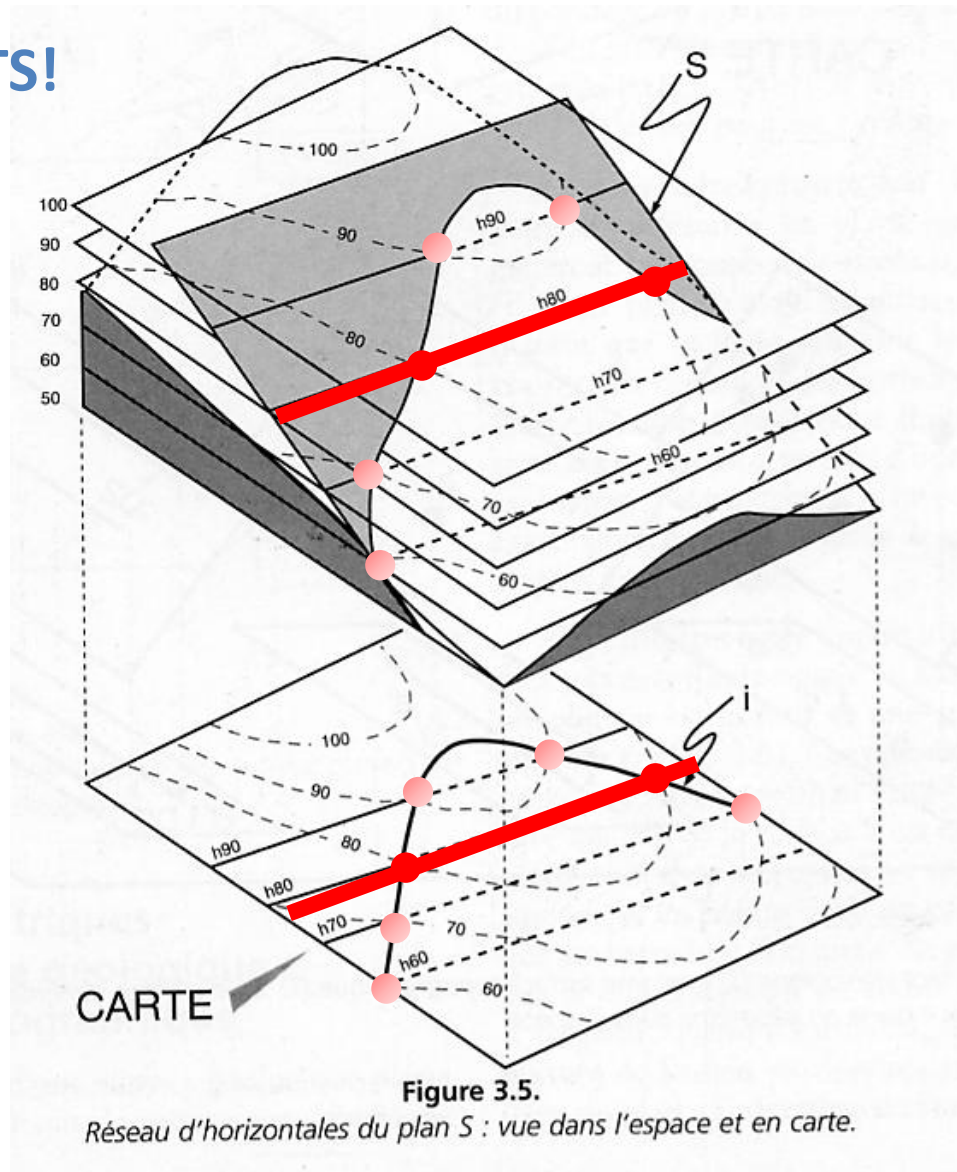
Car il permettent  
d'identifier  
les isohypses  
en carte



# Relation entre isohypses et topographie

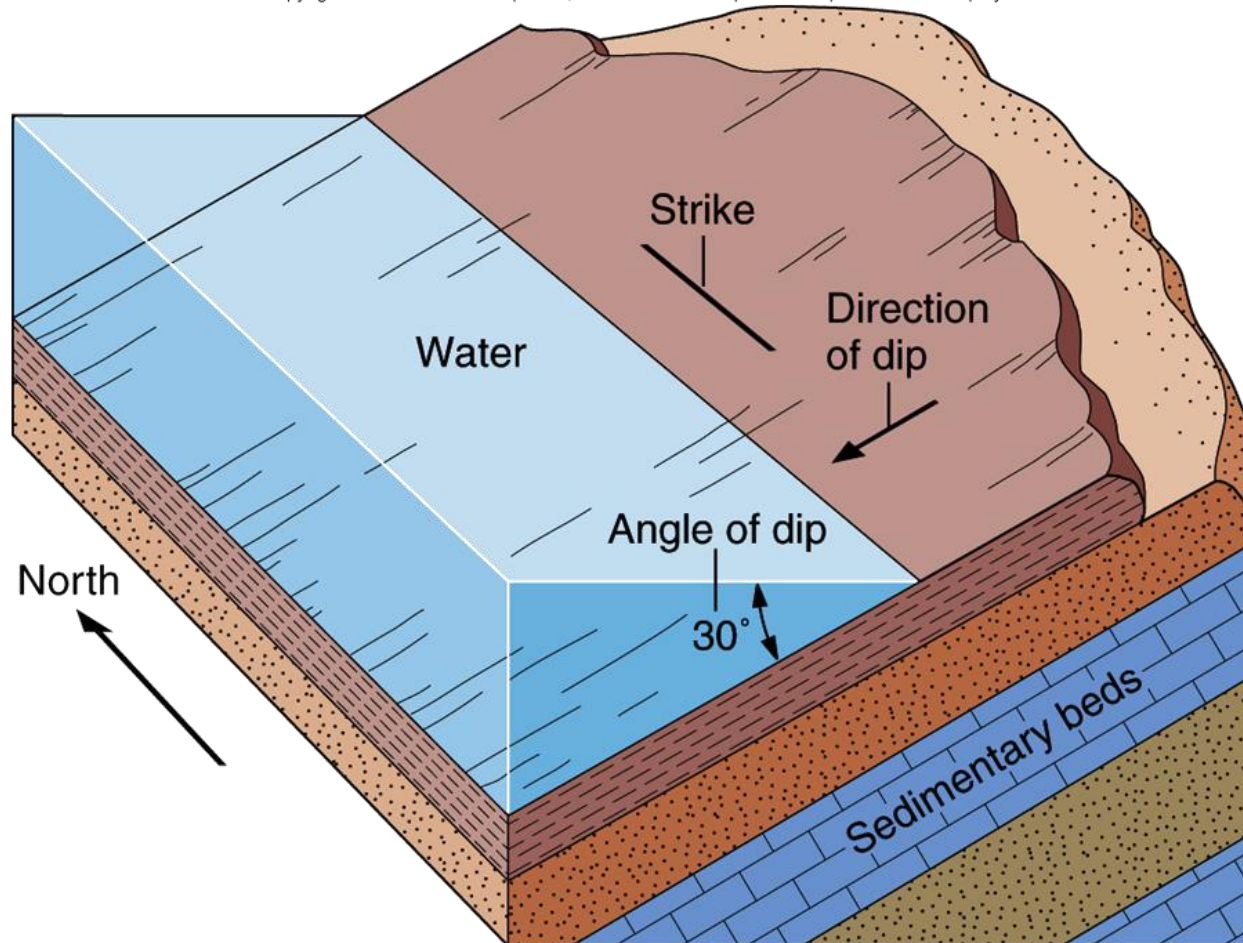
TRES IMPORTANTS!

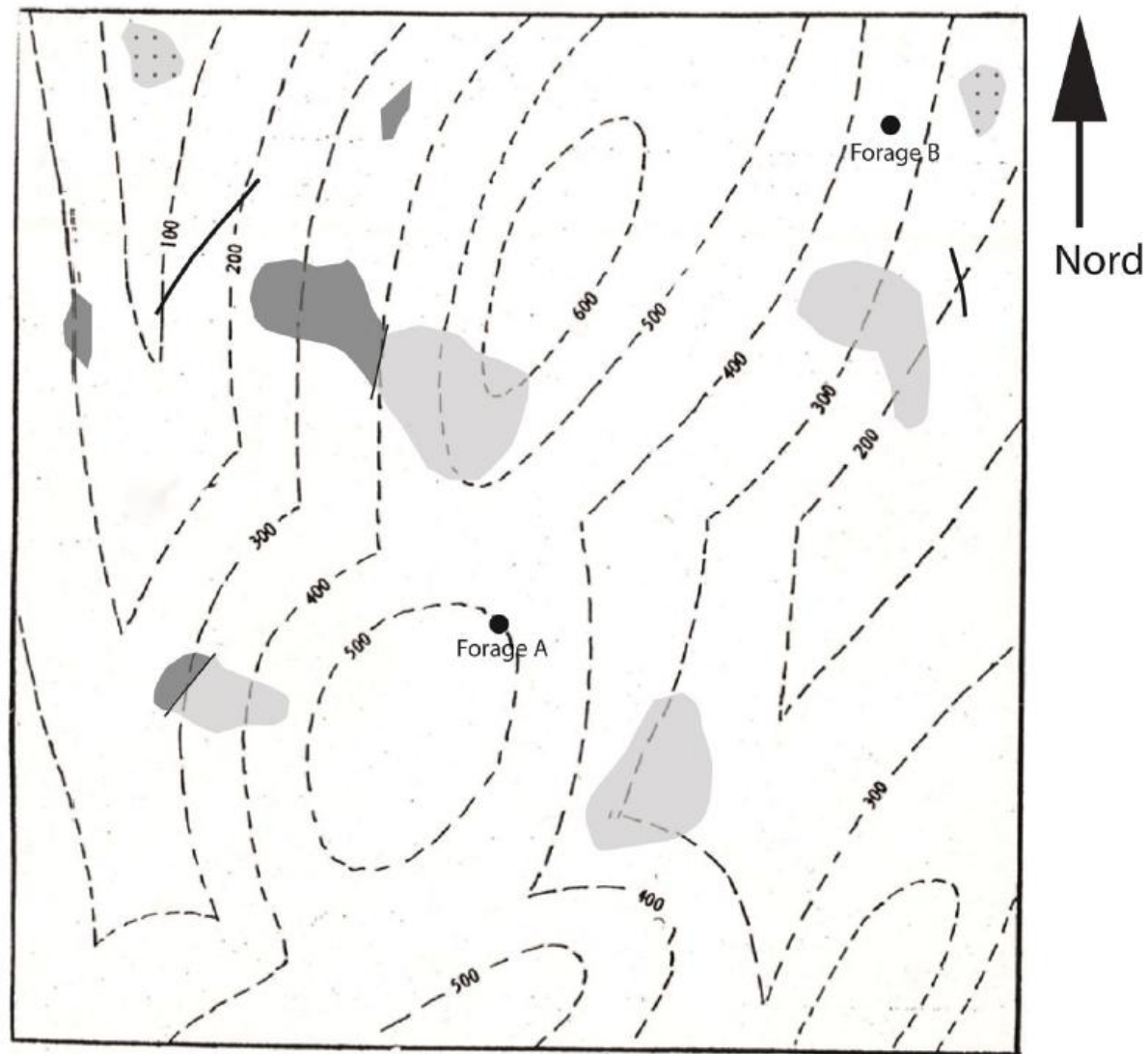
Car il permettent  
d'identifier  
les isohypses  
en carte



# **Rappels: qu'est-ce qu'une couche monoclinale inclinée, la notion de direction (strike) et de pendage (dip)**

Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





 Conglomérats- Néogène

 Calcaire- Paléogène

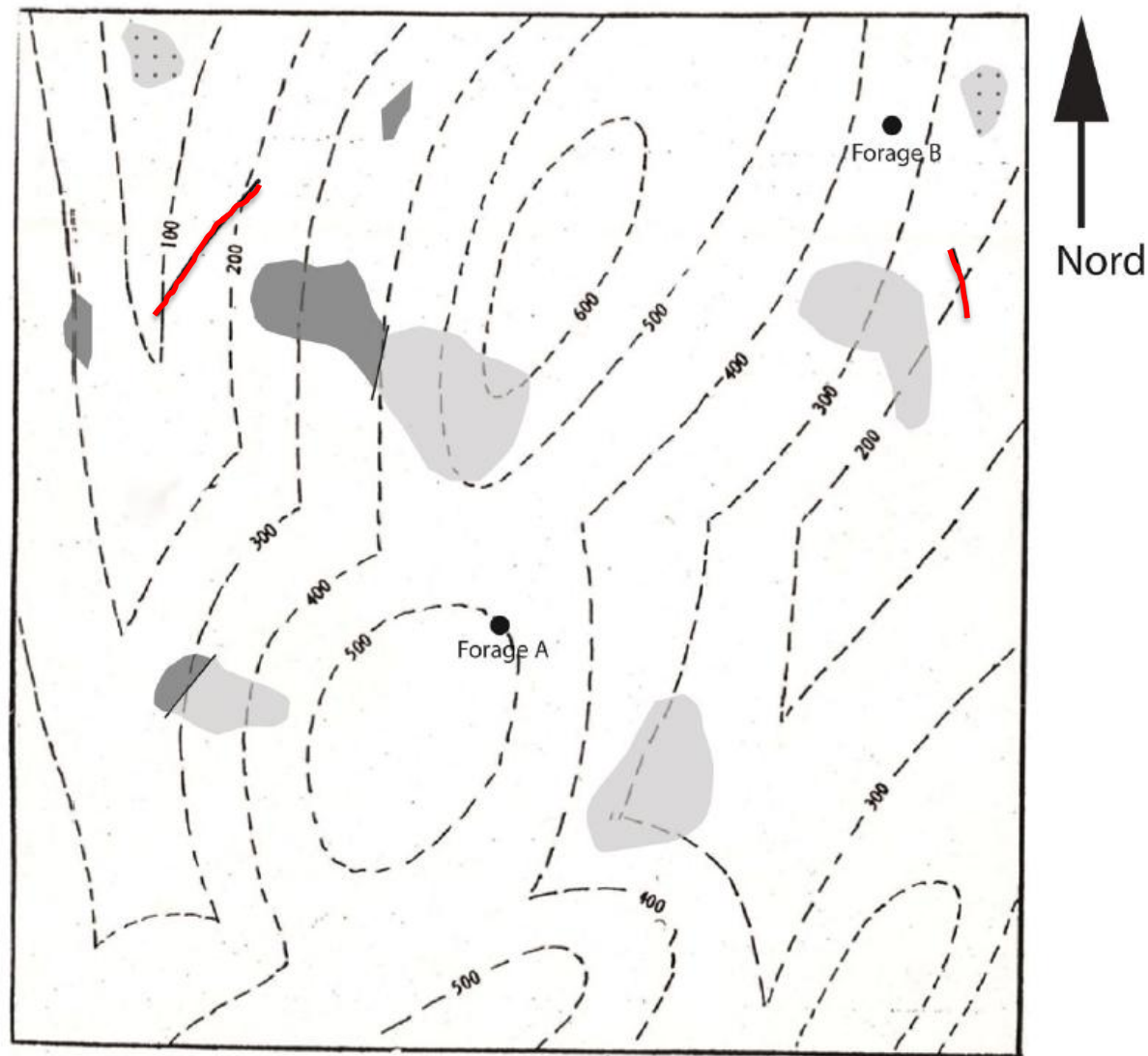
 Argilite - Crétacé

 Faille

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1

1.  
Construire  
la trace de  
la faille et  
trouver son  
orientation



●●●●●● Conglomérats- Néogène

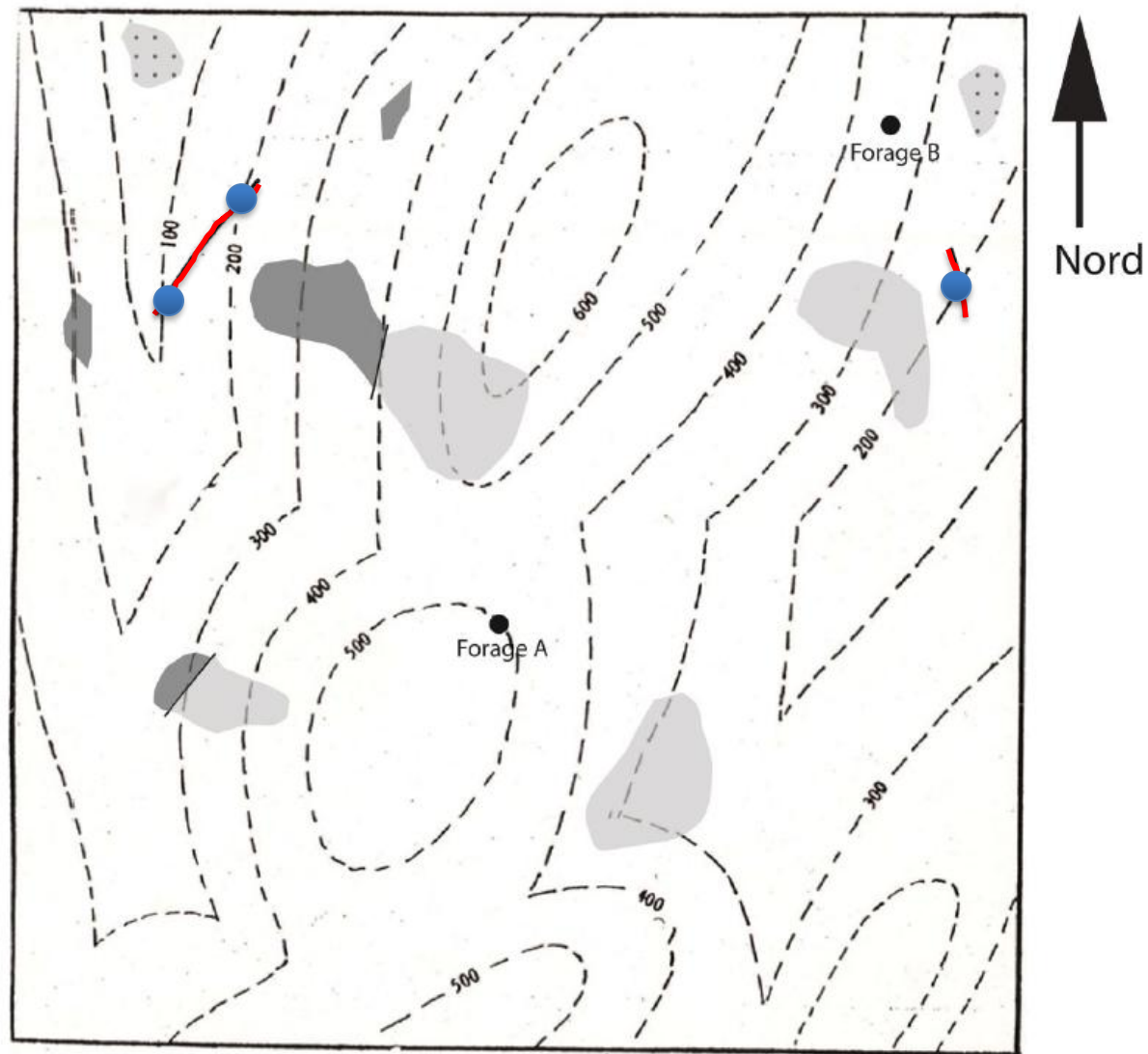
■ Calcaire- Paléogène

■ Argilite - Crétacé

— Faille

Echelle: 1/10000ème

**Exercice 1**



 Conglomerats- Néogène

 Calcaire- Paléogène

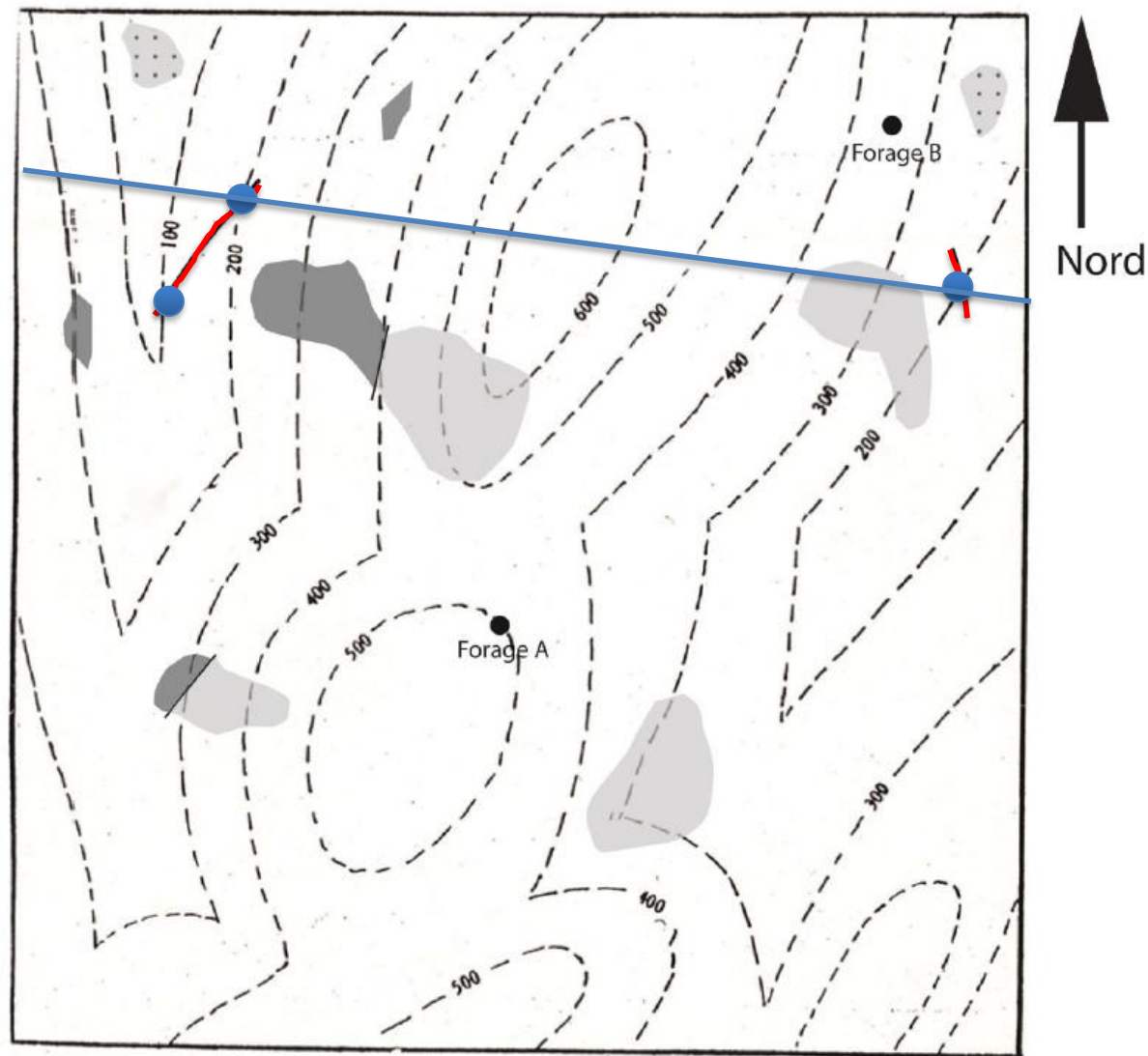
 Argilite - Crétacé

 Faille

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1

Faïlle 200



●●●●● Conglomérats- Néogène

■ Calcaire- Paléogène

■ Argilite - Crétacé

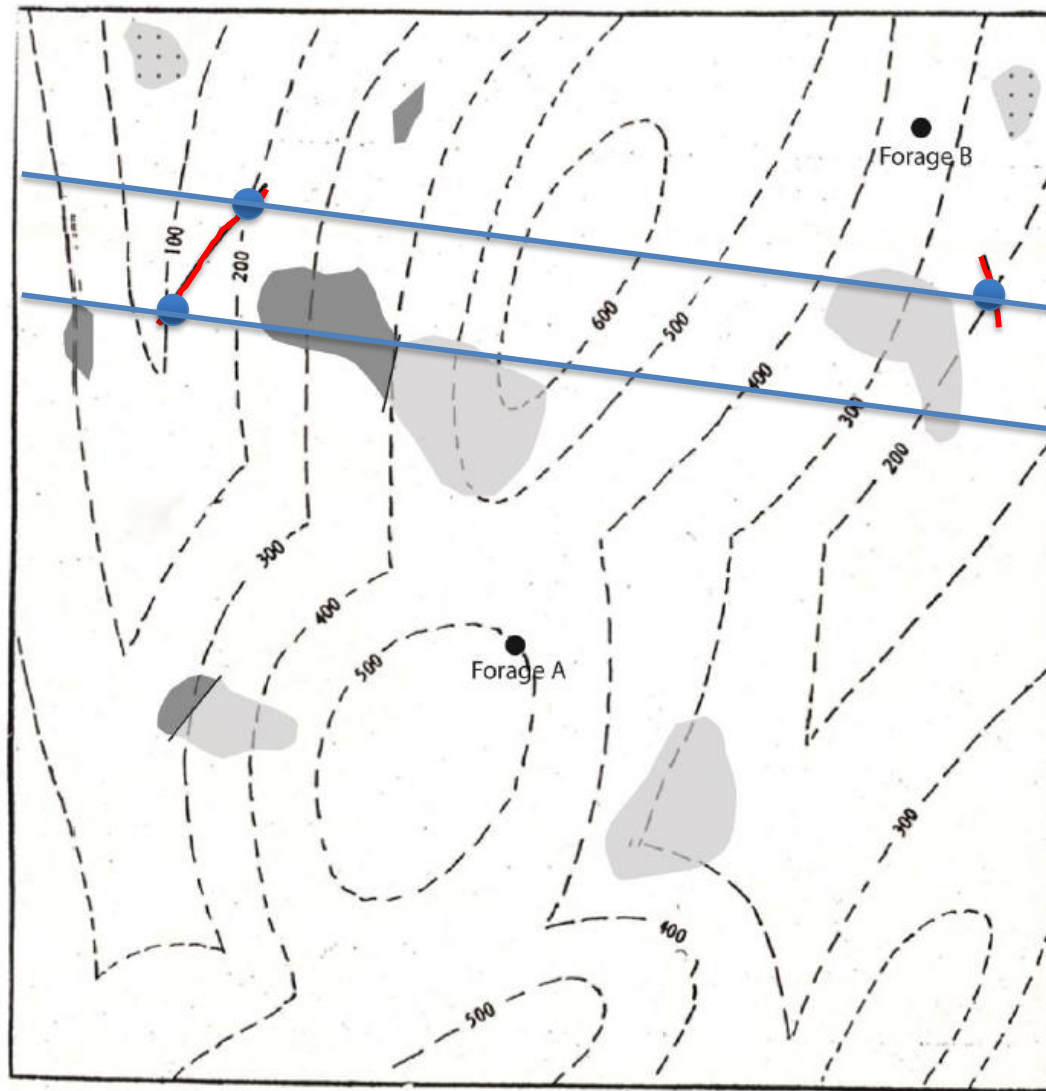
— Faïlle

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1

Faille 200

Faille 100



Conglomerats- Néogène

Calcaire- Paléogène

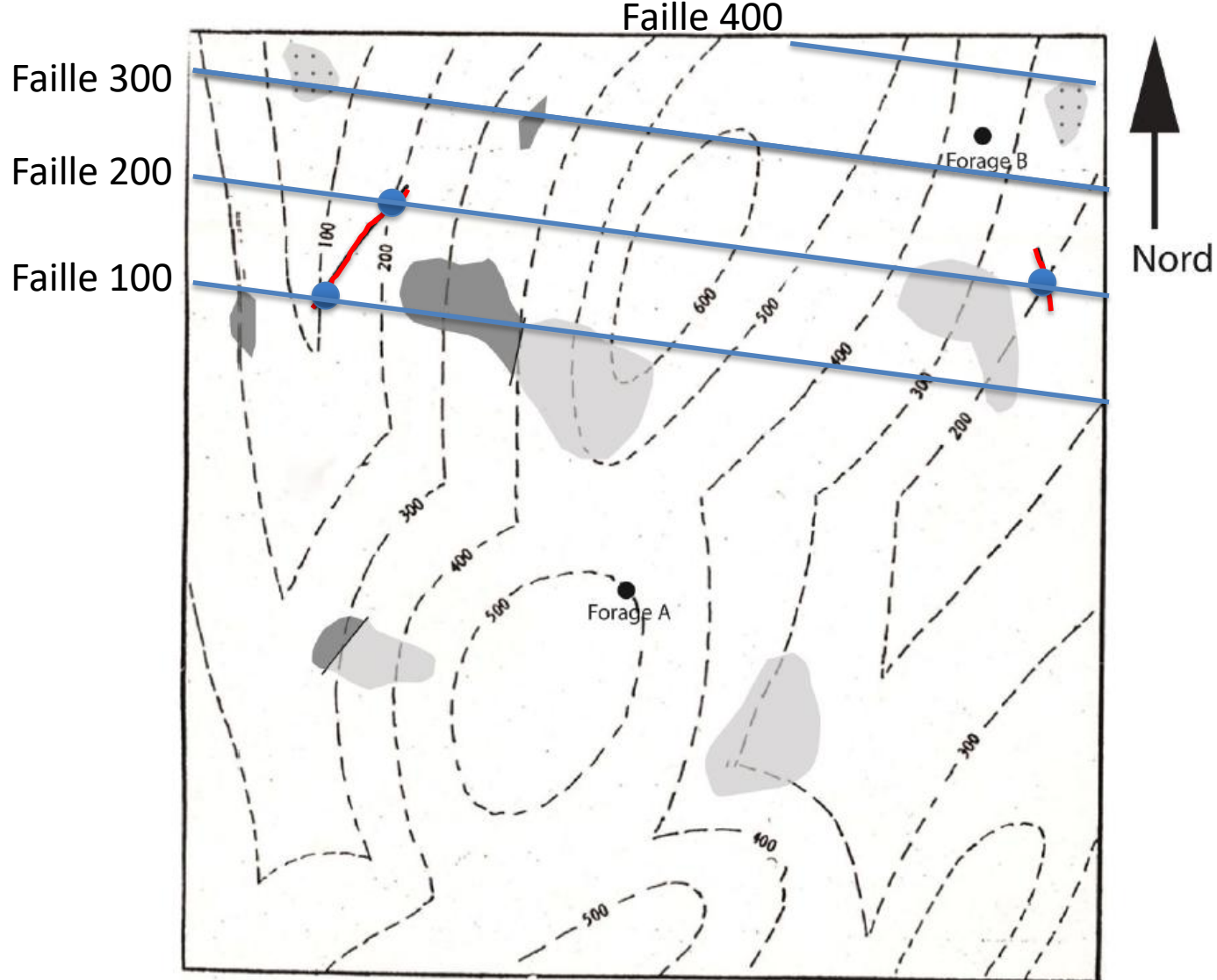
Argilite - Crétacé

Faille

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1





Conglomérats- Néogène

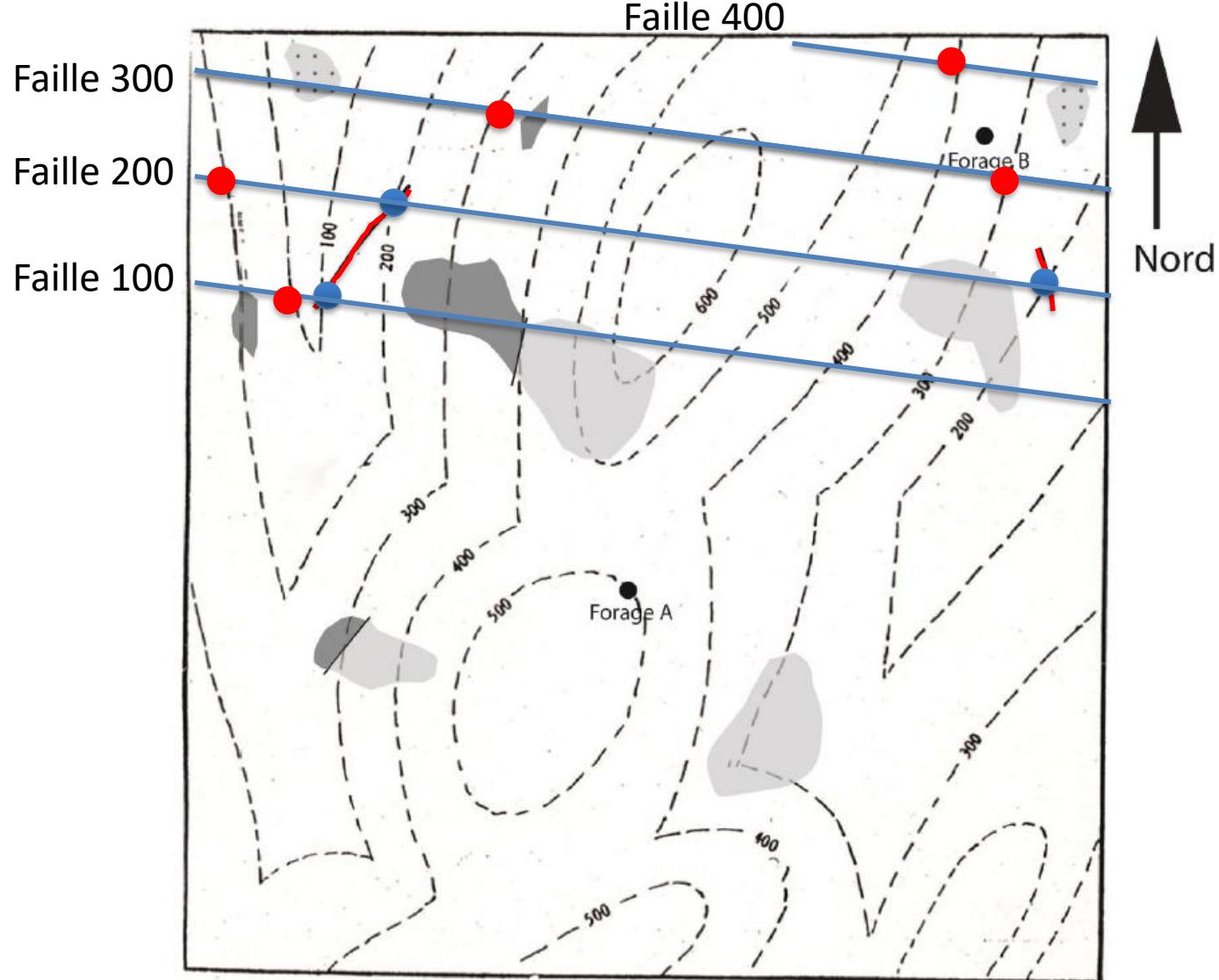
Calcaire- Paléogène

Argilite - Crétacé

Faille

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1



Conglomérats- Néogène

Calcaire- Paléogène

Argilite - Crétacé

Faille

Echelle: 1/10000ème

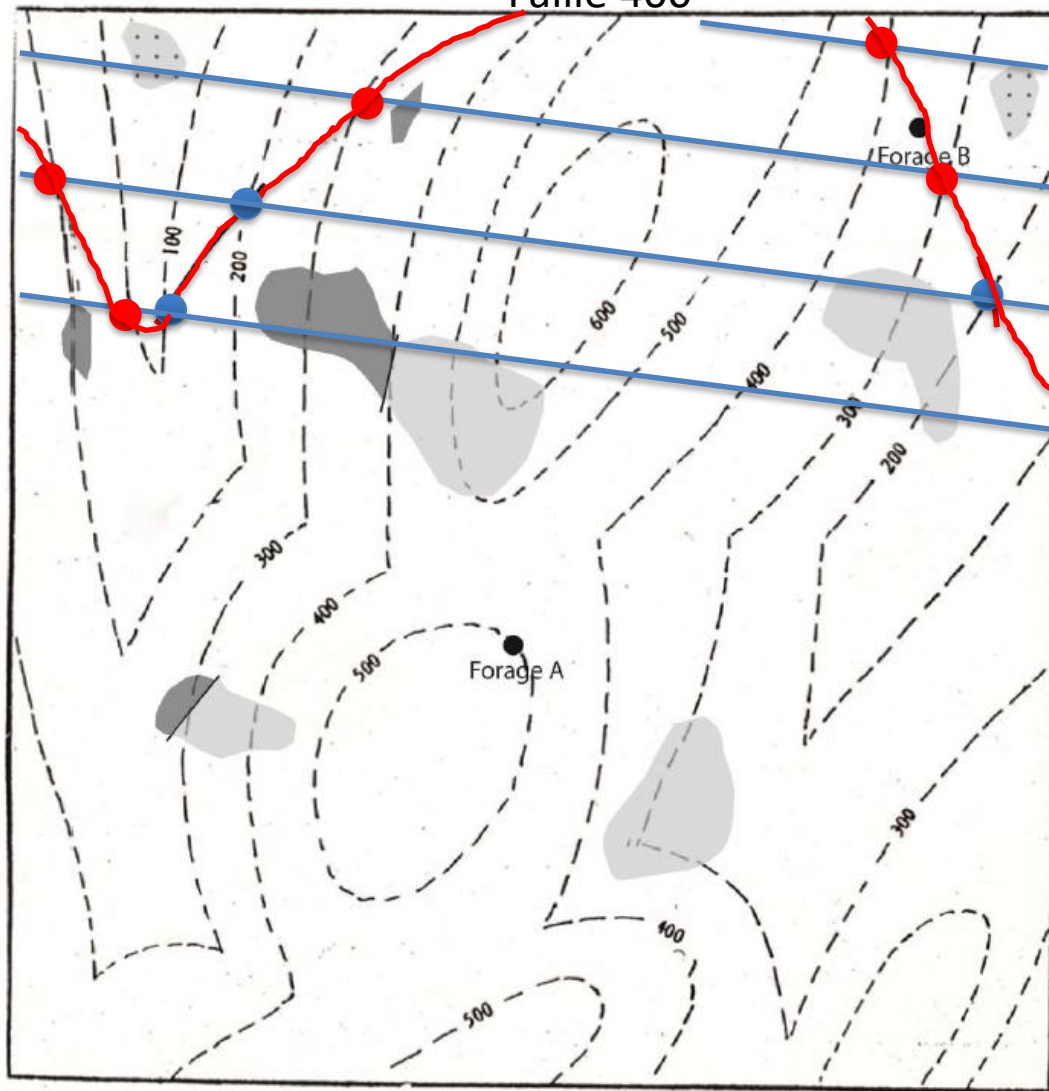
# Exercice 1

Faille 400

Faille 300

Faille 200

Faille 100



Conglomérats- Néogène

Calcaire- Paléogène

Argilite - Crétacé

Faille

Echelle: 1/10000ème

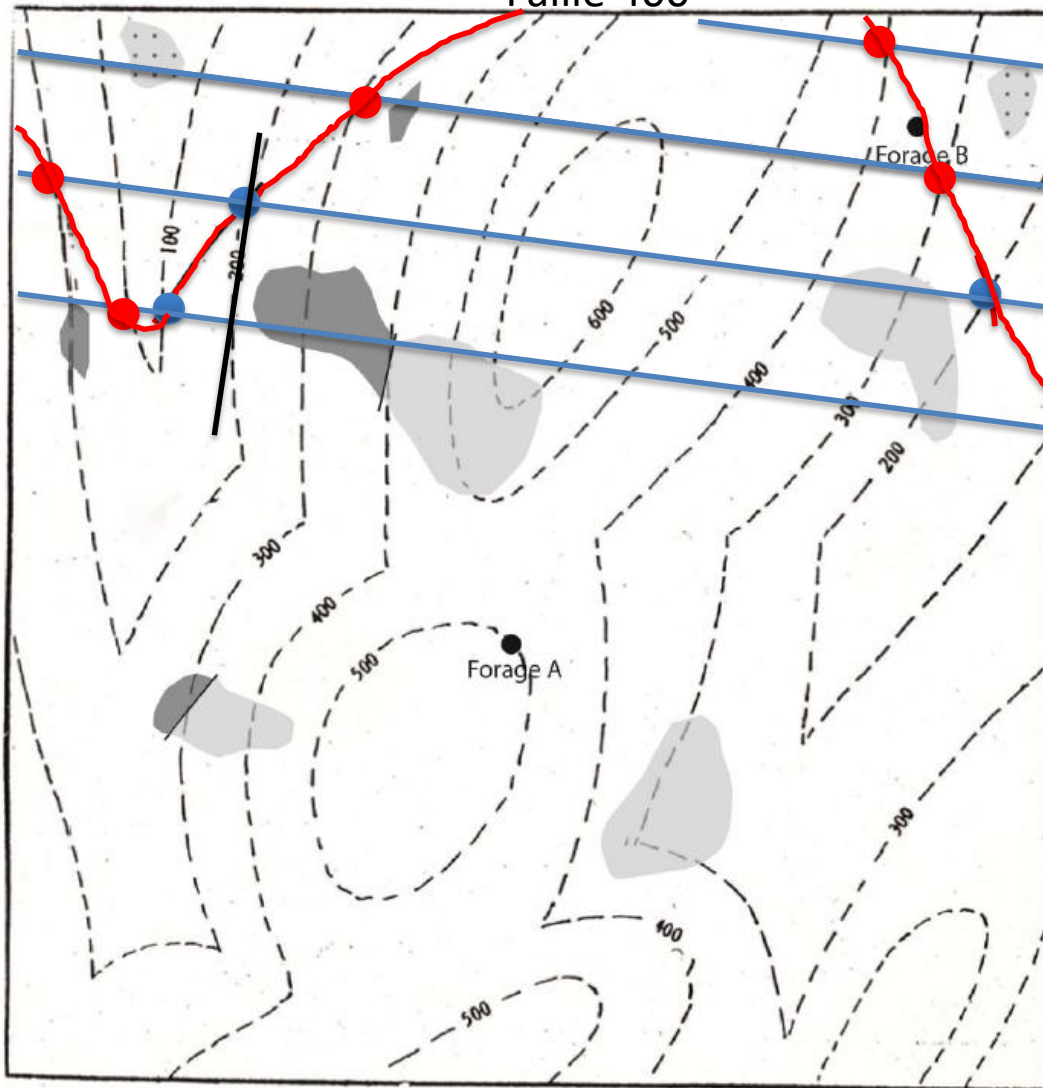
# Exercice 1

Faille 400

Faille 300

Faille 200

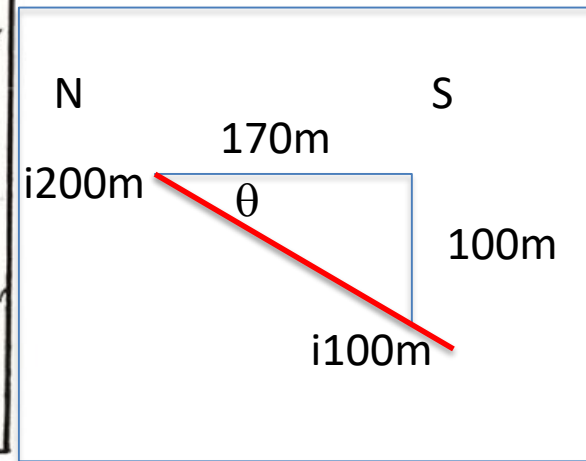
Faille 100



Nord

Direction: 097 ou N97

Pendage – calcul en coupe



Conglomérats- Néogène

Calcaire- Paléogène

Argilite - Crétacé

Faille

Echelle: 1/10000ème

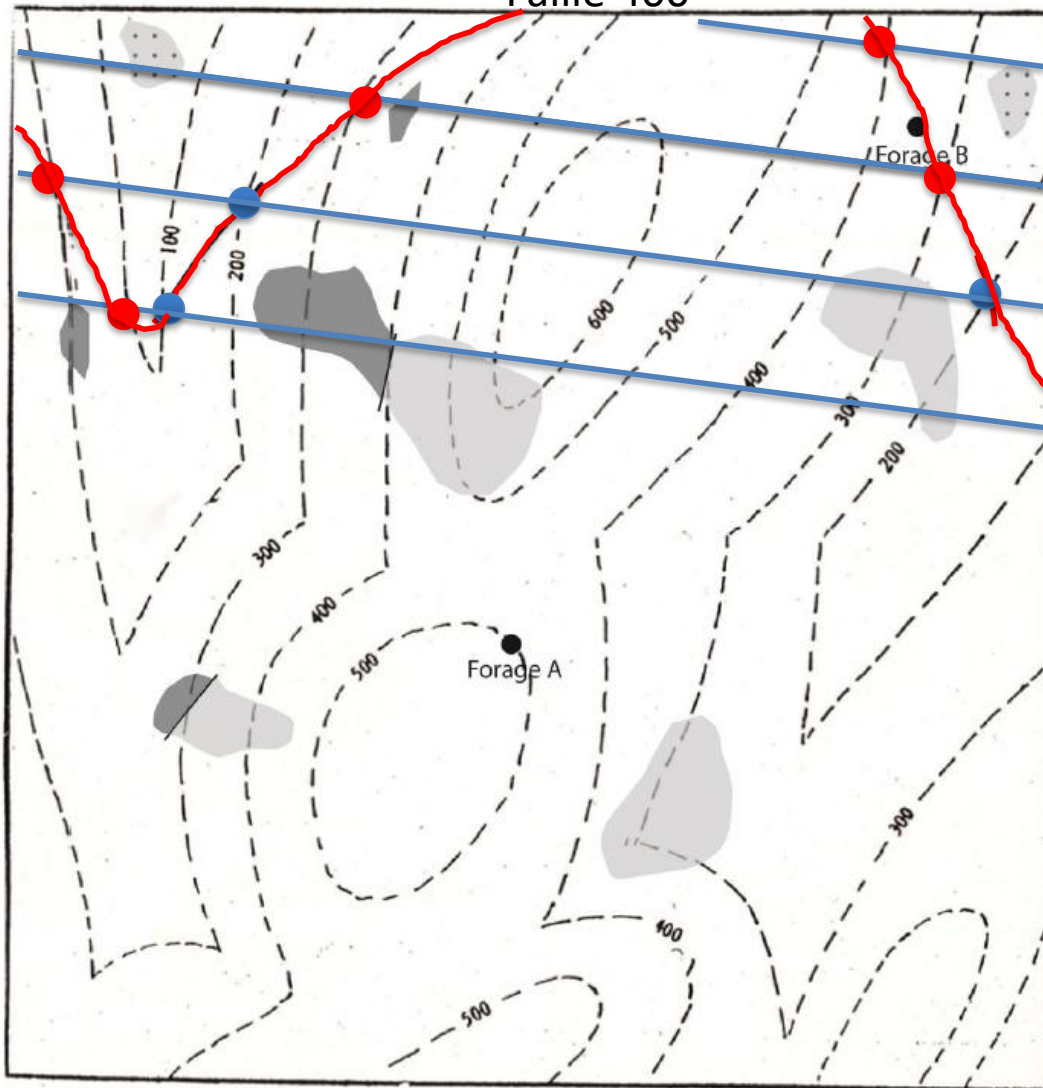
# Exercice 1

Faille 400

Faille 300

Faille 200

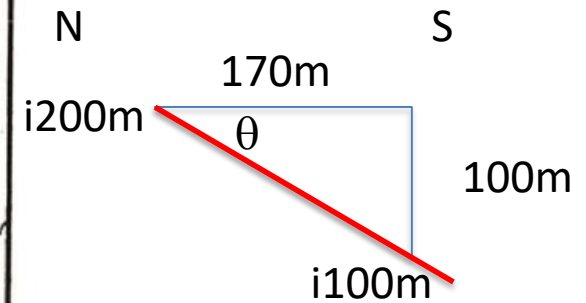
Faille 100



Nord

Direction: 097 ou N97

Pendage



$\theta \approx 30^\circ$

Echelle: 1/10000ème

Orientation de la faille: 097/30°S

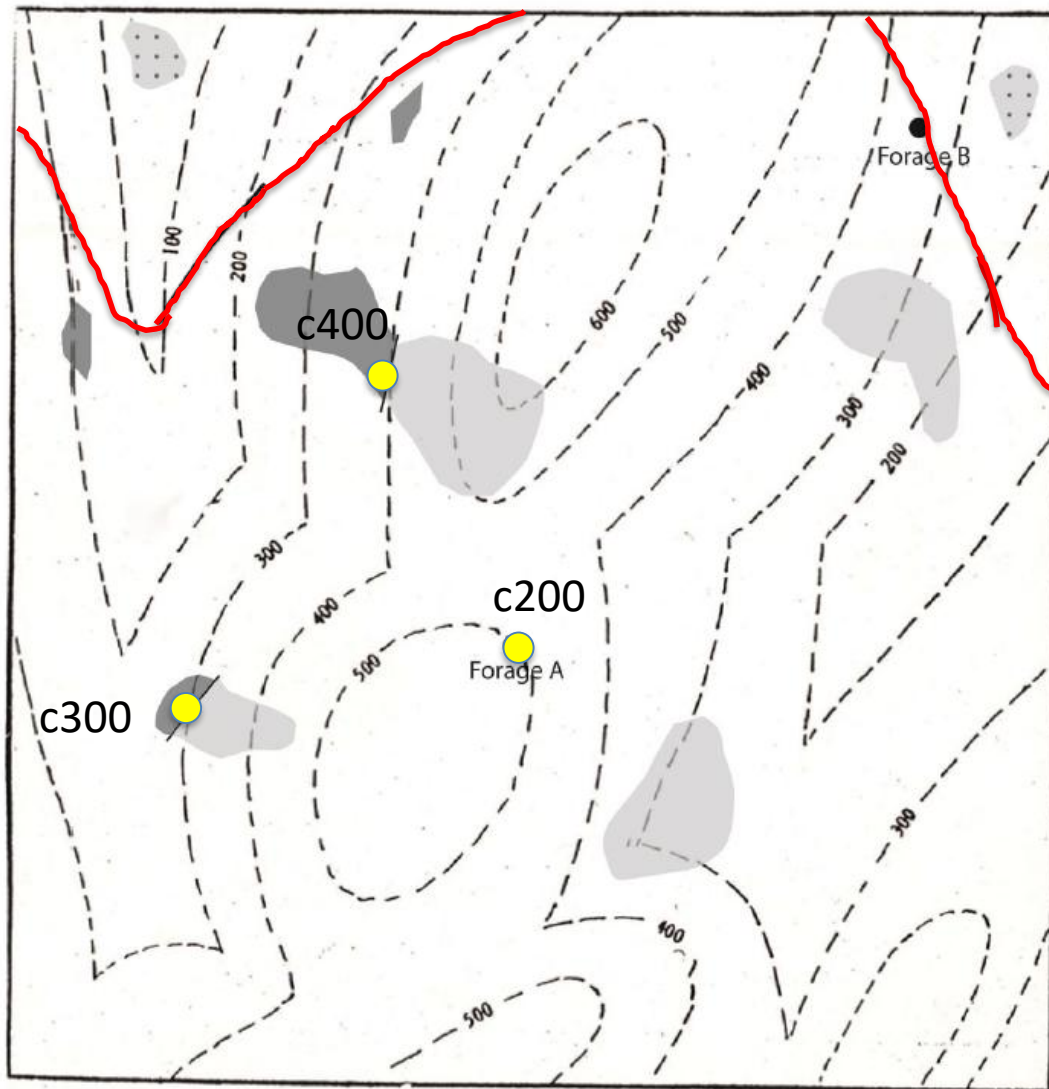
# Exercice 1

Conglomerats- Néogène

Calcaire- Paléogène

Argilite - Crétacé

Faille



**2. Construire la  
trace de base du  
Calcaire paléogène  
et trouver son  
orientation**

 Conglomérats- Néogène

 Calcaire- Paléogène

 Argilite - Crétacé

 Faille

Echelle: 1/10000ème

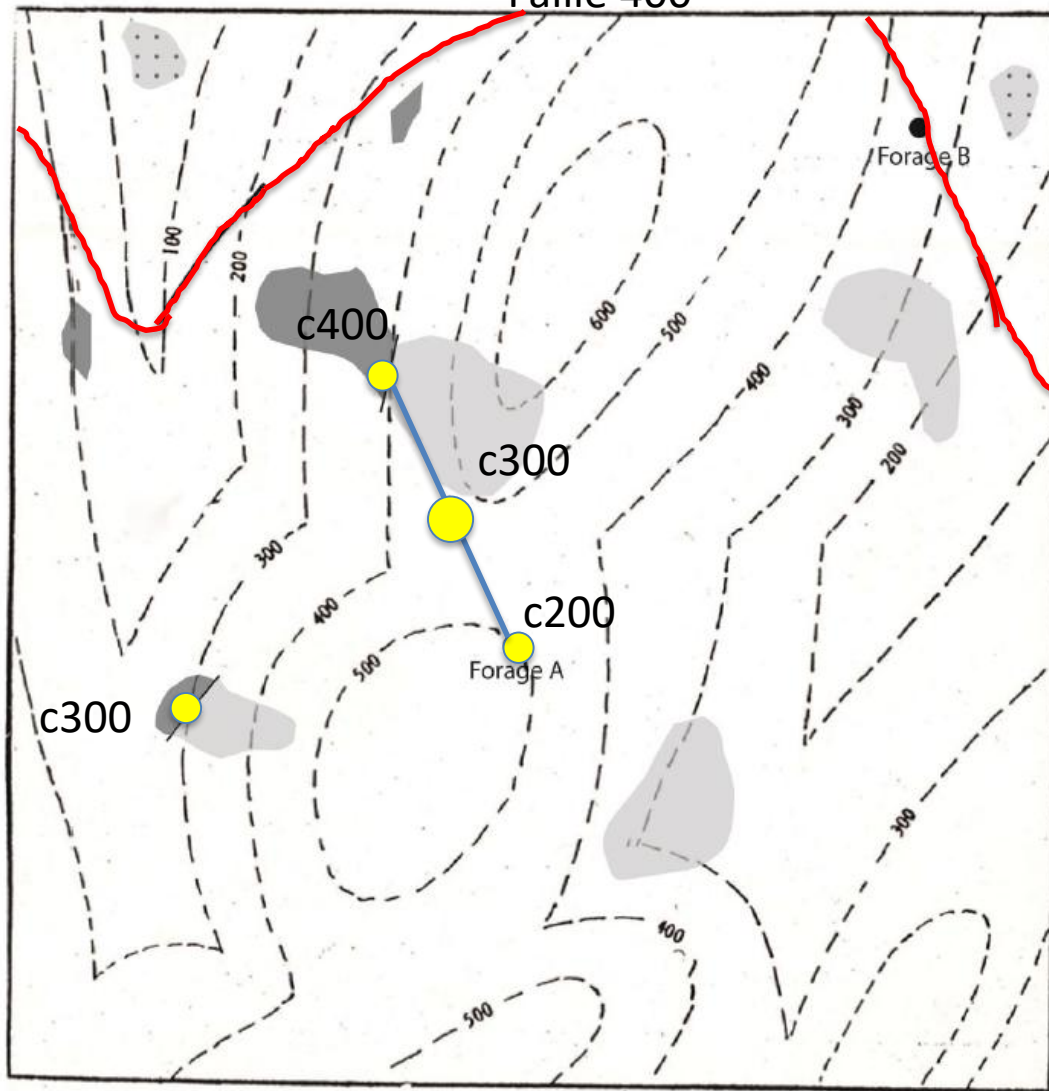
# Exercice 1

Faille 400

Faille 300

Faille 200

Faille 100



 Conglomerats- Néogène

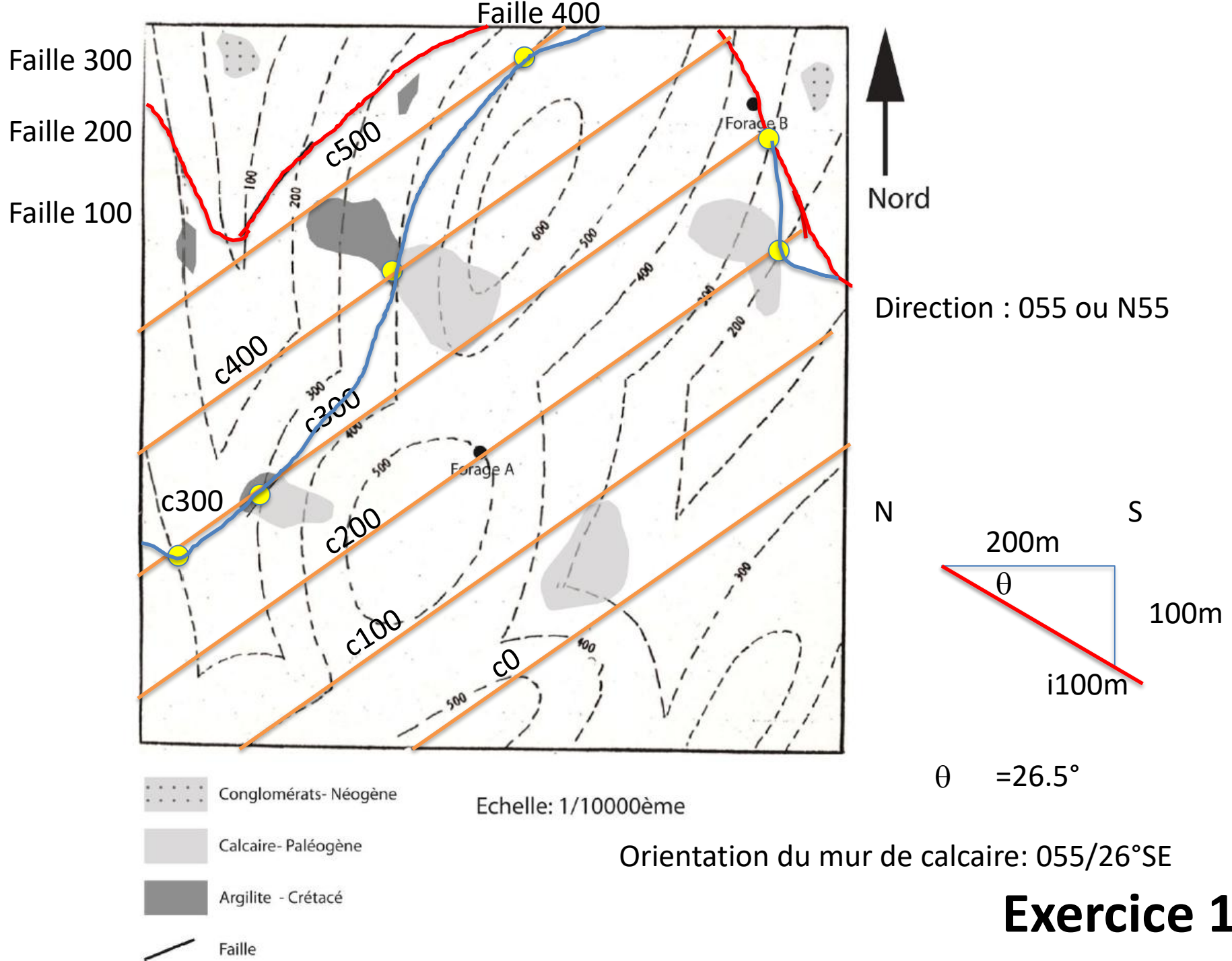
 Calcaire- Paléogène

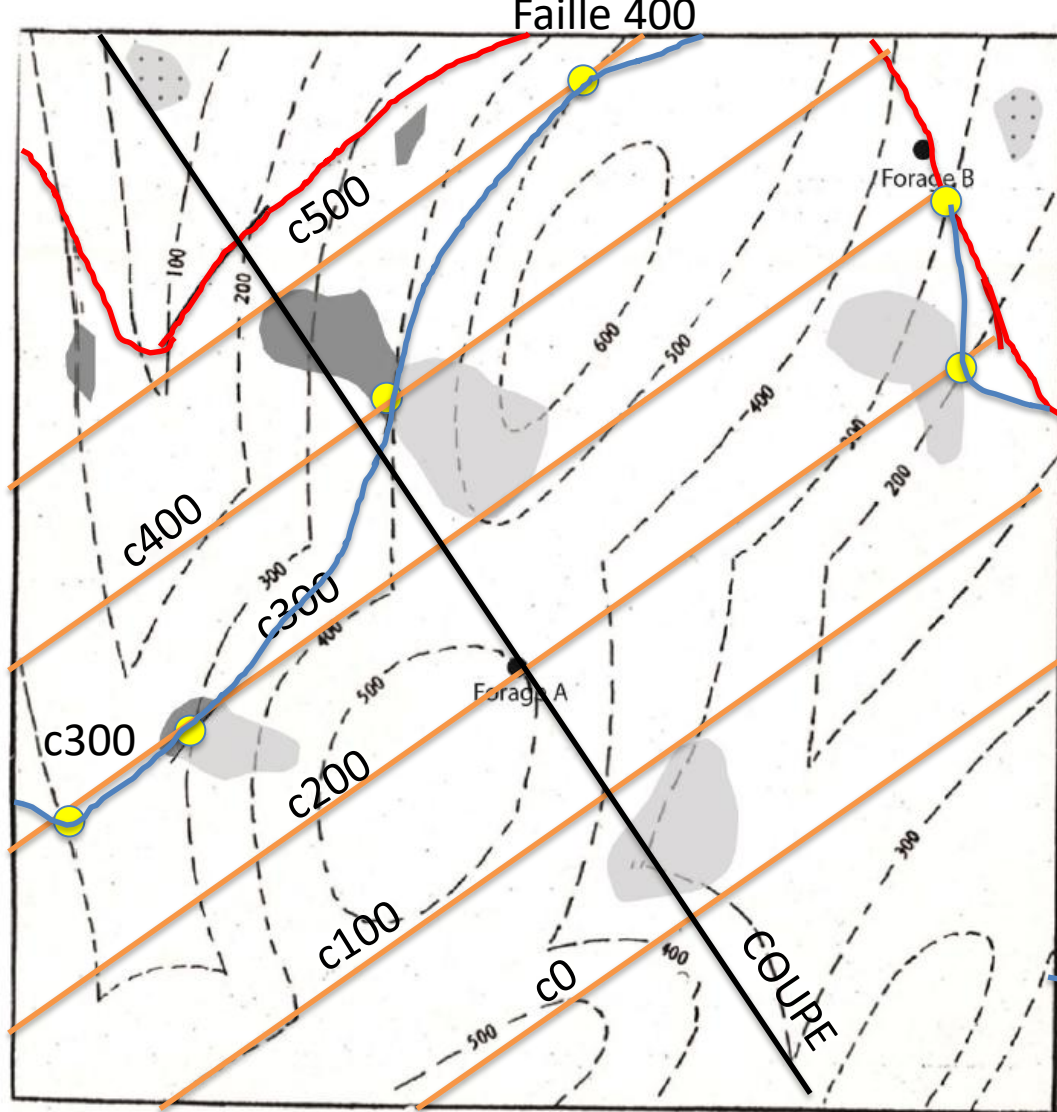
 Argilite - Crétacé

 Faille

Echelle: 1/10000ème

# Exercice 1



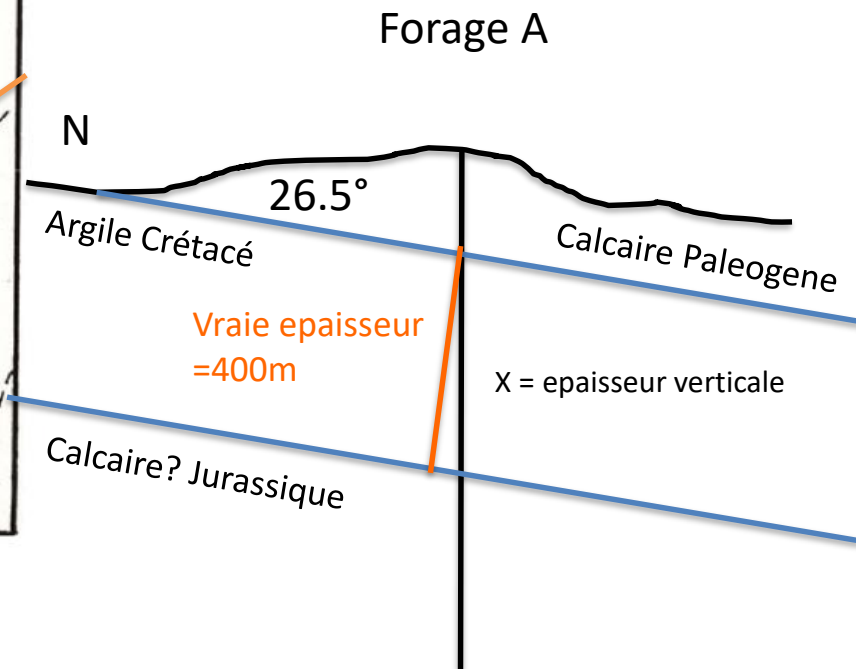


Trouver l'épaisseur verticale de l'argile crétacé et l'altitude absolue du toit de calcaire jurassique.

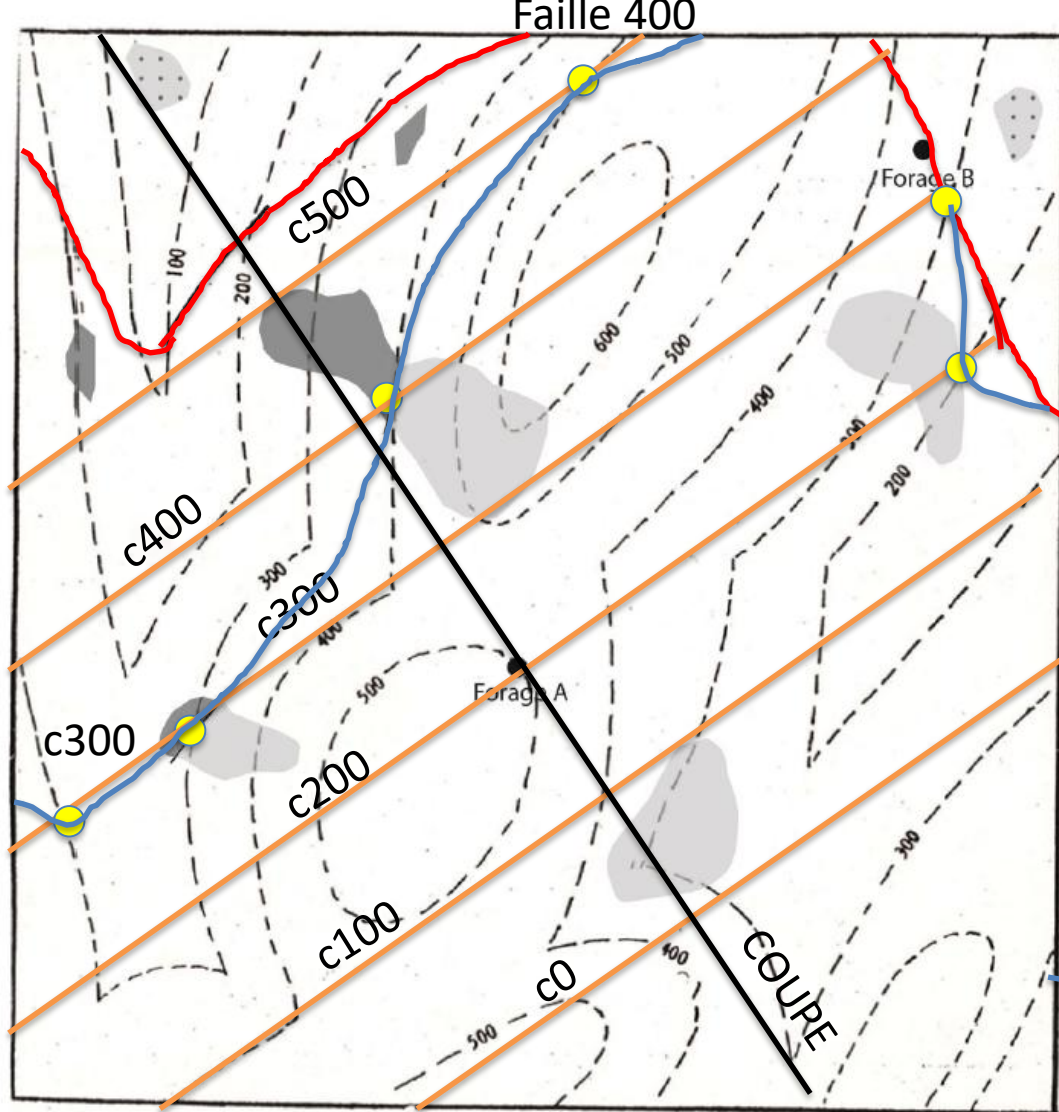
-  Conglomerats- Néogène
-  Calcaire- Paléogène
-  Argilite - Crétacé
-  Faille

Echelle: 1/10000ème

Orientation du mur de calcaire: 055/26°SE



# Exercice 1



●●●●● Conglomérats- Néogène

■ Calcaire- Paléogène

■ Argilite - Crétacé

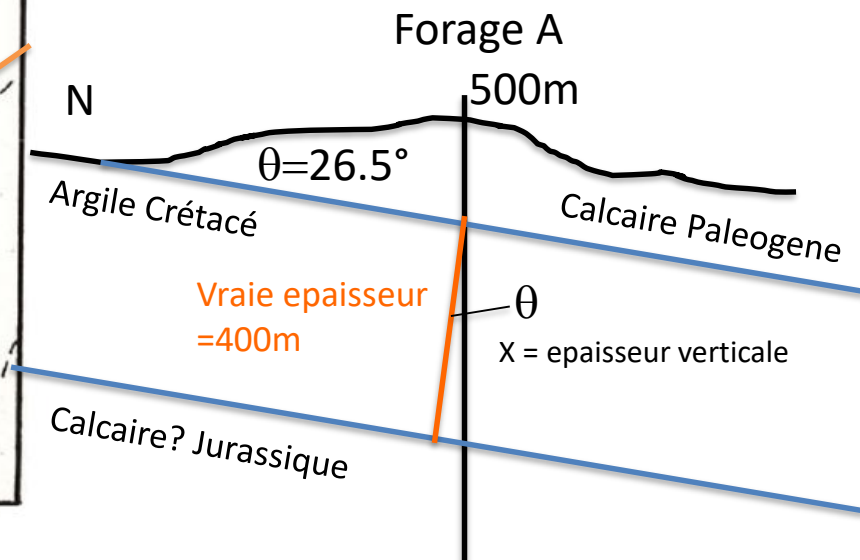
— Faille

Echelle: 1/10000ème

Orientation du mur de calcaire: 055/26°SE



3. l'épaisseur verticale de  
l'argile crétacé = 446 m  
Profondeur du toit du  
jurassique = 746 m  
l'altitude absolue du toit de  
calcaire jurassique = -446 m



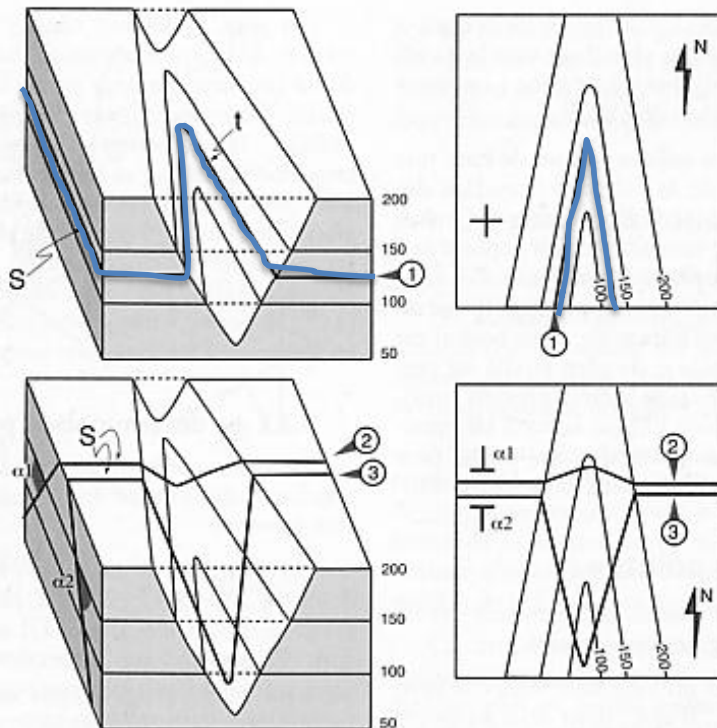
$$\cos \theta = 400/X$$

# Exercice 1

# Exemple d'intersection entre topographie et couches monoclinales

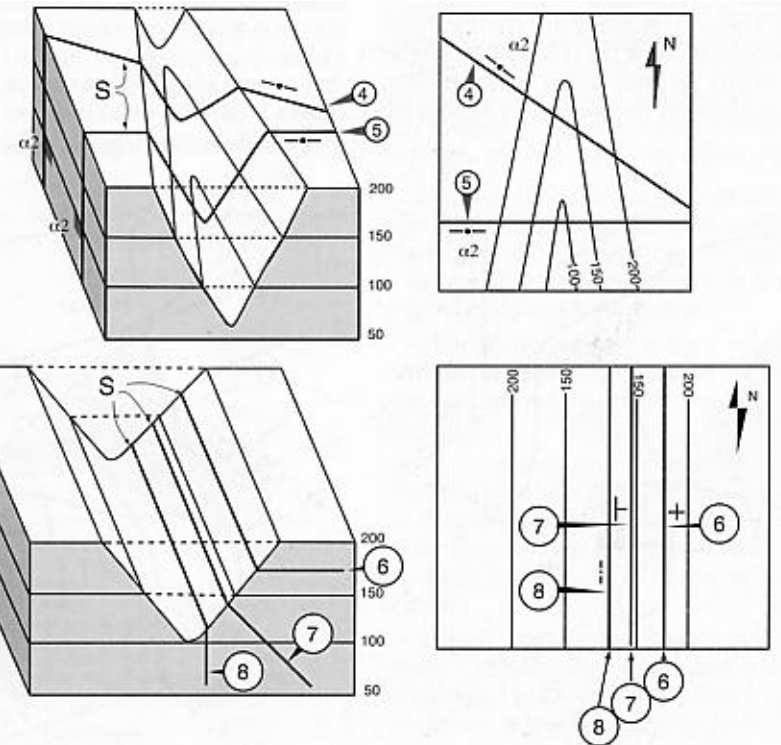
## Le fameux V dans la vallée

Couches horizontales



Couches inclinées avec une direction orthogonale à la vallée

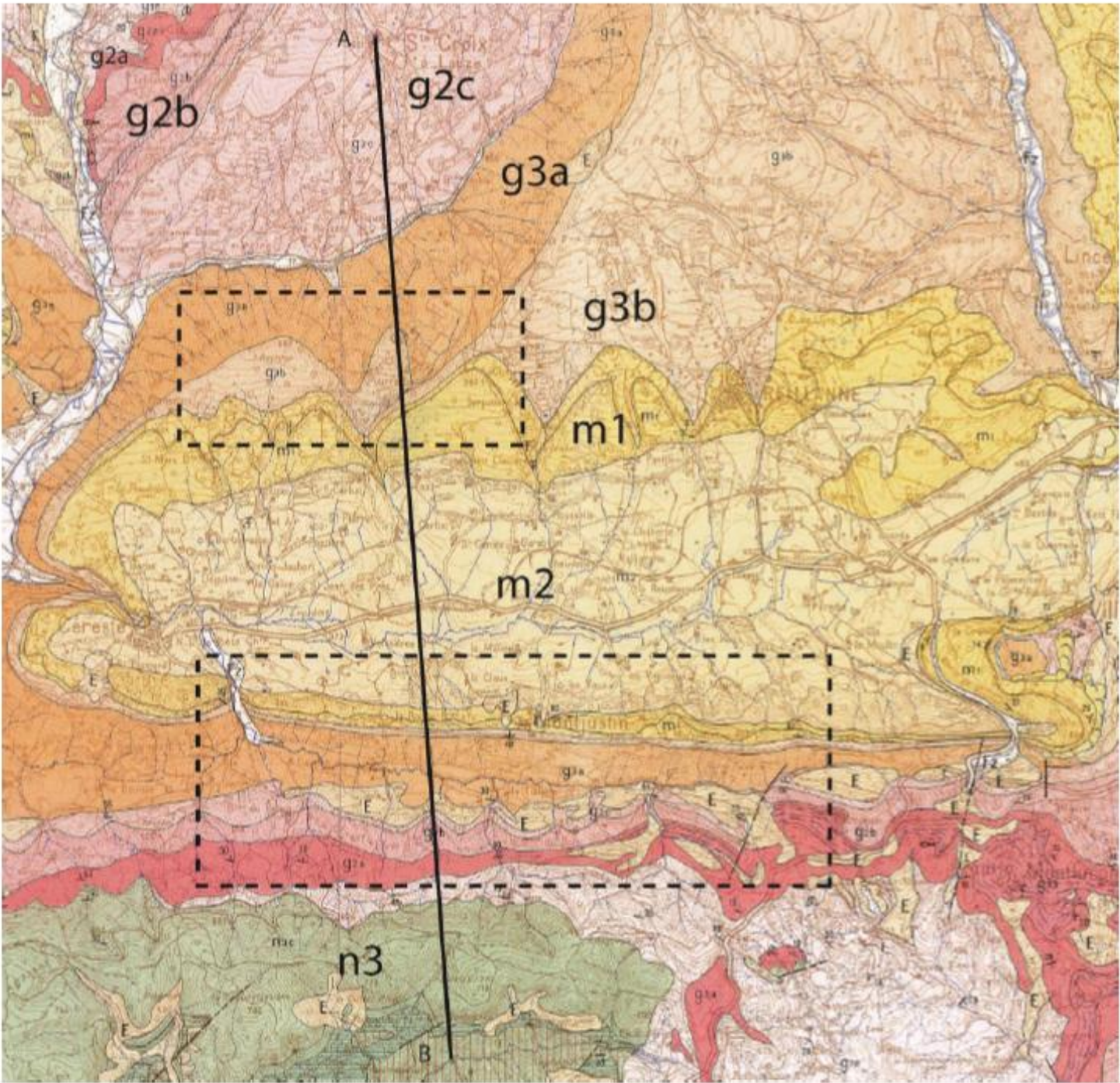
Couches verticales



Couches inclinées avec une direction parallèle à la vallée

**Exercice 2. Reillane**

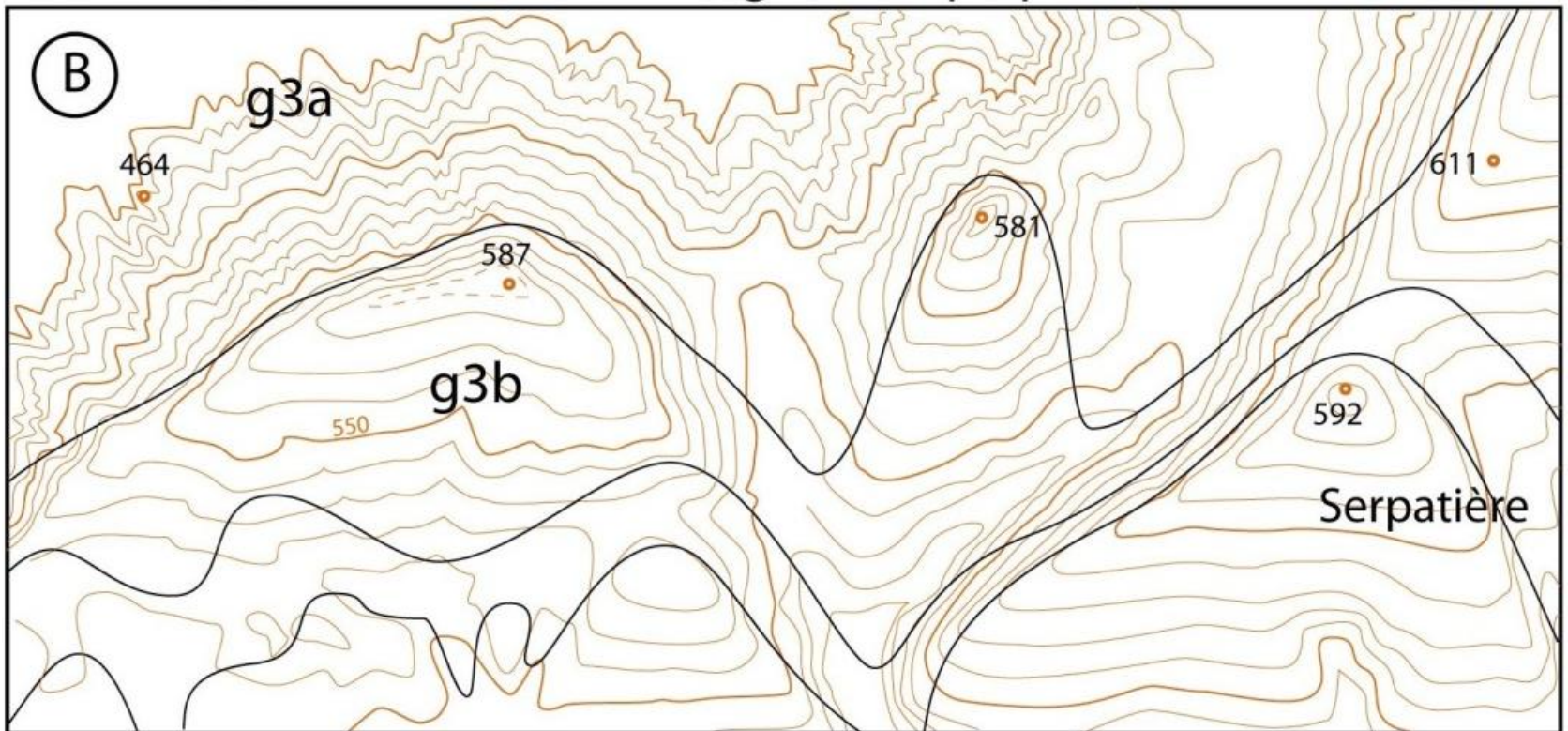
1. Déterminez à partir des V dans la vallée, qualitativement l'orientation des couches m1, g3a et g3b



**Exercice 2**

**Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b**

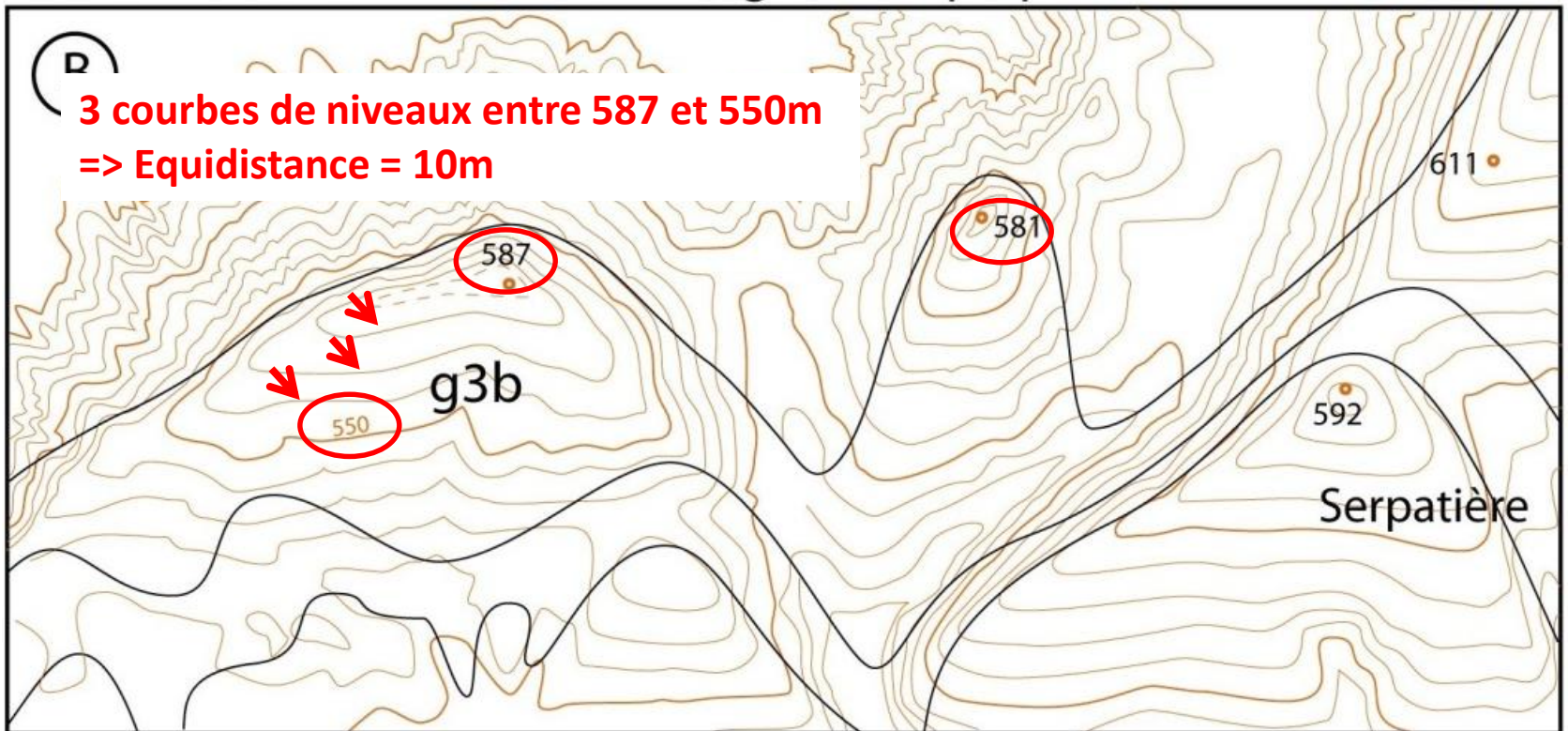
Etape 1: Quelle est l'équidistance entre les courbes de niveaux?



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

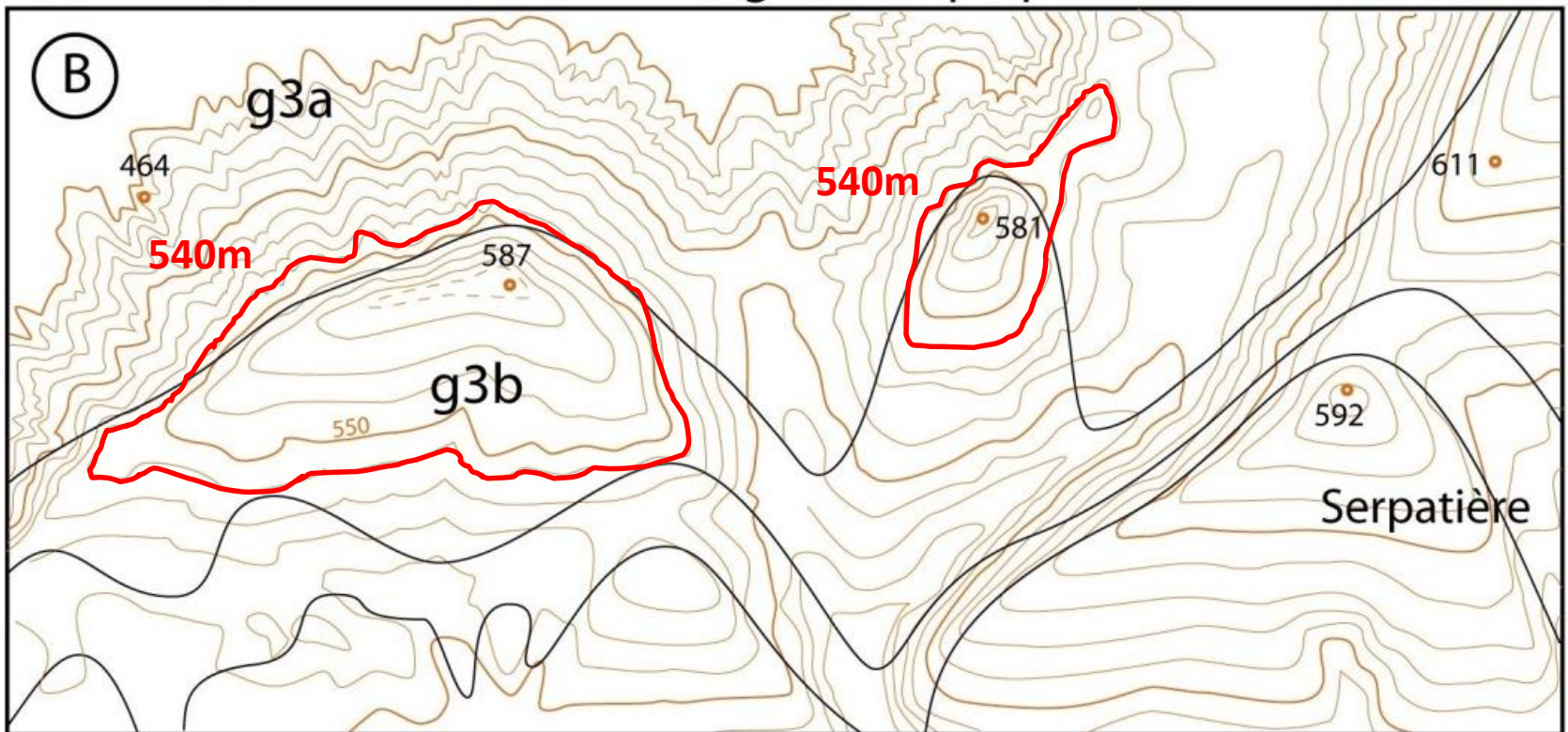
Etape 1: Quelle est l'équidistance entre les courbes de niveaux?



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

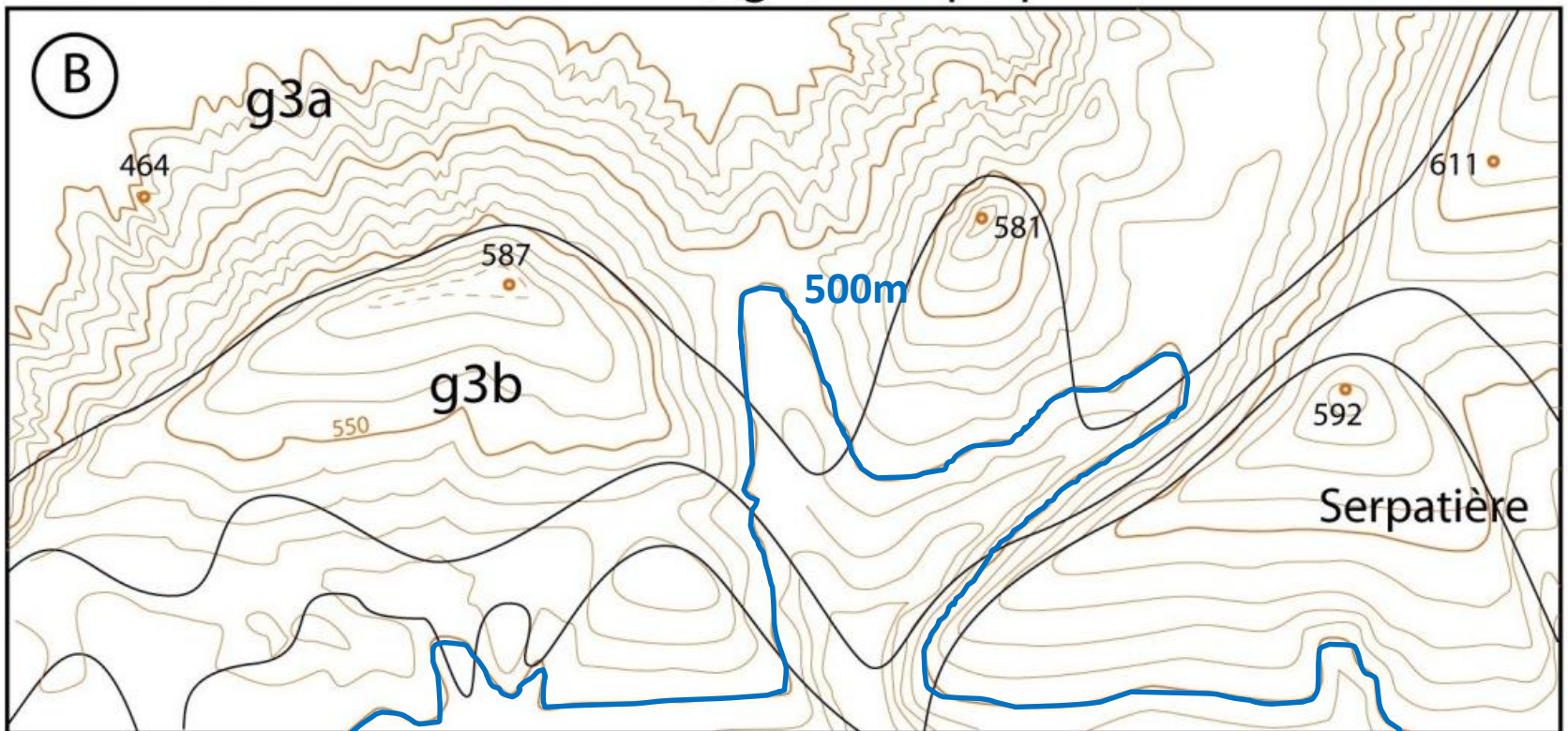
Etape 2: Identifier les courbes de niveaux correspondantes



## Exercice 2

**Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b**

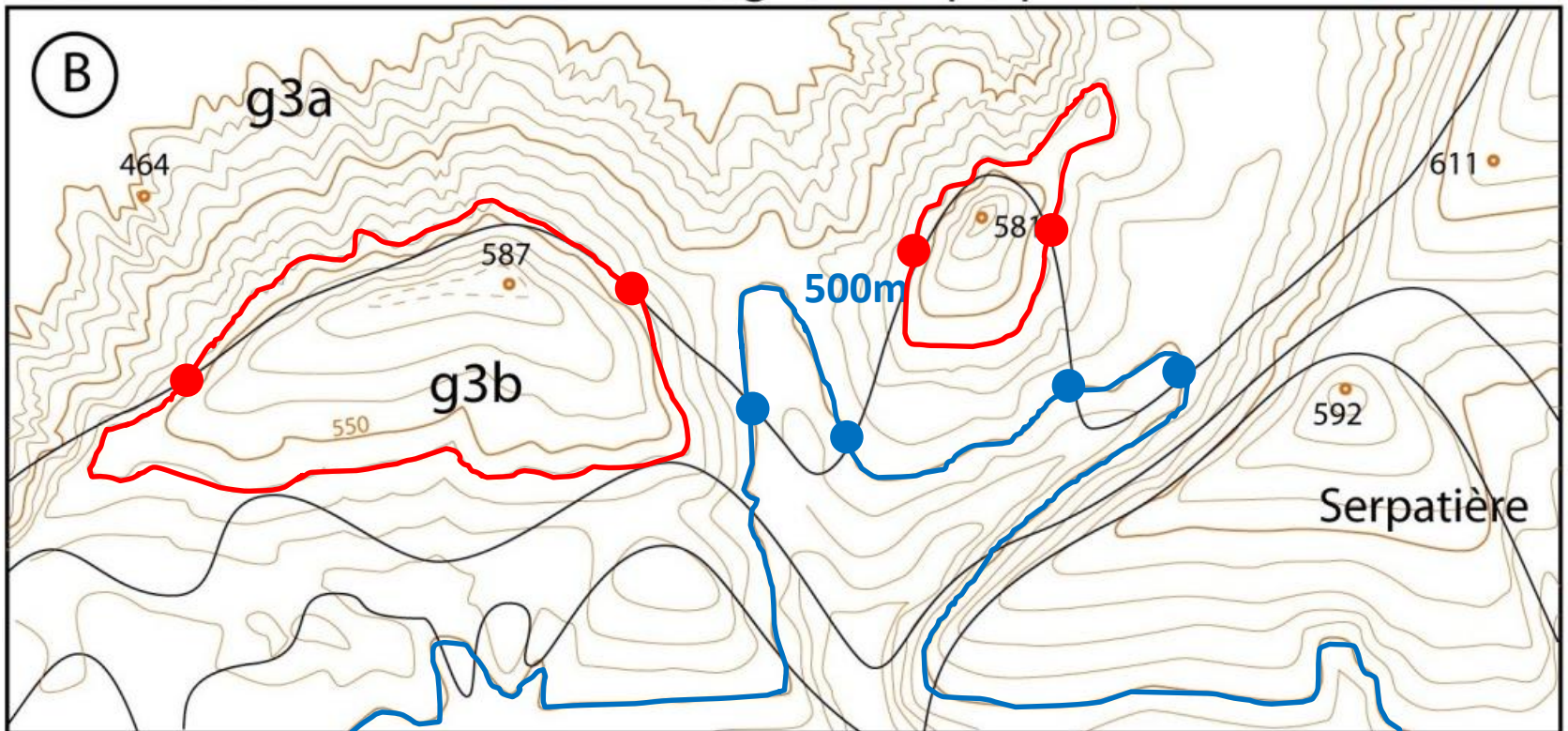
Etape 2: Identifier les courbes de niveaux correspondantes



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

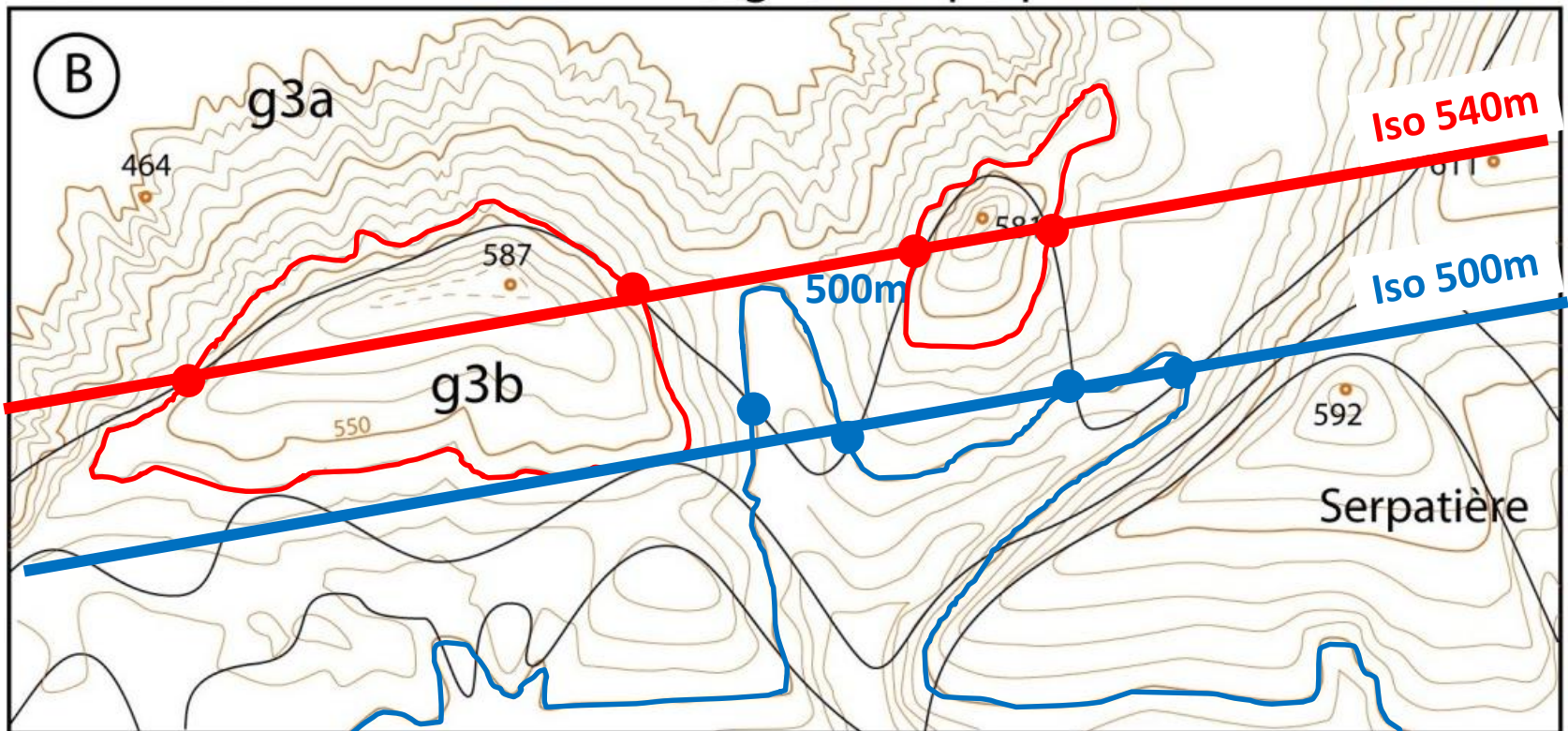
Etape 3: Chercher les intersections avec les couches géologiques



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

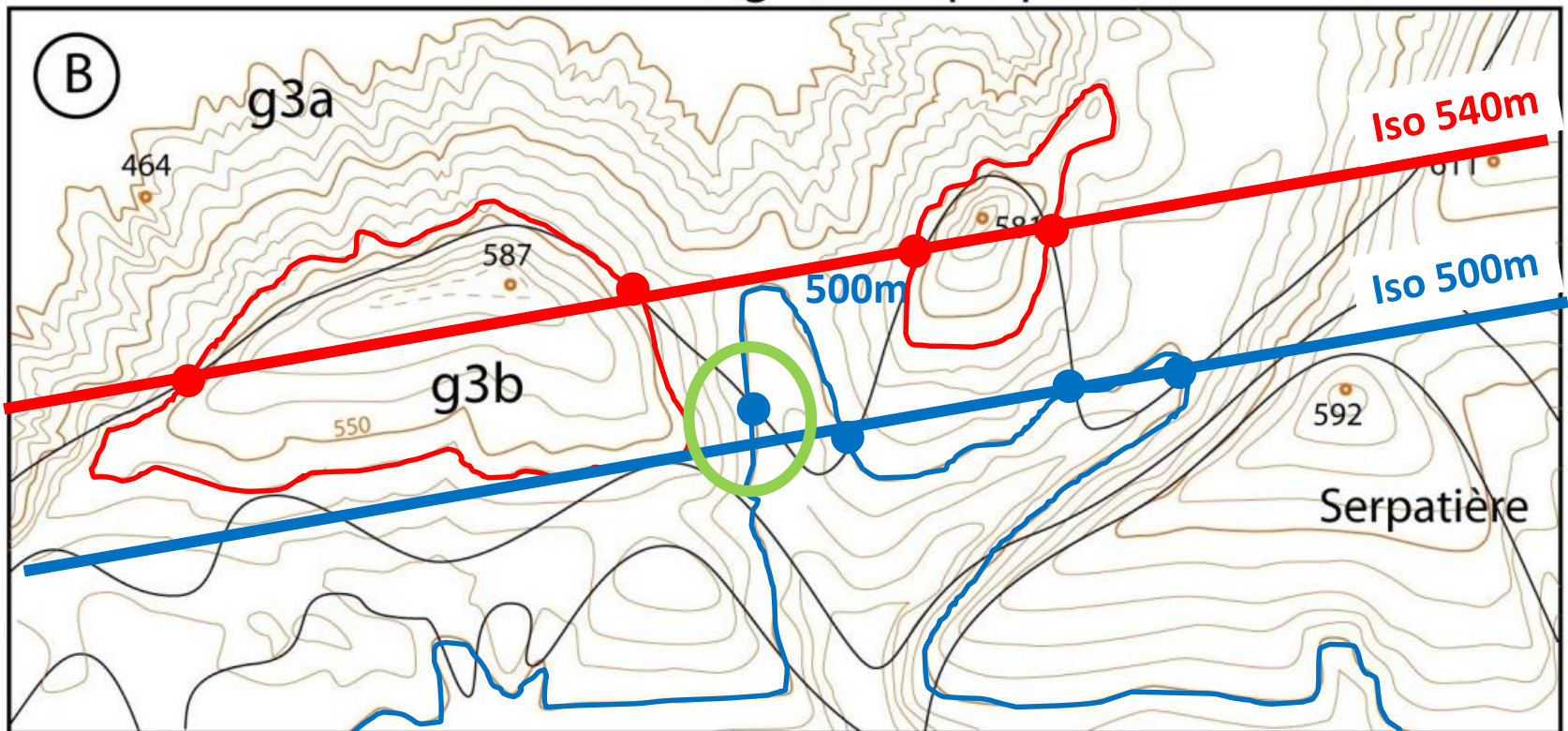
Etape 4: tracer les isohypses correspondantes



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

Etape 4: tracer les isohypses correspondantes

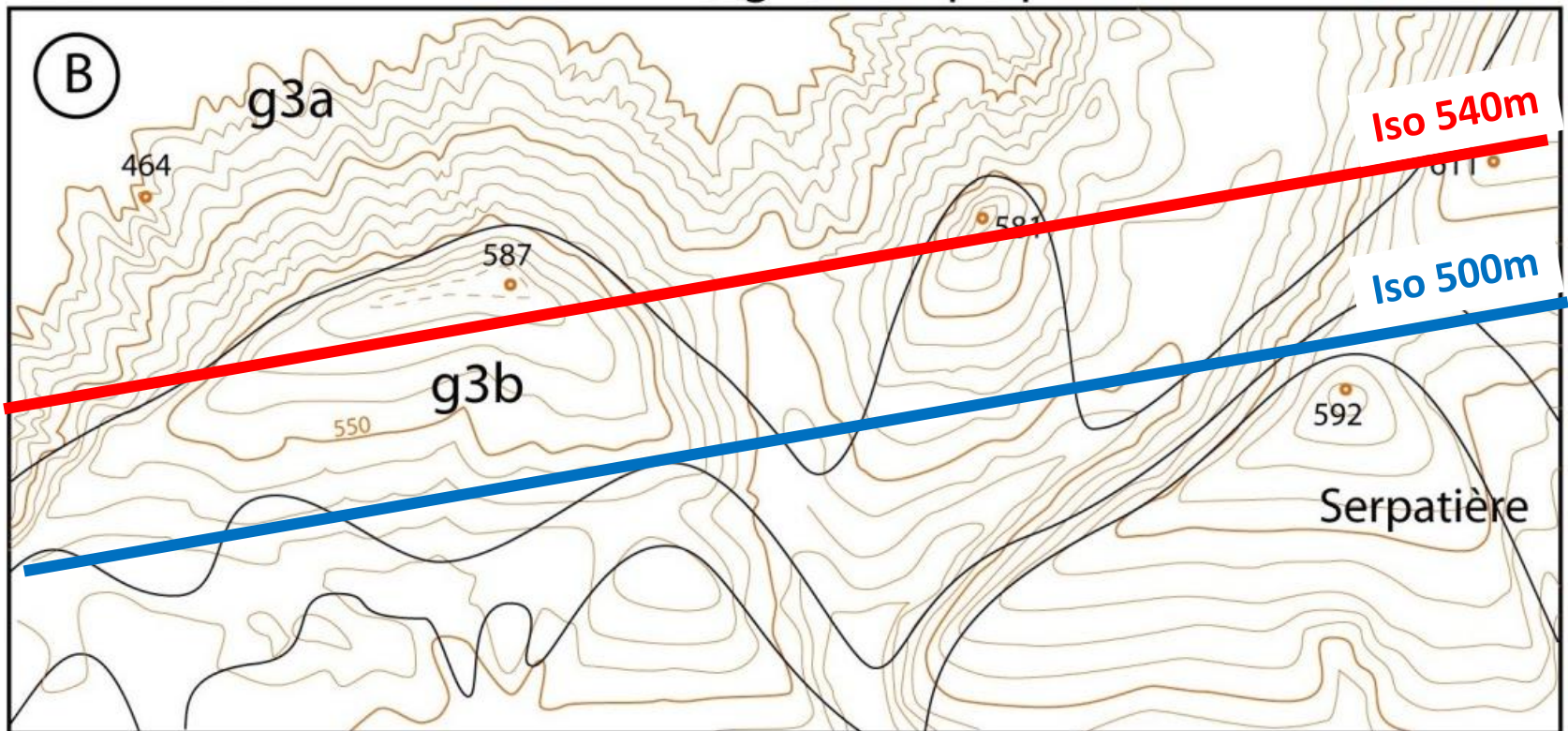


Remarques: les couches géologiques ne sont pas toujours purement planes...il faut faire avec!

## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

**Valeurs du pendage (et de la direction) ?**



N XXX – XX X

(0 et 180°)

(0 et 90°)

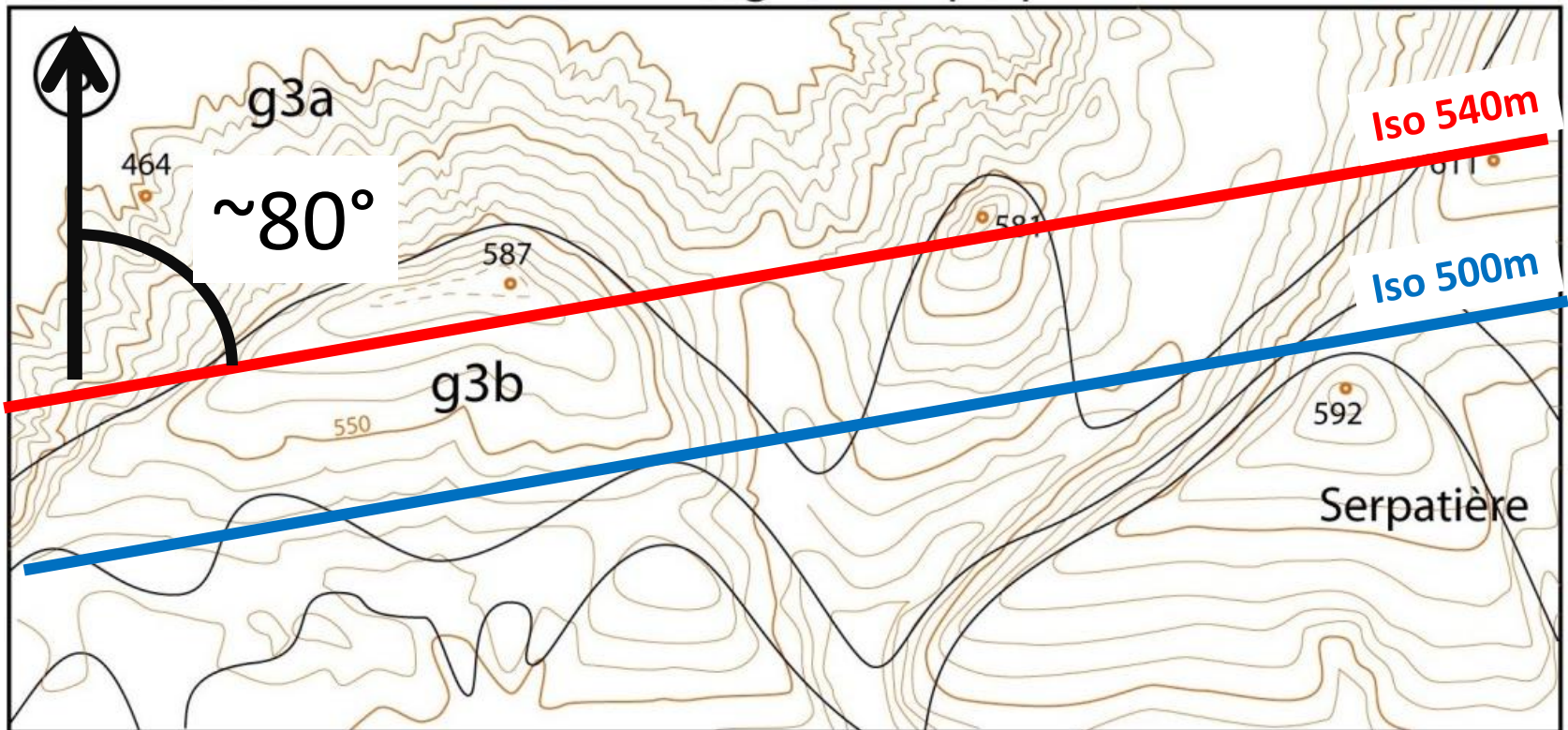
(N,S,E,W,NE,NW,SE,SW)

**Exercice 2**

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

Nord

Valeurs du pendage (et de la direction) ?



N 080 – XX X

↑  
(0 et 90°)

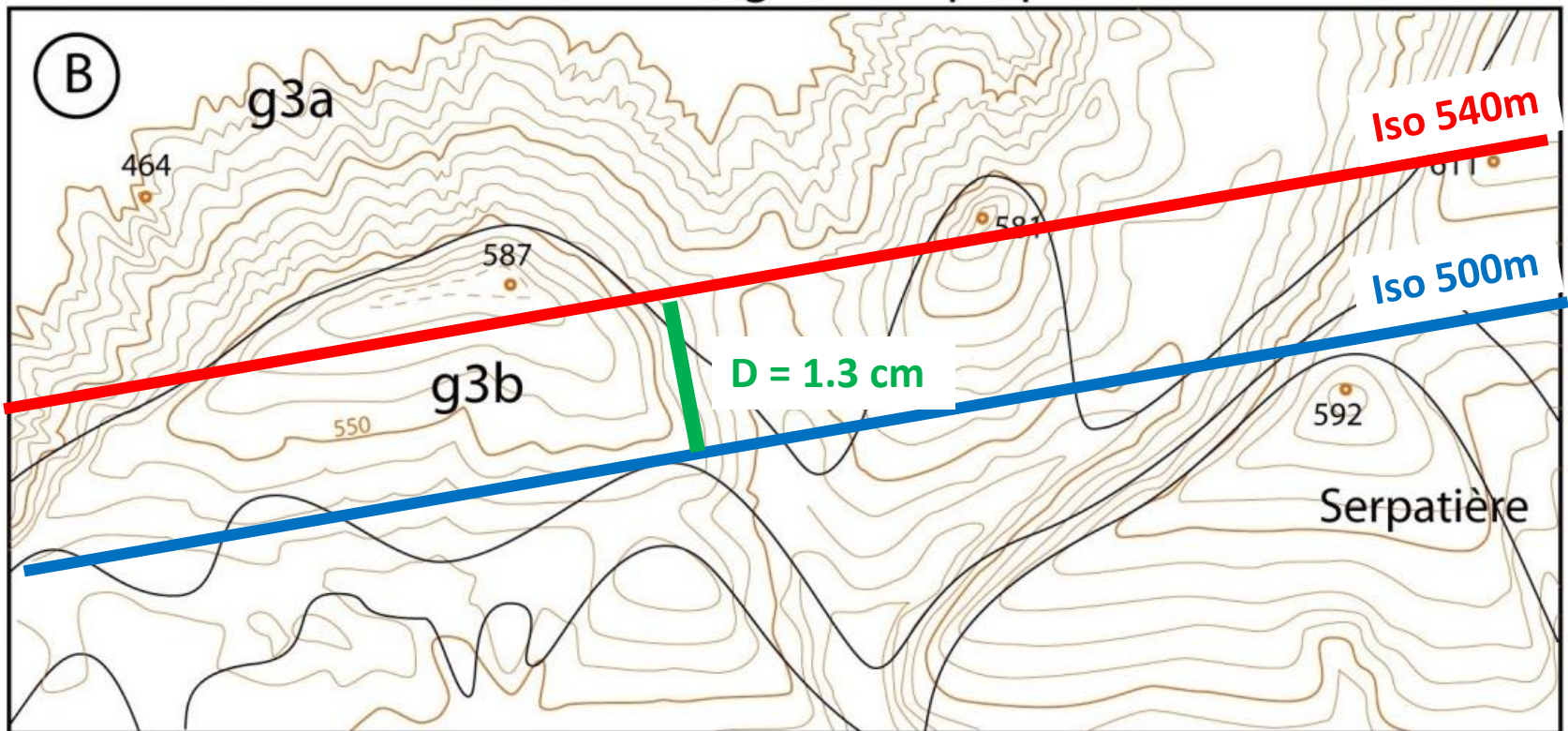
(N,S,E,W,NE,NW,SE,SW)

Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

Nord ↑

**Valeurs du pendage (et de la direction) ?**



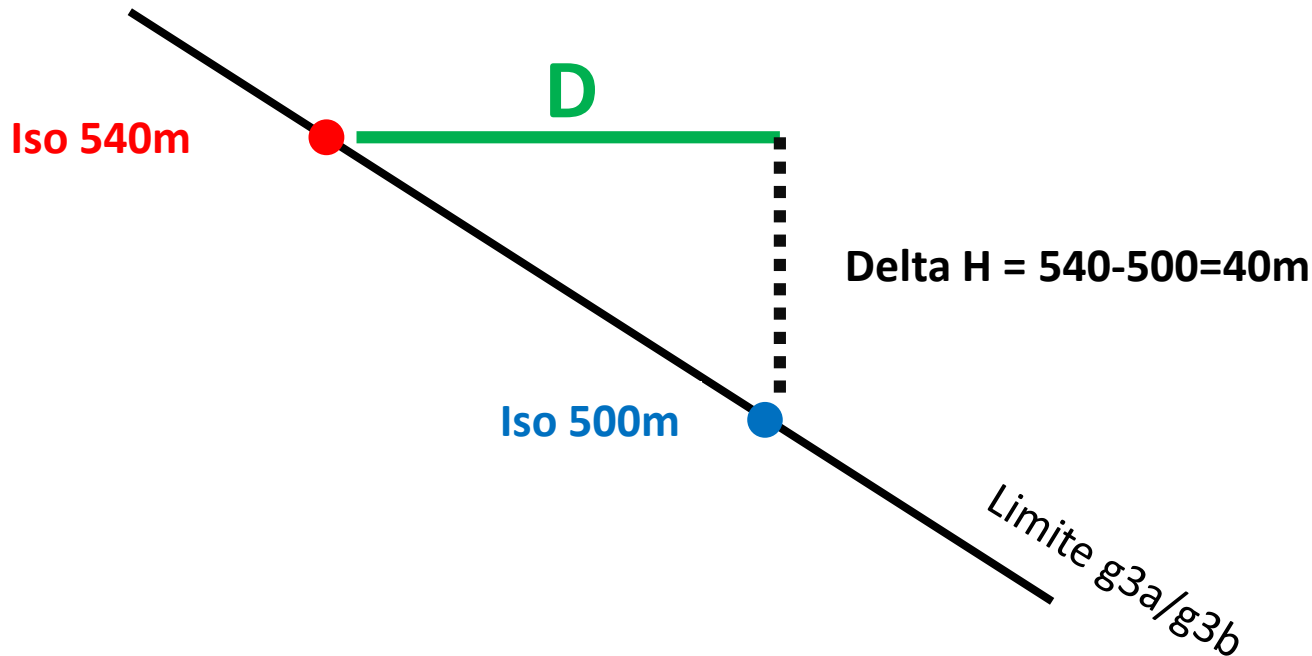
N 080 – XX X

↑  
(0 et 90°)

(N,S,E,W,NE,NW,SE,SW)

**Exercice 2**

$D = \text{cm}$   
Echelle 1/25000  
(1cm sur la carte = 25000cm sur le terrain)  
 $D = 1.3\text{cm} * 25000 = 32500\text{cm}$  (325m)



Vue en coupe!

Exercice 2

$D = \text{cm}$

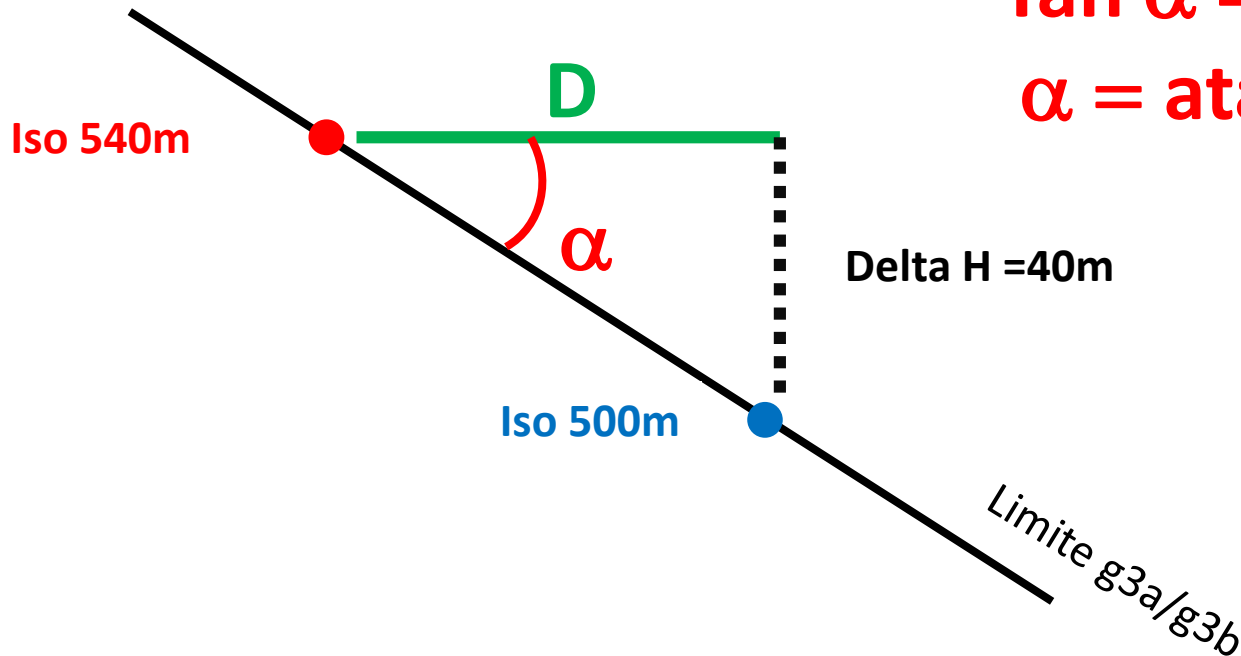
Echelle 1/25000

(1cm sur la carte = 25000cm sur le terrain)

$D = 1.3\text{cm} * 25000 = 32500\text{cm}$  (325m)

$\tan \alpha = \text{delta H} / D$

$\alpha = \text{atan}(40/325) = 7^\circ$



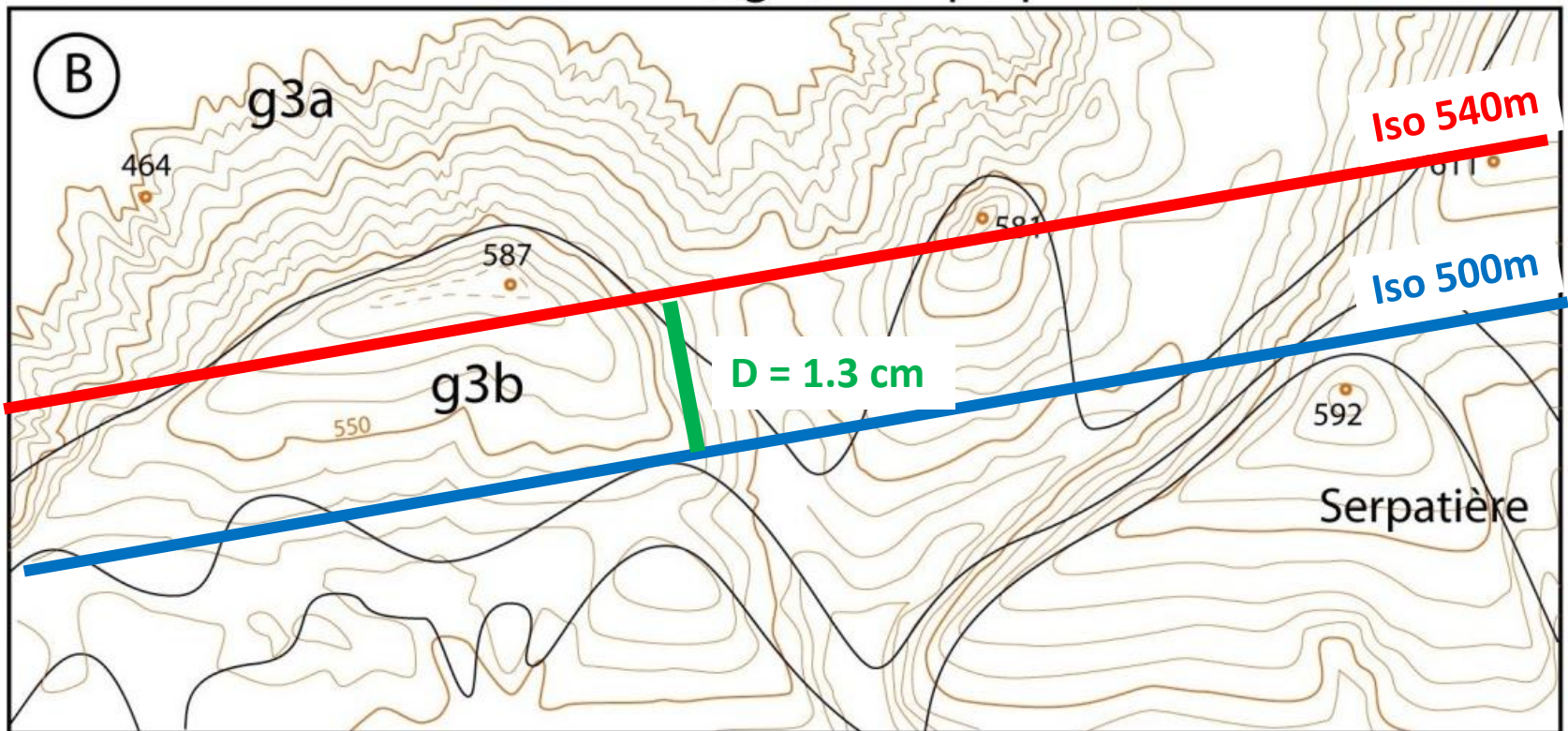
Vue en coupe!

Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

Nord ↑

**Valeurs du pendage (et de la direction) ?**



N 080 – 07 X

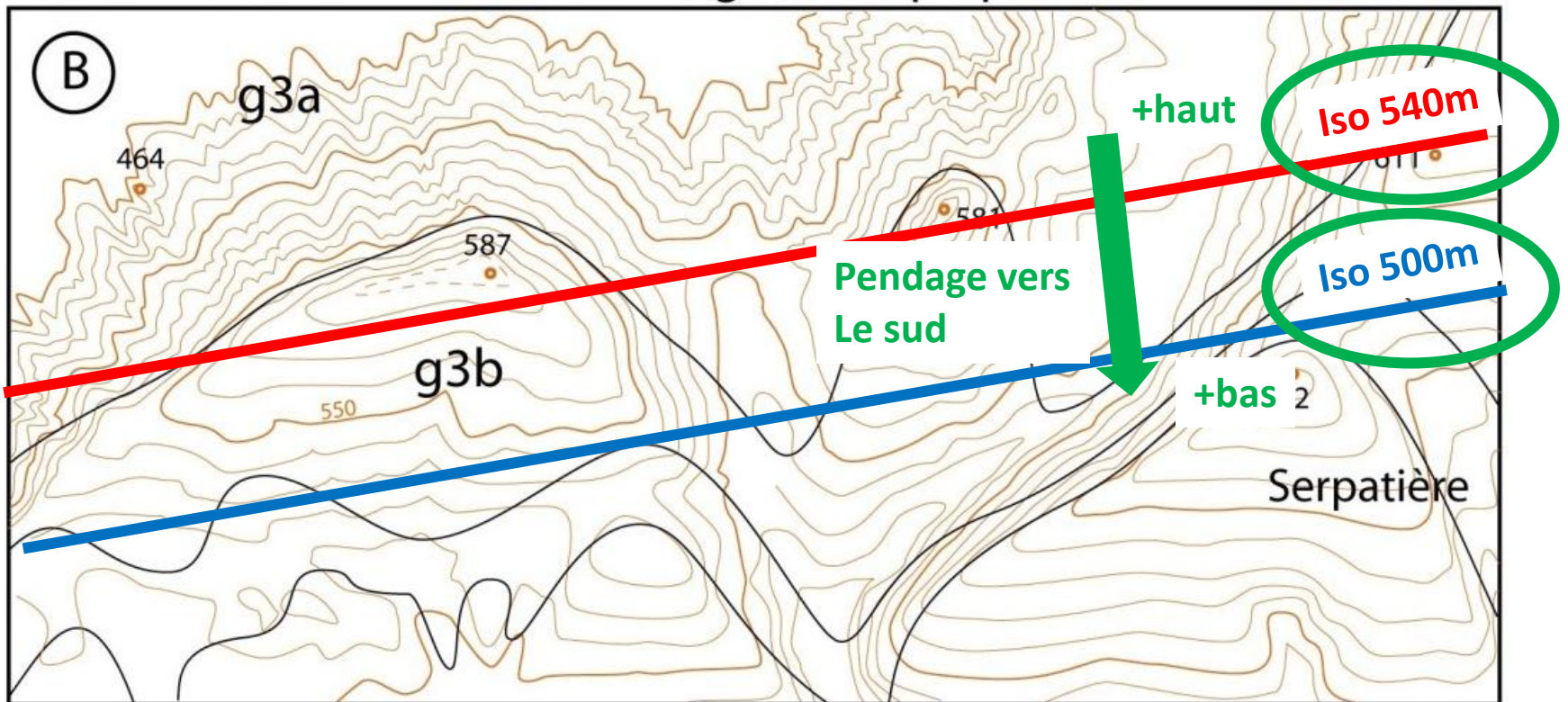
(N,S,E,W,NE,NW,SE,SW)

**Exercice 2**

Sur la fig. B tracer les isohypses à 540m et 500m du contact g3a/g3b

Nord ↑

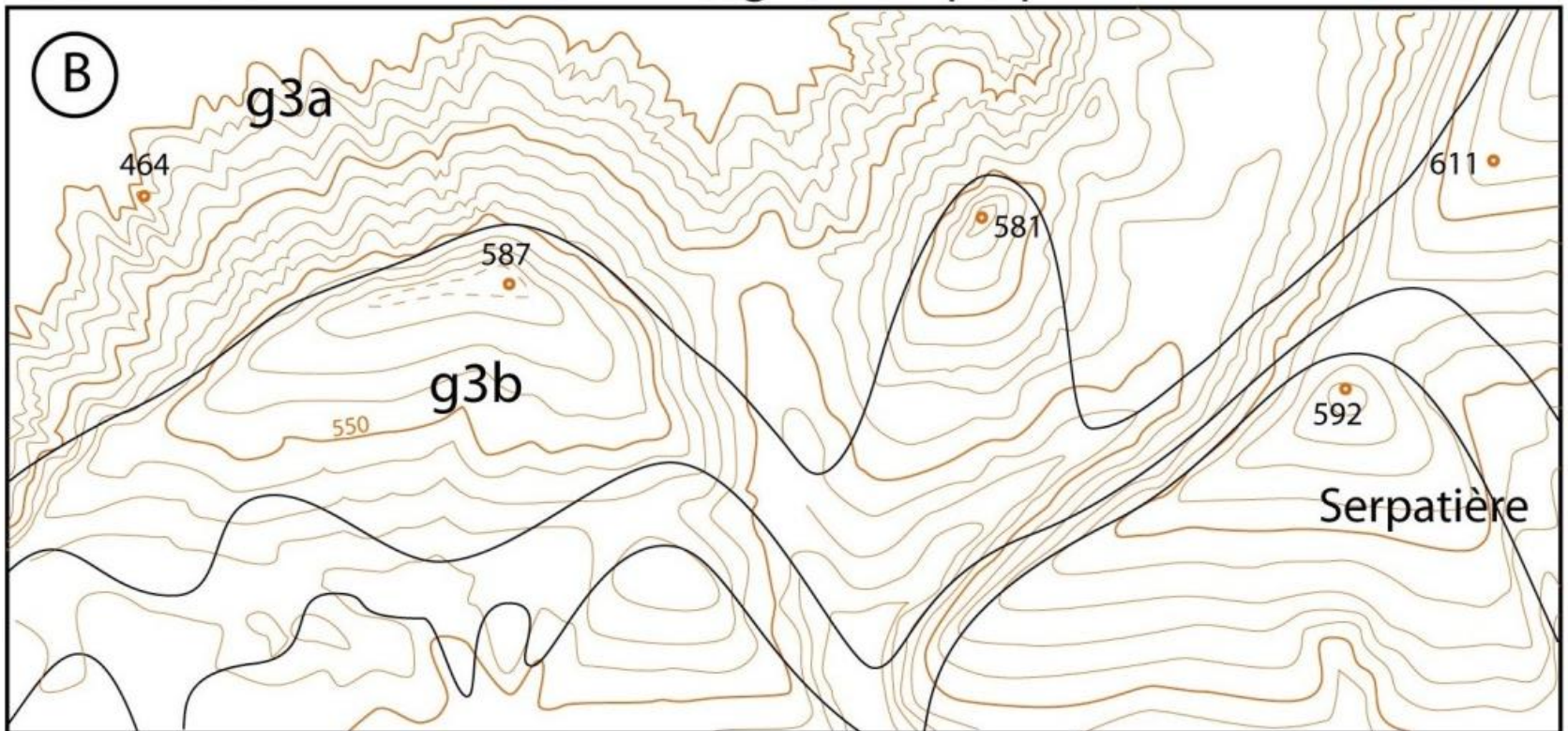
Vers où ça pend ?



N 080 – 07 S

Exercice 2

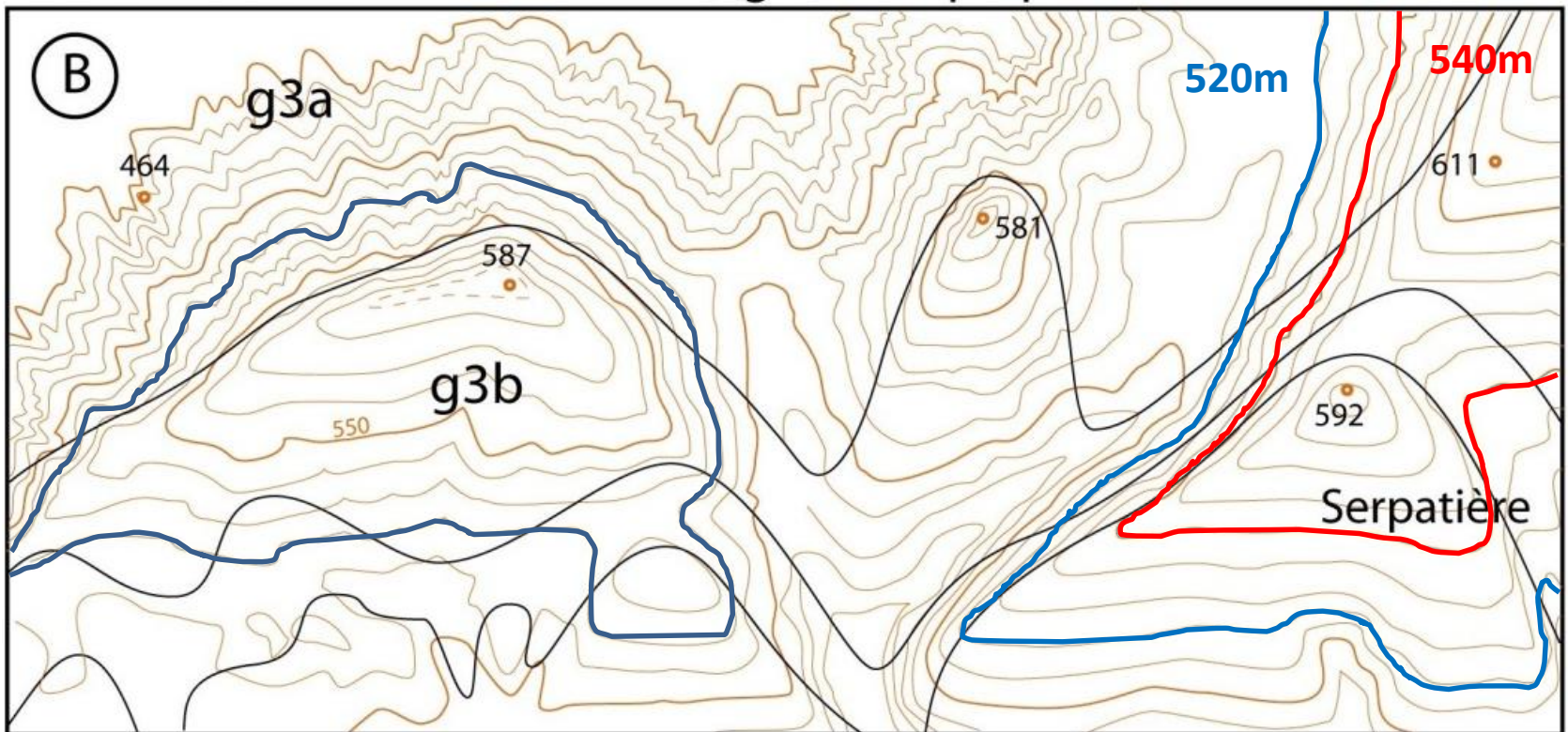
Sur la fig. B tracer les isohypses à 550m et 520m du contact points rouge/fond jaune



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 550m et 520m du contact points rouge/fond jaune

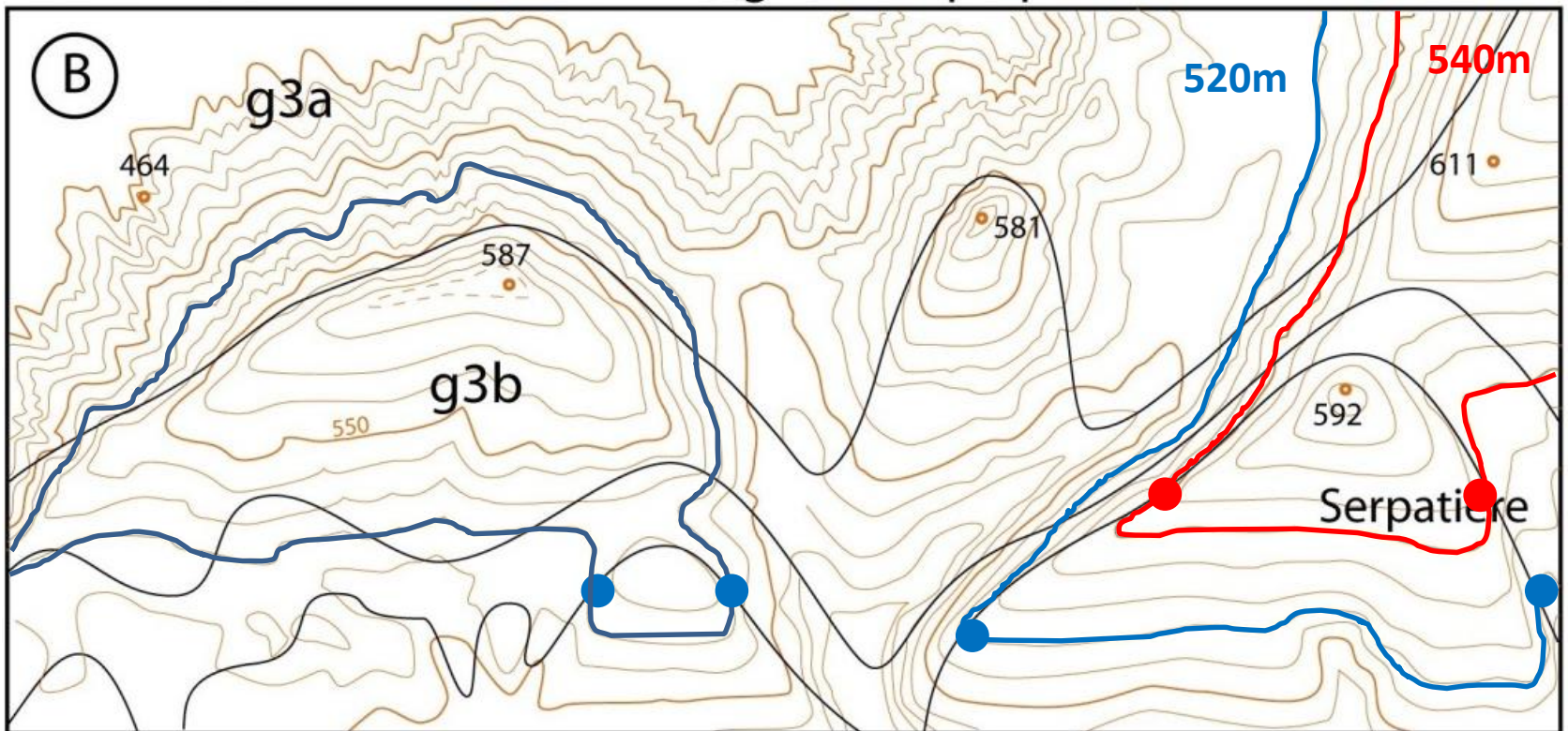
Etape 2: Identifier les courbes de niveaux correspondantes



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 550m et 520m du contact points rouge/fond jaune

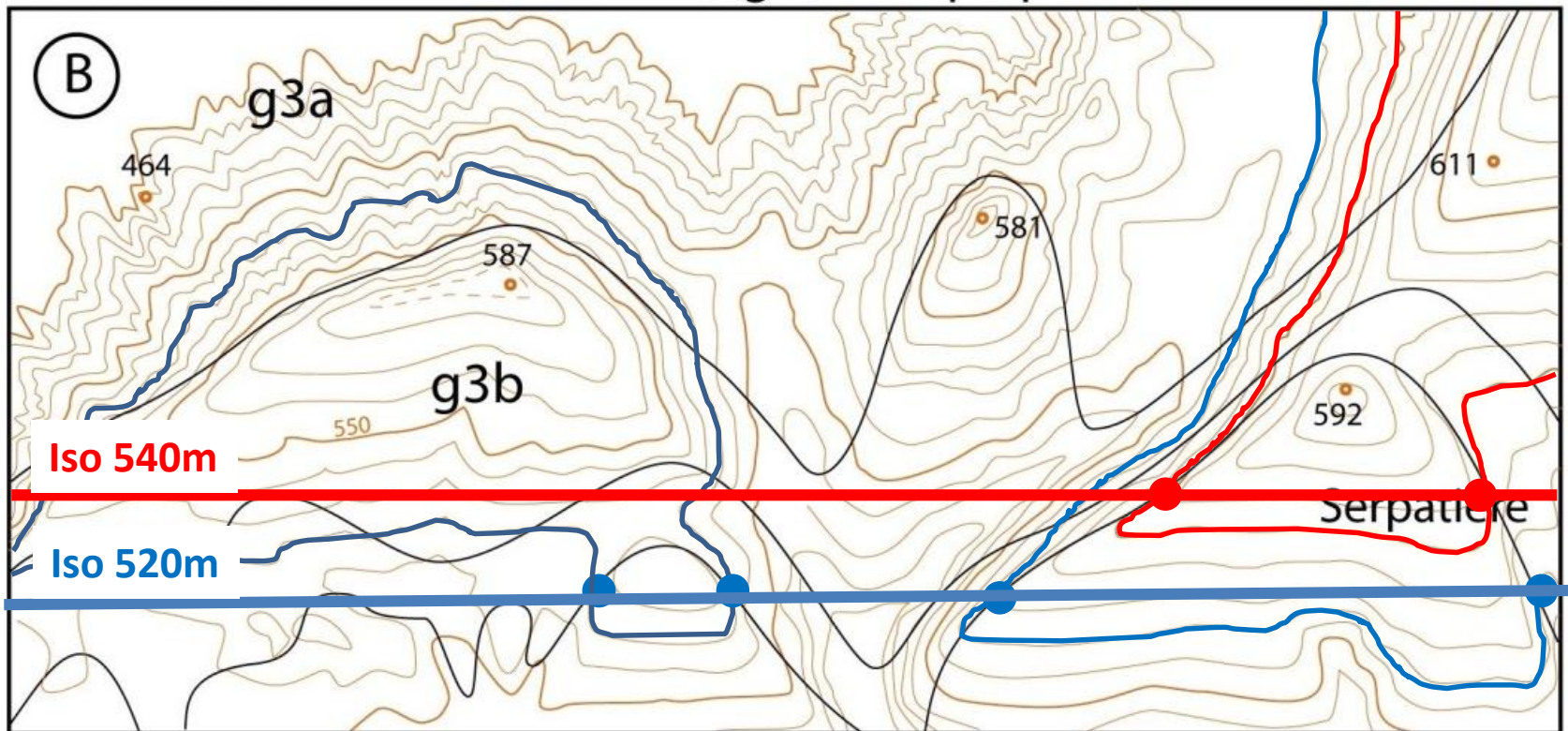
Etape 3: Chercher les intersections avec les couches géologiques



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 550m et 520m du contact points rouge/fond jaune

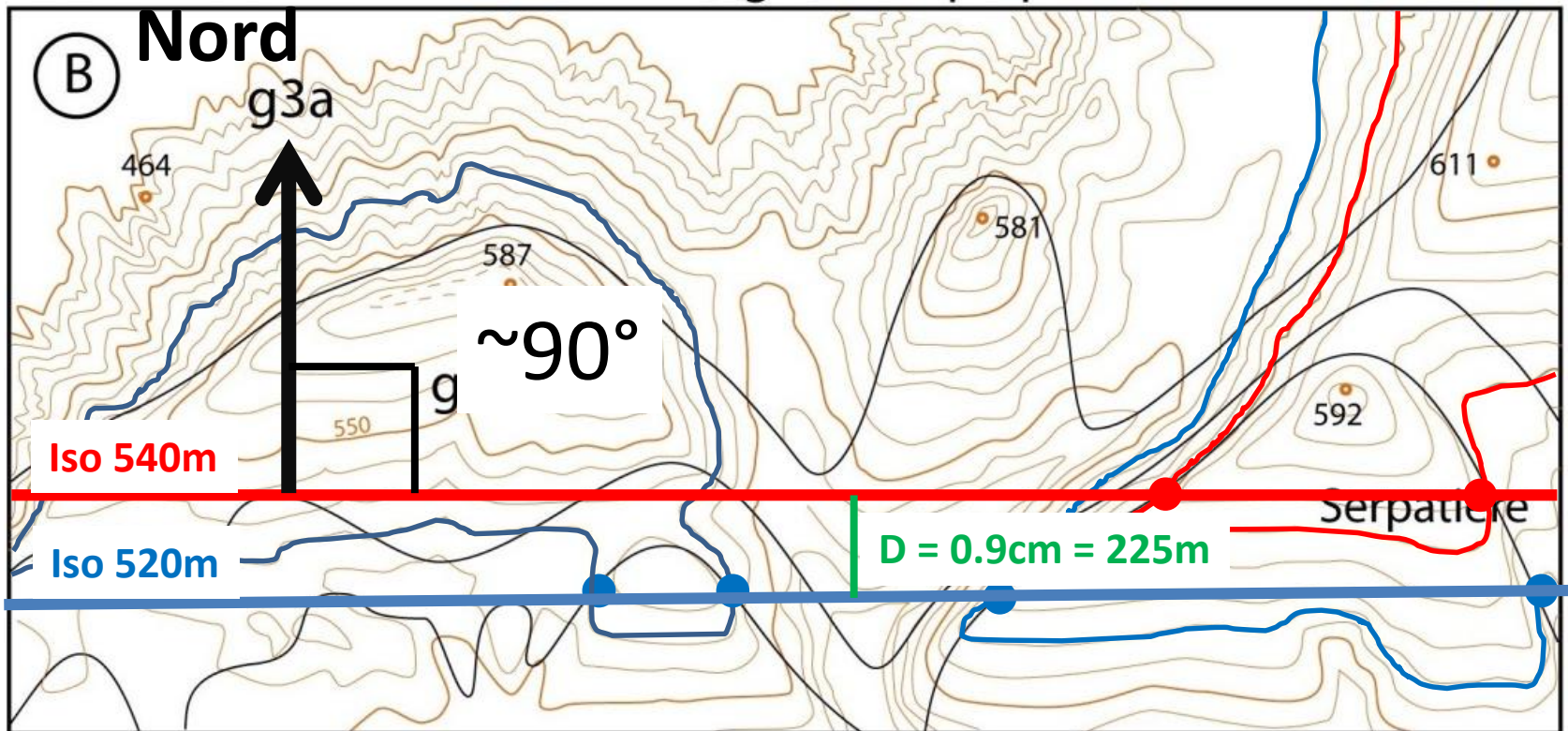
Etape 4: tracer les isohypses correspondantes



## Exercice 2

Sur la fig. B tracer les isohypses à 550m et 520m du contact points rouge/fond jaune

**Valeurs du pendage (et de la direction) ?**

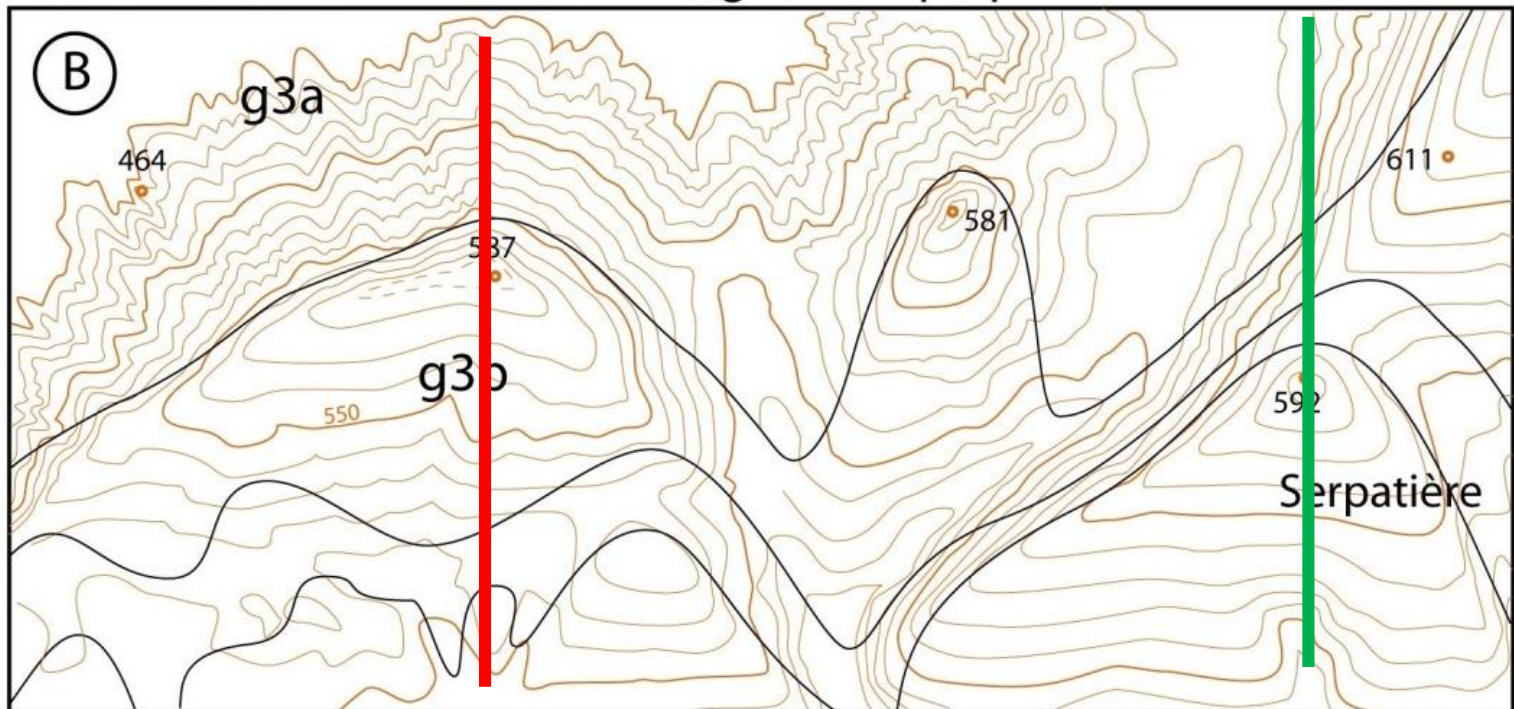
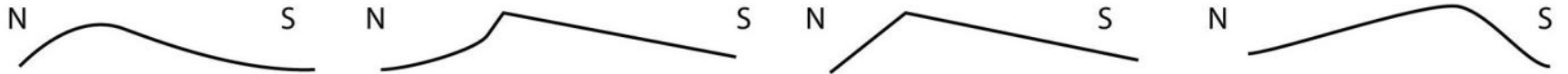


N 090 – 05 S

$$\alpha = \text{atan} (20/225) = 5^\circ$$

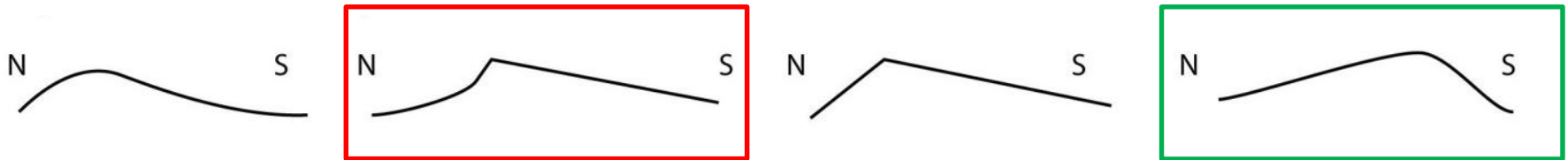
**Exercice 2**

## Géométrie du profil topographique des deux coupes N/S ?



## Exercice 2

## Géométrie du profil topographique des deux coupes N/S ?



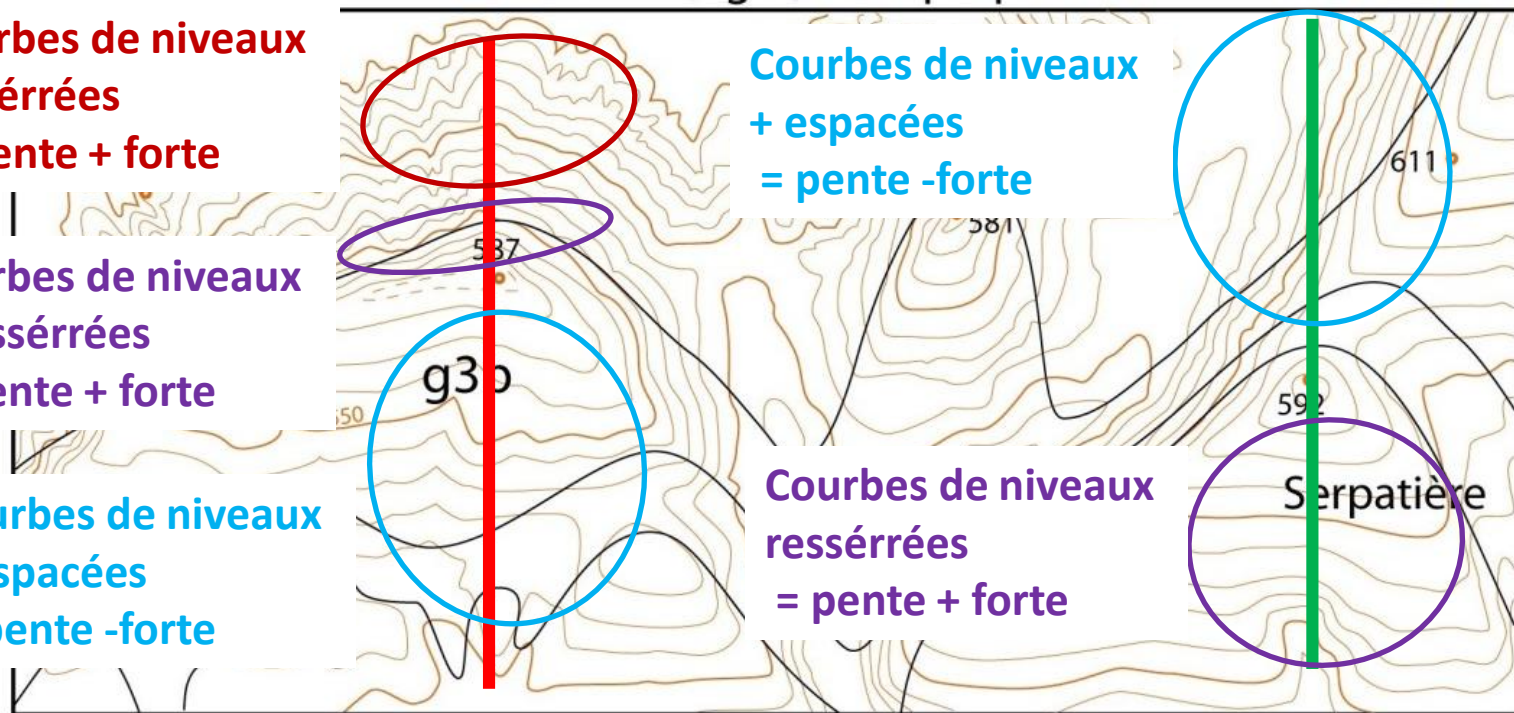
**Courbes de niveaux  
resserrées  
= pente + forte**

**Courbes de niveaux  
+ resserrées  
= pente + forte**

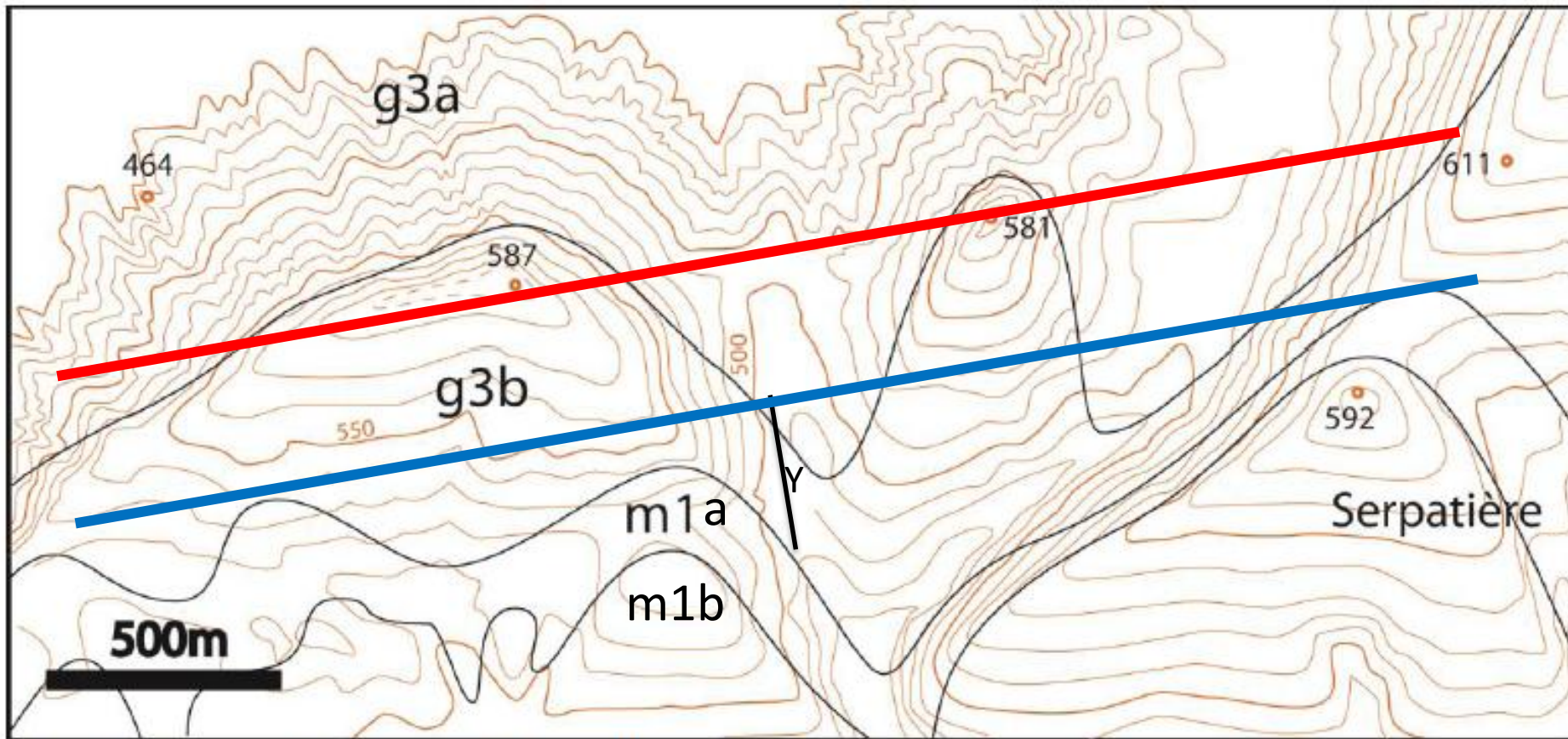
**Courbes de niveaux  
+ espacées  
= pente -forte**

**Courbes de niveaux  
+ espacées  
= pente -forte**

**Courbes de niveaux  
resserrées  
= pente + forte**



## Exercice 2



Extrait de l'acarte géologique de Reillane à l'ouest de cette ville.

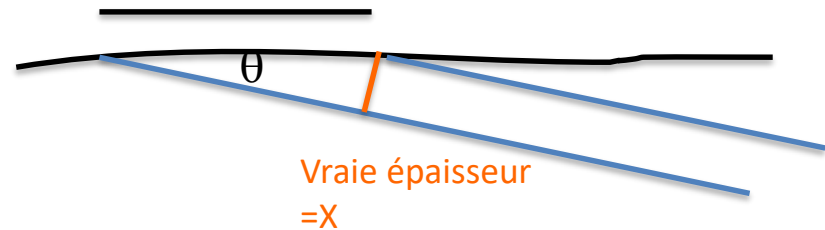
3. Calculer l'épaisseur de la couche g3b

$$\sin \theta = X/Y$$

$$\sin 7.4^\circ = X/227$$

$$X = 35 \text{ m}$$

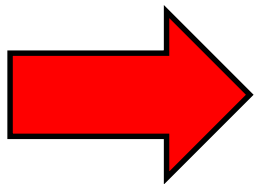
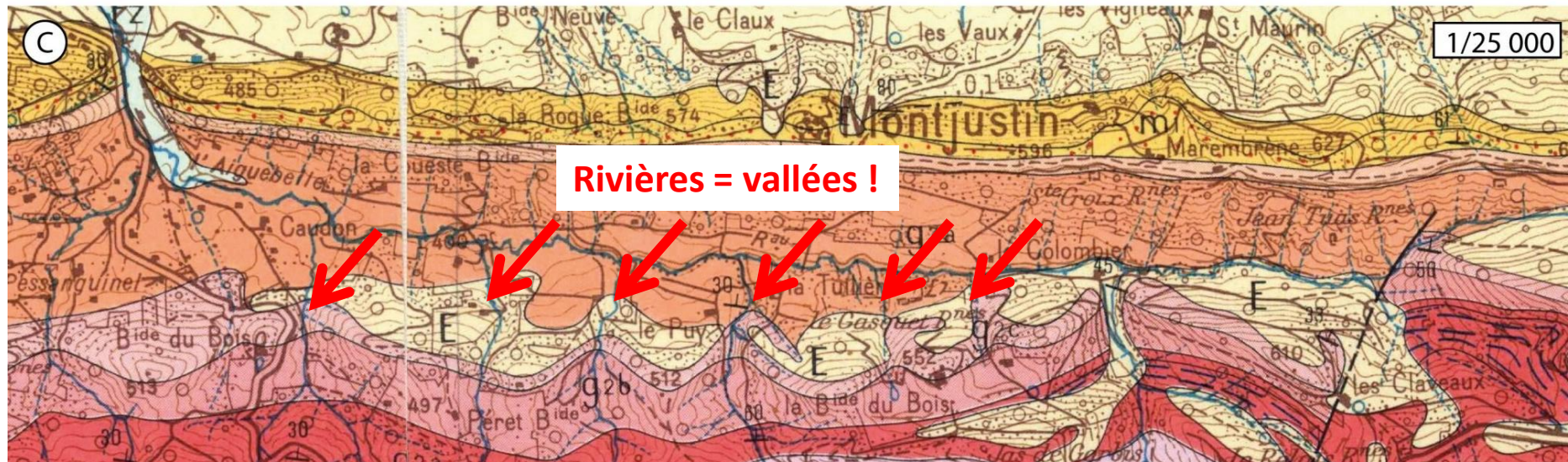
$Y = \text{épaisseur horizontale} = 227\text{m}$



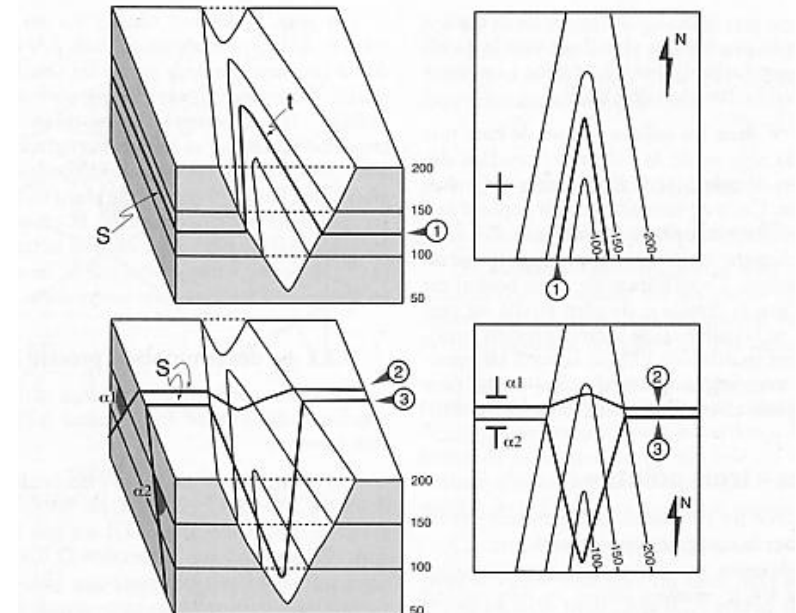
## Exercice 2

## Exercice 2

Sur la figure C les pendages sont-ils plus faibles ou plus fort et quelle est la direction?

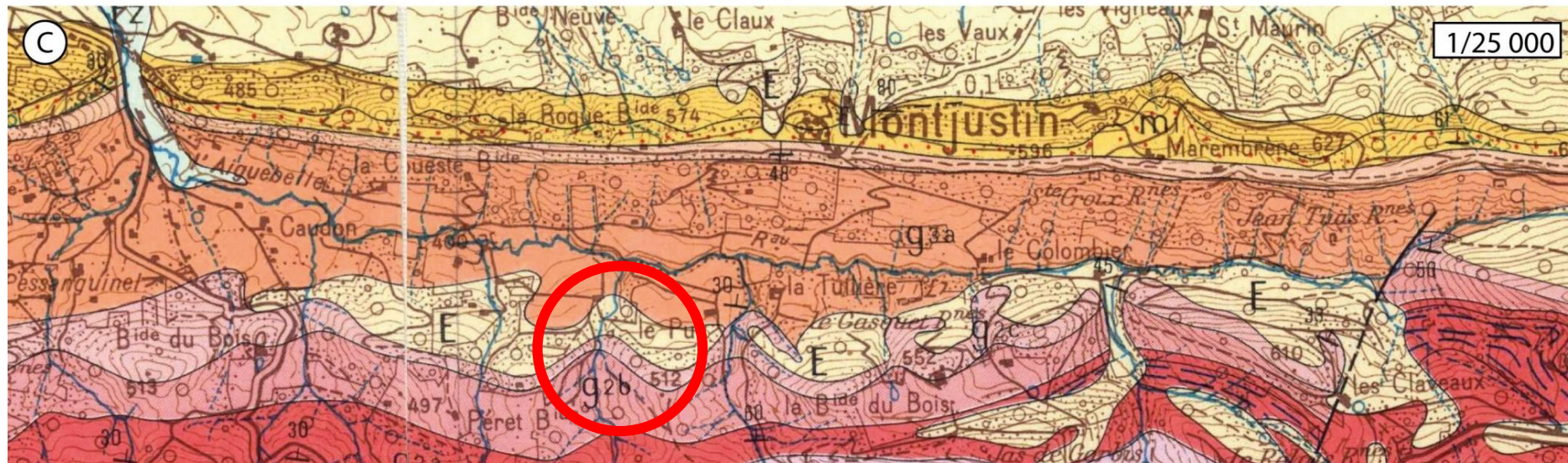


**Règle du V dans la vallée!**



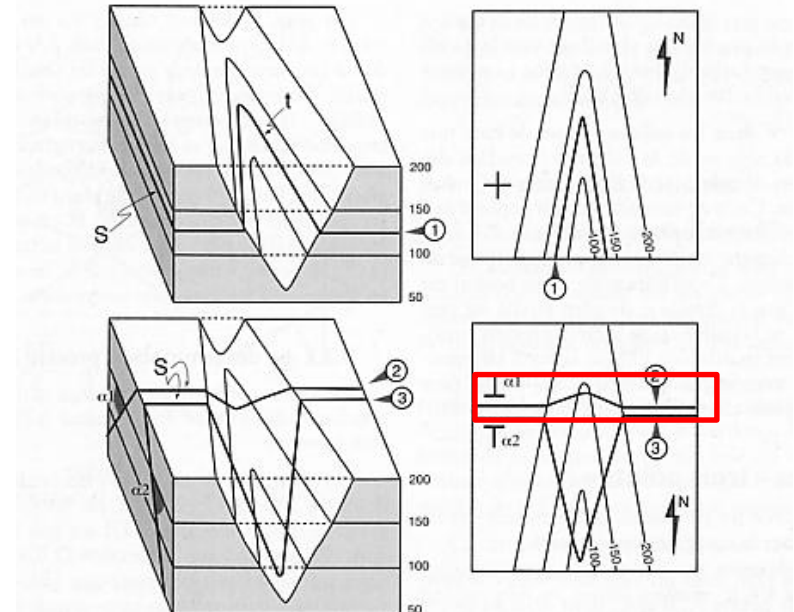
## Exercice 2

Sur la figure C les pendages sont-ils plus faibles ou plus fort et quelle est la direction?



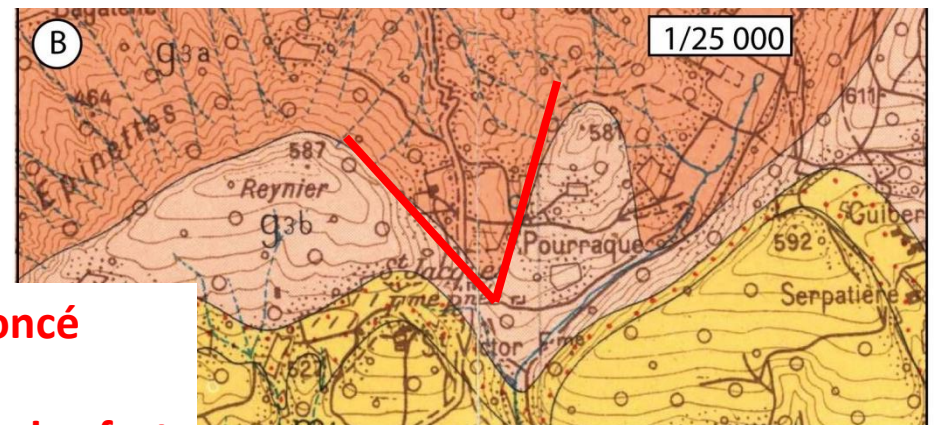
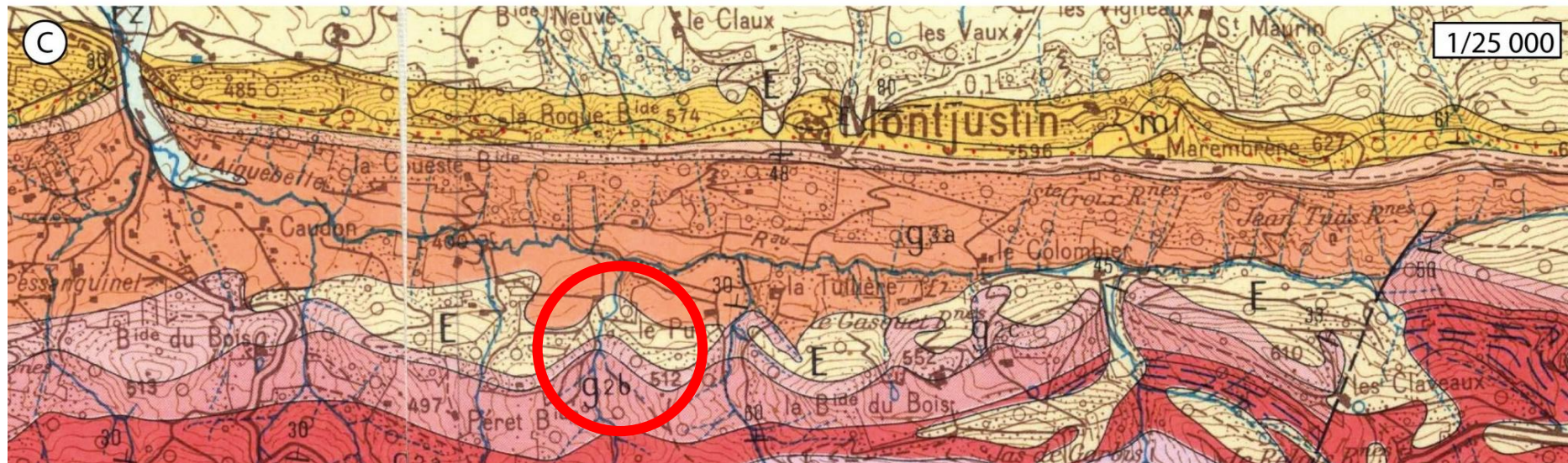
**Nord** ↑

Le V pointe vers le N  
donc le pendage  
est vers le Nord



**Exercice 2**

Sur la figure C les pendages sont-ils plus faibles ou plus fort et quelle est la direction?



Le V est moins prononcé  
que sur la fig B  
Donc le pendage est plus fort

## Exercice 2

A topographic map of the Mont Justin area. The map shows various geographical features, including the Mont Justin peak (627m) and the Aiguebelle peak (574m). A red circle highlights a specific location near the base of Mont Justin, labeled 'g26' and '512'. The map includes contour lines, rivers, and various place names such as 'le Claux', 'les Vaux', 'St Maurin', 'la Roque', 'Marembrene', 'ste Groux R', 'Jean Trés R', 'le Colombier', 'la Tullière', 'le Gasquet', 'le Pu', 'la Bide du Bois', 'Péret B', 'les Claveaux', and 'Jas de Garbus'. A scale bar indicates 1/25 000.



## Exercise 2

Exercice 2. Reillane

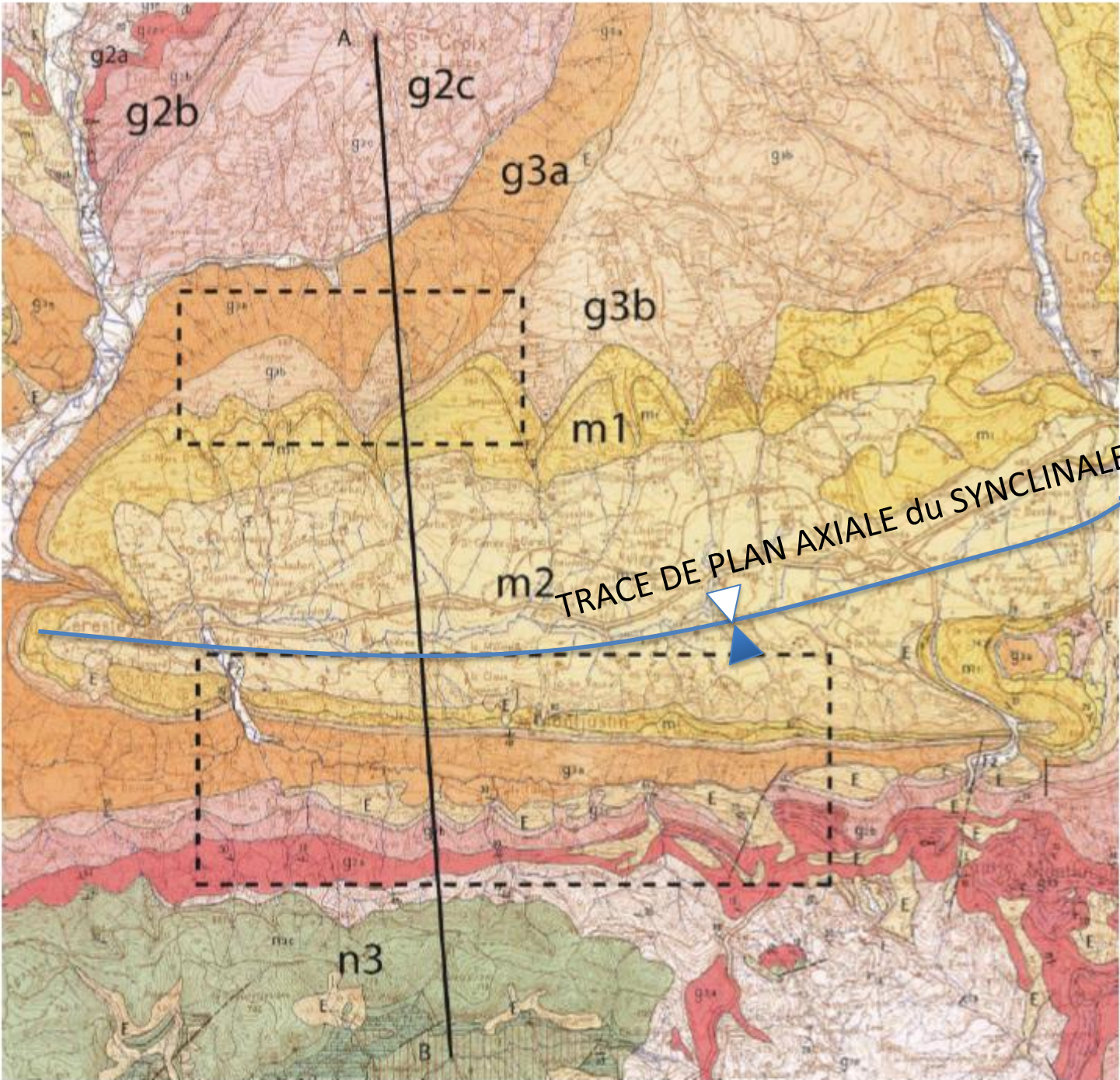
4. La grande structure =

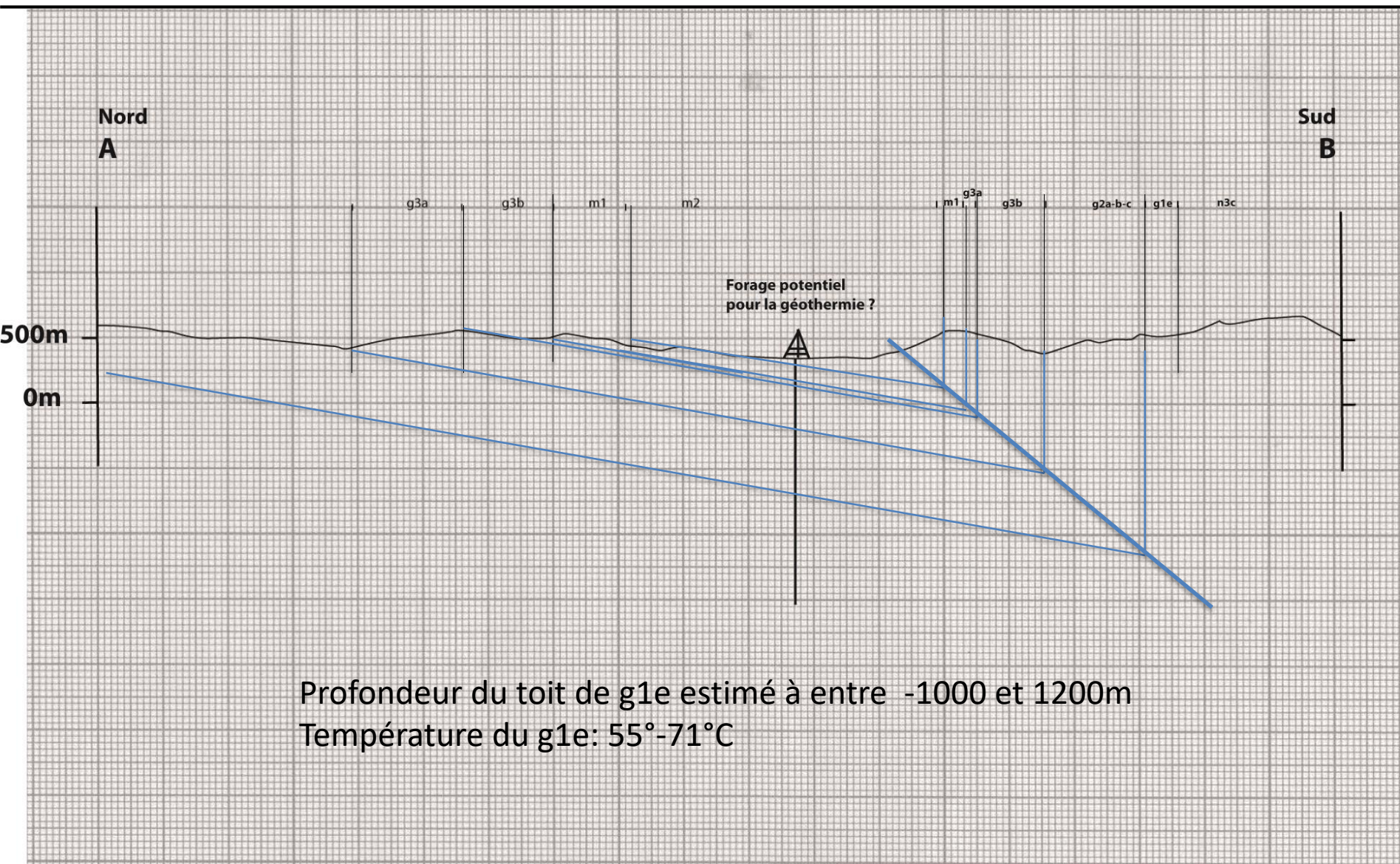
SYNCLINALE



L'asymétrie du pli est indiquée par le triangle foncé représentant le flanc raide.

Exercice 2



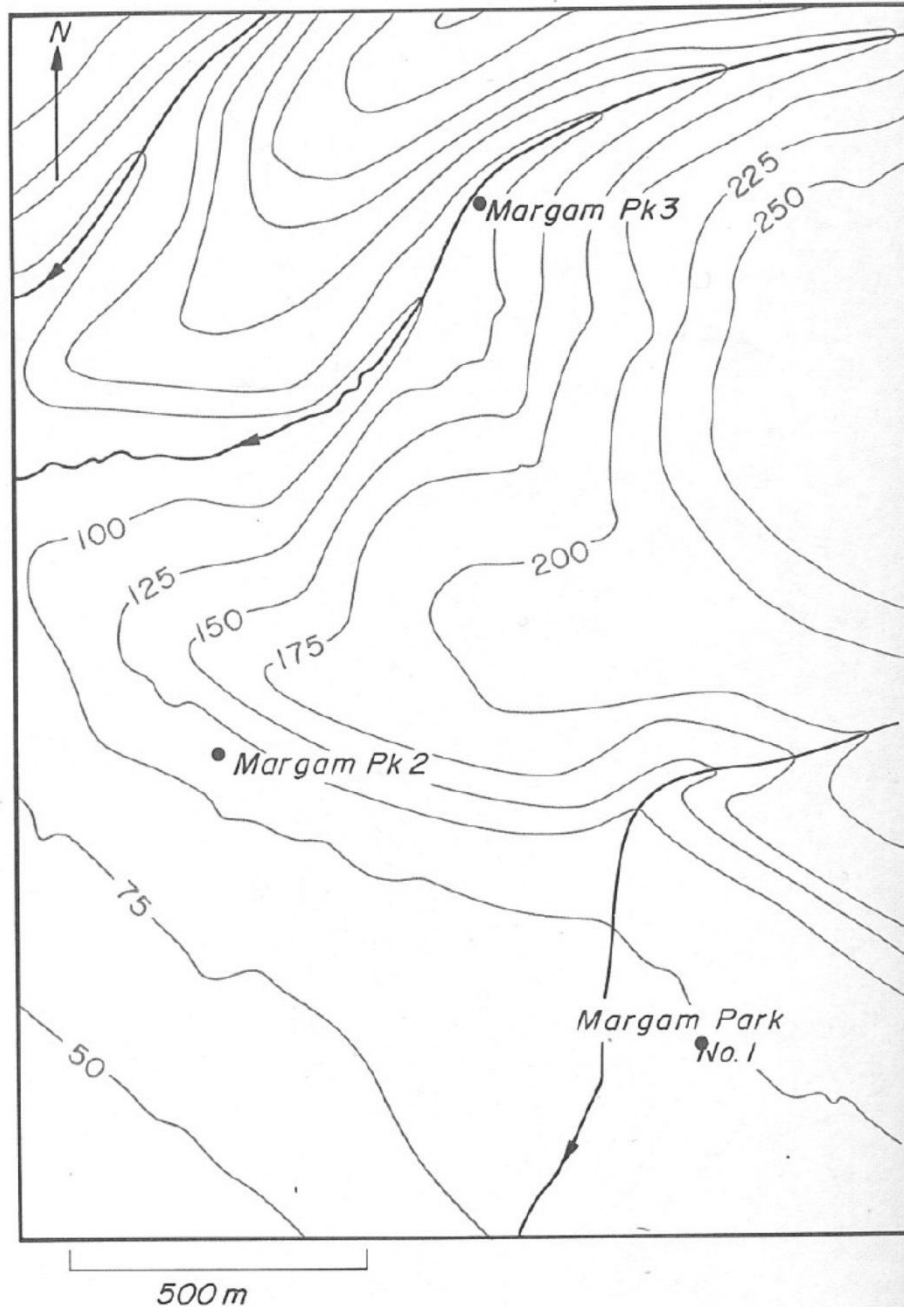


ATTENTION! Les positions de g3a et g3b sont inversés sur le flanc sud

EPAISSEURS:

m2: 200-350 m; m1: 100 m; g3b: 50-100m; g3a: 120-150 m; g2c-b-a: 200m

# Exercices d'entraînement



Quelle est l'échelle ?

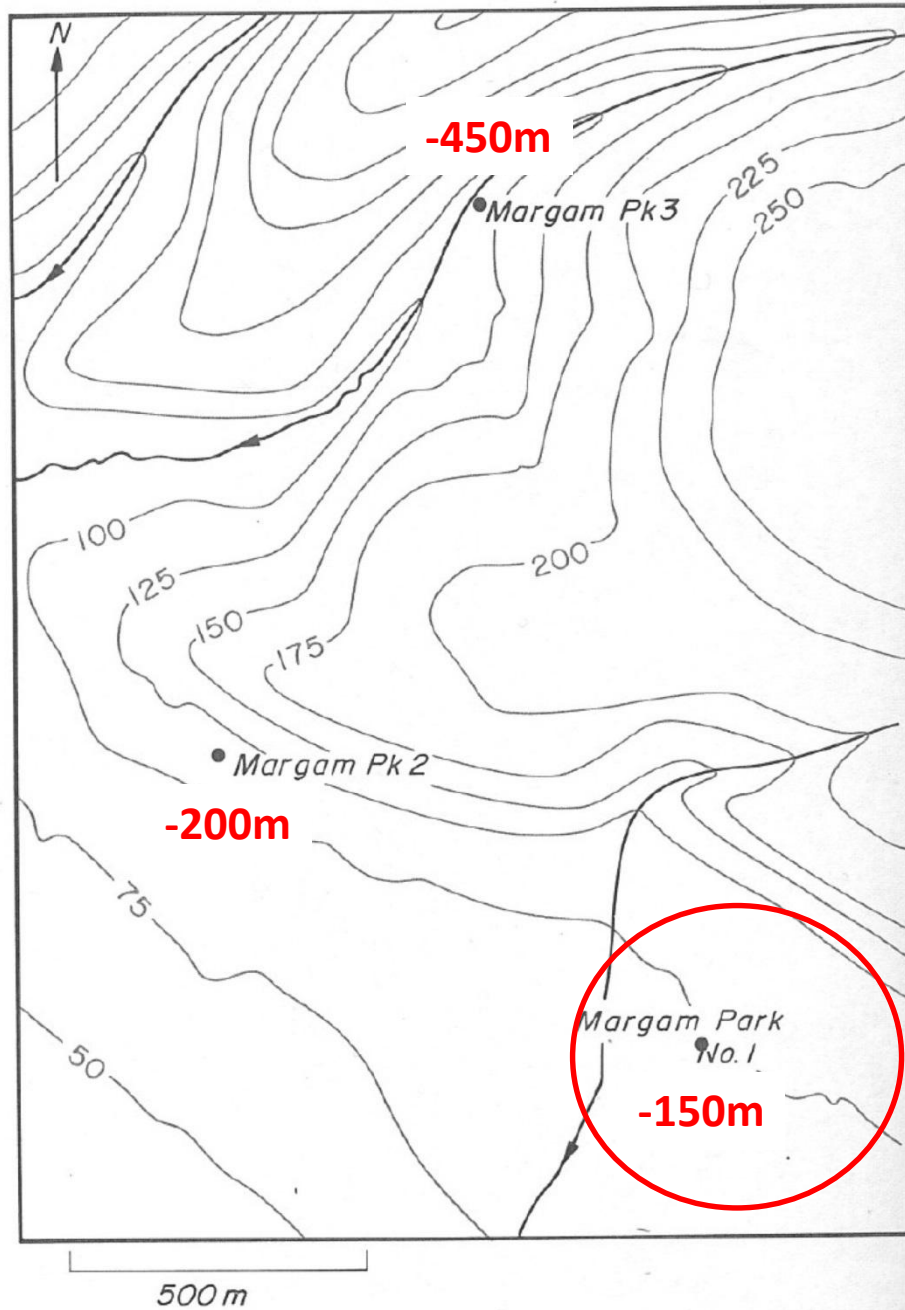
**4cm = 500m**

**1cm = 125m**

**1cm=125000cm**

**Echelle: 1:125000ème**

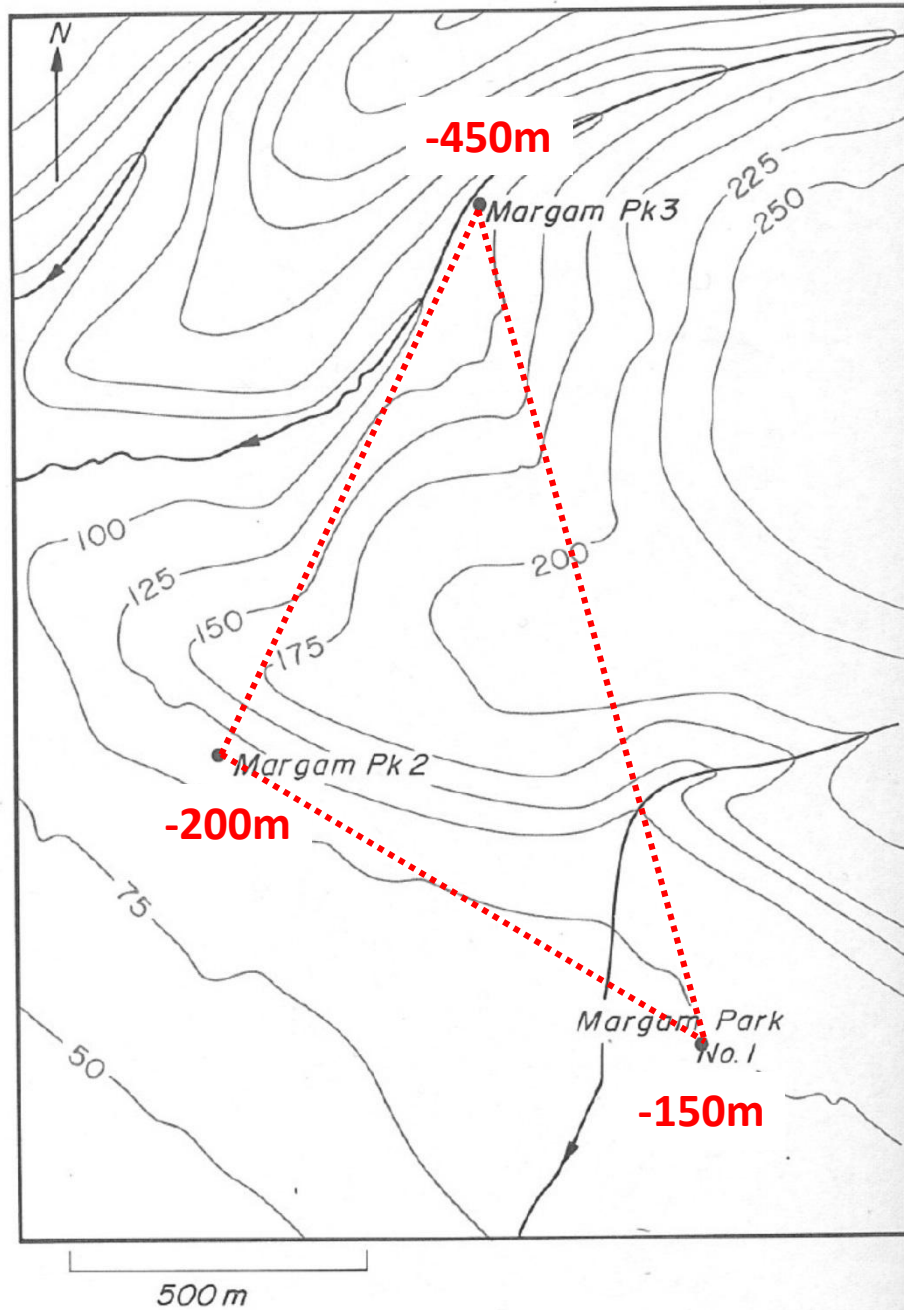
### Exercice 3



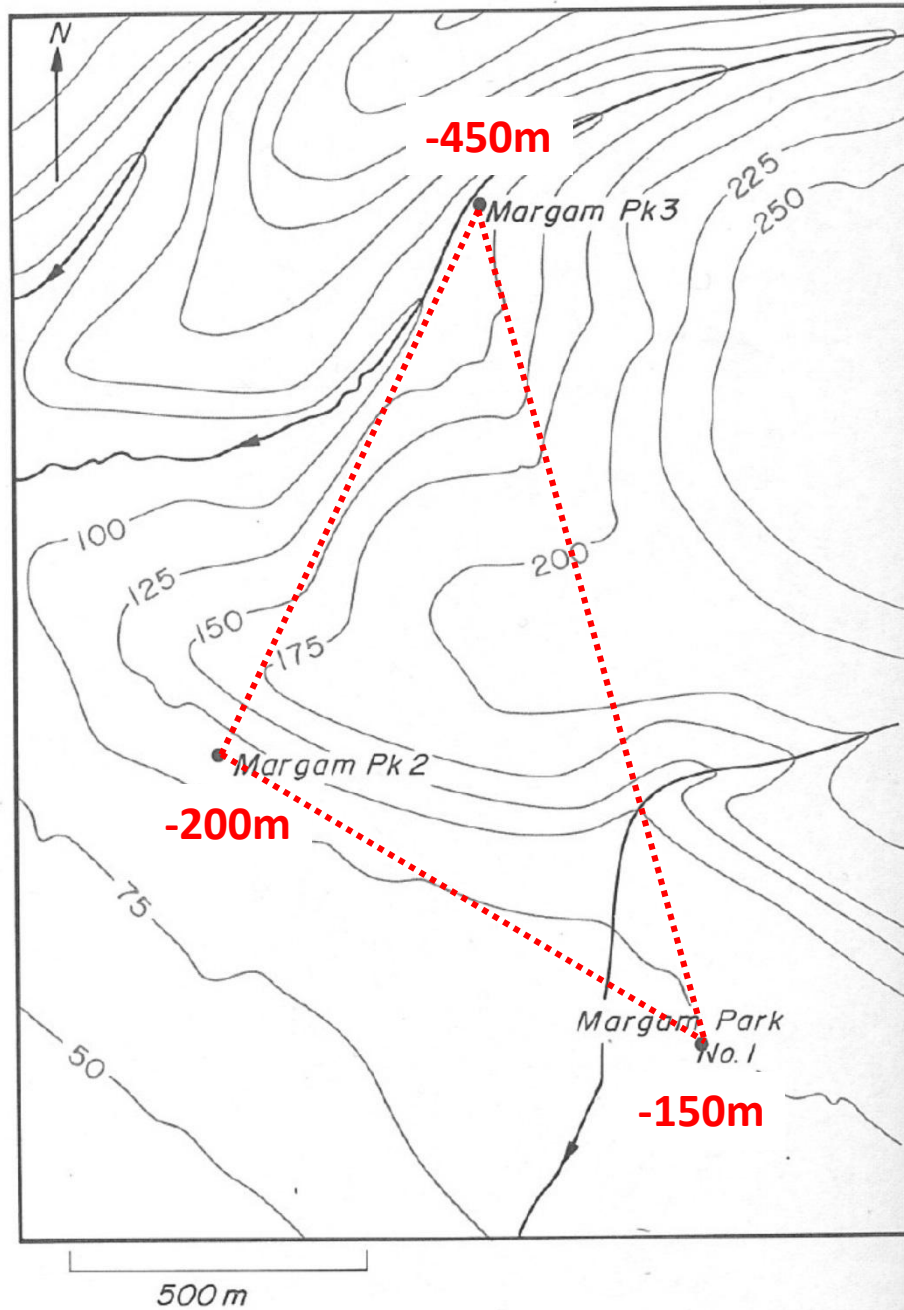
**Prendre 150m !!**

## Exercice 3

Etape 1: tracer le triangle

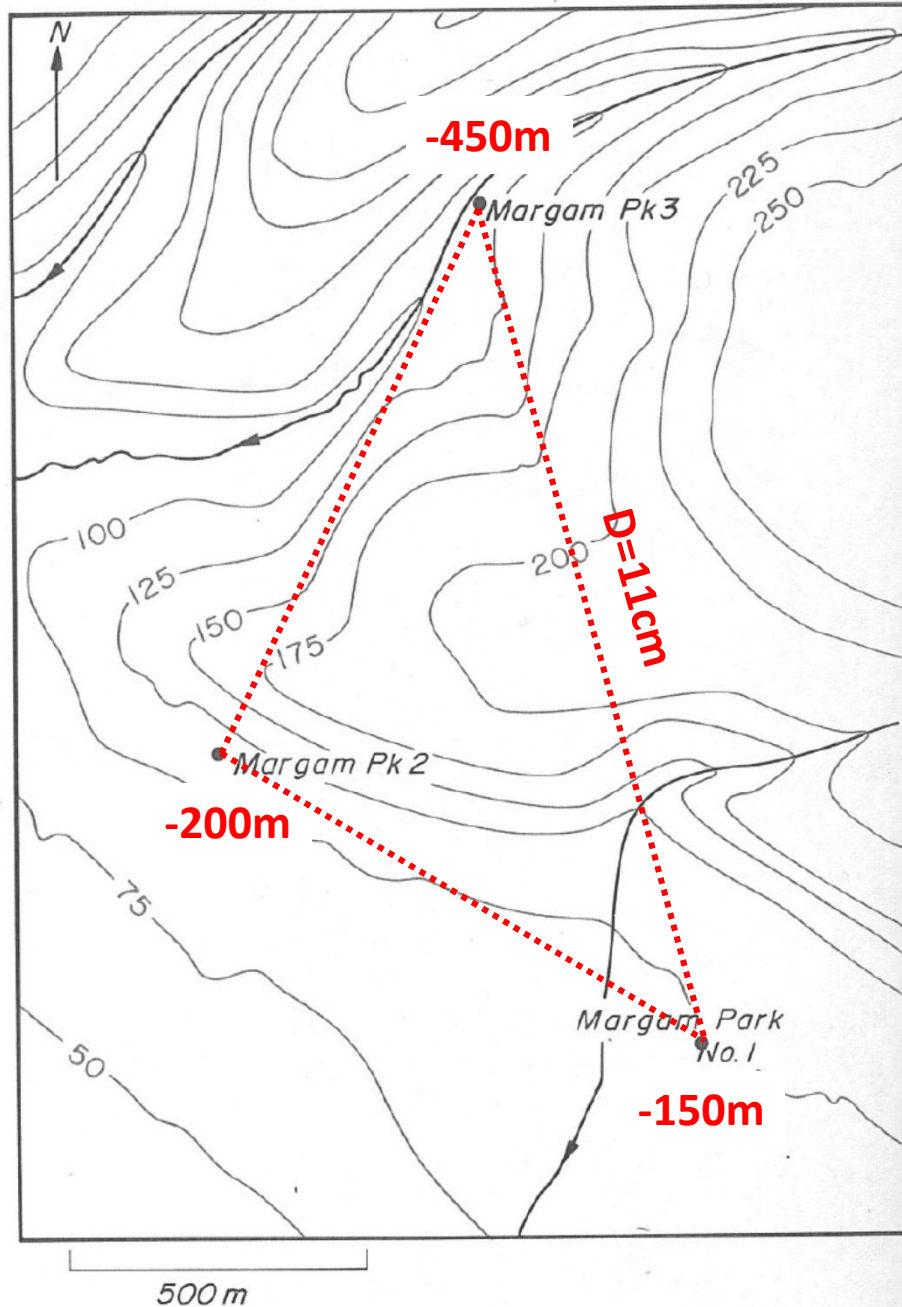


## Exercice 3



Etape 2: chercher des points  
d'isoaltitude  
=> On va chercher 200m  
Sur la droite Pk3-Pk1

### Exercice 3



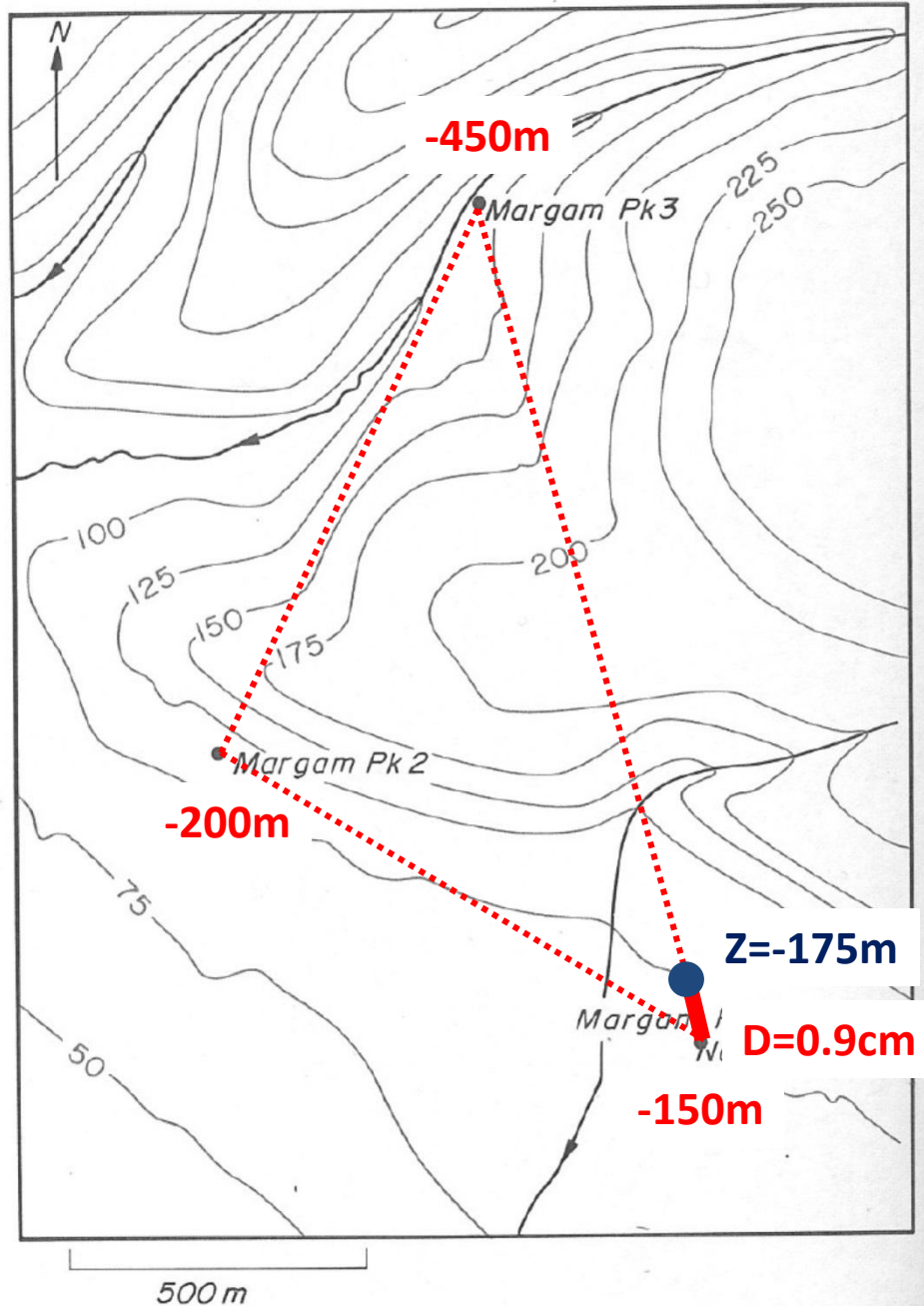
Etape 2: chercher des points  
d'isoaltitude  
=> On va chercher 200m  
Sur la droite Pk3-Pk1

$450 - 150 = 300$  m de dénivelé

11cm => 300m

Donc 25m => 0.9cm

## Exercice 3



Etape 2: chercher des points d'isoaltitude

=> On va chercher 200m

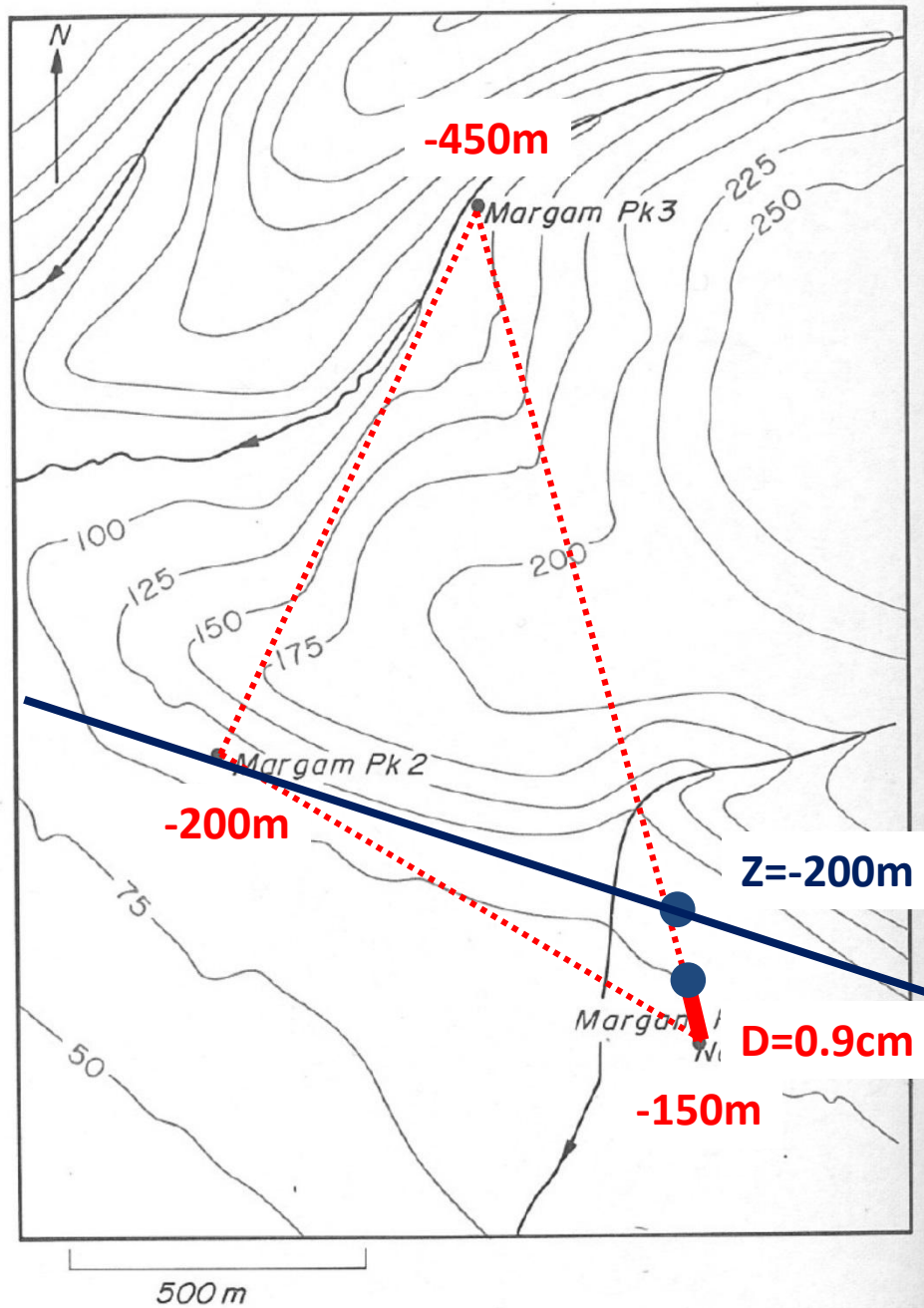
Sur la droite Pk3-Pk1

$450 - 150 = 300$  m de dénivelé

11cm => 300m

Donc 25m => 0.9cm

## Exercice 3



Etape 2: chercher des points d'isoaltitude

=> On va chercher 200m

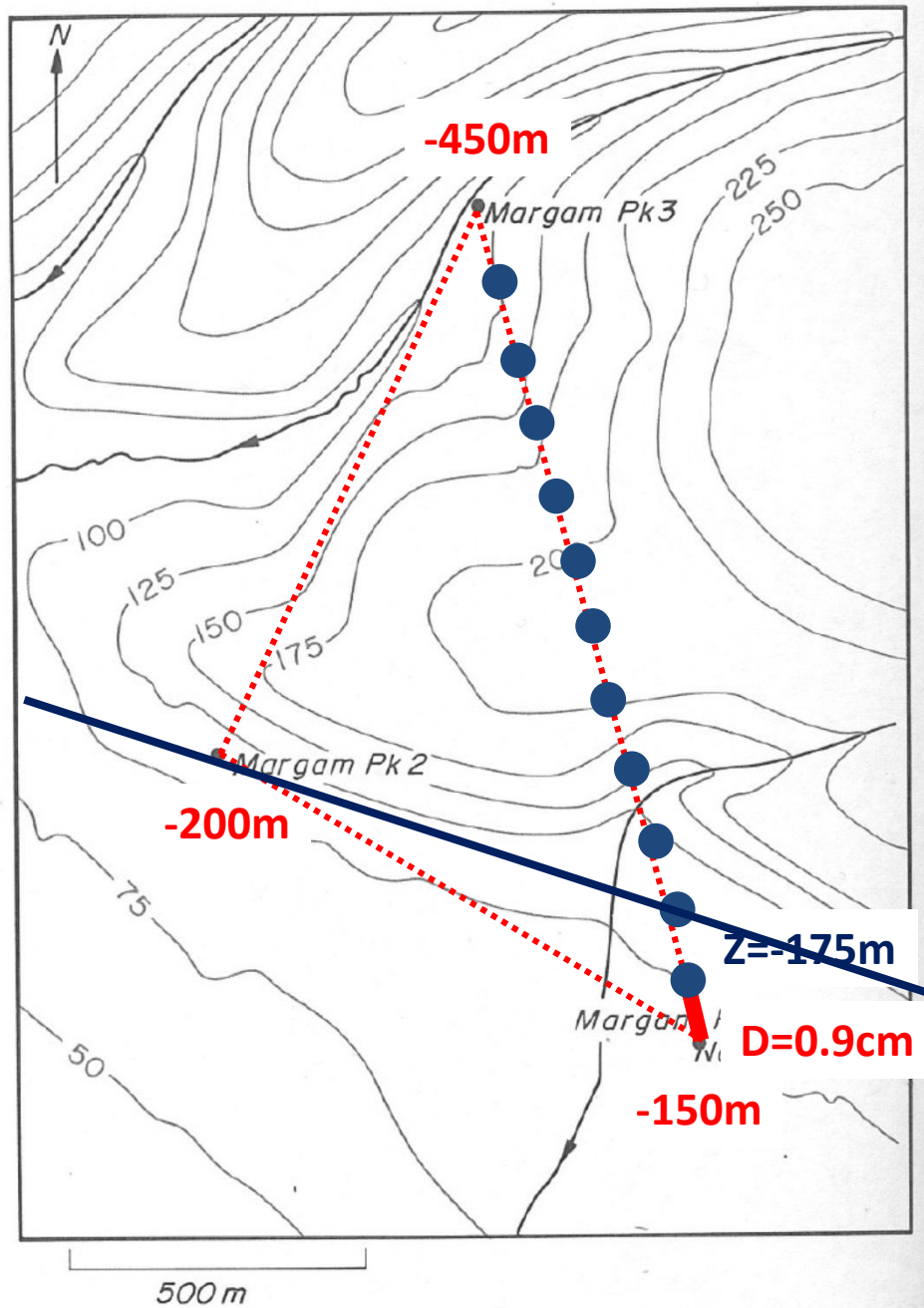
Sur la droite Pk3-Pk1

$450 - 150 = 300$  m de dénivelé

11cm => 300m

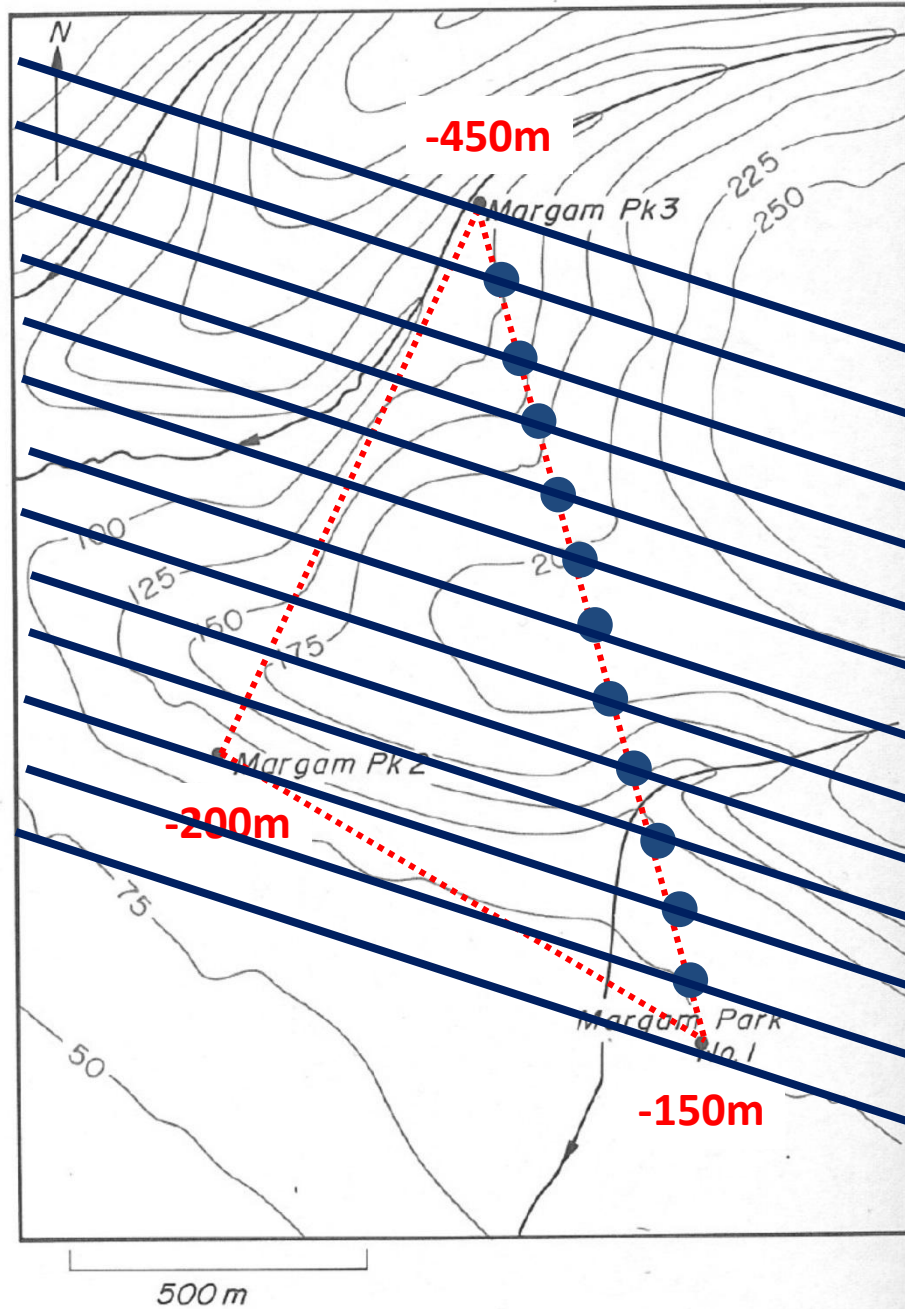
Donc 25m => 0.9cm

### Exercice 3



Etape 3: On représente les autres isohypses en supposant la couches plane

### Exercice 3



Calcul de l'orientation

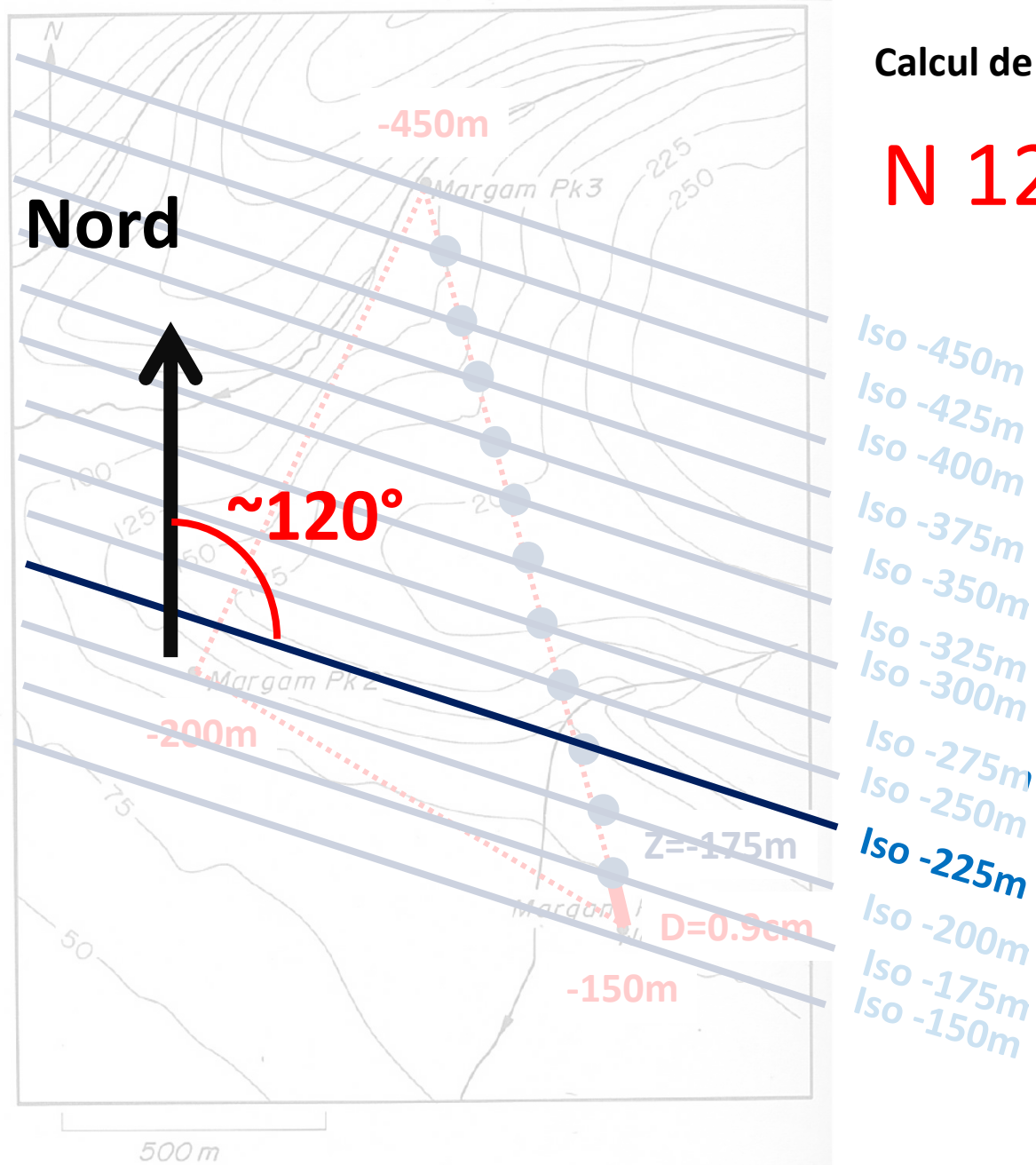
N XXX – XX X

Iso -450m  
Iso -425m  
Iso -400m  
Iso -375m  
Iso -350m  
Iso -325m  
Iso -300m  
Iso -275m  
Iso -250m  
Iso -225m  
Iso -200m  
Iso -175m  
Iso -150m

## Exercise 3

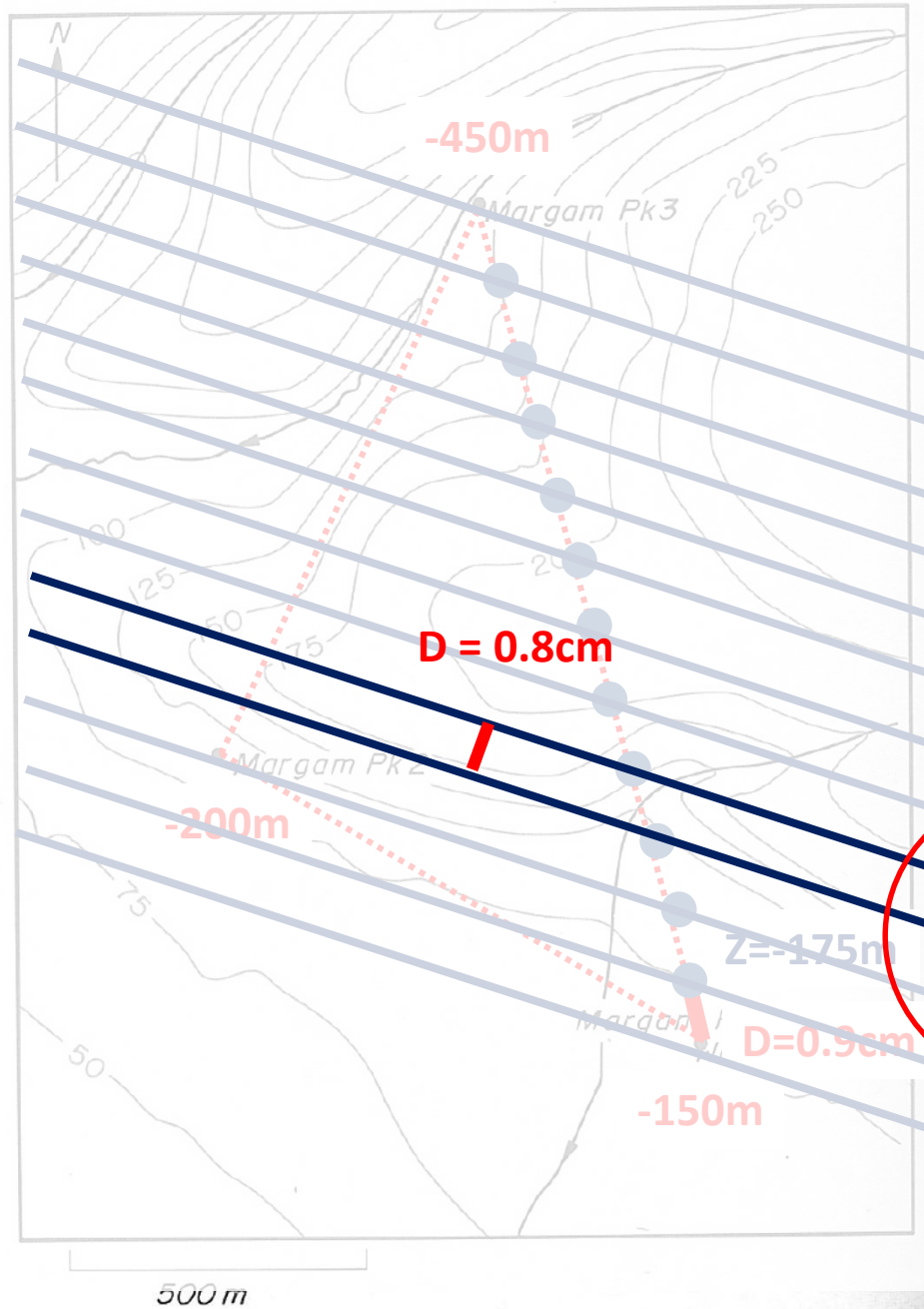
## Calcul de l'orientation

N 120 – XX X



## Exercice 3

Nord  
↑



Calcul de l'orientation

N 120 / 14 X

NB: Echelle: 1:125000ème

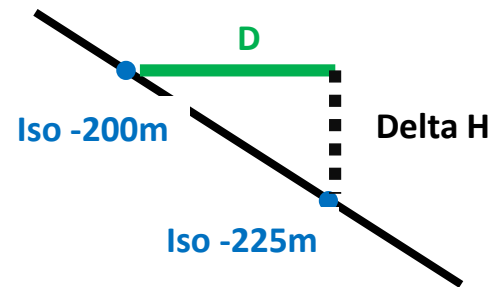
D = 0.8cm

$\Rightarrow D = 0.8 \times 125000 \text{ cm}$

$\Rightarrow D = 100 \text{ m}$

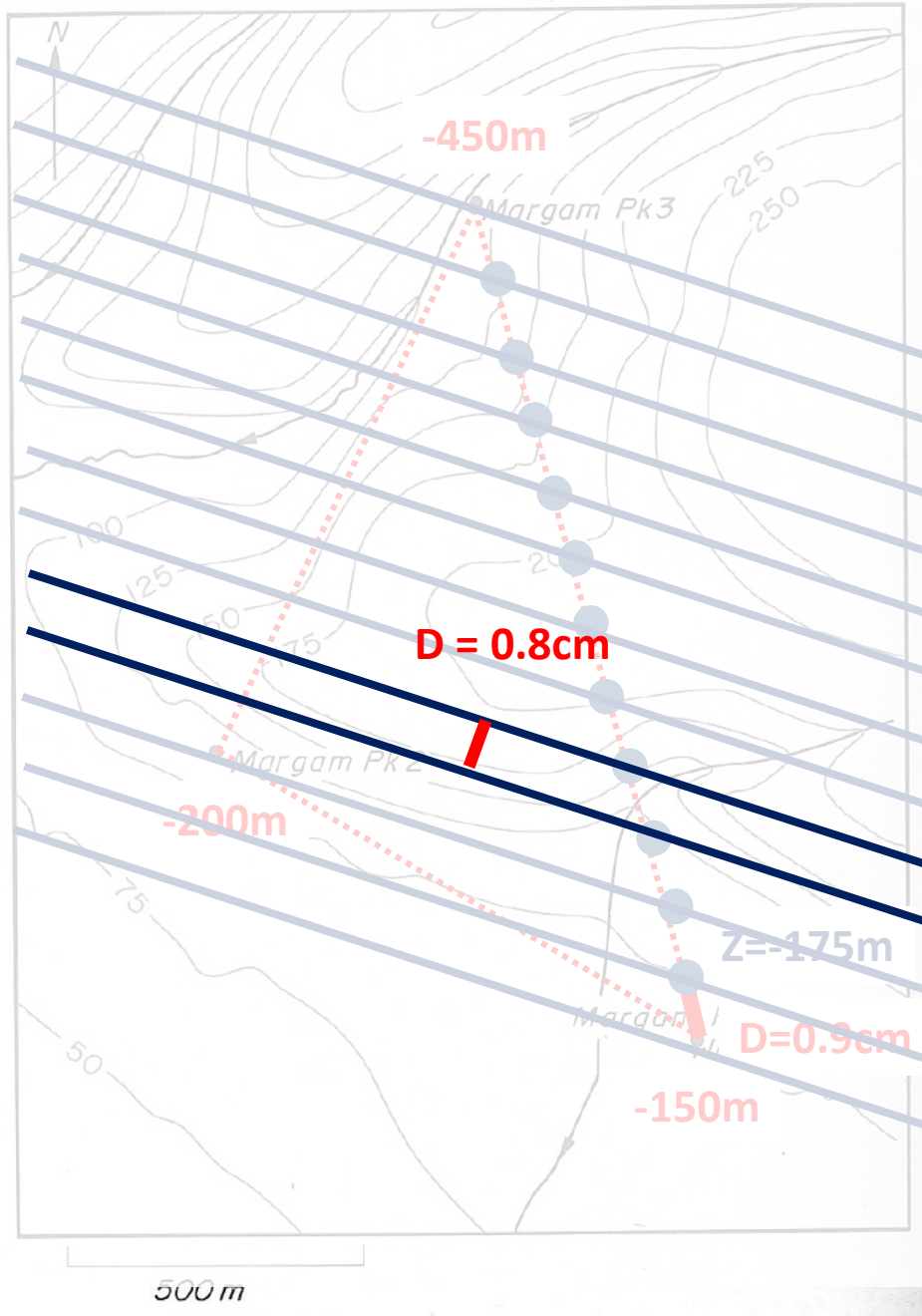
$\alpha = \text{atan}(25/100)$

$\alpha = 14^\circ$



# Exercice 3

Nord  
↑



Calcul de l'orientation

N 120 – 14 X

NB: Echelle: 1:125000ème

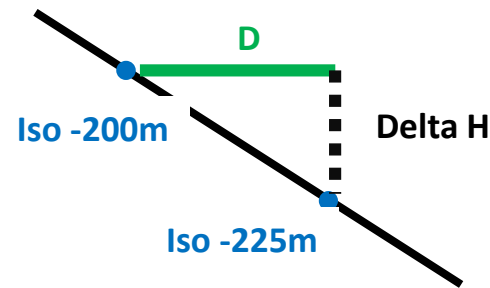
D = 0.8cm

⇒ D = 0.8 \* 125000cm

⇒ D = 100m

$\alpha = \text{atan}(25/100)$

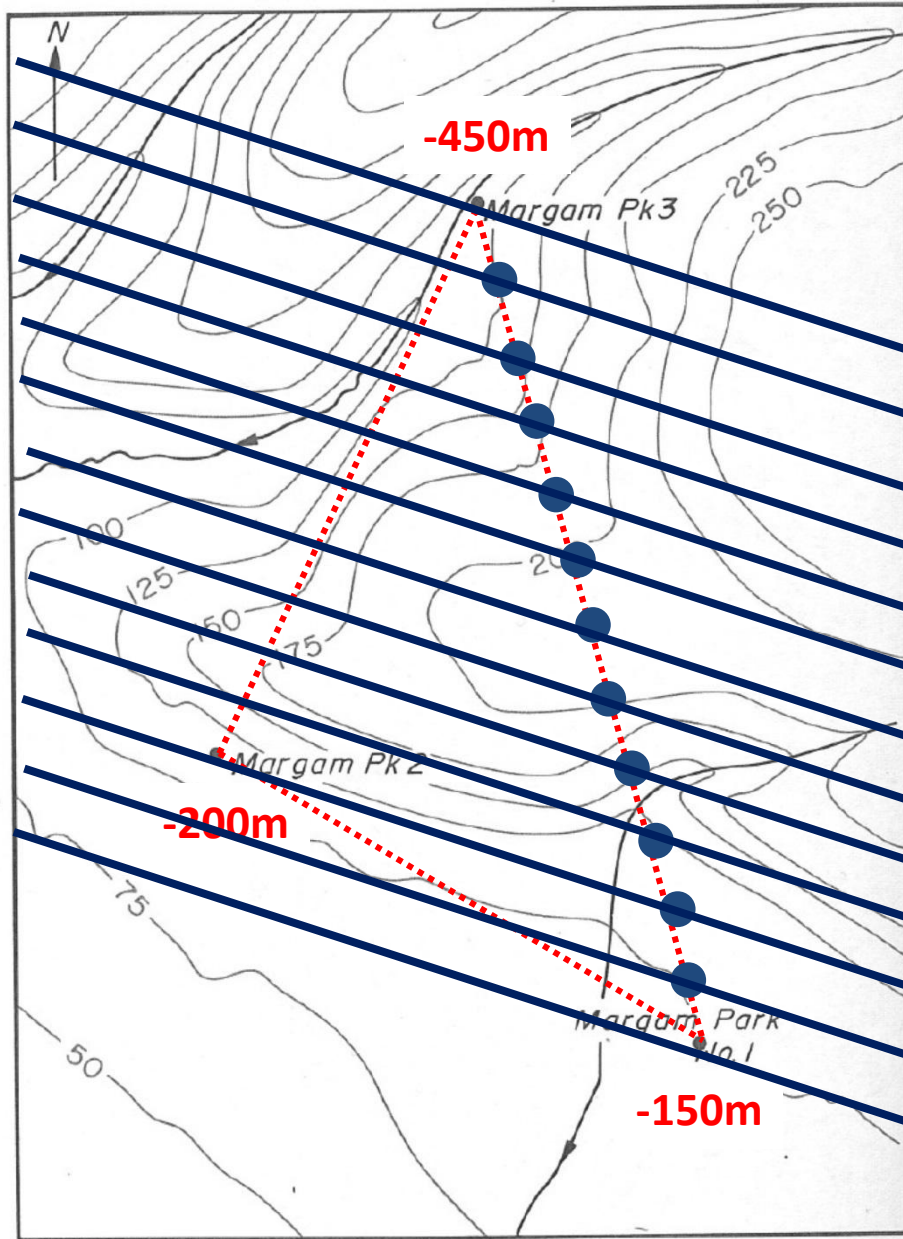
$\alpha = 14^\circ$



Delta H = 25m

### Exercice 3

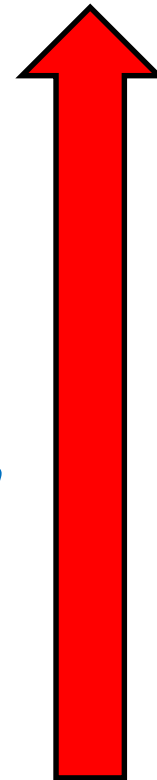
Nord



Calcul de l'orientation

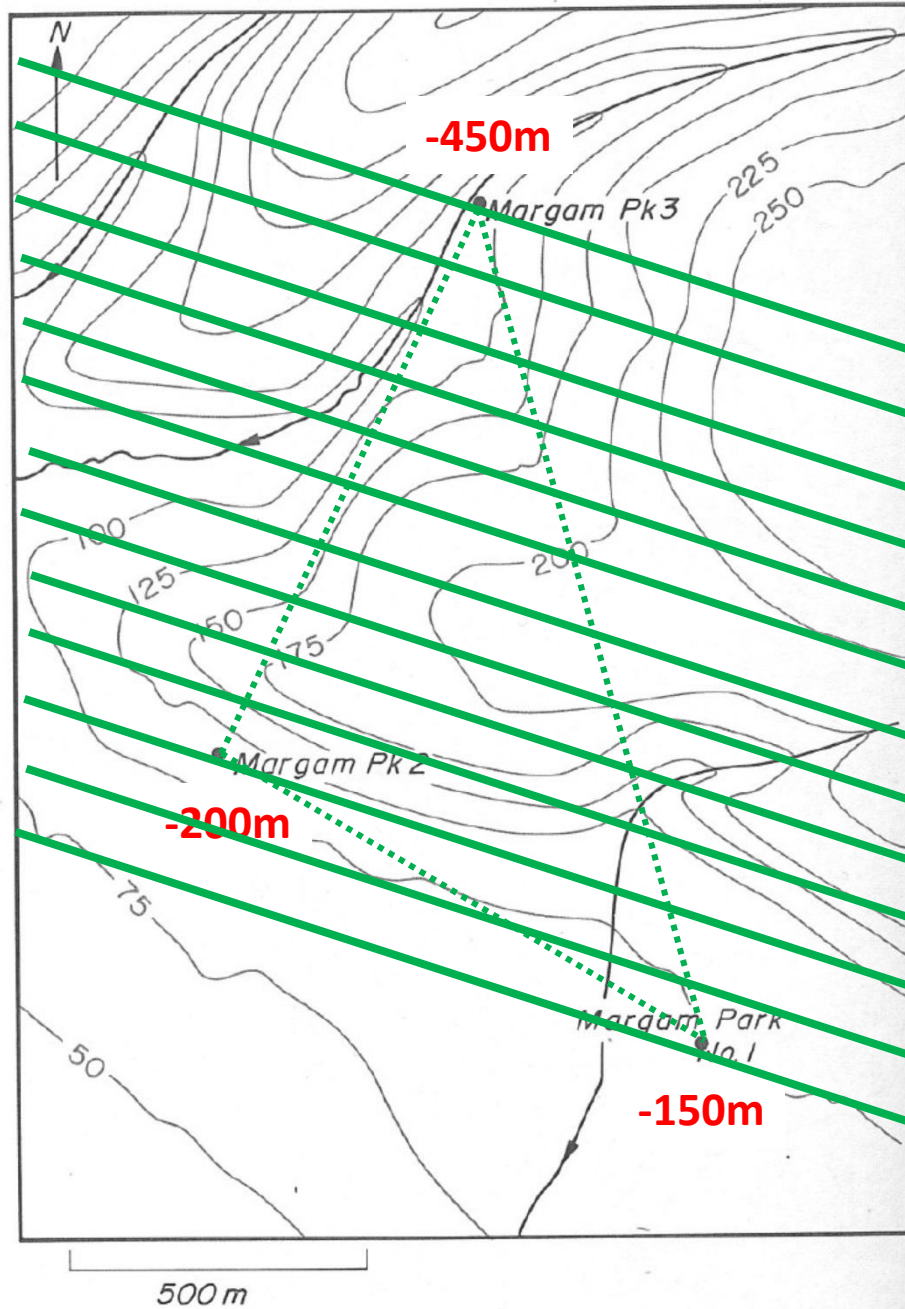
N 120 – 14 N

Iso -450m  
Iso -425m  
Iso -400m  
Iso -375m  
Iso -350m  
Iso -325m  
Iso -300m  
Iso -275m  
Iso -250m  
Iso -225m  
Iso -200m  
Iso -175m  
Iso -150m



Profondeurs  
croissantes  
vers le N

## Exercice 3

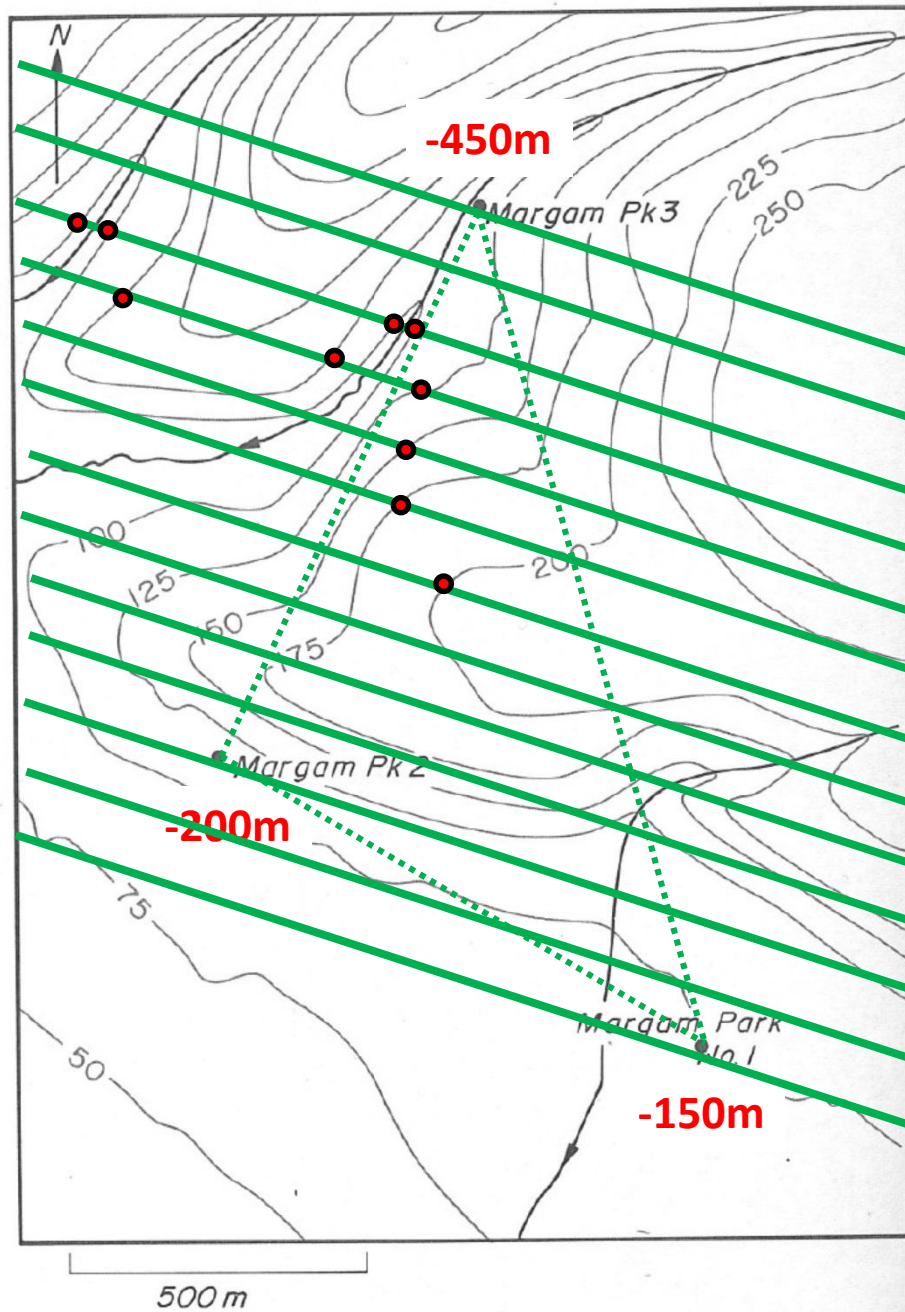


Deuxième niveau de charbon

+500m

|           |           |
|-----------|-----------|
| Iso -450m | Iso +50m  |
| Iso -425m | Iso +75m  |
| Iso -400m | Iso +100m |
| Iso -375m | Iso +125m |
| Iso -350m | Iso +150m |
| Iso -325m | Iso +175m |
| Iso -300m | Iso +200m |
| Iso -275m | Iso +225m |
| Iso -250m | Iso +250m |
| Iso -225m | Iso +275m |
| Iso -200m | Iso +300m |
| Iso -175m | Iso +325m |
| Iso -150m | Iso +350m |

## Exercice 3

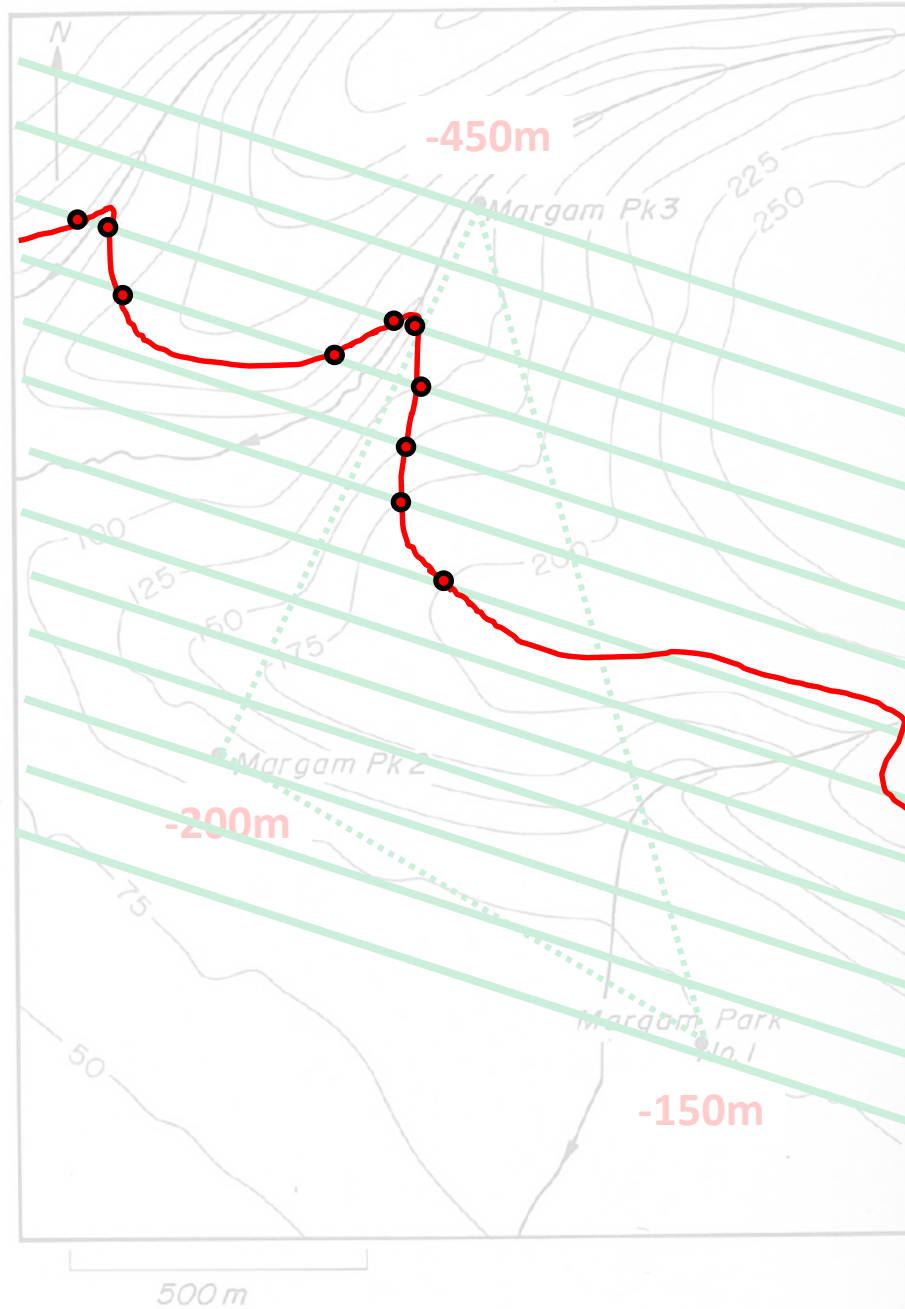


### Deuxième niveau de charbon

Chercher les intersections avec la topographie

Iso +50m  
Iso +75m  
Iso +100m  
Iso +125m  
Iso +150m  
Iso +175m  
Iso +200m  
Iso +225m  
Iso +250m  
Iso +275m  
Iso +300m  
Iso +325m  
Iso +350m

# Exercice 3

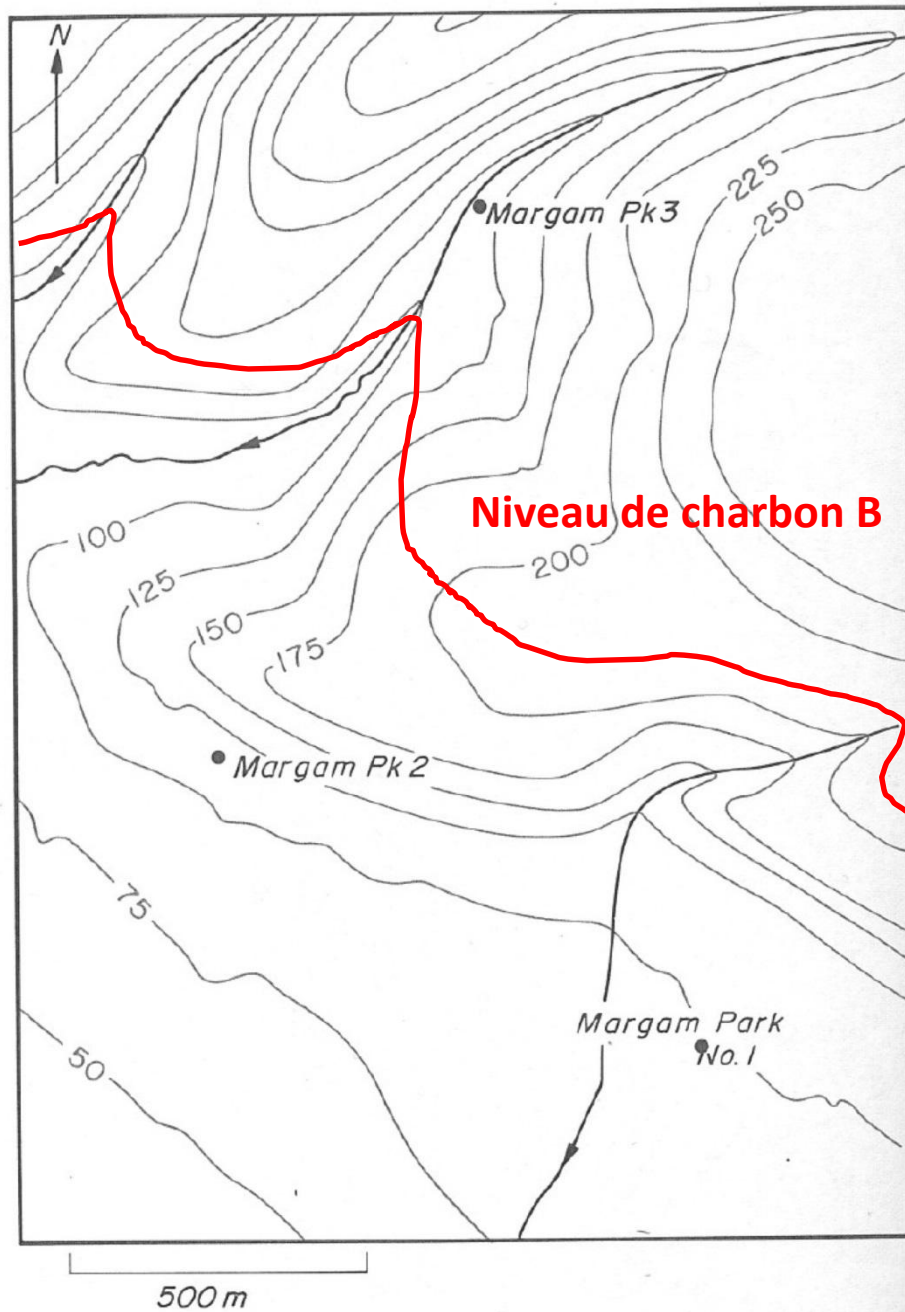


Deuxième niveau de charbon

Relier les intersection

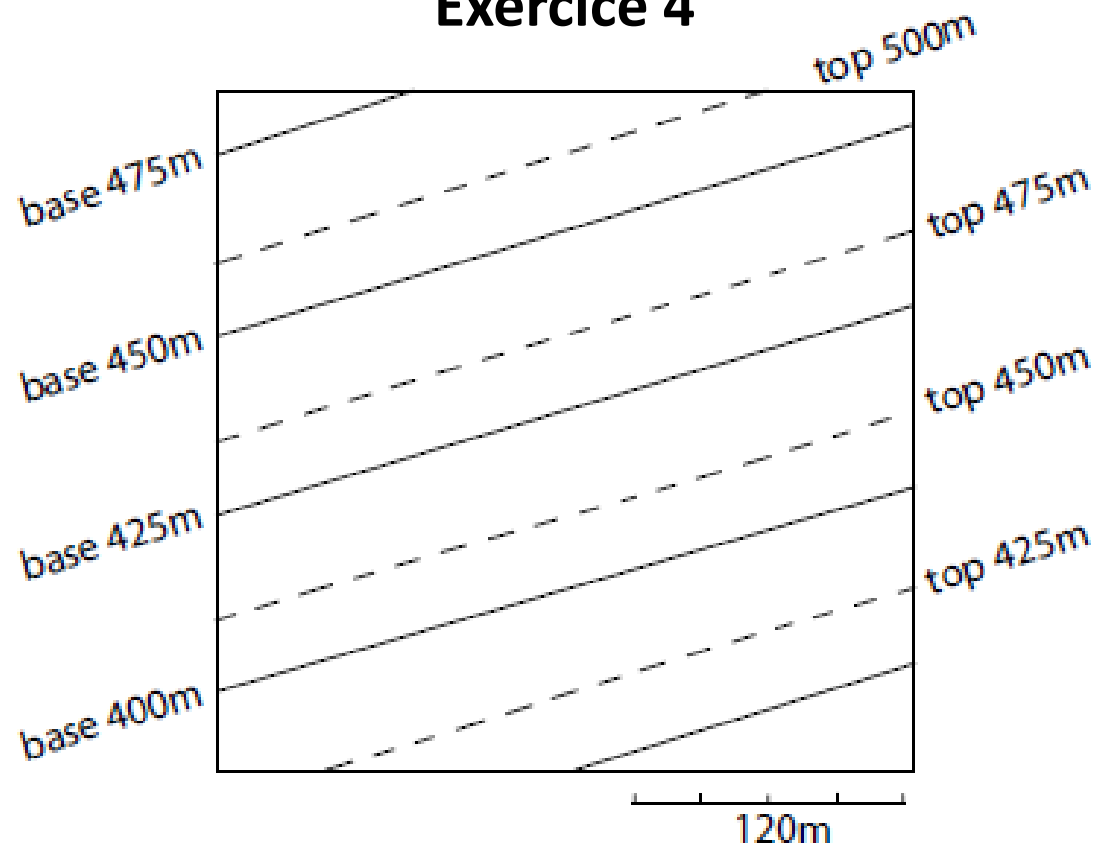
Iso +50m  
Iso +75m  
Iso +100m  
Iso +125m  
Iso +150m  
Iso +175m  
Iso +200m  
Iso +225m  
Iso +250m  
Iso +275m  
Iso +300m  
Iso +325m  
Iso +350m

### Exercice 3



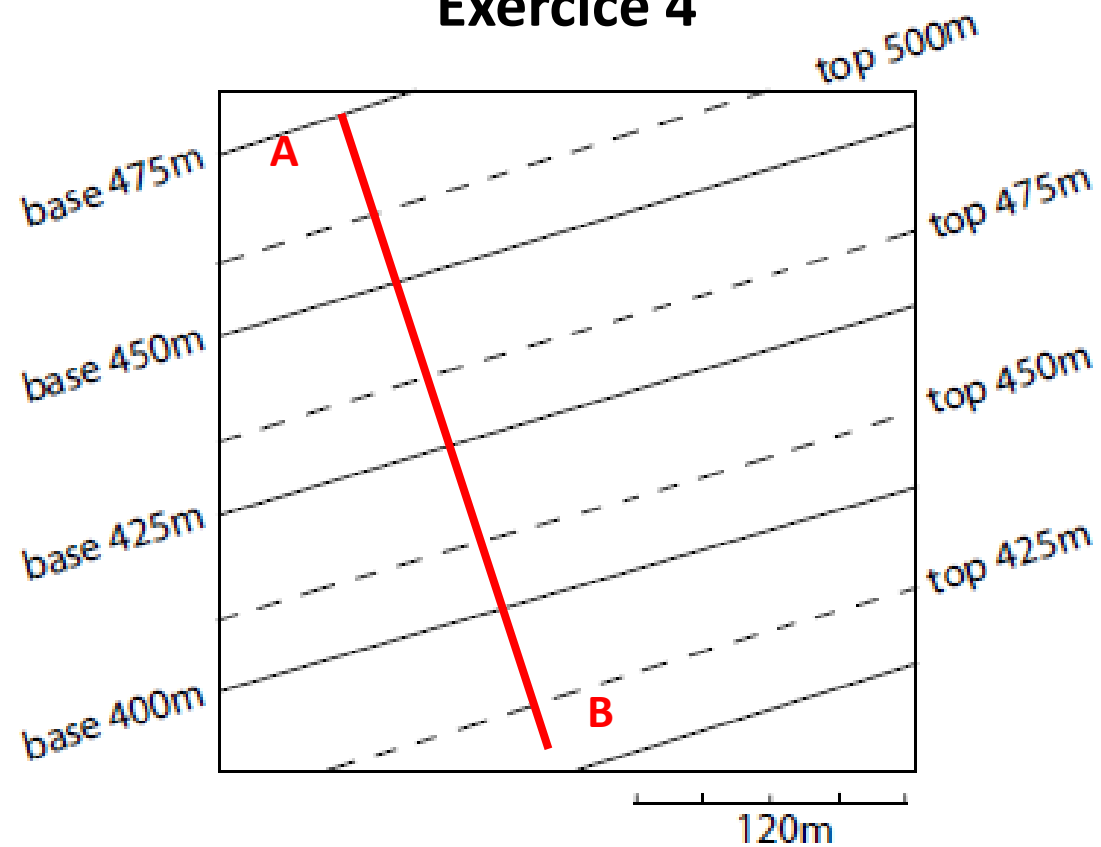
Deuxième niveau de charbon

## Exercice 4



**Objectifs: calculer l'épaisseur vraie entre 2 niveaux**

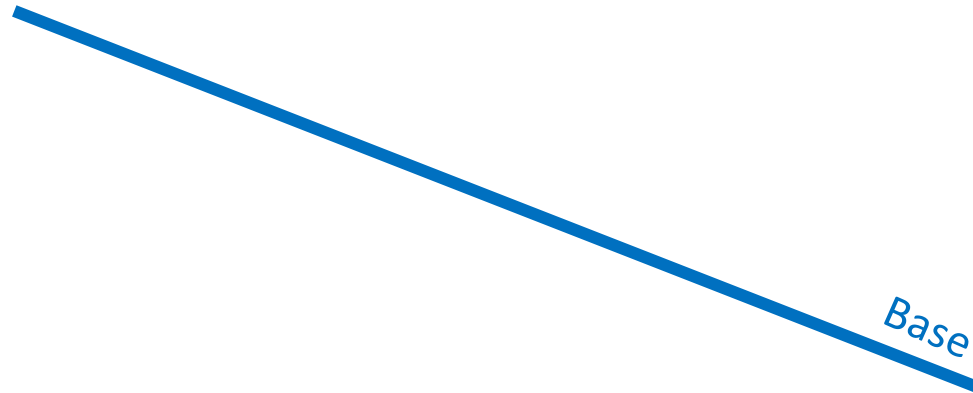
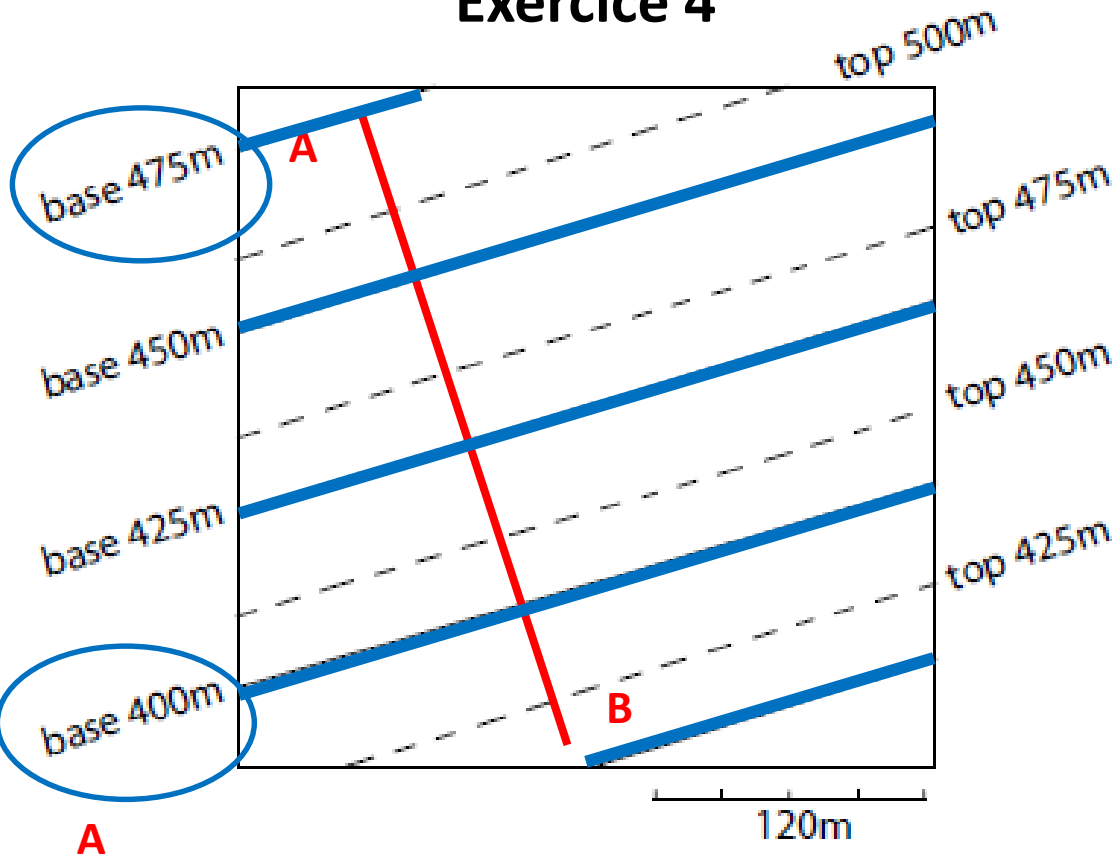
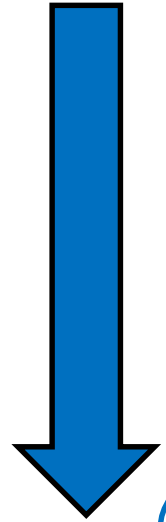
## Exercice 4



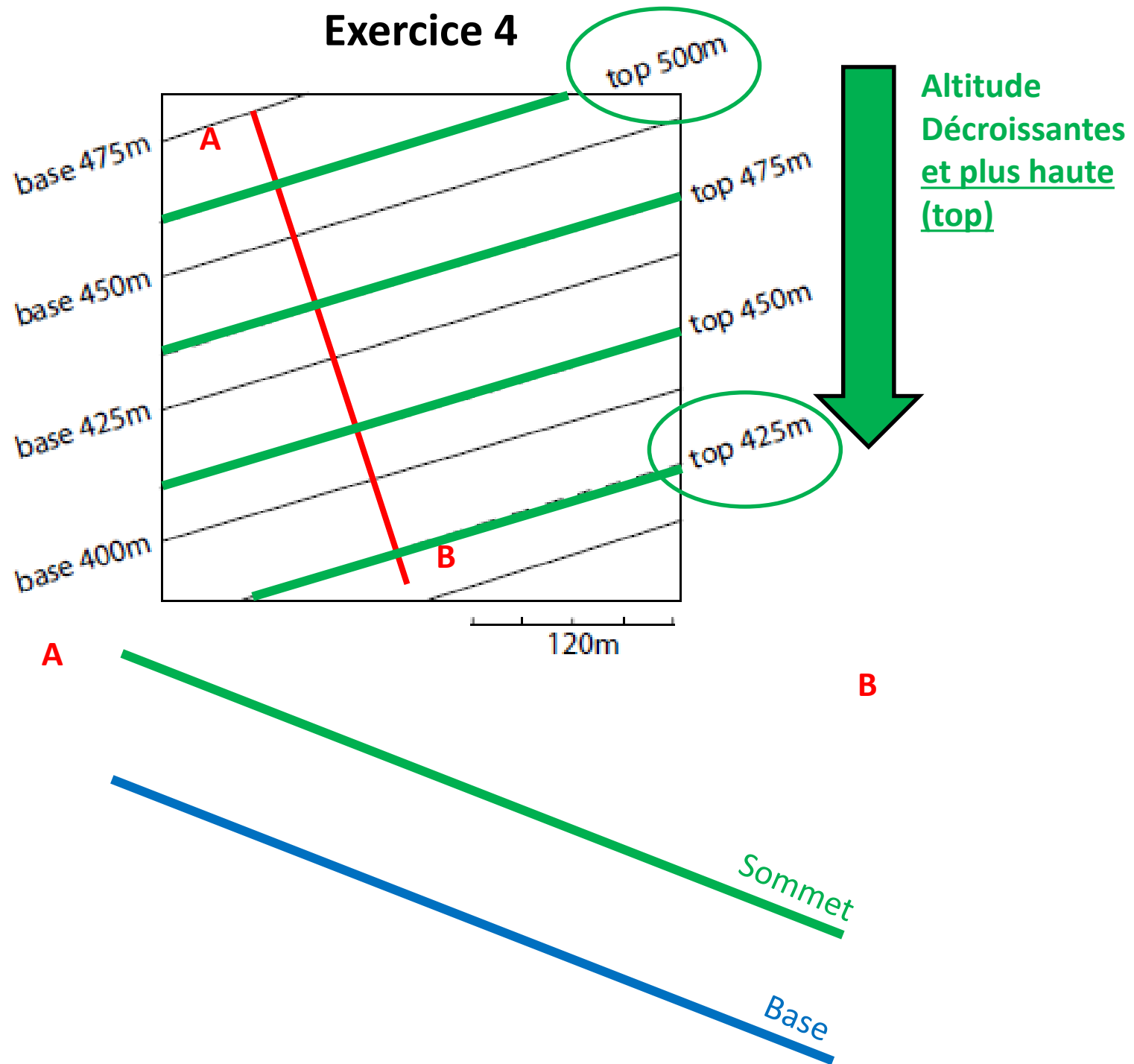
**Etape 1: faire une coupe perpendiculaire à la direction**

## Exercice 4

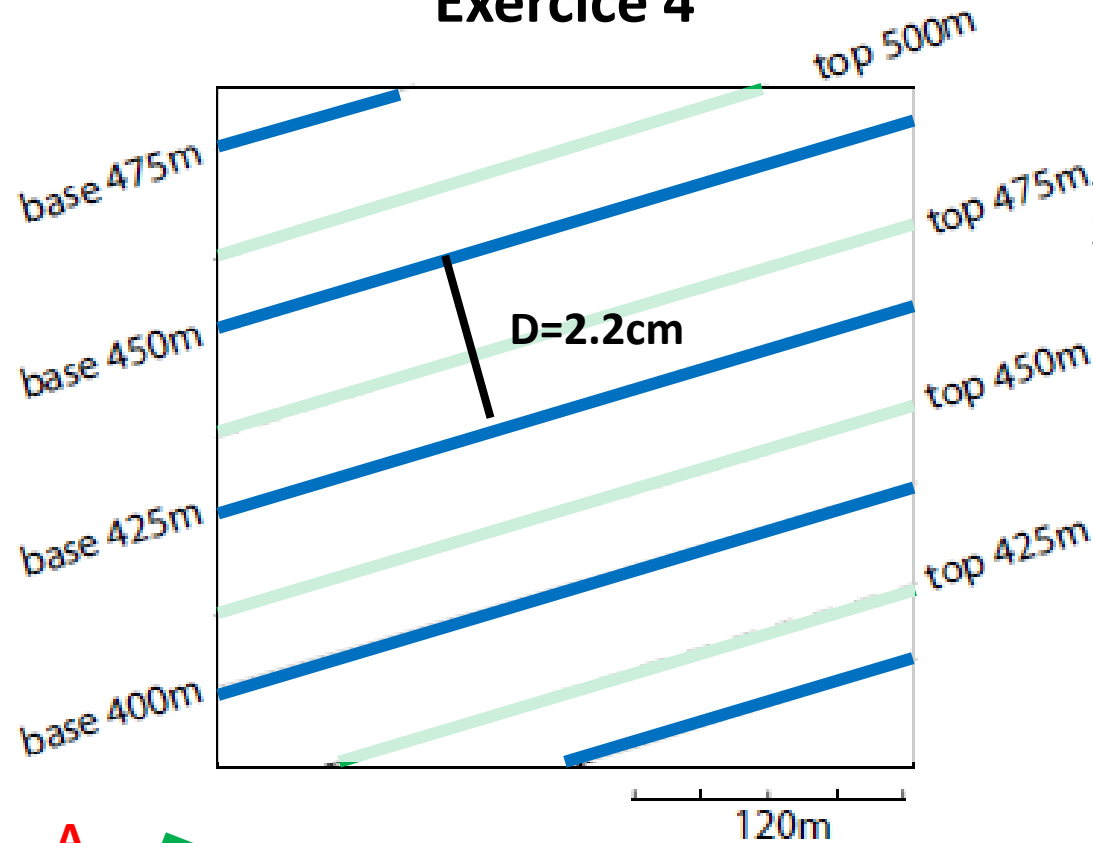
Altitude  
décroissantes



## Exercice 4



## Exercice 4



$D = 2.2\text{cm}$

$3.5\text{cm} \Rightarrow 120\text{m}$

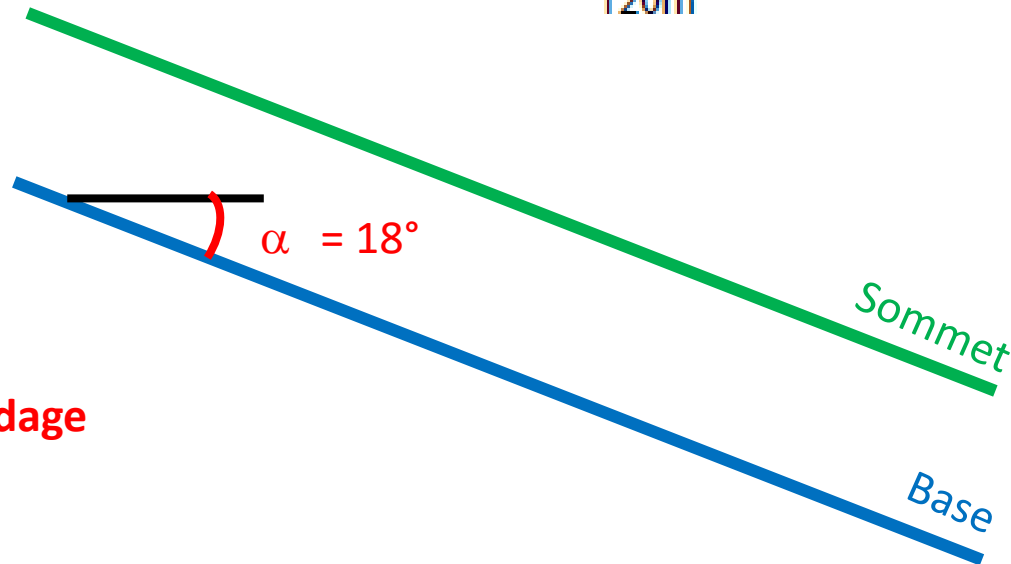
$2.2\text{cm} \Rightarrow \sim 75\text{m}$

$\alpha = \text{atan}(25/75)$

$\alpha = 18.4^\circ$

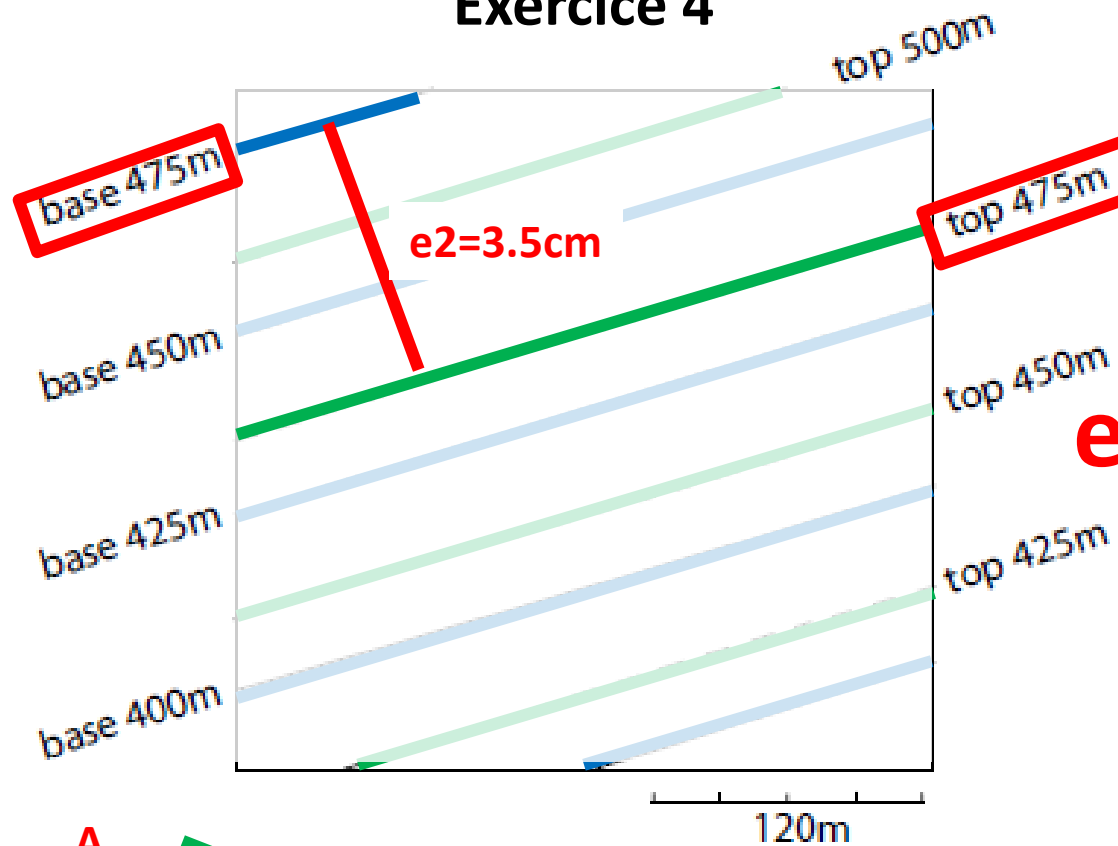
**A**

**B**



**Etape 2: calculer le pendage**

## Exercice 4



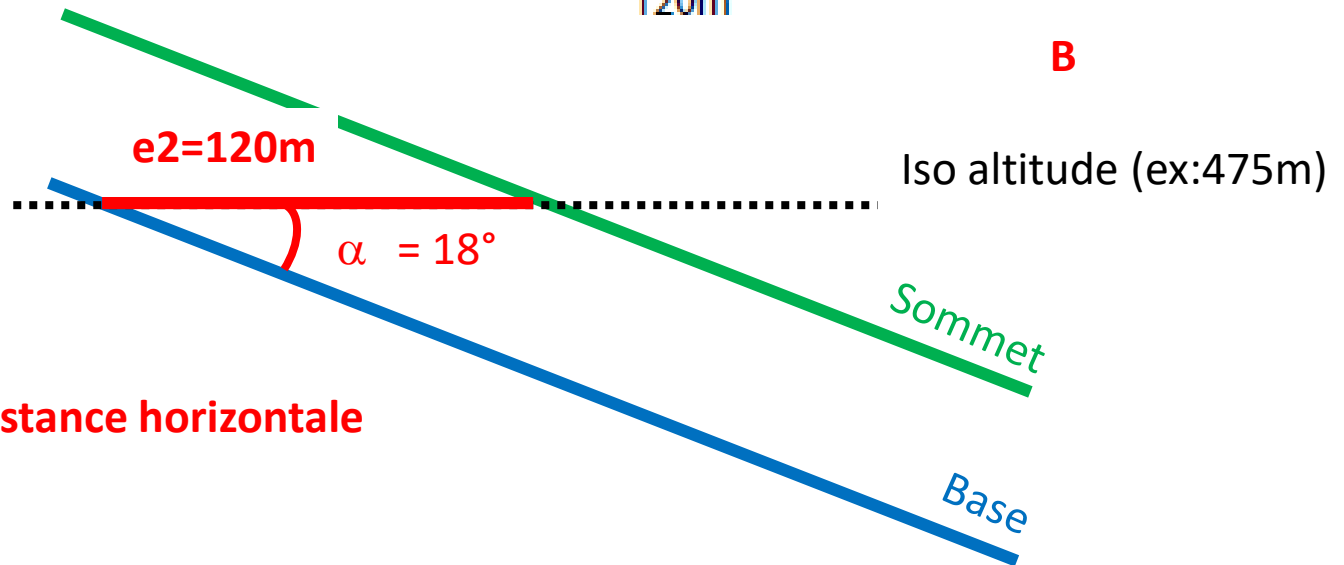
$$\alpha = 18.4^\circ$$

$$e2 = 3.5\text{cm}$$
$$3.5\text{cm} \Rightarrow 120\text{m}$$

$$e2 = 120\text{m}$$

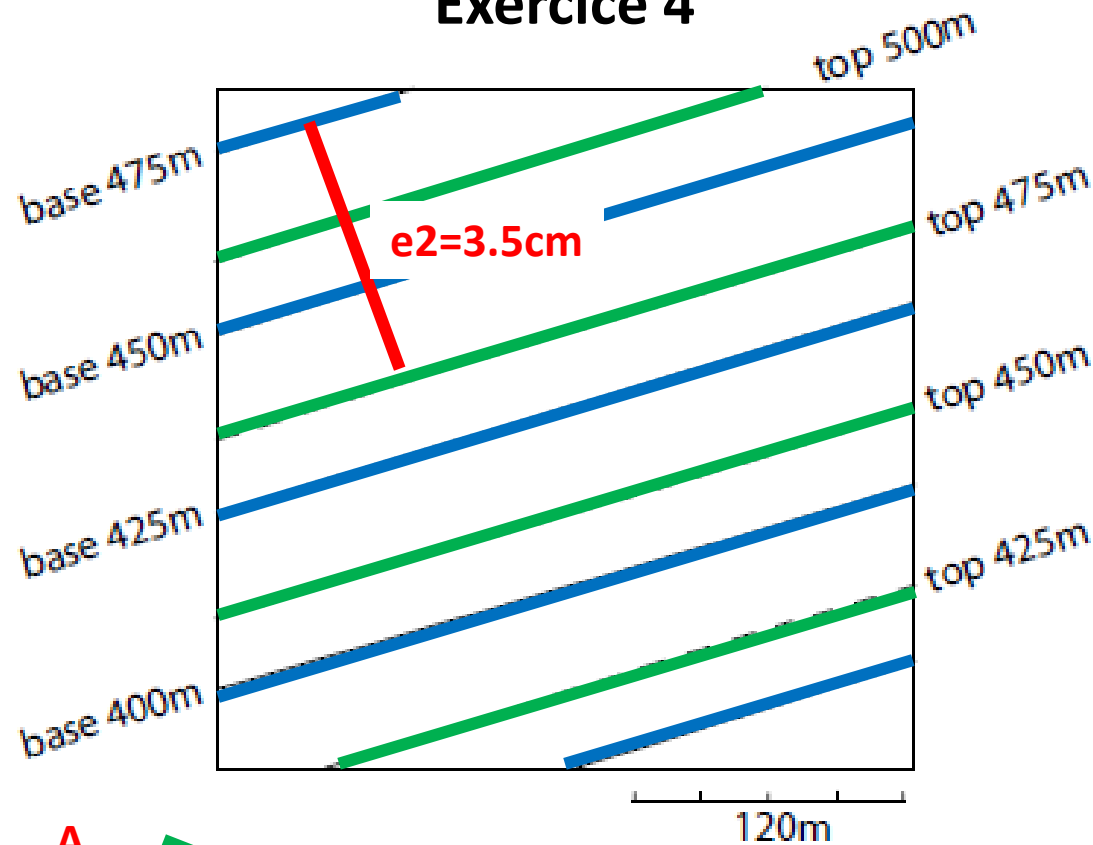
A

B



Etape 3: mesurer la distance horizontale

## Exercice 4



$$\alpha = 18.4^\circ$$

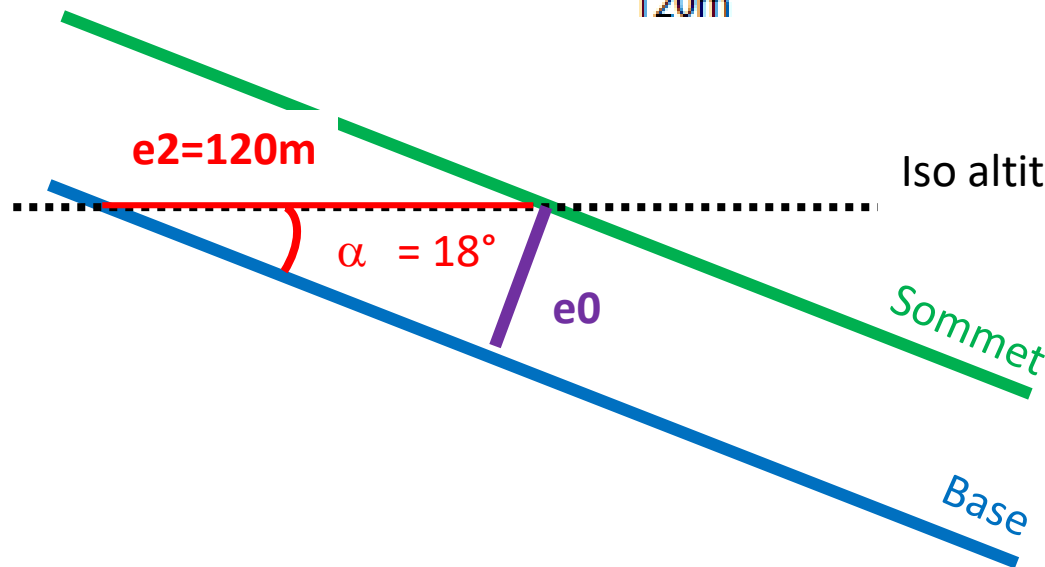
Etape 4

$$e0 = e2 \cdot \sin \alpha$$

$$e0 = 120 \times \sin 18^\circ$$

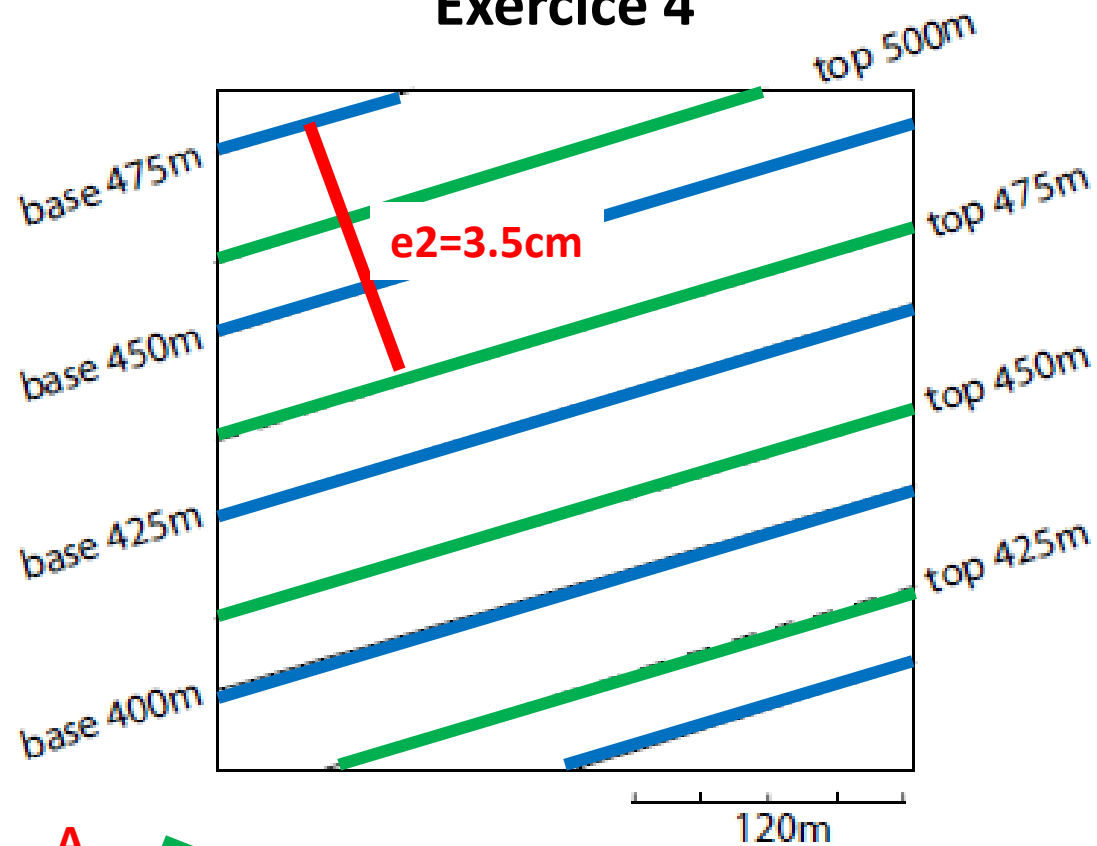
$$e0 = 37\text{m}$$

A



B

## Exercice 4



$$\alpha = 18.4^\circ$$

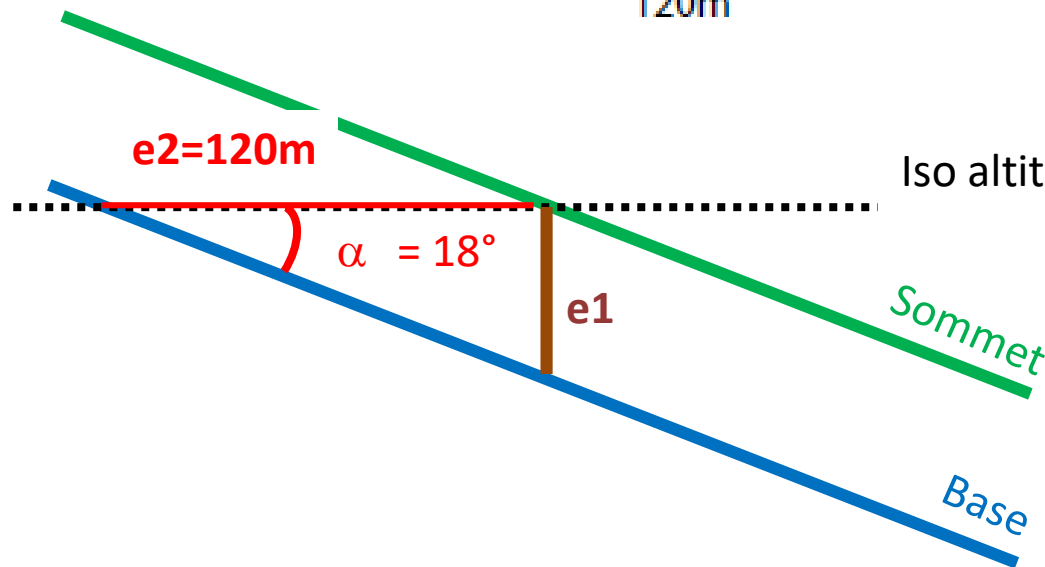
Etape 4

$$e1 = e2 \cdot \tan \alpha$$

$$e1 = 120 \times \tan 18^\circ$$

$$e1 = 39\text{m}$$

A

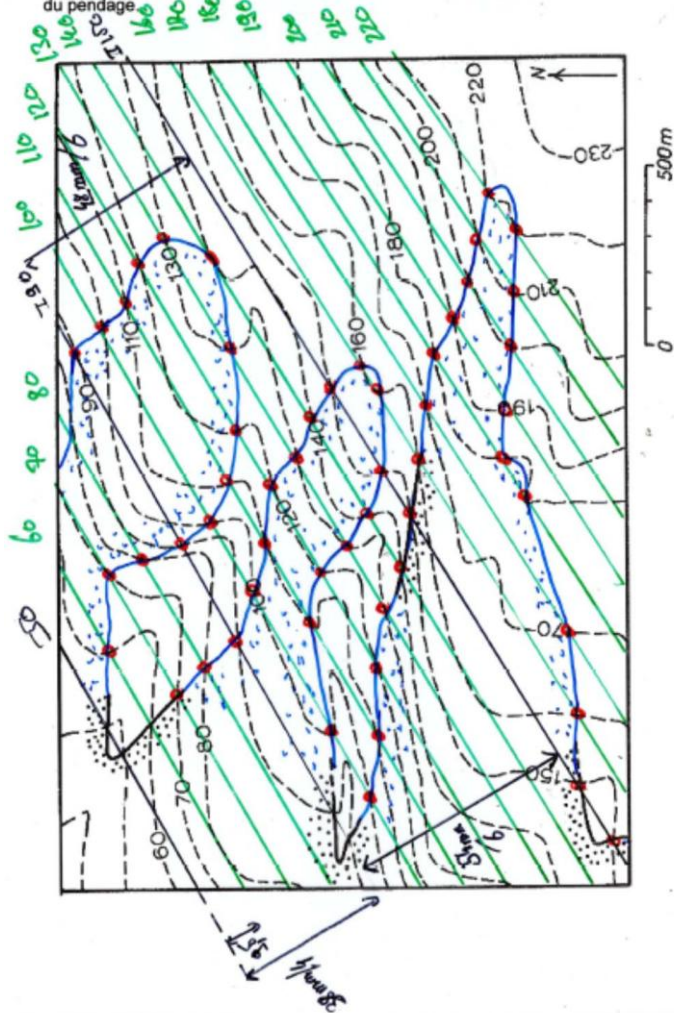


B

## Exercice d'entraînement 5

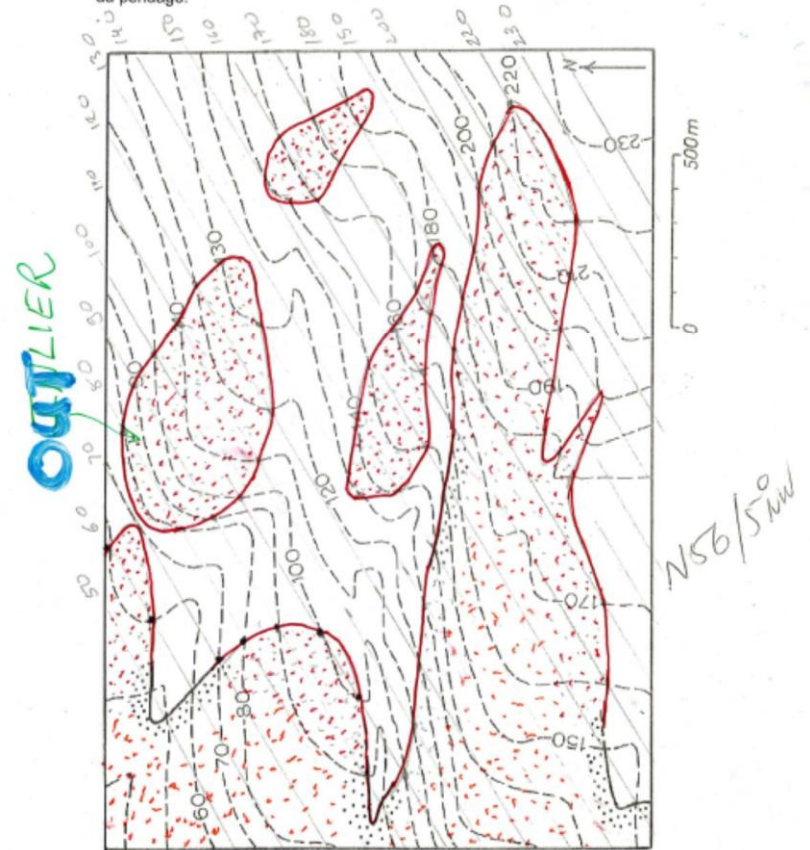
### Solution 1: isohypses non parallèles => pendage varie

6. Sur cette carte, une limite entre grès et argillites est repérée sur le terrain à plusieurs endroits. Ces données peuvent-elles indiquer si le contact a une orientation constante? Complétez la trace de ce contact sur le reste de la carte. Donnez l'orientation (direction, et pendage) de ce plan de contact. Donnez l'azimut du pendage.

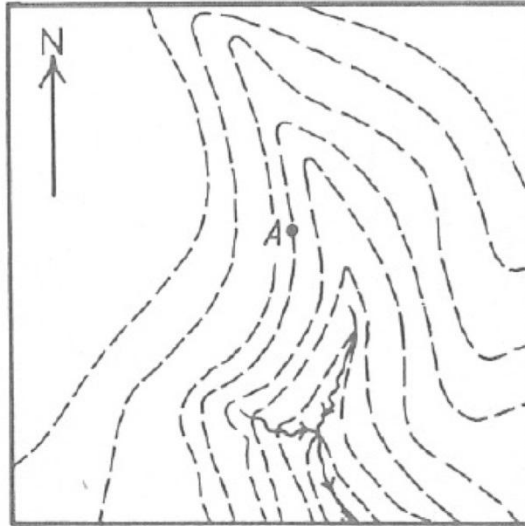


### Solution 2: pendage constant - isohypses parallèles

4. Sur cette carte, une limite entre grès et argillites est repérée sur le terrain à plusieurs endroits. Ces données peuvent-elles indiquer si le contact a une orientation constante? Complétez la trace de ce contact sur le reste de la carte. Donnez l'orientation (direction, et pendage) de ce plan de contact. Donnez l'azimut du pendage.



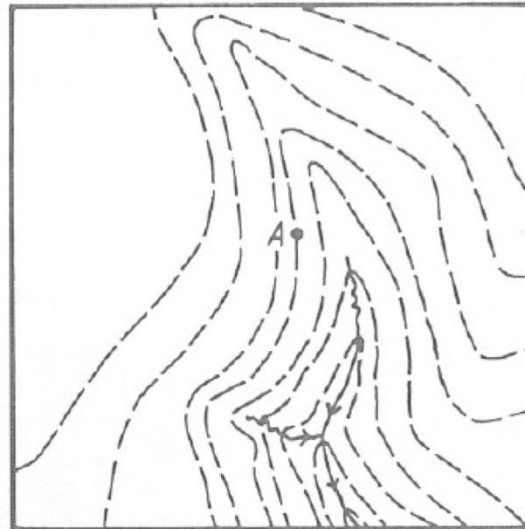
## Exercice 6: à faire chez vous et à rendre la semaine prochaine !!



a)



b)



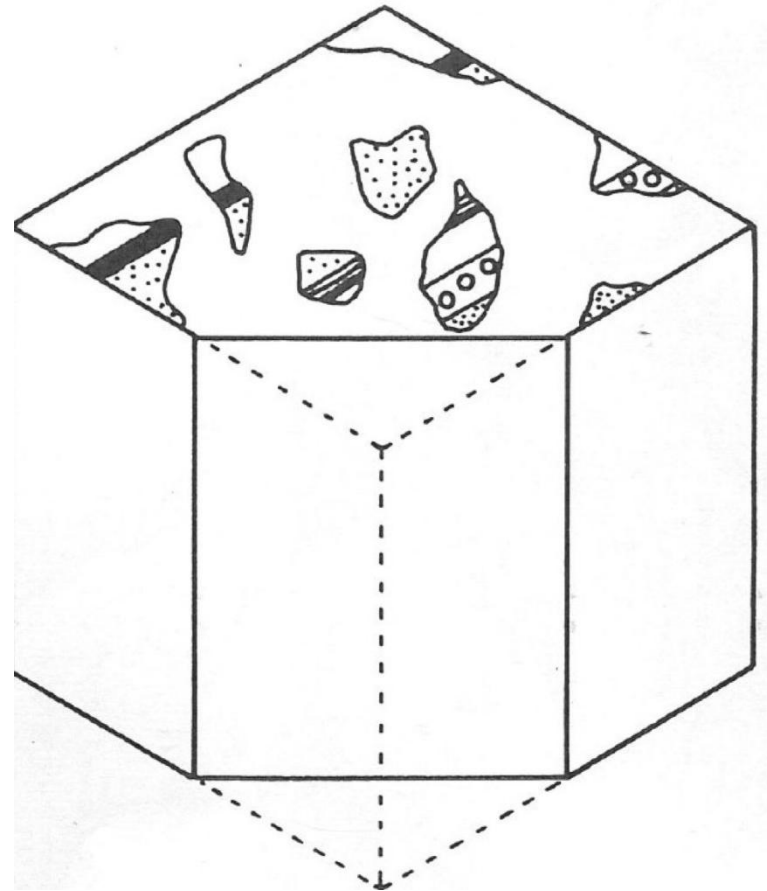
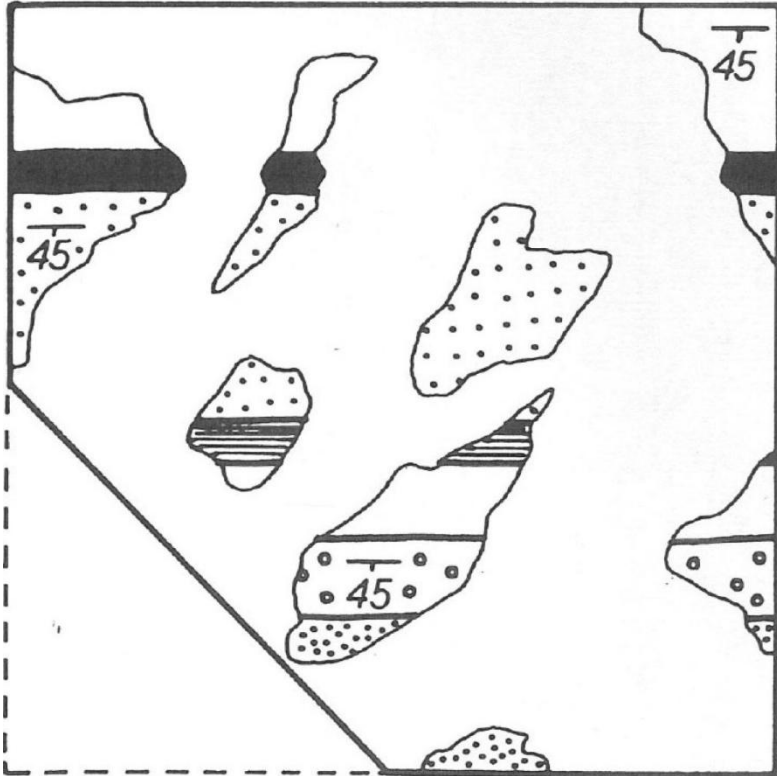
c)



d)

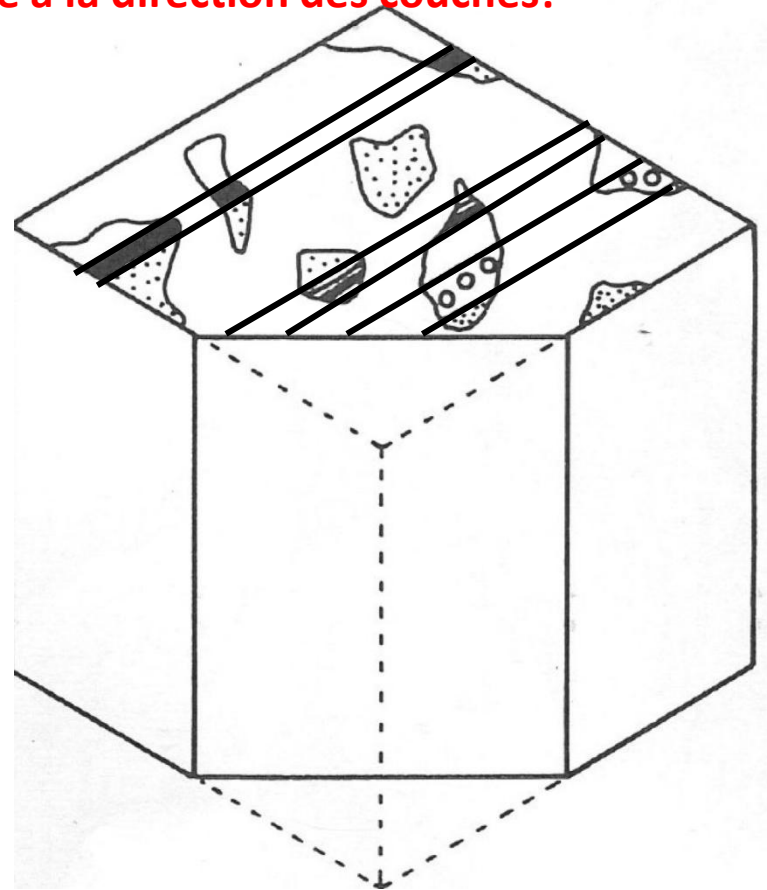
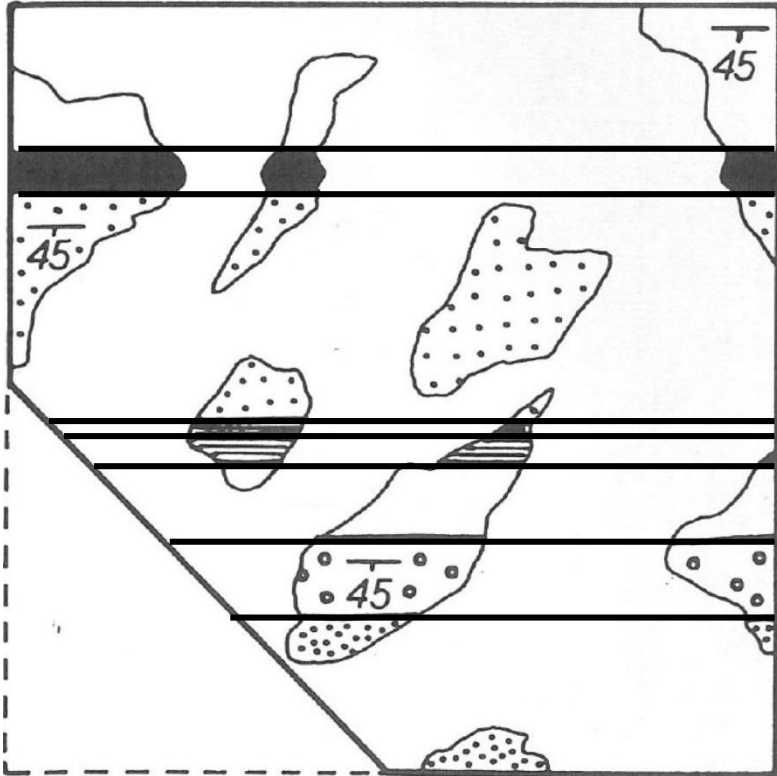
# Exercice 1

But: reconstruire le bloc diagramme 3D



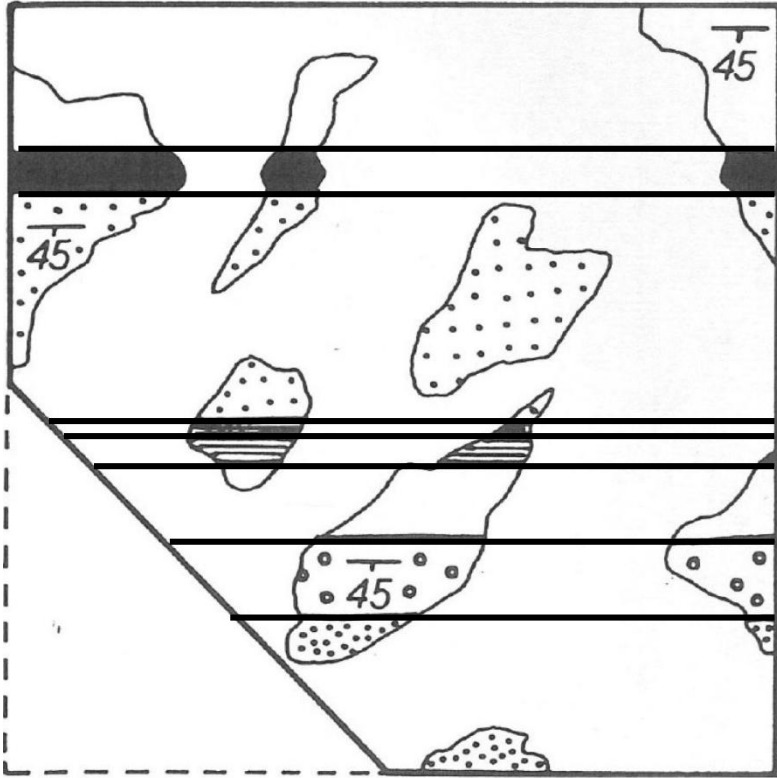
## Exercice 7

**Etape 1: remplissage de la carte. La surface est plate donc l'intersection des couches avec la topographie donne des droites parallèle à la direction des couches!**

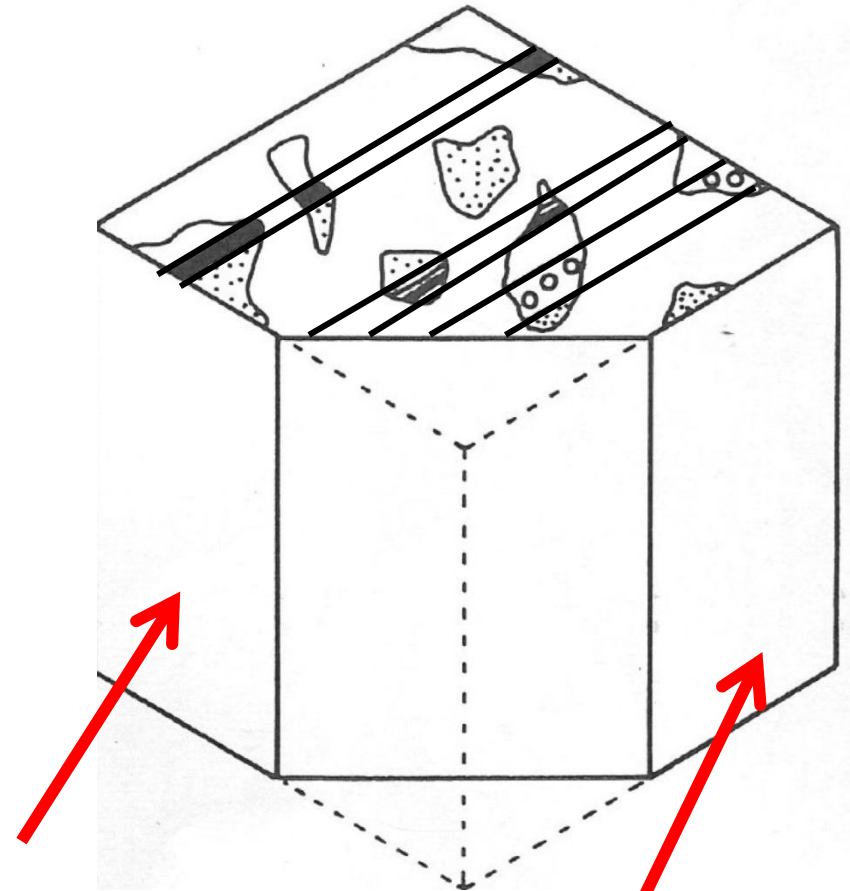


## Exercice 7

Etape 2: remplissage des faces. Notez la valeur du pendage ( $45^\circ$ ) et leur orientation.



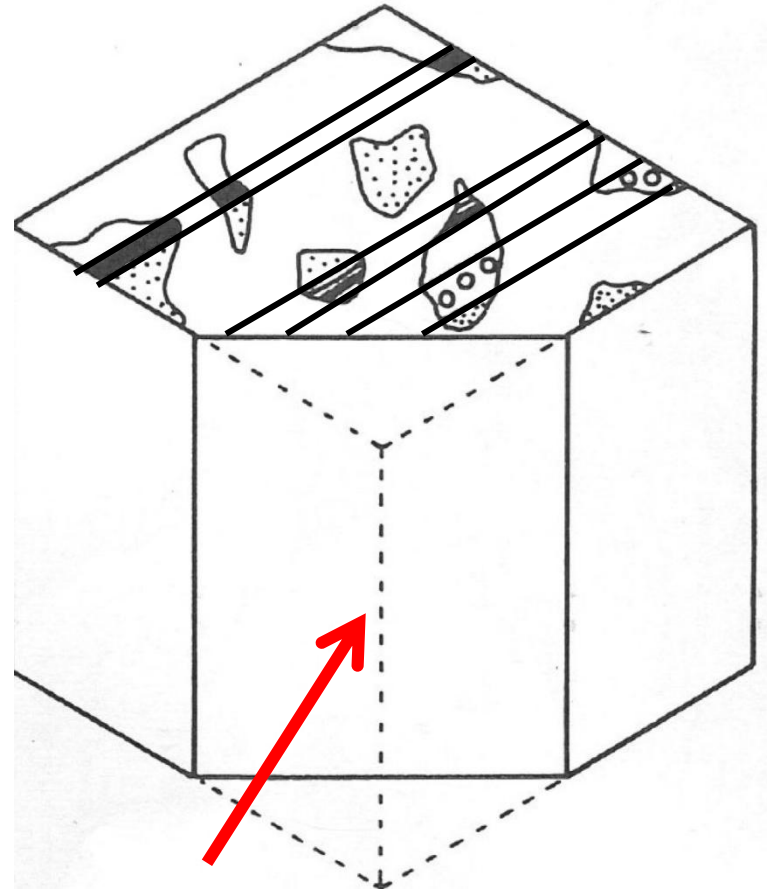
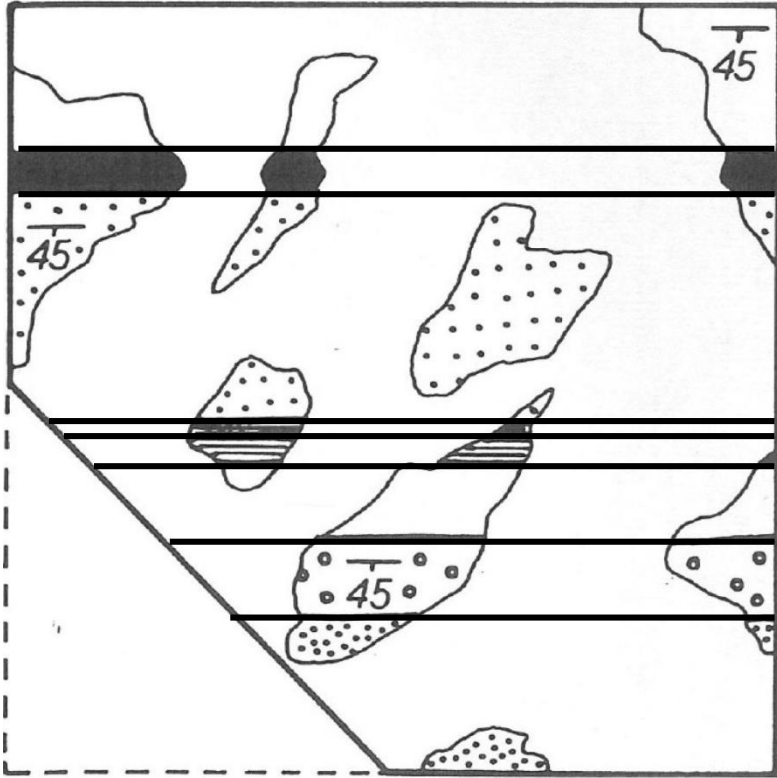
Face orientée à  $90^\circ$   
de la direction des couches  
 $\Rightarrow$  Pendage vraie maximum  
(attention perspective)



Face parallèle à la  
direction des couches  
 $\Rightarrow$  Pendage nul

## Exercice 7

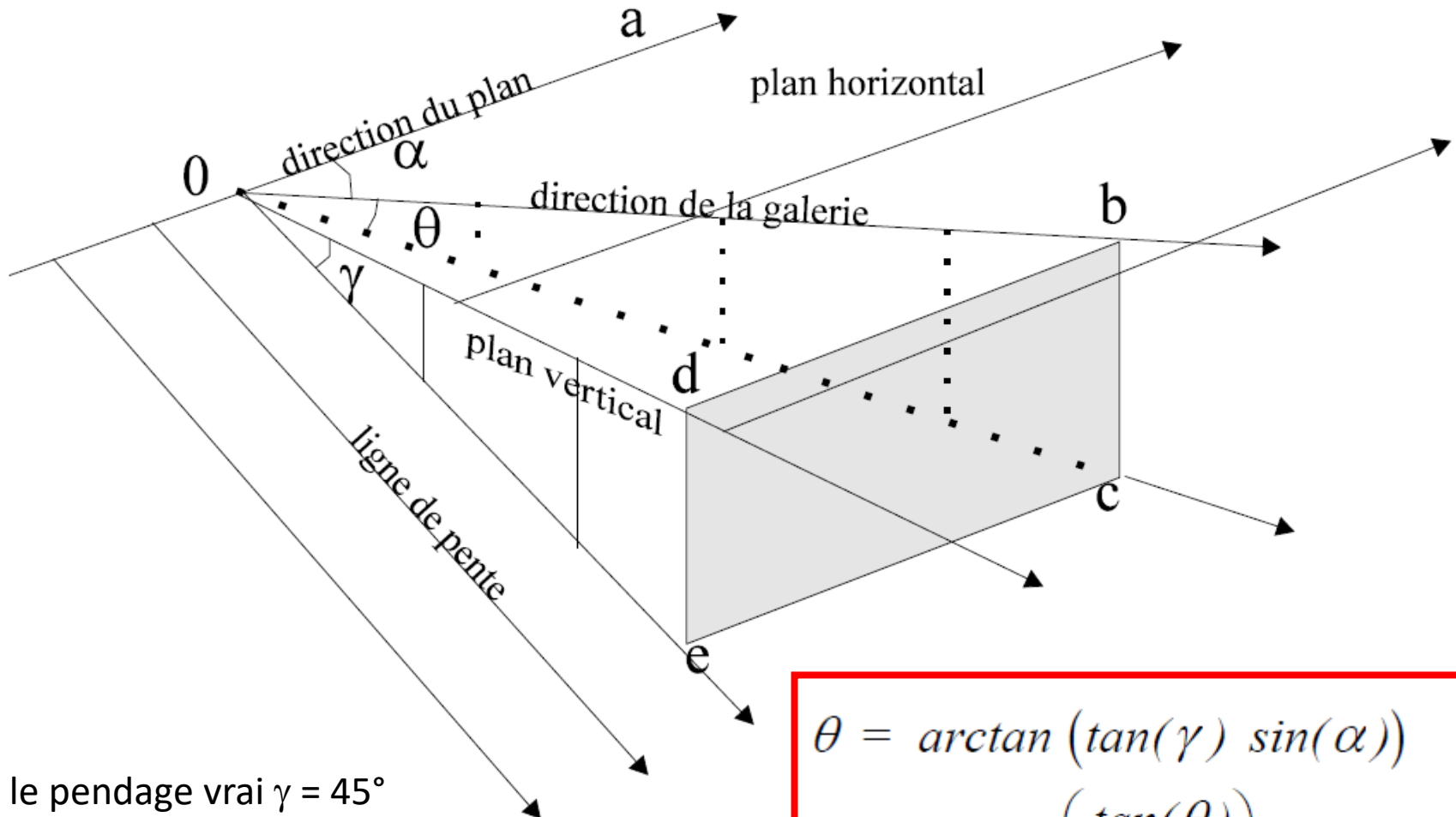
Etape 2: remplissage des faces. Notez la valeur du pendage ( $45^\circ$ ) et leur orientation.



Face orientée à  $45^\circ$   
de la direction des couches  
 $\Rightarrow$  Pendage apparent  $<$  au pendage vraie  
( $\sim 35^\circ$ )

## Exercice 7

### La notion de pendage apparent

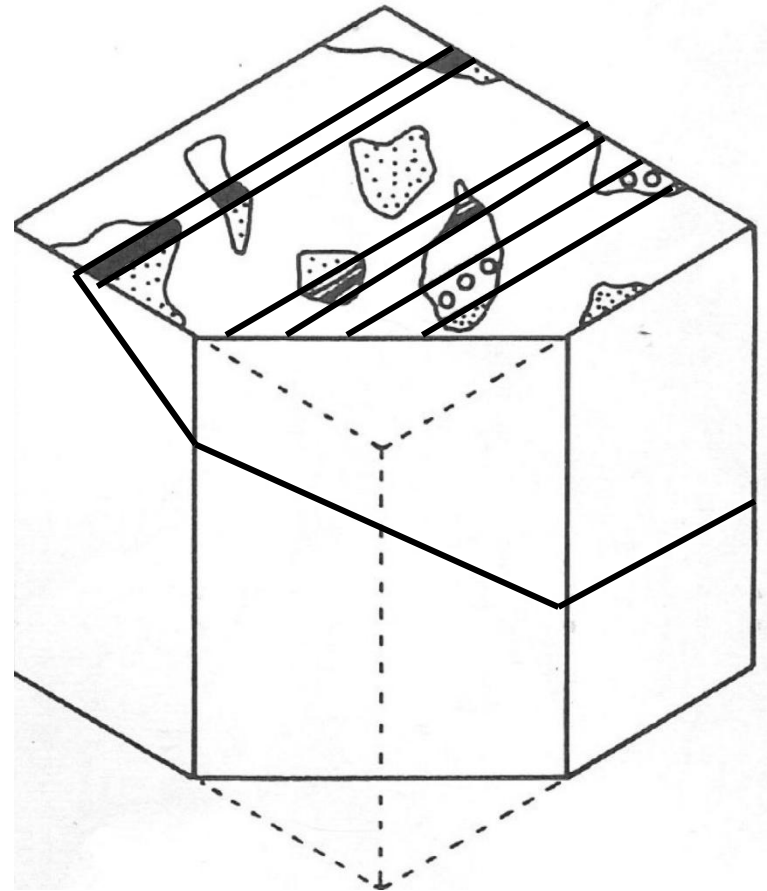
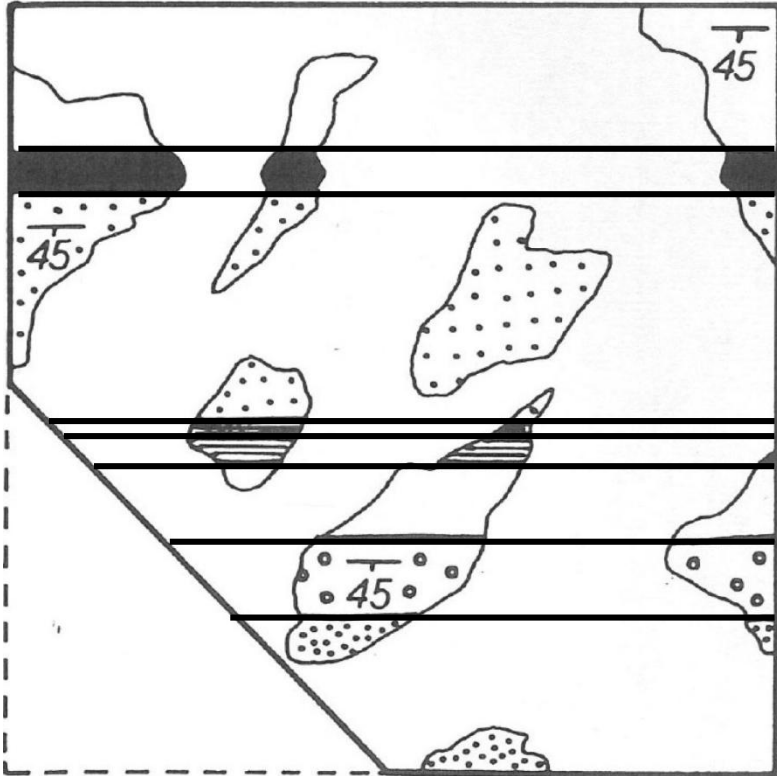


Si le pendage vrai  $\gamma = 45^\circ$   
et l'orientation de la coupe par rapport  
à la direction  $\alpha = 45^\circ$   
Alors le pendage apparent  $\Theta = 35^\circ$

$$\theta = \arctan(\tan(\gamma) \sin(\alpha))$$
$$\gamma = \arctan\left(\frac{\tan(\theta)}{\sin(\alpha)}\right)$$

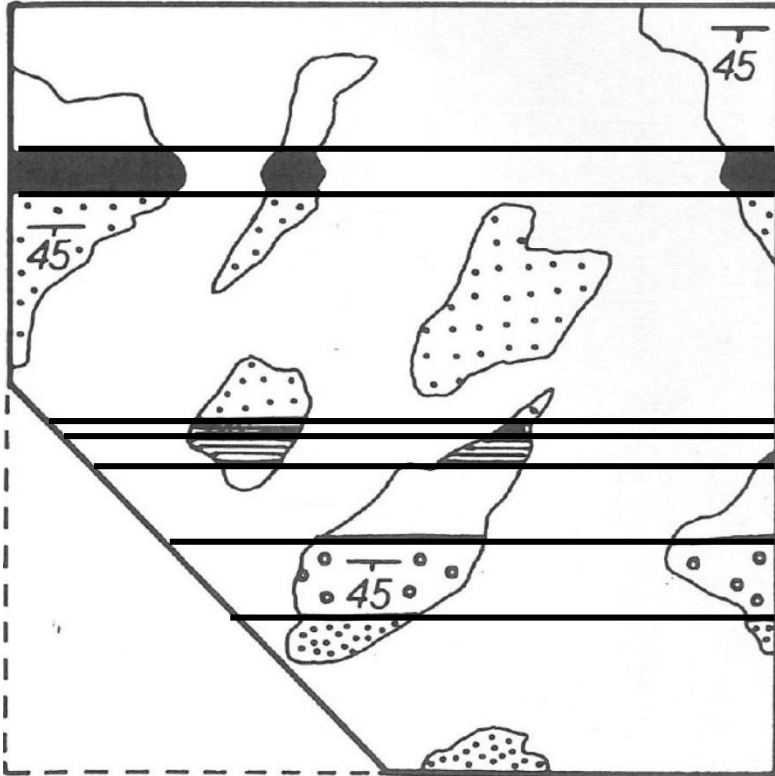
## Exercice 7

Etape 2: remplissage des faces. Notez la valeur du pendage ( $45^\circ$ ) et leur orientation.



## Exercice 7

Etape 2: remplissage des faces. Notez la valeur du pendage ( $45^\circ$ ) et leur orientation.



$\gamma = 45^\circ$   
(perspective)  
Pendage vraie

