

## **1/ Introduction**

## **2/ Les structures en géologie**

- 2.1/ Plan de faille
- 2.2/ Plan de stratification
- 2.3/ Plan de foliation
- 2.4/ Plan de schistosité
- 2.5/ Intersection de deux plans
- 2.6/ Linéation d'étirement

## **3/ Mesures et formats**

- 3.1/ Caractérisation d'un plan
- 3.2/ Mesure d'un plan
- 3.3/ Mesure d'une ligne
- 3.4/ Notations sur le terrain

## **4/ Projections stéréographiques**

- 4.1/ Méthodologie
- 4.2/ 1<sup>ère</sup> étape : placer l'objet
- 4.3/ 2<sup>ème</sup> étape : la projection
- 4.4/ Canevas de Wulf
- 4.5/ Conservation des angles
- 4.6/ Les grands cercles du canevas
- 4.7/ Les petits cercles du canevas

## **5/ Utilisation du canevas de Wulf**

- 5.1/ Préparation du canevas
- 5.2/ Projection stéréographique d'un plan
- 5.3/ Projection stéréographique d'une ligne
- 5.4/ Synthèse.

## **6/ Opérations sur les plans et les lignes**

- 6.1/ Angle entre deux lignes
- 6.2/ Angle entre deux plans
- 6.3/ Angle entre un plan et une ligne
- 6.4/ Pendage apparent et pendage réel
- 6.5/ Calcul de l'axe d'un pli

## **7/ Rotations**

- 7.1/ Principe
- 7.2/ Rotations autour d'un axe horizontal
- 7.3/ Rotations autour d'un axe incliné

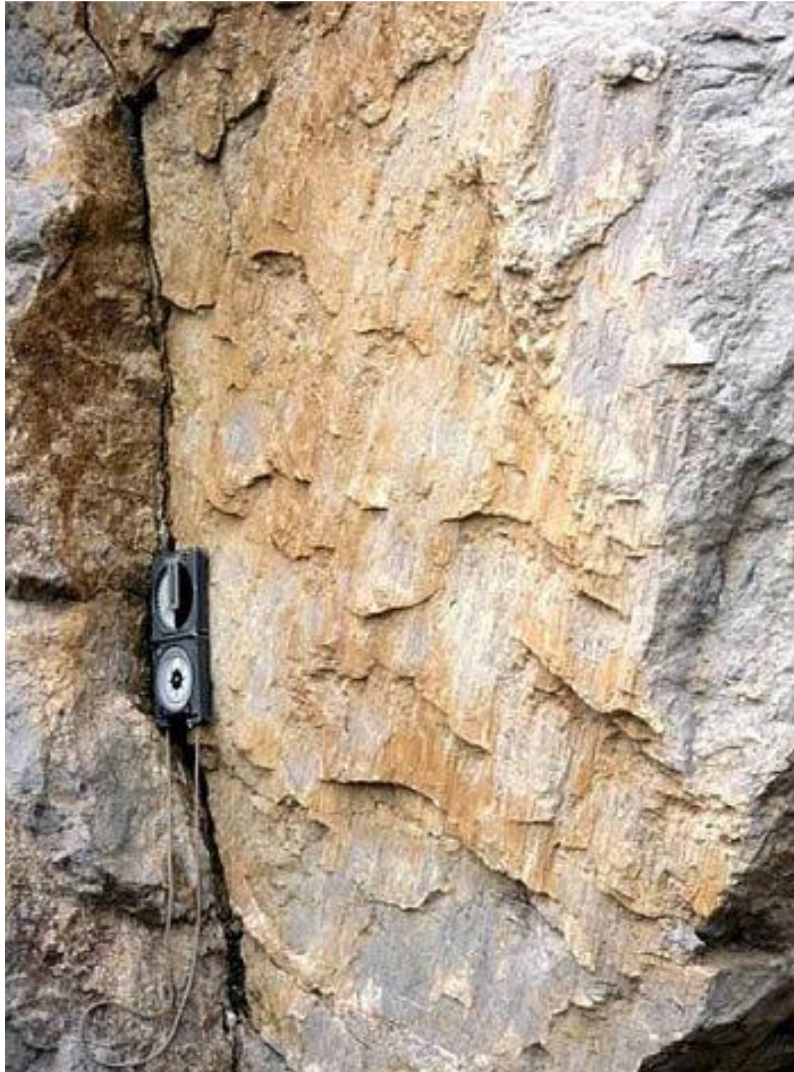
PARTIE 1 :  
Introduction

- Discipline fondamentale, souvent utilisée par les tectoniciens.
- Objectif : comprendre la géométrie des structures 3D et les représenter sur une feuille de papier en 2D.
- Compétence indispensable à tout géologue de terrain qui va essayer de comprendre les structures et de les relier entre elles.
- Des cas concrets :
  - *Comment déterminer l'orientation d'une ligne dans un plan ?*
  - *Comment estimer l'angle entre deux couches sédimentaires ?*
  - *Comment calculer l'axe d'un pli ?*
  - *Comment remettre à plat une série sédimentaire ?*

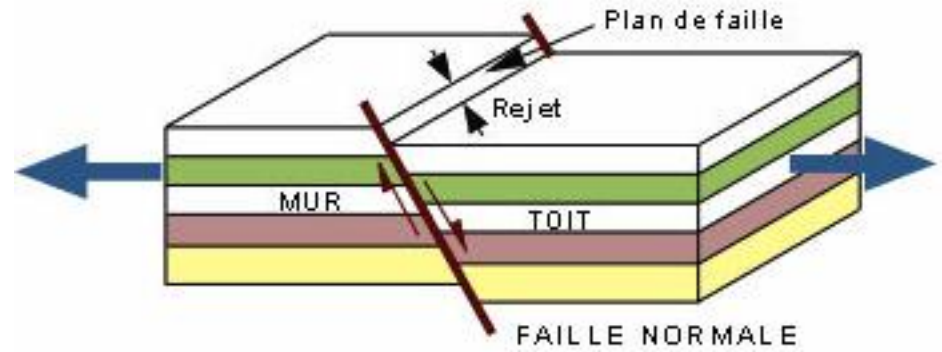
## PARTIE 2 :

*(introduction bis ...)*

# Les structures en géologie



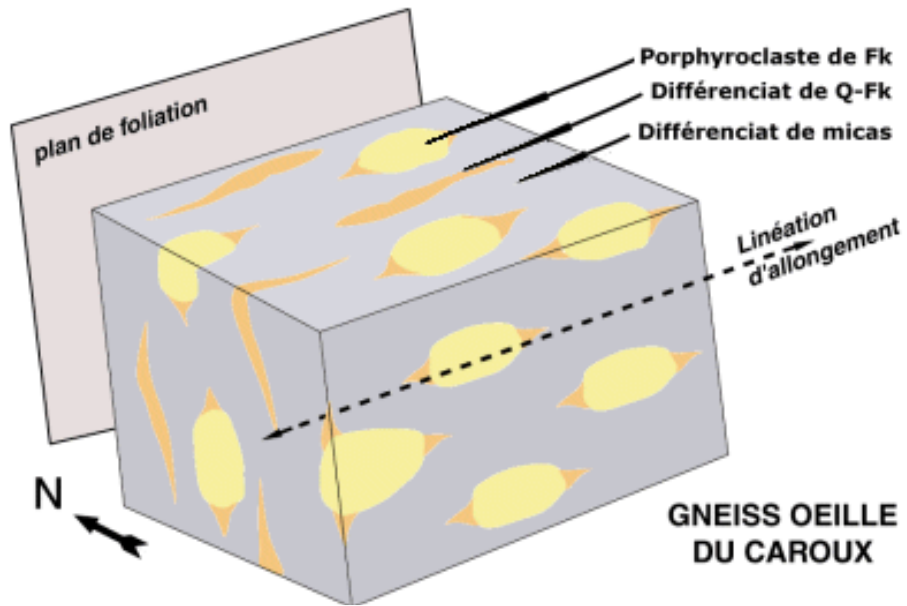
*Miroir de faille (Cévènes, France)*



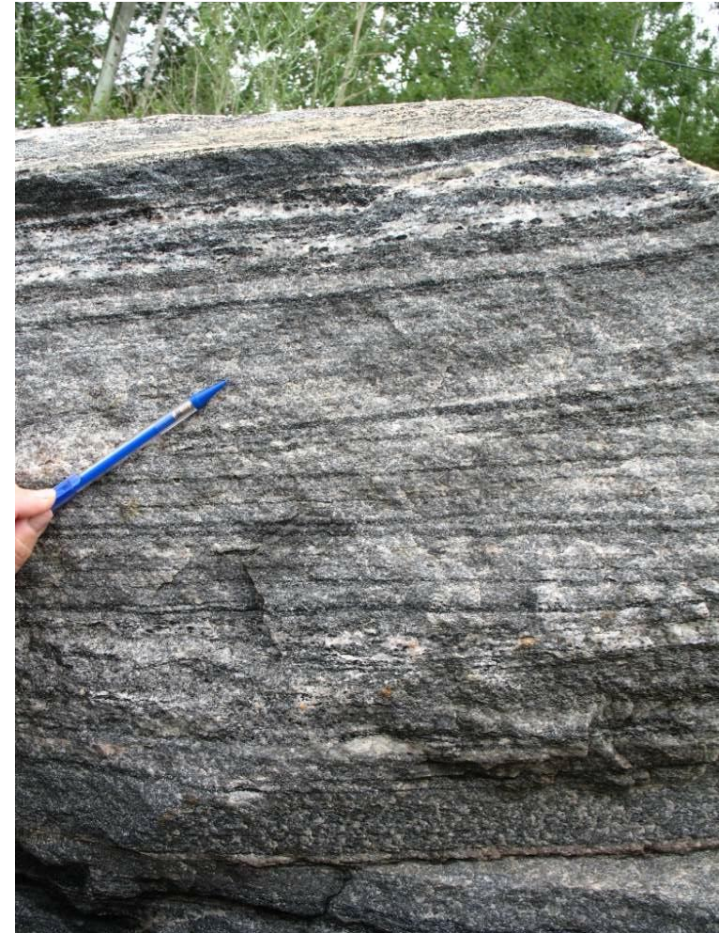




*Calcaires vermiculés de l'Anisien (Guillestre, France)*



*Foliation dans des gneiss (Montagne Noire, France)*  
<http://pedagogie.ac-montpellier.fr>



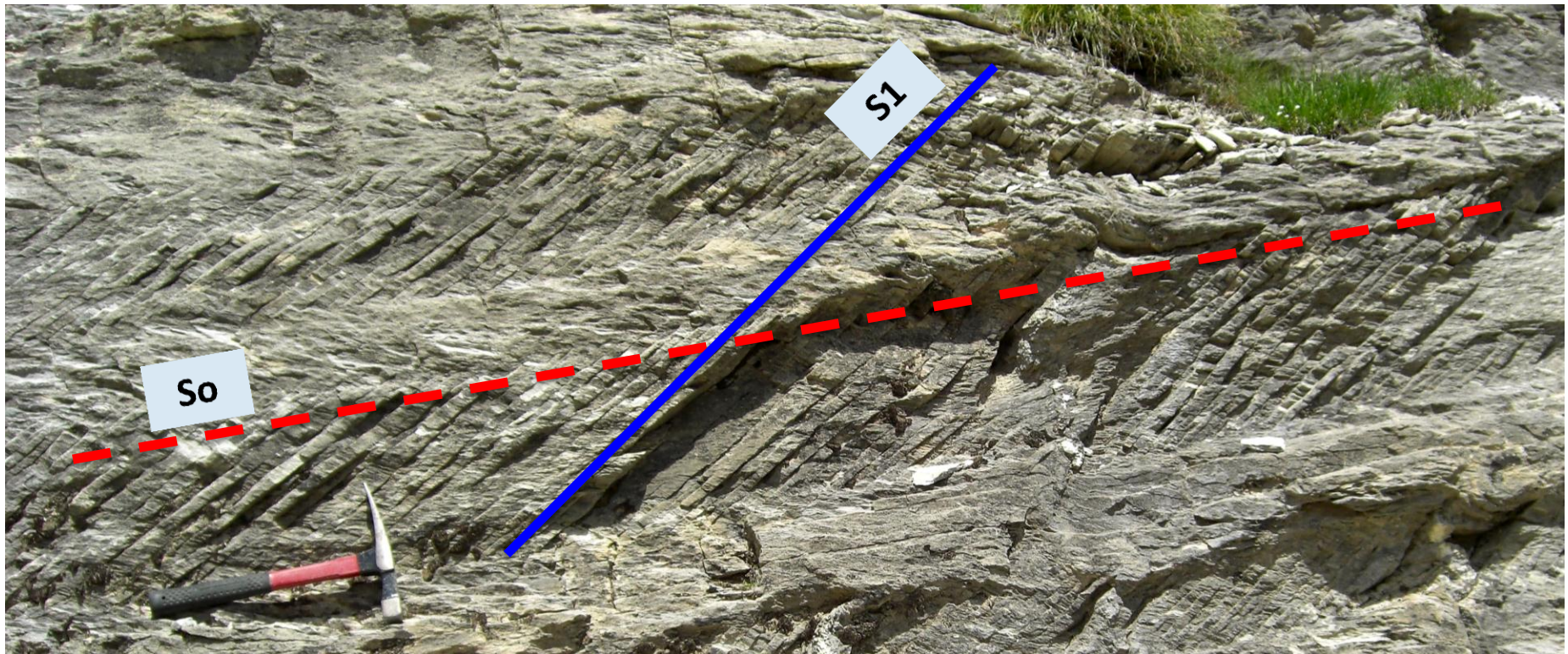
*Foliation dans des Gneiss (Kapusking, Canada)*



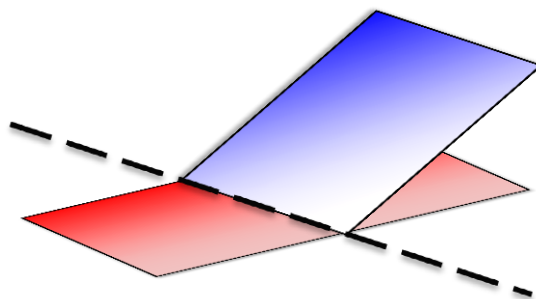


*Calcschistes du Crétacé (St Crépin, France)*





*Calcschistes du Crétacé (St Crépin, France)*



L'intersection de deux plans est une ligne qui appartient aux deux plans

Objet : linéation d'intersection





*Tourmalines étirées (Montagne Noire, France)*



*Rostre de Bélemnite étiré dans le Lias (St Jean de Maurienne, France)*

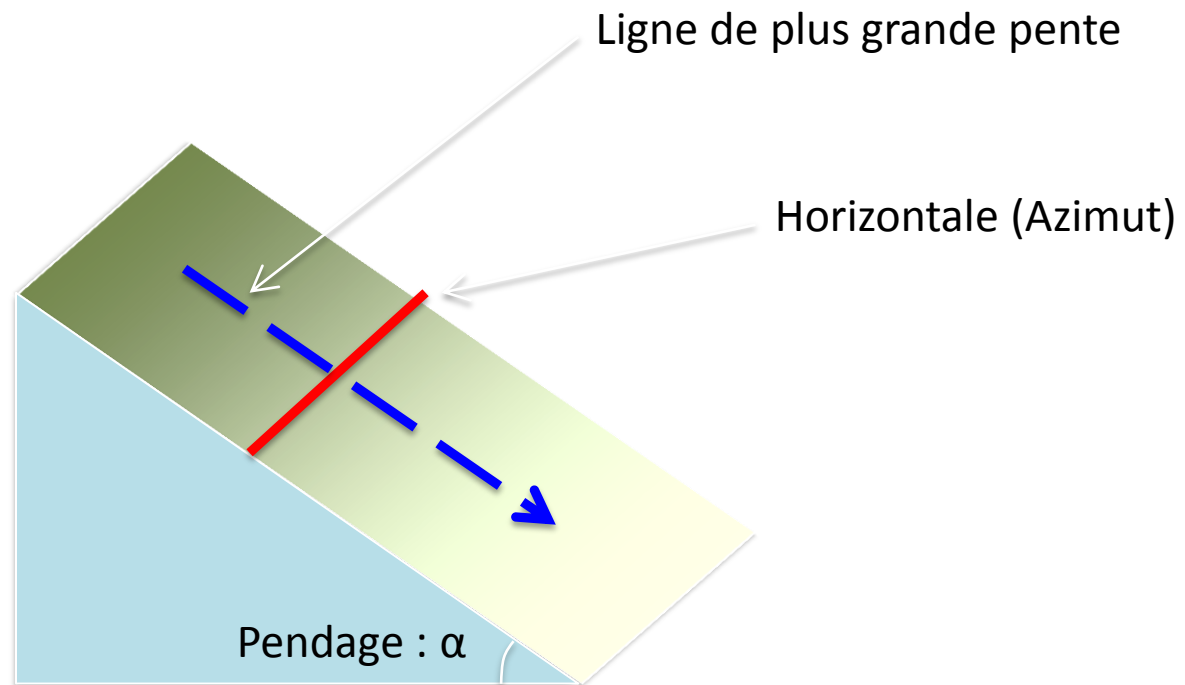
Une linéation d'étirement est marquée par l'allongement d'un objet géologique. Celui-ci s'est mis en place, avec sa forme initiale, avant la phase de déformation.

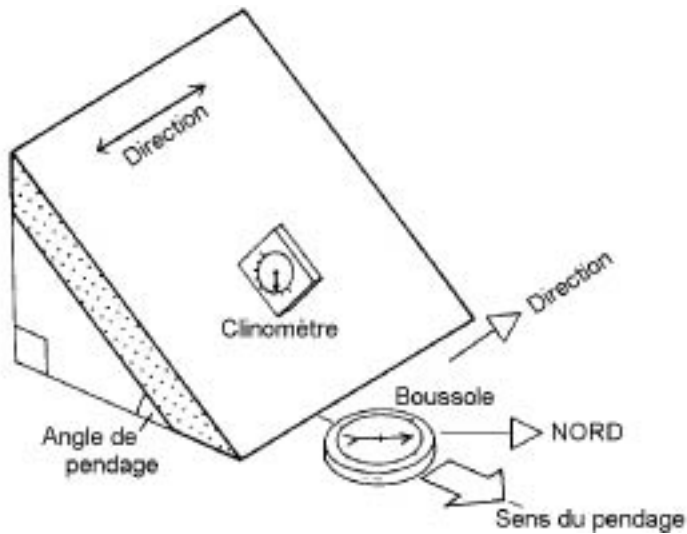
PARTIE 3 :  
Mesures et formats



On peut définir un plan par deux droites. On va les choisir de manière stratégique, car elles doivent :

- définir de la manière la plus simple possible l'orientation du plan porteur
- être facilement mesurables sur le terrain.





Pour caractériser un plan dans l'espace, on a besoin de noter 3 informations :

- La direction de son horizontale (Azimut)
- Le pendage
- La direction de la ligne de plus grande pente (sens du pendage)

Exemple :

N 90 - 20 S

On mesure l'angle à partir du Nord

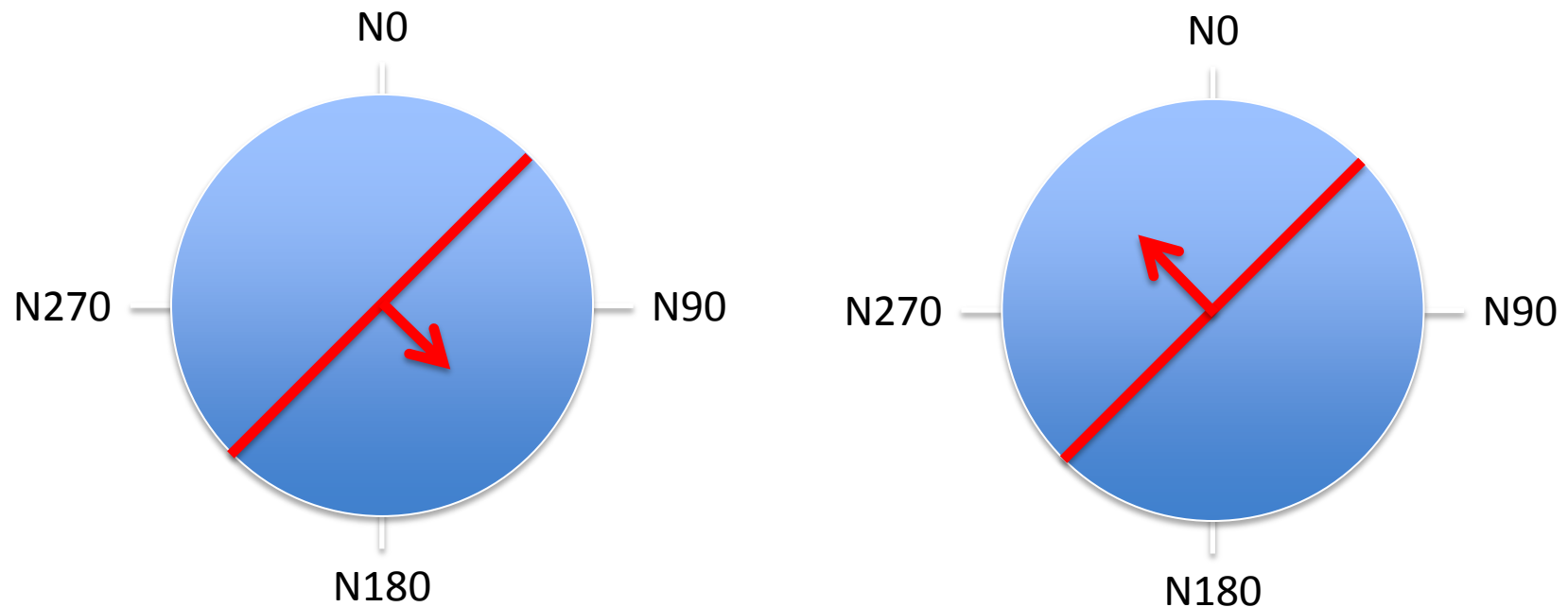
Son horizontale est à un angle de 90°

Son pendage est de 20°

En direction du Sud.

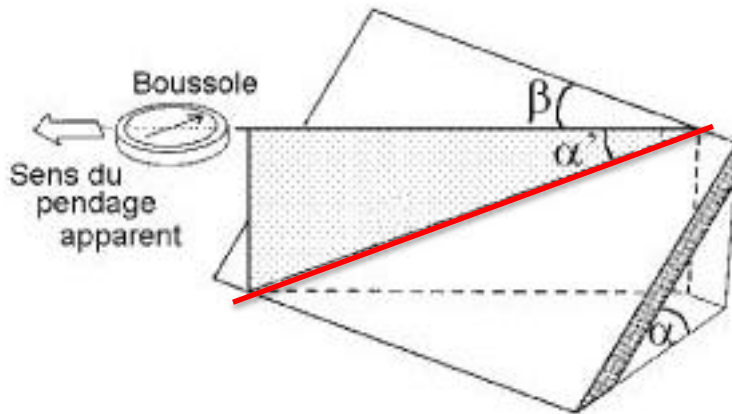
Le sens du pendage est essentiel, car il complète une information rendue « partielle » par la convention de notation de la direction de l'horizontale.

En effet, par convention, on note toujours l'azimut de l'horizontale entre 0 et 180°.



Le pendage représenté par la flèche (sens de direction) est dans ce cas de 30°





### Méthode 1 : « la mesure directe »

- L'orientation de la ligne (entre 0 et 180°)
- Le pendage
- Le sens du pendage

Exemple :

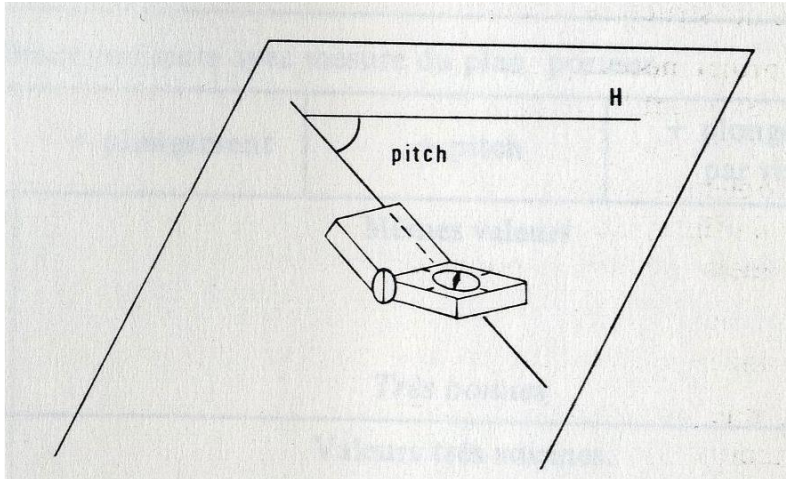
N 100 - 35 E

On mesure l'angle à partir du Nord

La ligne est à un angle de 100°

Son pendage est de 35°

En direction de l'Est.



### Méthode 2 : « la mesure indirecte »

- Orientation du plan porteur de la ligne (comme précédemment)
- Le pitch de la ligne
- La direction à partir de laquelle est mesuré le pitch

Pitch de  $30^\circ$  : angle entre l'horizontale du plan porteur et de la ligne.

Direction depuis laquelle cet angle est mesuré.

Exemple :

N 90 - 20 S / 35 E

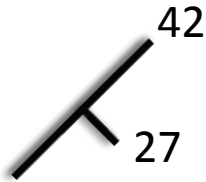
On mesure l'angle à partir du Nord

Son horizontale est à un angle de  $90^\circ$

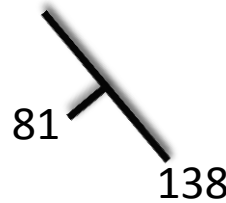
Son pendage est de  $20^\circ$

En direction du Sud.

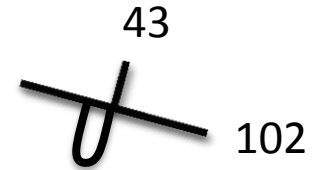
(1) Format de notation d'un plan :



Plan orienté N42-27SE



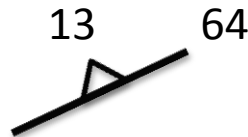
Plan orienté N138-81SW



Plan (série inverse)  
orienté N102-43N



Plan vertical orienté  
N170-90



Plan de schistosité  
orienté N64-13NW

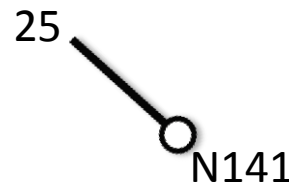
Comment noteriez  
vous l'orientation d'un  
plan horizontal ?



(2) Format de notation d'une ligne :



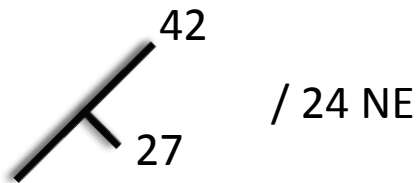
Ligne orientée N42-27NE



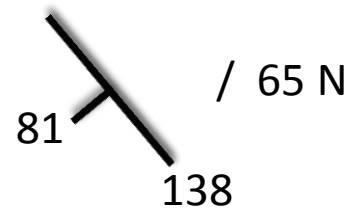
Ligne orientée N141-25NW



Ligne orientée N127-89SE



Plan N42-27SE porteur  
d'une ligne avec un  
pitch 24° du NE



Plan N138-81W  
porteur d'une ligne  
avec un pitch de 65° N

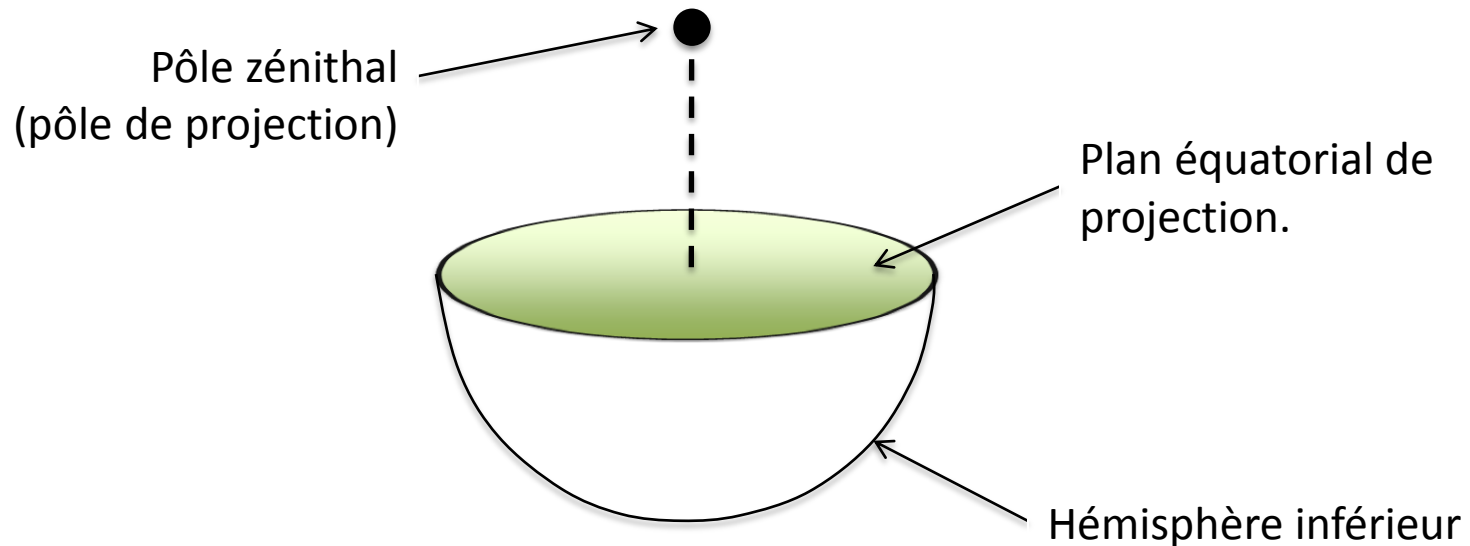
Par convention, on n'ajoute pas de flèche au symbole de la ligne pour éviter toute confusion avec les vecteurs.

PARTIE 4 :

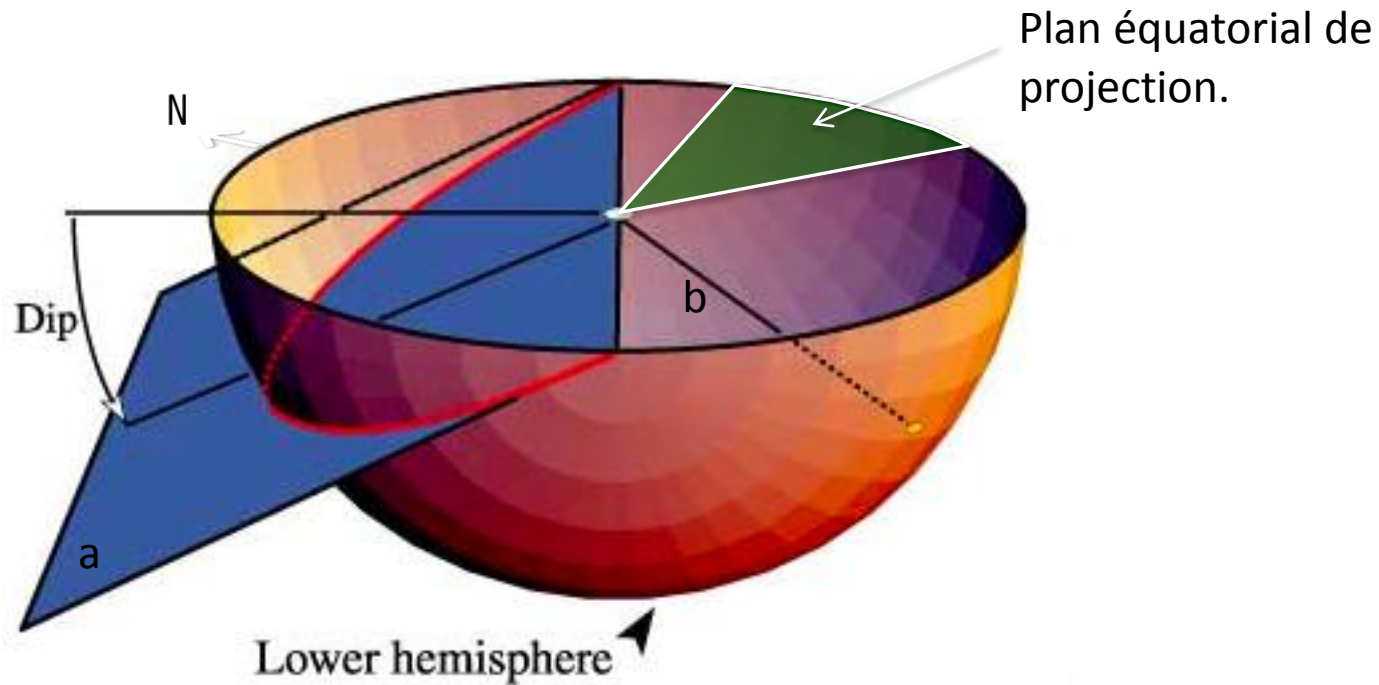
# Projections stéréographiques

- Une projection est « un système de correspondance entre les points de la surface à représenter et les points du plan de projection, tel que chacun de ceux-ci représentent un point et un seul de la surface projeté » (Reignier, 1957).
- Une projection est donc une construction géométrique qui consiste à **reporter des objets 3D sur des plans 2D**. Elle altère toujours un aspect de la surface initiale (Viallon et al. 1976).
- On distingue **(a) les projections conformes** : conservation des angles et **(b) les projections équivalentes** : conservation du rapport entre deux éléments de surface.
- La **projection stéréographique de Wulf est conforme** alors que la projection de Lambert (Schmidt) est équivalente.
- Ces modes de représentation permettent d'analyser les rapports d'orientation des structures dans l'espace en admettant que toute direction passe par le centre de la sphère. Cette représentation est donc **indépendante de la position géographique des objets**.

Une projection stéréographique (projection conforme) correspond à la projection polaire d'un hémisphère (inférieur ou supérieur) sur un plan équatorial



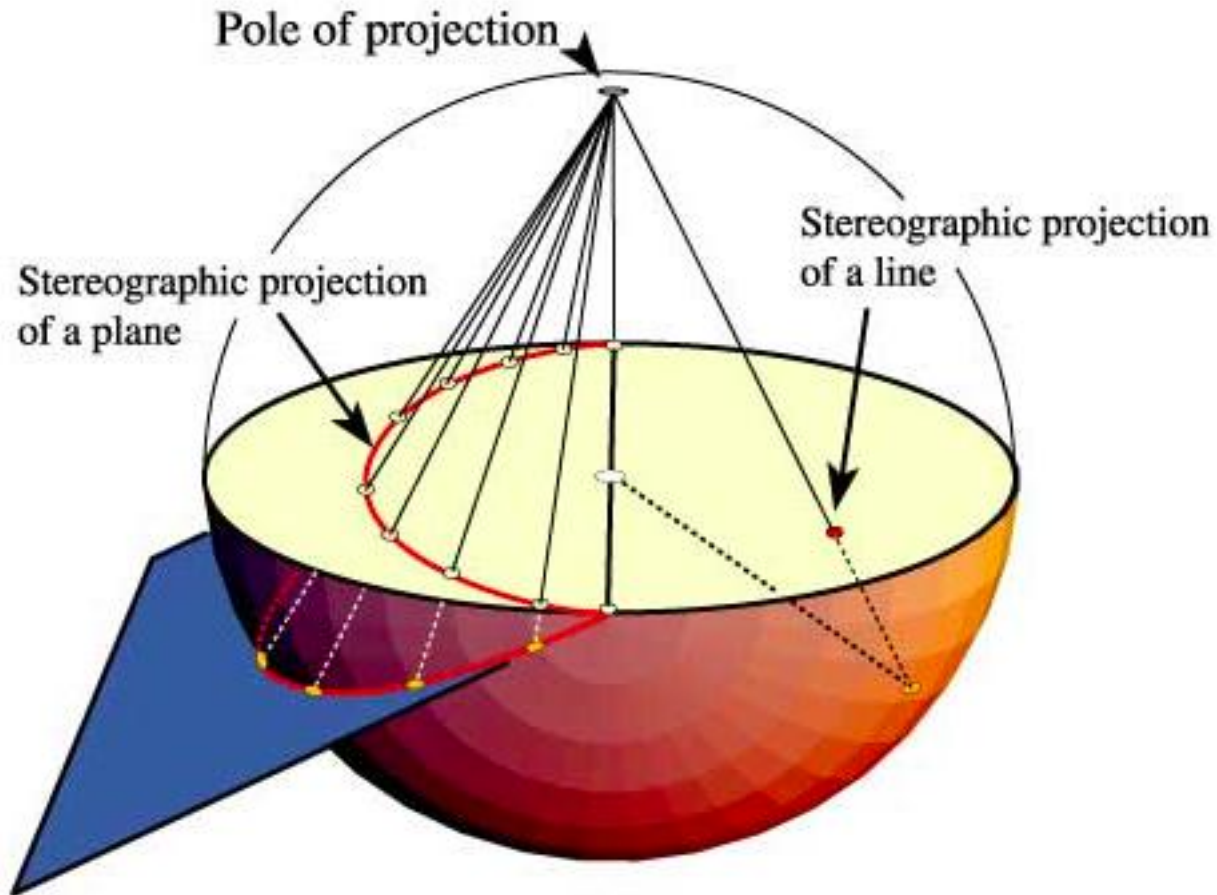
On peut décomposer cette opération en deux étapes ...



On place le plan (a) et/ou la ligne (b) dans la sphère. Ceux-ci passent par le centre de la sphère (point situé à l'intersection des rayons sur le plan équatorial)

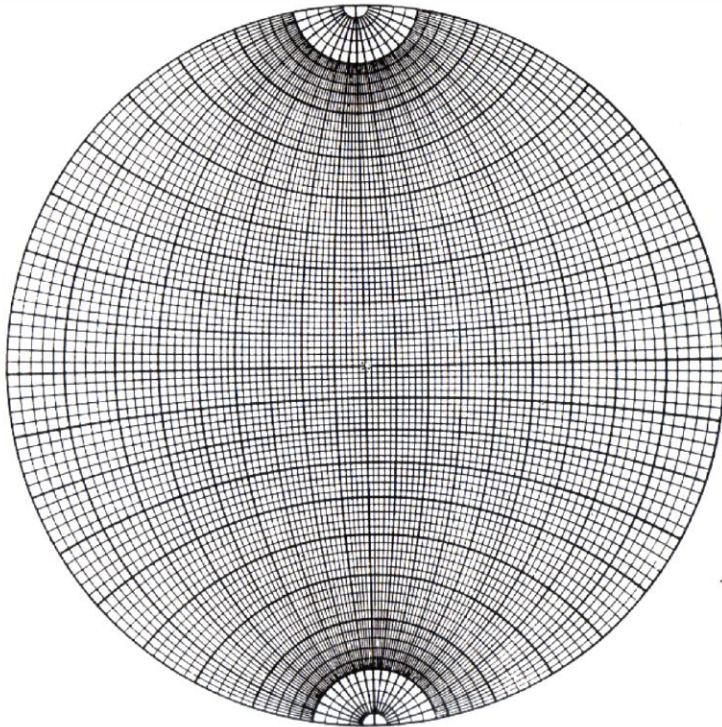
Rappel : la projection est indépendante de la position géographique des objets.



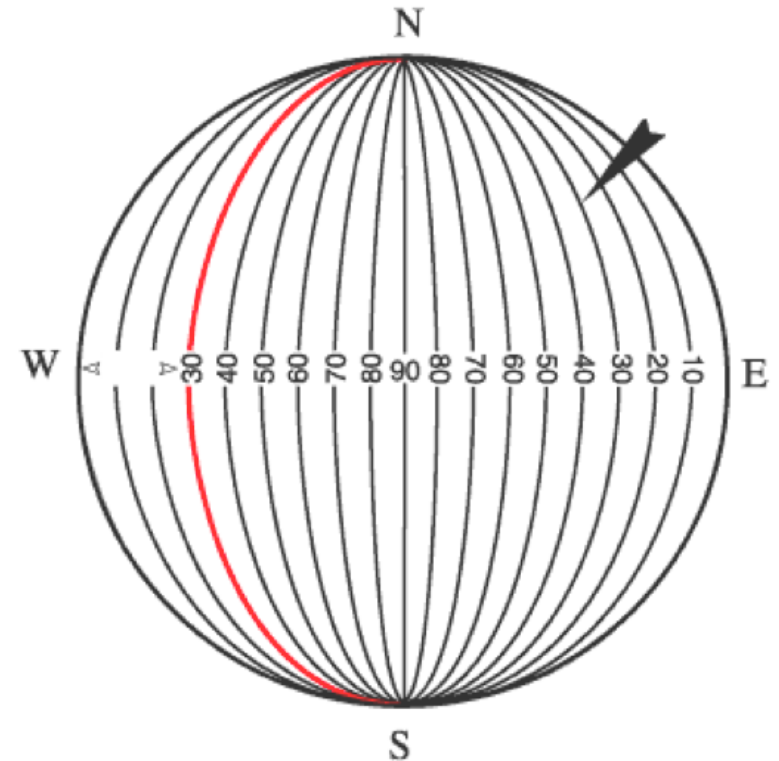
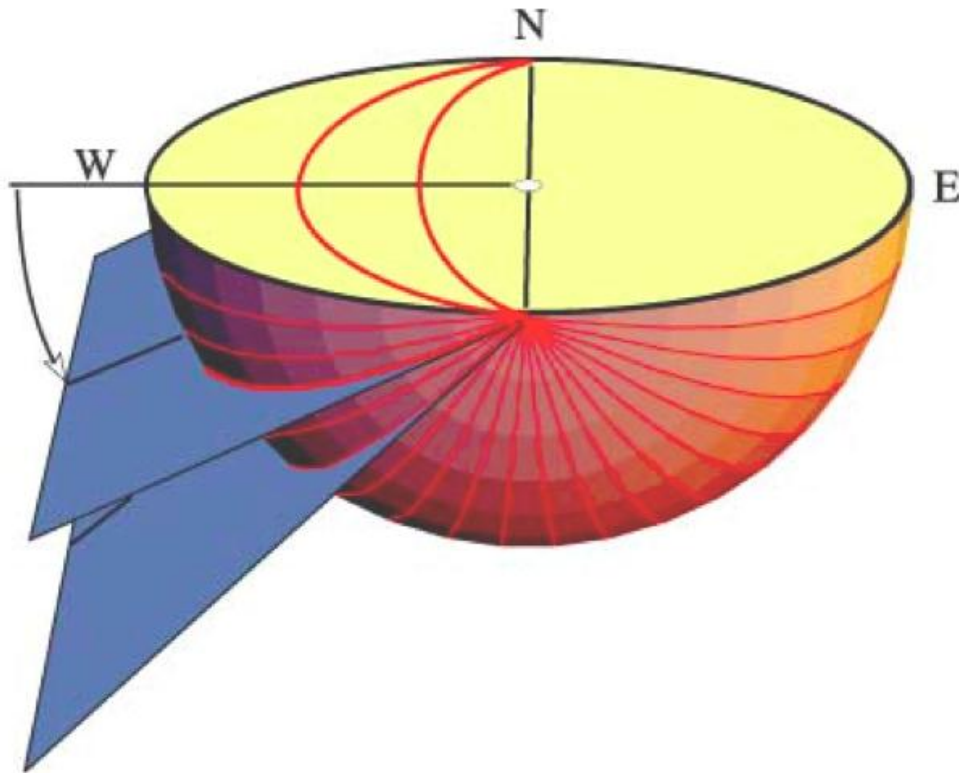


Projection de l'intersection du plan et de la sphère sur le plan équatorial : on obtient une **trace cyclographique**.

- Les projections stéréographiques sont réalisées en pratique à l'aide d'un **canevas de Wulf**.
- Celui-ci permet de représenter facilement sur une même figure appelée **stéréogramme** les traces de nombreux plans et lignes.



NB : Le canevas de Wulf permet de réaliser une projection stéréographique qui conduit à la **conservation des angles** (projection conforme).



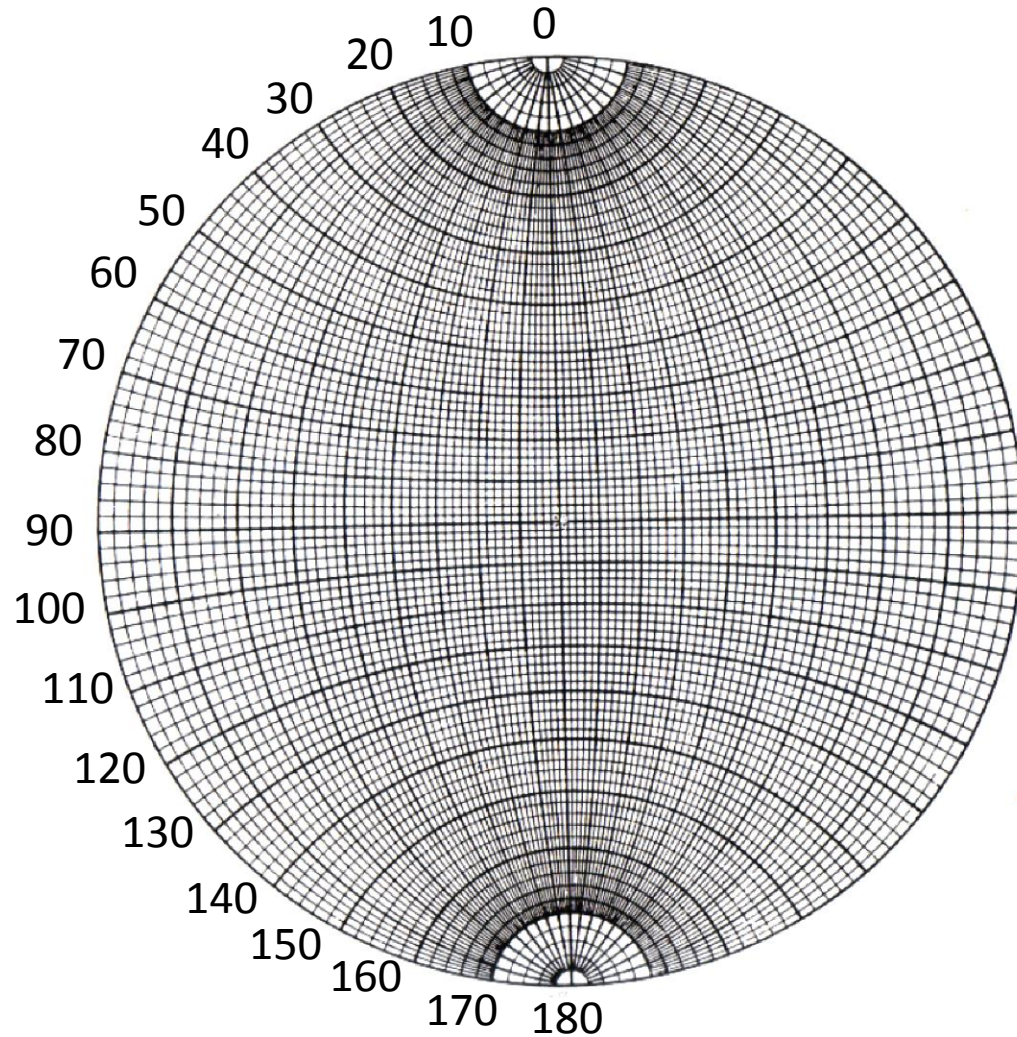
Les grands cercles représentent la projection de plan inclinés avec des pentages entre 0 et 90° dans les deux directions Est et Ouest.

- On va s'en servir pour représenter **la trace cyclographique** des plans.
- Plus le pendage est fort, plus la trace est proche du centre du canevas.

PARTIE 5 :

Utilisation du canevas de Wulf



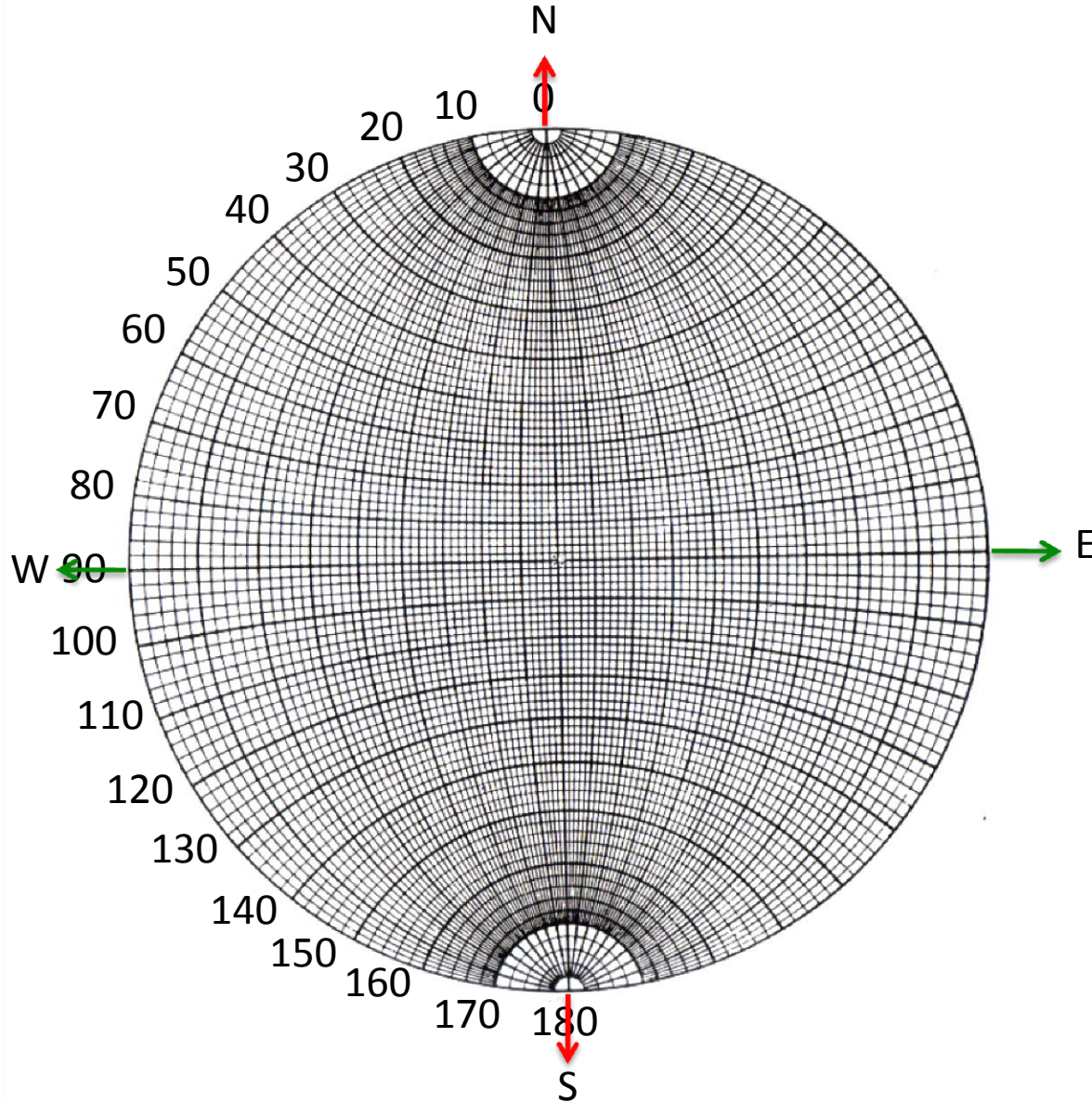


**Graduations à gauche**

**Punaise au centre**

*Préparation du canevas*





**Directions principales**

*Préparation du calque*



### 1) Projection stéréographique d'un plan

*On va regarder comment créer la trace cyclographique de notre plan sur le canevas en fonction de son orientation.*

### 2) Projection stéréographique d'une ligne

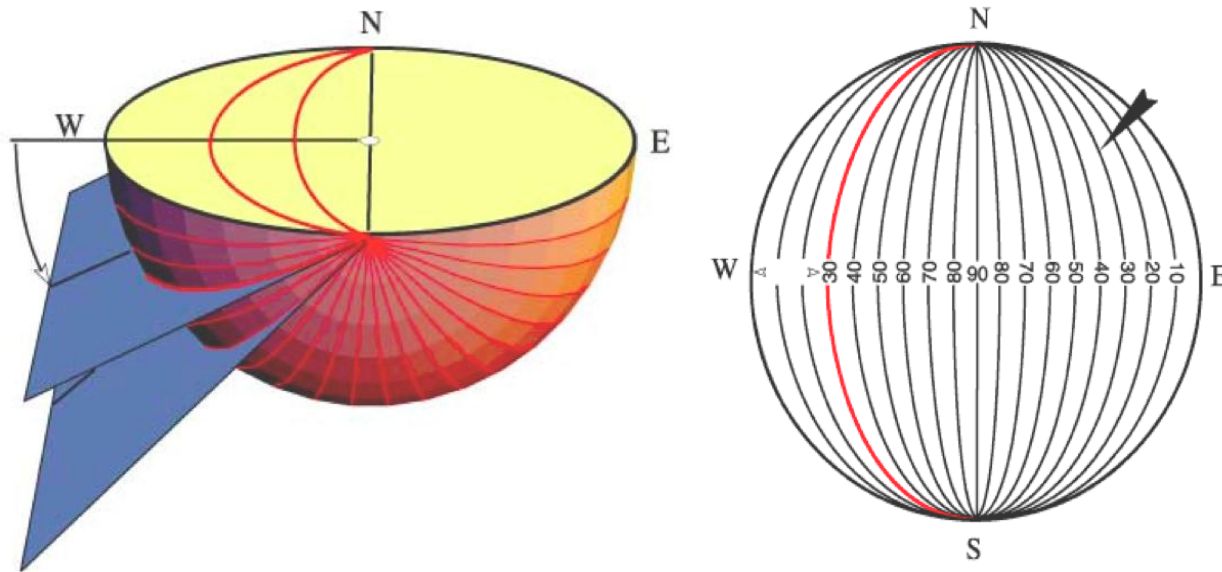
*Méthode (1) à partir d'une mesure directe de la ligne. Exemple de la normale d'un plan.*

### 3) Projection stéréographique d'une ligne

*Méthode (2) à partir d'une mesure d'un pitch et de sa direction dans le plan porteur de la ligne.*

On a vu précédemment que les **grands cercles** représentaient des plans **d'orientation N-S** avec une **inclinaison de 0° à 90°**.

On va s'en servir pour représenter la **trace cyclographique** de notre plan.



Si l'on place l'axe N-S de notre calque sur la valeur de l'orientation de l'horizontale, on va alors pouvoir tracer notre plan, à notre pendage connu, en utilisant les grands cercles.

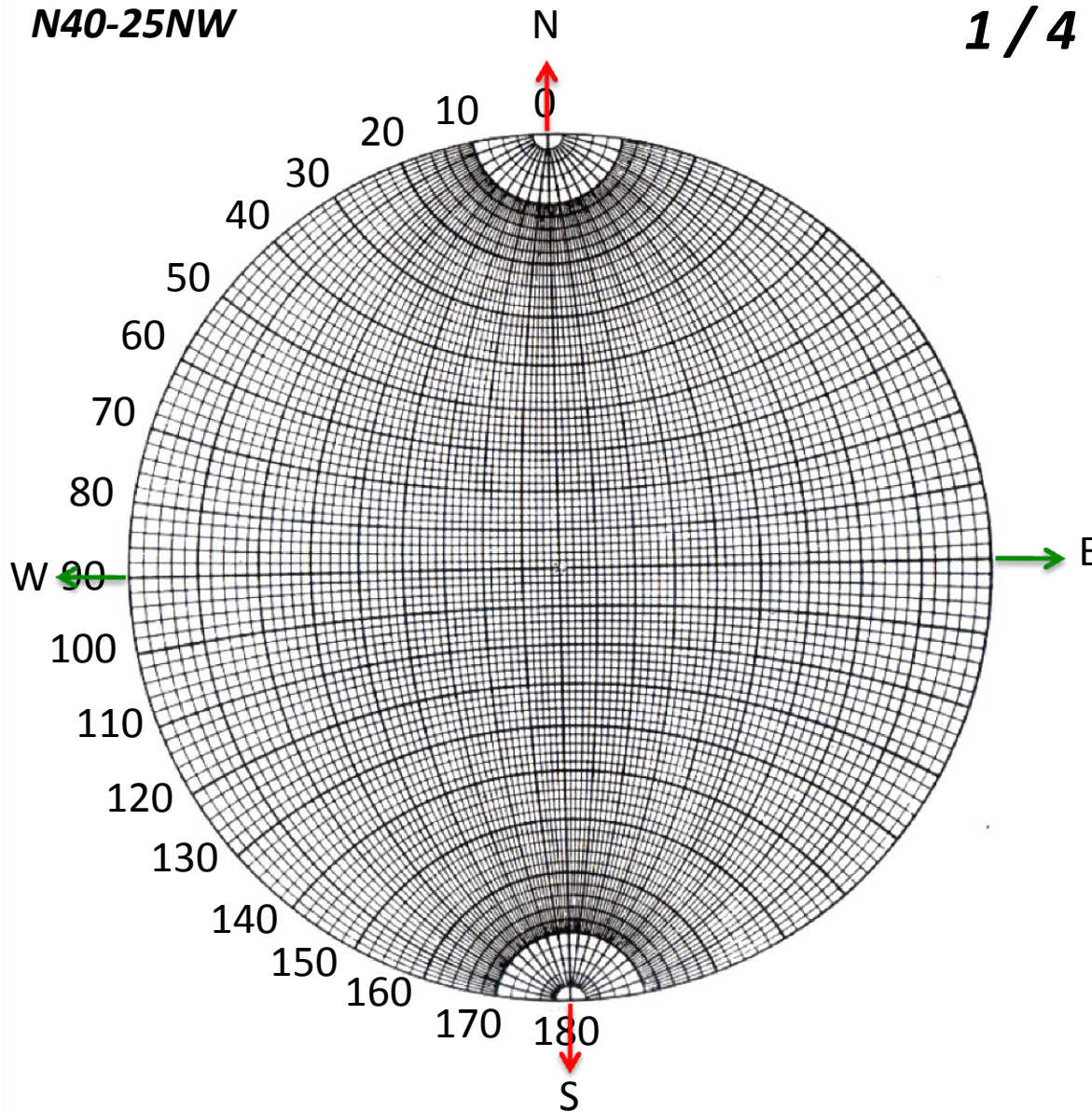


**N40-25NW**

**1 / 4**

**Etape 1 :**

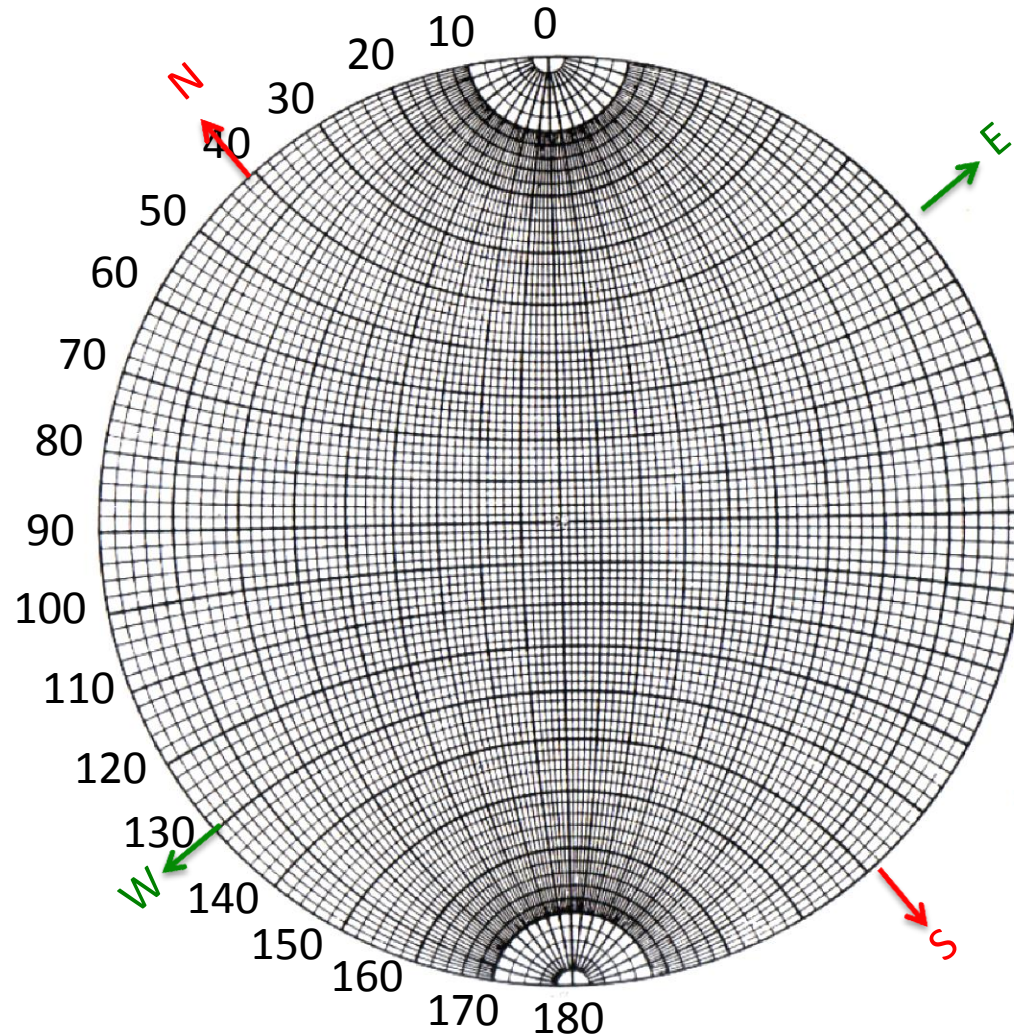
*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*





**N40-25NW**

**2 / 4**

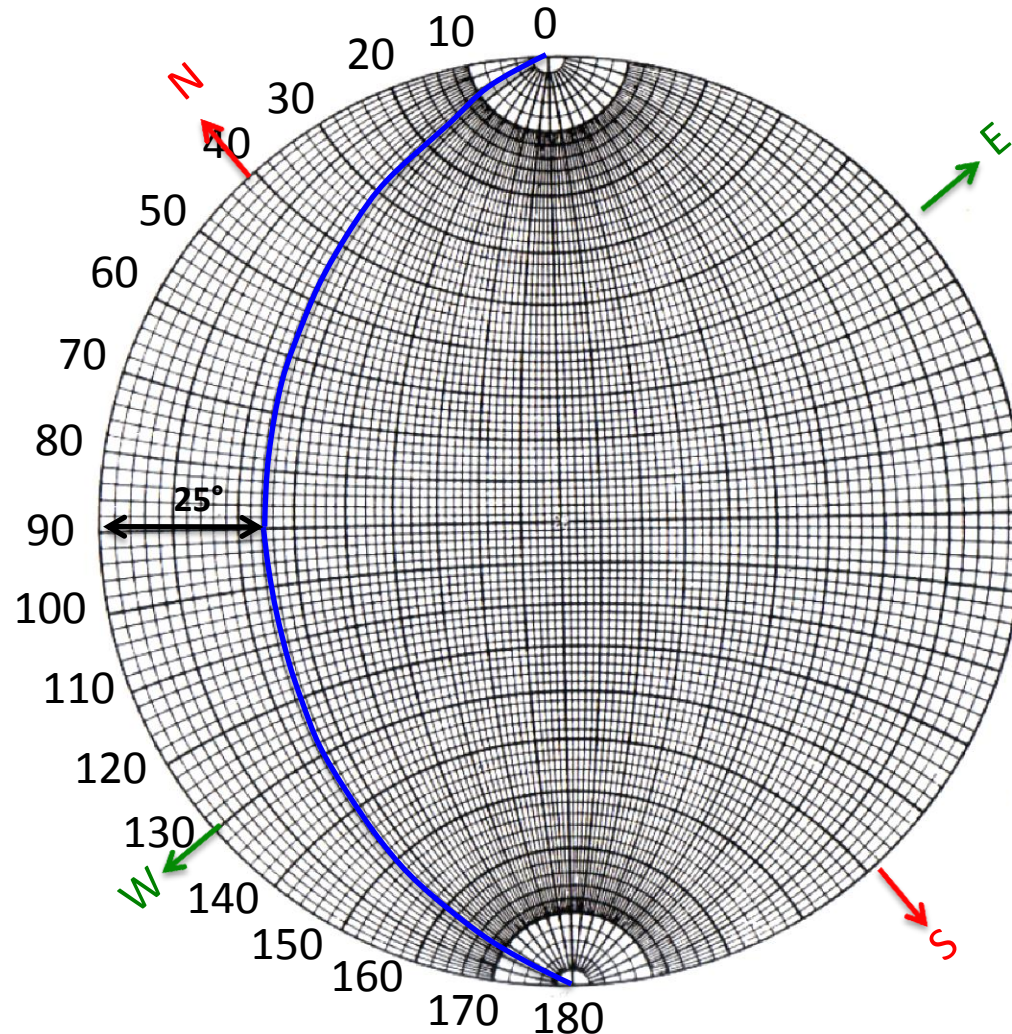


**Etape 1 :**

*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*

**Etape 2 :**

*Tourner le calque pour mettre le N en position N40.*

**N40-25NW****3 / 4****Etape 1 :**

*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*

**Etape 2 :**

*Tourner le calque pour mettre le N en position N40.*

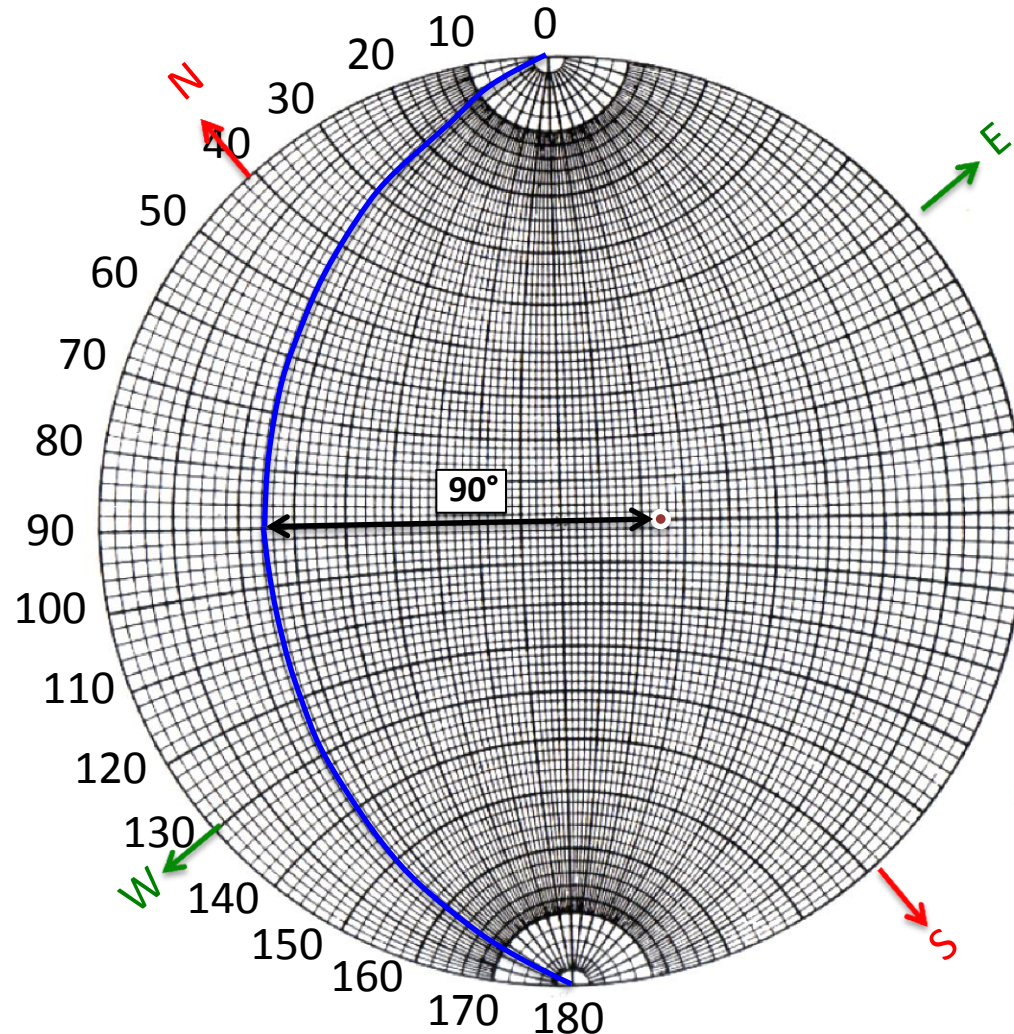
**Etape 3 :**

*Dessiner la trace du plan en fonction du pendage et de la direction*



N40-25NW

4 / 4

**Etape 1 :**

*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*

**Etape 2 :**

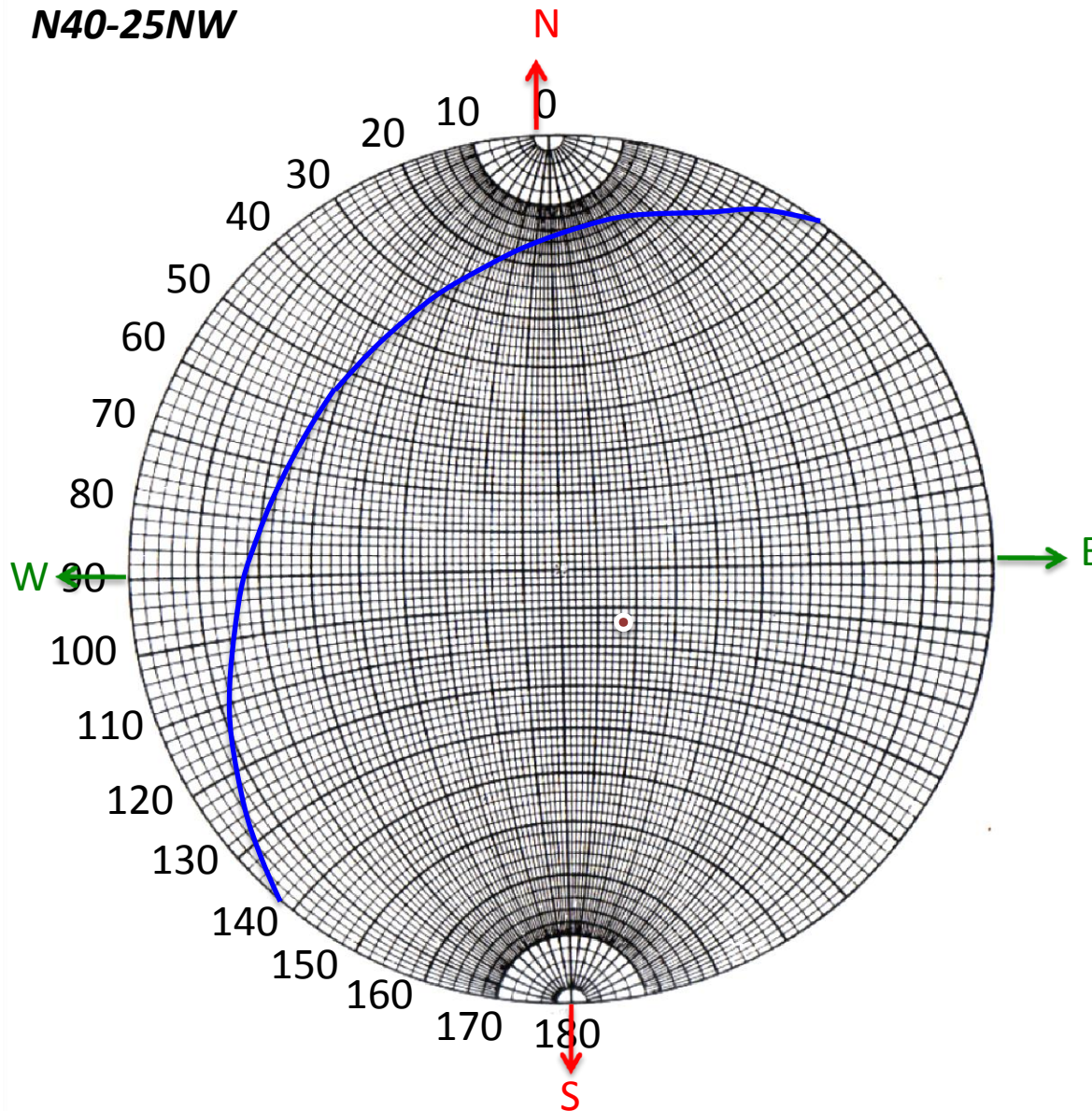
*Tourner le calque pour mettre le N en position N40.*

**Etape 3 :**

*Dessiner la trace du plan en fonction du pendage et de la direction*

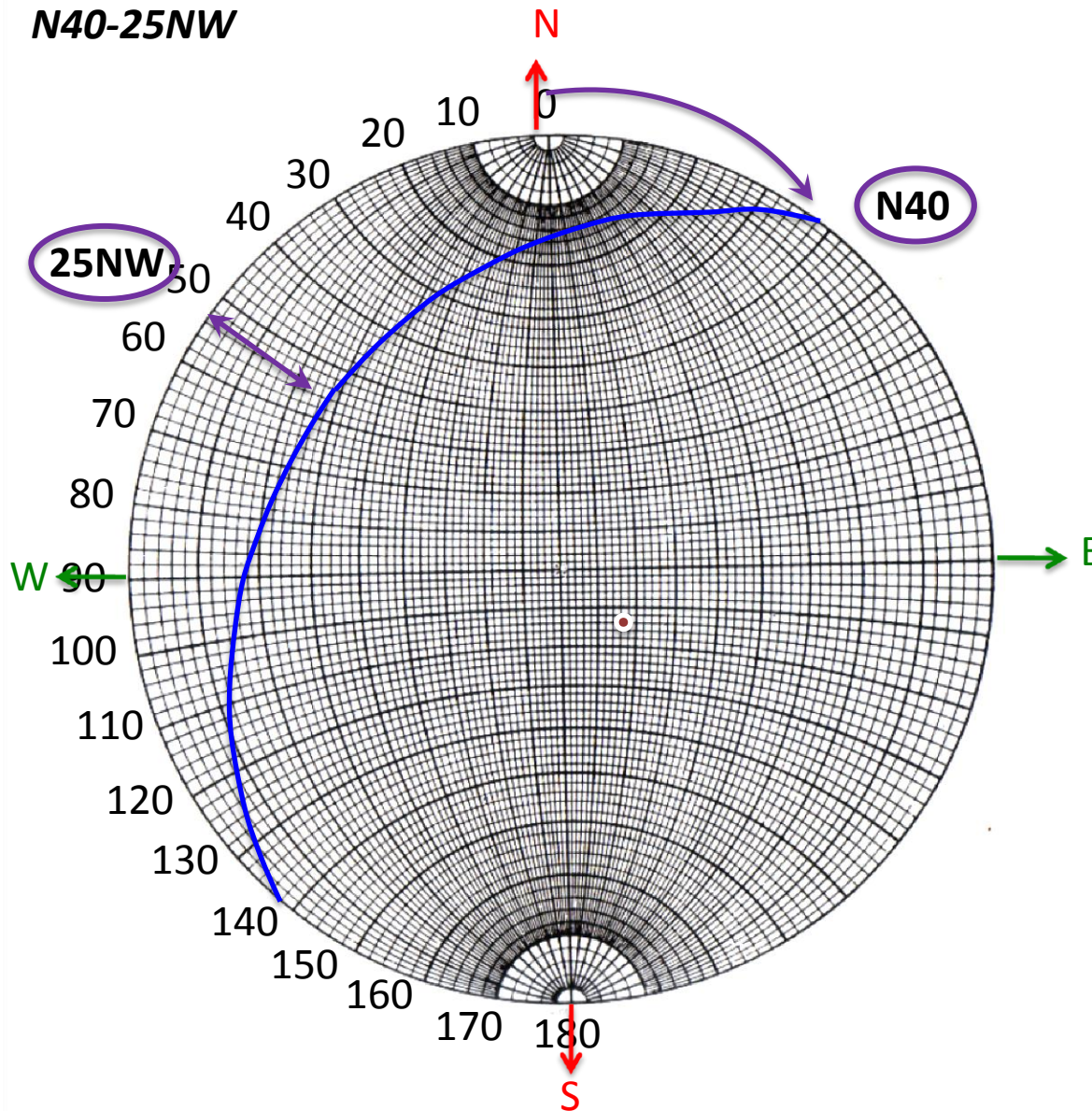
**Etape 4 :**

*Tracer la projection de la normale du plan.*

**Vérification :**

*On remet le calque en position N-S, et l'on vérifie que l'on a bien un plan d'orientation N40 avec un pendage de 25° vers le NW.*

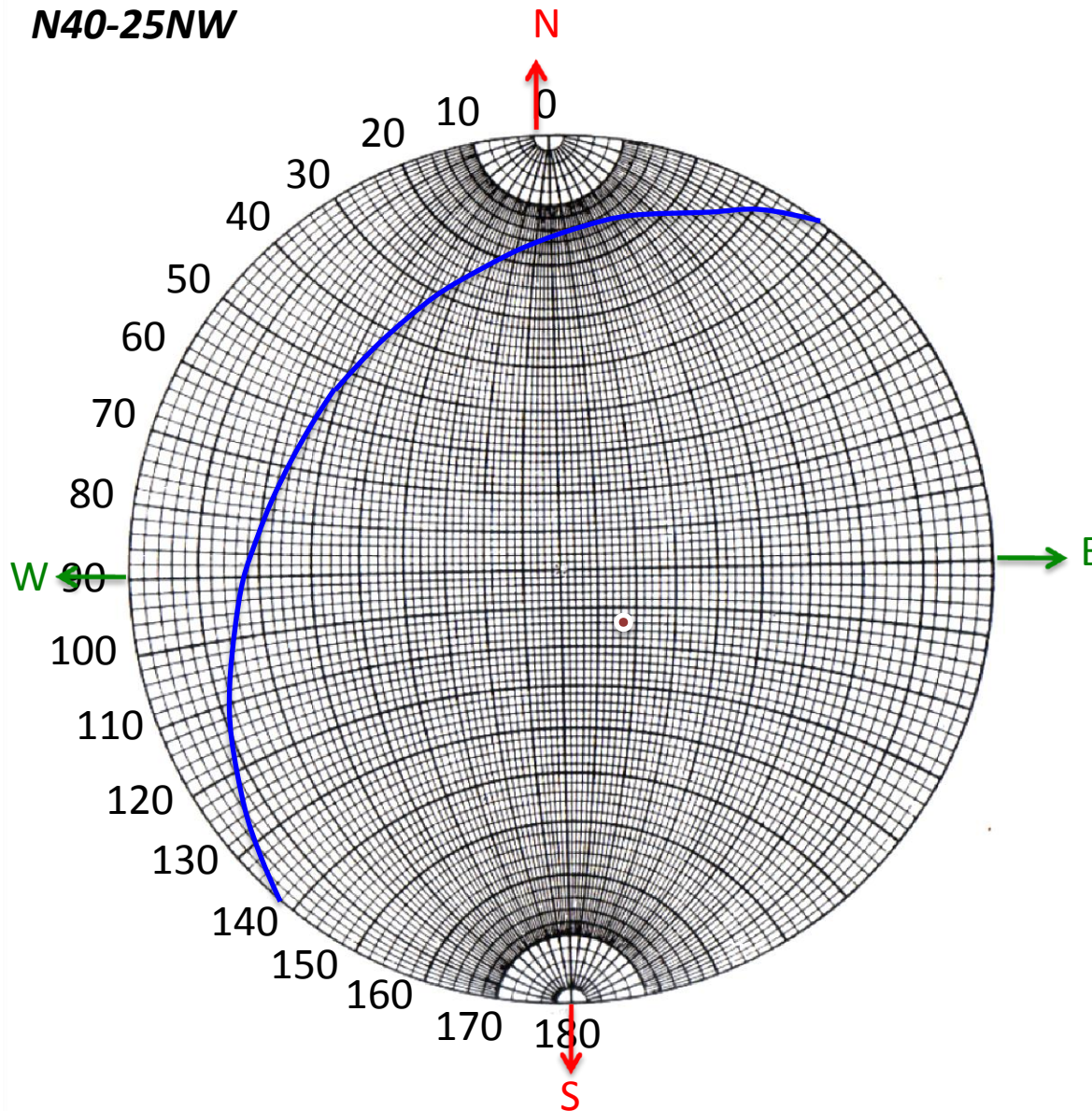


**Vérification :**

*On remet le calque en position N-S, et l'on vérifie que l'on a bien un plan d'orientation N40 avec un pendage de 25° vers le NW.*

***! Attention aux conventions!***

*En position de base, l'orientation du plan se lit à gauche!*

**Vérification :**

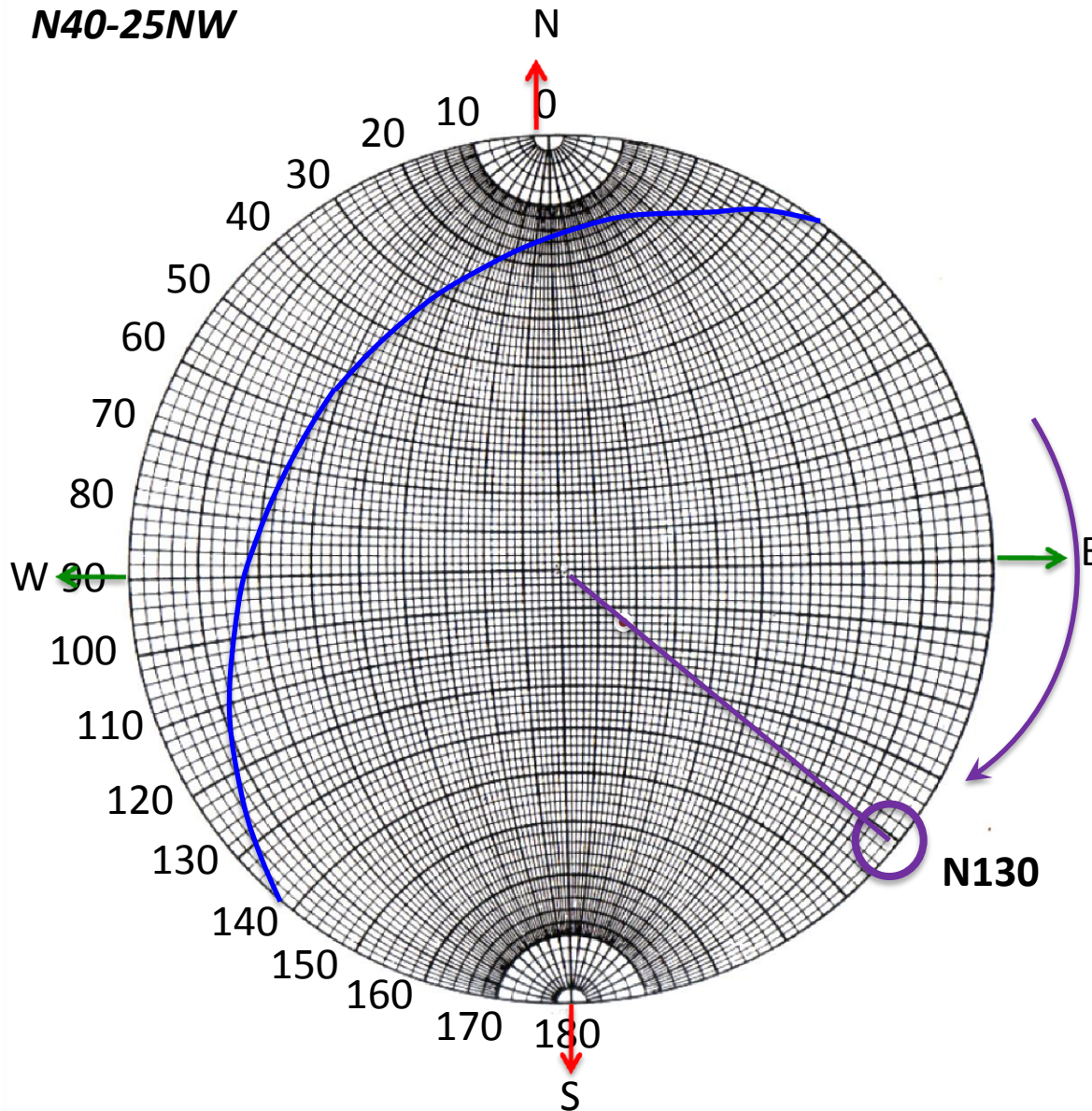
*On remet le calque en position N-S, et l'on vérifie que l'on a bien un plan d'orientation N40 avec un pendage de 25° vers le NW.*

***! Attention aux conventions!***

*En position de base, l'orientation du plan se lit à gauche!*

***Quelle est l'orientation de la normale de ce plan ?***



**Vérification :**

*On remet le calque en position N-S, et l'on vérifie que l'on a bien un plan d'orientation N40 avec un pendage de 25° vers le NW.*

***! Attention aux conventions!***

*En position de base, l'orientation du plan se lit à gauche!*

***Quelle est l'orientation de la normale de ce plan ?***

**EXERCICES**

*Tracez les plans suivants:*

*N40-70SE*

*N160-30NE*

*N62-22NW*

### 1) Projection stéréographique d'un plan

*On va regarder comment créer la trace cyclographique de notre plan sur le canevas en fonction de son orientation.*



### 2) Projection stéréographique d'une ligne

*Méthode (1) à partir d'une mesure directe de la ligne. Exemple de la normale d'un plan.*

### 3) Projection stéréographique d'une ligne

*Méthode (2) à partir d'une mesure d'un pitch et de sa direction dans le plan porteur de la ligne.*

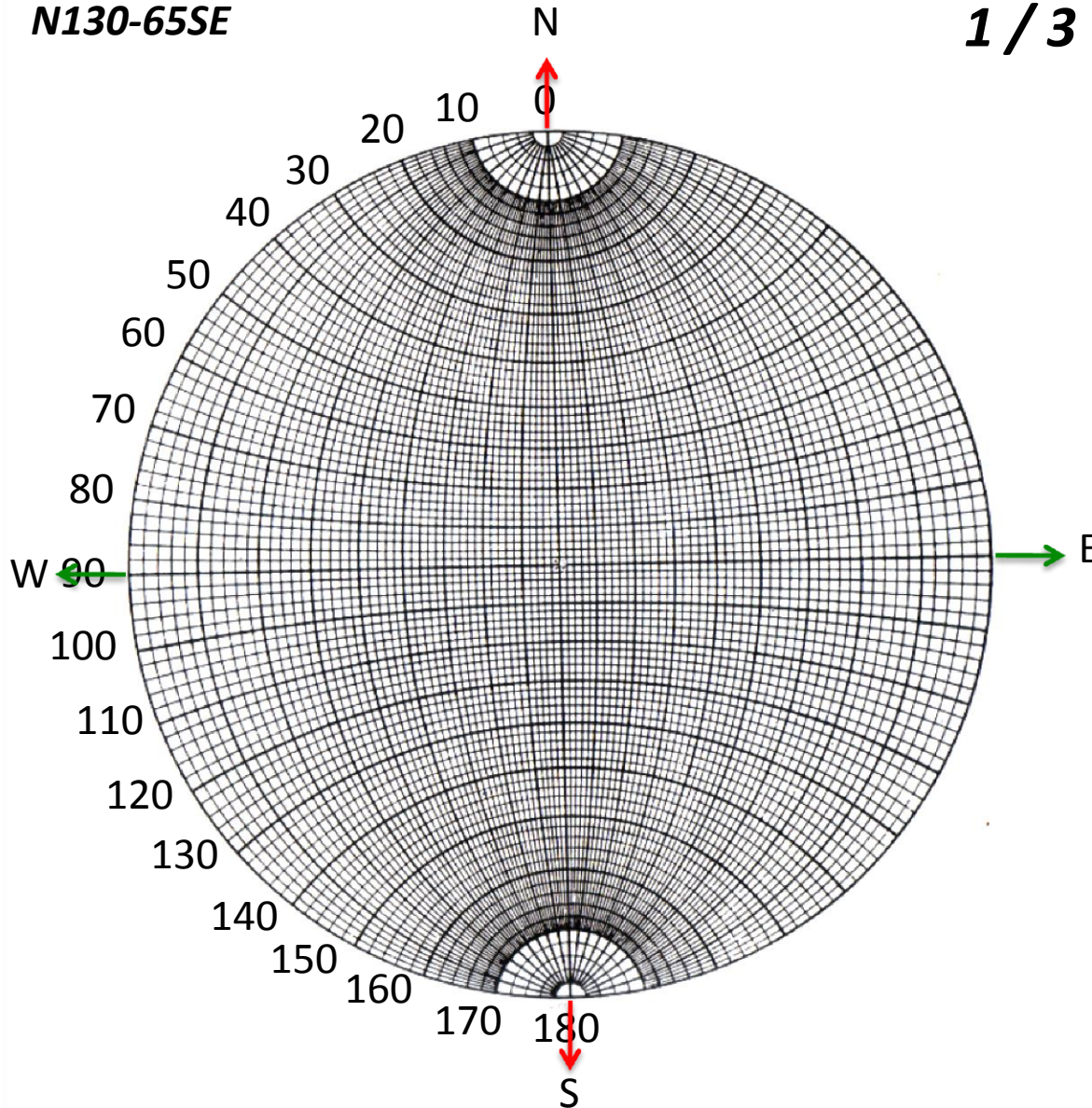


**N130-65SE**

**1 / 3**

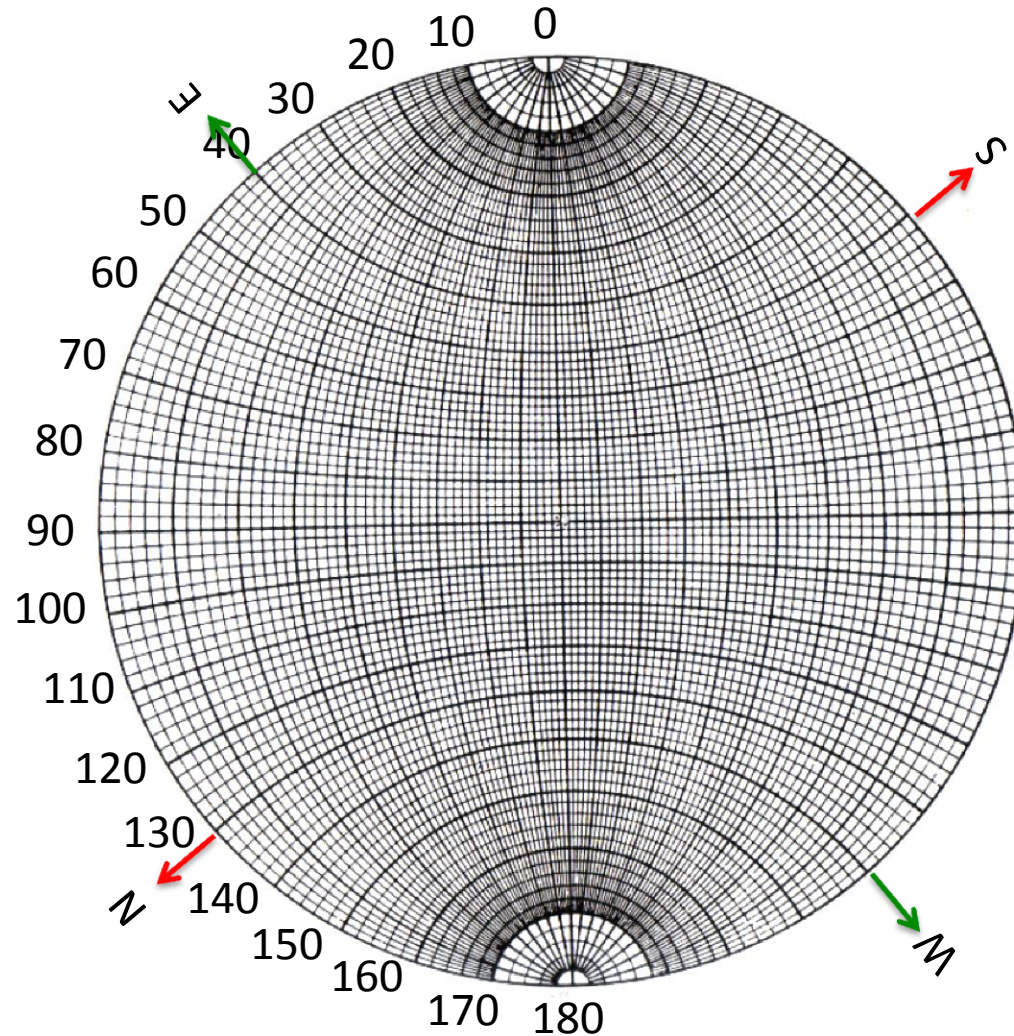
**Etape 1 :**

*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*



**N130-65SE**

**2 / 3**



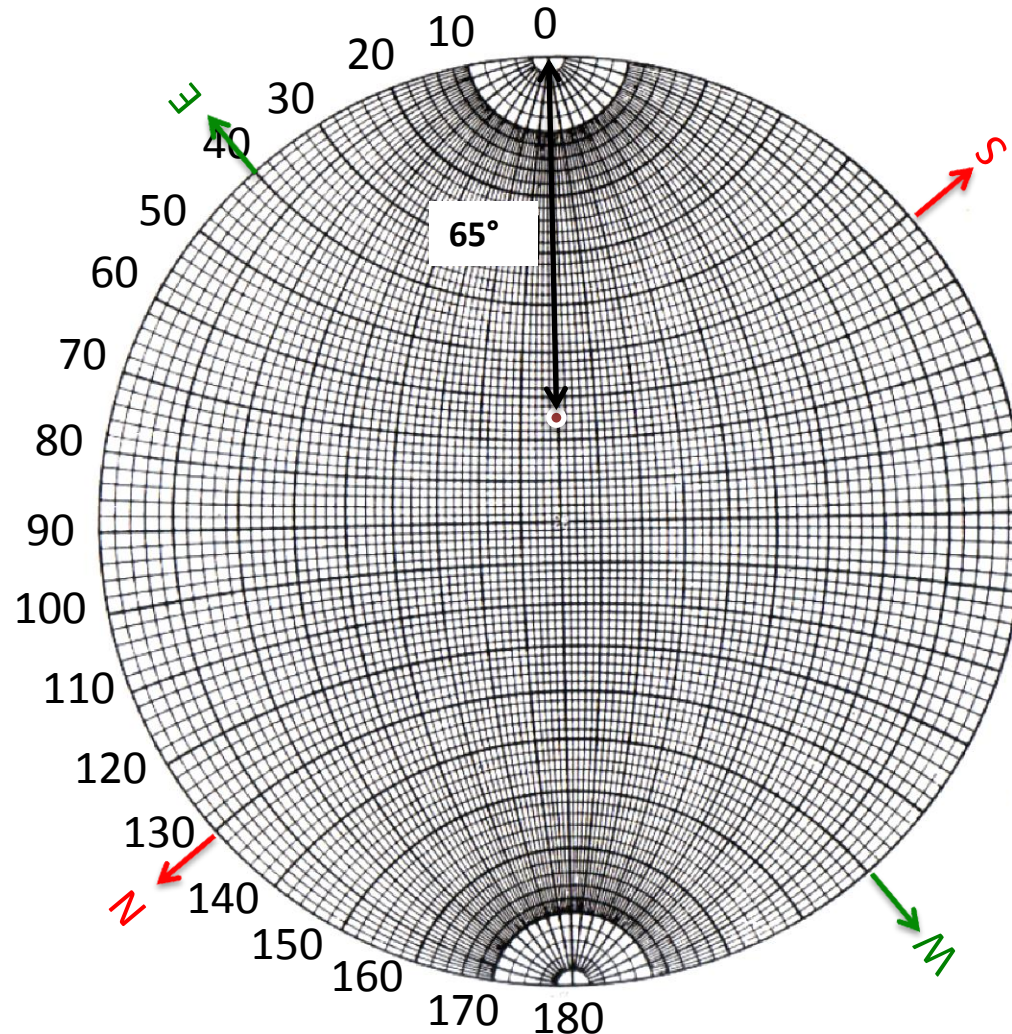
**Etape 1 :**

*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*

**Etape 2 :**

*Tourner le calque pour mettre le N en position N130.*



**N130-65SE****3 / 3****Etape 1 :**

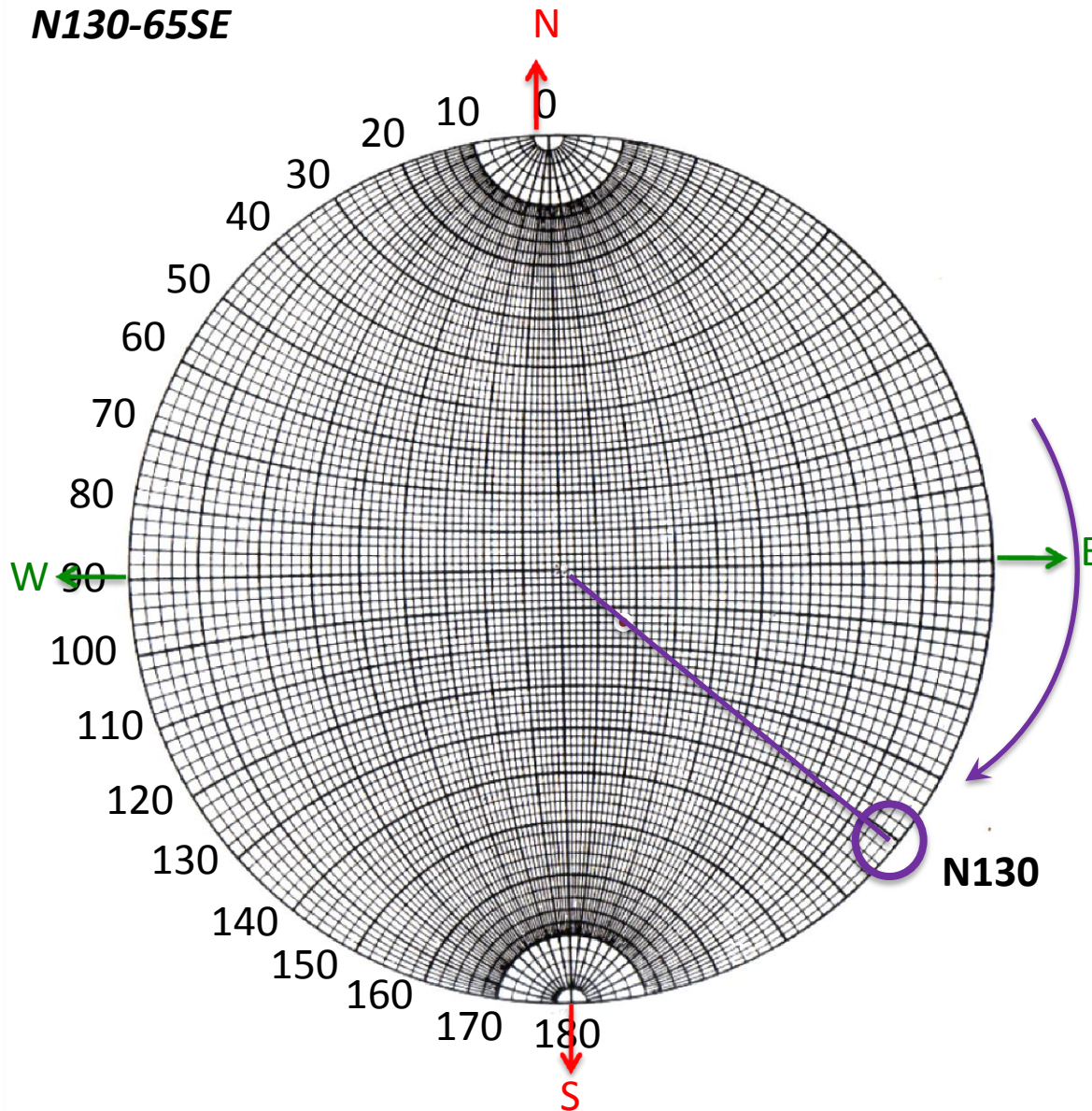
*Placer le calque sur le canevas en position N-S.*

**Etape 2 :**

*Tourner le calque pour mettre le N en position N130.*

**Etape 3 :**

*Dessiner la trace de la ligne en fonction du pendage et de la direction*

**Vérification :**

*On remet le calque en position N-S, et l'on vérifie que l'on a bien une ligne à N130 avec un pendage à 65SE*

**!!! Attention !!!  
aux conventions**



**EXERCICES**

*Tracez les lignes suivantes:*

*N30-60NE*

*N145-32NW*

**QUESTION :**

*Représenter la trace cyclographique d'un plan orienté N50-40SE et celle d'une ligne orientée N140,40SE.*

*Relation entre ce plan et cette ligne ?*

### 1) Projection stéréographique d'un plan

*On va regarder comment créer la trace cyclographique de notre plan sur le canevas en fonction de son orientation.*

### 2) Projection stéréographique d'une ligne

*Méthode (1) à partir d'une mesure directe de la ligne. Exemple de la normale d'un plan.*

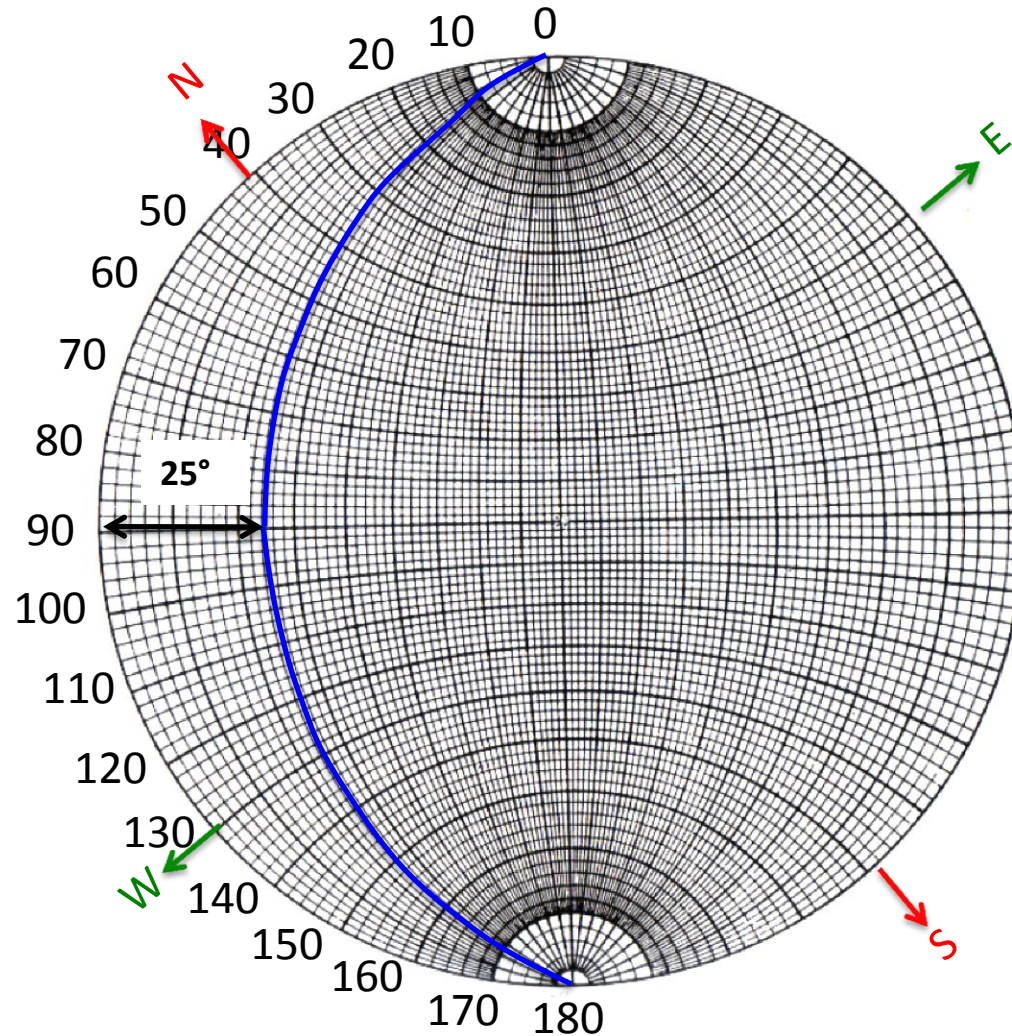
### 3) Projection stéréographique d'une ligne

*Méthode (2) à partir d'une mesure d'un pitch et de la direction dans le plan porteur de la ligne.*



N40-25NW / 25SW

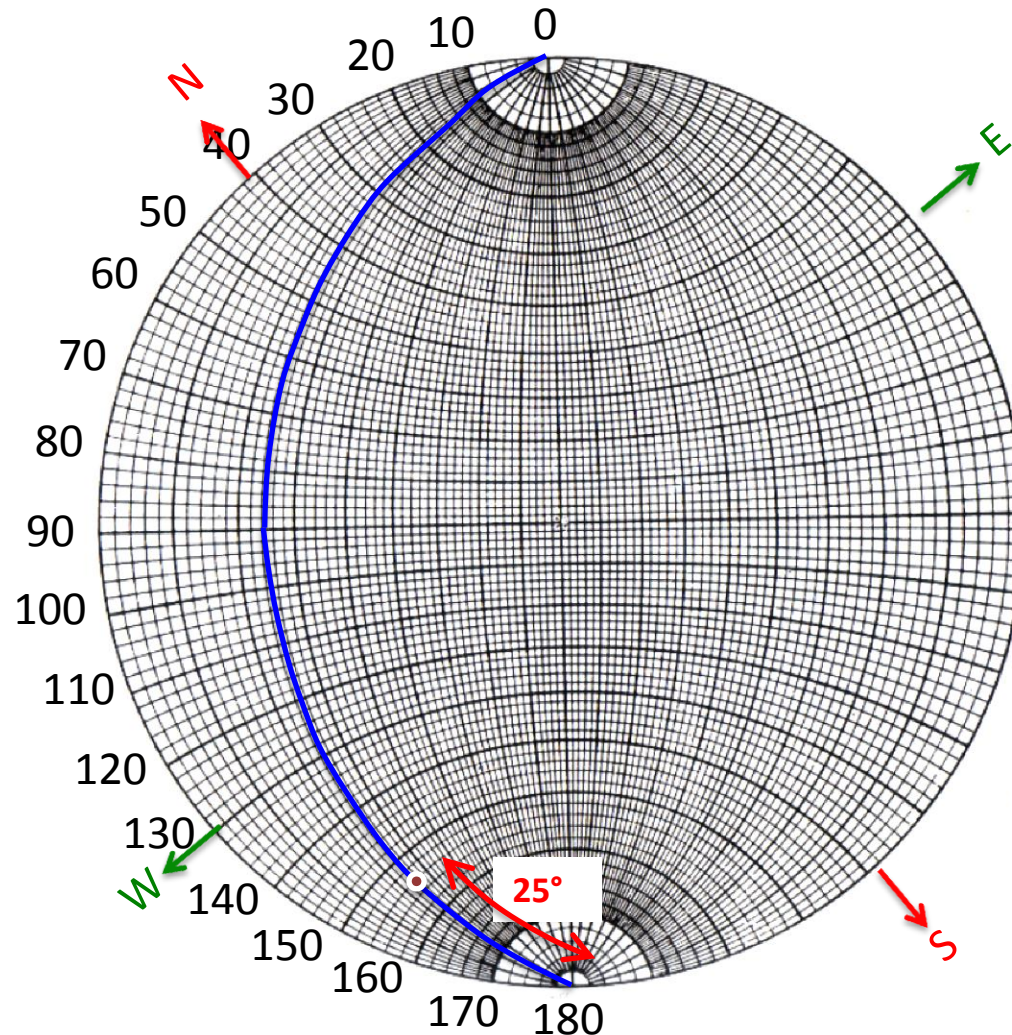
1 / 3

**Etape 1 :**

*Dessiner la trace du plan en fonction du pendage et de la direction de plongement*

N40-25NW / 25SW

2 / 3

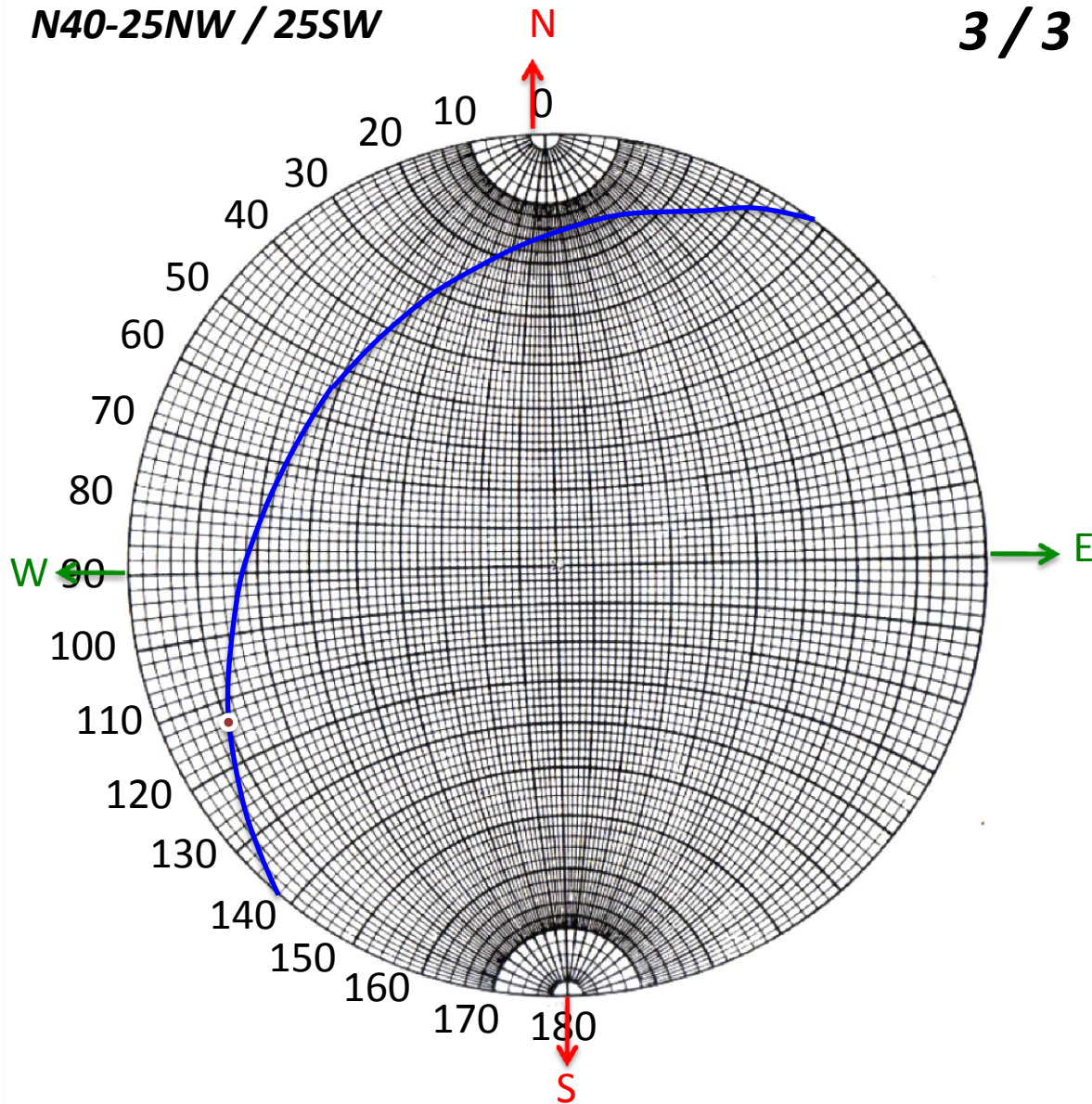
**Etape 1 :**

*Dessiner la trace du plan en fonction du pendage et de la direction de plongement*

**Etape 2 :**

*Tracer la ligne grâce à son pitch et à la direction associée.*



**Etape 1 :**

*Dessiner la trace du plan en fonction du pendage et de la direction de plongement*

**Etape 2 :**

*Tracer la ligne grâce à son pitch et à la direction associée.*

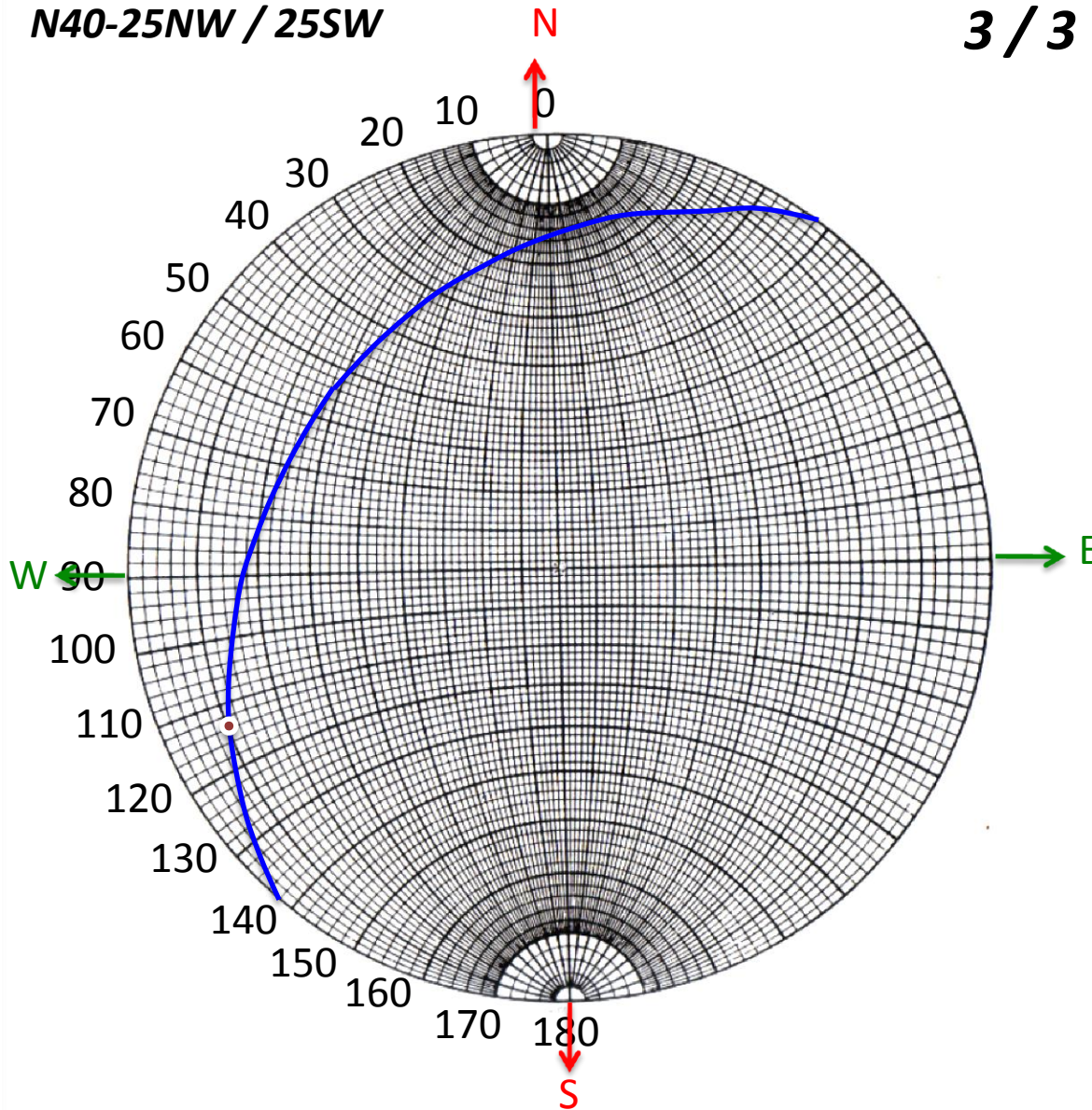
**Etape 3 :**

*Vérification*

**Quelle est l'orientation de cette ligne?**

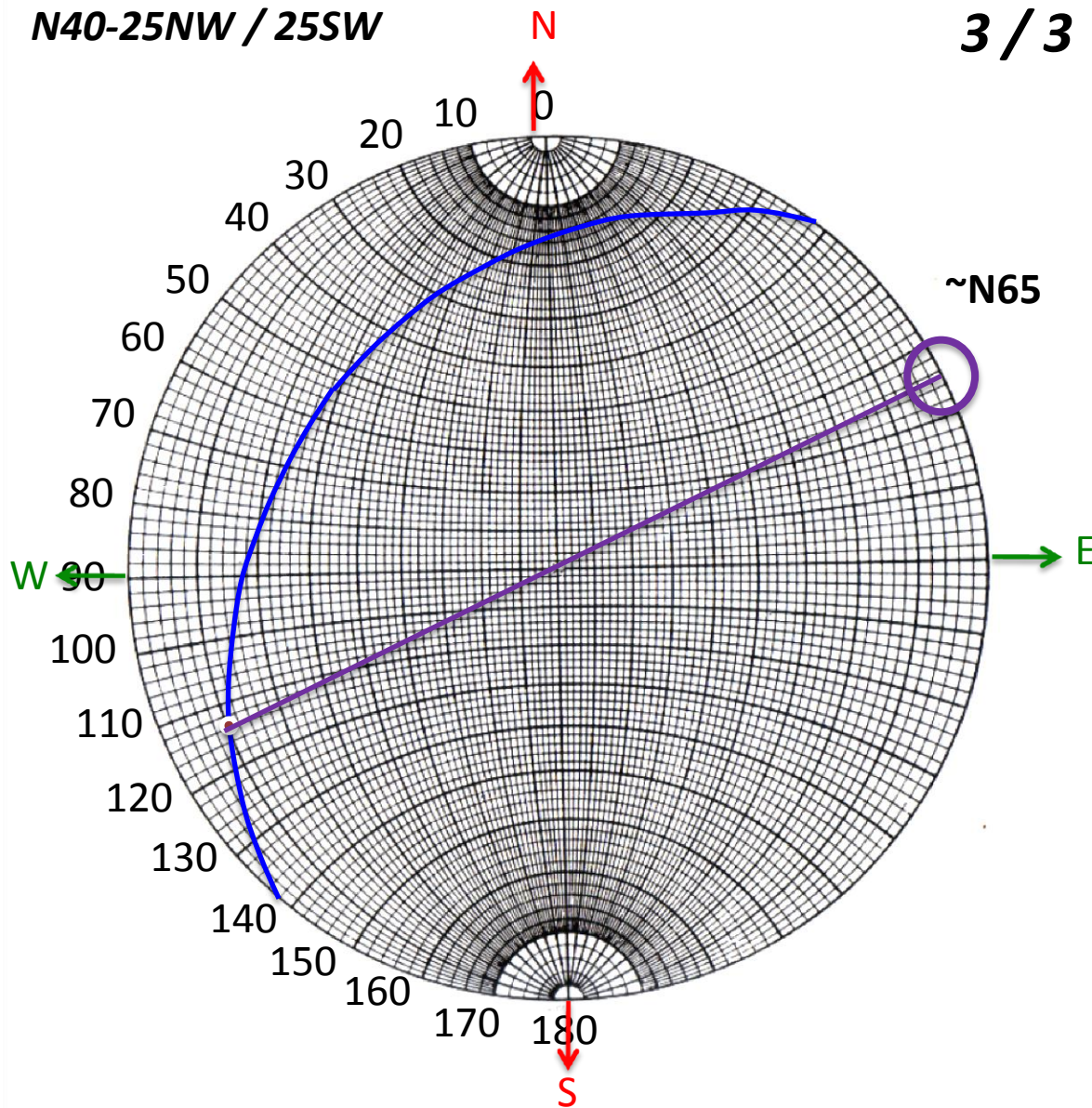
**N40-25NW / 25SW**

**3 / 3**



*Quelle est  
l'orientation de  
cette ligne?*





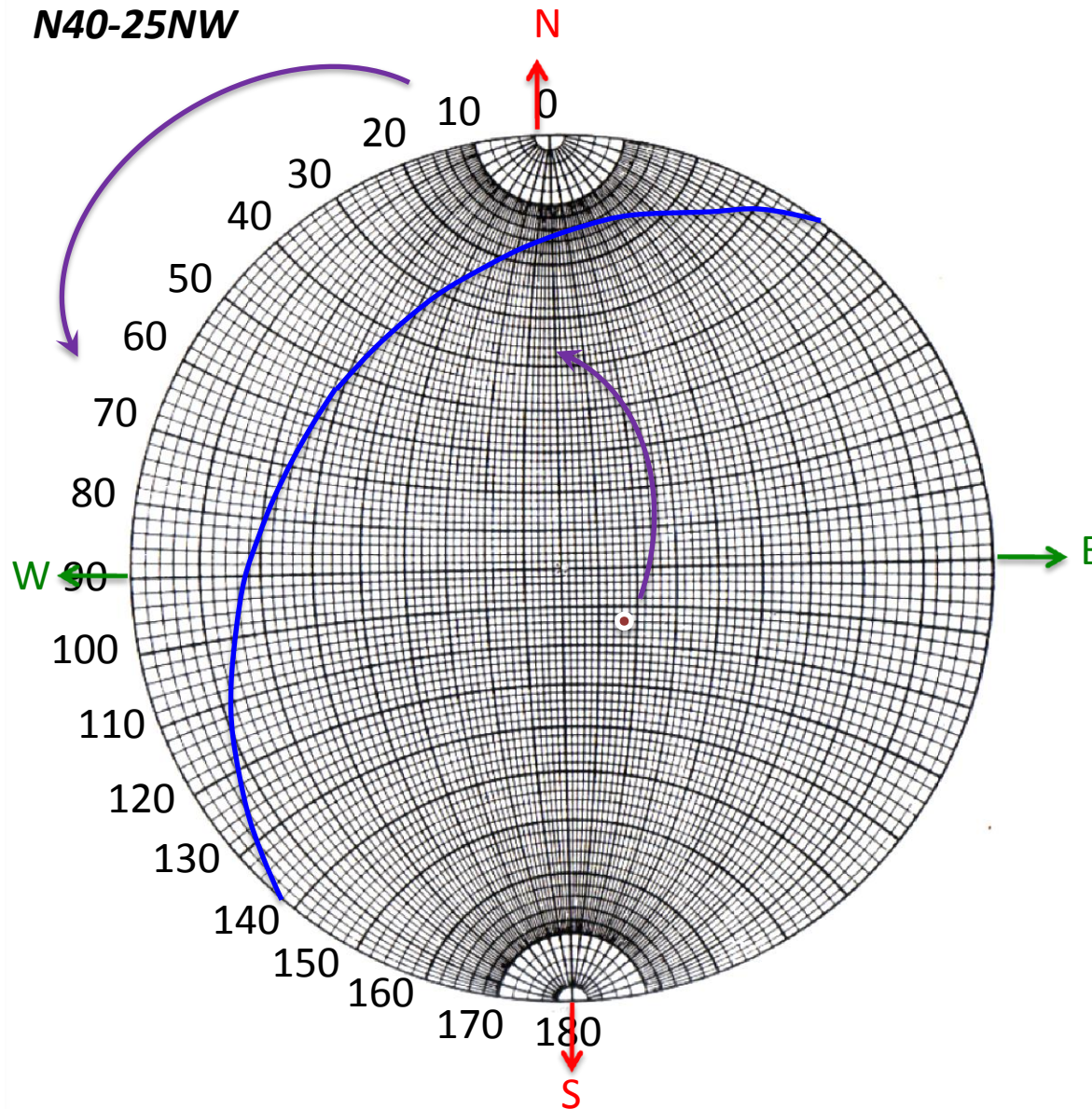
*Quelle est  
l'orientation de  
cette ligne?*

Avec les mains...

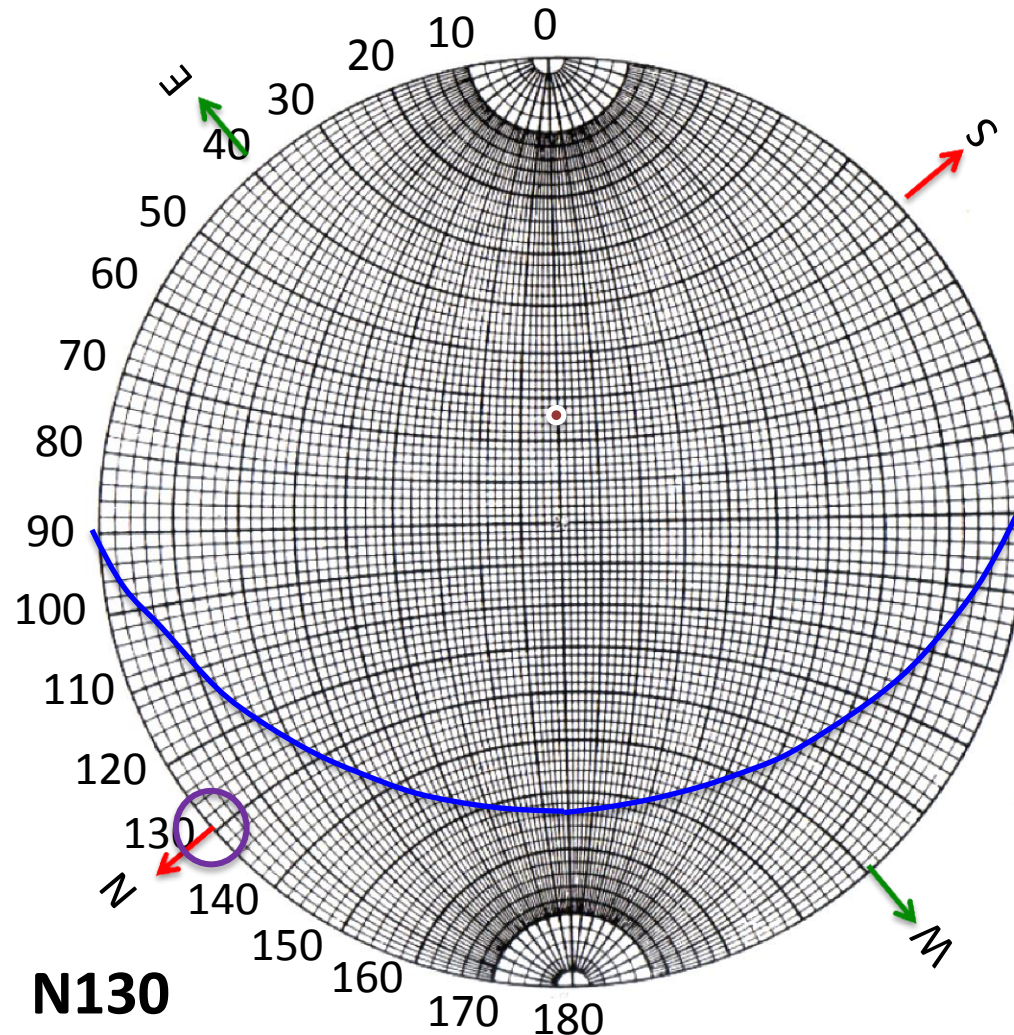
**Comment savoir  
précisément?**

# LECTURE D'UNE LIGNE



**Lecture d'une ligne:**

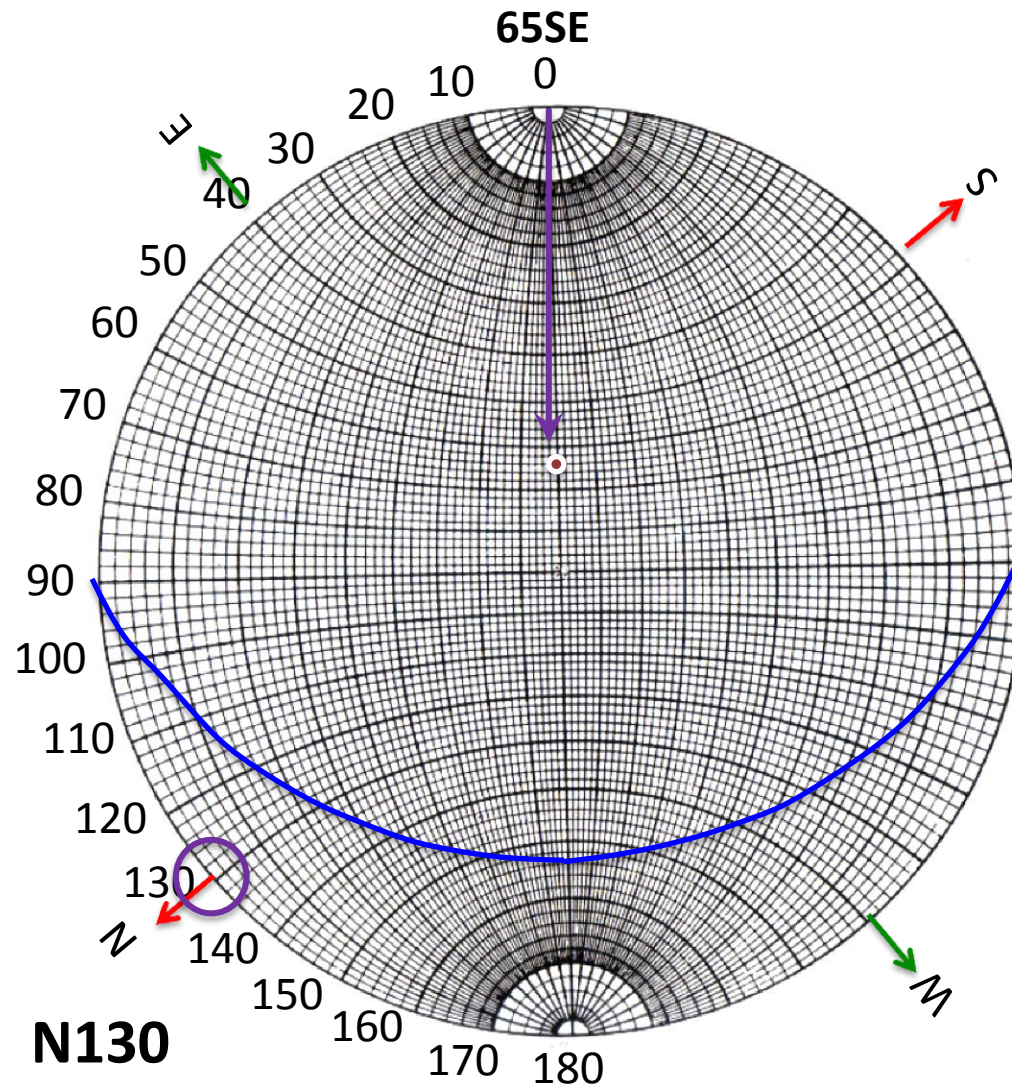
*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la ligne soit positionnée sur la verticale du canevas.*

**Lecture d'une ligne:**

*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la ligne soit positionnée sur la verticale du canevas.*

L'**orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation  
(lecture à gauche)



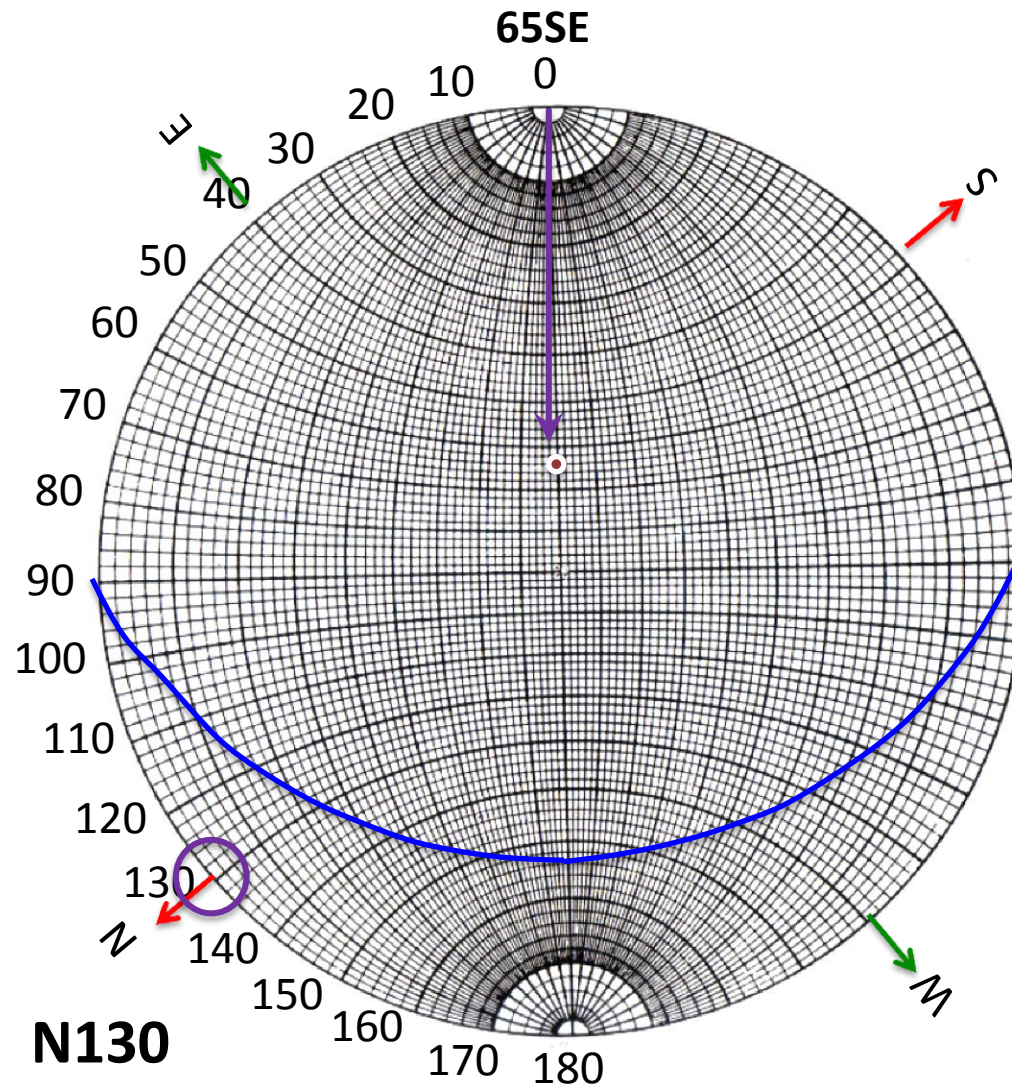
**Lecture d'une ligne:**

*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la ligne soit positionnée sur la verticale du canevas.*

L'**orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation  
(lecture à gauche)

L'**inclinaison** se lit sur la verticale à partir de la bordure du canevas.



**Lecture d'une ligne:**

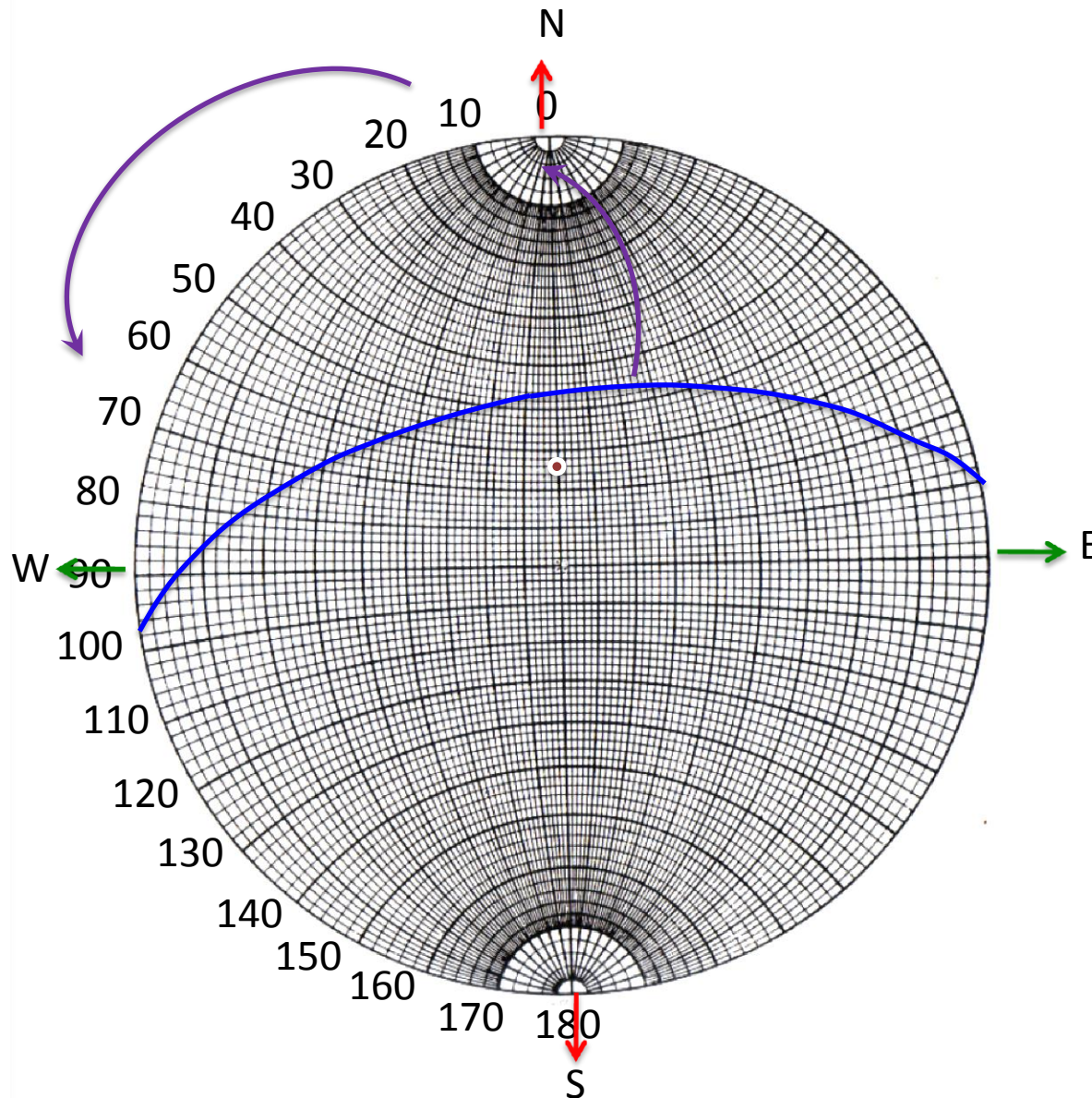
*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la ligne soit positionnée sur la verticale du canevas.*

L'**orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation  
(lecture à gauche)

L'**inclinaison** se lit sur la verticale à partir de la bordure du canevas.

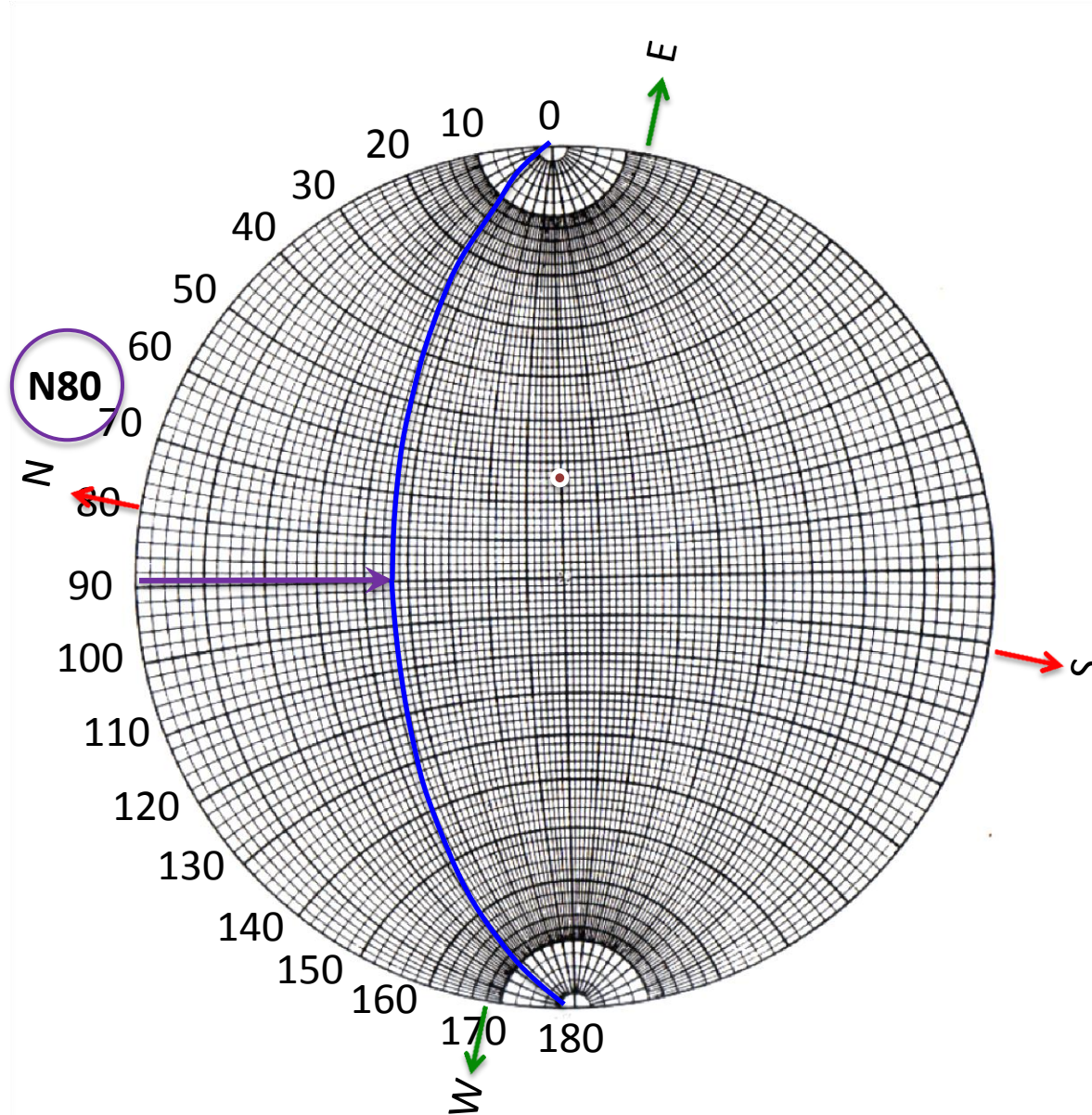
La normale du plan  
**N40-25NW** est une  
droite d'orientation  
**N130-65SE**

# LECTURE D'UN PLAN

**Lecture d'un plan:**

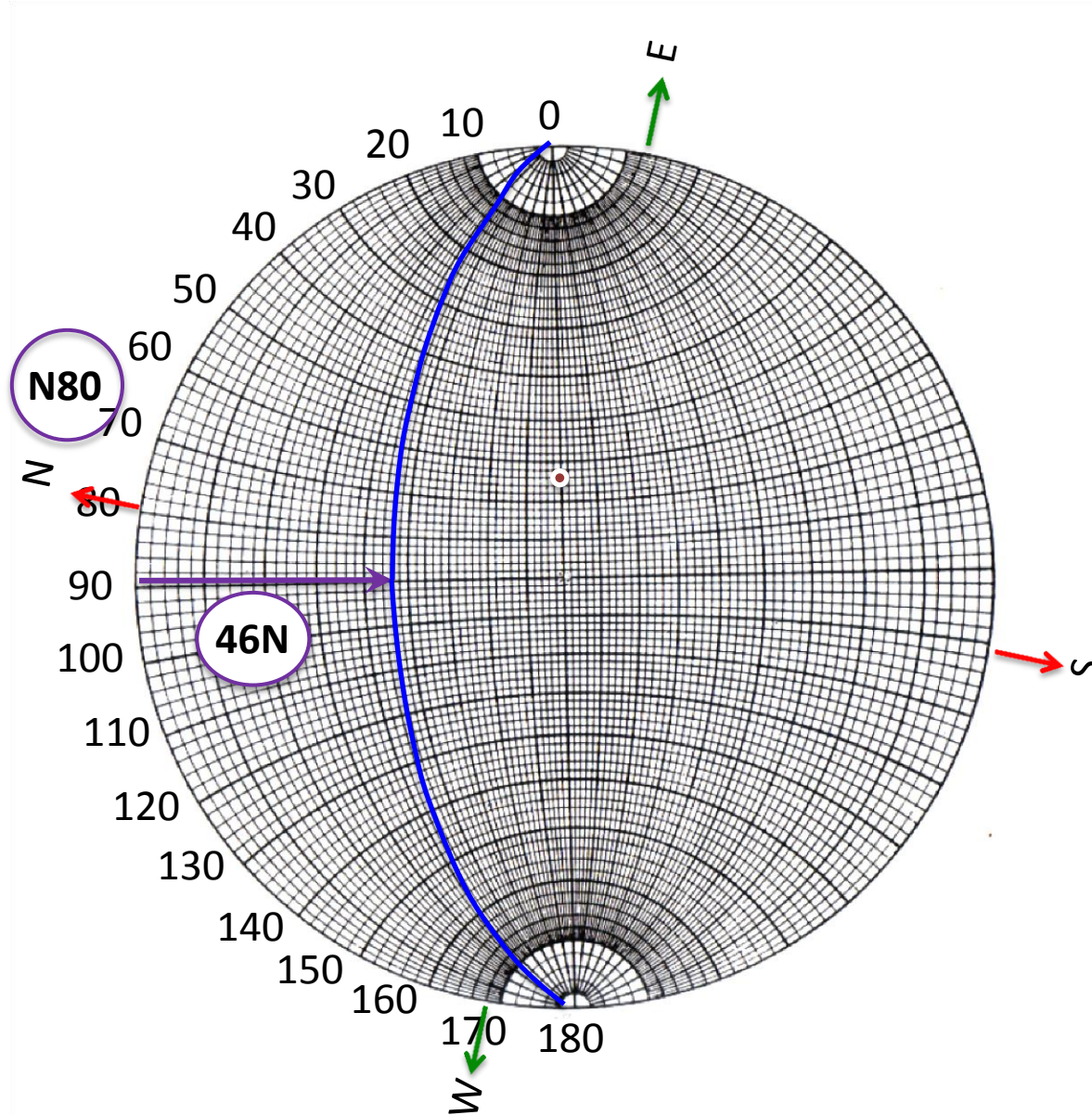
*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la trace cyclographique soit positionnée sur la verticale du canevas.*



**Lecture d'un plan:**

*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la trace cyclographique soit positionnée sur la verticale du canevas.*

**L'orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation.

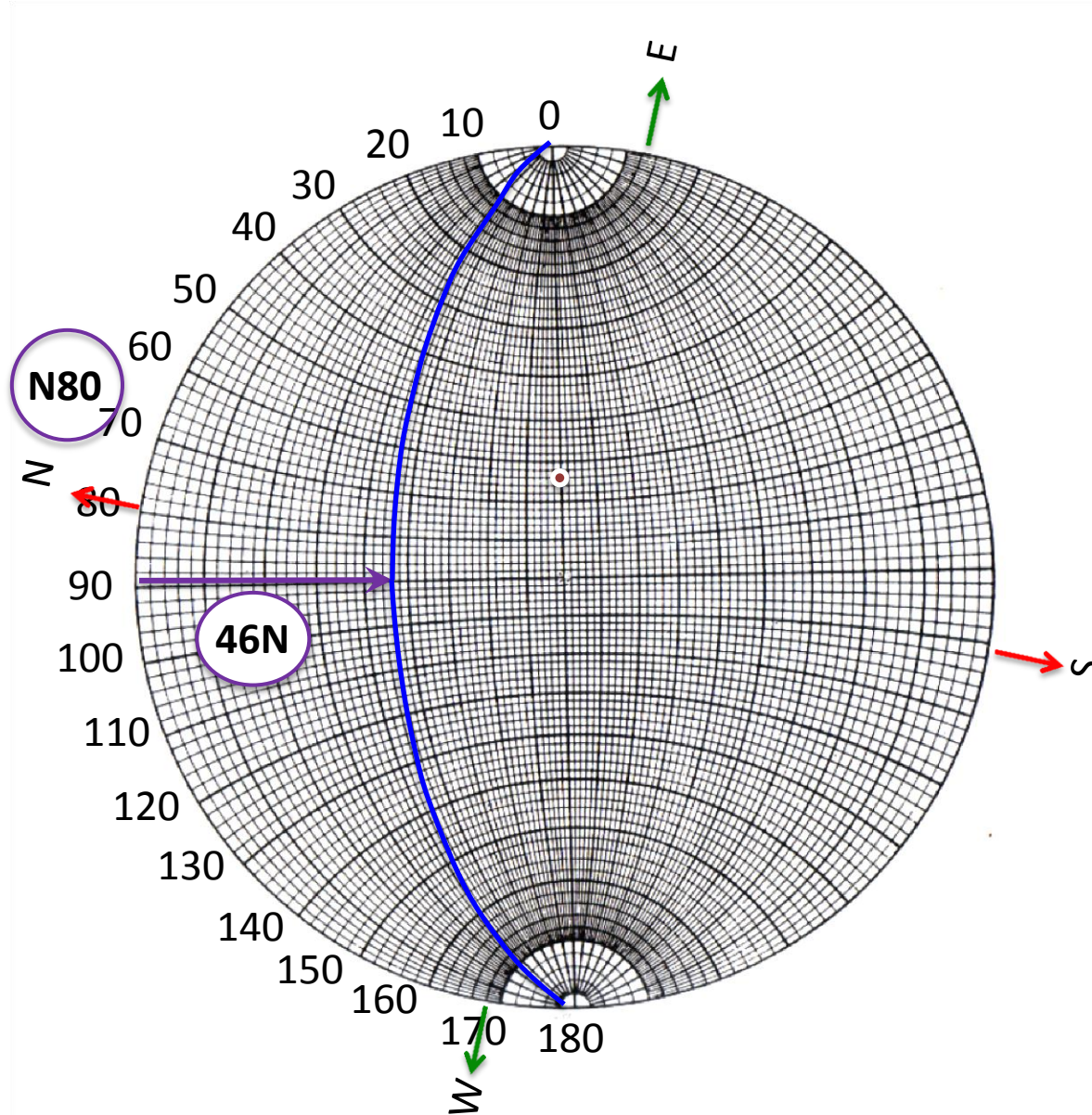
**Lecture d'un plan:**

*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la trace cyclographique soit positionnée sur la verticale du canevas.*

**L'orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation.

**L'inclinaison** se lit sur l'horizontale à partir de la bordure du canevas.



**Lecture d'un plan:**

*Tourner le calque vers la gauche jusqu'à ce que la trace cyclographique soit positionnée sur la verticale du canevas.*

**L'orientation** se lit grâce à la position du Nord après cette rotation.

**L'inclinaison** se lit sur l'horizontale à partir de la bordure du canevas.

**Le plan est orienté  
N80-46N**



### Projection d'un plan :

- Pour projeter un plan  $NX-YOr$ , on place le Nord à  $X^\circ$  (en tournant vers la gauche) et on compte un pendage de  $Y^\circ$  sur le petit cercle central depuis l'orientation  $Or$ . On peut alors représenter la trace cyclographique de notre plan.
- La normale du plan est orientée à  $90^\circ$ . Pour la tracer, il suffit de laisser le calque en place (avec le Nord à  $X^\circ$ ) et de compter  $Y^\circ$  sur le petit cercle central à partir du centre et dans la direction opposée à  $Or$ .
- On peut choisir de représenter soit les normales des plans, soit les traces cyclographiques selon le besoin. Pour plus de clarté, dans le cas d'une représentation d'un nombre important de plans, on choisira le plus souvent de représenter les normales.
- Une vérification visuelle « avec les mains » peut-être un bon moyen d'éviter les erreurs et confusions fréquentes.
- Rien ne remplace la pratique.

**Projection d'une ligne :**

- Première méthode : pour projeter une ligne  $NX-YOr$ , on place le Nord à  $X^\circ$  (en tournant vers la gauche) et on compte un pendage de  $Y^\circ$  sur le grand cercle central depuis l'orientation  $Or$ .
- La deuxième méthode consiste à tracer le plan porteur de la ligne (cf. Projection d'un plan) et tracer la ligne appartenant à ce plan grâce à son pitch et à la direction du pitch.
- Une vérification visuelle « avec les mains » peut-être un bon moyen d'éviter les erreurs et confusions fréquentes.
- Rien ne remplace la pratique.

PARTIE 6 :

Opérations sur les plans et les lignes





### 6.1) Angle entre deux lignes

*Deux lignes dans l'espace définissent un plan, on va regarder l'angle entre ces deux droites dans ce plan.*

### 6.2) Angle entre deux plans

*Pour obtenir l'angle entre deux plans, on peut regarder l'angle qui existe entre les normales des plans.*

### 6.3) Angle entre un plan et une ligne

*L'angle entre une ligne et un plan est défini comme l'angle entre la ligne et sa projection dans le plan.*

### 6.4) Pendage apparent et pendage réel

*Quelle est la différence entre pendage apparent et pendage réel ? Comment retrouver un pendage réel à partir de plusieurs pendages apparents ?*

### 6.5) Calcul de l'axe d'un pli

*Comment retrouver l'axe d'un pli à partir de mesures de stratification et/ou de schistosités dans ses deux flancs ?*

Représenter les deux lignes suivantes :

*L1 : N90-30E*

*L2 : N142-39NW*

**Etape 1 :**

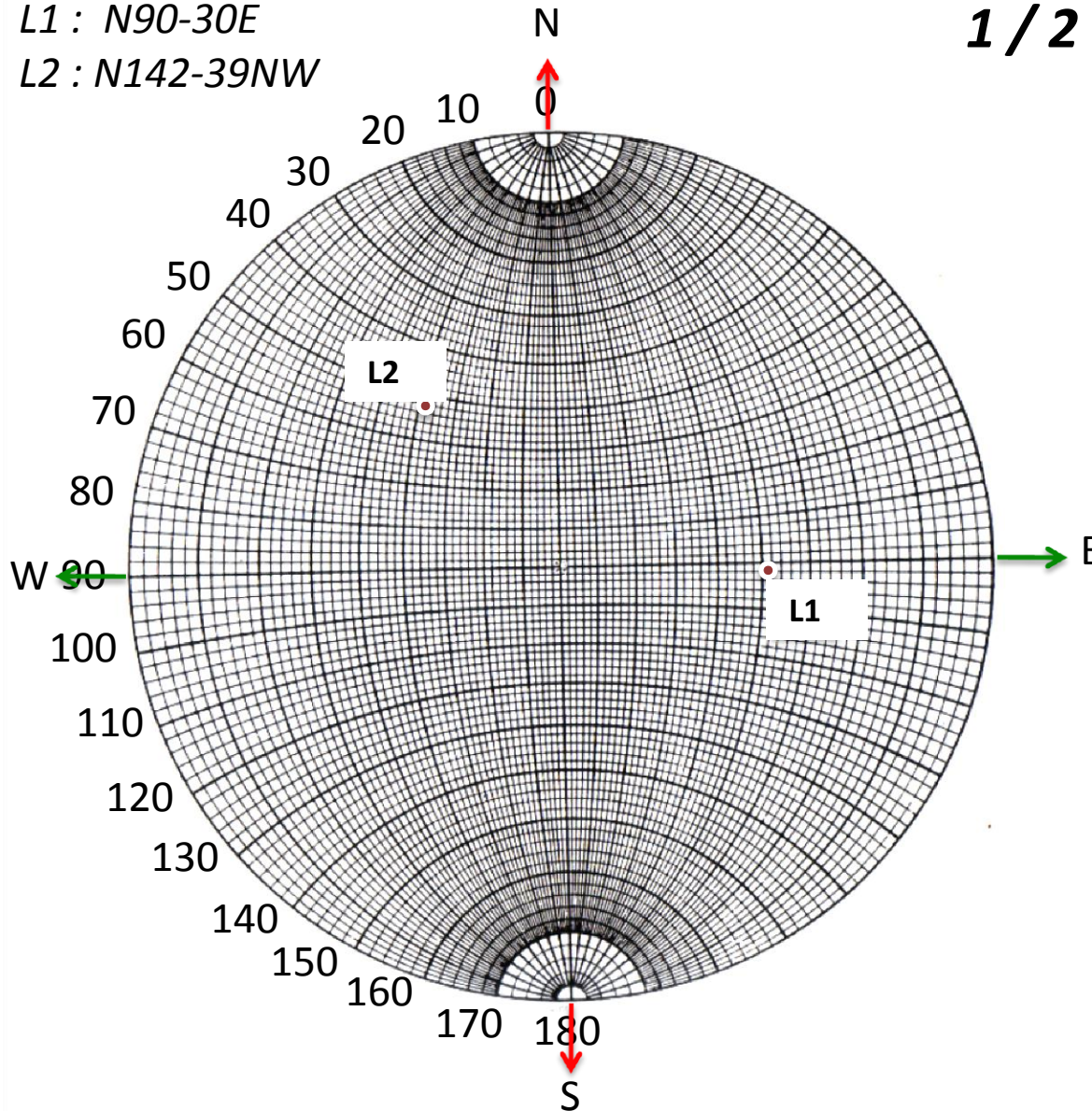
*Représentation des  
traces cyclographiques  
des deux lignes*

L1 : N90-30E  
L2 : N142-39NW

**1 / 2**

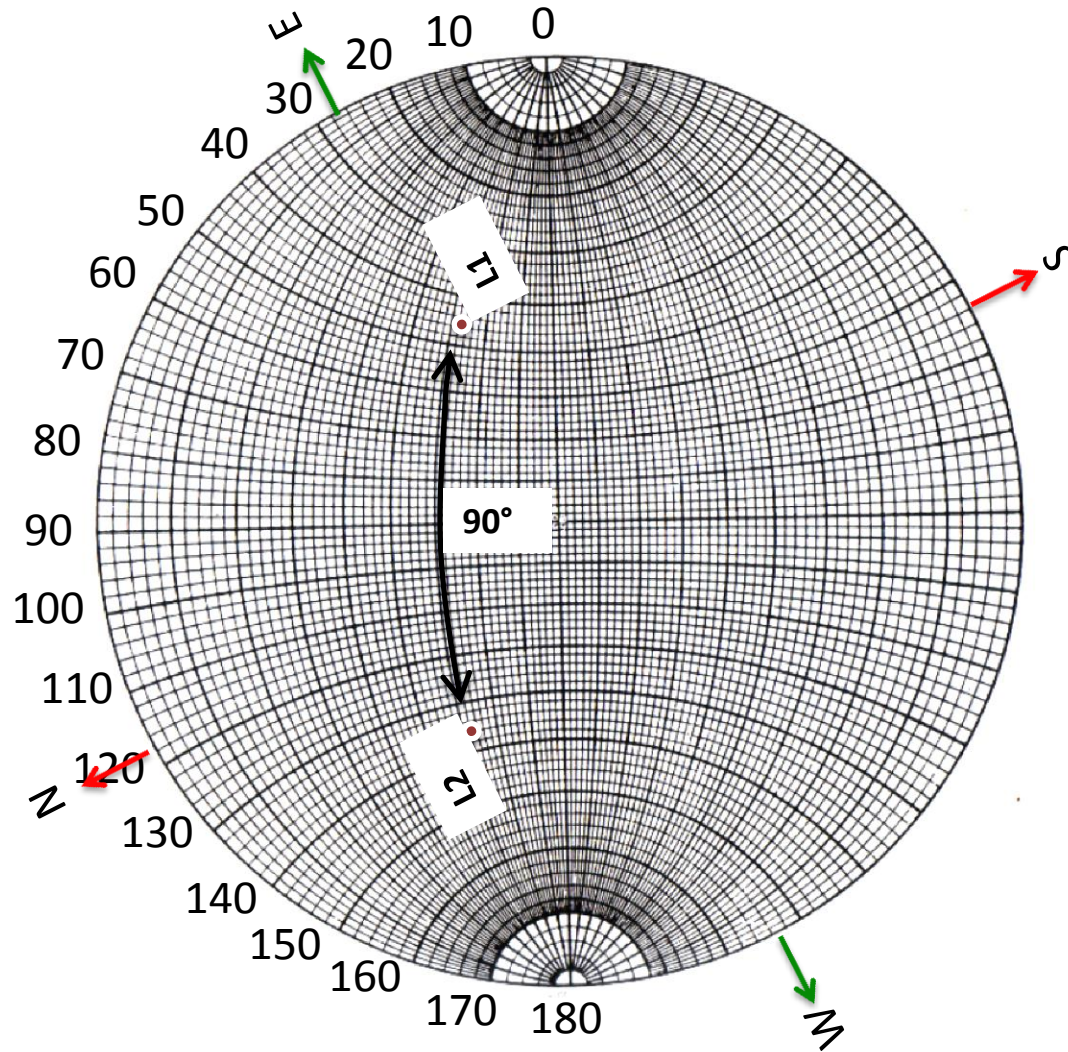
**Etape 1 :**

*Représentation des traces cyclographiques des deux lignes*





**1 / 2**



**Etape 1 :**

*Représentation des traces cyclographiques des deux lignes*

**Etape 2 :**

*On tourne le calque pour placer les deux lignes sur un même grand cercle et on mesure l'angle entre ces deux lignes directement sur les graduations du grand cercle.*

### 6.1) Angle entre deux lignes

*Deux lignes dans l'espace définissent un plan, on va regarder l'angle entre ces deux droites dans ce plan.*

### 6.2) Angle entre deux plans

*Pour obtenir l'angle entre deux plans, on peut regarder l'angle qui existe entre les normales des plans.*

### 6.3) Angle entre un plan et une ligne

*L'angle entre une ligne et un plan est défini comme l'angle entre la ligne et sa projection dans le plan.*

### 6.4) Pendage apparent et pendage réel

*Quelle est la différence entre pendage apparent et pendage réel ? Comment retrouver un pendage réel à partir de plusieurs pendages apparents ?*

### 6.5) Calcul de l'axe d'un pli

*Comment retrouver l'axe d'un pli à partir de mesures de stratification et/ou de schistosités dans ses deux flancs ?*

Représenter les deux plans suivants :

*P<sub>b</sub> : N135-56NE*

*P<sub>r</sub> : N66-40N*

**Etape 1 :**

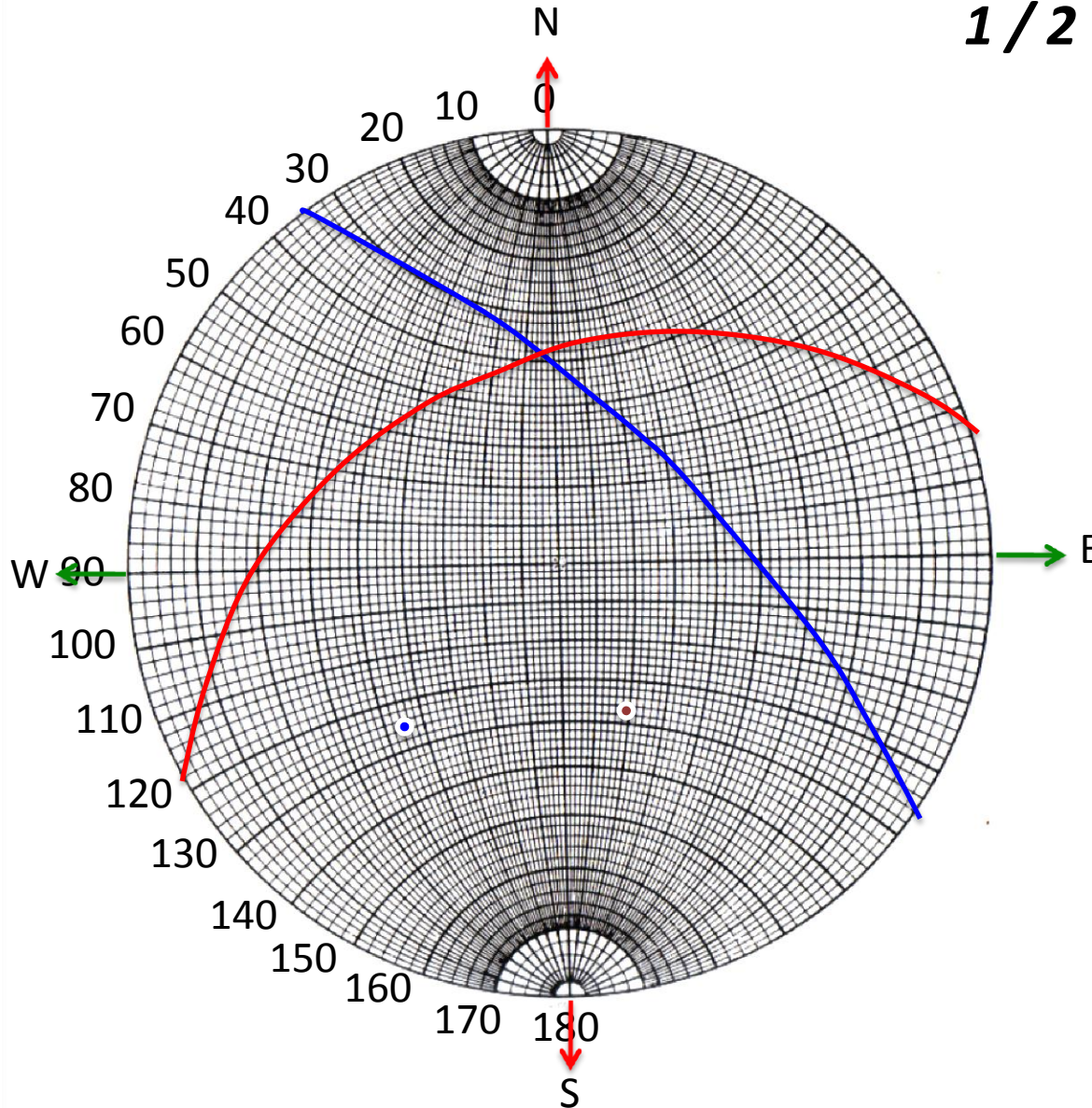
*Représentation des  
deux plans et des deux  
normales associées.*



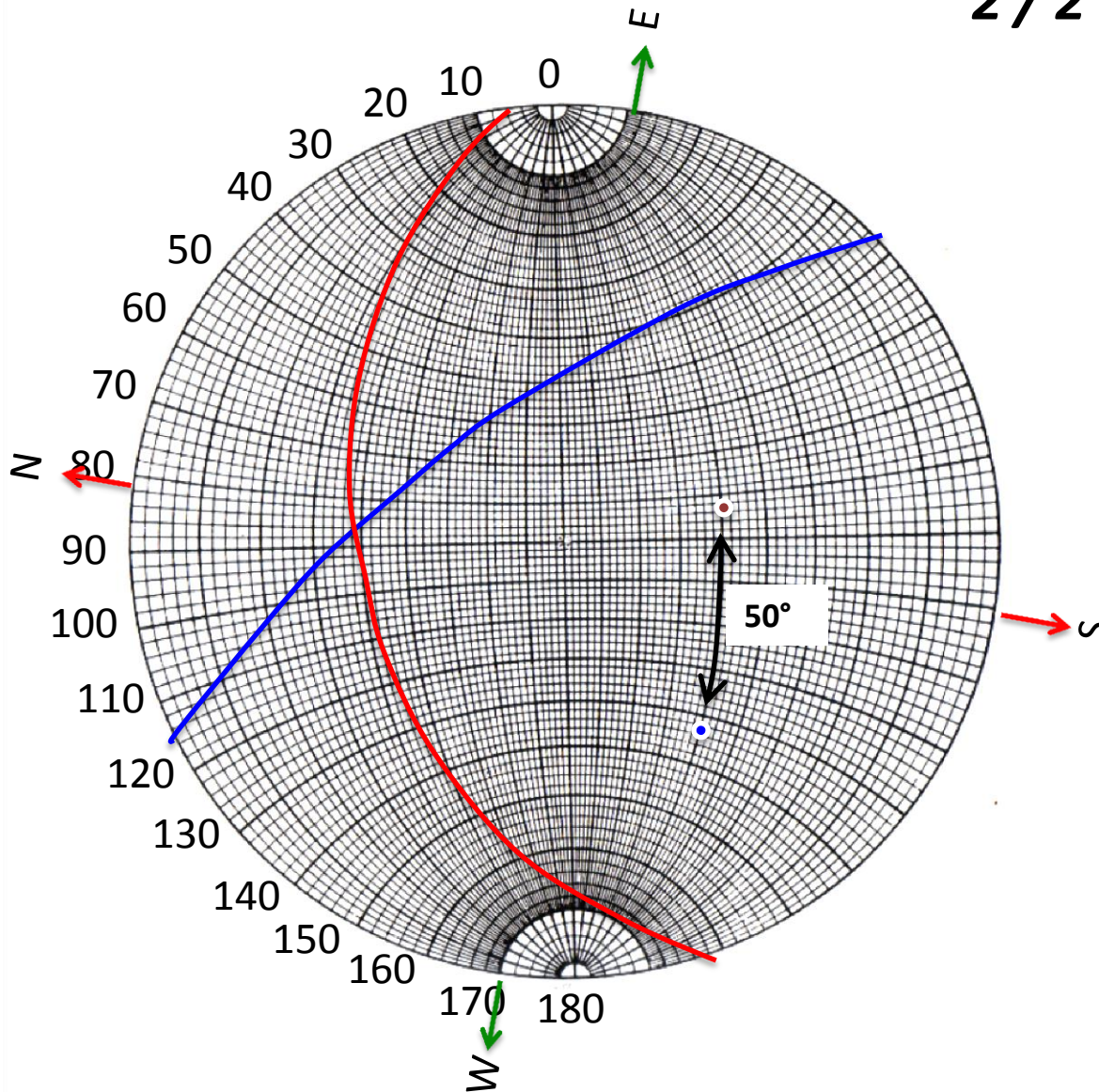
**1 / 2**

**Etape 1 :**

*Représentation des deux plans et des deux normales associées.*



**2 / 2**



**Etape 1 :**

*Représentation des deux plans et des deux normales associées.*

**Etape 2 :**

*On mesure l'angle entre les deux normales des plans en les plaçant sur un grand cercle.*


### 6.1) Angle entre deux lignes

*Deux lignes dans l'espace définissent un plan, on va regarder l'angle entre ces deux droites dans ce plan.*

### 6.2) Angle entre deux plans

*Pour obtenir l'angle entre deux plans, on peut regarder l'angle qui existe entre les normales des plans.*

### 6.3) Angle entre un plan et une ligne

 *L'angle entre une ligne et un plan est défini comme l'angle entre la ligne et sa projection dans le plan.*

### 6.4) Pendage apparent et pendage réel

*Quelle est la différence entre pendage apparent et pendage réel ? Comment retrouver un pendage réel à partir de plusieurs pendages apparents ?*

### 6.5) Calcul de l'axe d'un pli

*Comment retrouver l'axe d'un pli à partir de mesures de stratification et/ou de schistosités dans ses deux flancs ?*



Représenter le plan et la ligne suivants:

*P : N130-20NE*

*L : N160-52SE*

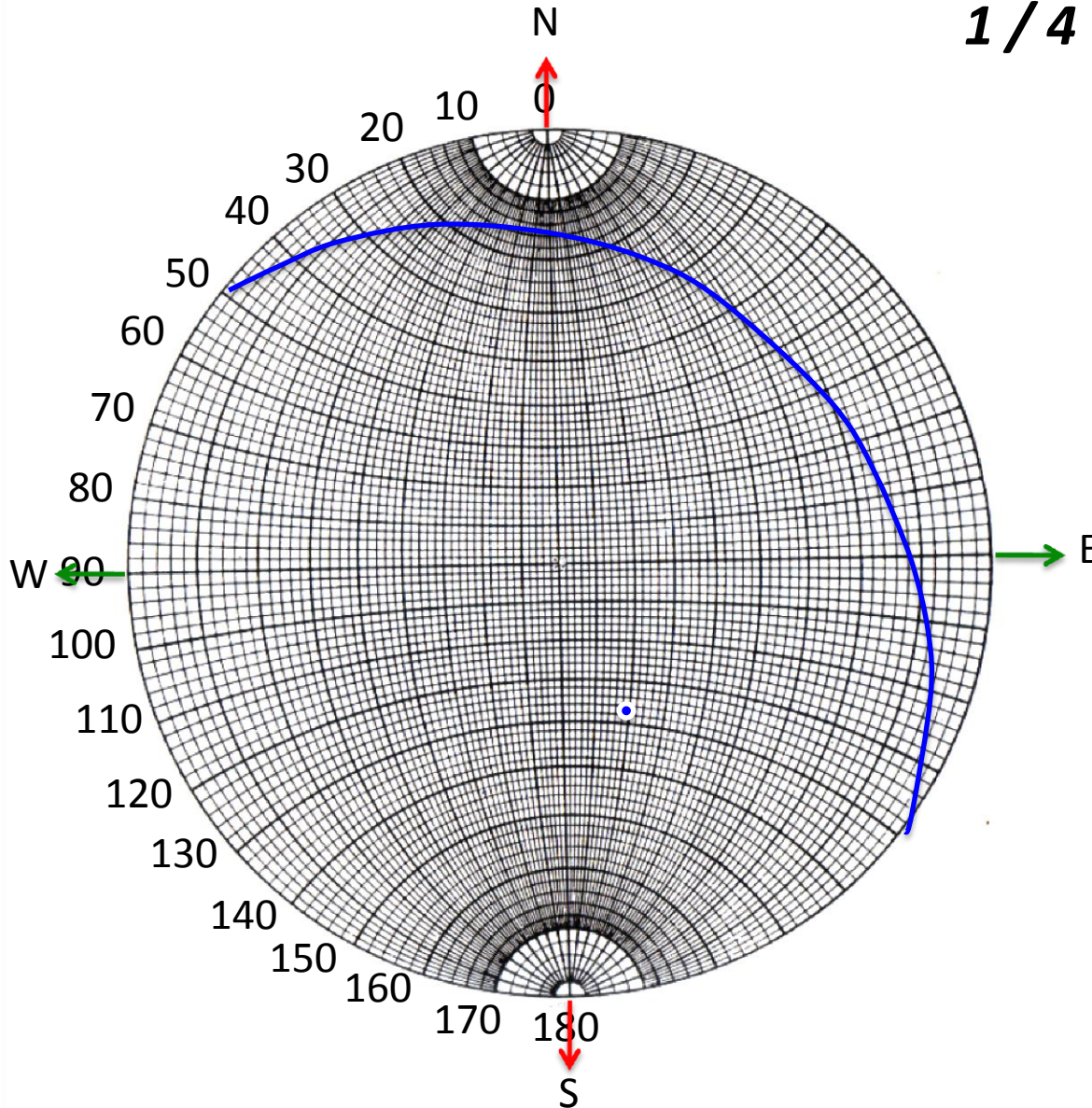
**Etape 1 :**

*Représentation du plan  
et de la ligne*

**1 / 4**

**Etape 1 :**

*Représentation du plan  
et de la ligne*



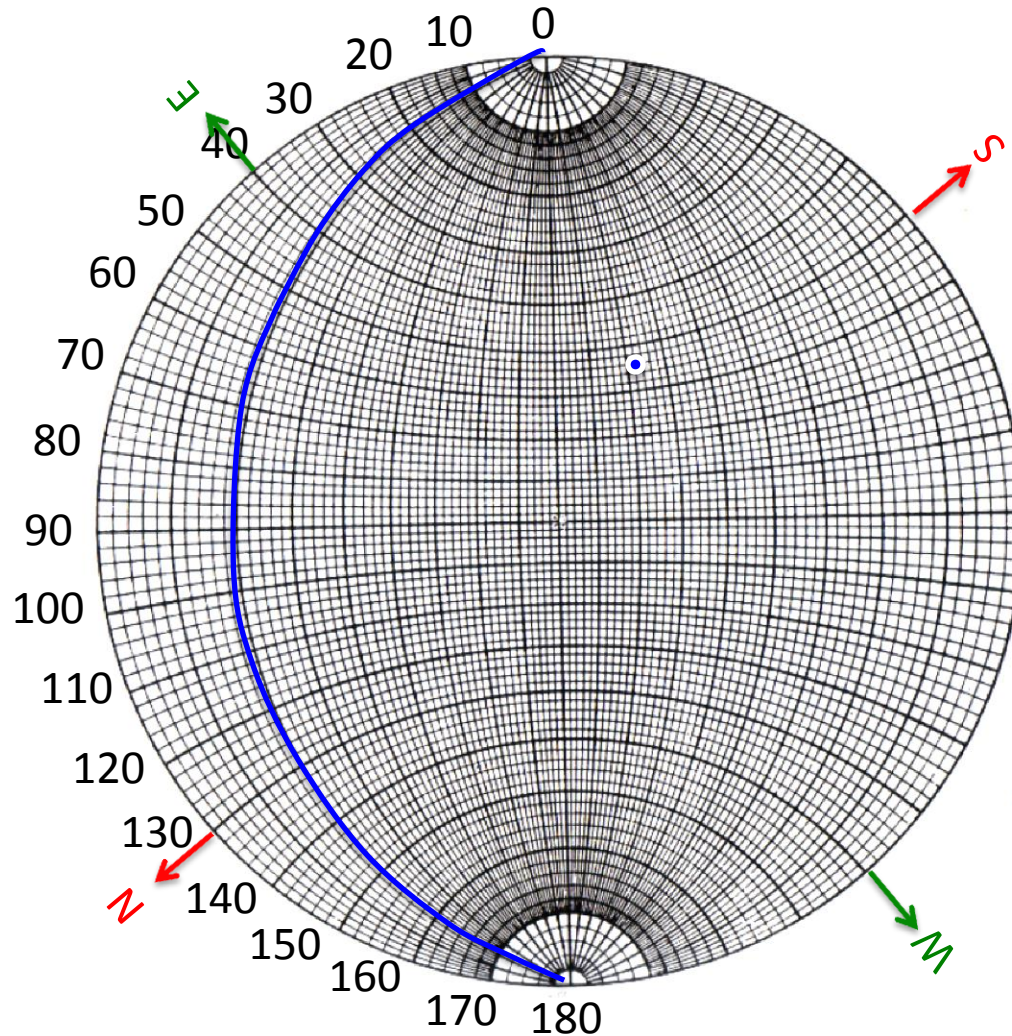
**2 / 4**

**Etape 1 :**

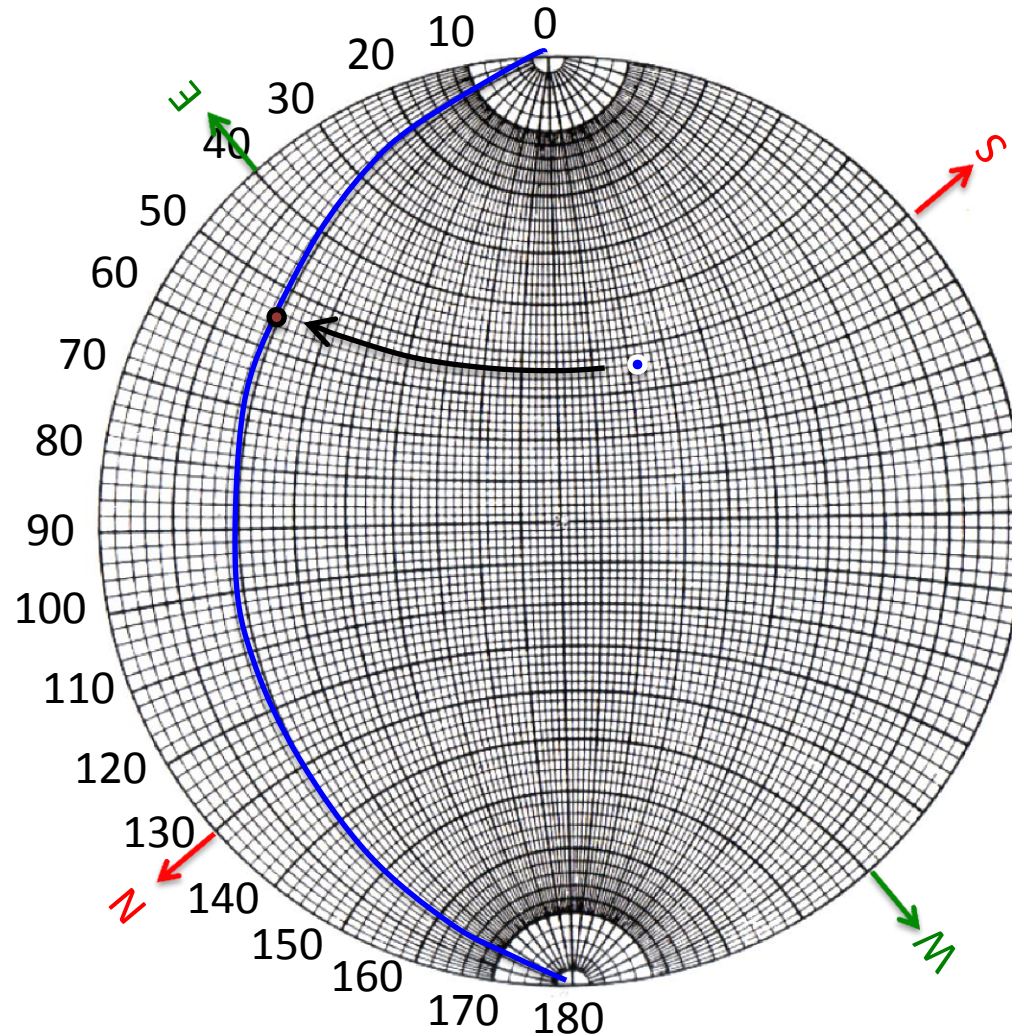
*Représentation du plan et de la ligne*

**Etape 2 :**

*On place la trace cyclographique du plan en position polaire (N-S)*





**3 / 4****Etape 1 :**

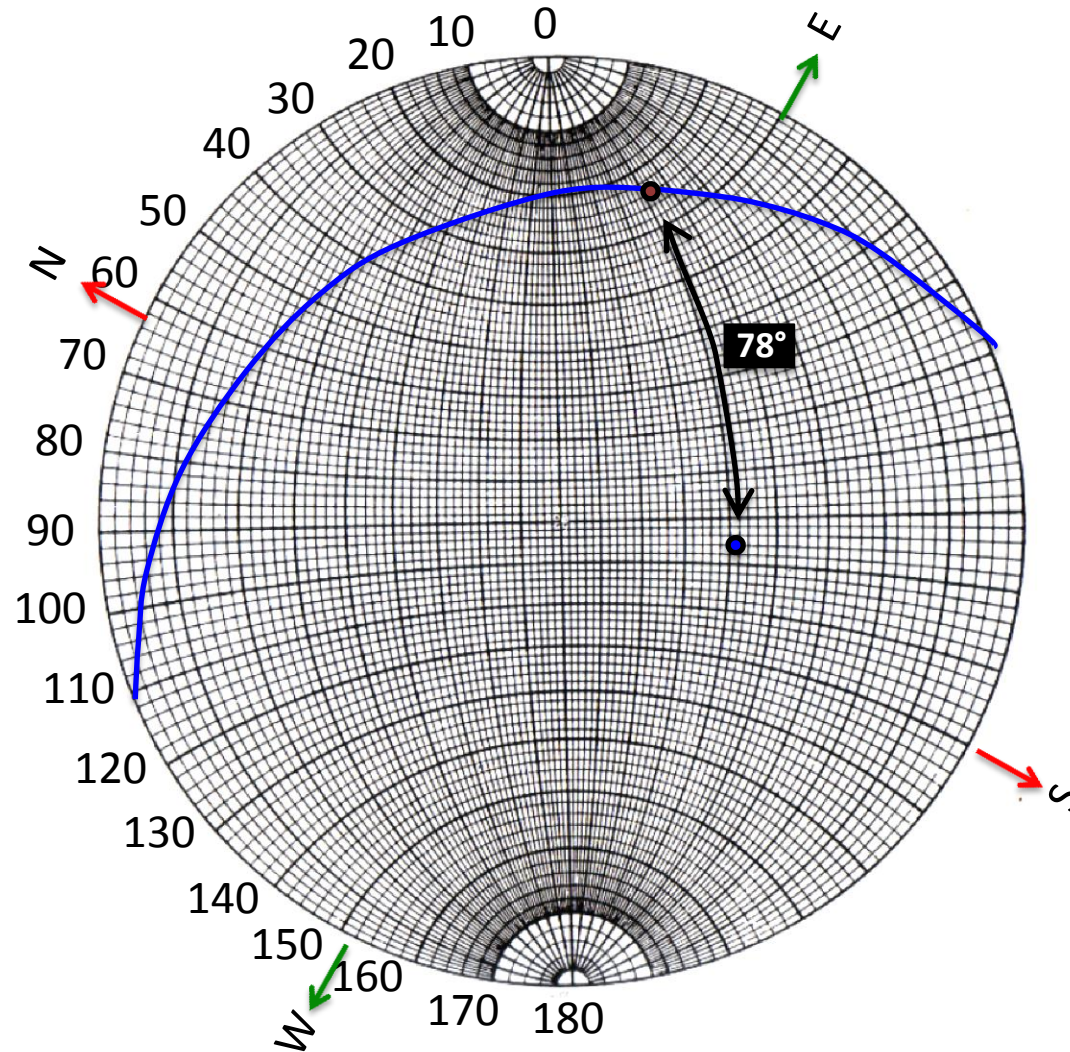
*Représentation du plan  
et de la ligne*

**Etape 2 :**

*On place la trace  
cyclographique du plan  
en position polaire (N-S)*

**Etape 3 :**

*On projette la ligne sur  
le plan (ce qui revient à  
faire une rotation  
autour de l'axe N130)*

**4 / 4****Etape 1 :**

*Représentation du plan et de la ligne*

**Etape 2 :**

*On place la trace cyclographique du plan en position polaire (N-S)*

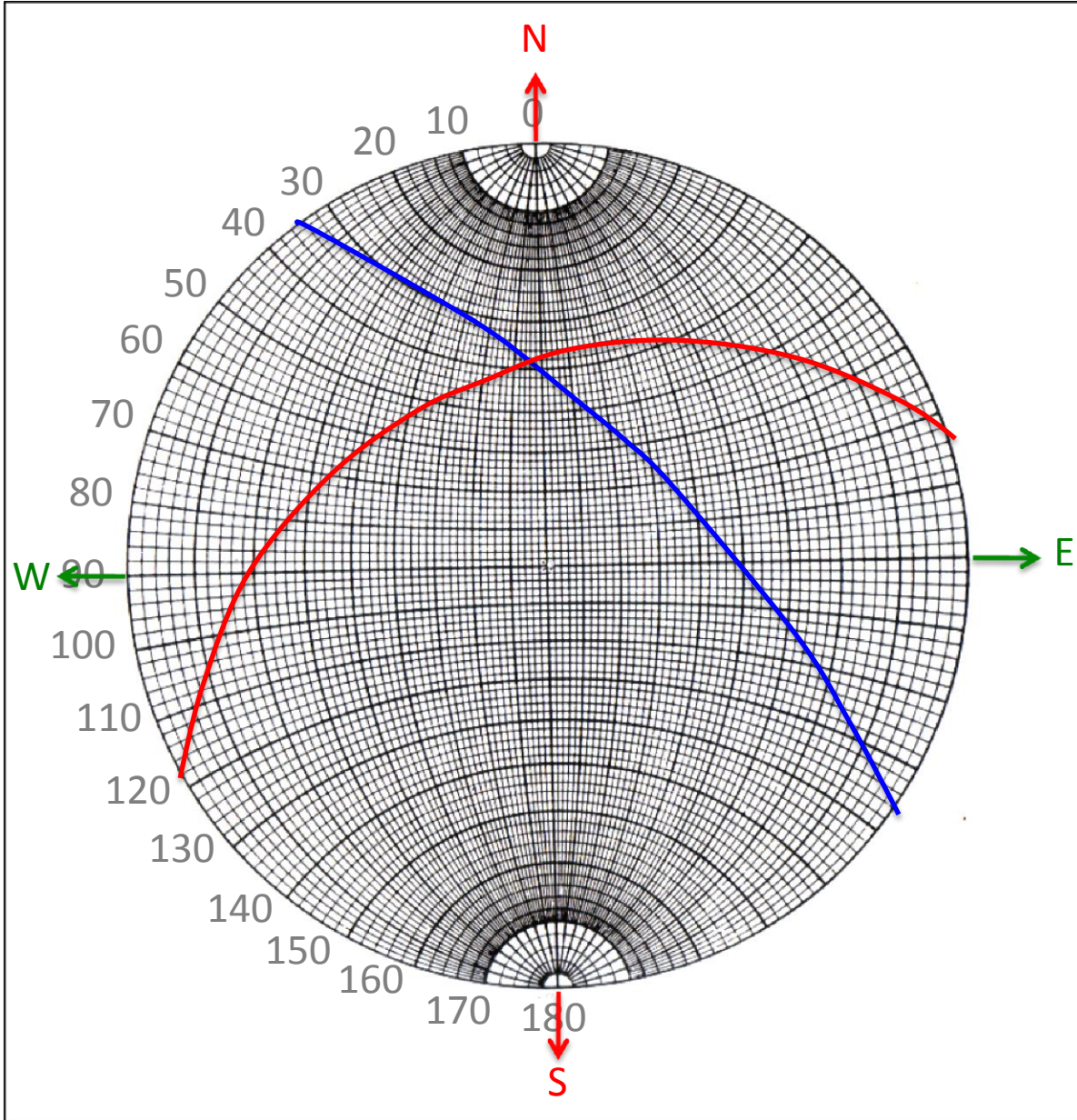
**Etape 3 :**

*On projette la ligne sur le plan (ce qui revient à faire une rotation autour de l'axe N130)*

**Etape 4 :**

*On mesure l'angle entre ces deux lignes*

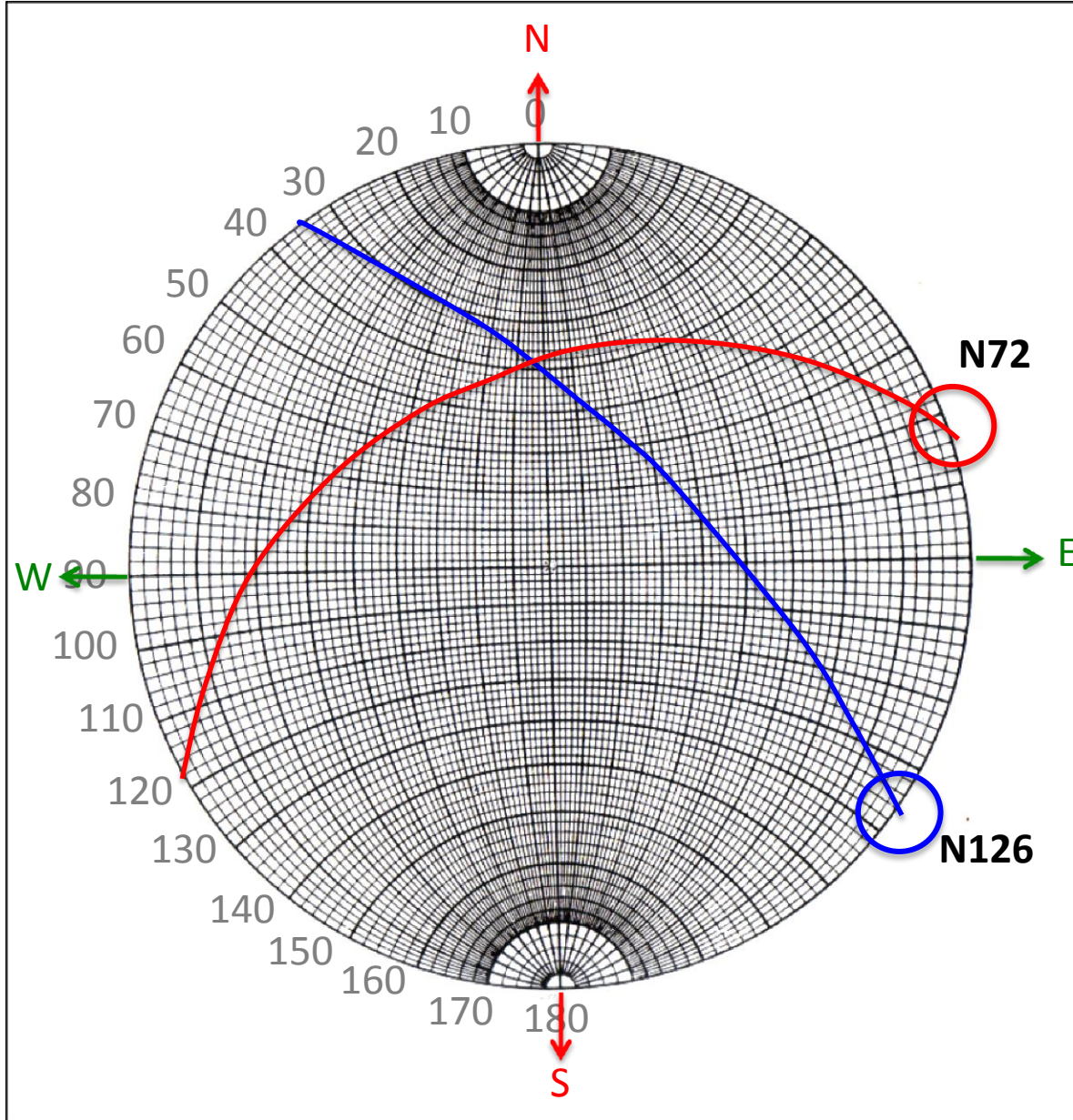




Plans *P1* et *P2*

Quelle est l'orientation  
de ces deux plans ?

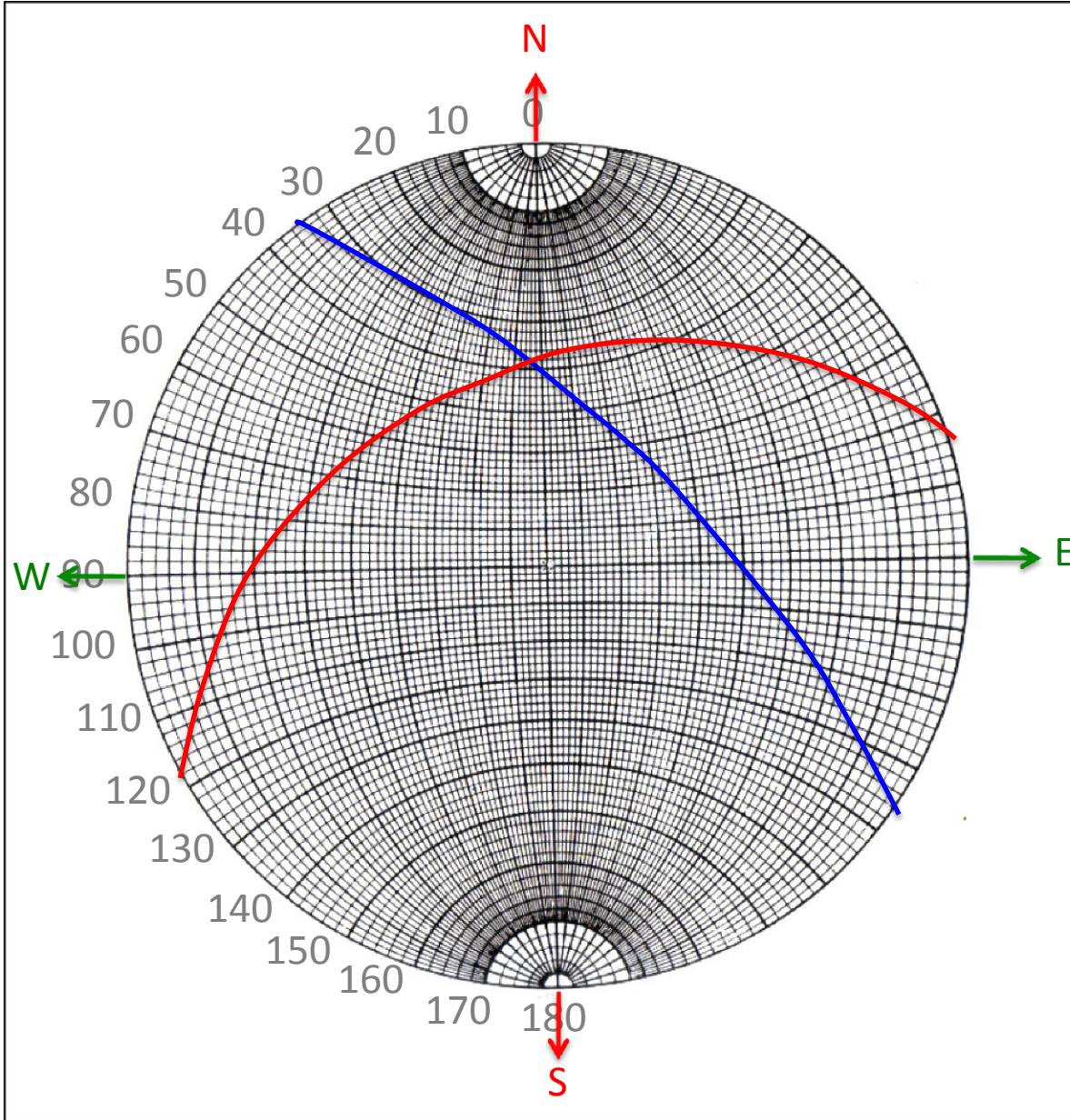




Plans *P1* et *P2*

Quelle est l'orientation  
de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

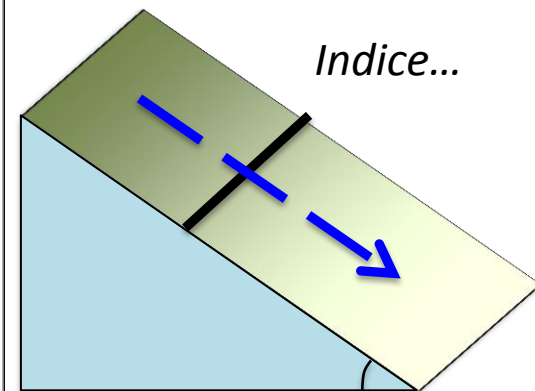


Plans **P1** et **P2**

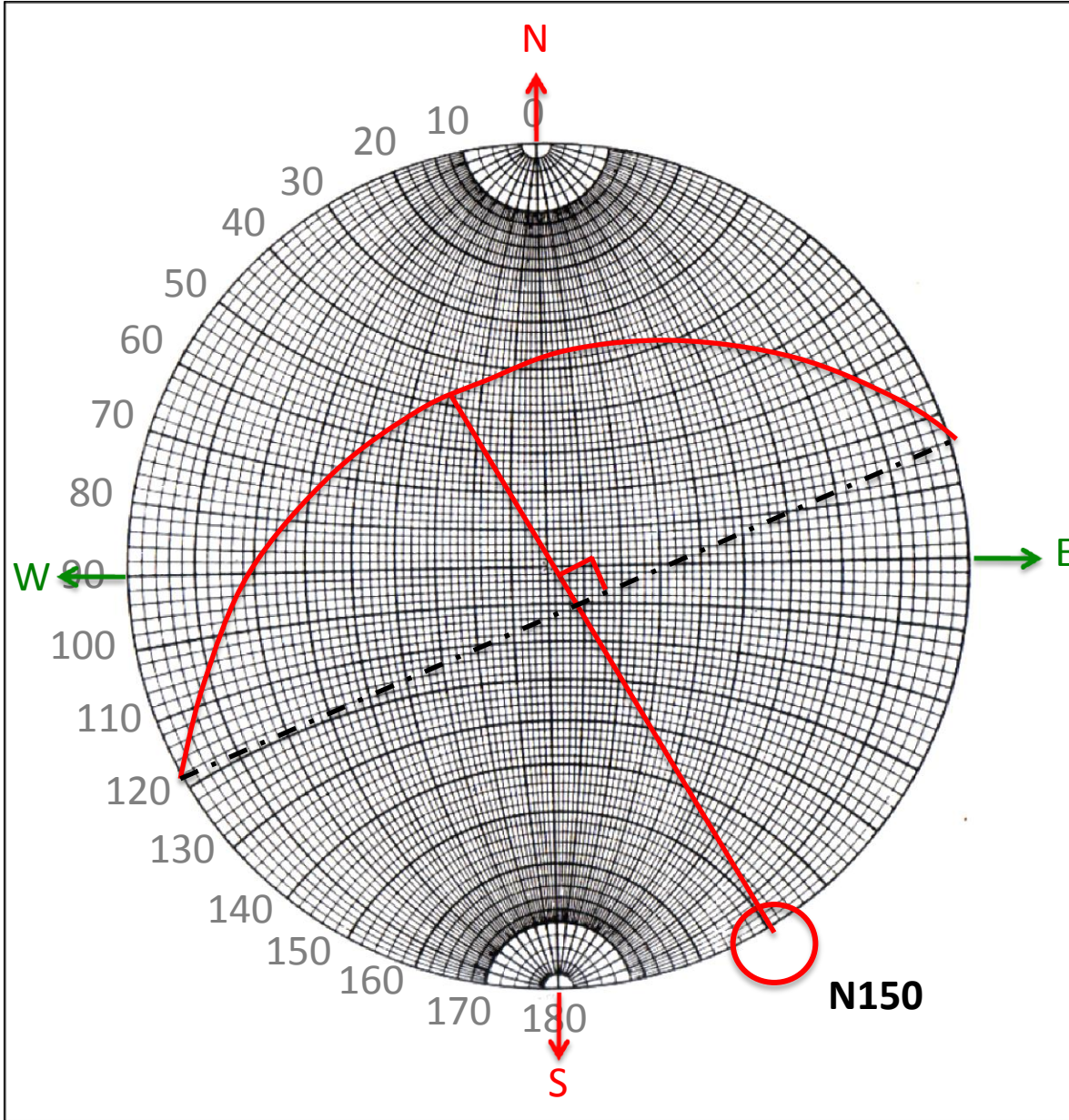
Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?







Plans **P1** et **P2**

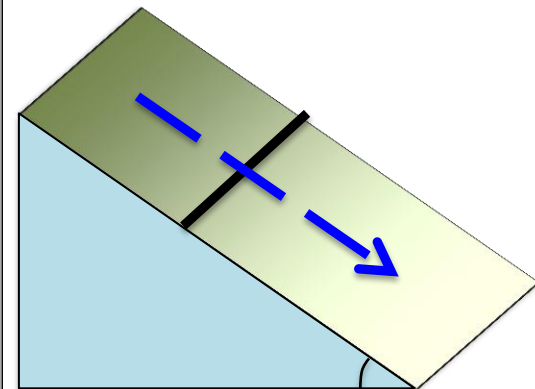
Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

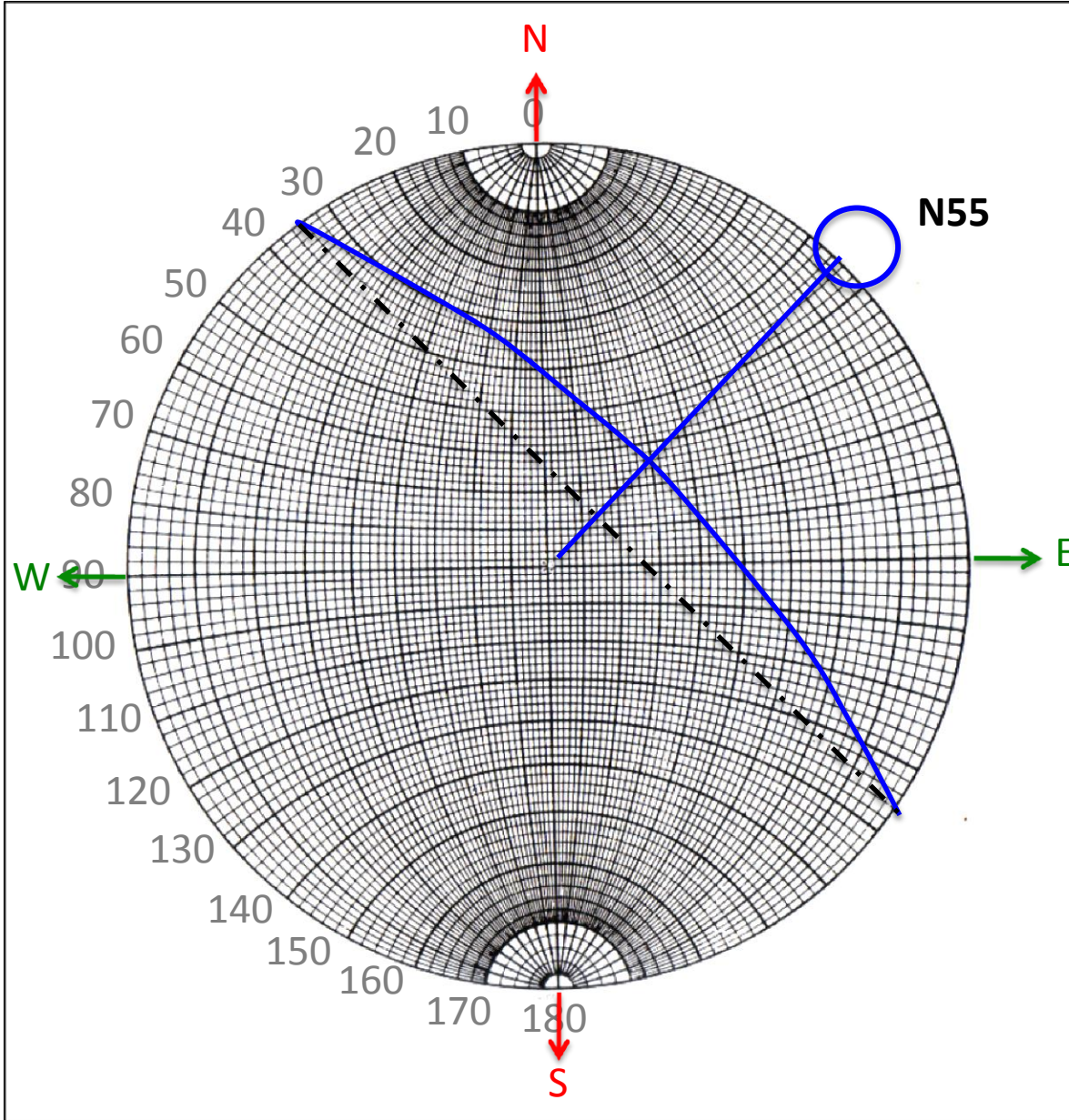
Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

**N150** et **N55**

La ligne de plus grande pente est perpendiculaire à l'horizontale du plan







Plans **P1** et **P2**

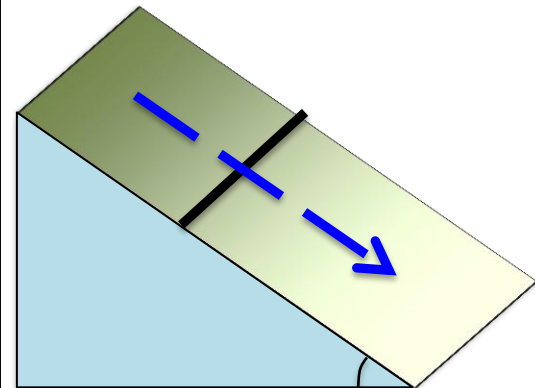
Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

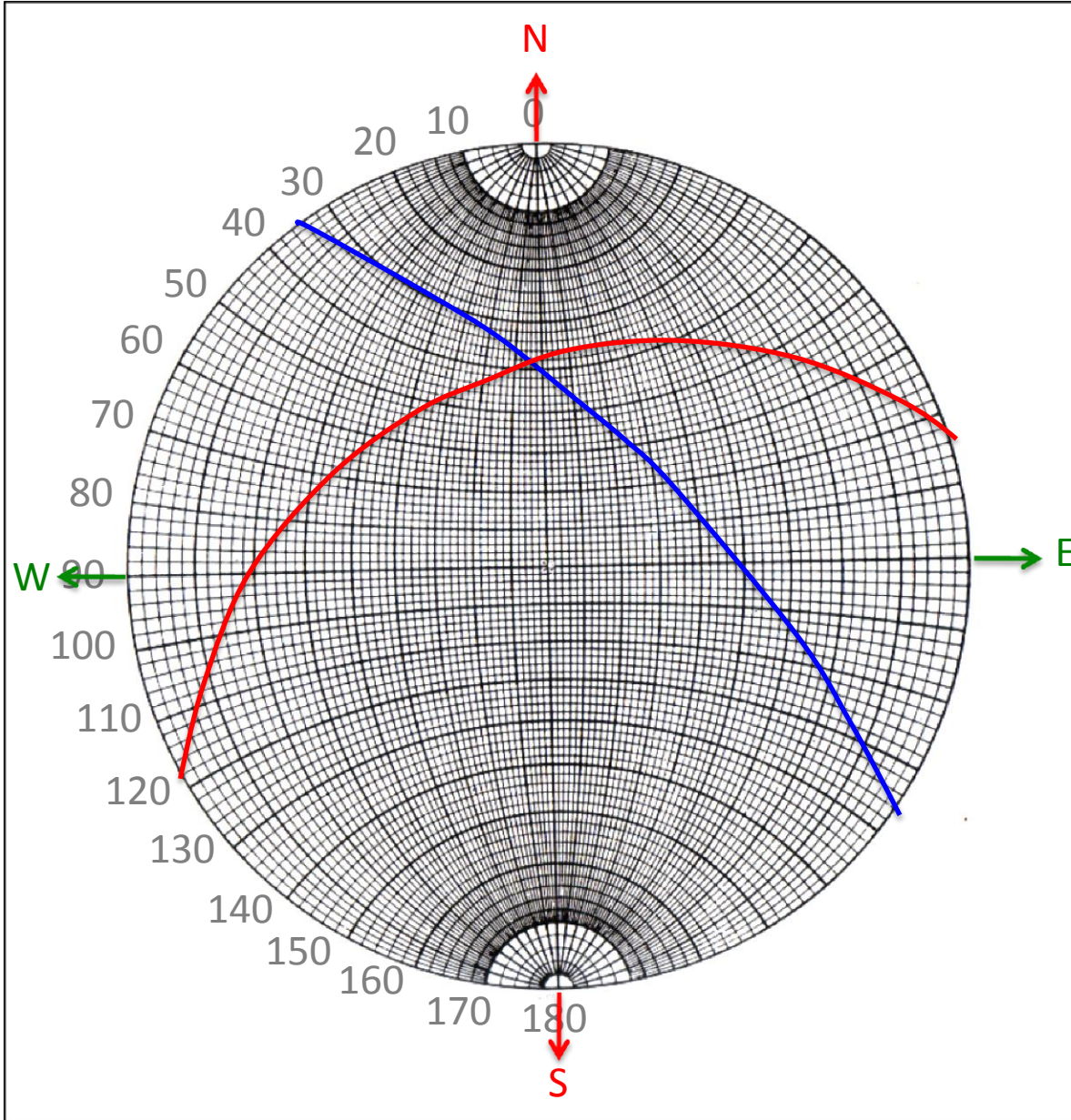
**N72** et **N126**

Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

**N150** et **N55**

La ligne de plus grande pente est perpendiculaire à l'horizontale du plan





Plans **P1** et **P2**

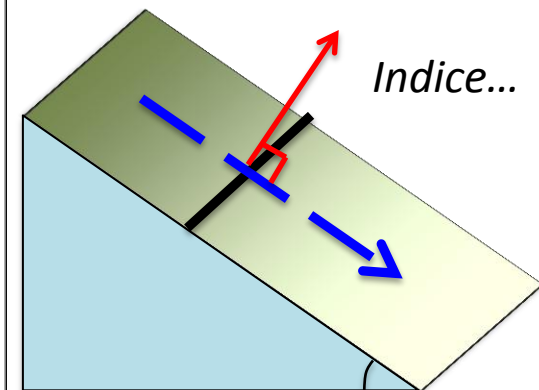
Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

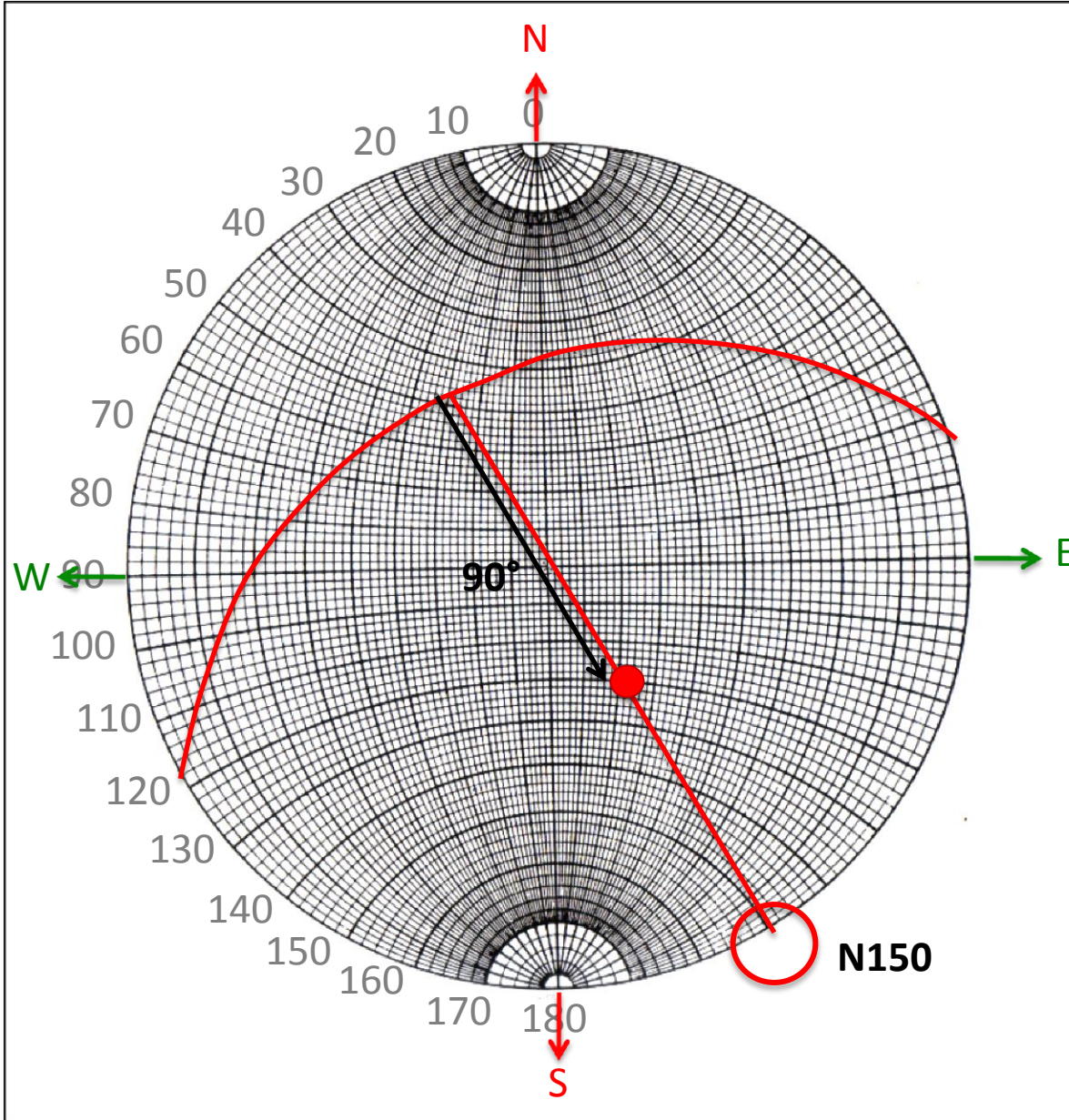
Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leurs normales ?







Plans **P1** et **P2**

Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

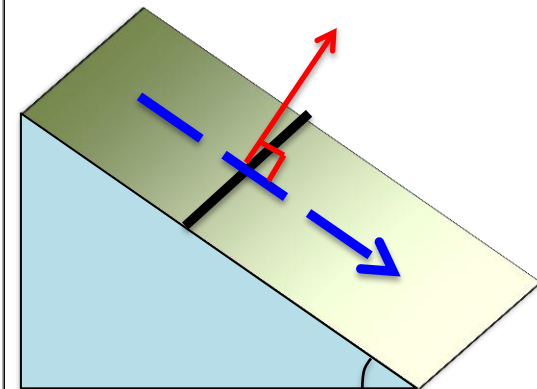
**N72** et **N126**

Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

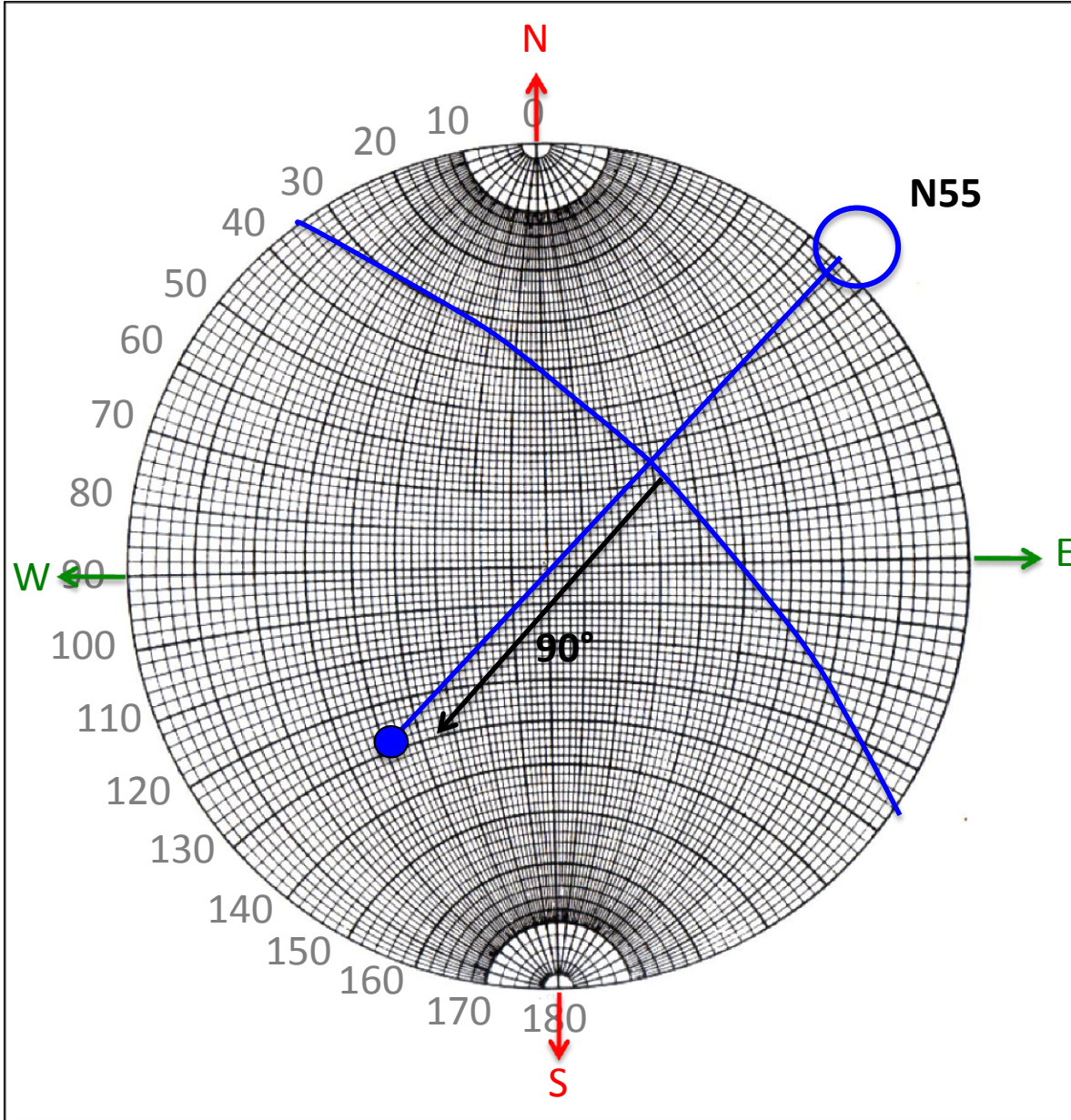
**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leurs normales ?

**N150** et **N55**







Plans **P1** et **P2**

Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

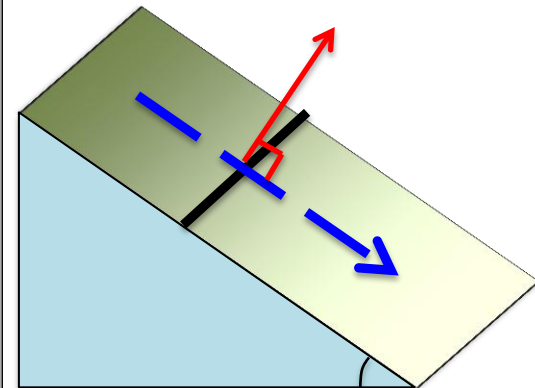
**N72** et **N126**

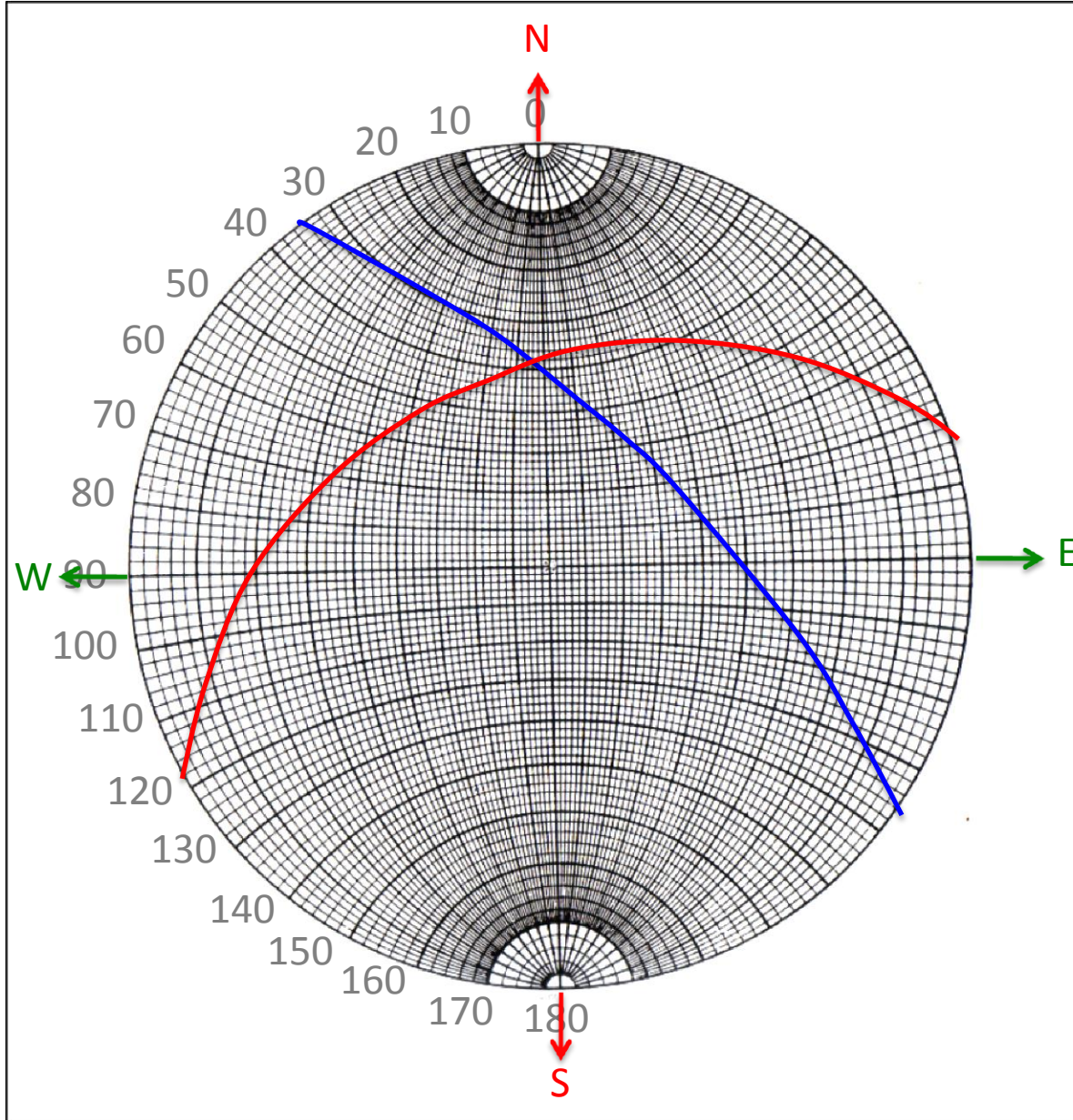
Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leurs normales ?

**N150** et **N55**





Plans **P1** et **P2**

Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

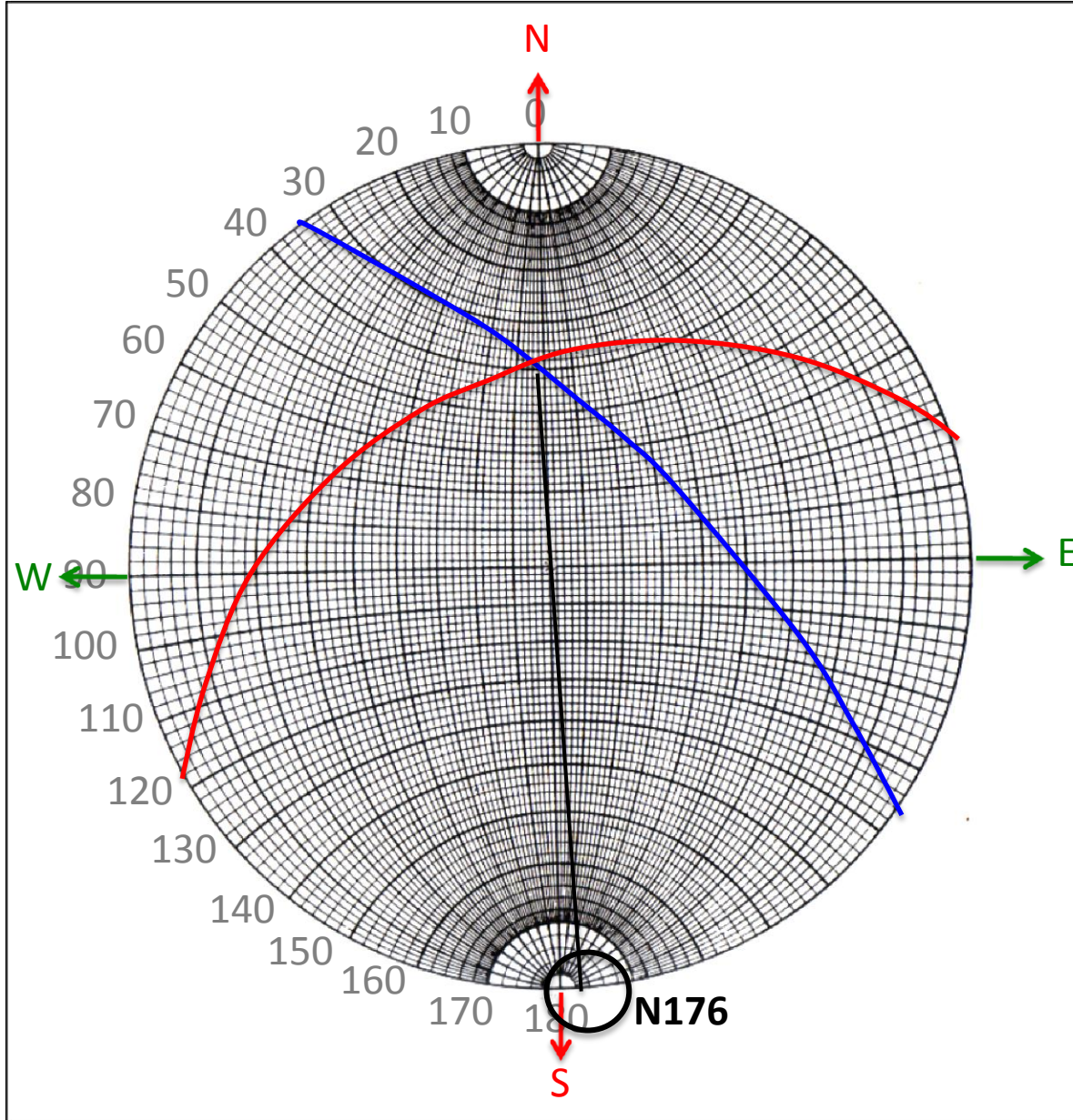
**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leurs normales ?

**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leur intersection ?





Plans **P1** et **P2**

Quelle est l'orientation de ces deux plans ?

**N72** et **N126**

Quelle est l'orientation de leurs lignes de plus grande pentes ?

**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leurs normales ?

**N150** et **N55**

Quelle est l'orientation de leur intersection ?

**N176**



### 6.1) Angle entre deux lignes

*Deux lignes dans l'espace définissent un plan, on va regarder l'angle entre ces deux droites dans ce plan.*

### 6.2) Angle entre deux plans

*Pour obtenir l'angle entre deux plans, on peut regarder l'angle qui existe entre les normales des plans.*

### 6.3) Angle entre un plan et une ligne

*L'angle entre une ligne et un plan est défini comme l'angle entre la ligne et sa projection dans le plan.*

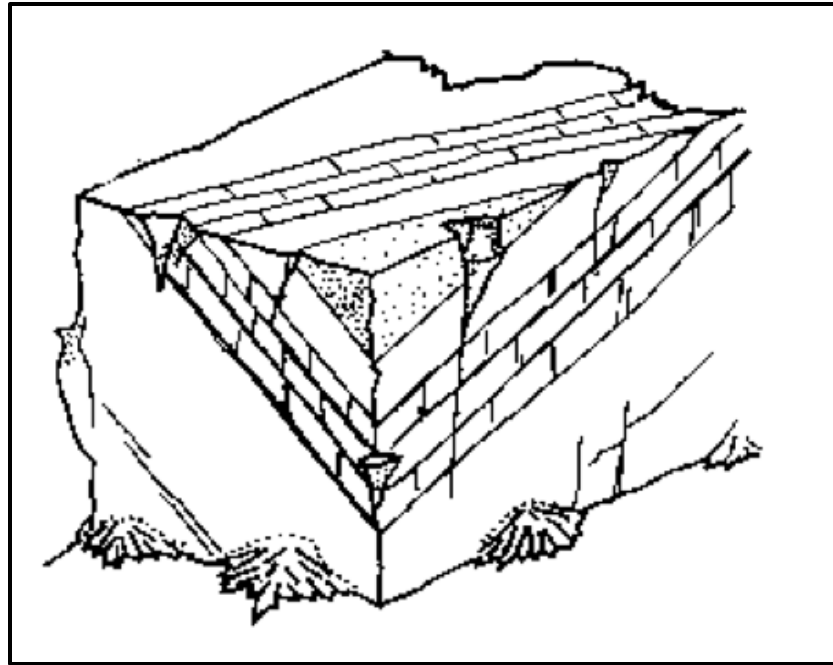
### 6.4) ***Pendage apparent et pendage réel***

*Quelle est la différence entre pendage apparent et pendage réel ? Comment retrouver un pendage réel à partir de plusieurs pendages apparents ?*

### 6.5) *Calcul de l'axe d'un pli*

*Comment retrouver l'axe d'un pli à partir de mesures de stratification et/ou de schistosités dans ses deux flancs ?*

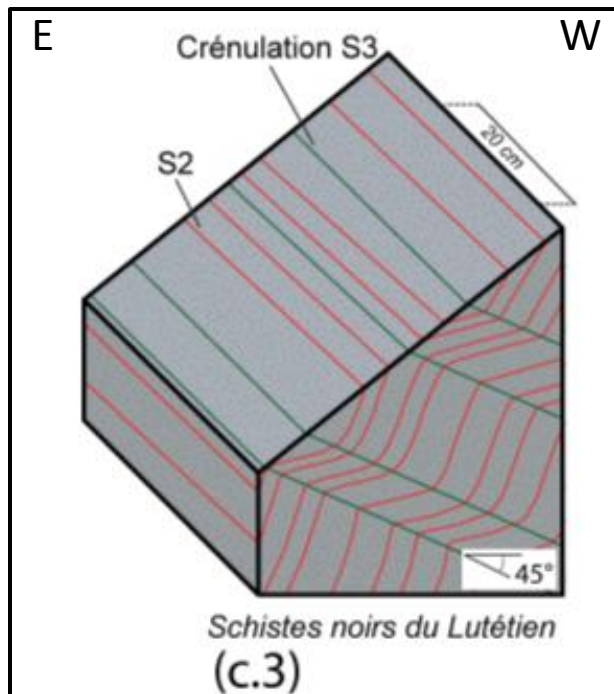


**Pendage apparent :**

- Le pendage apparent est une ligne. Il est toujours mesuré dans un plan (souvent vertical comme par exemple le mur d'une carrière).
- Pour retrouver le pendage réel du plan, il faut avoir au moins 2 pendages apparents, sans que l'orientation du plan ne change.
- On peut aussi prévoir quel sera le pendage apparent d'un plan dans un autre plan donné (l'intersection de deux plans est une ligne !!!).

**Cas n°1 :**

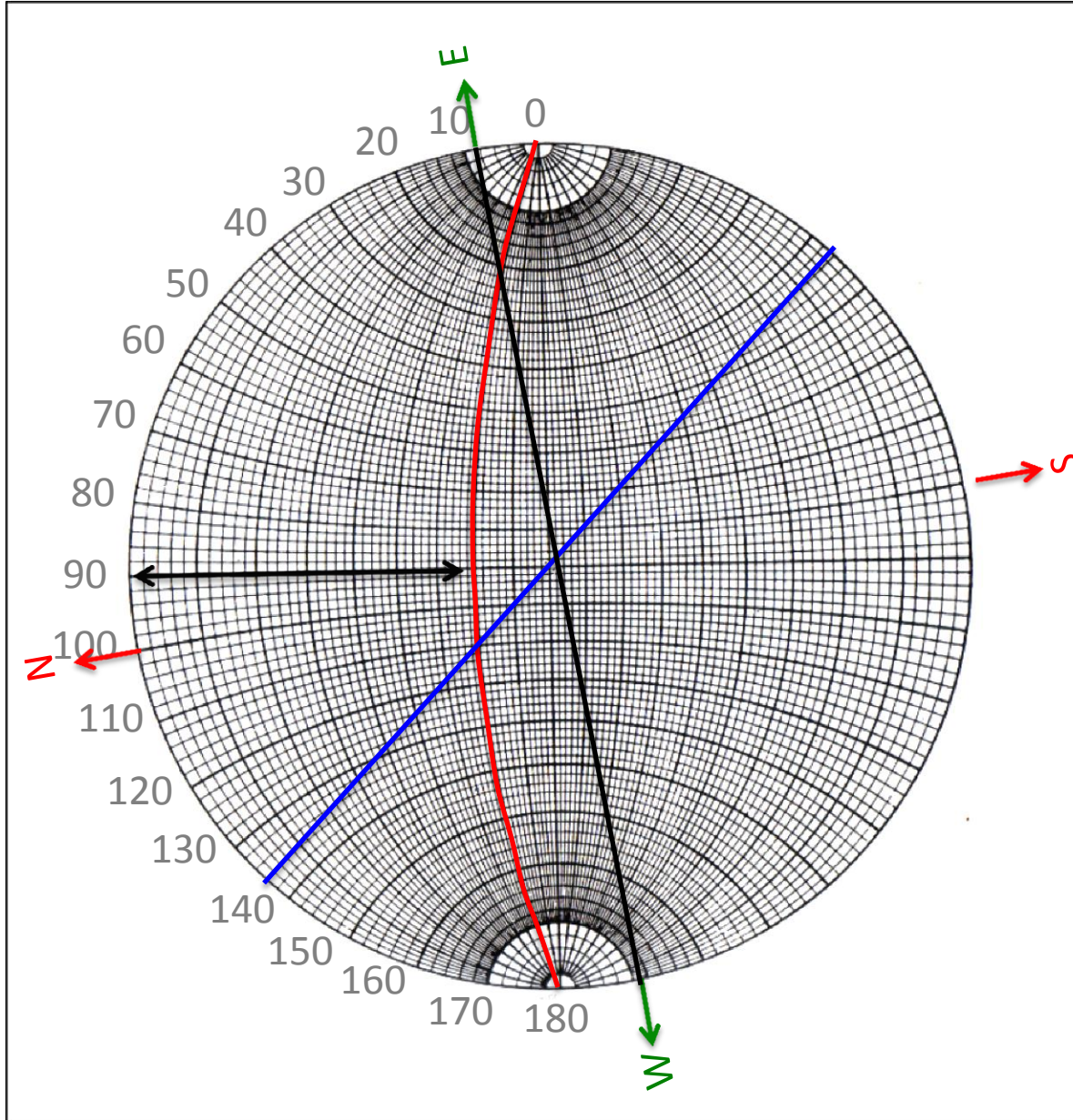
*Dans un plan d'observation N-S, la schistosité S2 et la crénulation S3 semblent parallèles, alors qu'elles ont des directions de plongement opposées*

**Cas n°2 :**

*Schistes noirs (Barême, France)*

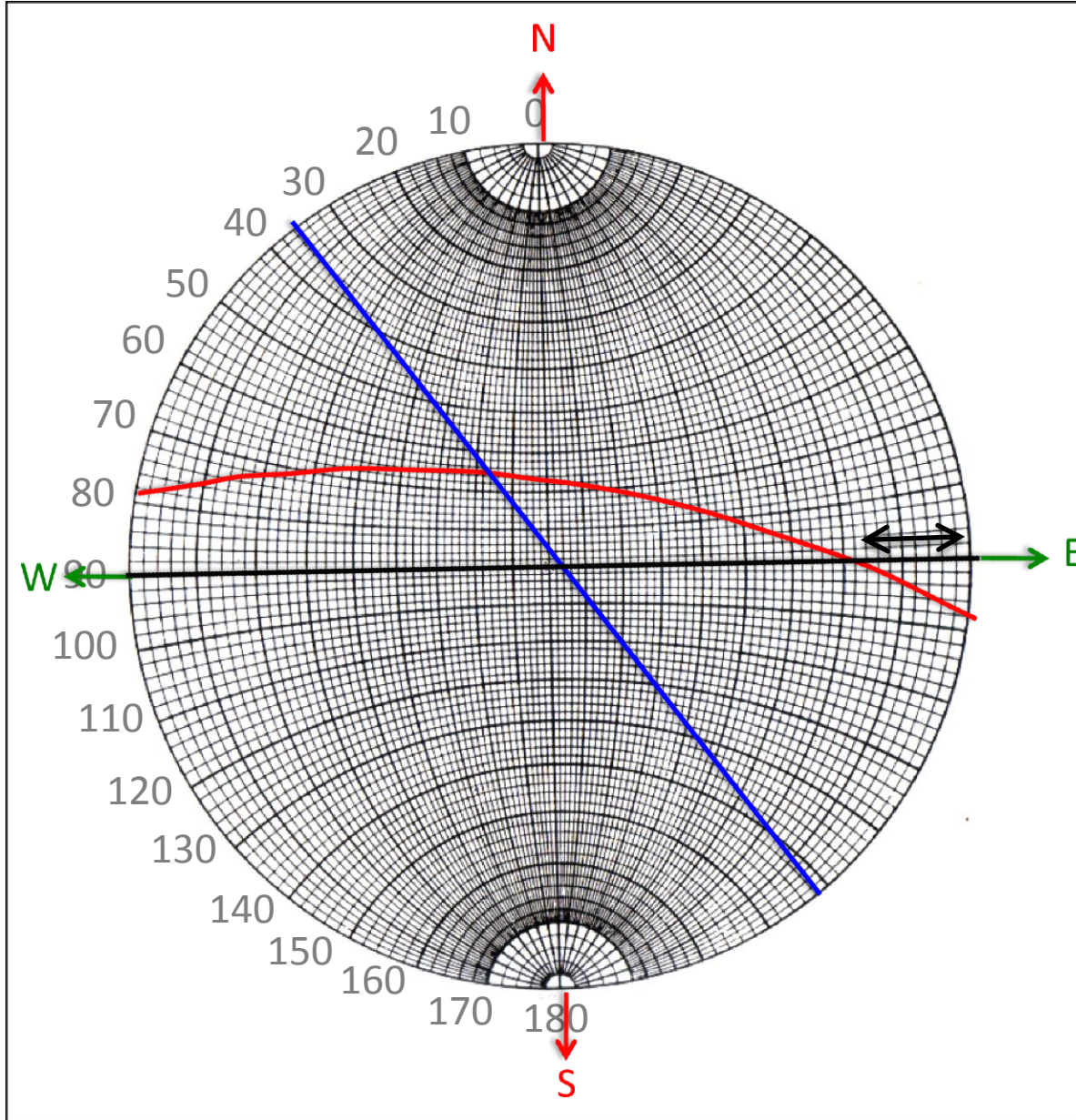
*On peut noter ici que le pendage apparent du contact stratigraphique entre les schistes noirs et les conglomérats est vers l'Est.*





On a représenté un plan de stratification orienté N100-70N et deux plans de coupes : E-W et NW-SE

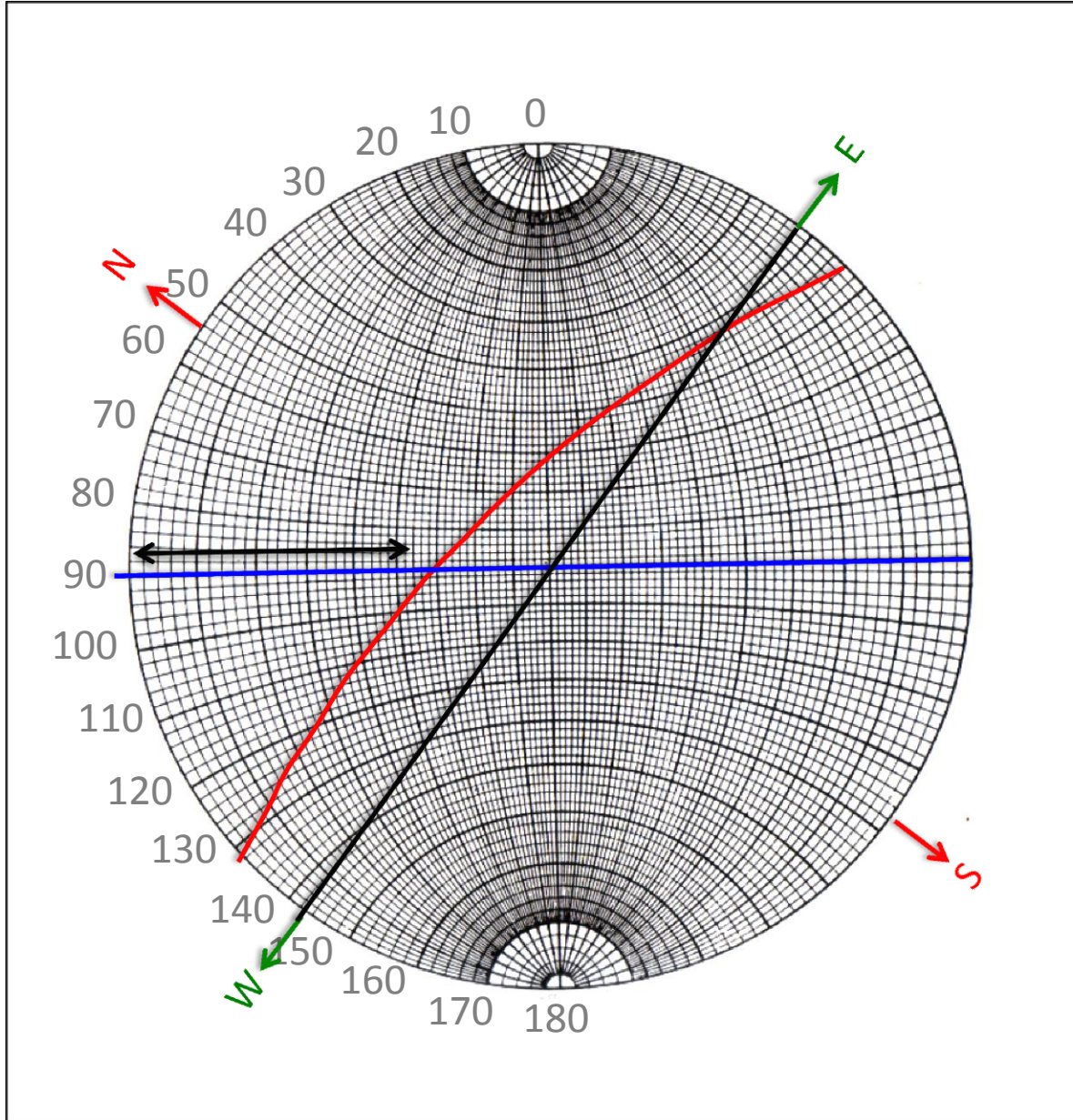
- Le pendage réel est de 70° vers le Nord



On a représenté un plan de stratification orienté N100-70N et deux plans de coupes : E-W et NW-SE

- Le pendage réel est de 70° vers le Nord
- Le pendage apparent selon une coupe E-W est de 20° vers l'Est

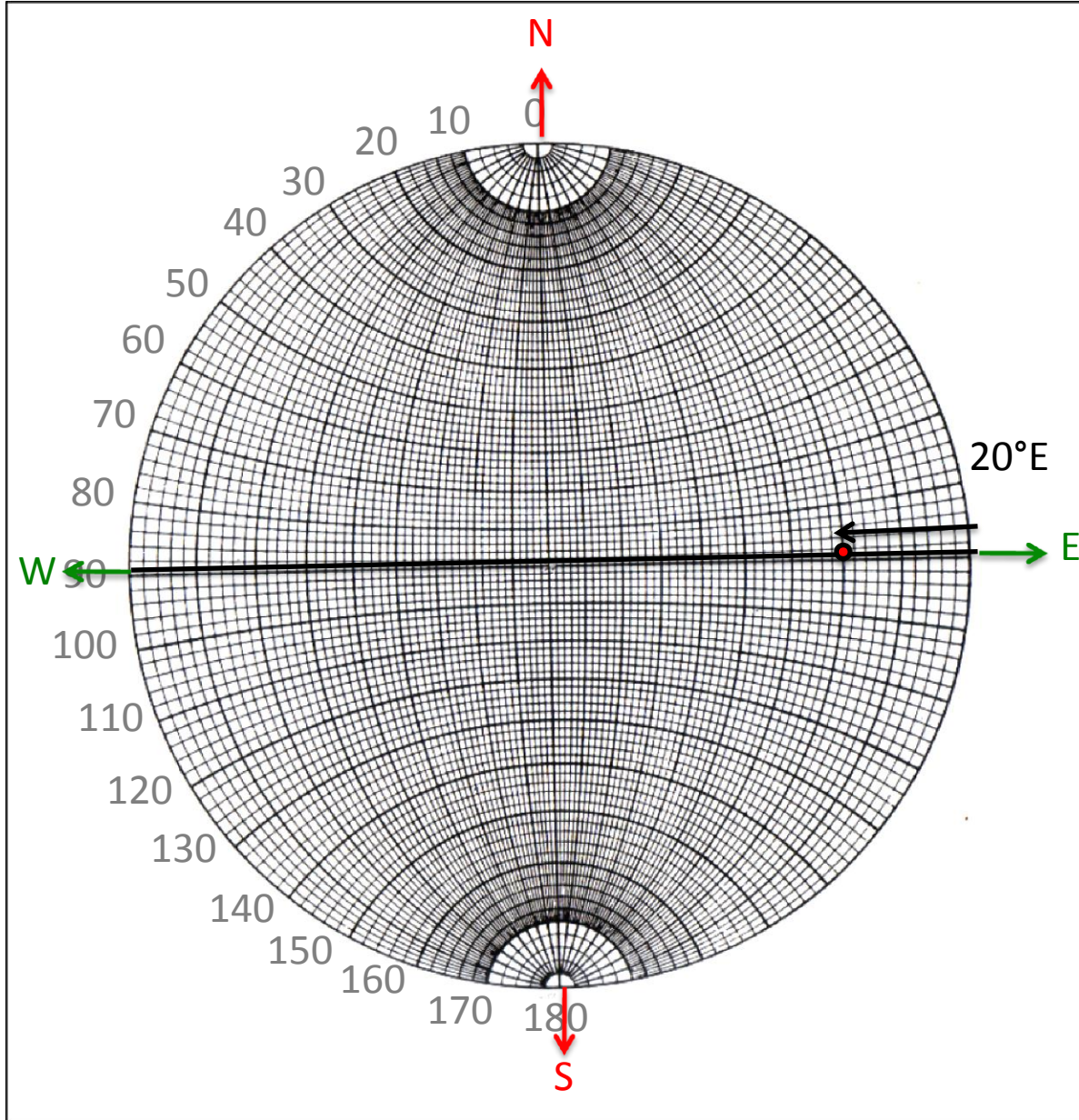




On a représenté un plan de stratification orienté N100-70N et deux plans de coupes : E-W et NW-SE

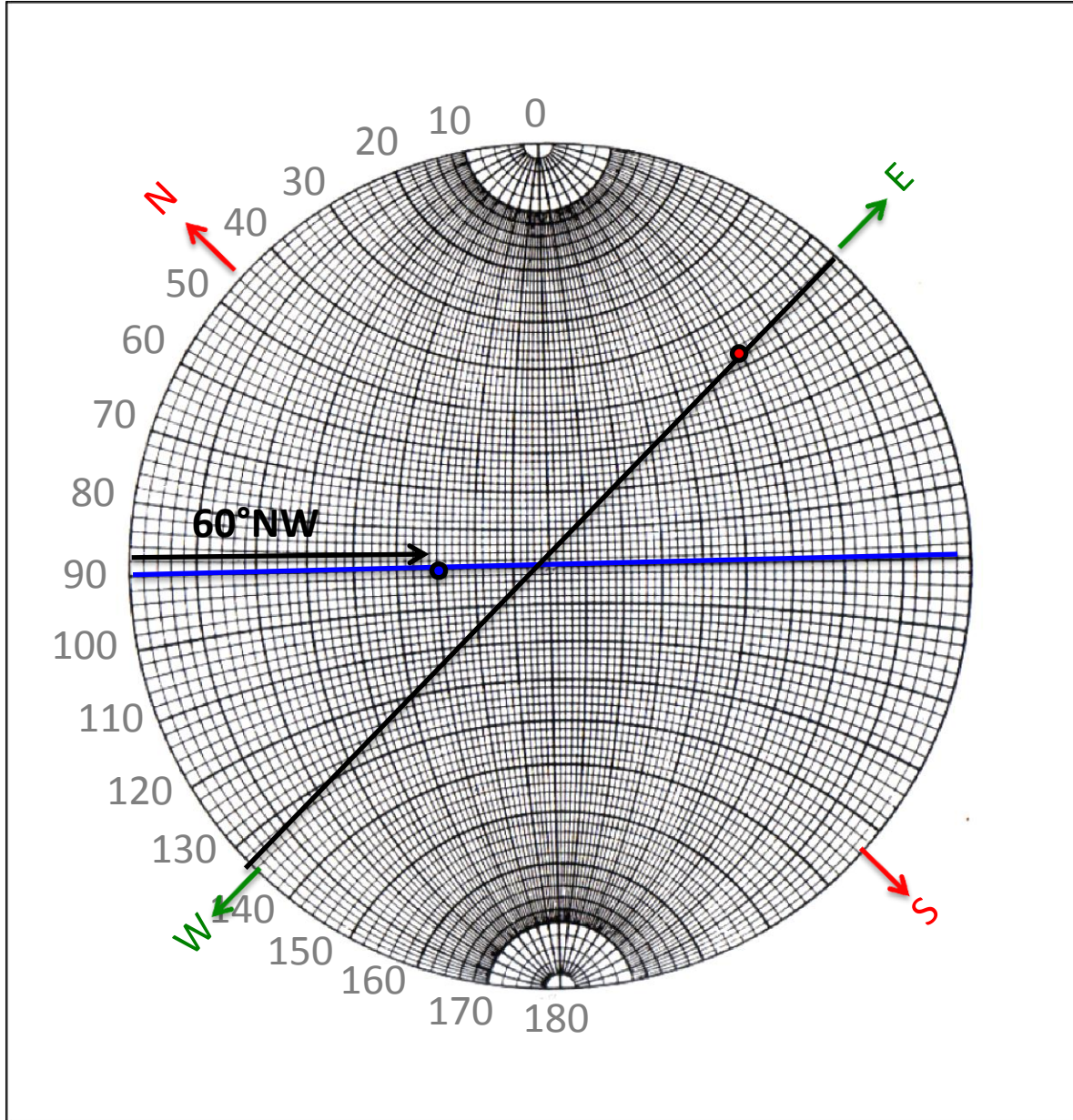
- Le pendage réel est de 70° vers le Nord
- Le pendage apparent selon une coupe E-W est de 20° vers l'Est
- Le pendage apparent selon une coupe NW-SE est de 60° NW





Comment représenter le plan à partir des deux informations de pendages apparents obtenues précédemment ?

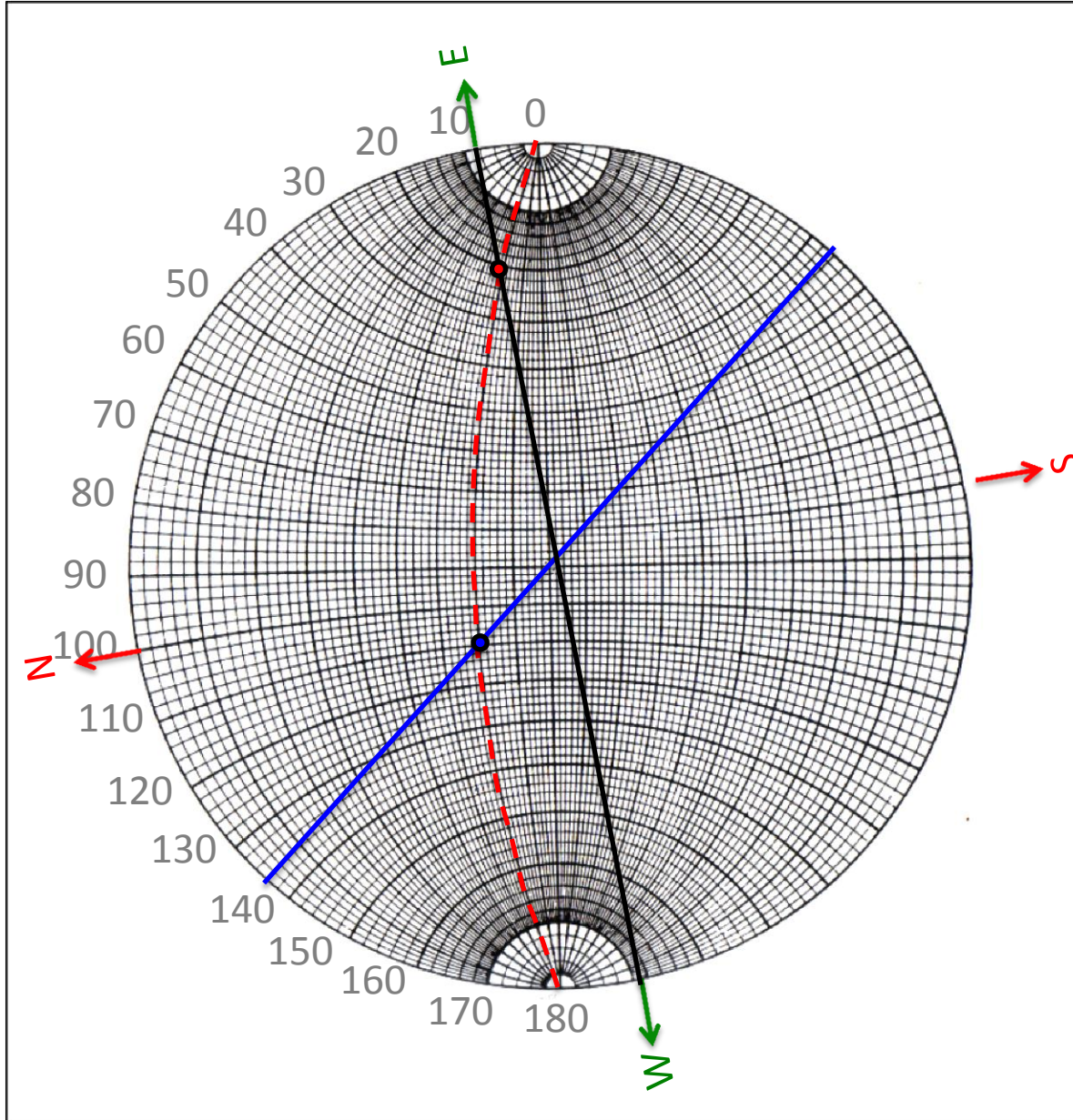
*Pendage apparent de 20°E dans un plan EW vertical et de 60°NW dans un plan NW-SE vertical.*



Comment représenter le plan à partir des deux informations de pendages apparents obtenues précédemment ?

*Pendage apparent de 20°E dans un plan EW vertical et de 60°NW dans un plan NW-SE vertical.*





Comment représenter le plan à partir des deux informations de pendages apparents obtenues précédemment ?

*Pendage apparent de 20°E dans un plan EW vertical et de 60°NW dans un plan N54 vertical.*

Il suffit de tracer les deux lignes et de chercher le plan qui les contient.



### 6.1) Angle entre deux lignes

*Deux lignes dans l'espace définissent un plan, on va regarder l'angle entre ces deux droites dans ce plan.*

### 6.2) Angle entre deux plans

*Pour obtenir l'angle entre deux plans, on peut regarder l'angle qui existe entre les normales des plans.*

### 6.3) Angle entre un plan et une ligne

*L'angle entre une ligne et un plan est défini comme l'angle entre la ligne et sa projection dans le plan.*

### 6.4) Pendage apparent et pendage réel

*Quelle est la différence entre pendage apparent et pendage réel ? Comment retrouver un pendage réel à partir de plusieurs pendages apparents ?*

### 6.5) Calcul de l'axe d'un pli

*Comment retrouver l'axe d'un pli à partir de mesures de stratification et/ou de schistosités dans ses deux flancs ?*



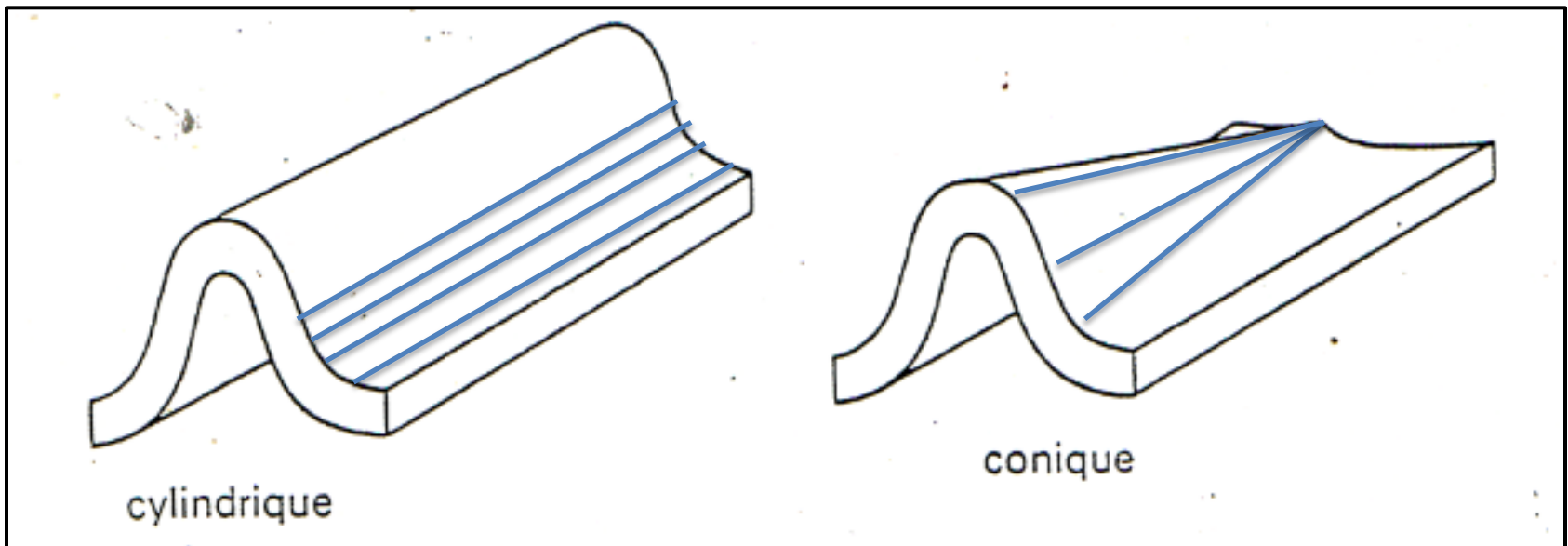
Un pli est une structure courbe issue d'une déformation ductile de la roche. La région du pli ou la courbure est maximale, est la charnière du pli. Dans le cas de roches sédimentaires, les charnières de chaque niveau stratigraphique définissent un axe de pli.



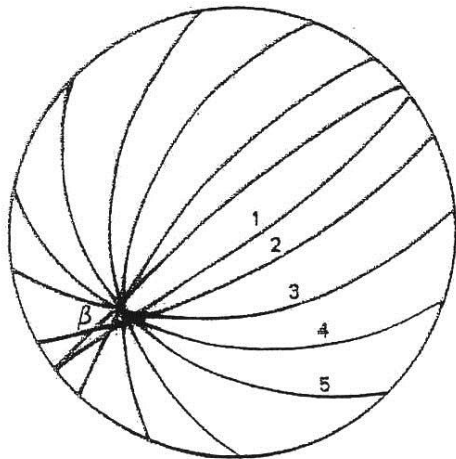
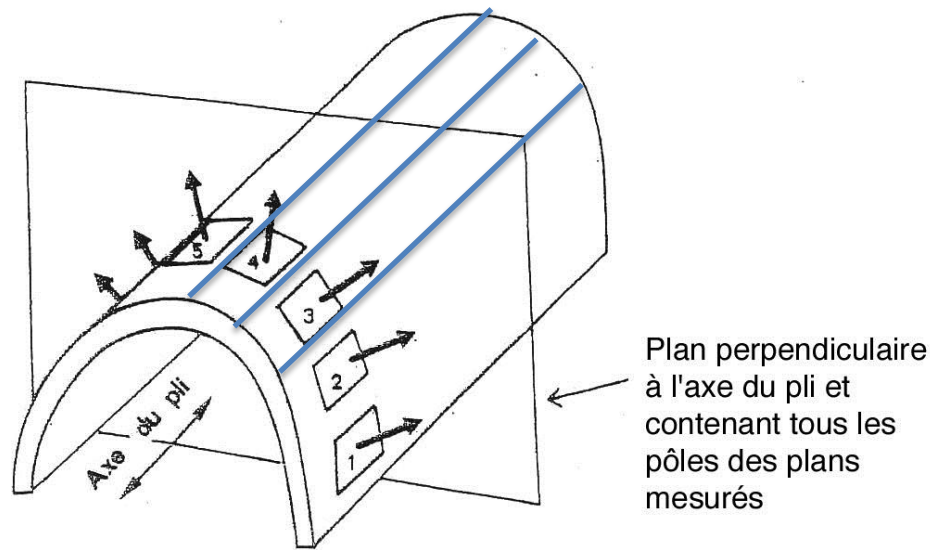
*Pli (Barême, France)*

On va distinguer deux types de plis :

- Les plis cylindriques : La forme de coupe du pli se retrouve dans toutes les sections. Les génératrices (lignes droites que l'on peut tracer sur la surface courbe) sont parallèles entre elles.
- Les plis coniques : Les génératrices convergent vers un point qui est l'endroit où se termine le pli. On parle alors de terminaison periclinale du pli.



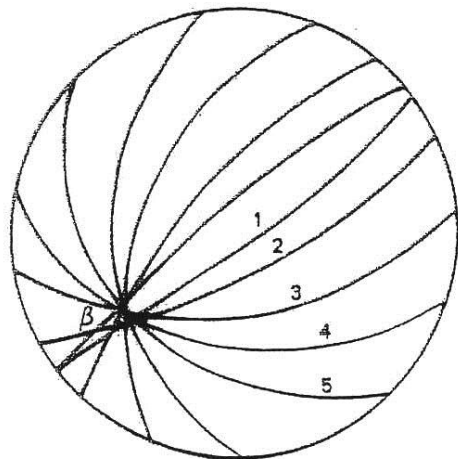
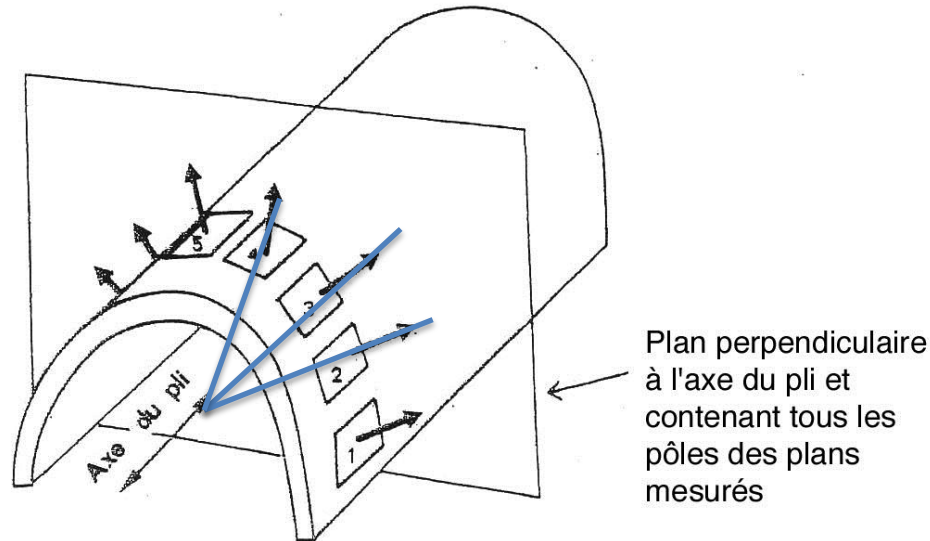




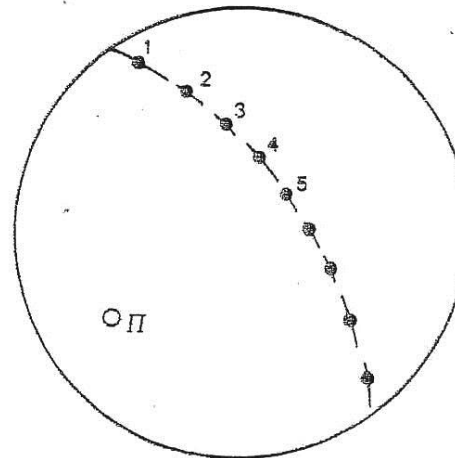
Axe du pli = intersection des traces cyclographiques

### Détermination d'un axe de pli cylindrique

*Ces deux méthodes sont valables pour des mesures de plan de stratification.*



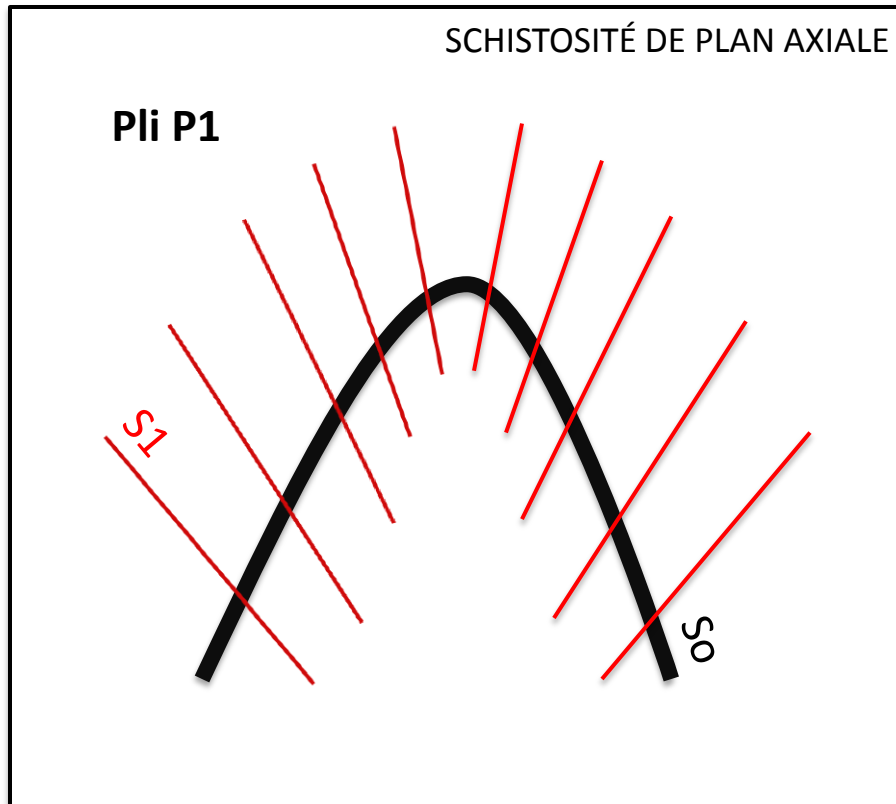
Axe du pli = intersection des traces cyclographiques



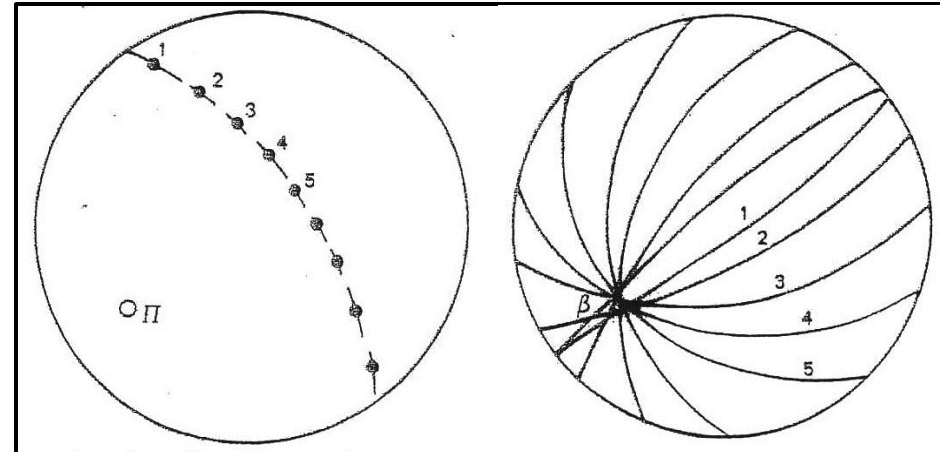
Axe du pli = pôle du grand cercle passant par tous les pôles des plans mesurés.

## Détermination d'un axe de pli cylindrique

*Ces deux méthodes sont valables pour des mesures de plan de stratification.*



### Détermination d'un axe de pli cylindrique

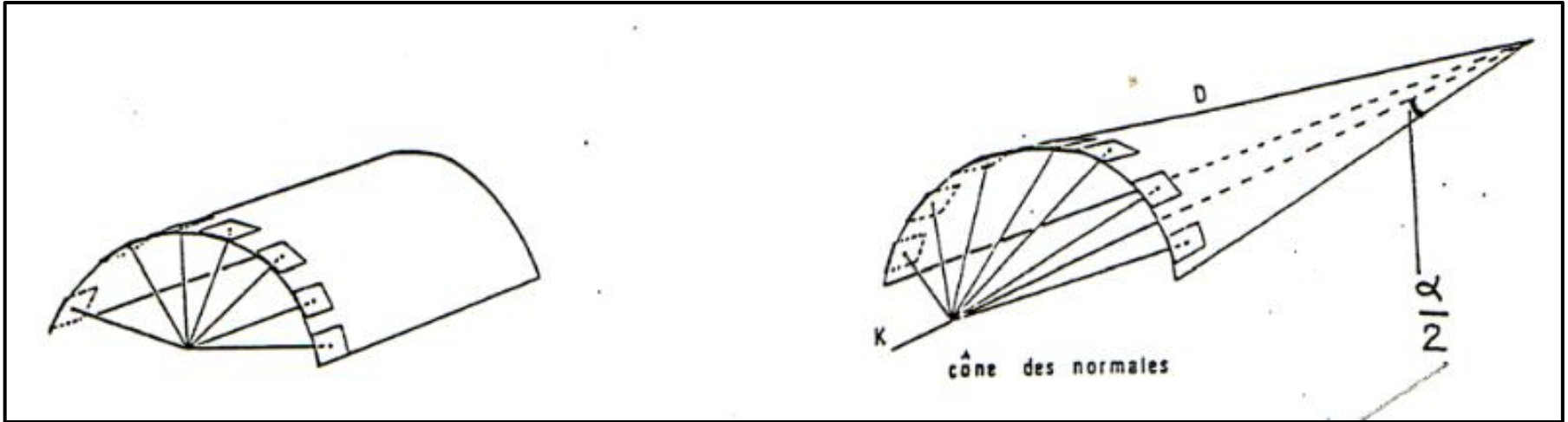


On peut faire la même opération avec une schistosité, à condition qu'elle soit bien associée au plissement.

On appelle ce type de schistosité une schistosité de plan axiale.



## Détermination d'un axe de pli conique



Les normales des plans de stratification d'un pli conique forment un cône, ce qui implique qu'ils vont s'aligner sur un petit cercle du canevas.

La ligne D, qui correspond à l'axe du pli, est située à  $90^\circ$  de ce cône.

On note que K est une ligne horizontale.

