

# Mécanique des Roches

## Chapitre II

Support de cours provisoire 4ème année

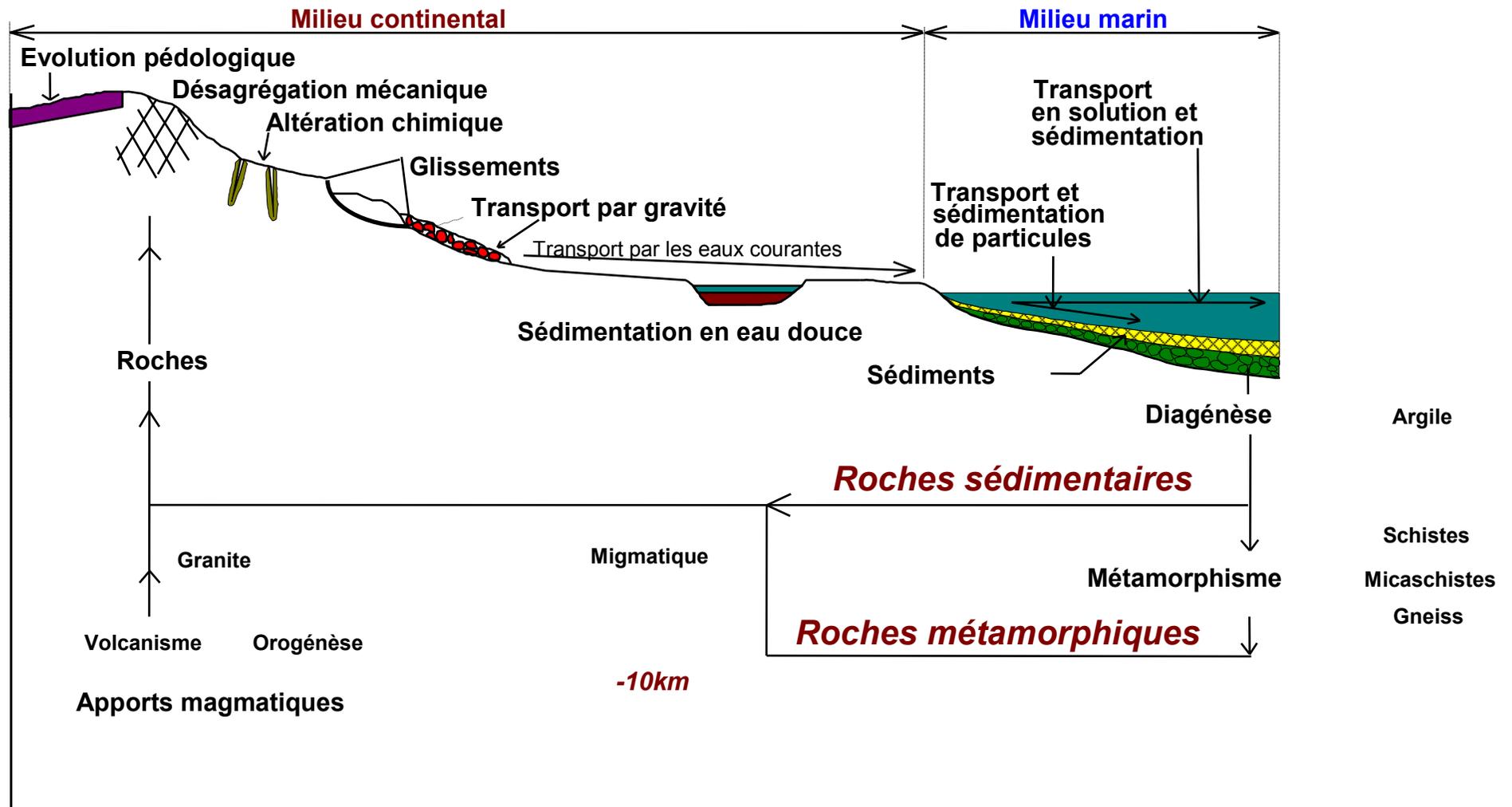
2021-2022

# Sommaire

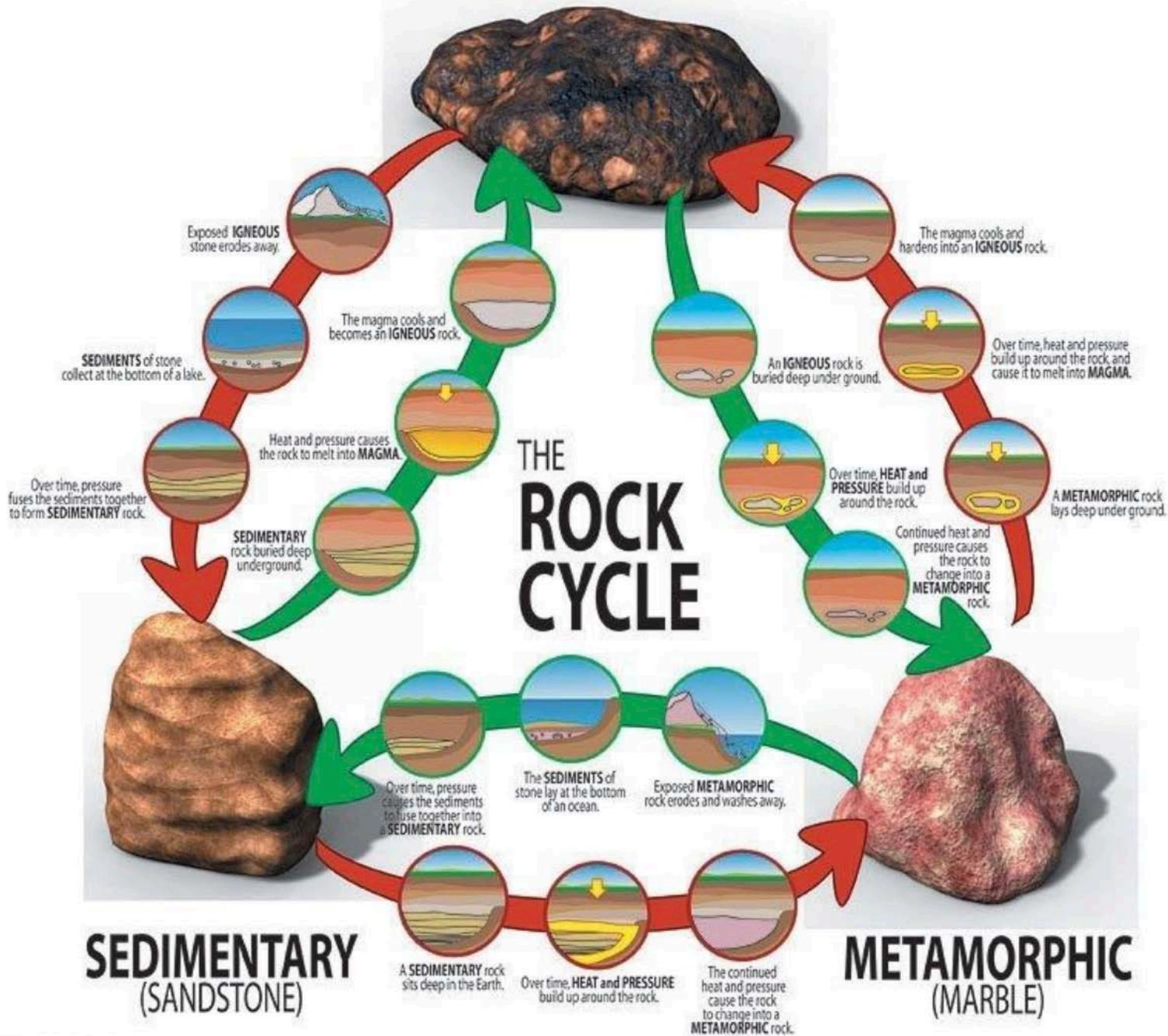
- **Introduction : roches et sols**
- **Minéraux – Roches – Massifs rocheux**
- **Panorama des problèmes de mécanique des roches**
- **Description et comportement des massifs rocheux**

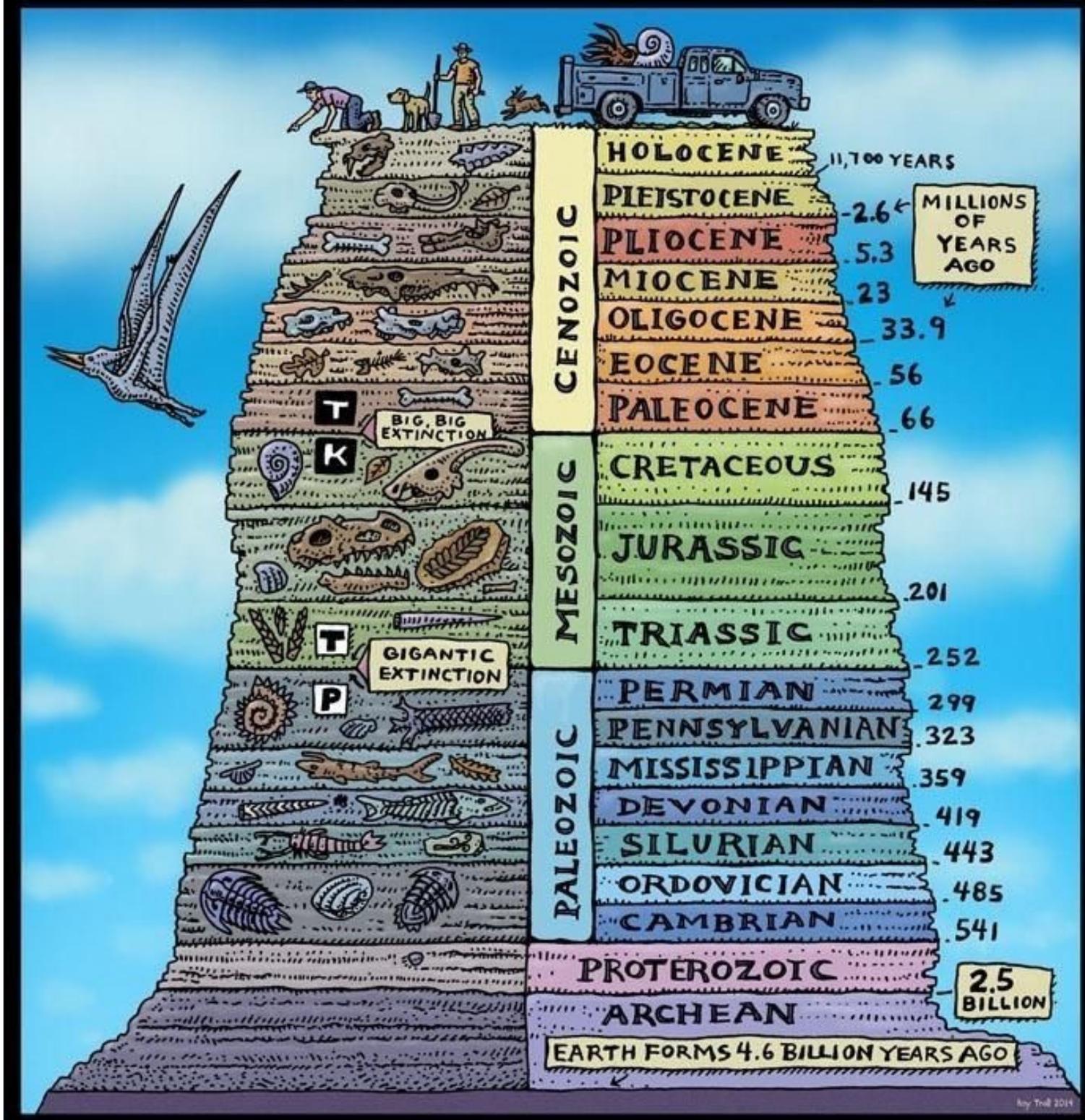
# INTRODUCTION

- Sols et roches : un passage continu

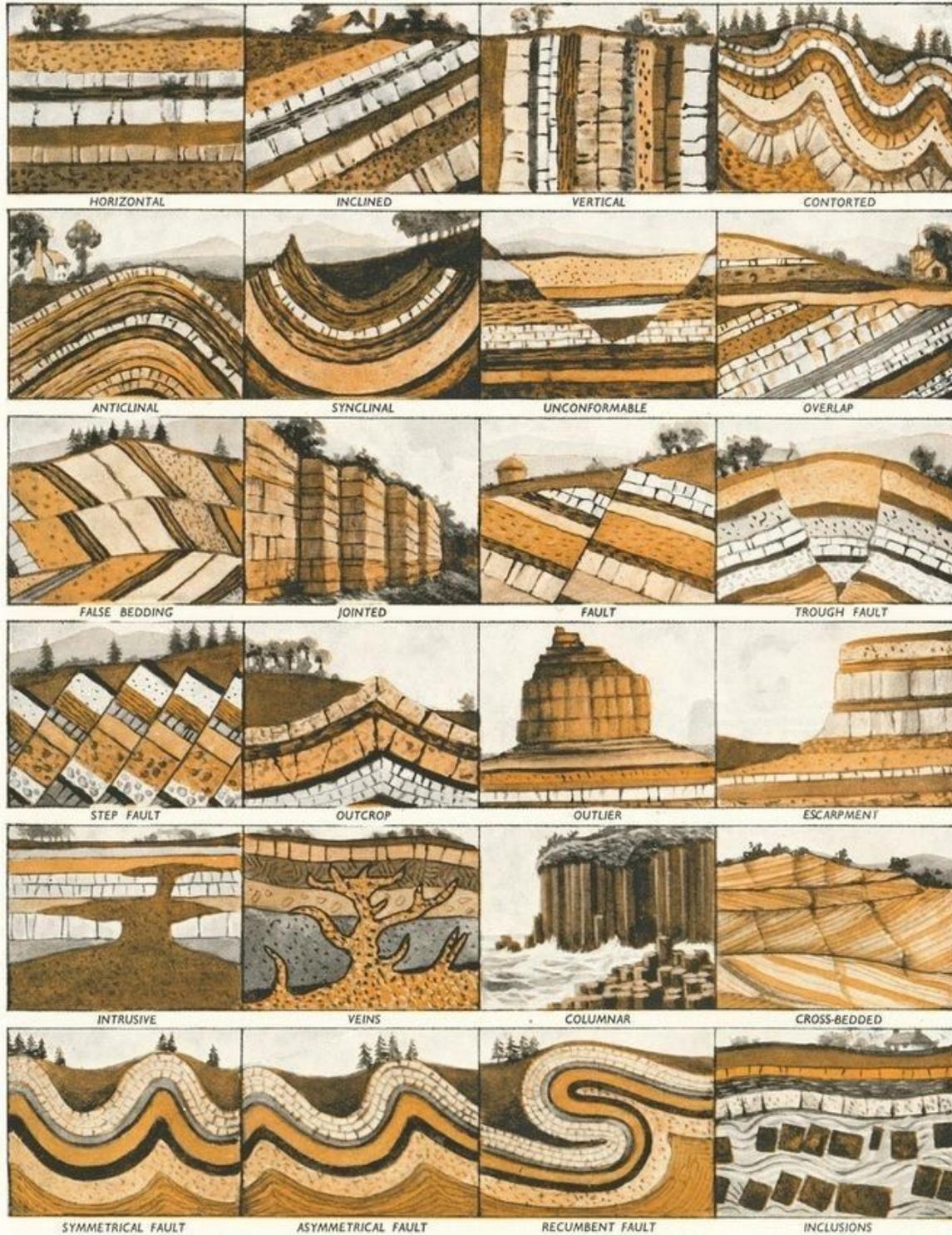


# IGNEOUS (BASALT)





# ROCK FORMATIONS



## Liens internet utiles

### - Lexique

<http://infoterre.brgm.fr/fiche-registry/thesaurus.php?ncl=litho>

[http://www.geol-alp.com/0\\_accueil/lexique.html](http://www.geol-alp.com/0_accueil/lexique.html)

### - Classification des roches

arborescence : <https://data.geoscience.fr/ncl/litho>

# Correspondances entre sols et roches

- Sols – roches sédimentaires
  - Tourbe – > lignite – charbon
  - Argile - > pépite
  - Sable – > grès
  - Cailloux et blocs - > conglomérats
- Roches d'origine chimique
  - Résidus d'altération : argile, latérite, bauxite
  - Précipitation de sels dissous : calcaire, dolomie, phosphate
  - Flocculation de colloïdes : roches ferriques, siliceuses
  - Évaporation : roches salines
- Roches métamorphiques
- Roches magmatiques

# Minéraux – roches – massifs rocheux

- **Minéraux majeurs**
  - Silicates ( $\text{SiO}_2$  +)
  - Carbonates ( $\text{CO}_3$  + Ca, Mg, Fe)
  - Sels divers ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Cl, F, S)
  - Oxydes
- **Problèmes possibles**
  - Solubilité
  - Instabilité
  - Production d'acide sulfurique
  - Faible résistance mécanique
  - Gonflement
  - Réaction avec le ciment

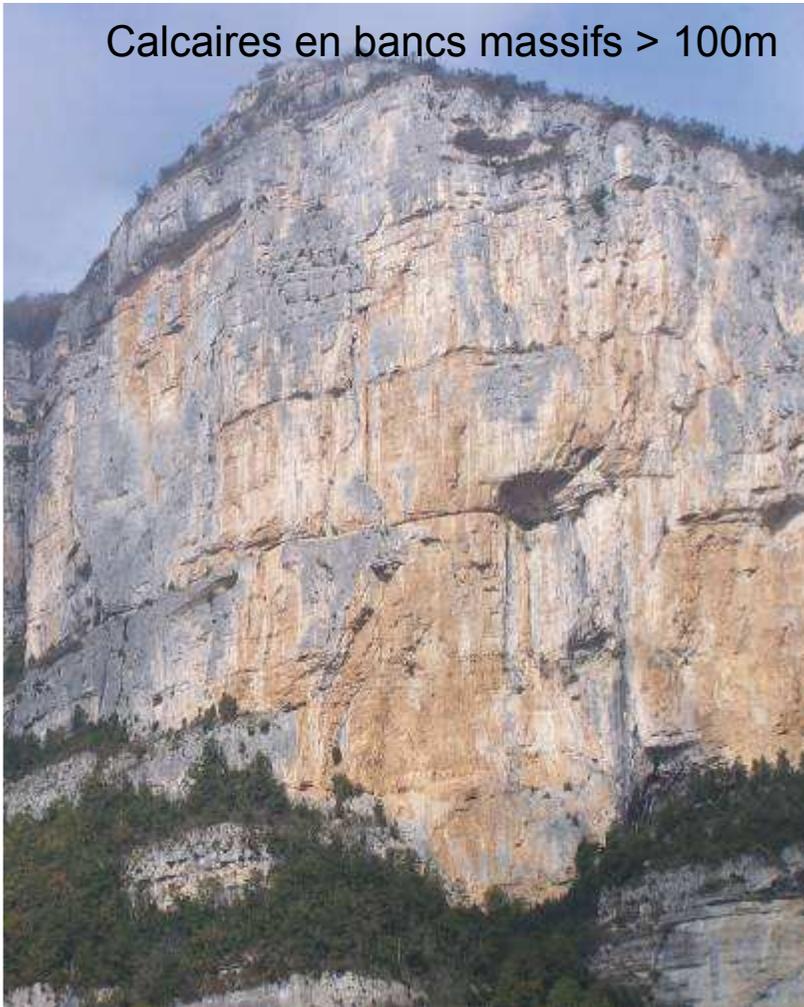
# **Quelques exemples de roches et de massifs rocheux**

- 1. Roches carbonatées**
- 2. Roches magmatiques**
- 3. Roches volcaniques**
- 4. Roches métamorphiques**
- 5. Roches détritiques consolidées**

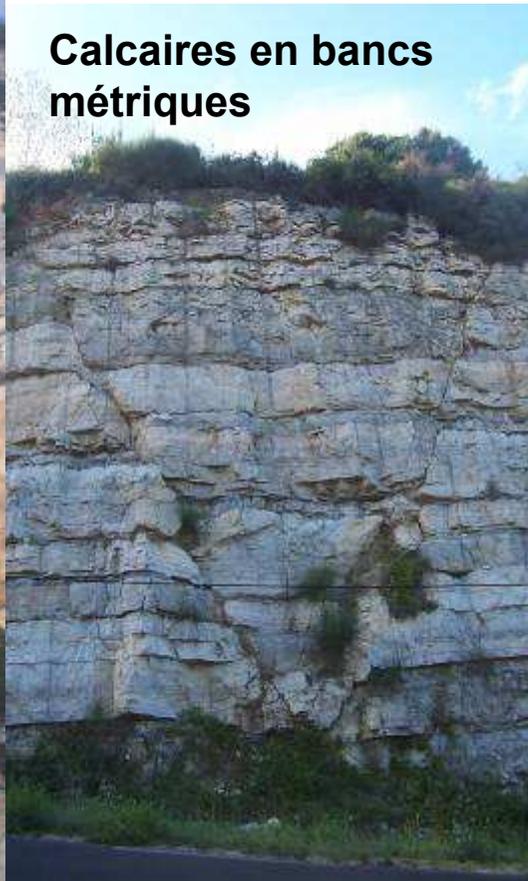
# Les roches carbonatées : calcaires et dolomies

Les calcaires et les dolomies sont des roches sédimentaires fragiles, souvent très fracturées. Elles sont constituées de bancs d'épaisseurs diverses, souvent séparés par des couches de marne ou d'argile. Les calcaires purs sont très sensibles aux phénomènes de karstification.

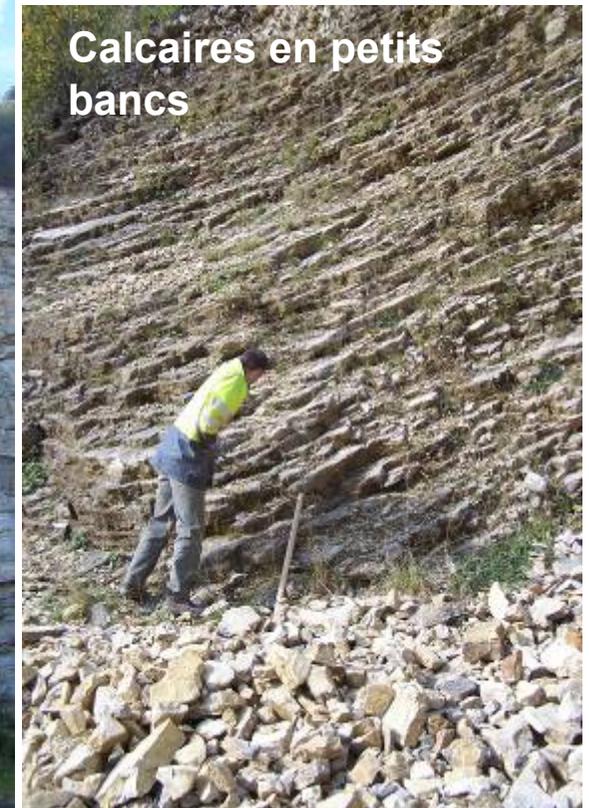
Calcaires en bancs massifs > 100m



Calcaires en bancs métriques

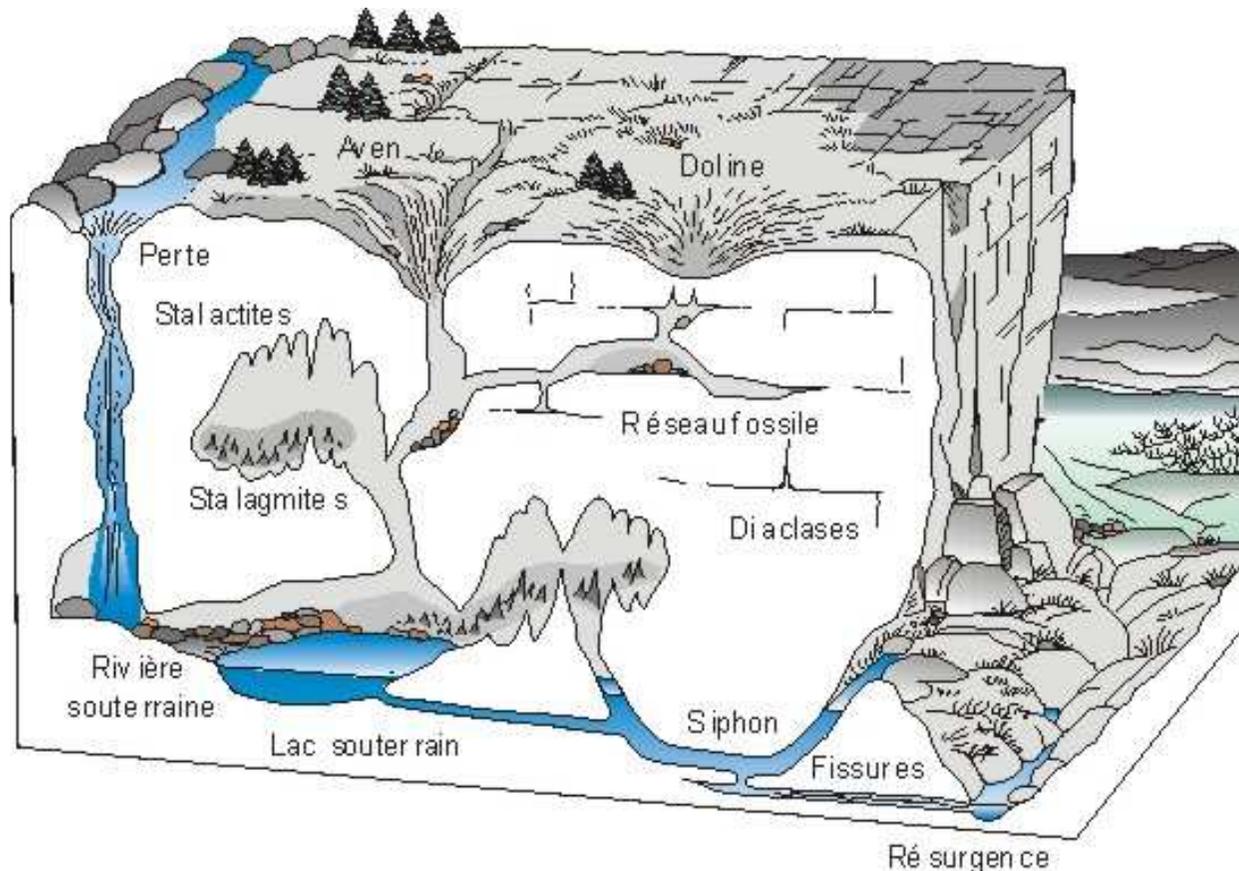


Calcaires en petits bancs

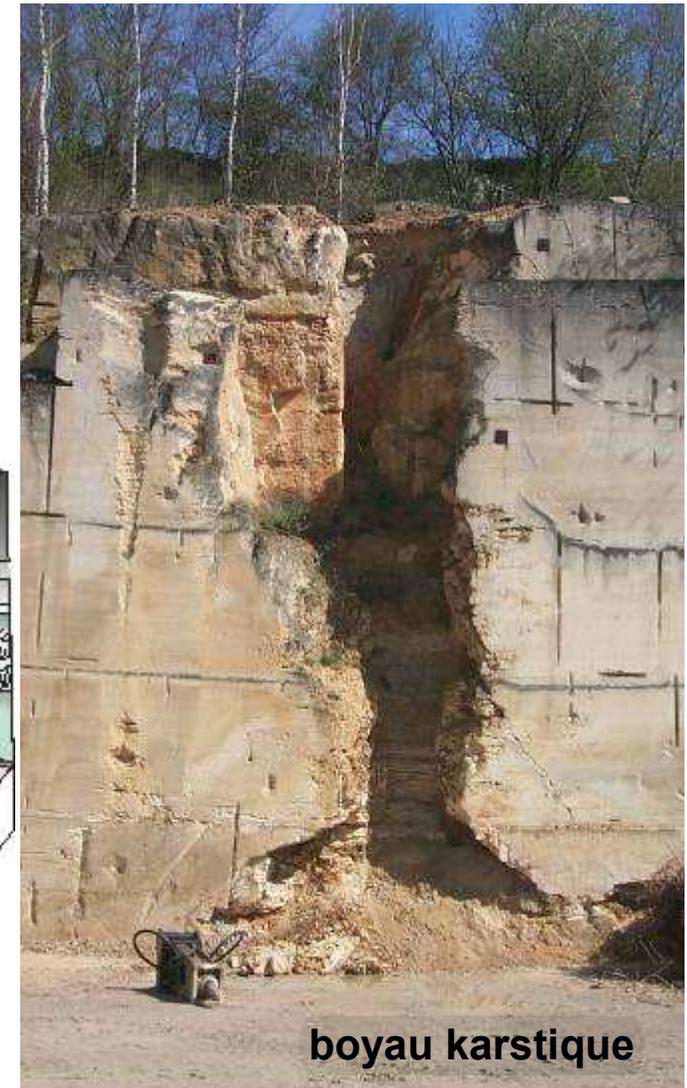


# Les roches carbonatées

La roche peut se révéler très hétérogène avec successions de cavités vides ou colmatées d'argile, de brèches argileuses le long des plans de fractures, avec le risque supplémentaire de venues d'eau



Les conduits ou cavités karstiques peuvent être vides ou colmatés.



boyau karstique

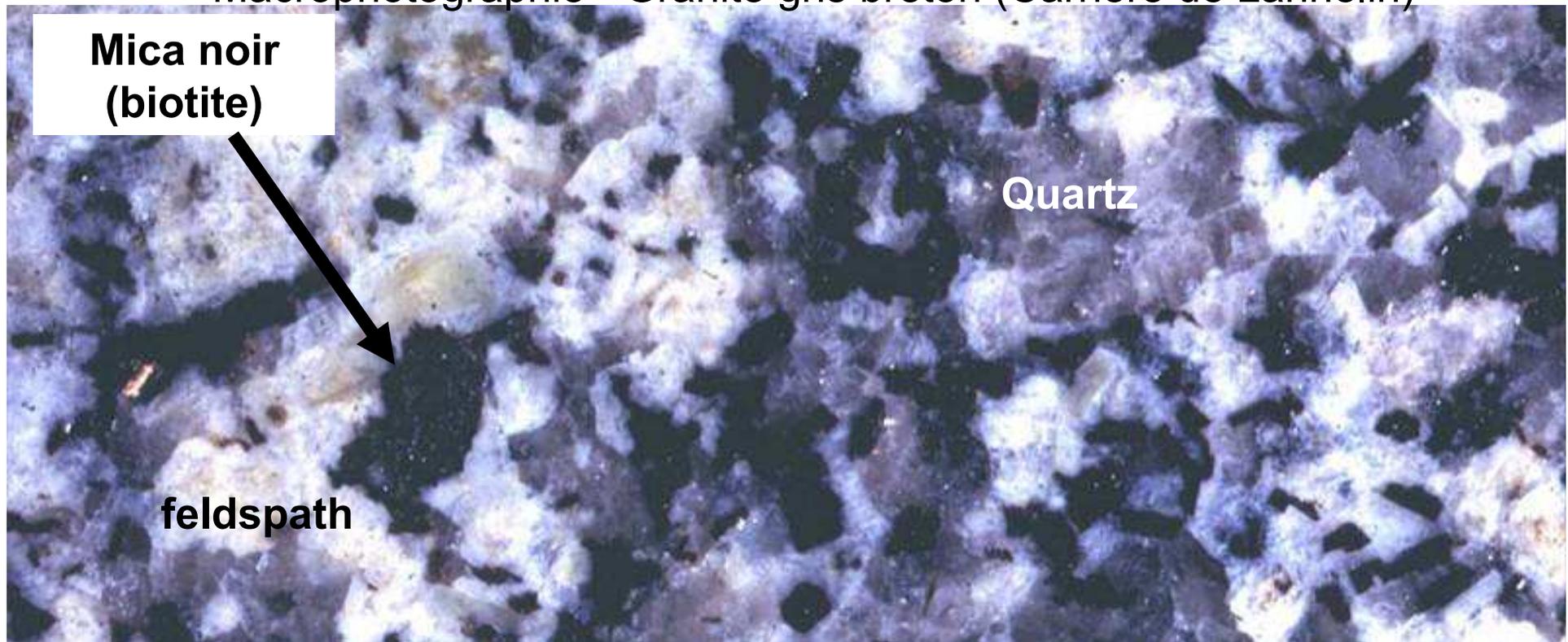


Calcaires et marnes plus ou moins argileuses

## Les roches magmatiques : le granite

- Roche magmatique la plus commune à la surface de la terre.
- Roche massive, isotrope par constitution ou faiblement anisotrope.
- Souvent d'énormes surfaces sur de très grandes épaisseurs.
- Anisotropie structurale due à la fracturation : contemporaine du refroidissement, mais surtout d'origine tectonique.
- Altération : sensible au voisinage de la surface ou des grandes failles.

Macrophotographie - Granite gris breton (Carrière de Lanhélin)



# L'altération du granite

De gauche à droite, différents stades de l'altération du granite.



**granite sain** parcouru de diaclases fines délimitant des blocs anguleux

**granite « pourri »**, en voie de désagrégation, aux diaclases élargies et aux surfaces molles,

**arène granitique** d'où émergent quelques boules de granite

# Les roches volcaniques

- Grain beaucoup plus fin que celui du granite.
- Moins sensibles à l'altération.
- Roches extrêmement dures, en général.
- Les roches volcaniques sont souvent riches en discontinuités : fissures de refroidissement, coulées séparées souvent par des scories et des paléosols, diaclases, failles et joints divers dus à la tectonique, intrusions de magma (dykes et sills).



Orgues ou colonnes prismatiques de basalte



Musée de Washington

# Influence de la formation du massif



Coulées massives

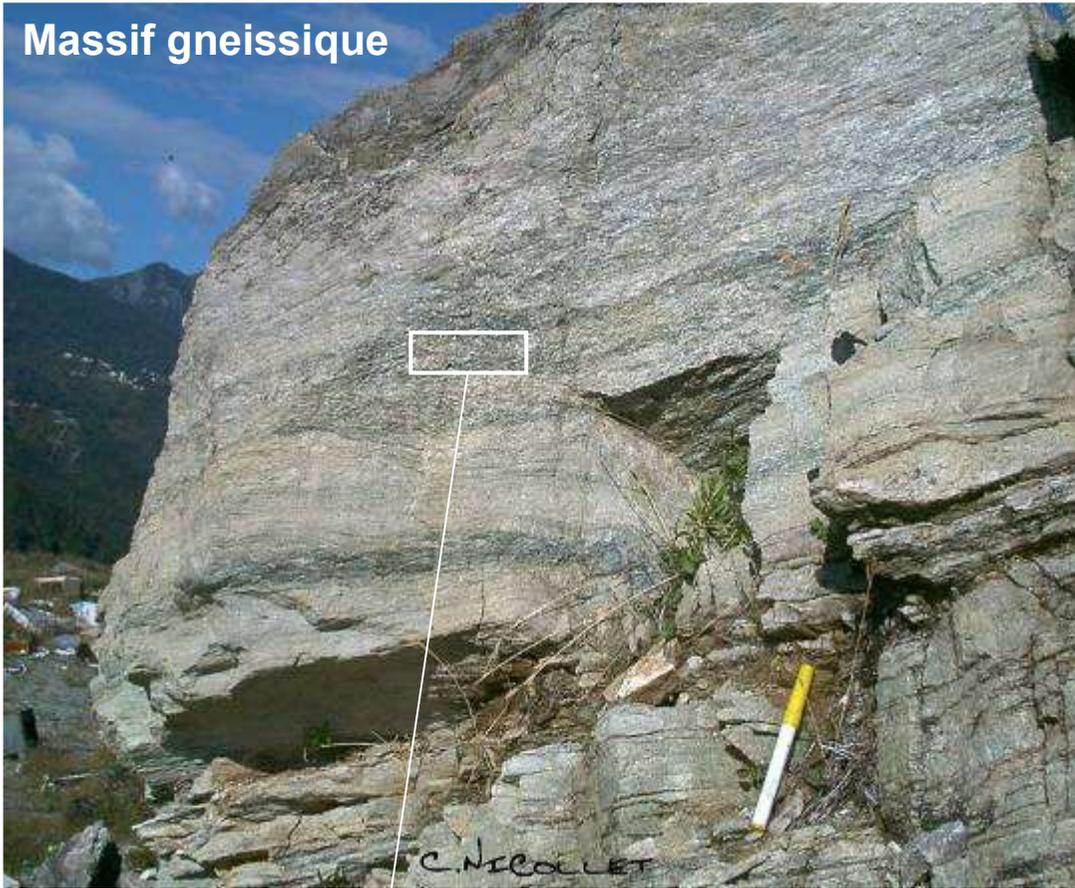


Empilement de coulées  
métriques

# Les roches métamorphiques

- Les gneiss, en dehors d'une anisotropie de constitution plus forte que dans le cas des granites, présentent à peu près les mêmes propriétés.
- Dans les micaschistes, le clivage schisteux facilite l'altération en fonction de son orientation par rapport à la surface topographique. L'altération argileuse est plus fréquente le long des plans de discontinuité.

Massif gneissique

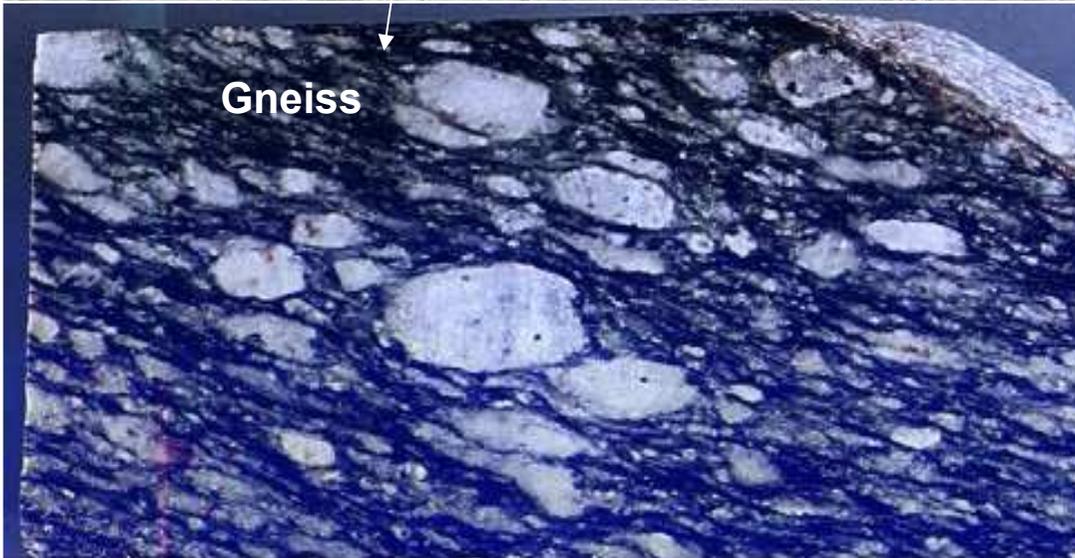


Les roches métamorphiques

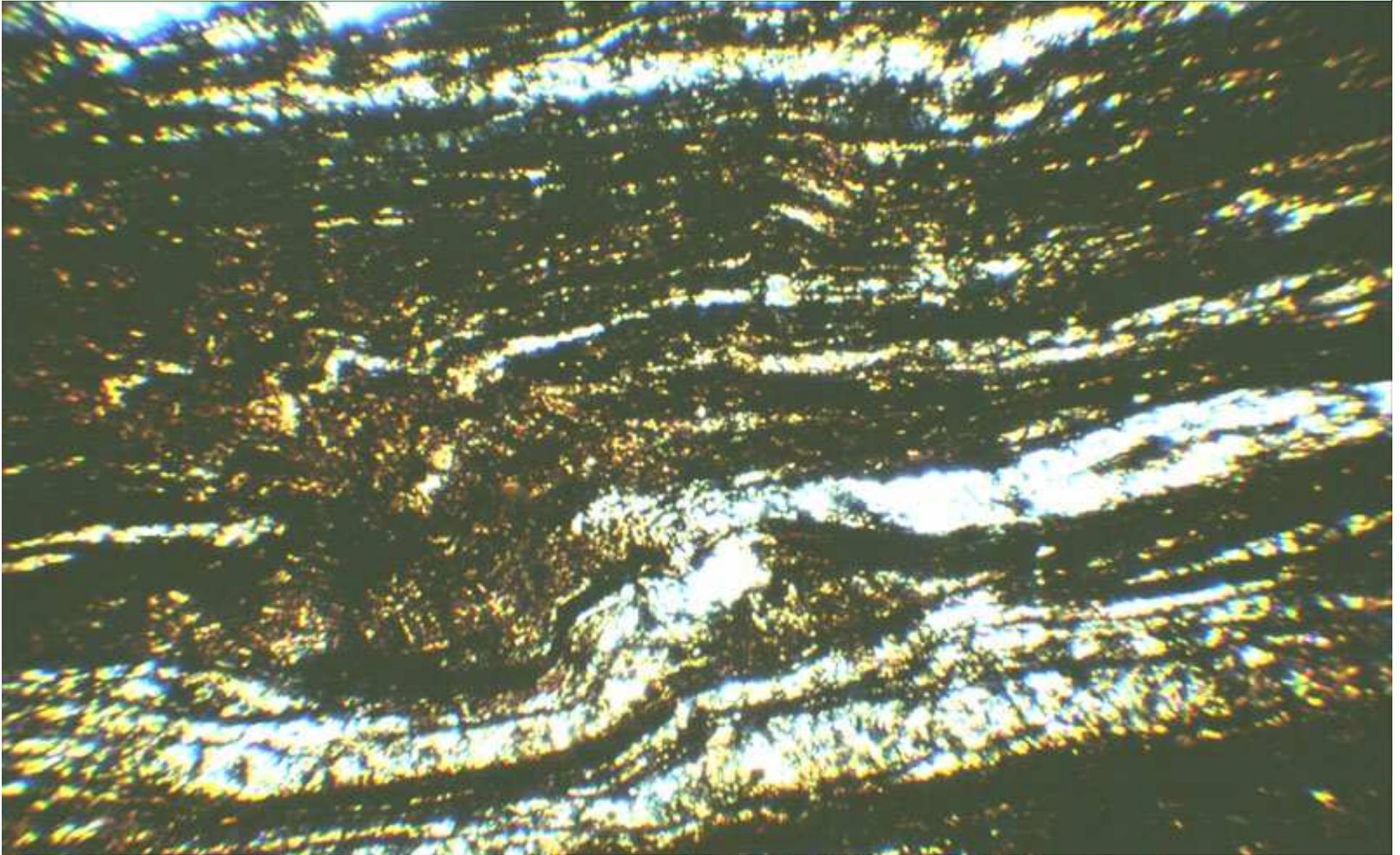
Schiste



Gneiss



## Calcschiste de Mont Cenis (tunnel du Fréjus - Savoie)



**Le litage alterné de calcite et de micas détermine un plan de faible cisaillement et une forte anisotropie du comportement de la roche**



**Schistes en cours d'altération**

# Les roches détritiques consolidées

- Les roches détritiques comprennent : des roches finement détritiques (grès divers) et des roches grossièrement détritiques (conglomérats et brèches).
- Les roches grossièrement détritiques, conglomérats ou brèches, bien cimentées, présentent surtout des difficultés dues à l'hétérogénéité de leurs constituants, dans ce cas on note une forte anisotropie de constitution du matériau : blocs de calcaires, de dolomies, de granite, de quartzite dans une matrice.



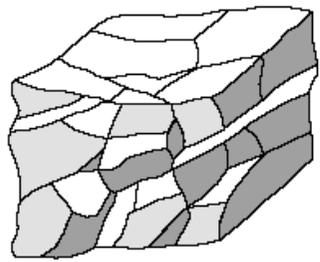
**Grès**



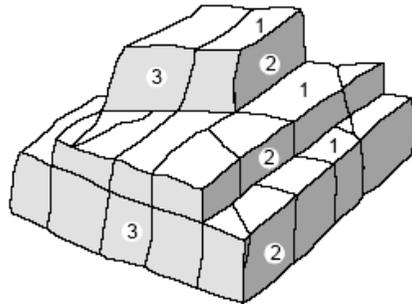
**Poudingue**



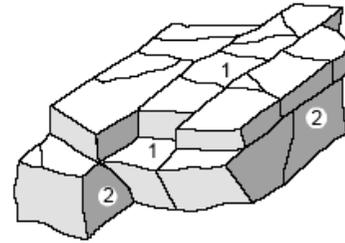
**Brèche de Valfleury (42)**



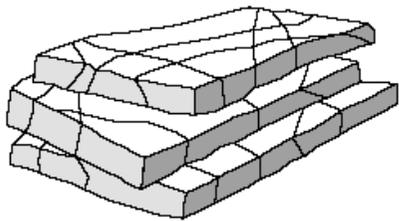
Polyhedral blocks



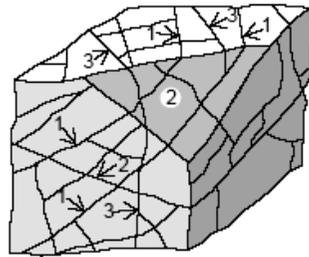
Equidimensional blocks



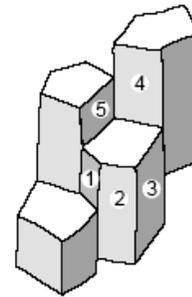
Prismatic blocks



Tabular blocks



Rhombohedral blocks

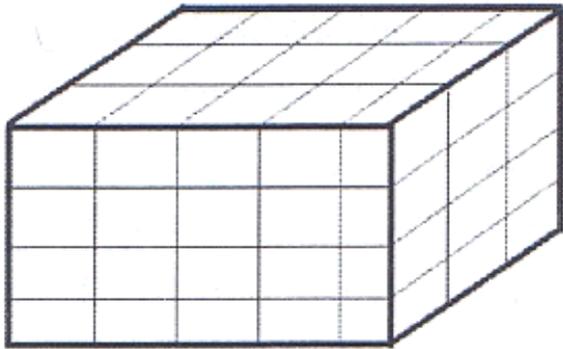


Columnar blocks

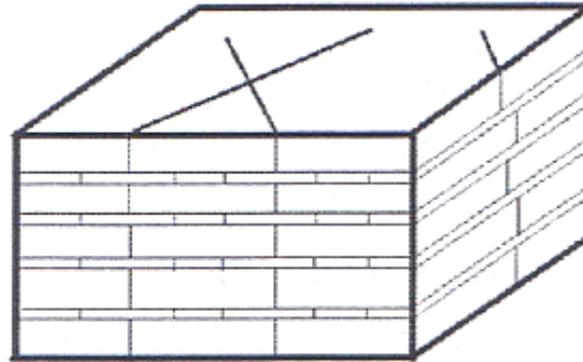
*Différentes structures géométriques de massifs rocheux fracturés (cité par Palmström [1995])*

En résumé, nous distinguons les massifs à blocs polyédriques, équidimensionnels, prismatiques ou en colonnes, les massifs à bancs minces dont l'épaisseur est moins épaisse que la longueur et les massifs comprenant plusieurs familles de fractures. Nous pouvons classer les massifs rocheux selon leur degré de fracturation et répartition des discontinuités.

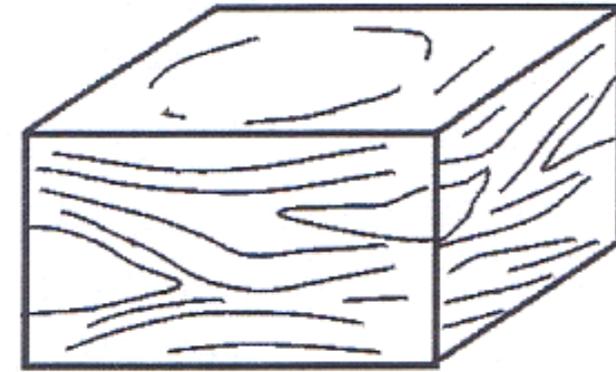
Le Manuel de Mécanique de Roche (CFMR-MMR [2000]) propose les trois modèles géométriques principaux suivants classés selon les familles de discontinuités



a- Roche massive à trois familles grossièrement équivalentes



b- Massif rocheux stratifié ou schisteux à une famille prépondérante



c- Roche écrasée ou schiste froissé où la famille prépondérante est largement dispersée

*Types de structures des massifs rocheux et représentations statistiques correspondantes (CFMR-MMR [2000])*

# **Panorama des problèmes de mécanique des roches**

**Talus rocheux des bords de routes**

**Falaises**

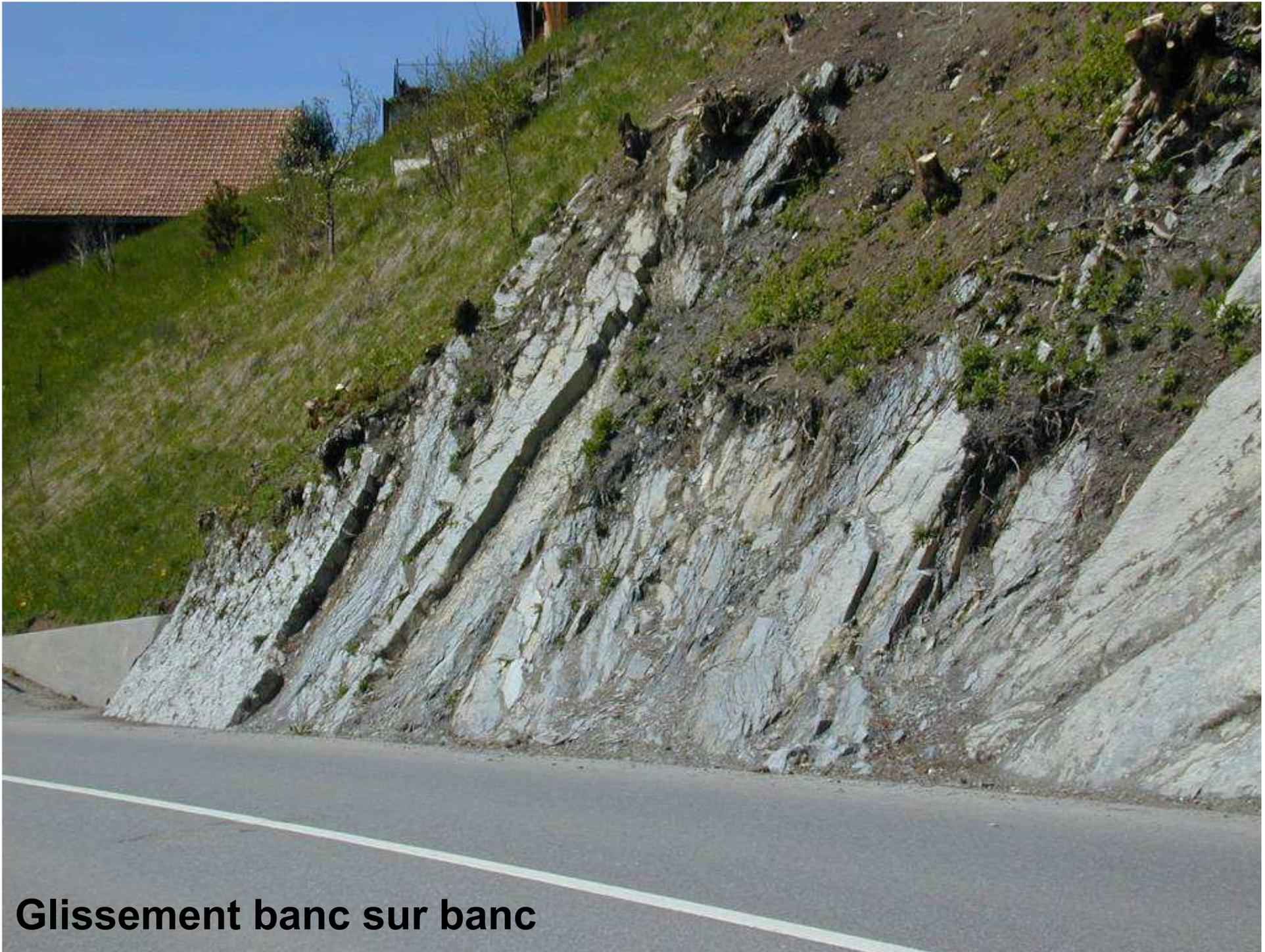
**Fondations sur massifs rocheux**

**Barrages**

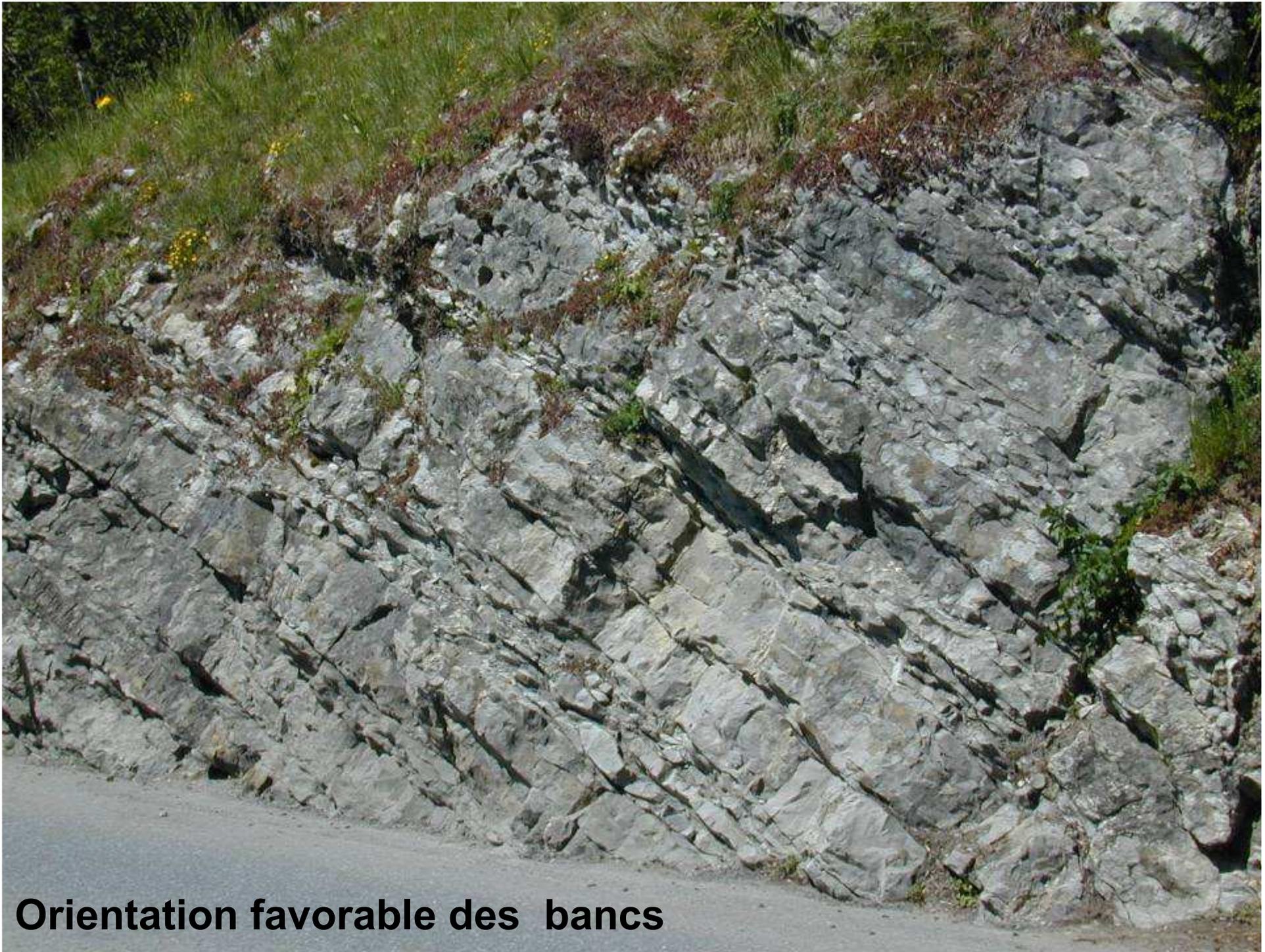
**Ouvrages souterrains (tunnels, carrières)**

**Grands glissements/éboulements rocheux**

**Évolution des matériaux rocheux**



**Glissement banc sur banc**



**Orientation favorable des bancs**



**Chutes de pierres : protection par filets (grillage)**



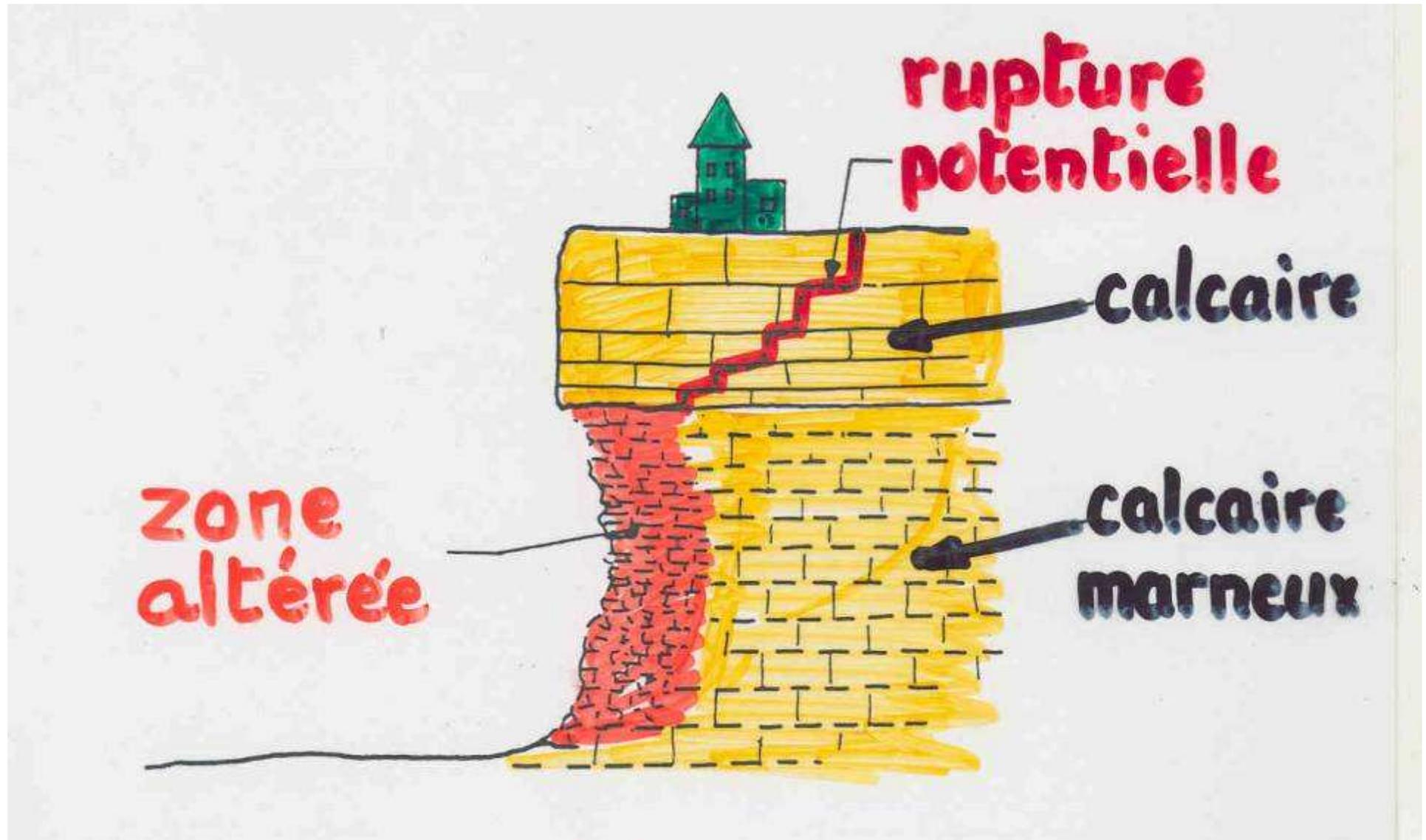
**Stabilité de falaises**



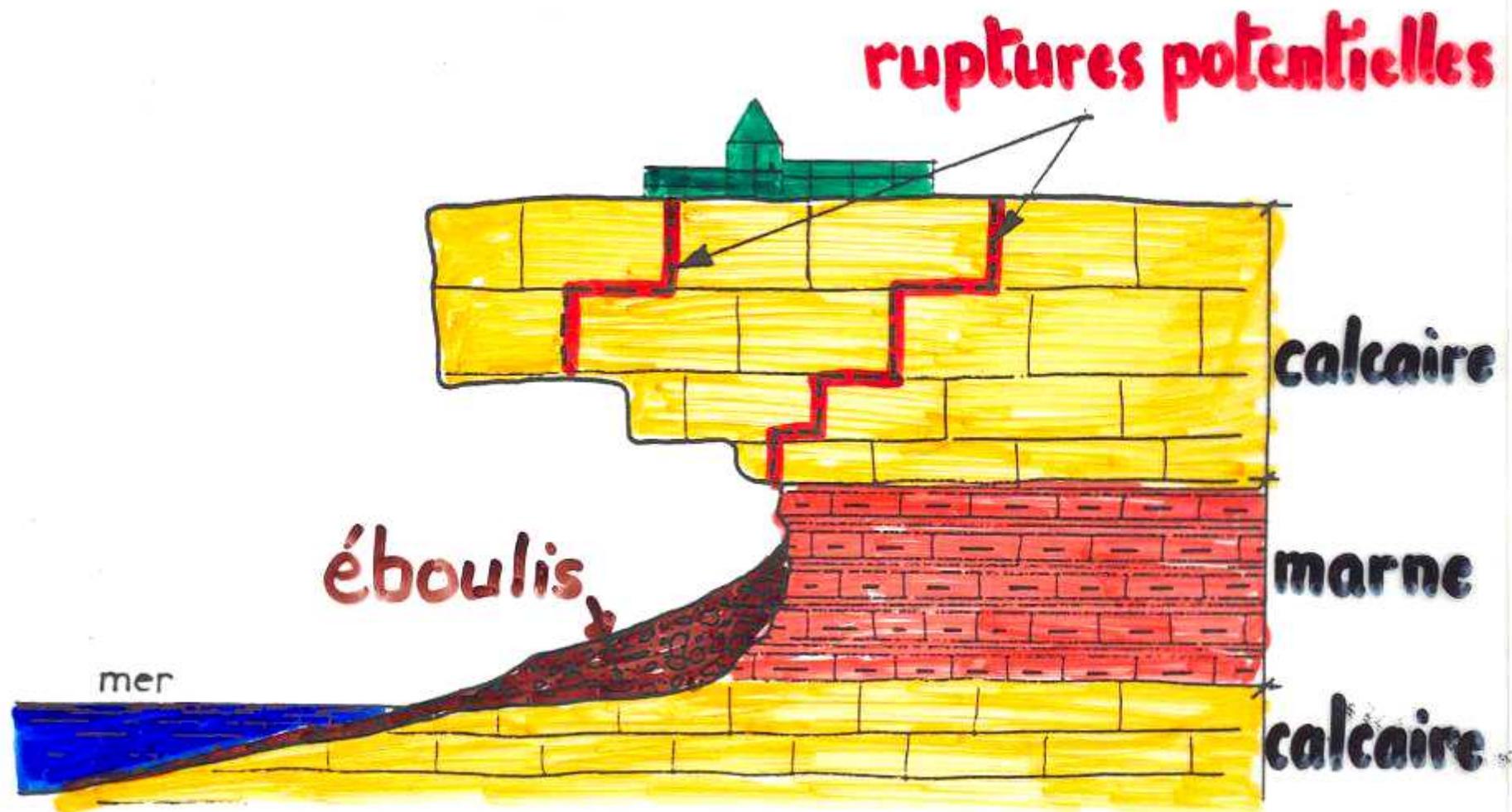
[www.loriandersonphoto.com](http://www.loriandersonphoto.com)



**Stabilité de falaises**



**Stabilité de falaises**



**Stabilité de falaises**

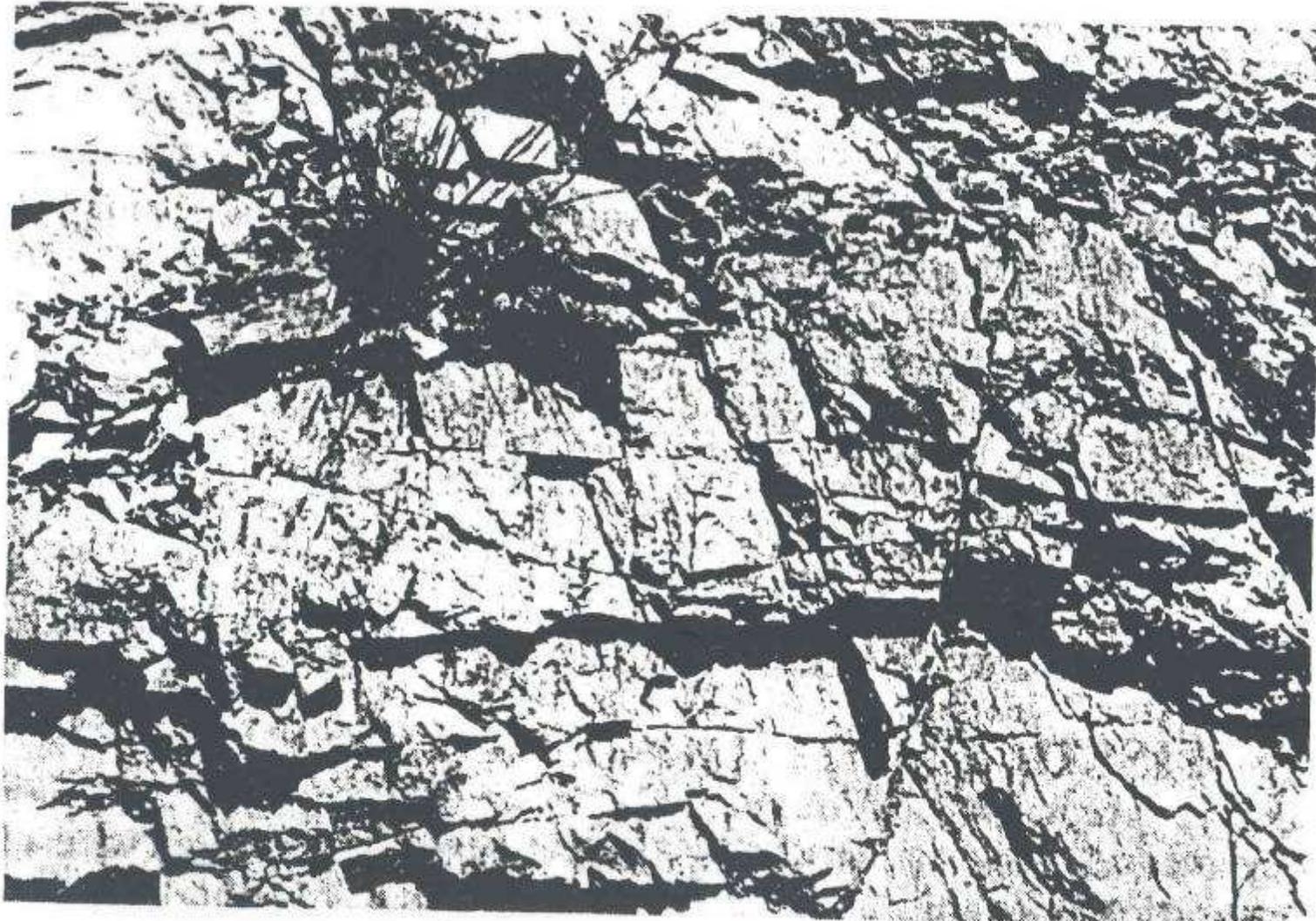


**Fondations de ponts sur massifs rocheux**

Barrage de Malpasset Rupture 2-12-1959 50Mm<sup>3</sup> eau Vague 40m 423morts



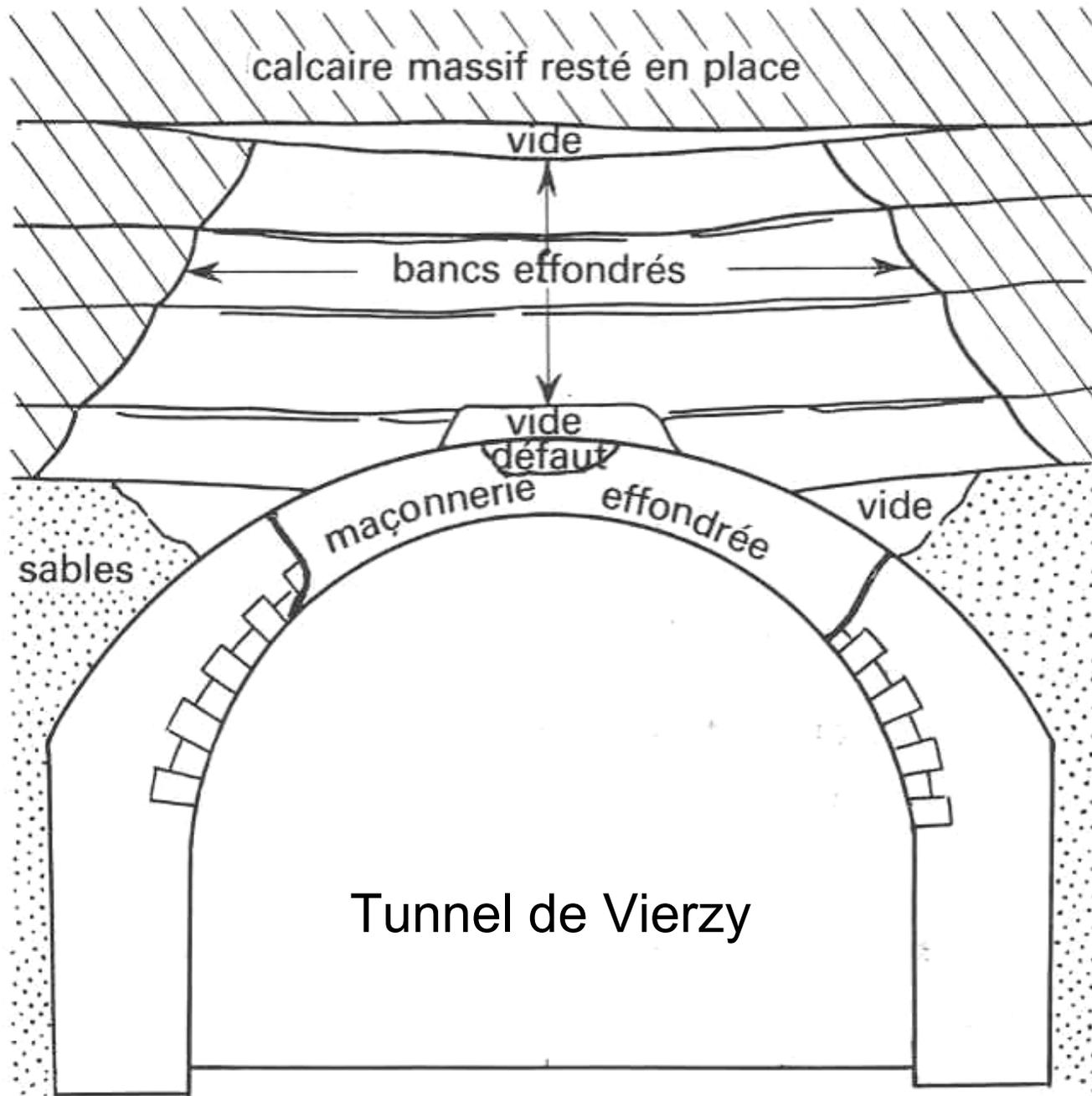
## **Barrage de Malpasset (Fréjus)**



**Schistes cristallins diaclasés**



**Galeries souterraines**



calcaire massif resté en place

vide

bancs effondrés

vide

défaul

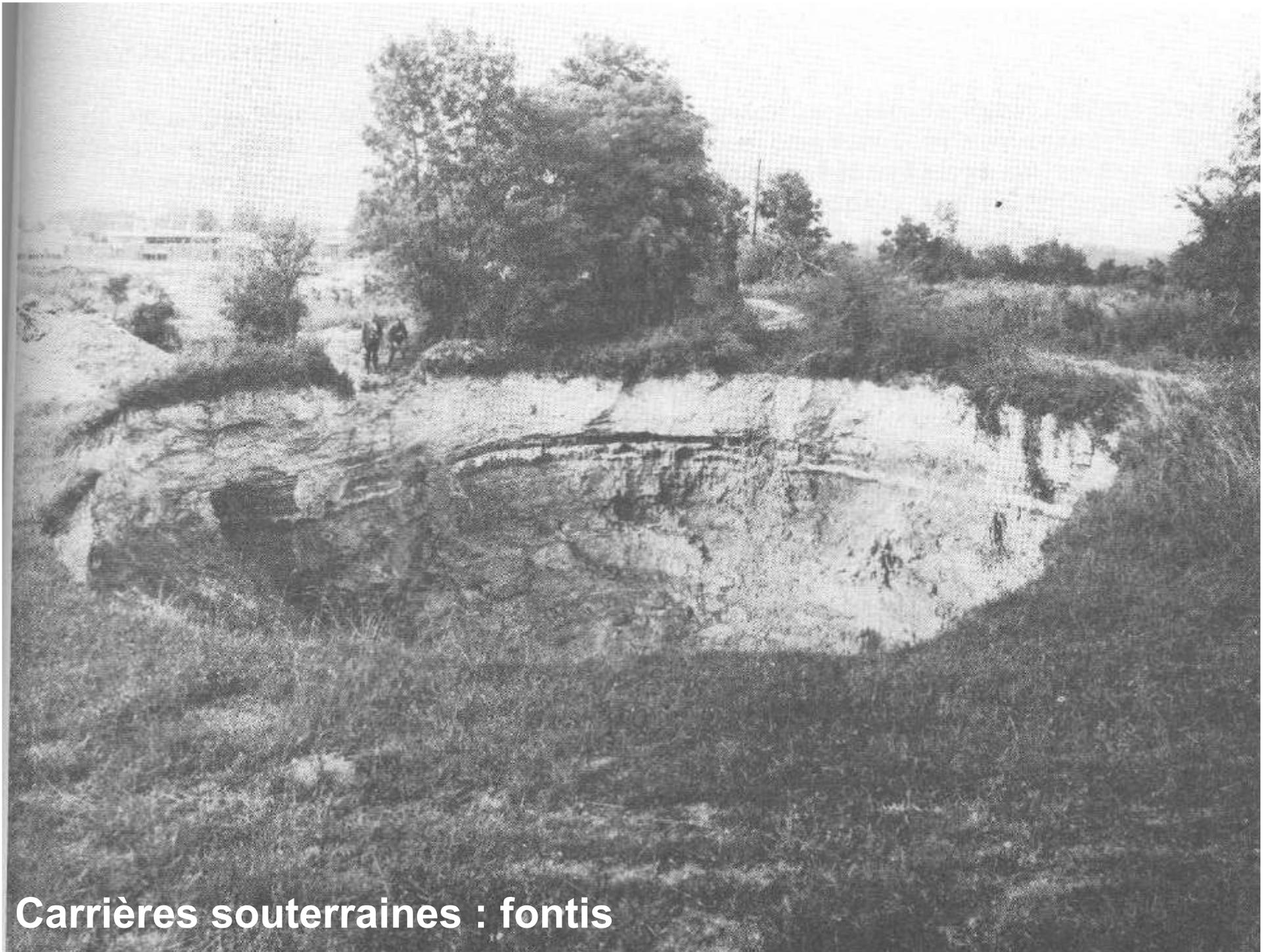
maçonnerie

effondrée

vide

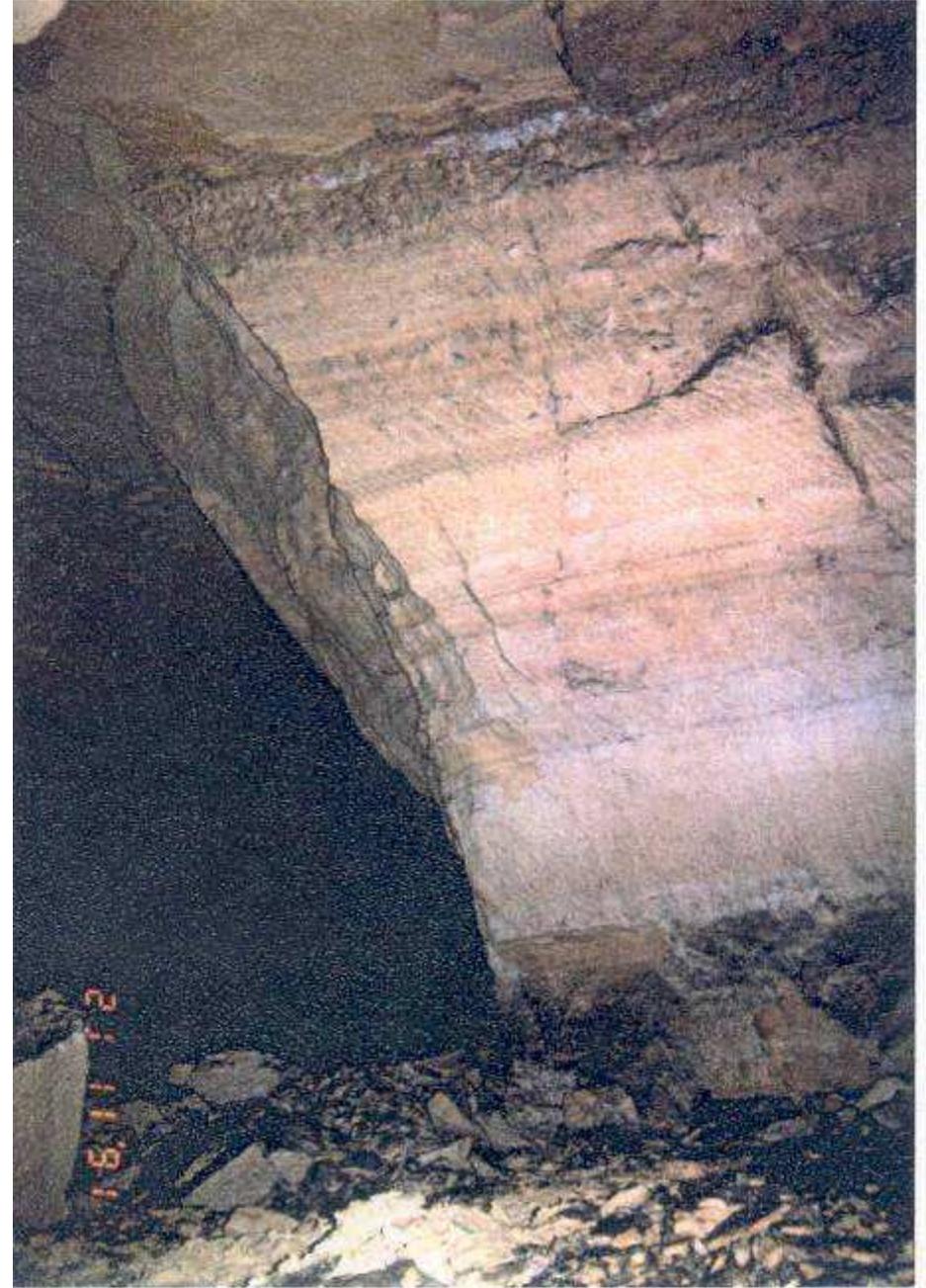
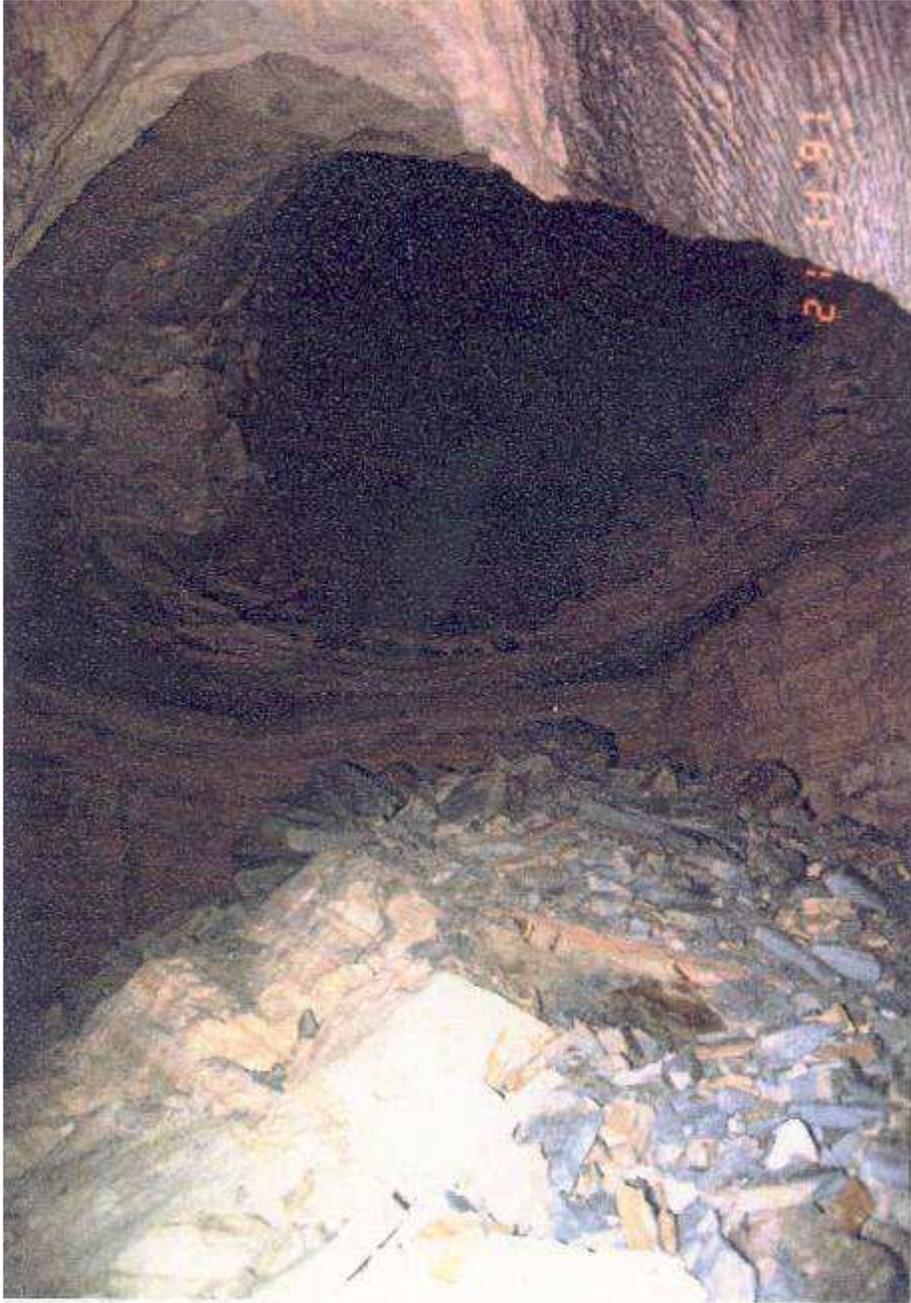
sables

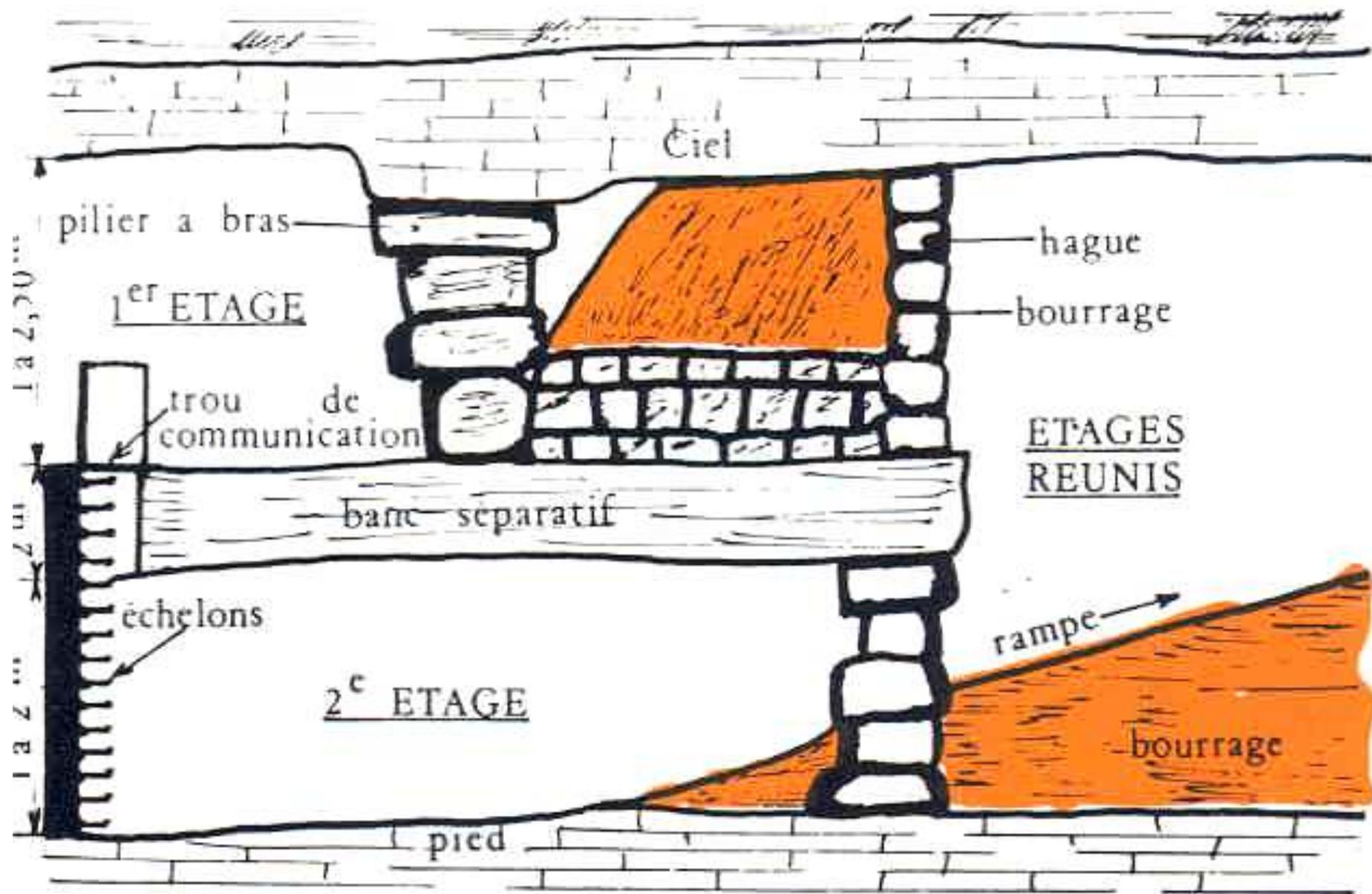
Tunnel de Vierzy



**Carrières souterraines : fontis**

# Carrière de l'Hautil



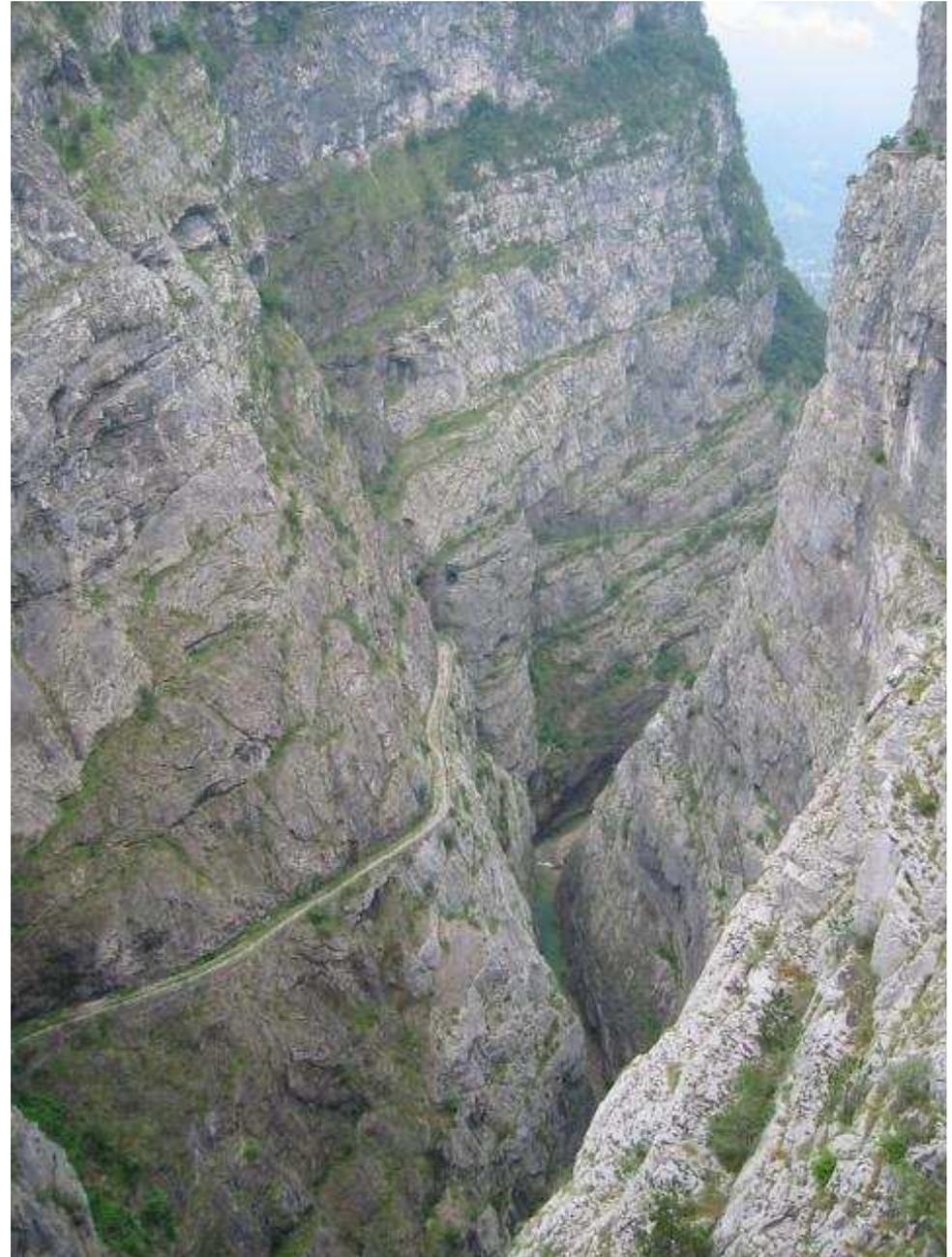
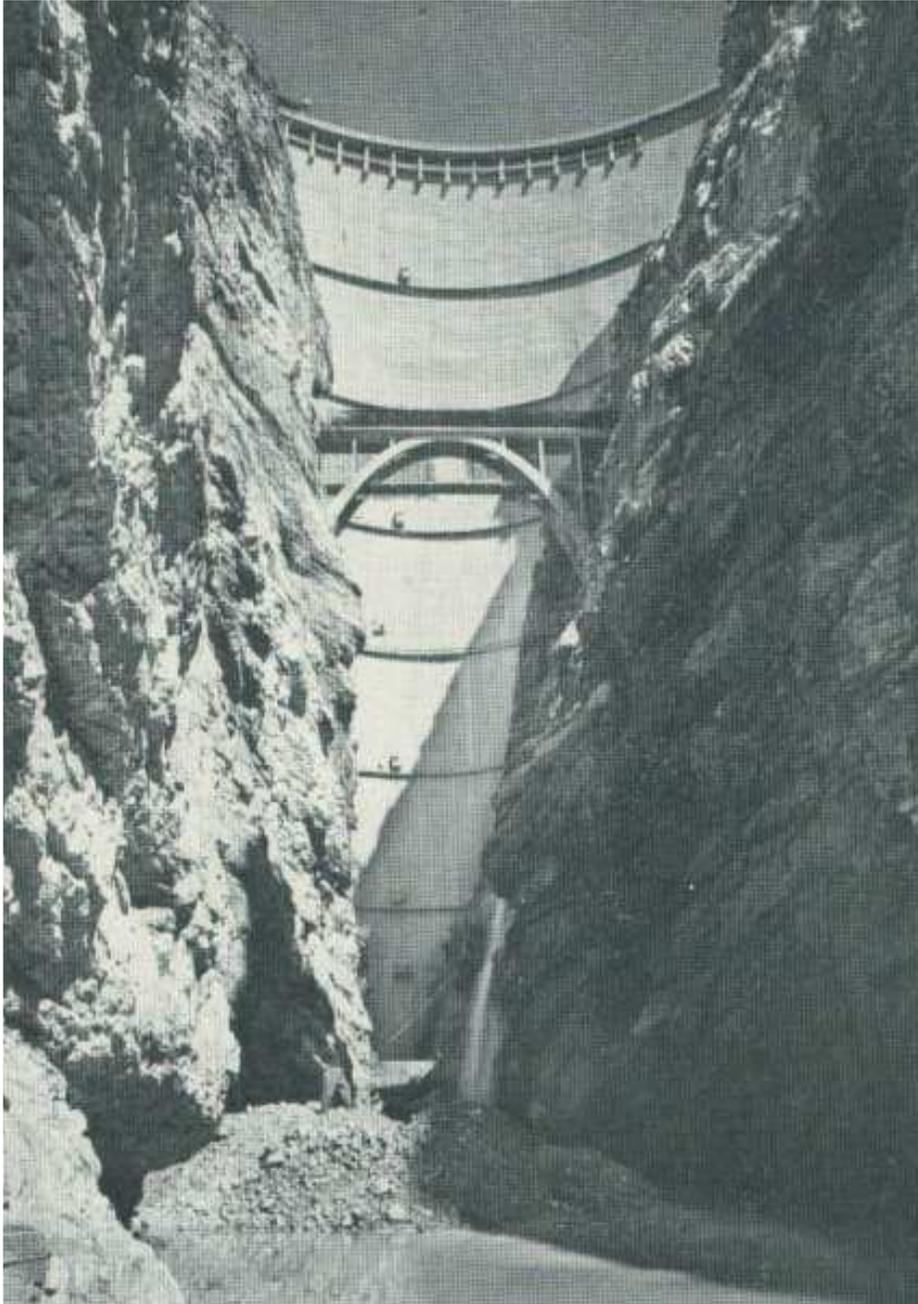


## Carrières complexes

# Les grands mouvements de terrain rocheux

- Pentes instables
- Glissements dans des barrages ou des vallées

# Barrage du Vaïont (Piave, Italie) 1956 – 1959 – 9/10/1963





Glissement de 260 Mm<sup>3</sup> dans le lac – Deux vagues de 25m de haut





La ville de Longarone avant et après



# Le barrage du Vaïont dans son état actuel



# Glissement de Val Pola, Valpeline, Italie (27-7-1987) 30-40Mm<sup>3</sup>

Avant

Après





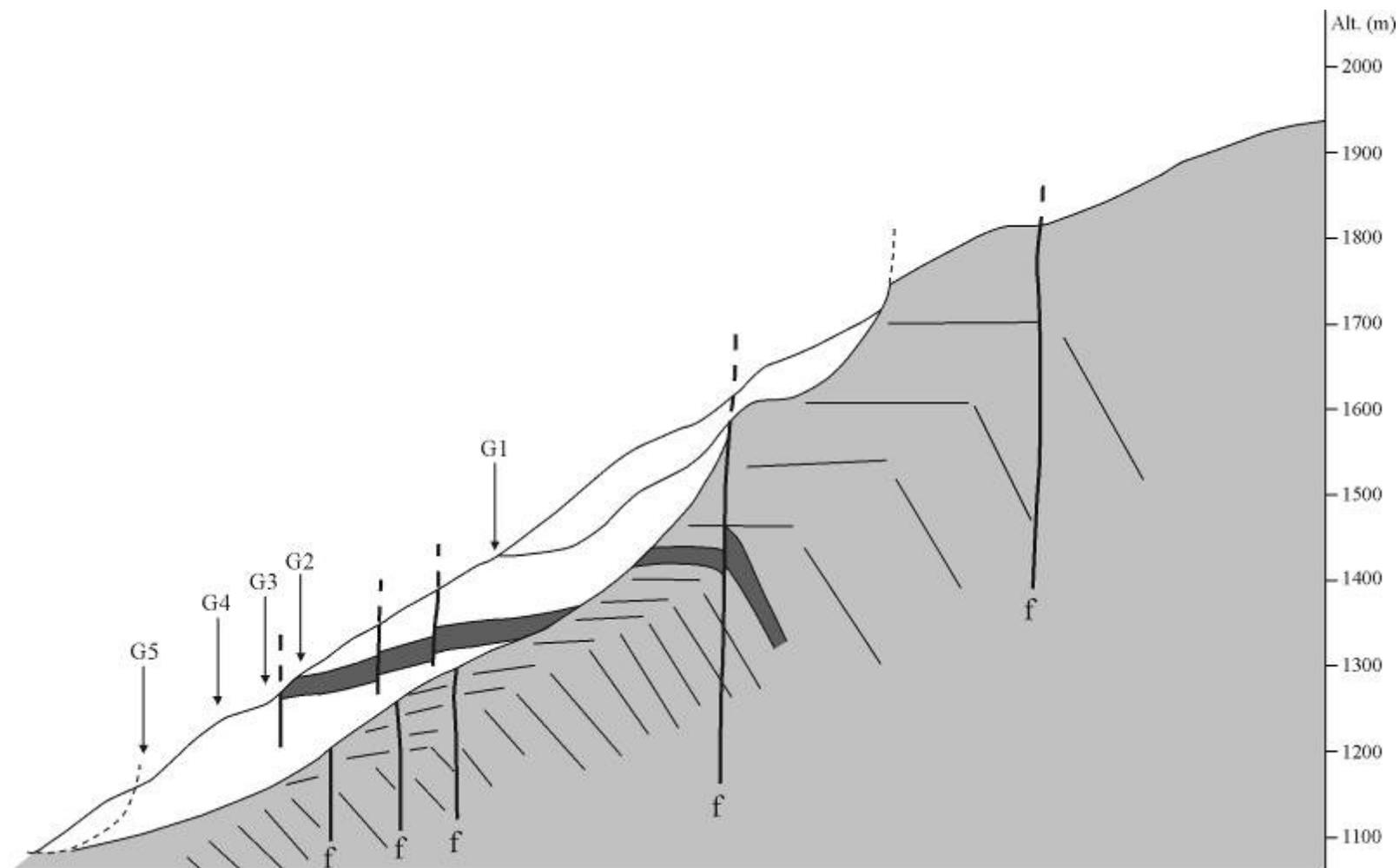


*Barrage de Malpasset*

Glissement de La Clapière (vallée de la Tinée) 500m Mouvement de 100m



# Structure schématique



# Glissement de mars 2006



# Altération des roches





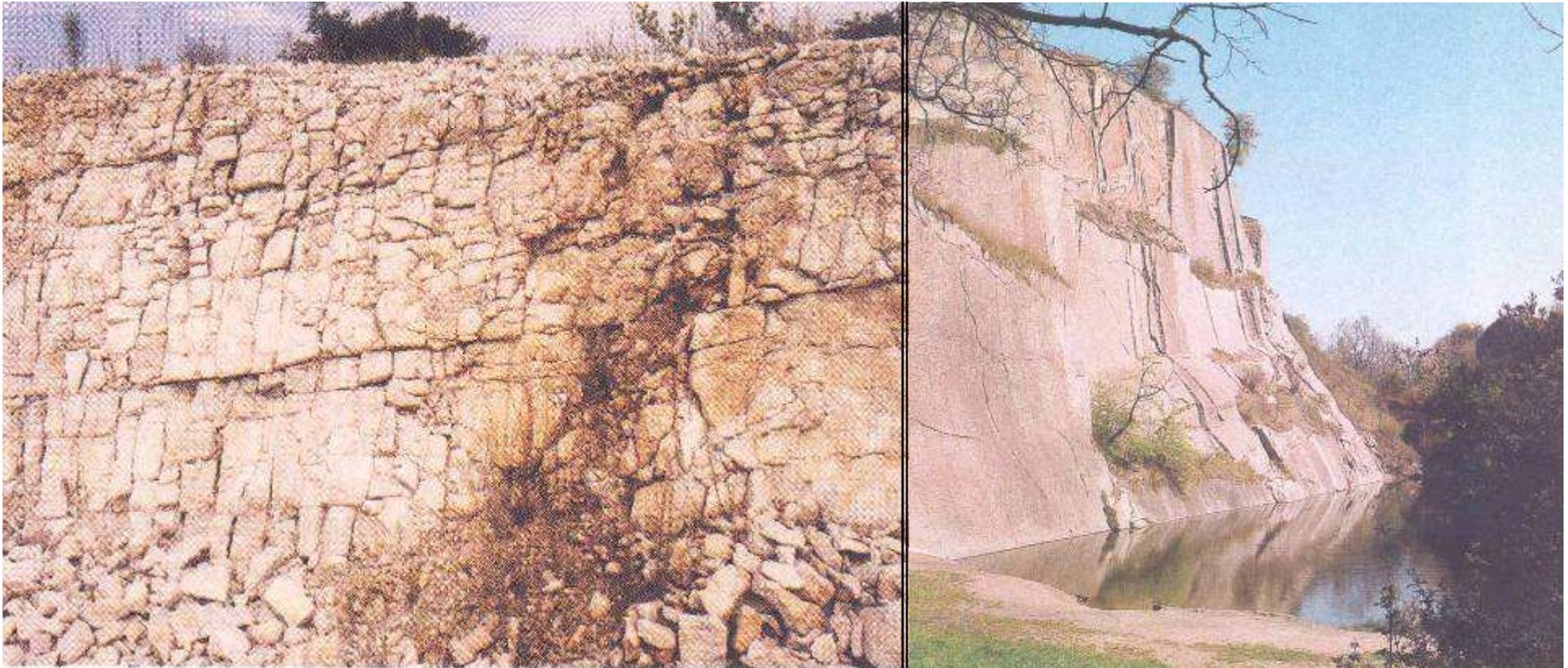
# Description et comportement des massifs rocheux

- Introduction : les massifs rocheux fracturés
- Description des discontinuités
- Comportement mécanique des discontinuités
- Stabilité des massifs rocheux

# Introduction

- Les discontinuités des massifs rocheux peuvent être très denses ou au contraire plus espacées.

Exemples :



## Quelles conséquences ?

1. S'il y a beaucoup de discontinuités : le comportement du massif tend vers celui d'un sable. Exemple : une pyramide d'Égypte

2. S'il y a très peu de discontinuités : le comportement du massif tend vers celui d'un milieu continu.

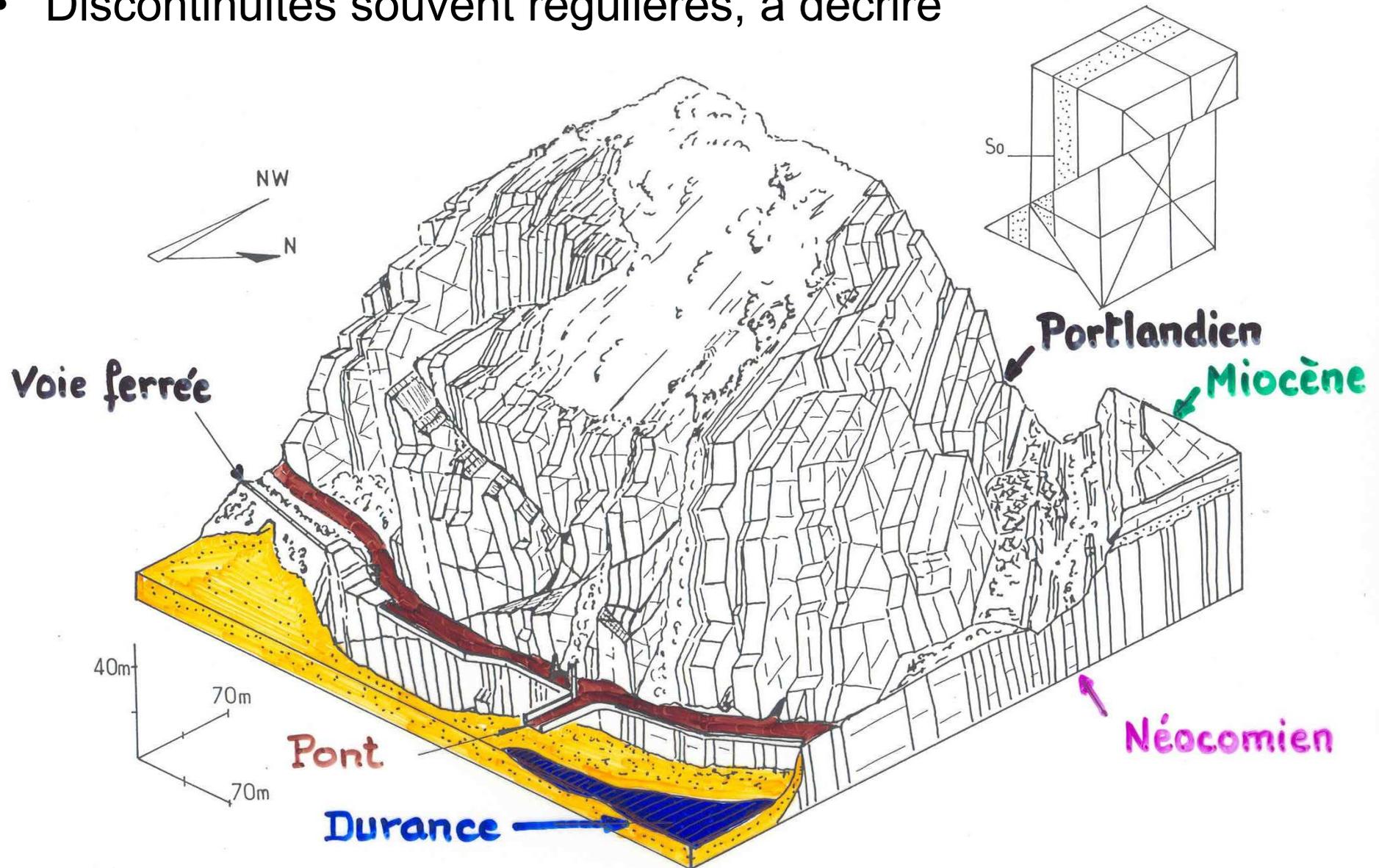
Exemple : Barre rocheuse au bord de l'Elbe

## Le comportement d'un massif rocheux dépend donc de

- la répartition spatiale des discontinuités (orientation et position par rapport aux surfaces libres),
- la nature et l'état de la roche (résistance et déformabilité actuelles et futures),
- la nature et le remplissage des discontinuités.

# Les massifs rocheux fracturés

- Discontinuités souvent régulières, à décrire



(suite 1)

## Des fractures à différentes échelles

Failles de décrochement

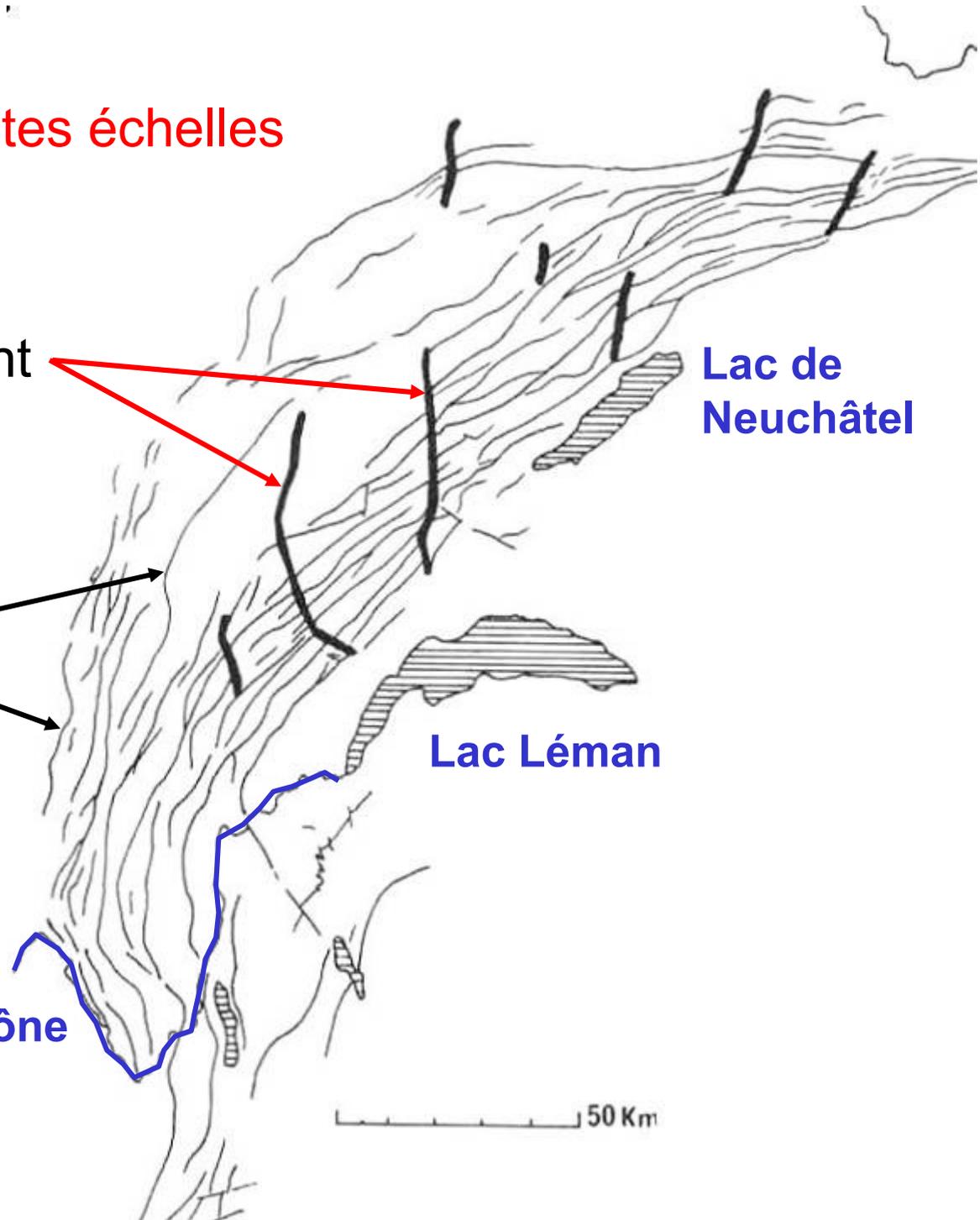
Lac de  
Neuchâtel

Axes des plis

Lac Léman

Rhône

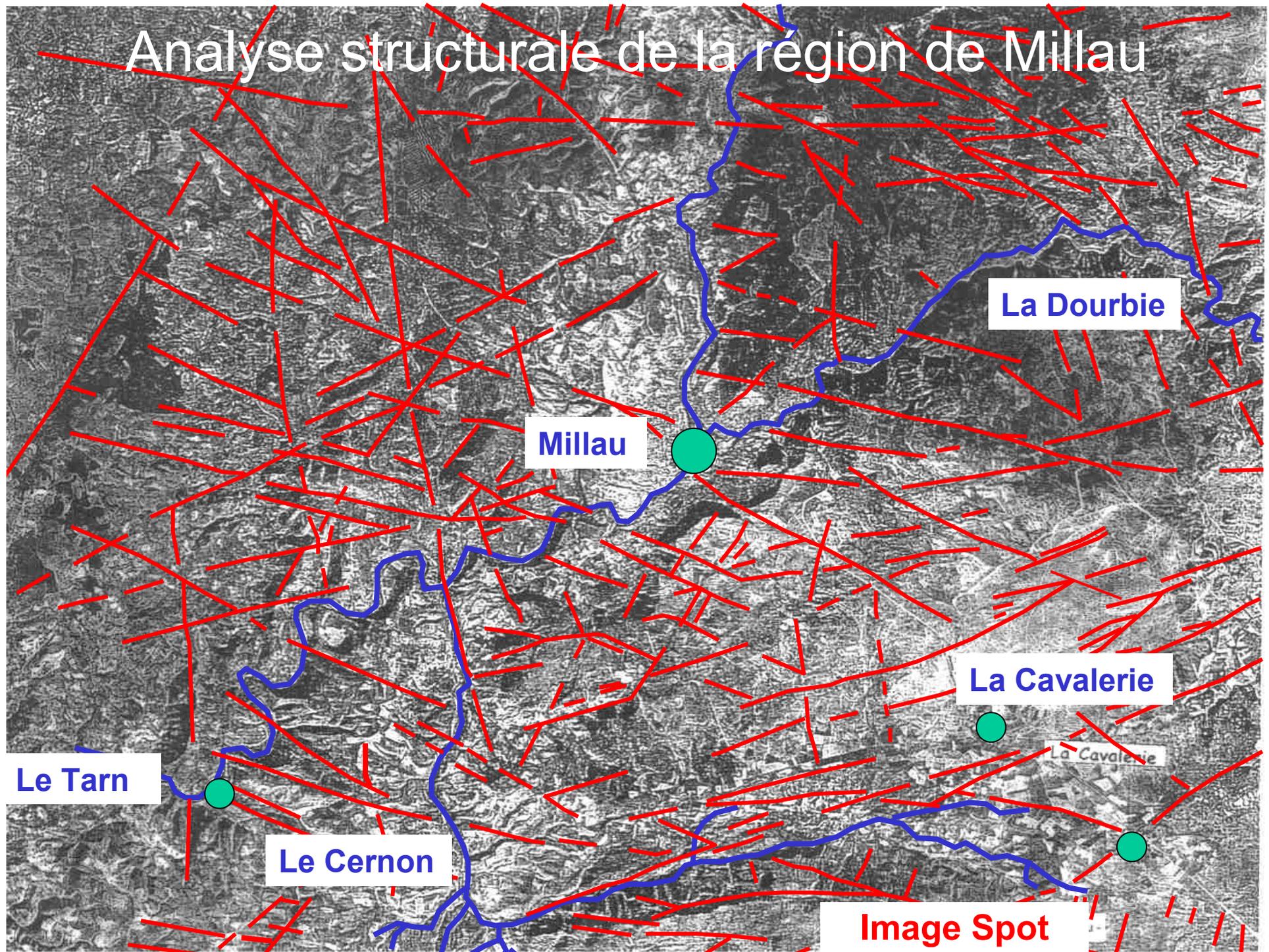
50 Km



## La région de Millau (Géoportail)

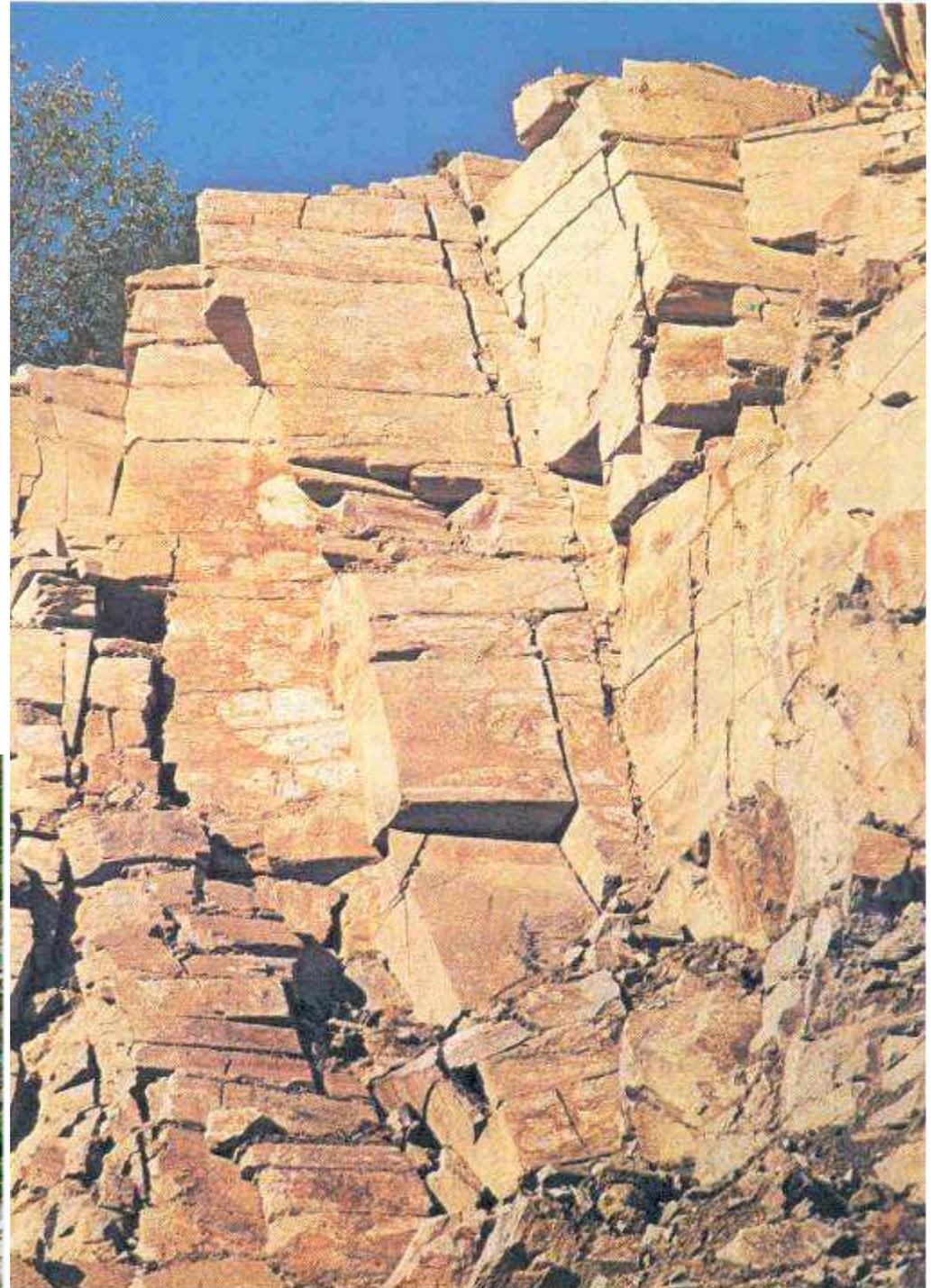


# Analyse structurale de la région de Millau



(suite 2)

Moyenne échelle



Petite échelle



# Classification des discontinuités

- Joints de stratification des roches sédimentaires
- Surfaces de discontinuité d'origine tectonique
  - Déformations cassantes (failles)
  - Déformations ductiles (plissements)
  - Déformations dans la masse (schistosité)

**Failles : rejet latéral ou vertical (m – km)**

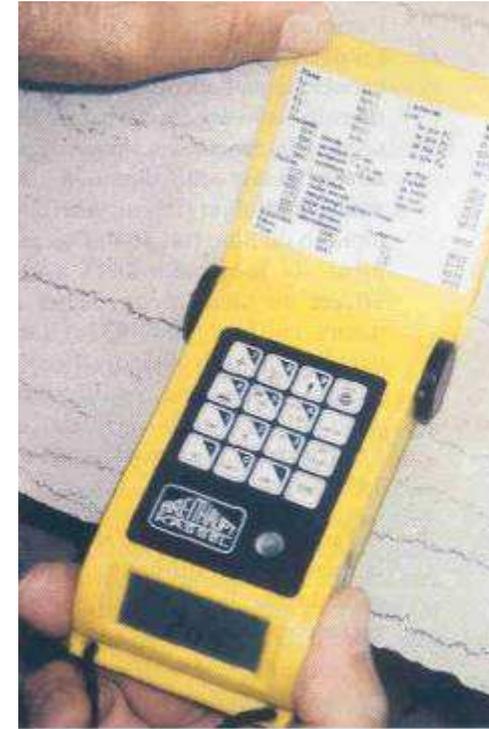
**Diaclases : sans rejet (métriques)**

- Joints de refroidissement
- Schistosité

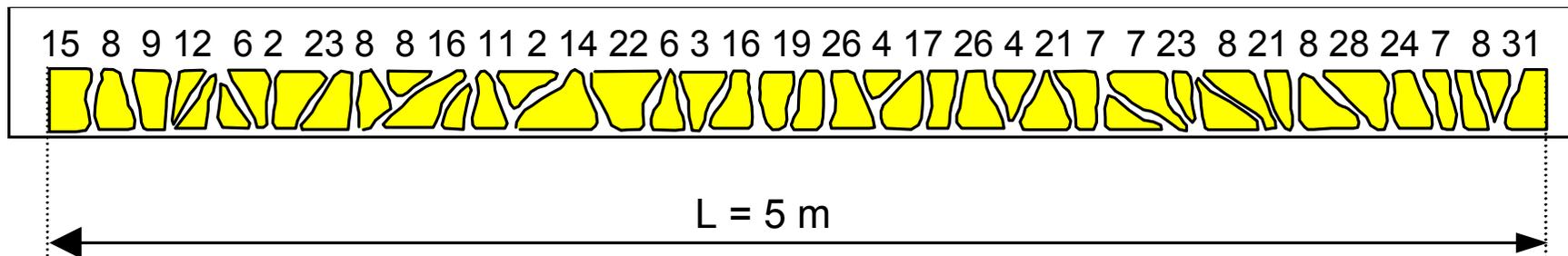
# Description des discontinuités

## A. Techniques de reconnaissance

- Cartes géologiques, photos aériennes
- Relevés de surface

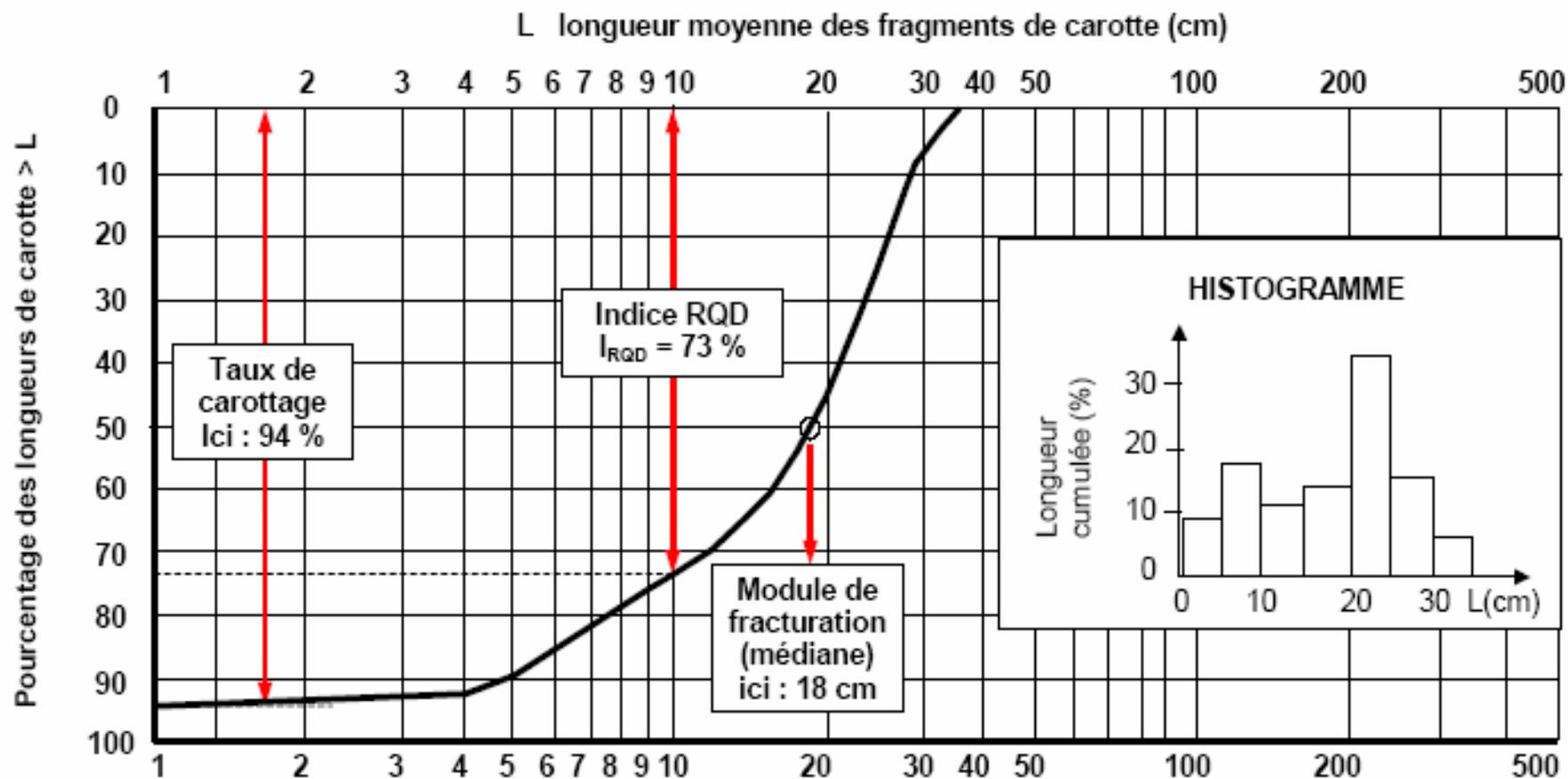


- Sondages carottés



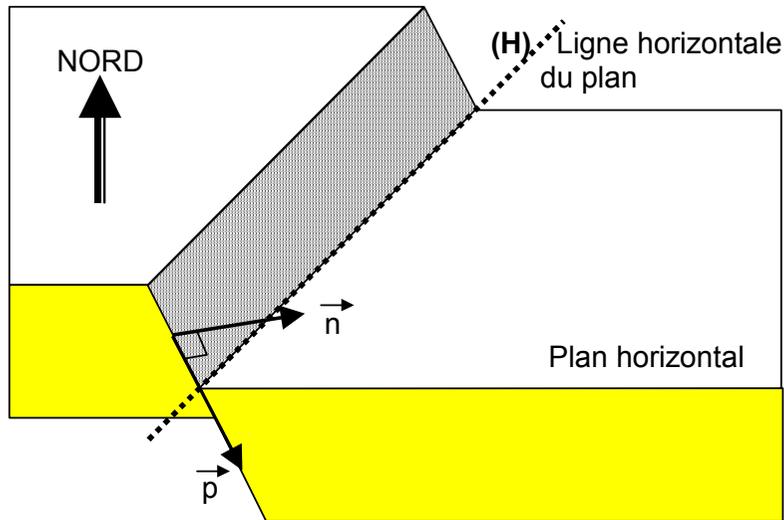
- Diagraphies et géophysique

# Analyse de la fracturation des carottes

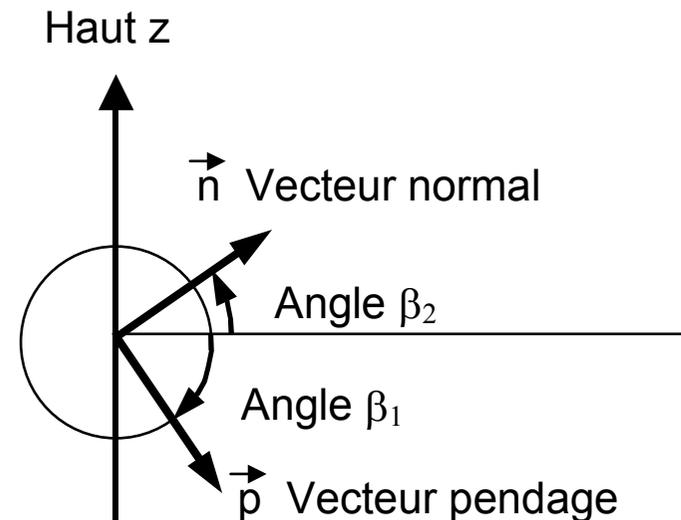
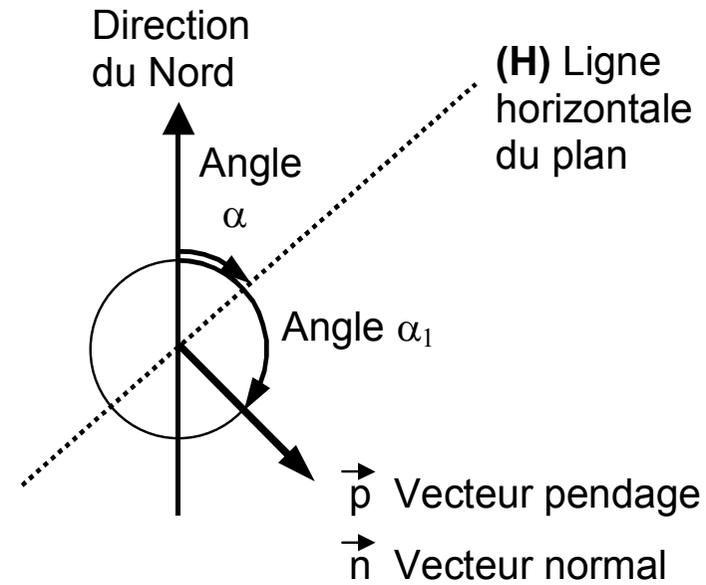


# Description des discontinuités (2)

- Orientation des plans de discontinuité en surface

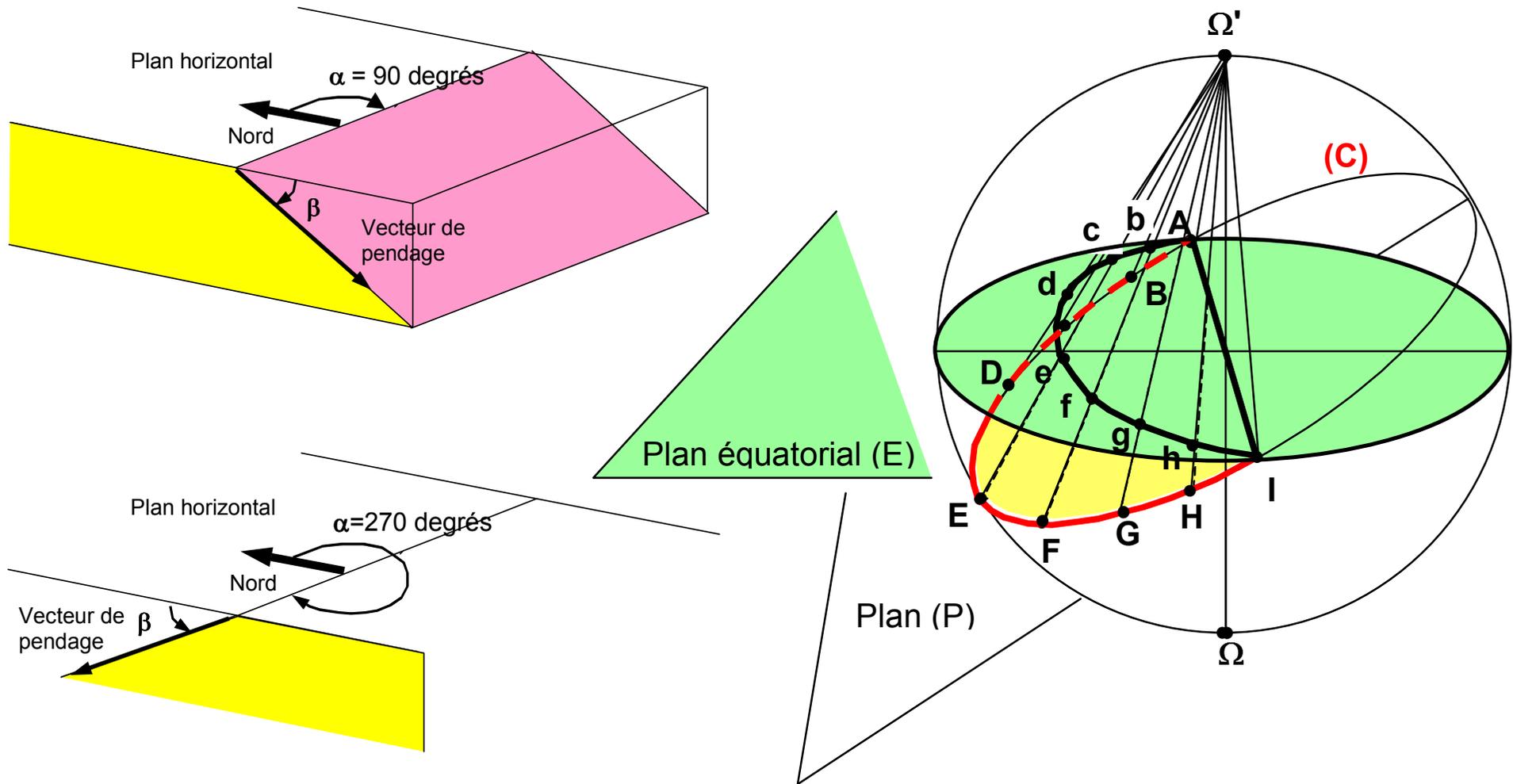


Azimut et pendage



# Description des discontinuités (3)

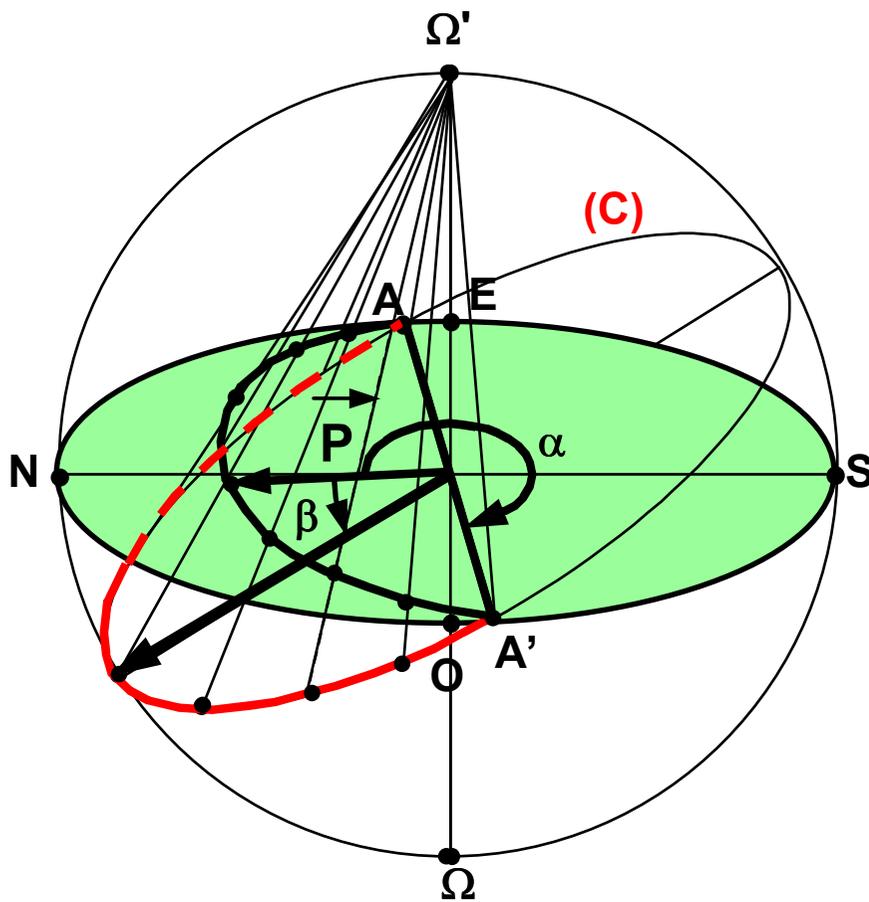
## Projection stéréographique



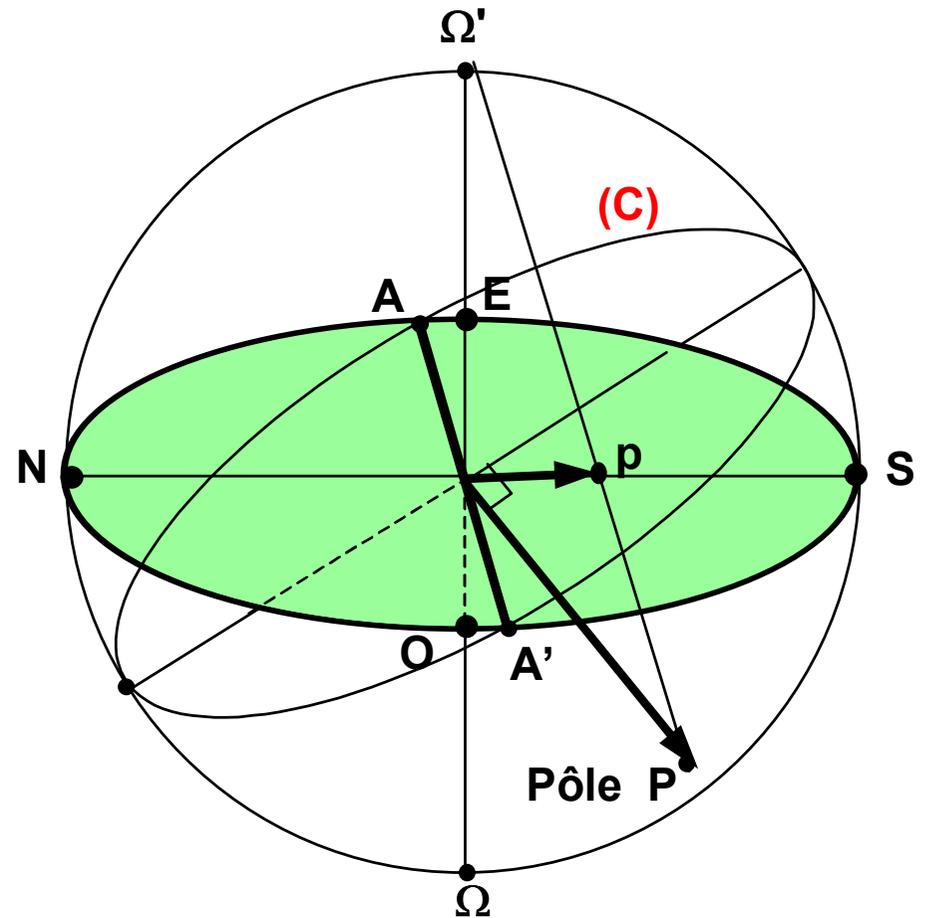
Projection de l'hémisphère inférieur

# Description des discontinuités (4)

## Projection stéréographique (2)



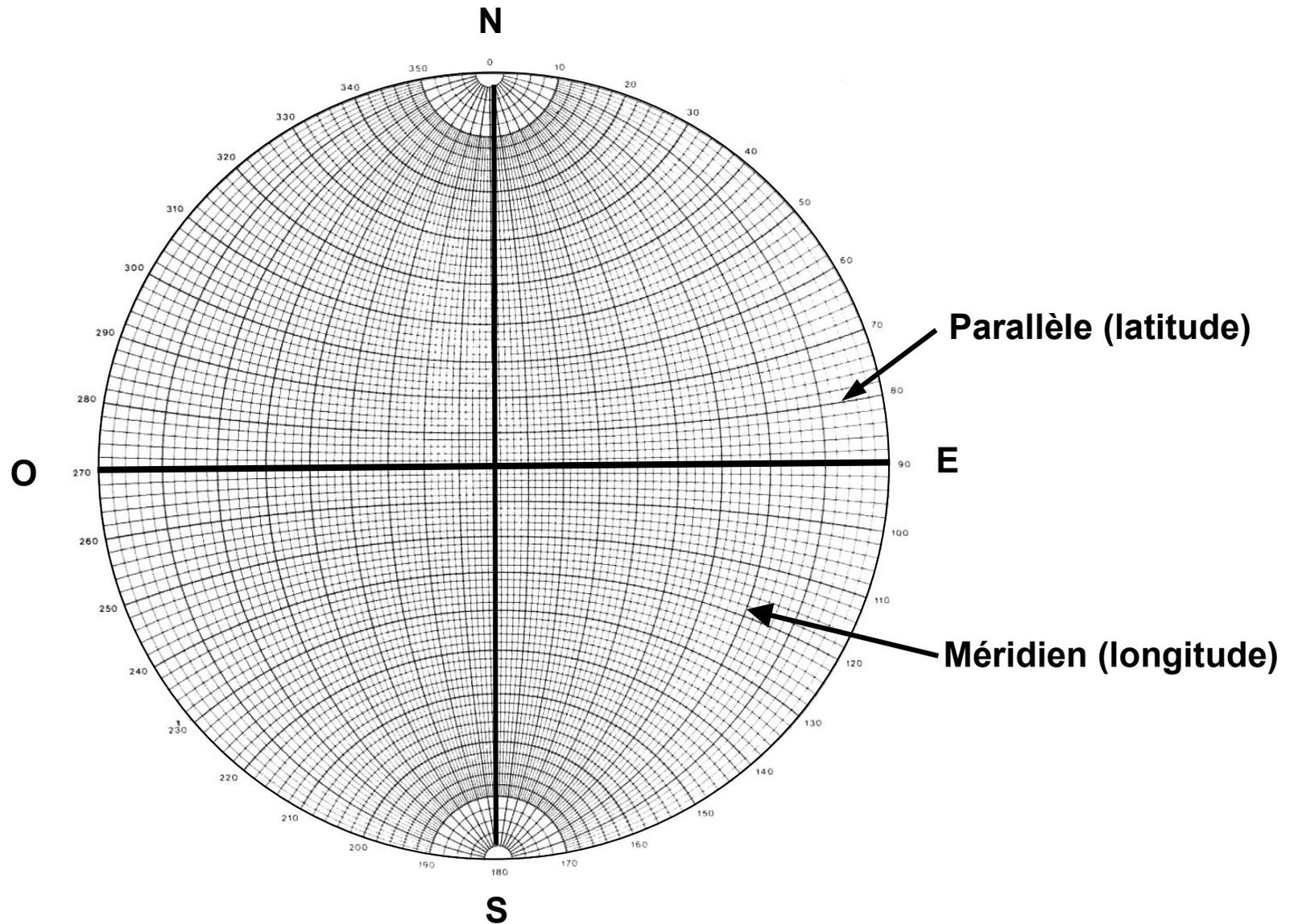
Trace du cercle



Pôle

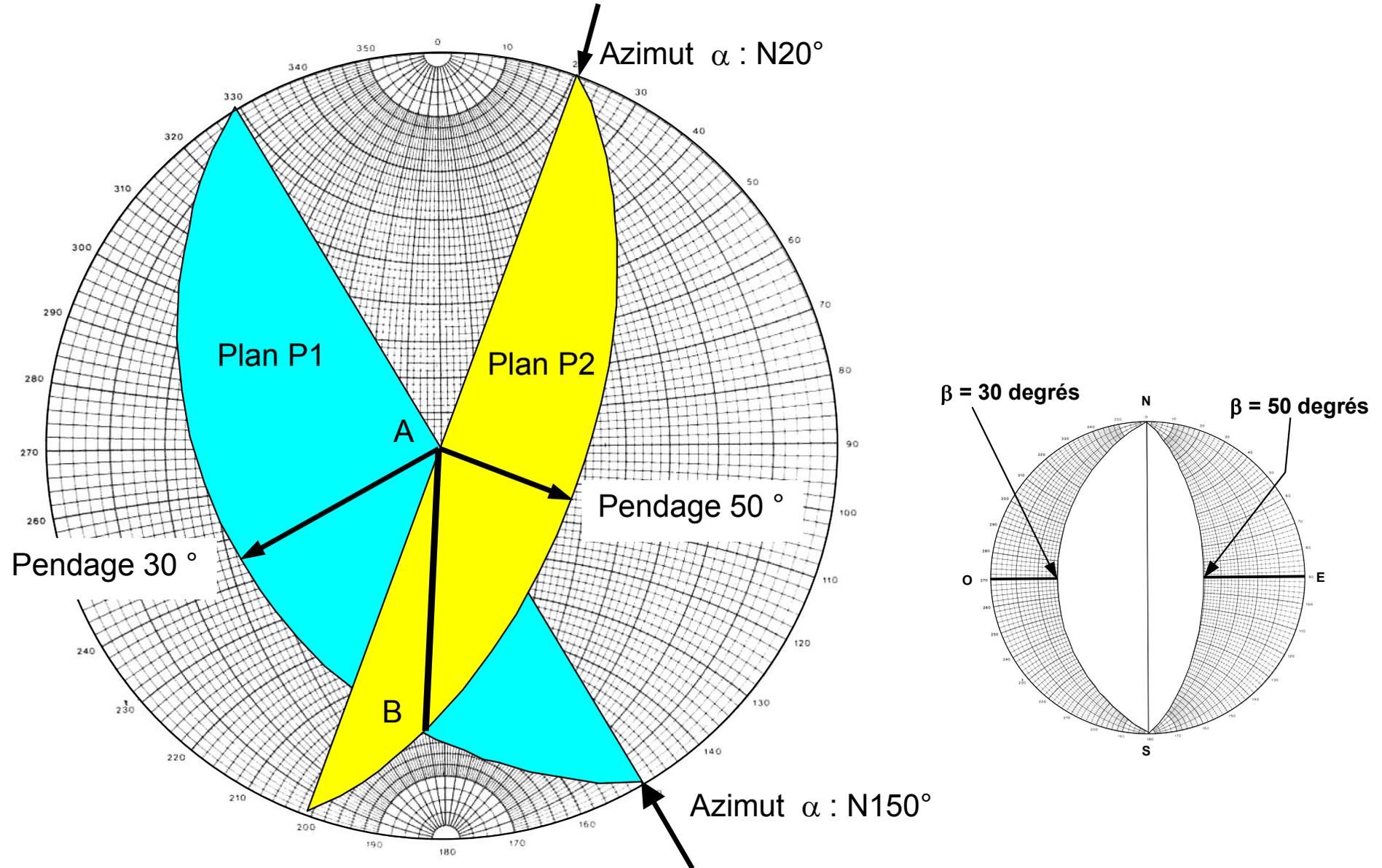
# Description des discontinuités (5)

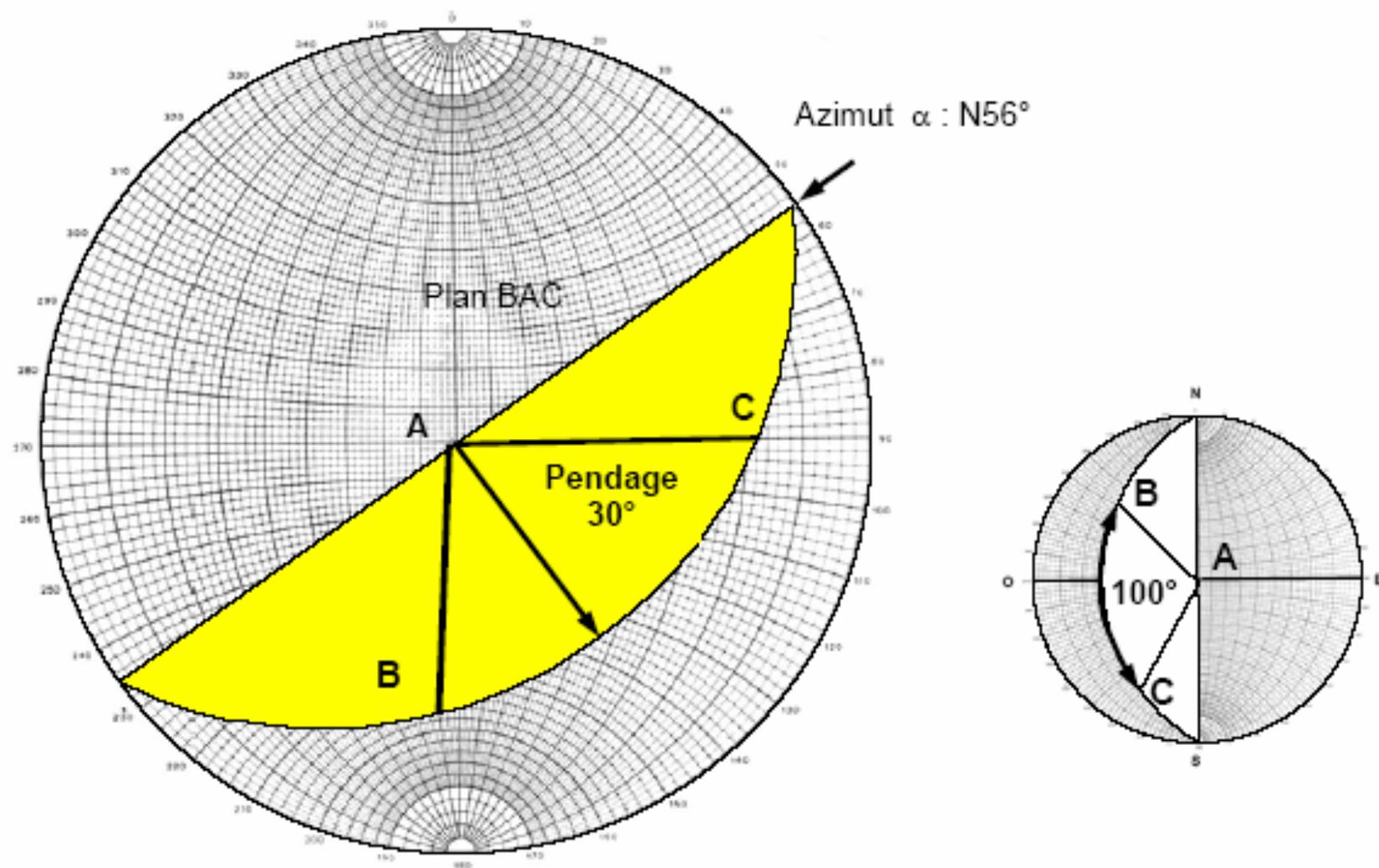
Projection stéréographique (3) : canevas de Wulff



# Description des discontinuités (6)

## Projection stéréographique (4) : canevas de Wulff - Exemple





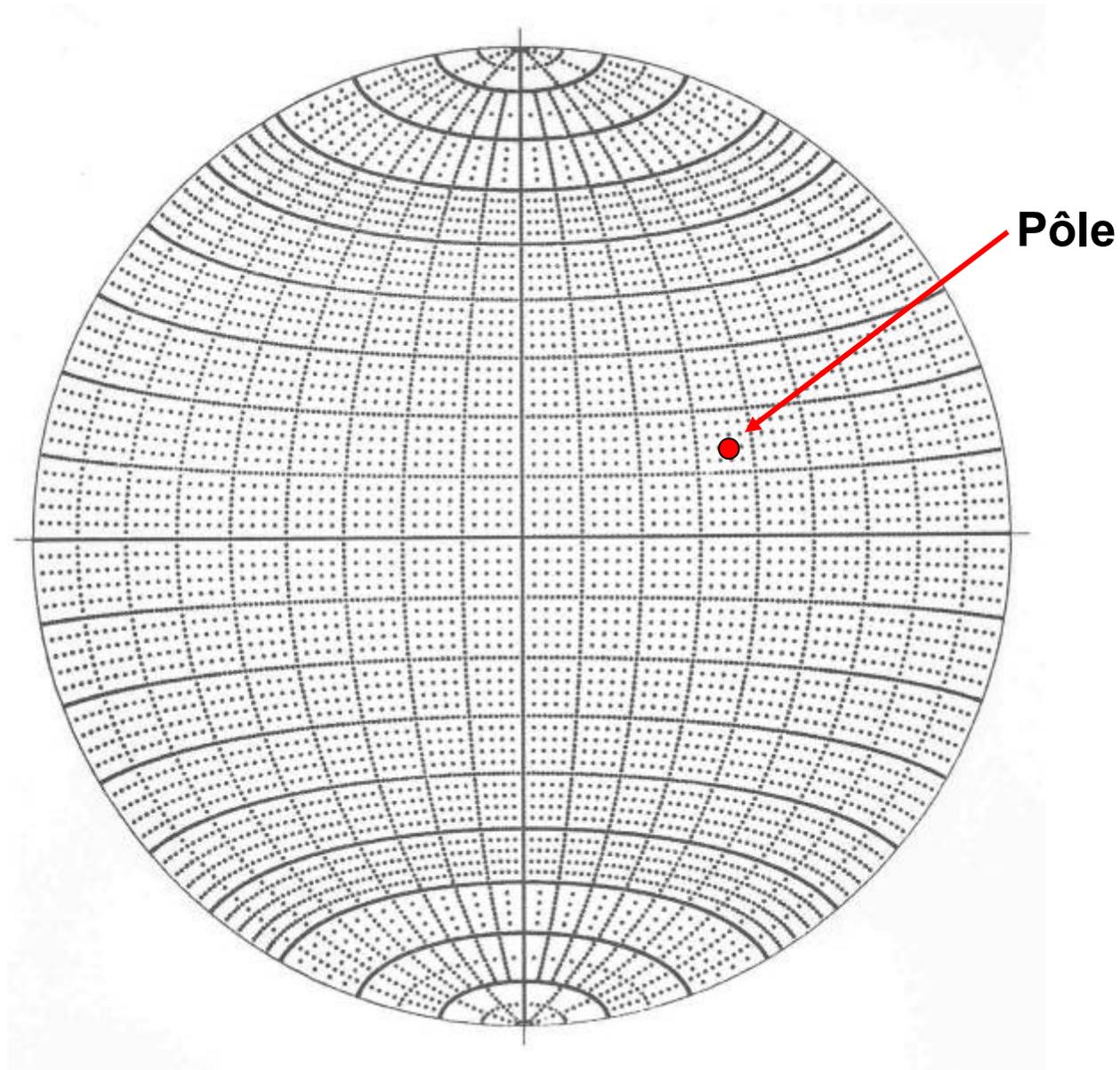
Détermination du plan portant deux droites AB et AC

Le grand cercle passant par AB est la trace du plan (d'où son azimut et son pendage).

L'angle des droites se lit sur les courbes correspondant aux parallèles.

## Description des discontinuités (7)

Projection stéréographique (5) : canevas de Schmidt



## En guise de conclusion

- Les problèmes de géotechnique doivent d'abord être compris avant d'être modélisés et résolus ou évités.
- Le cours : apprentissage multiforme de connaissances sur la nature et le comportement des sols et des roches, mais aussi sur les méthodes de calcul et sur la réalité des problèmes géotechniques du génie civil et de l'environnement.