

Mécanique des Roches

Chapitre II

Support de cours provisoire 4ème année

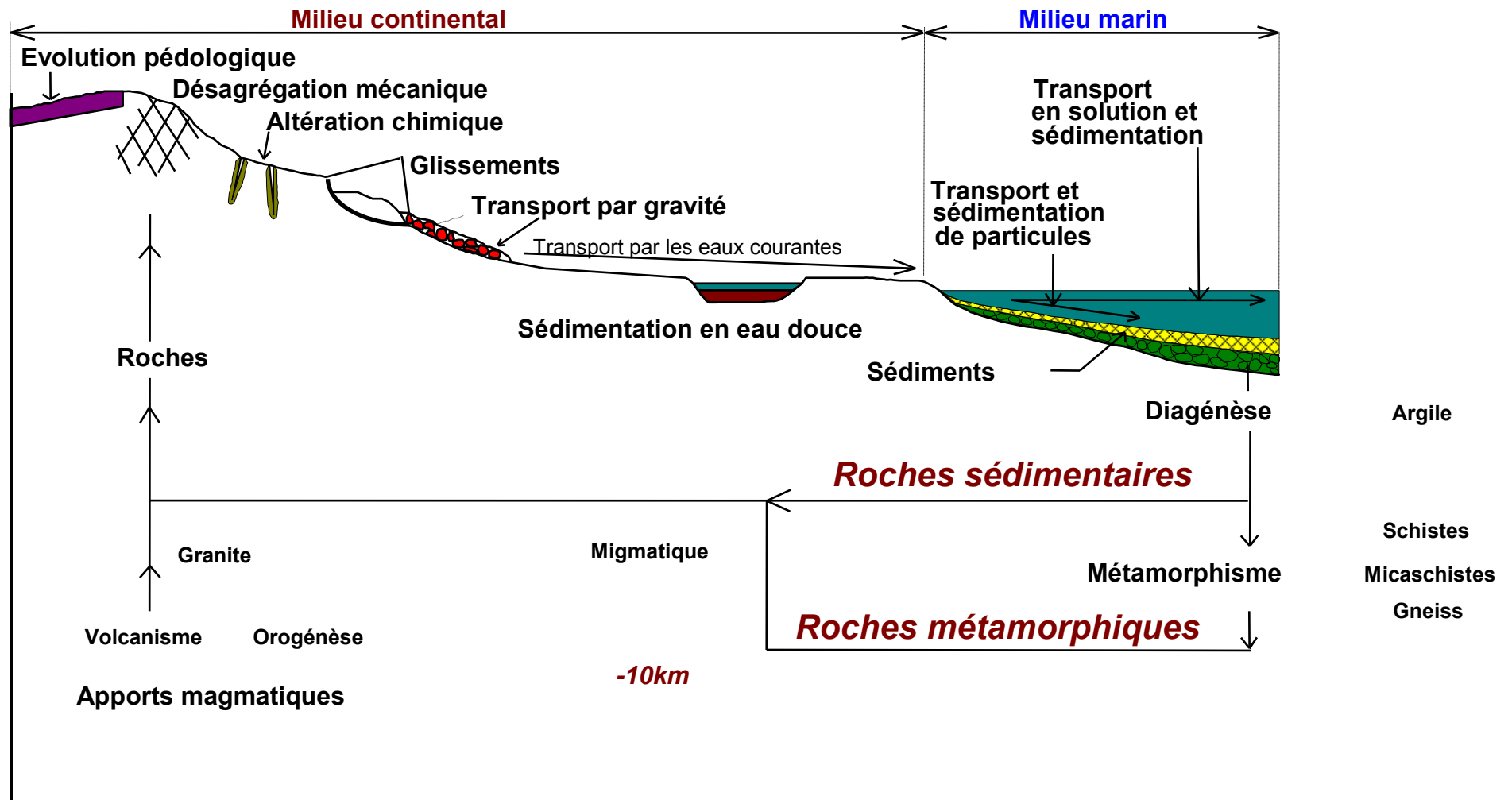
2021-2022

Sommaire

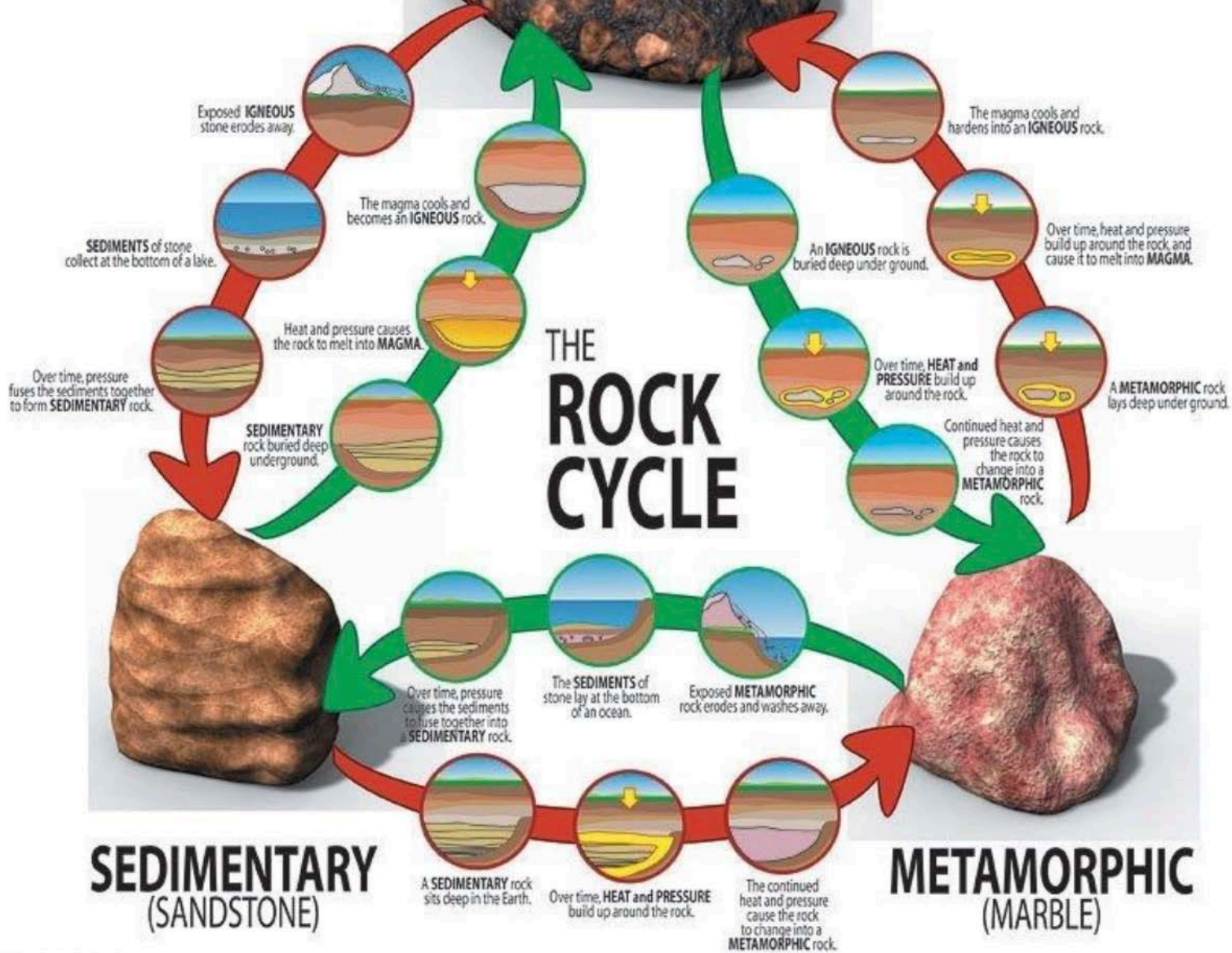
- **Introduction : roches et sols**
- **Minéraux – Roches – Massifs rocheux**
- **Panorama des problèmes de mécanique des roches**
- **Description et comportement des massifs rocheux**

INTRODUCTION

- Sols et roches : un passage continu

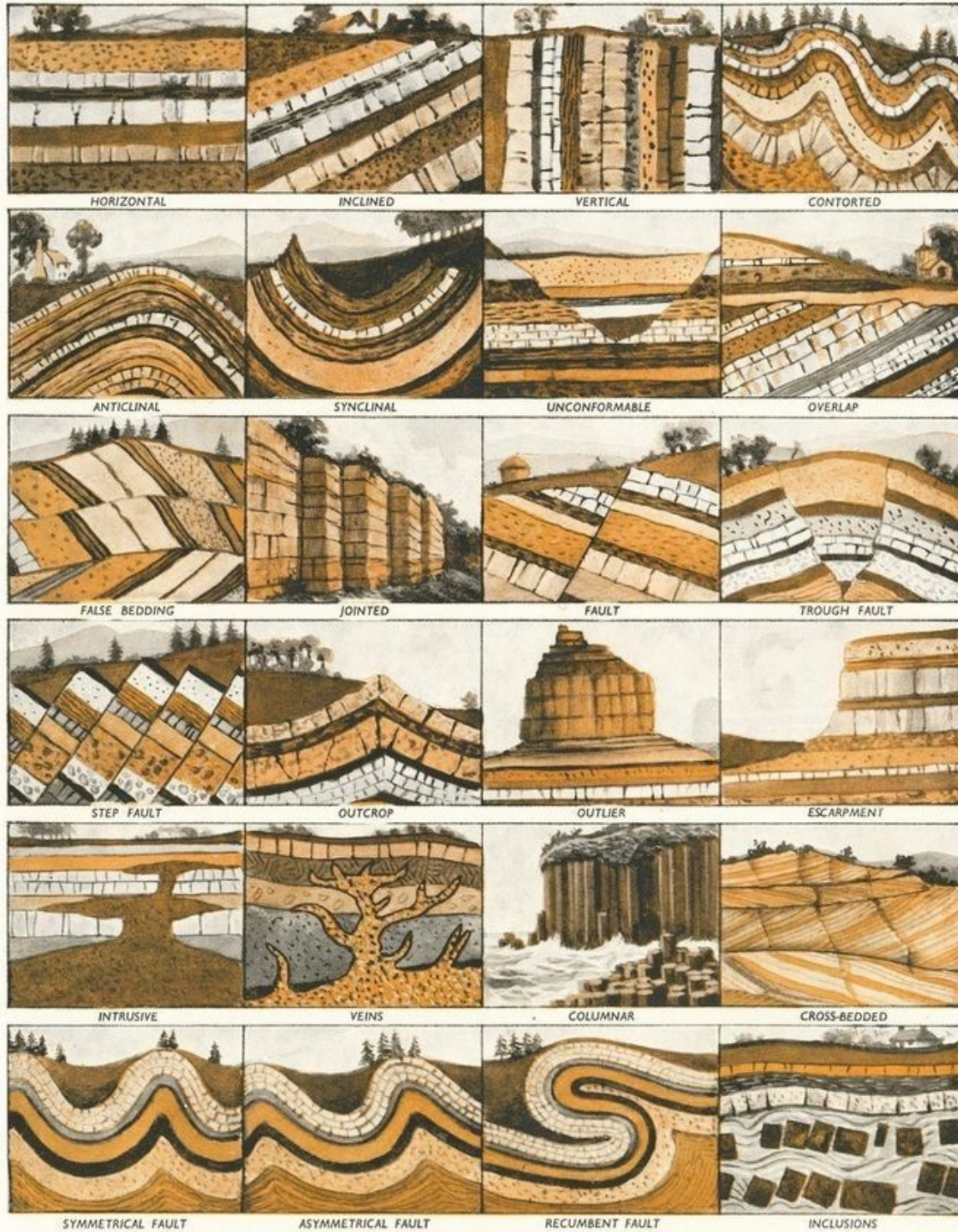


IGNEOUS (BASALT)





ROCK FORMATIONS



HORIZONTAL

INCLINED

VERTICAL

CONTORTED

ANTICLINAL

SYNCLINAL

UNCONFORMABLE

OVERLAP

FALSE BEDDING

JOINTED

FAULT

TROUGH FAULT

STEP FAULT

OUTCROP

OUTLIER

ESCARPMENT

INTRUSIVE

VEINS

COLUMNAR

CROSS-BEDED

SYMMETRICAL FAULT

ASYMMETRICAL FAULT

RECUMBENT FAULT

INCLUSIONS

Liens internet utiles

- Lexique

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

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 - > pélite
 - 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 (SiO_2 +)
 - Carbonates (CO_3 + Ca, Mg, Fe)
 - Sels divers (SO_4 , PO_4 , Cl, F, S)
 - Oxydes
- **Problèmes possibles**
 - Solubilité
 - Instabilité
 - Production d'acide sulfurique
 - Faible résistance mécanique
 - Gonflement
 - Réaction avec le ciment

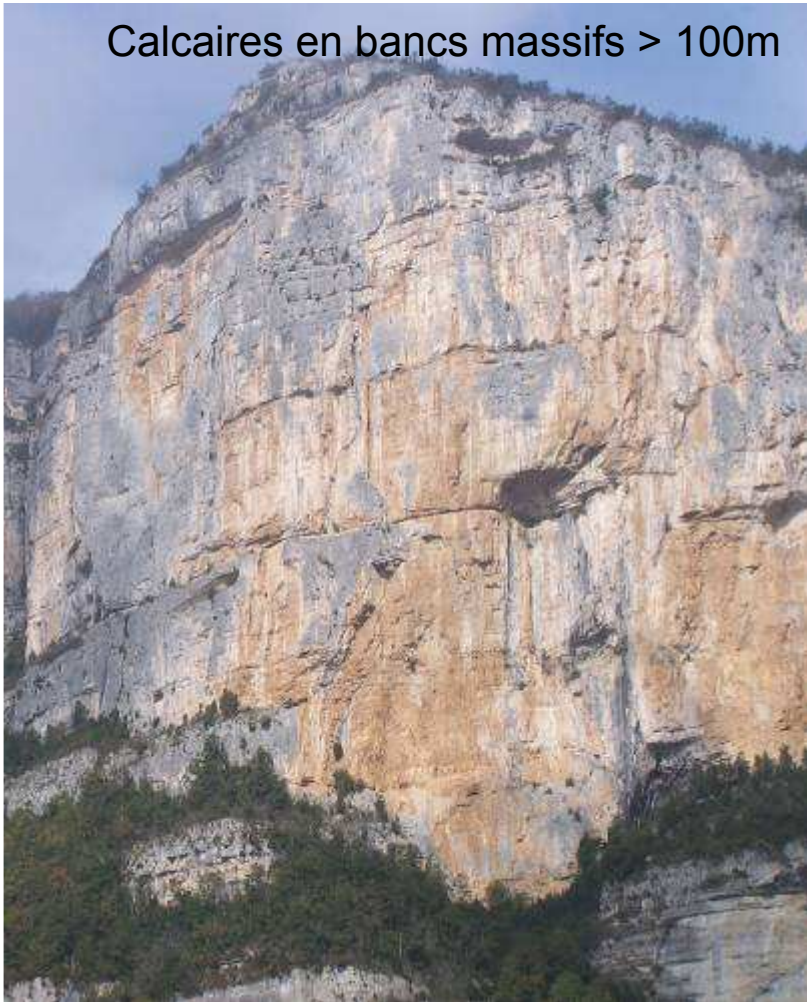
Quelques exemples de roches et de massifs rocheux

- 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

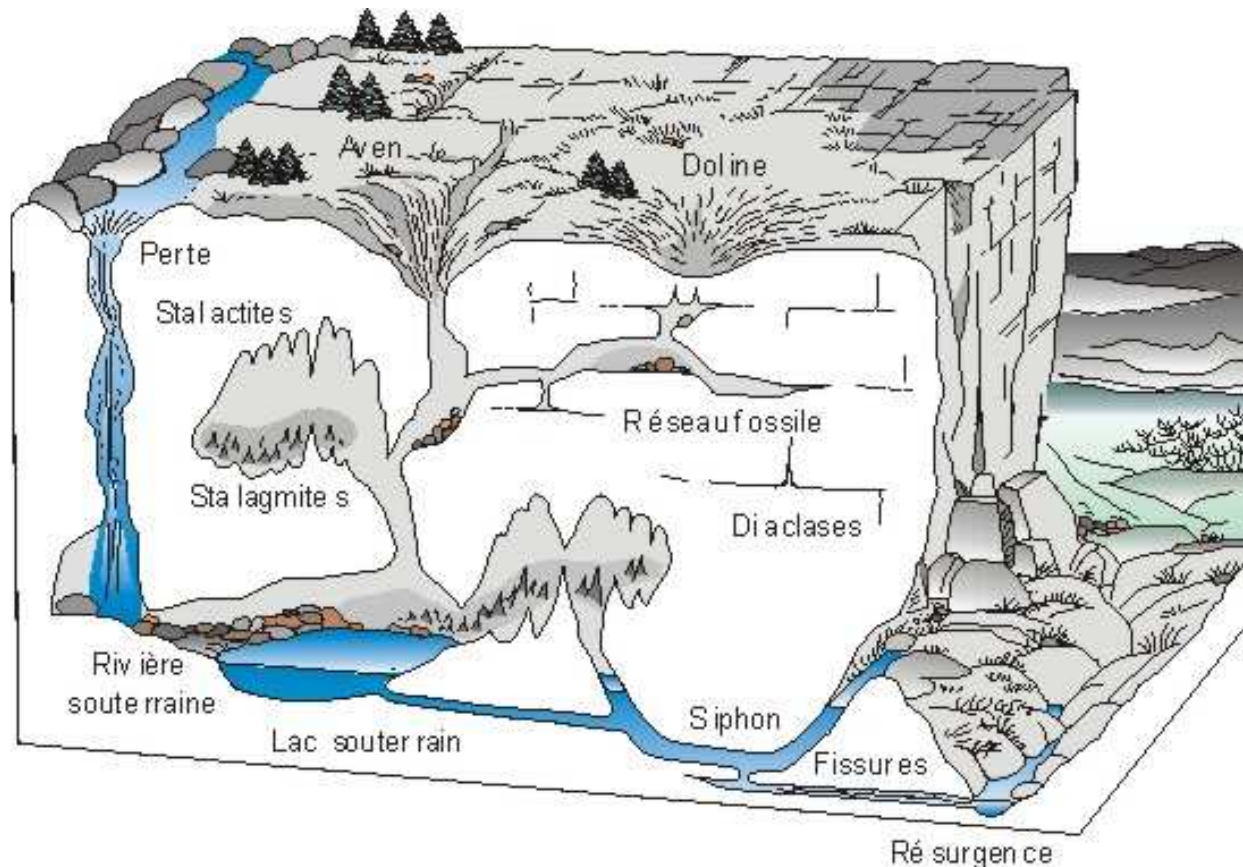


Calcaires en petits bancs

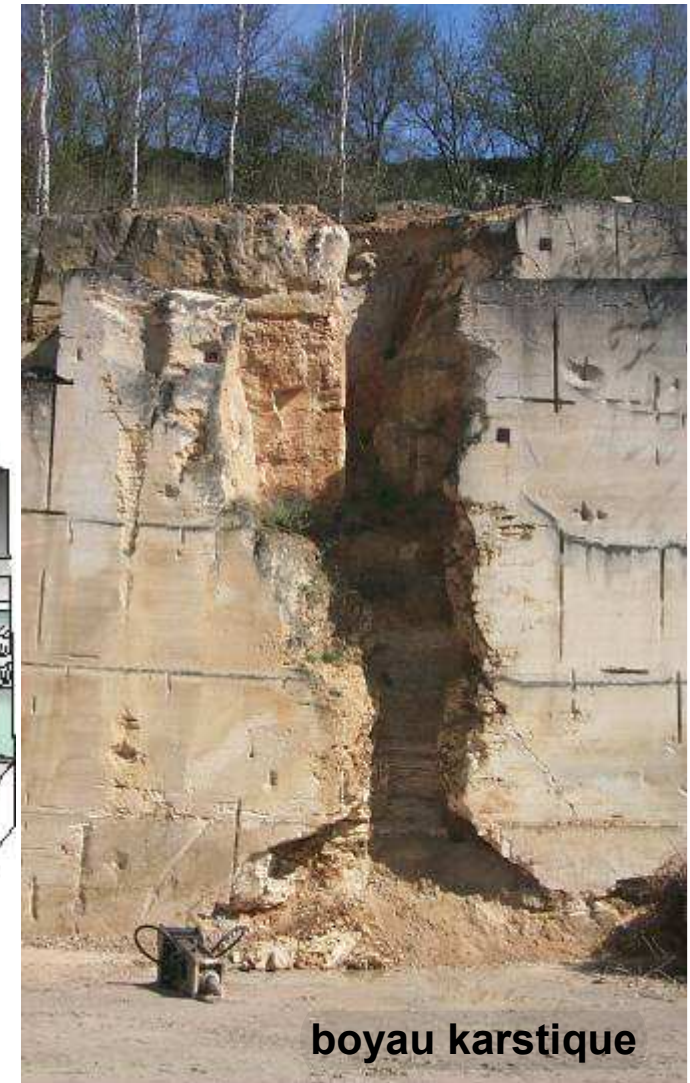


Les roches carbonatées

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

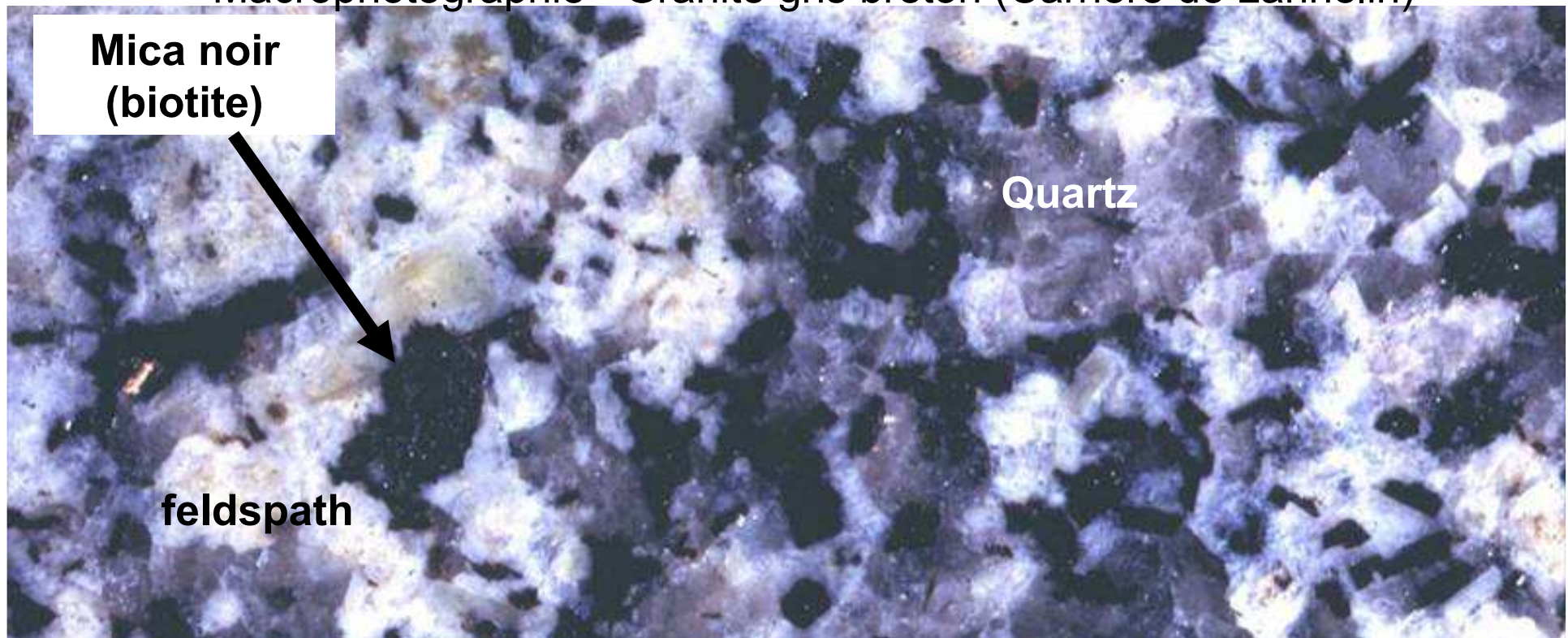


Calcaires et marnes plus ou moins argileuses

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

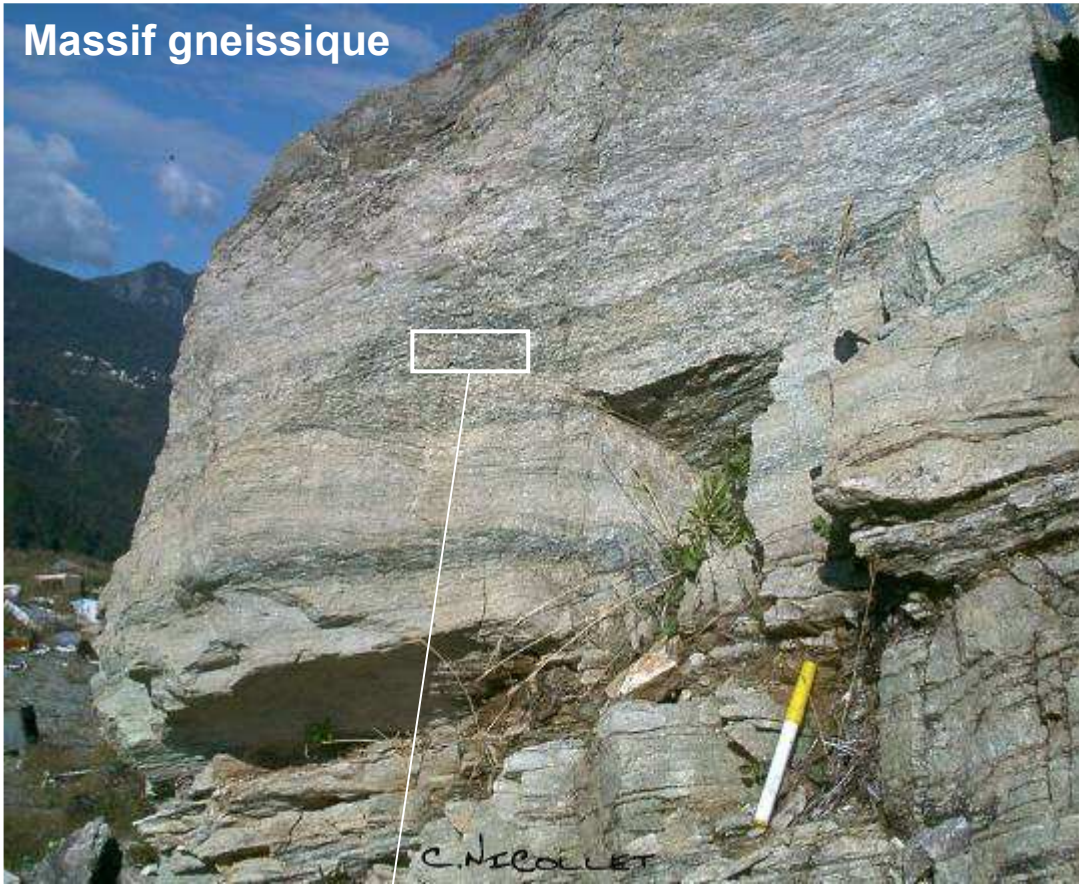


Empilement de coulées
métriques

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

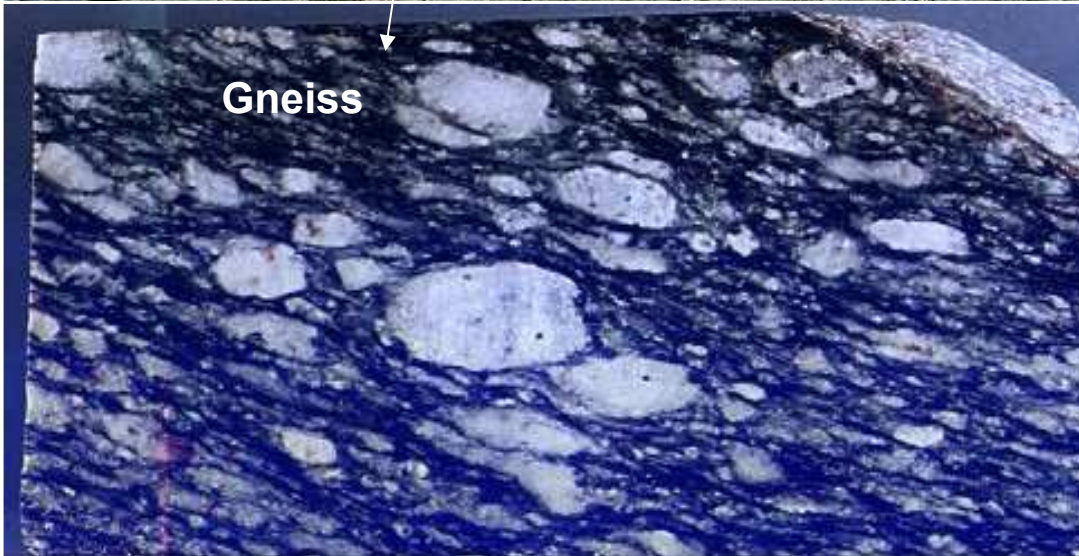


Les roches métamorphiques

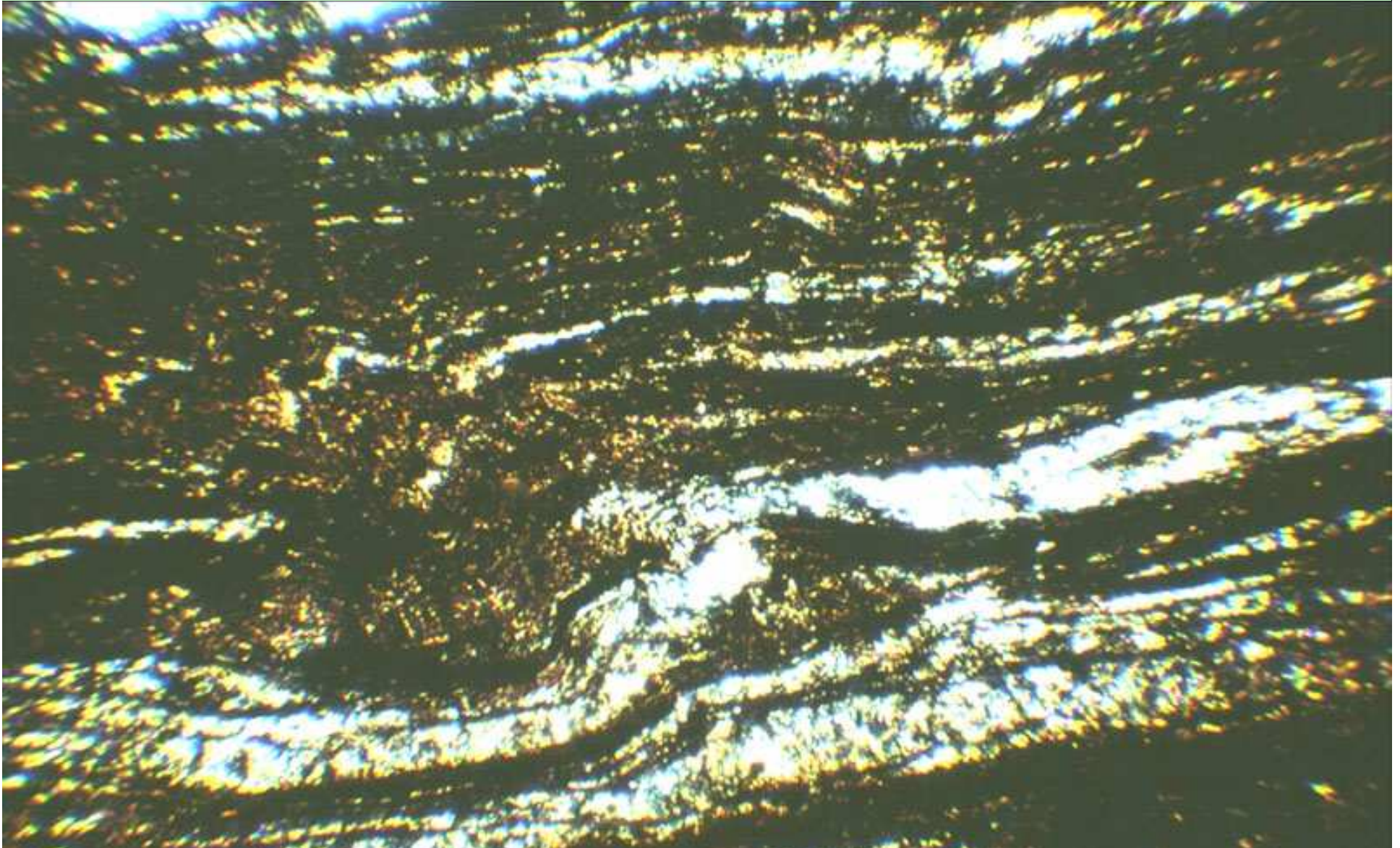
Schiste



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.



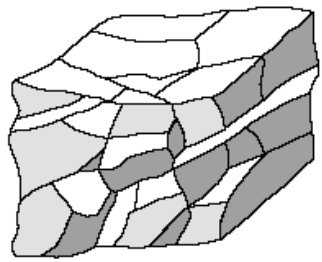
Grès



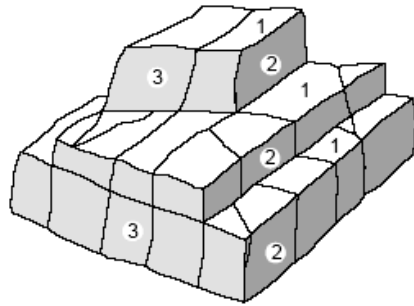
Poudingue



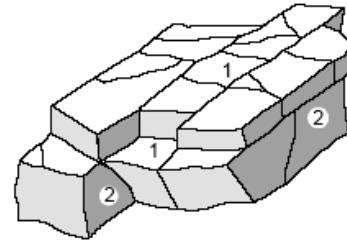
Brèche de Valfleury (42)



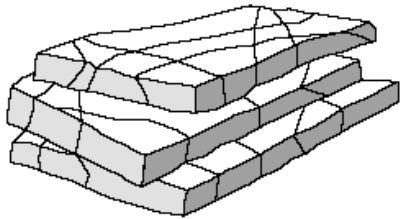
Polyhedral blocks



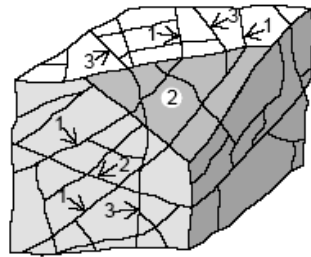
Equidimensional blocks



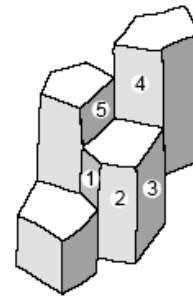
Prismatic blocks



Tabular blocks



Rhombohedral blocks

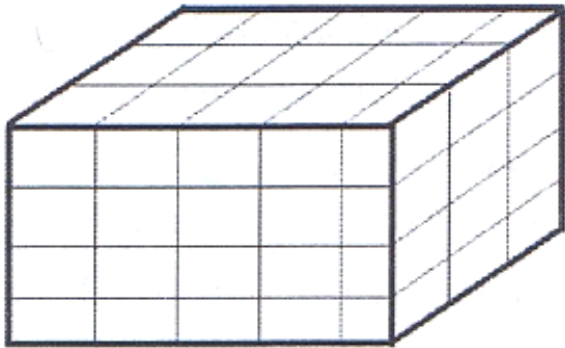


Columnar blocks

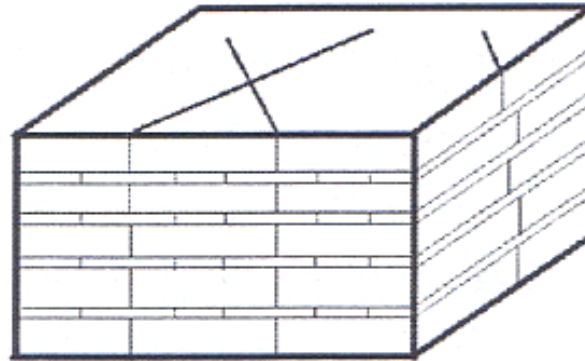
Différentes structures géométriques de massifs rocheux fracturés (cité par Palmström [1995])

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.

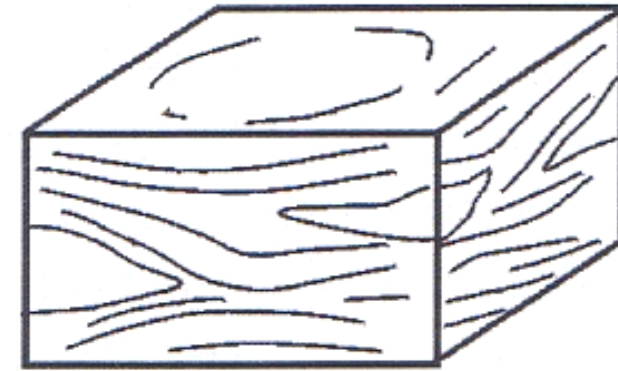
Le Manuel de Mécanique de Roche (CFMR-MMR [2000]) propose les trois modèles géométriques principaux suivants classés selon les familles de discontinuités



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

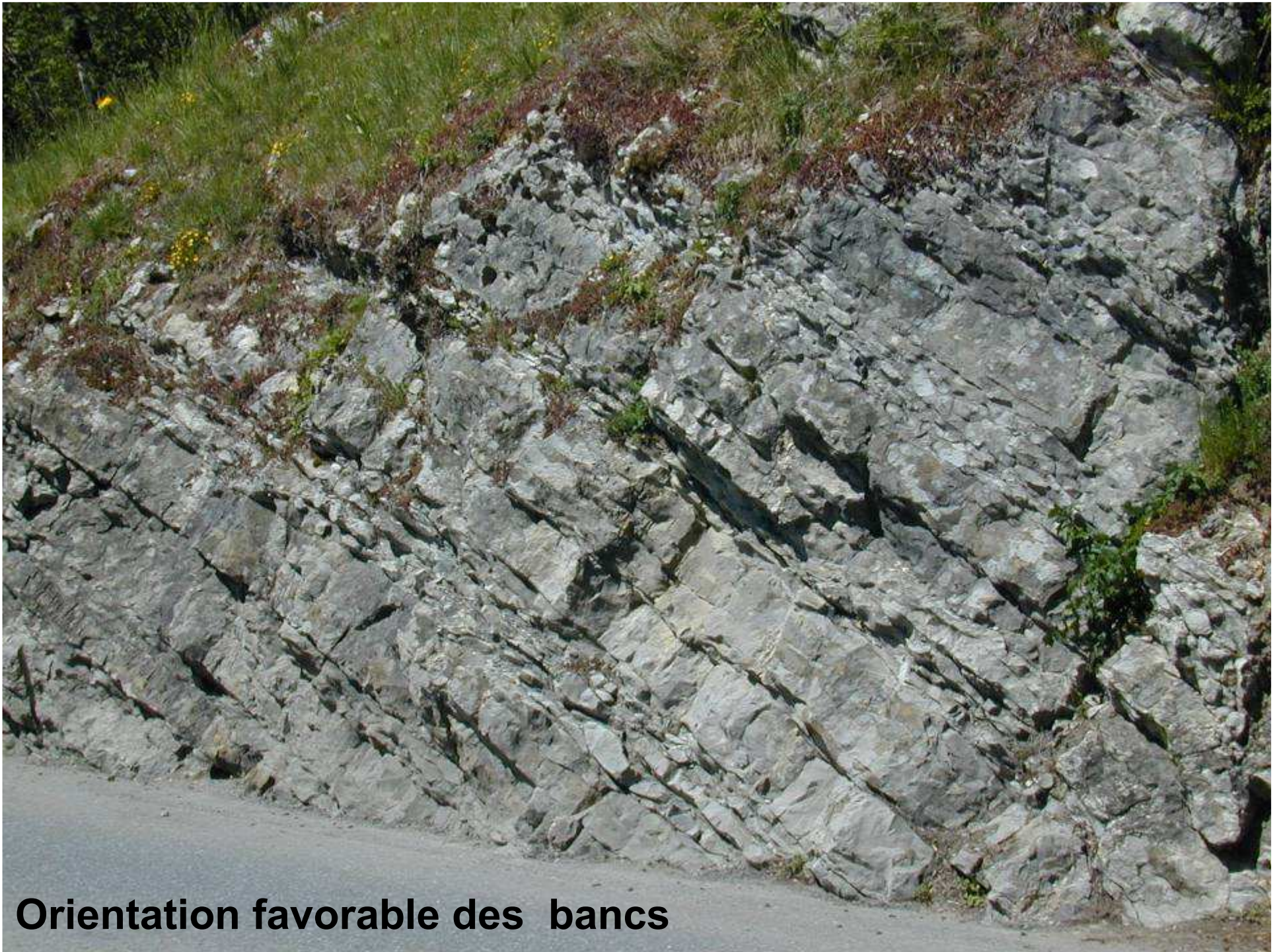
Ouvrages souterrains (tunnels, carrières)

Grands glissements/éboulements rocheux

Évolution des matériaux rocheux



Glissement banc sur banc



Orientation favorable des bancs



Chutes de pierres : protection par filets (grillage)



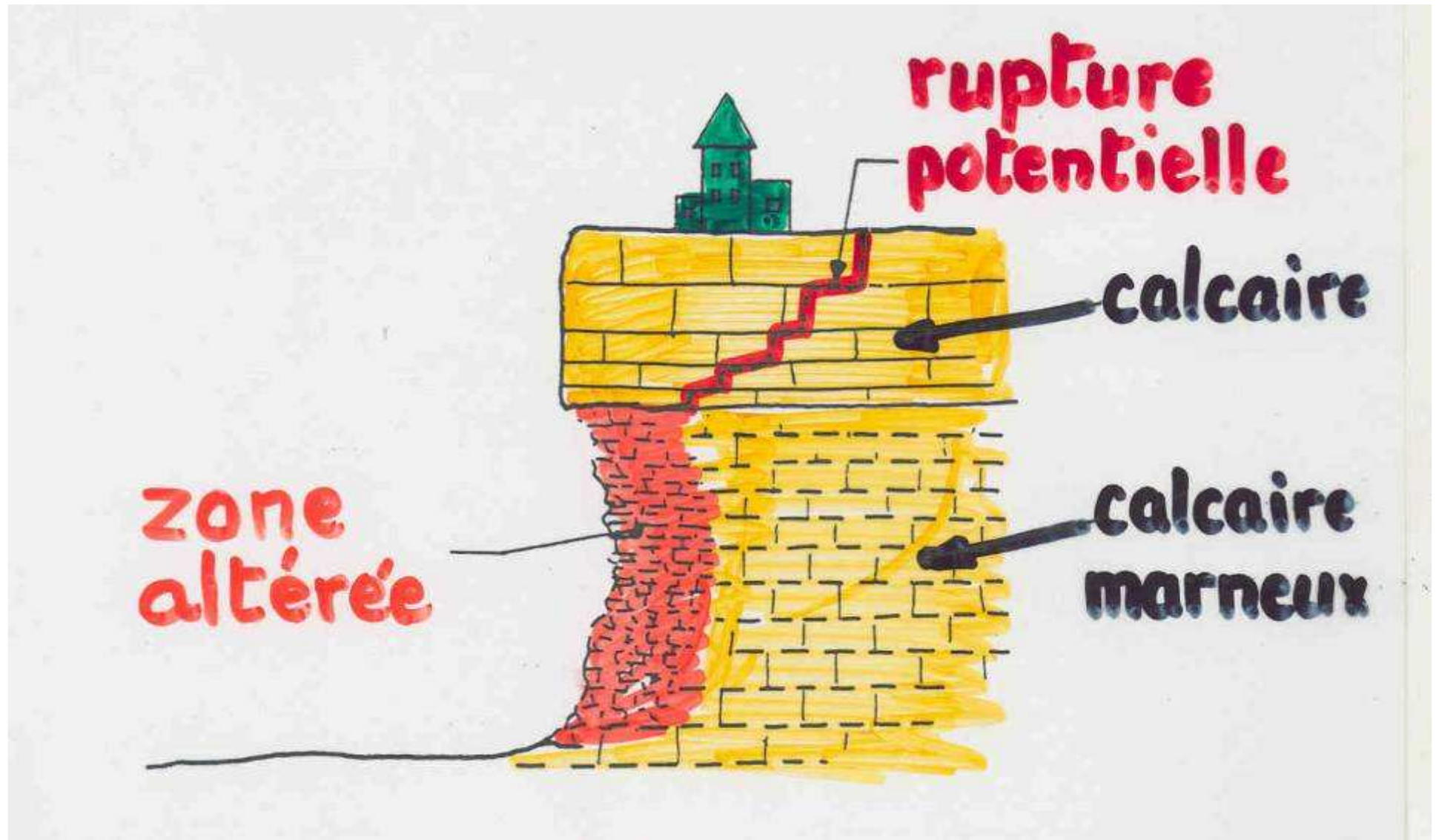
Stabilité de falaises



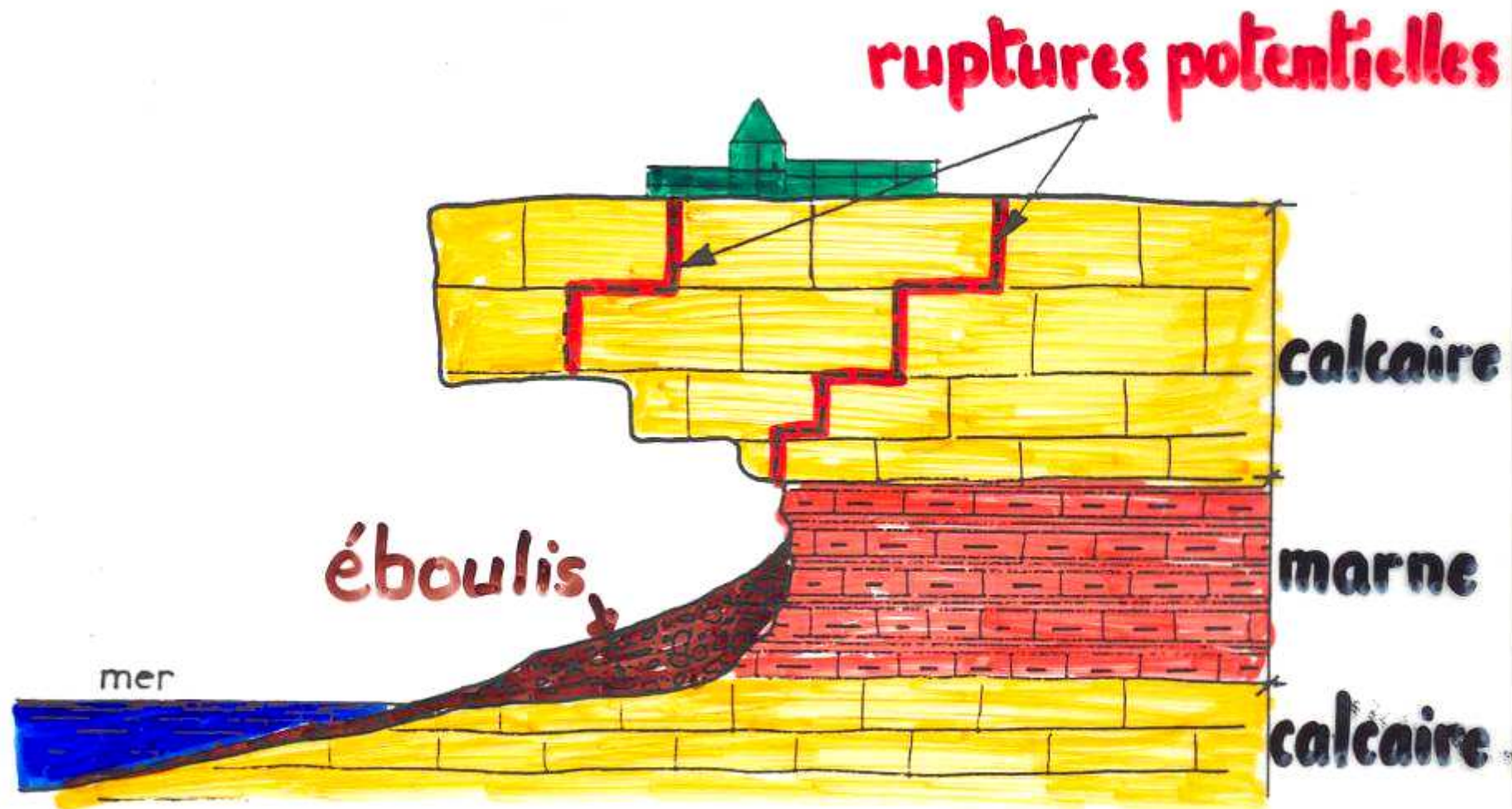
www.loriandersonphoto.com



Stabilité de falaises



Stabilité de falaises

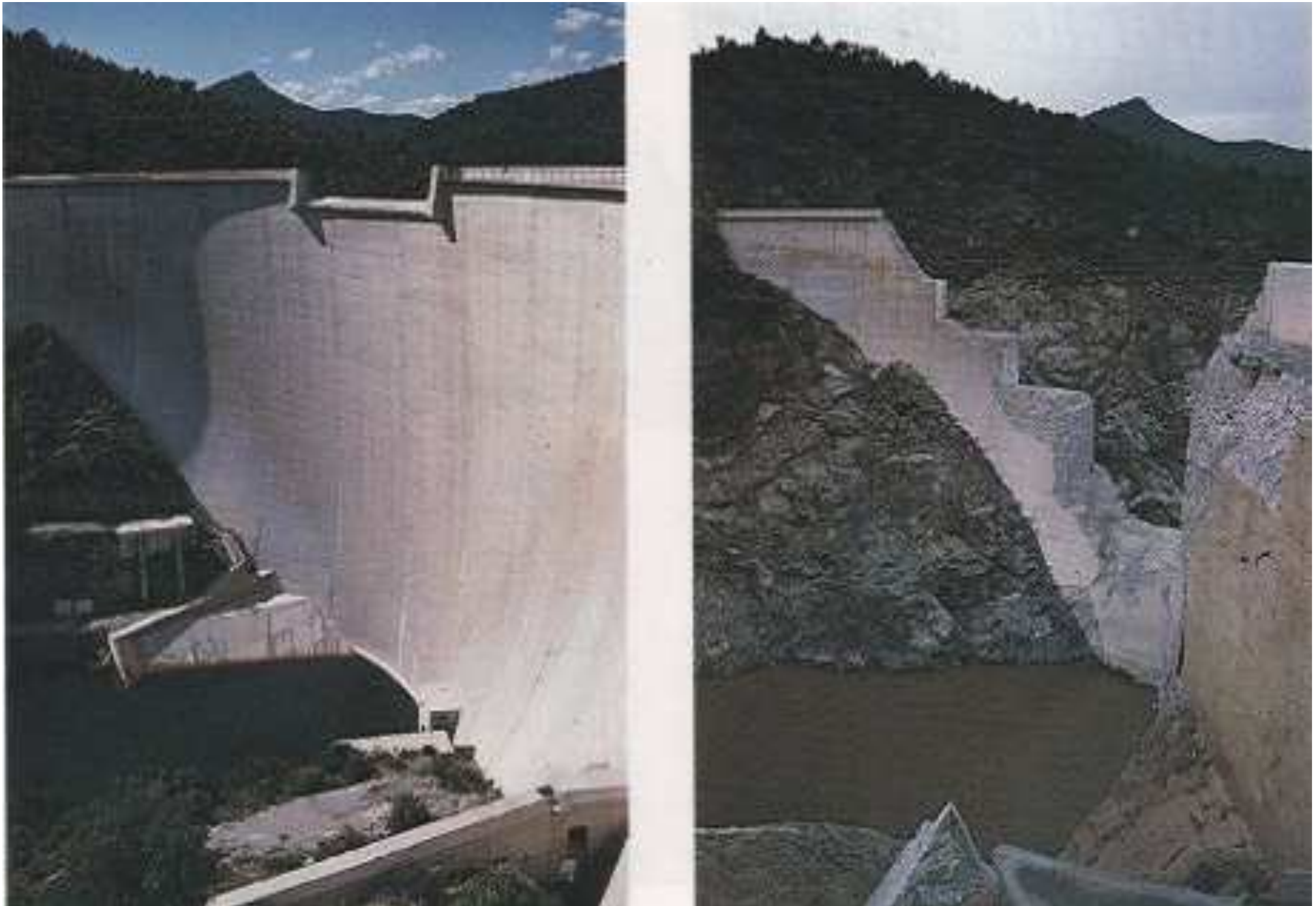


Stabilité de falaises

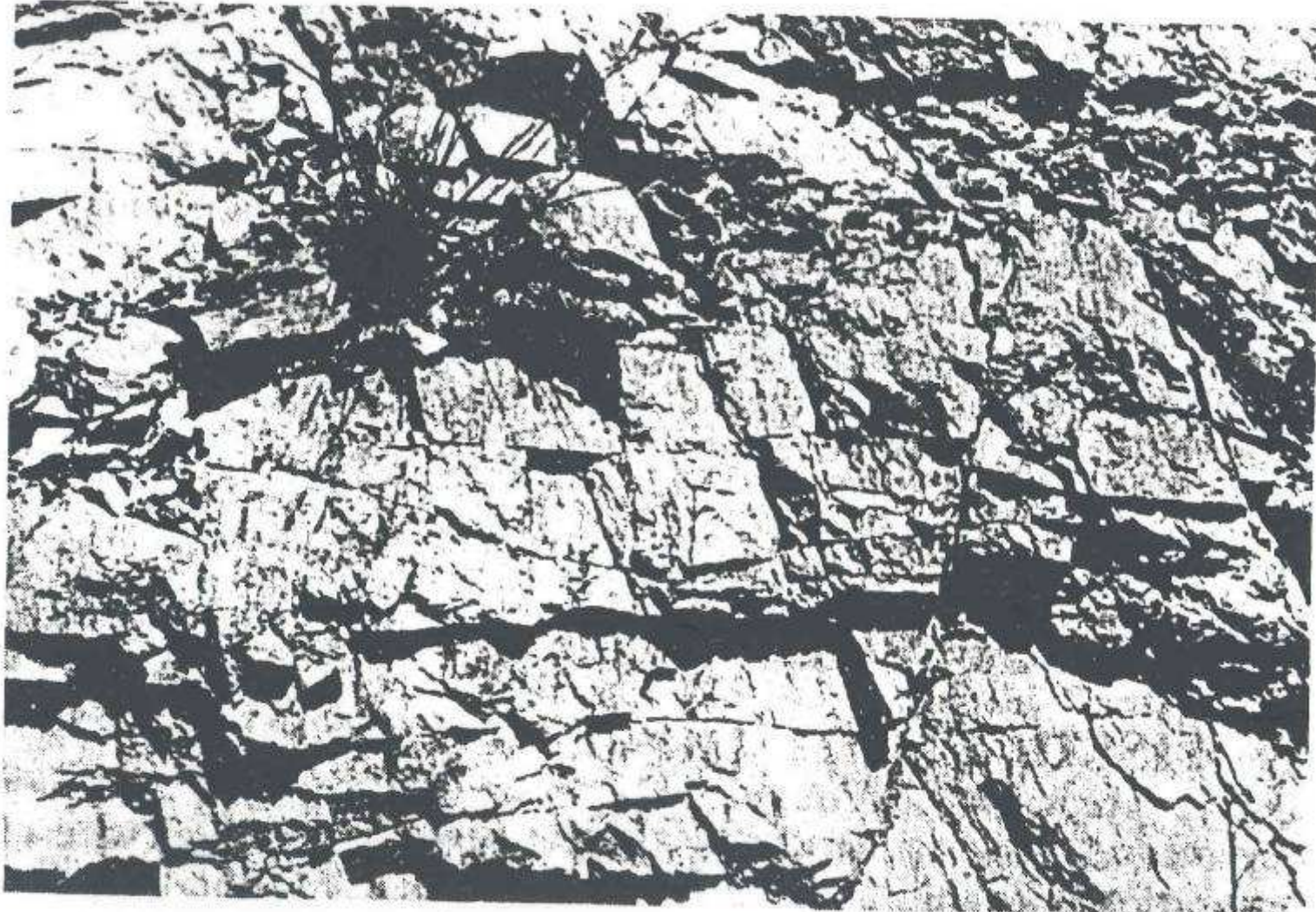


Fondations de ponts sur massifs rocheux

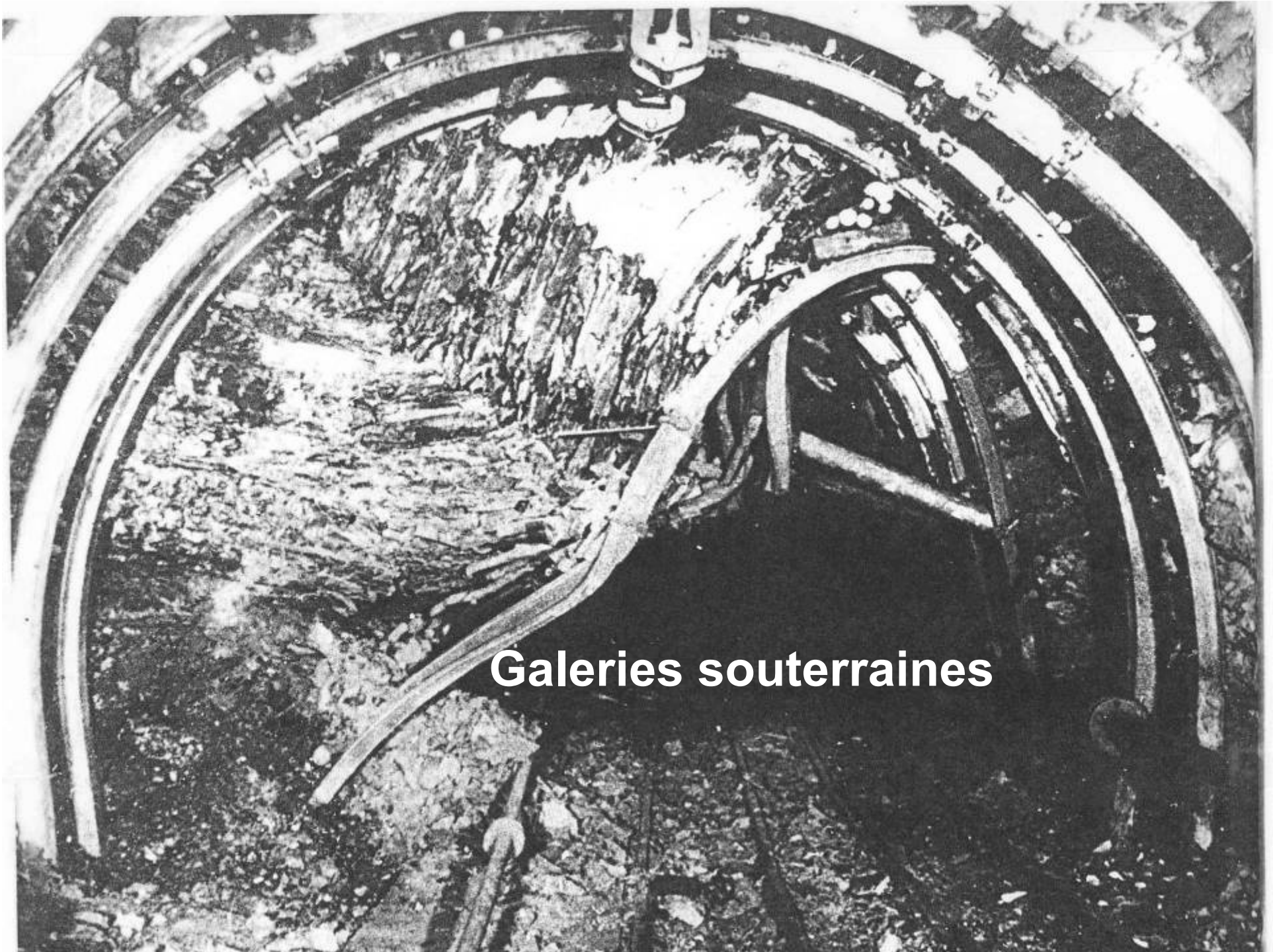
Barrage de Malpasset Rupture 2-12-1959 50Mm³ eau Vague 40m 423morts



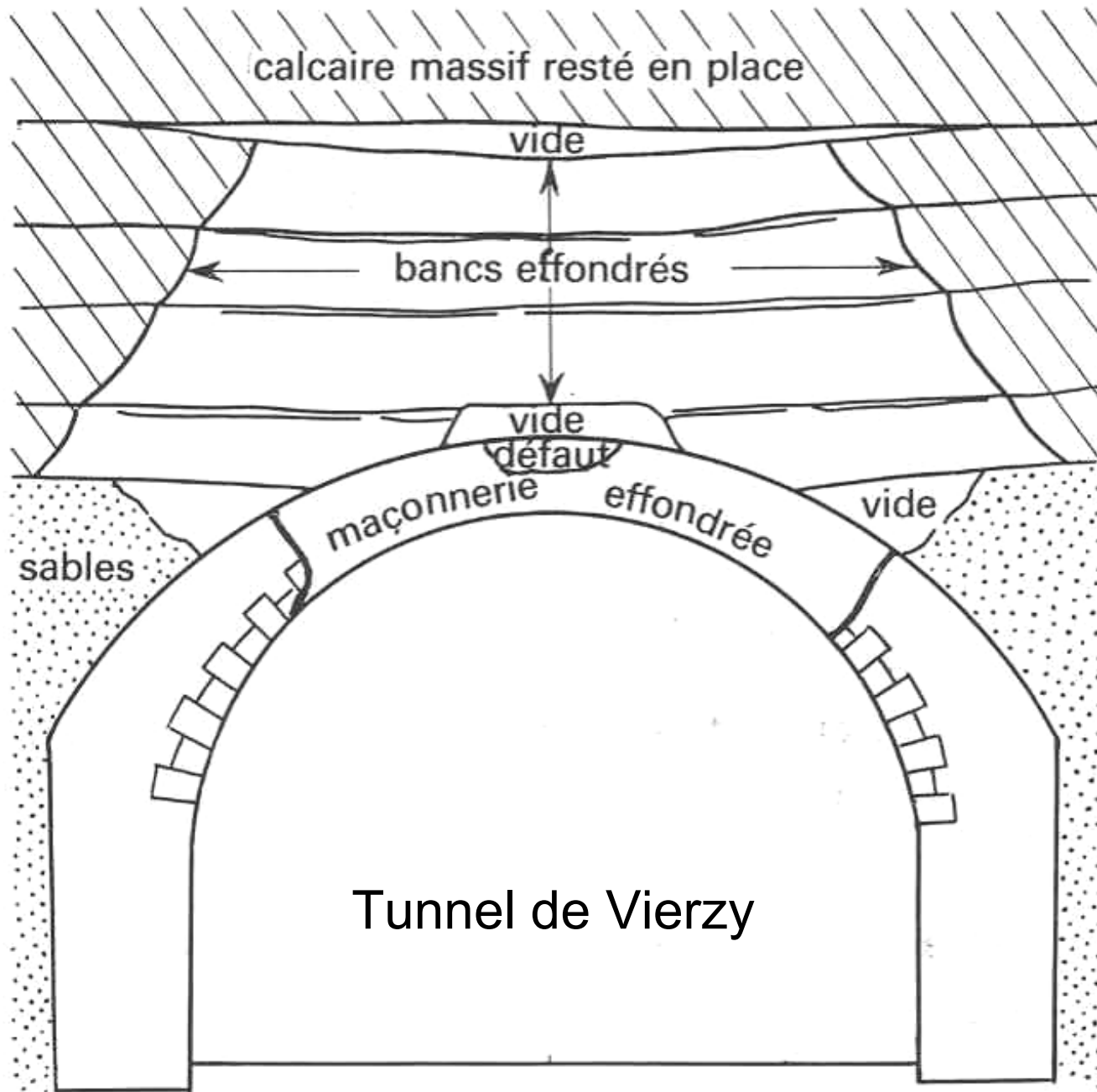
Barrage de Malpasset (Fréjus)

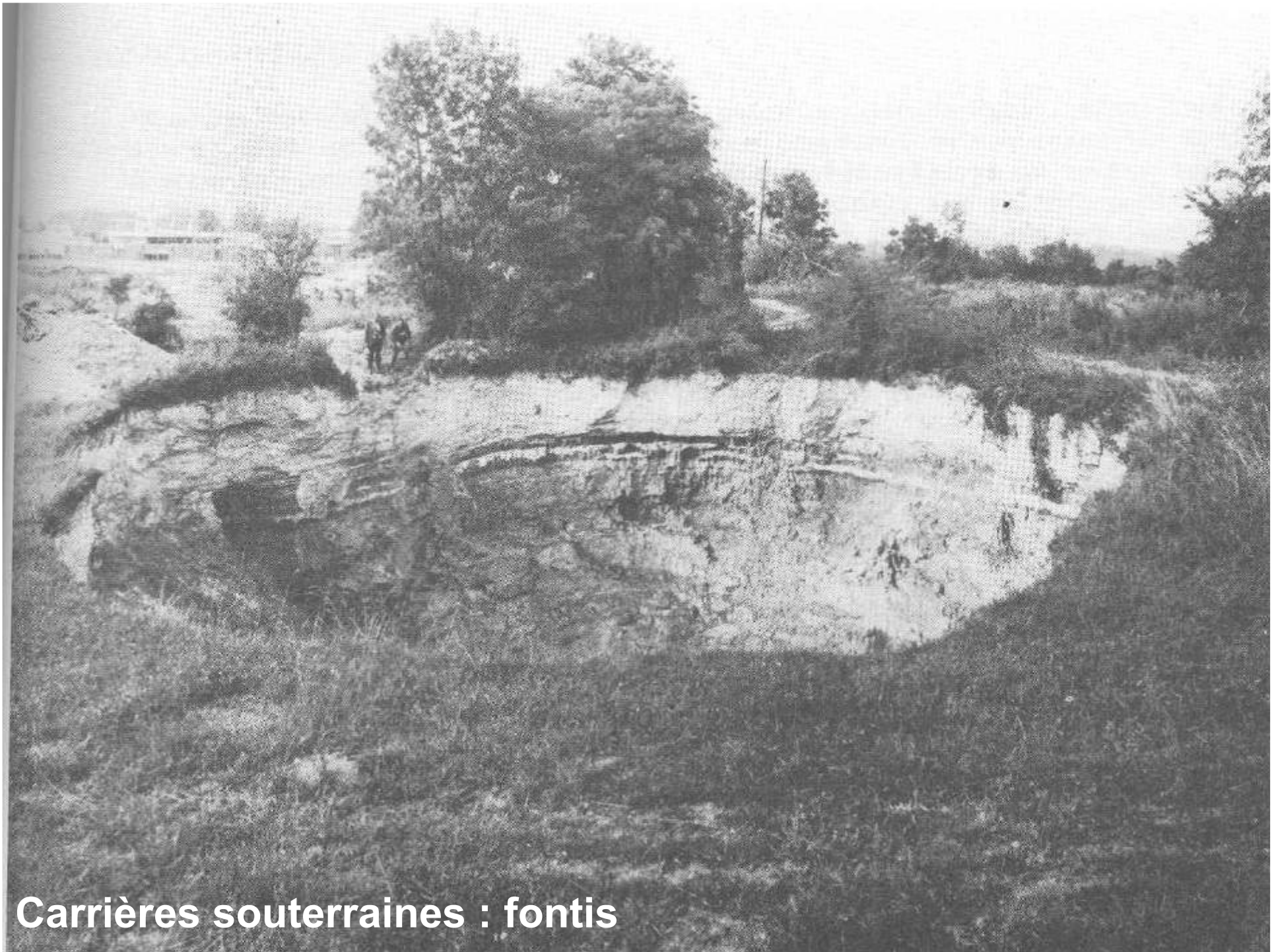


Schistes cristallins diaclasés



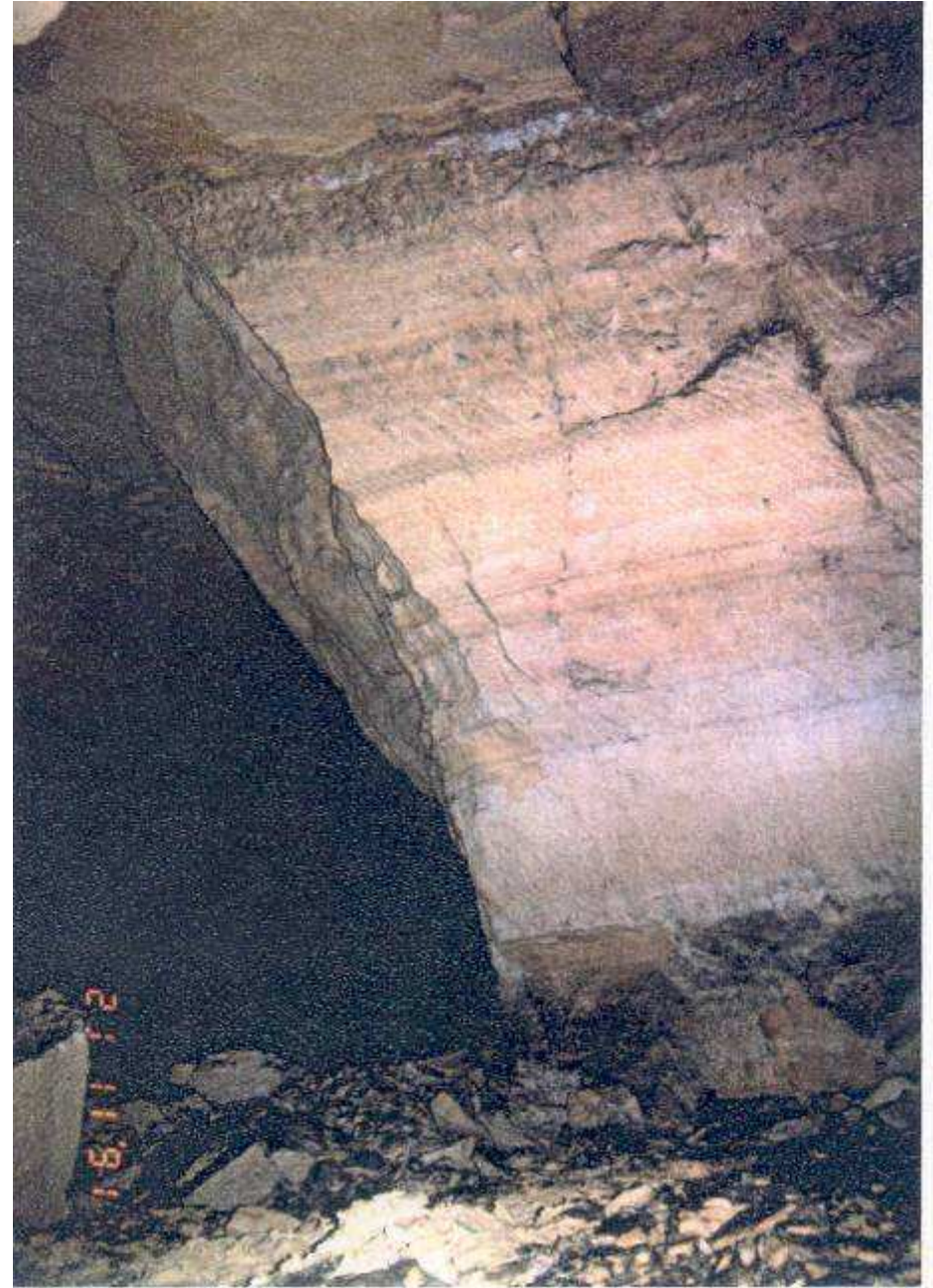
Galeries souterraines

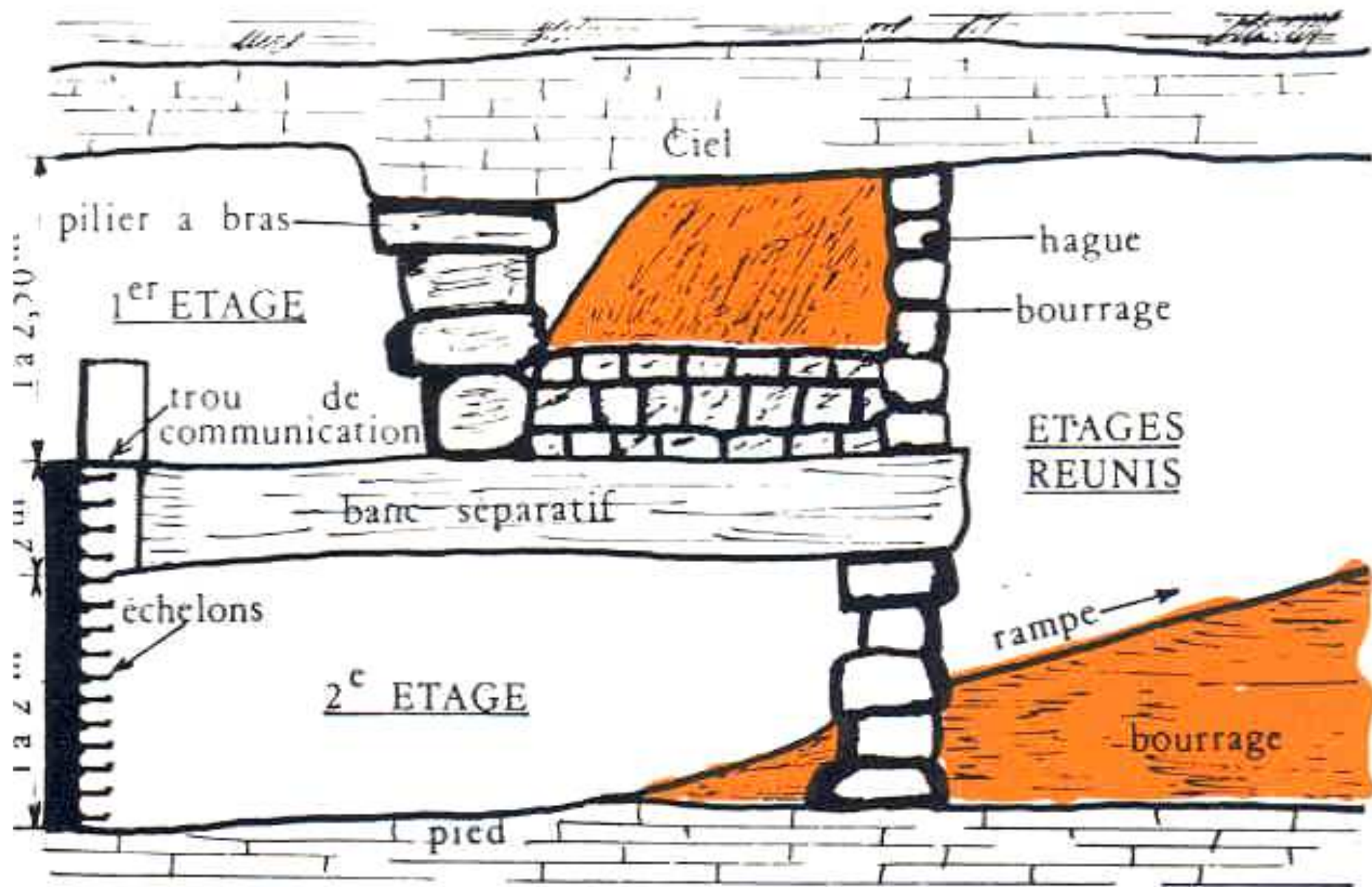




Carrières souterraines : fontis

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 Mm³ 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) 30-40Mm³

Avant

Après





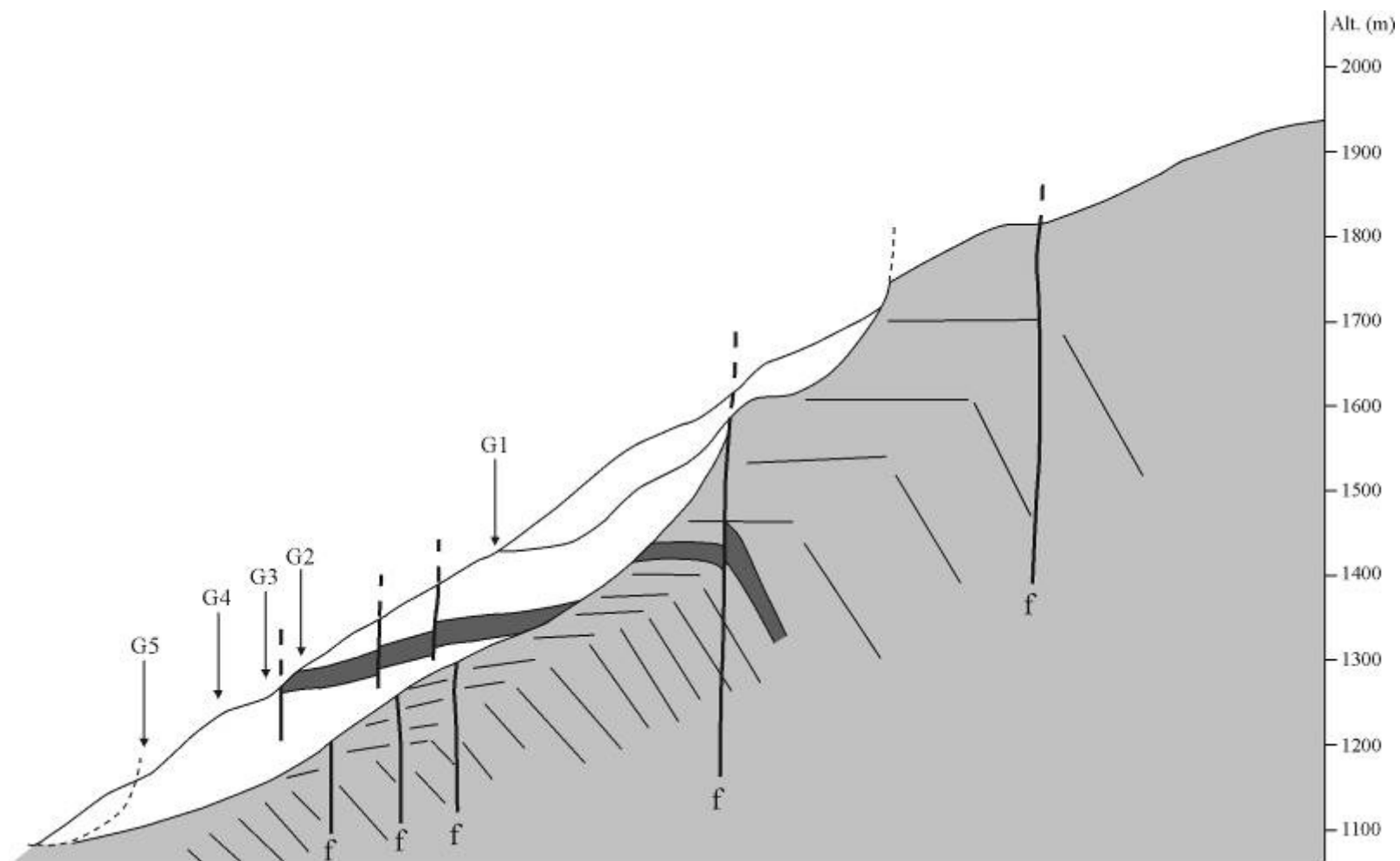


Barrage de Malpasset

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



Structure schématique



Glissement de mars 2006



Altération des roches





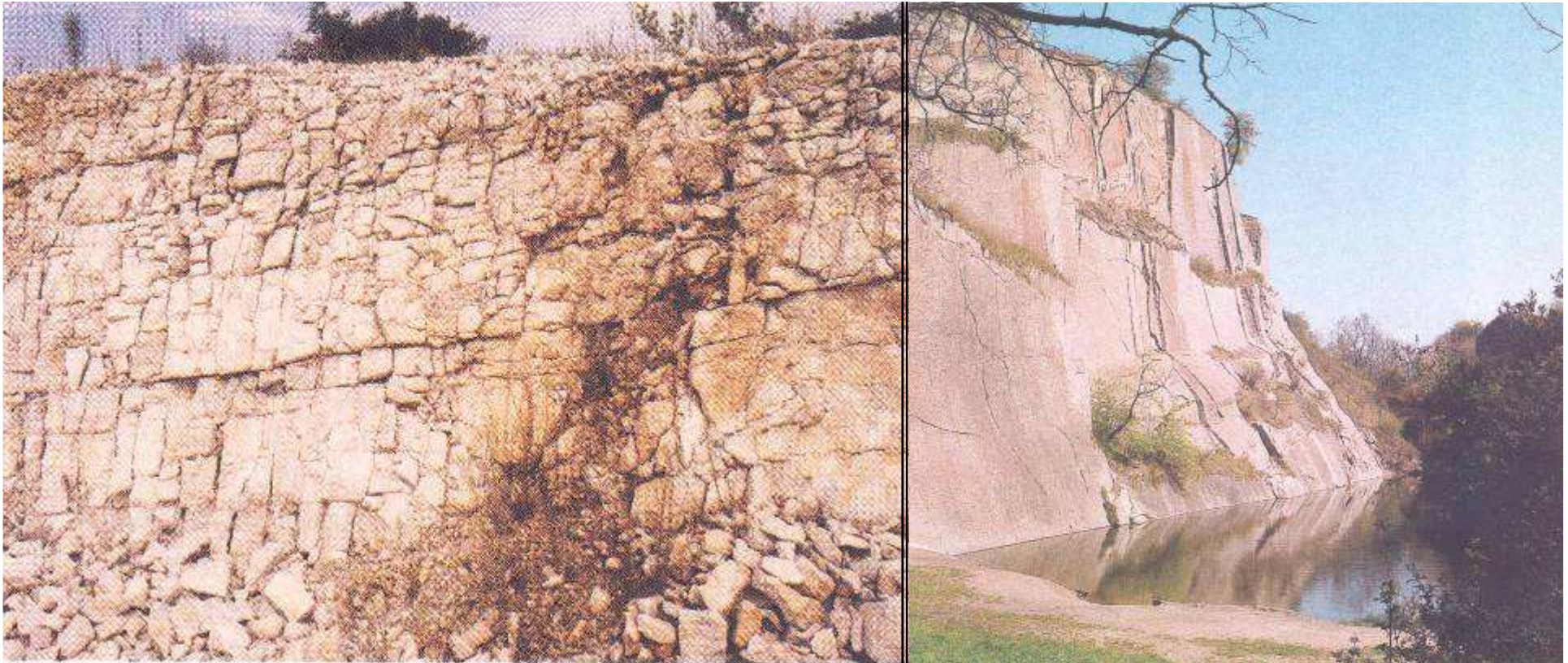
Description et comportement des massifs rocheux

- 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.

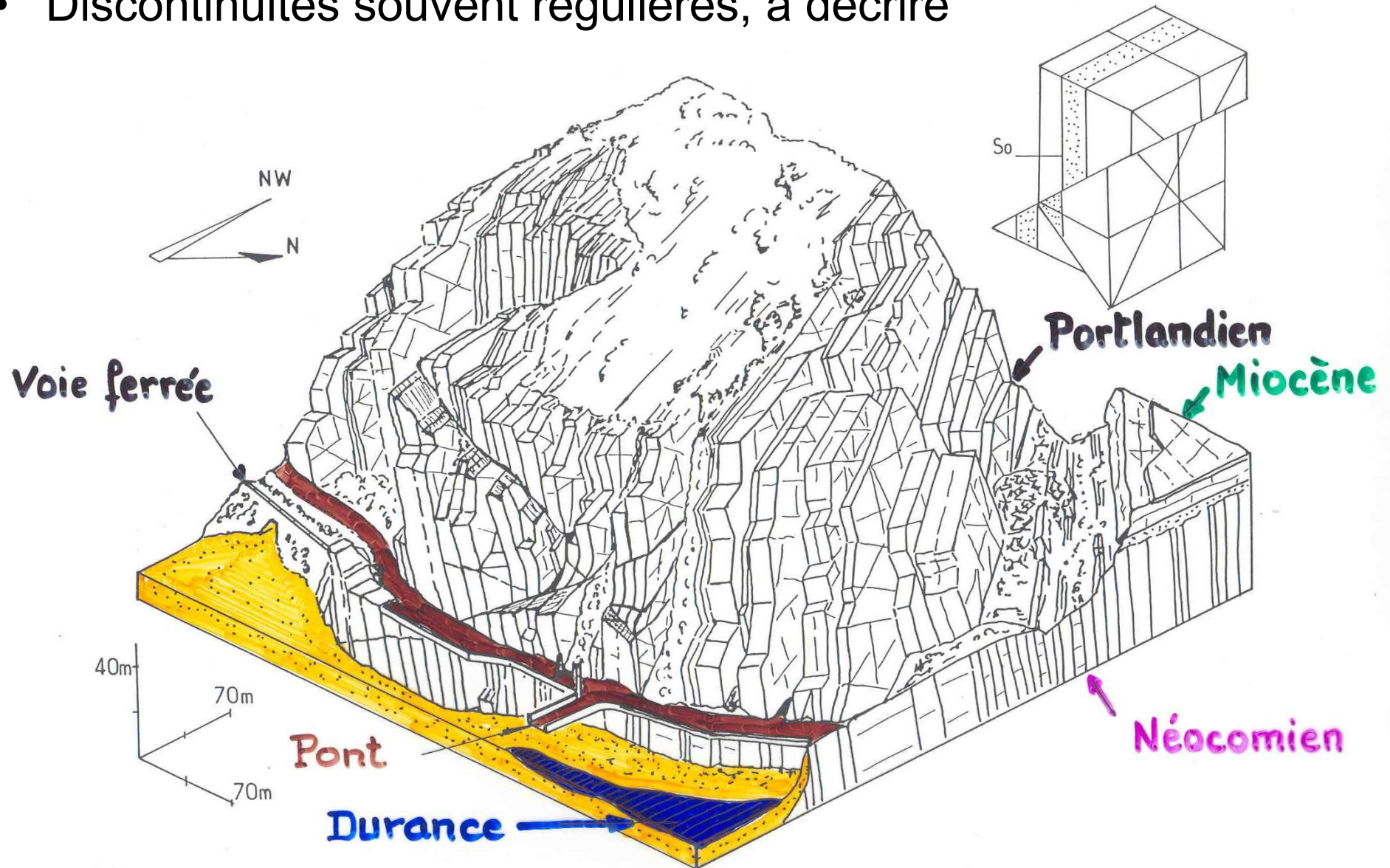
Exemple : Barre rocheuse au bord de l'Elbe

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

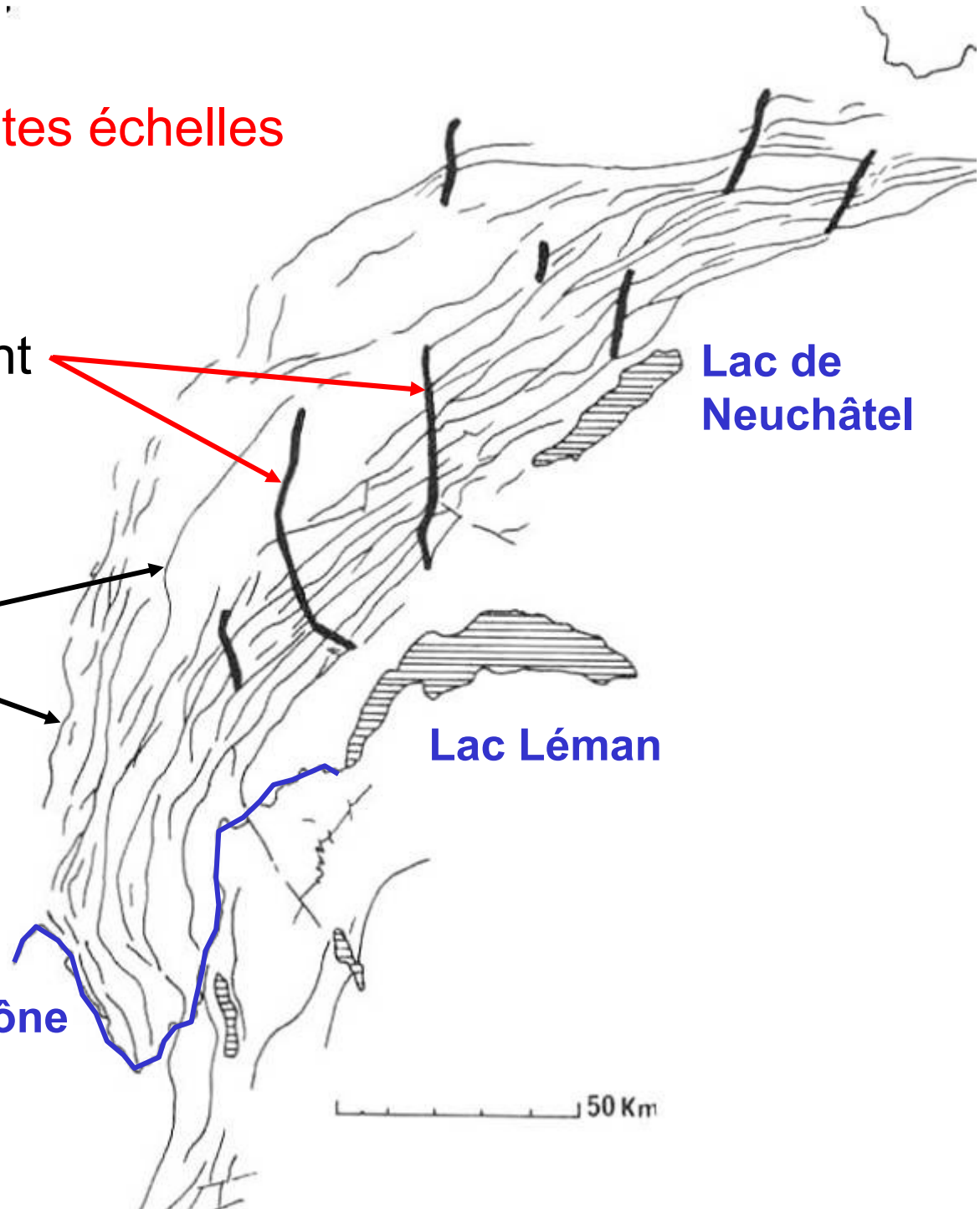
Lac de
Neuchâtel

Axes des plis

Lac Léman

Rhône

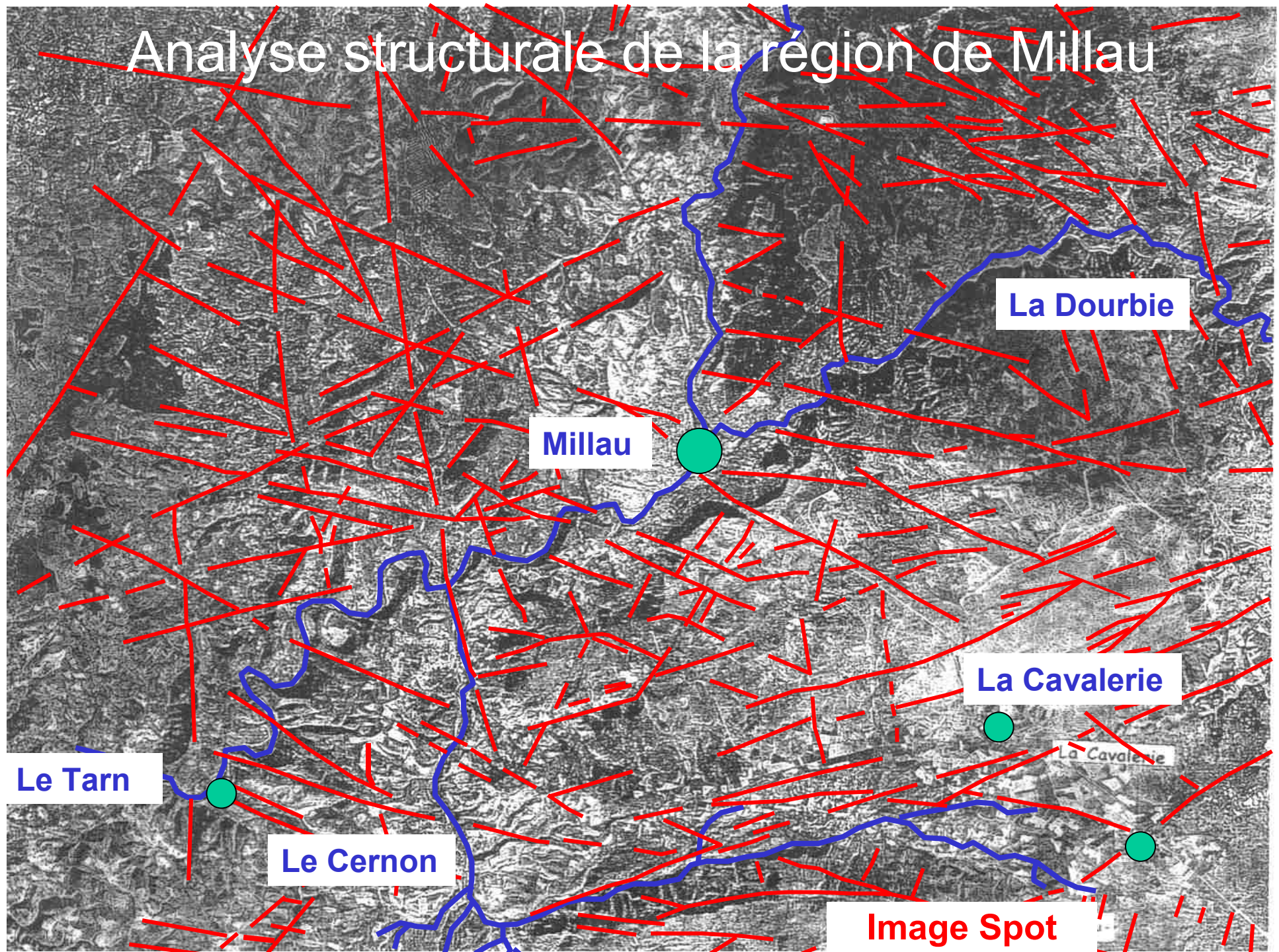
50 Km



La région de Millau (Géoportail)

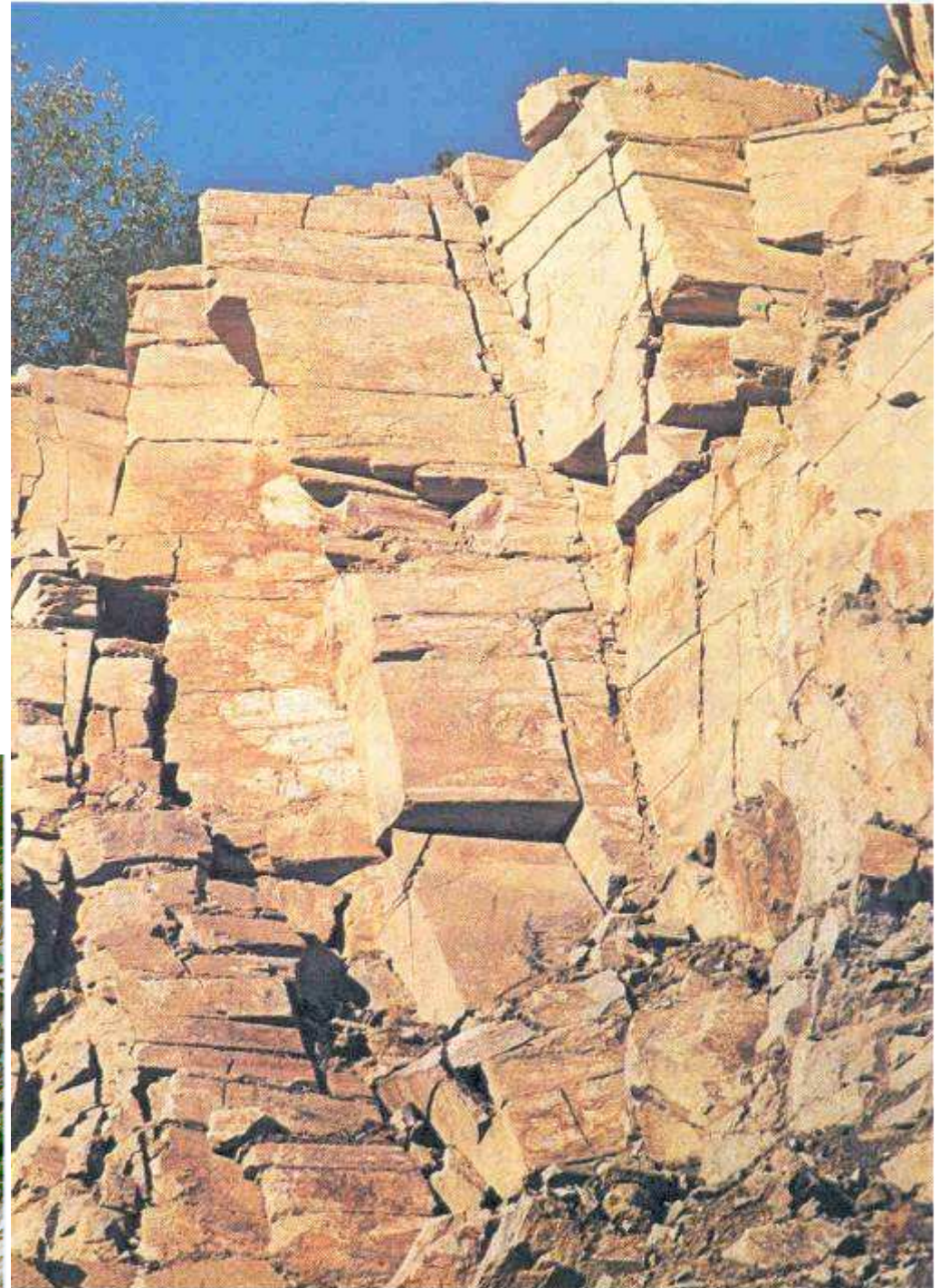


Analyse structurale de la région de Millau



(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)

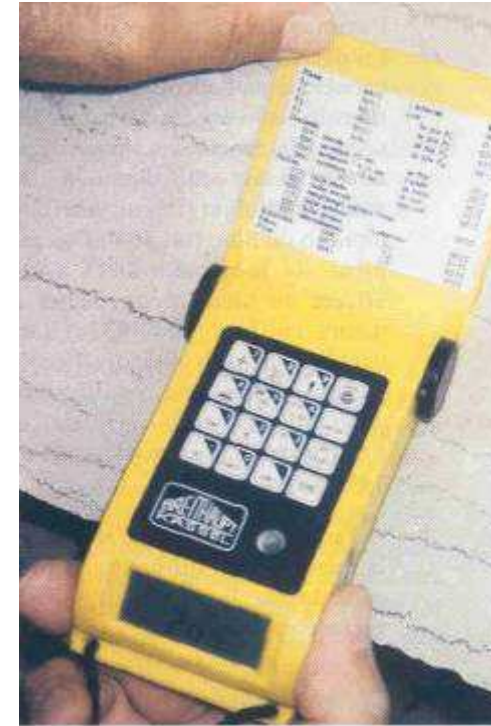
Diaclases : sans rejet (métriques)

- Joints de refroidissement
- Schistosité

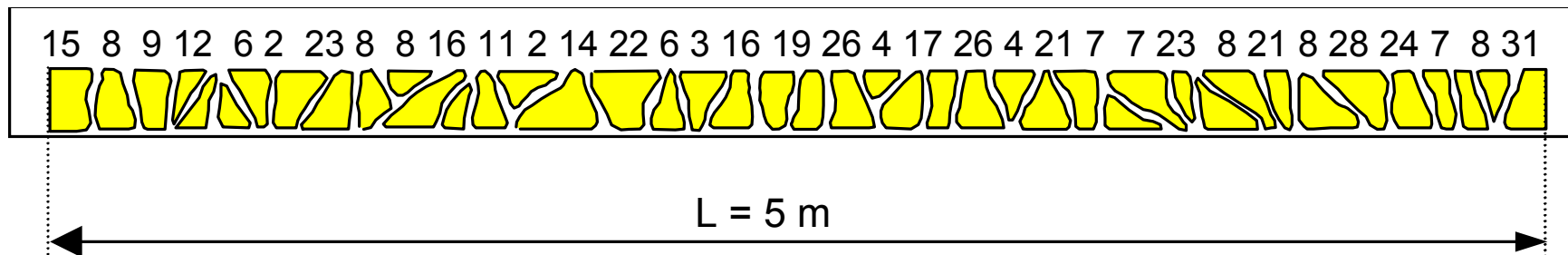
Description des discontinuités

A. Techniques de reconnaissance

- Cartes géologiques, photos aériennes
- Relevés de surface

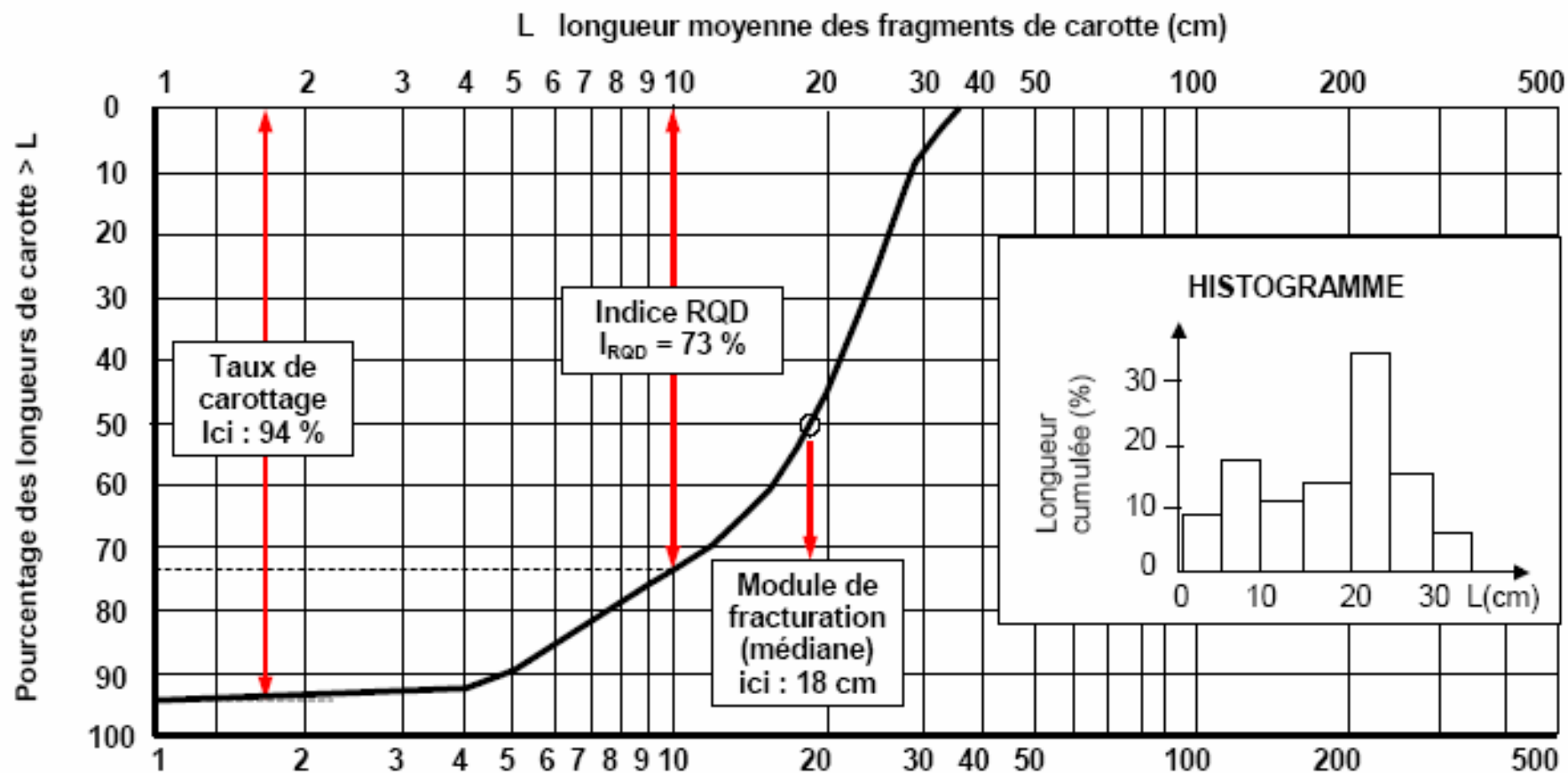


- Sondages carottés



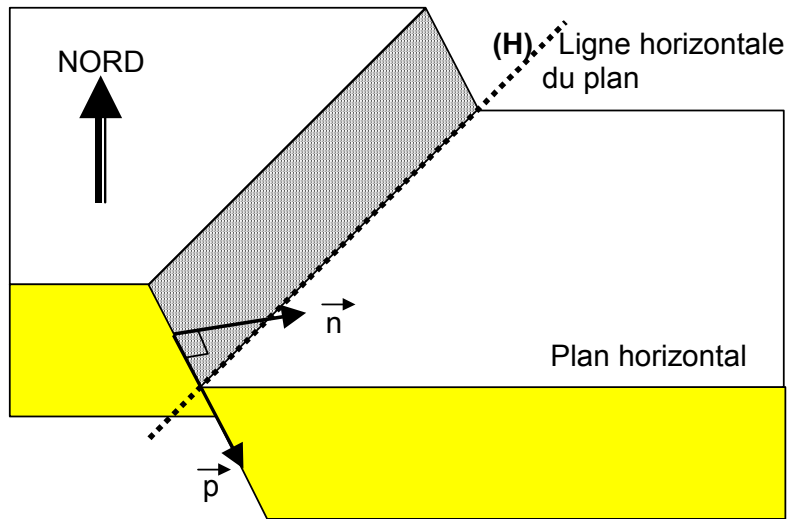
- Diagraphies et géophysique

Analyse de la fracturation des carottes

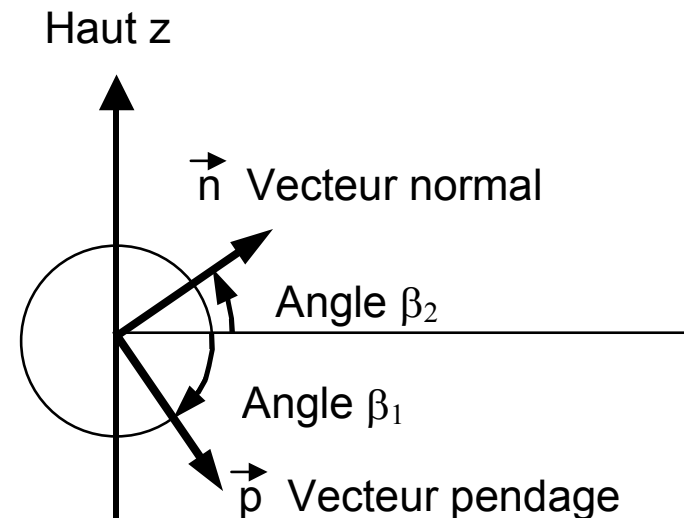
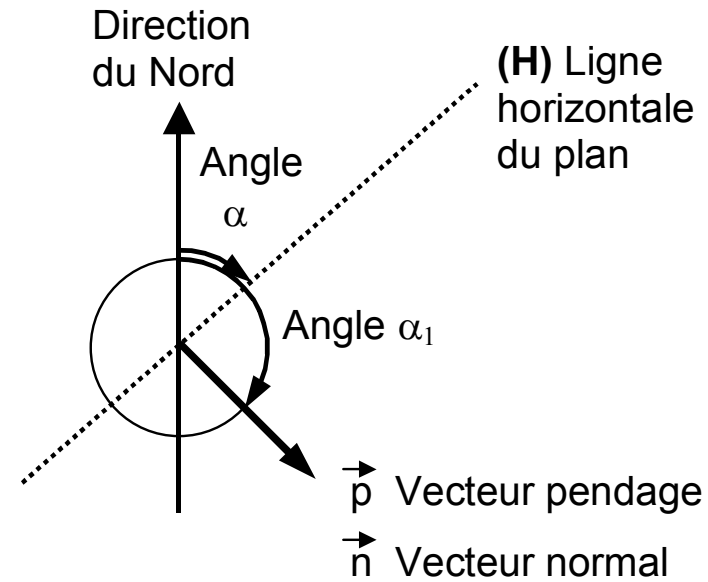


Description des discontinuités (2)

- Orientation des plans de discontinuité en surface

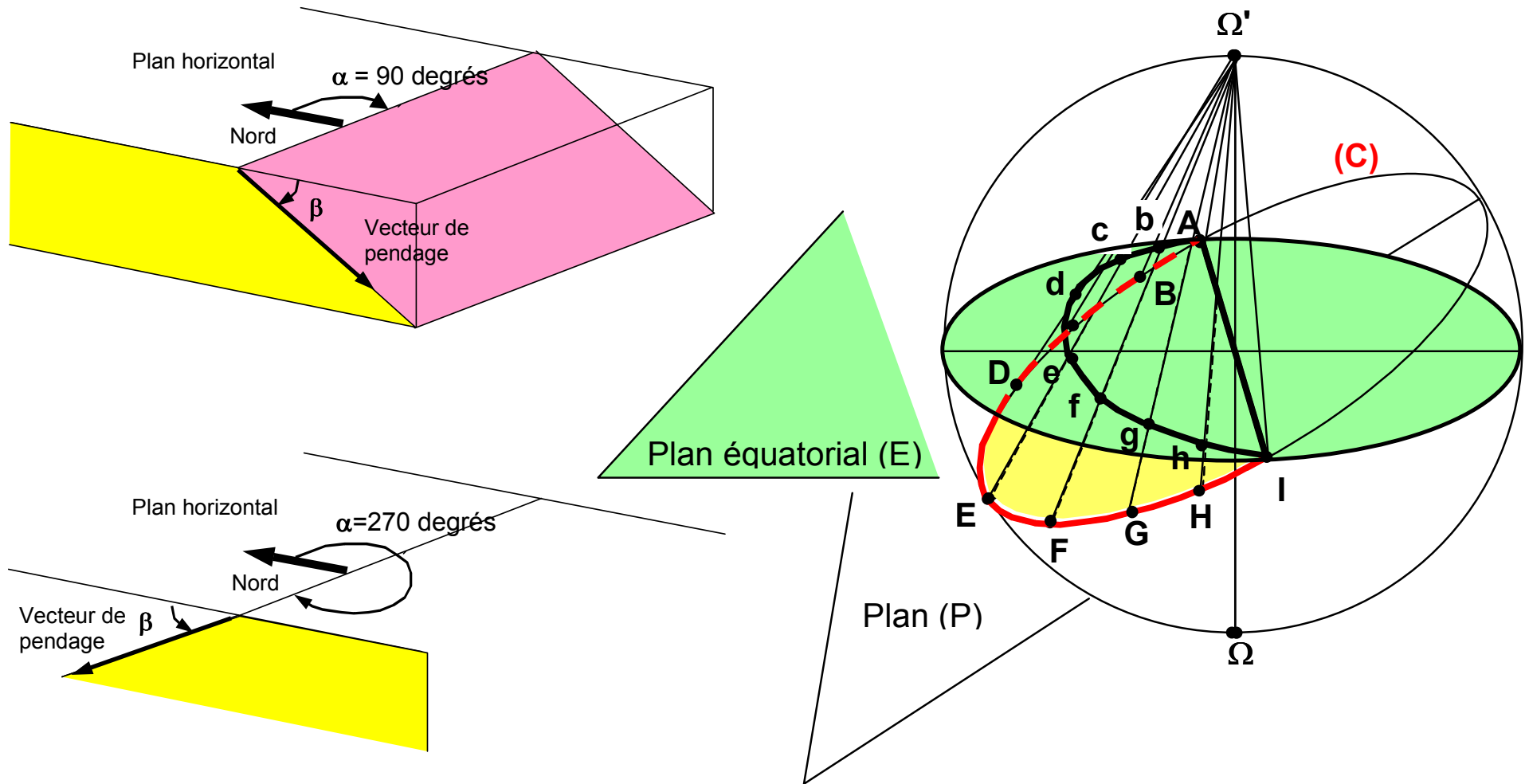


Azimut et pendage



Description des discontinuités (3)

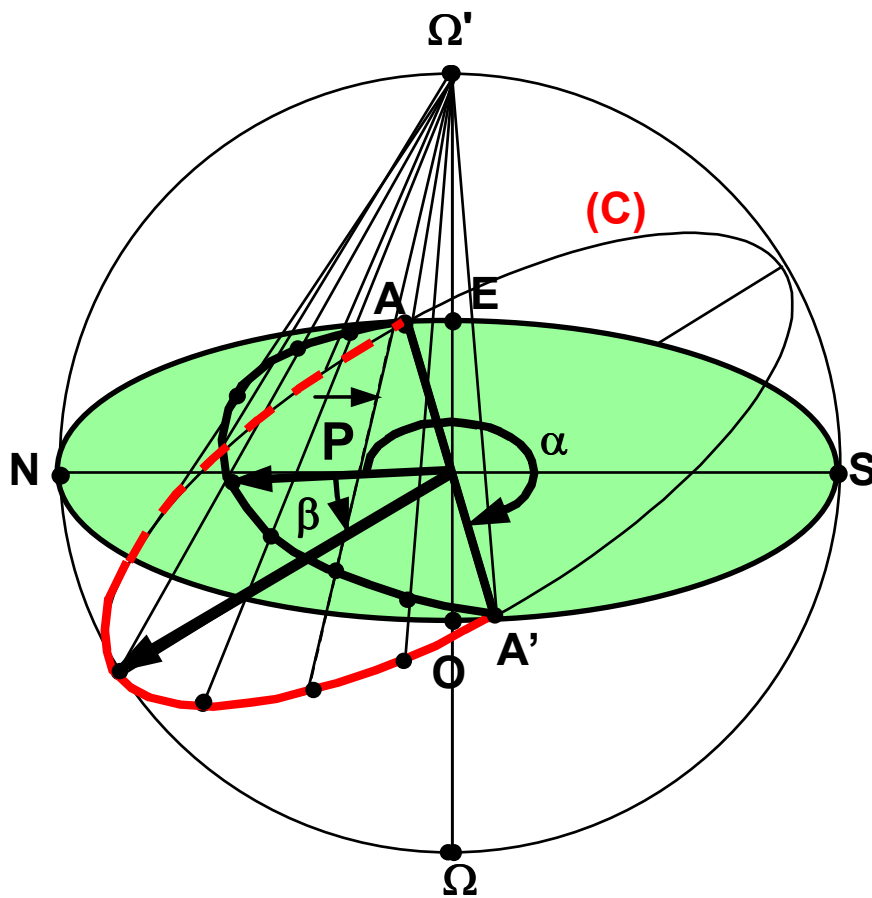
Projection stéréographique



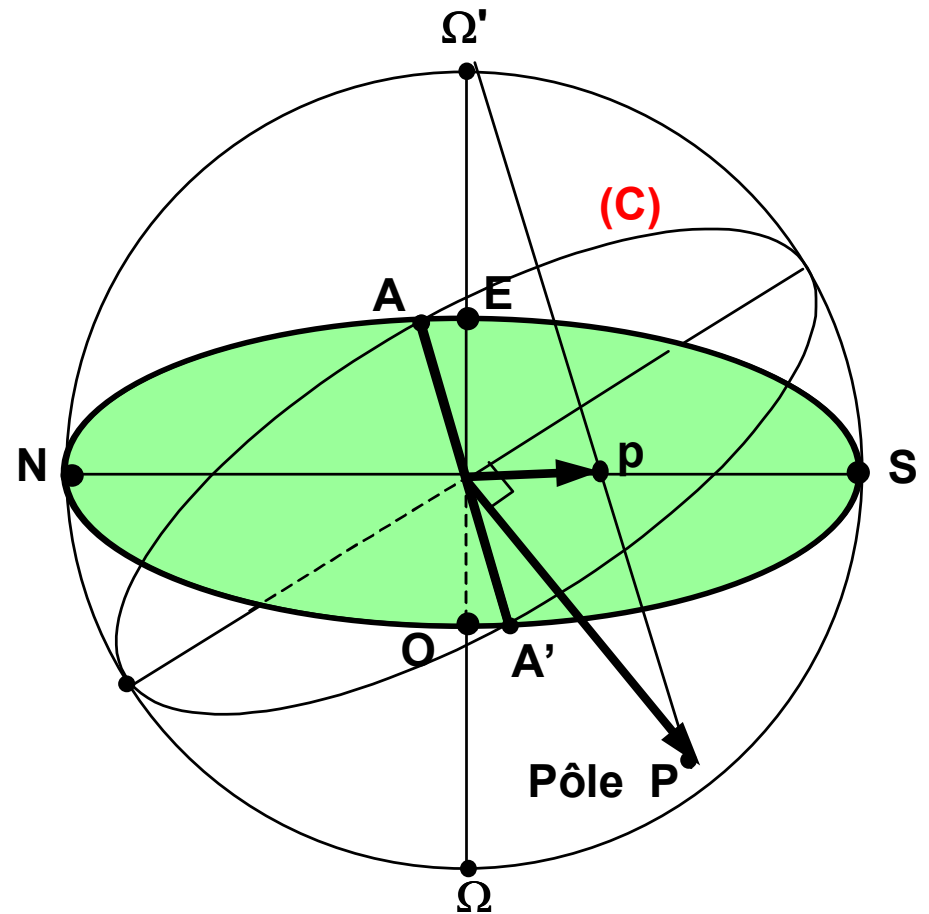
Projection de l'hémisphère inférieur

Description des discontinuités (4)

Projection stéréographique (2)



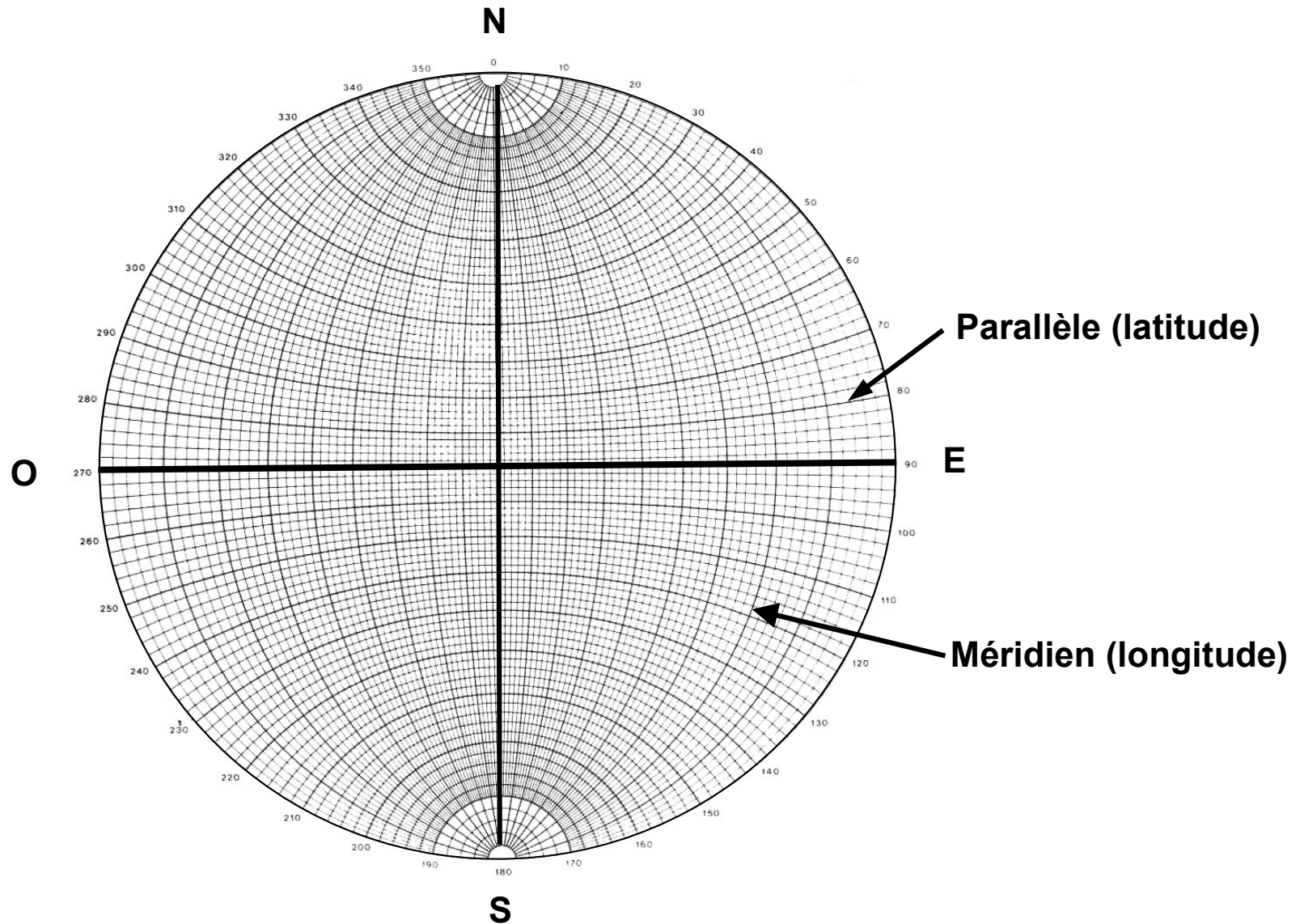
Trace du cercle



Pôle

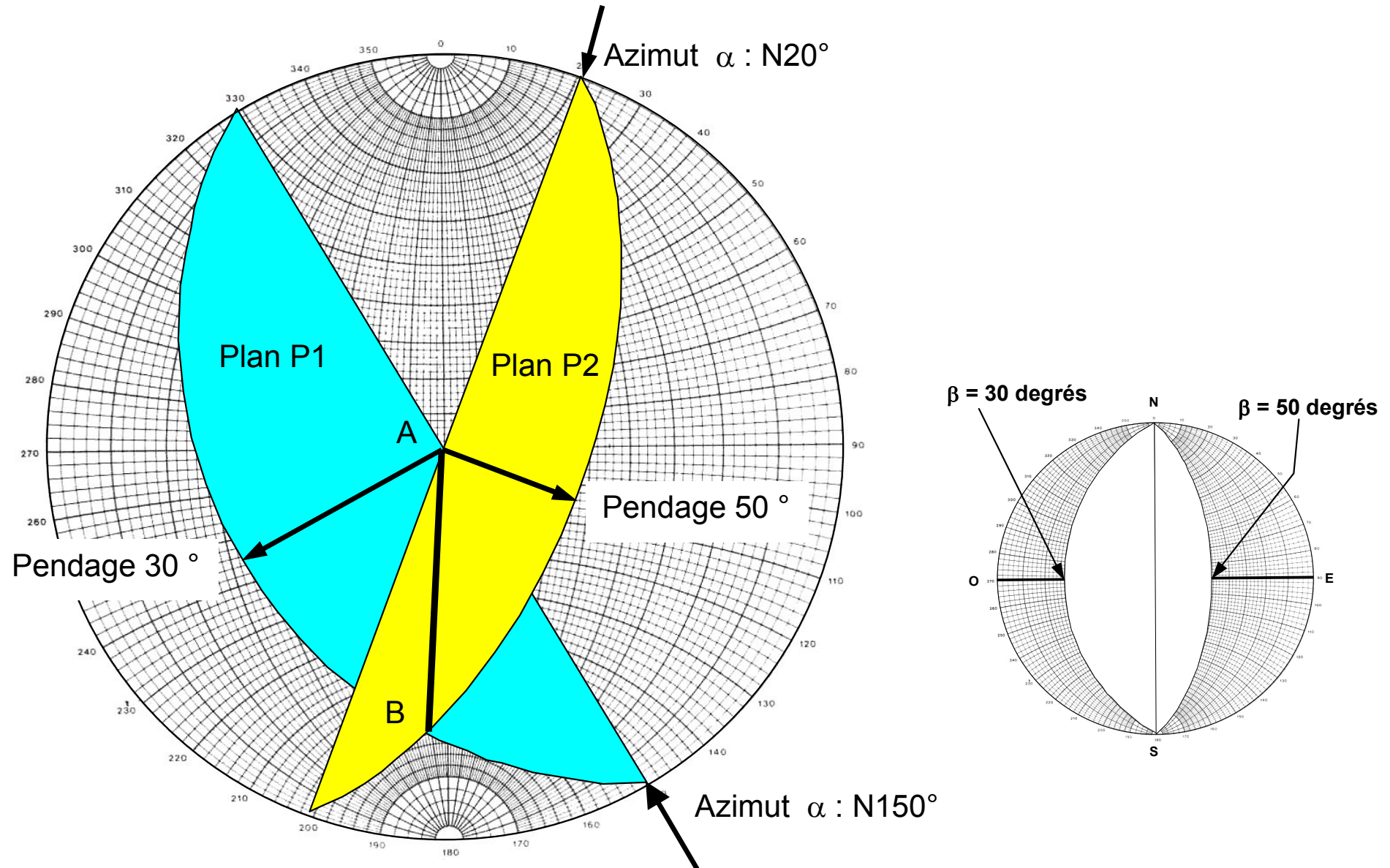
Description des discontinuités (5)

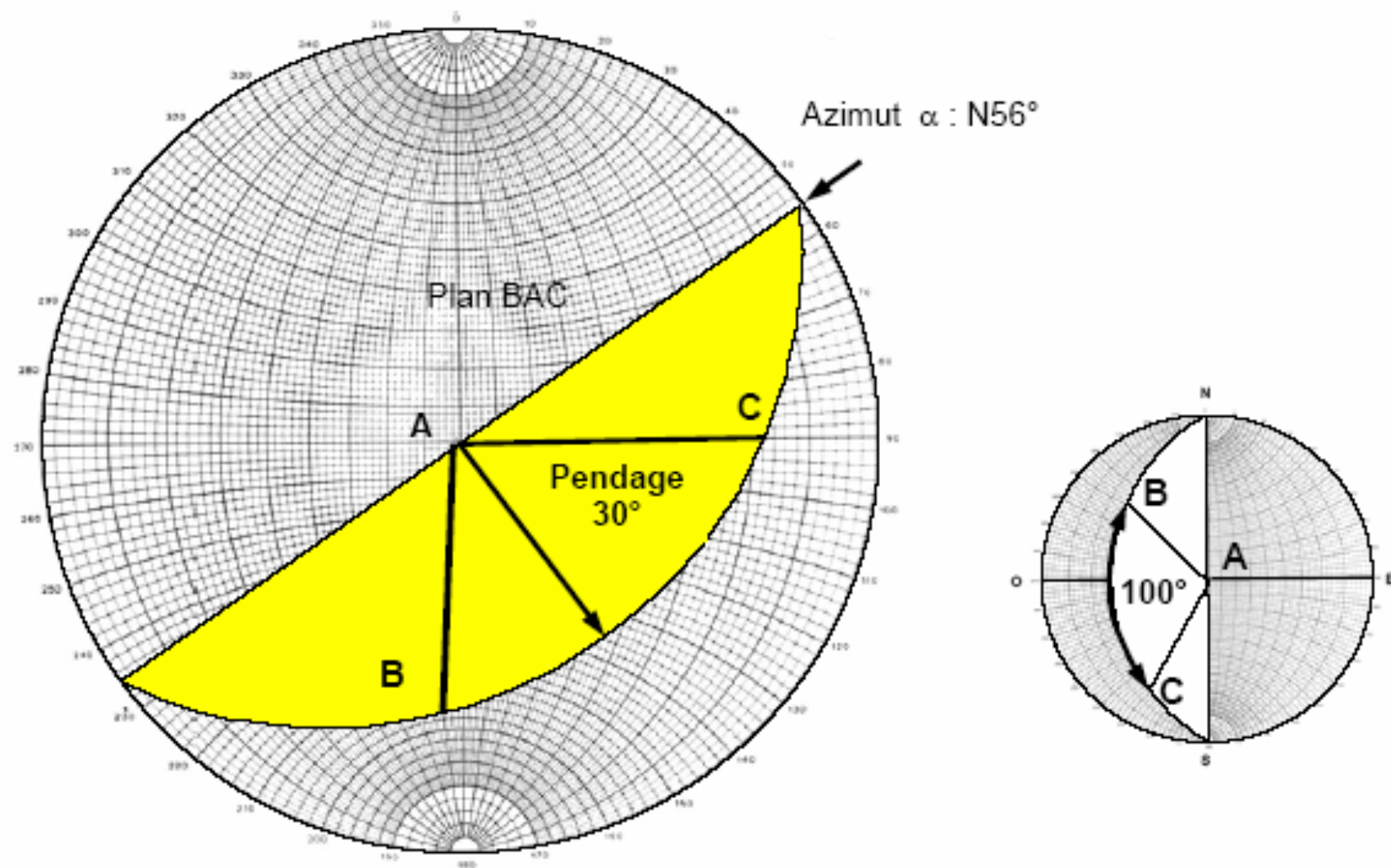
Projection stéréographique (3) : canevas de Wulff



Description des discontinuités (6)

Projection stéréographique (4) : canevas de Wulff - Exemple





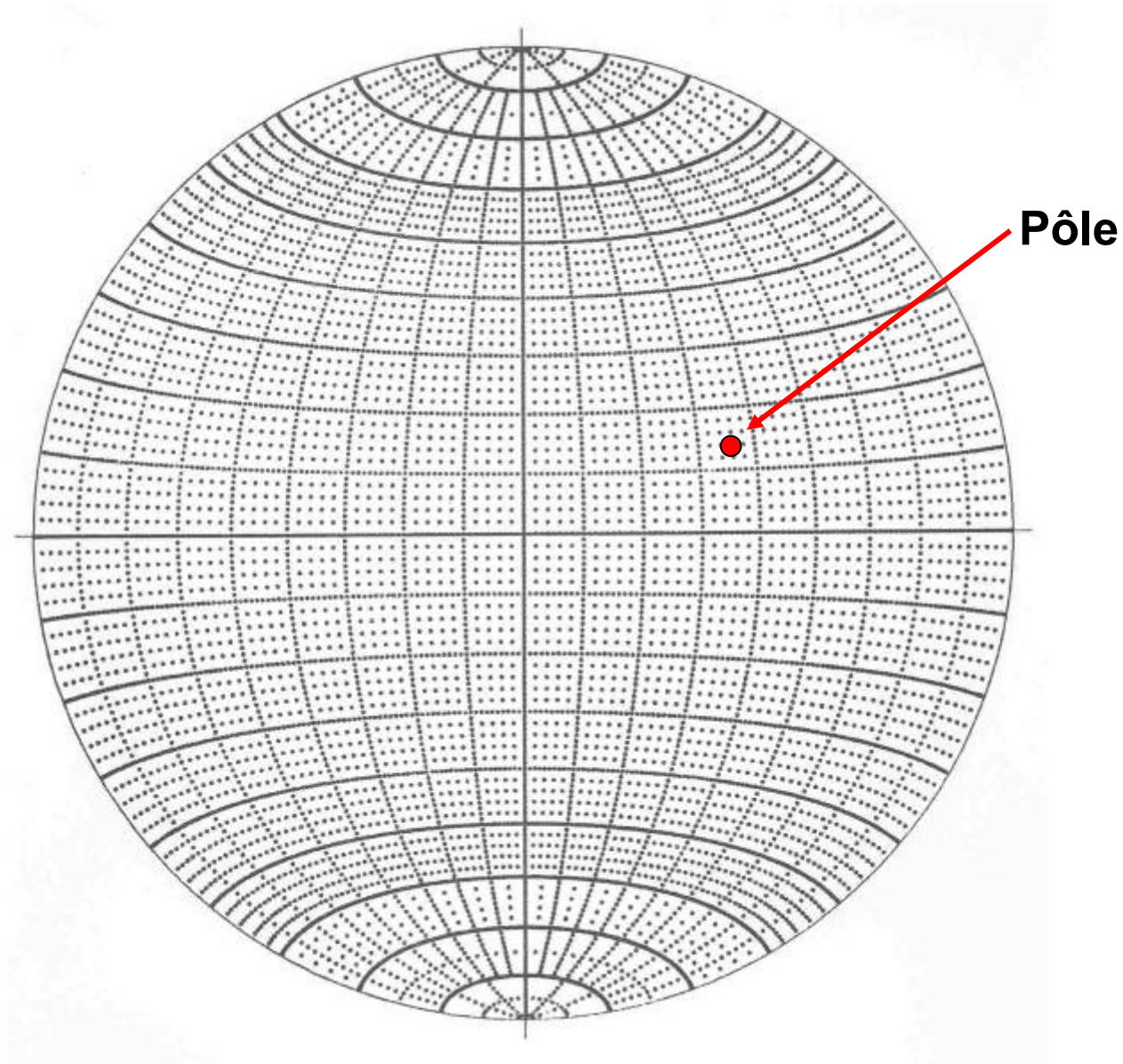
Détermination du plan portant deux droites AB et AC

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 réalités des problèmes géotechniques du génie civil et de l'environnement.