

Géologie Structurale

Séance IV : Fractures, diaclases et failles



Julien Charreau

Maître de Conférences

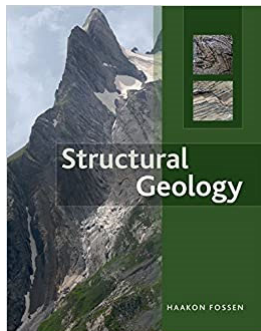
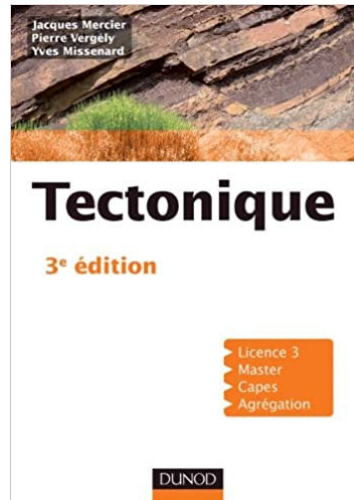
Ecole Nationale Supérieure de Géologie

julien.charreau@univ-lorraine.fr

Octobre 2022

Les ressources complémentaires

Mercier, J, Vergély, P., Missenard, Y. 2011.
Tectonique (3e édition, Dunod)



Fossen, H. 2010, 2016. Structural Geology

1

Les ressources complémentaires

Ressources internet:

<http://www.structurotheque.universite-paris-saclay.fr/picture.php?/2125>

<http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/dkirkwoo/>

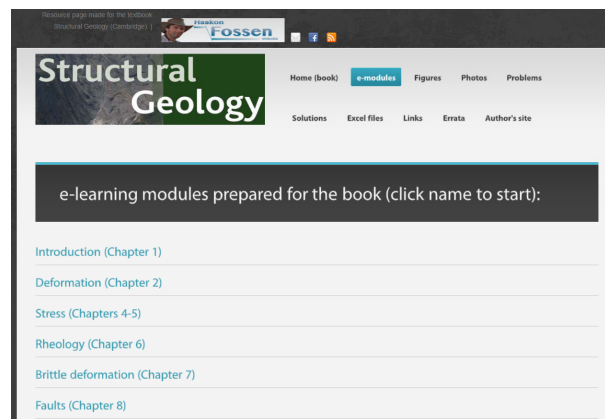
...et bien d'autres!

Fossen, H. 2010, 2016. Structural Geology

<https://folk.uib.no/nglhf/StructuralGeoBookEmodules2ndEd.html>

Fortement conseillé!

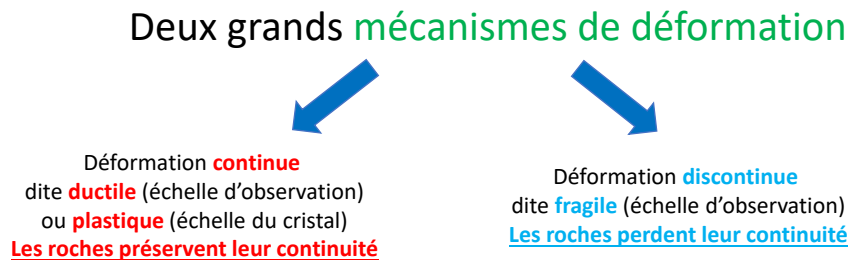
Anglais pas compliqué
Très synthétique avec
les points importants
belles figures parfois animées



2

Les mécanismes de la déformation ?

La **rhéologie** (du grec *rheo*, couler et *logos*, étude) est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.
Source: wikipedia



Voir cours I à III de Sylvain Bourlange pour le détail
« Mécanique et rhéologie pour l'étude des structures géologiques »

3

Cours IV: fractures, diaclases, fentes et failles

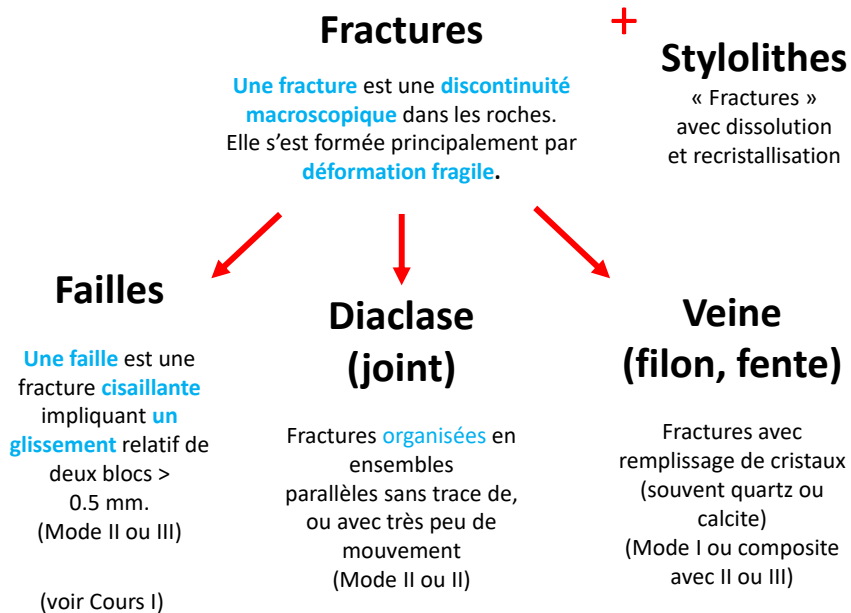
IVa- La notion de fracture

IVb-Diaclases et fentes

IVc-Les failles, les bases

4

IVa – La notion de fracture



5

IVa – La notion de fracture

Implications en ingénierie

- Le degré de fracturation d'un massif rocheux, l'orientation préférentielles des fractures sont des facteurs majeurs qui contrôlent la stabilité d'un massif.
- les roches fracturées sont poreuses et donc aussi de bons réservoirs pour les ressources naturelles



<http://web.univ-cotedazur.fr/>



Source: <https://www.alamyimages.fr/>

6

IVa – La notion de fracture

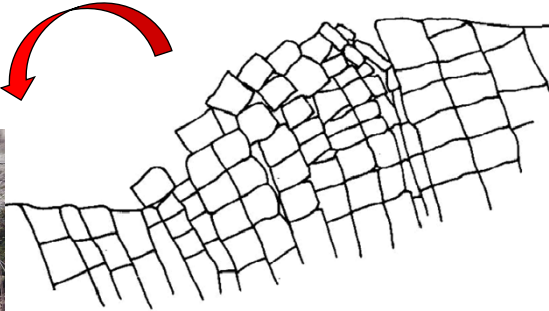
Implications en ingénierie

- Le degré de fracturation d'un massif rocheux, l'orientation préférentielles des fractures sont des facteurs majeurs qui contrôlent la stabilité d'un massif.
- les roches fracturées sont poreuses et donc aussi de bons réservoirs pour les ressources naturelles

Stabilité ?



Source: internet



Source: <http://pentres-tunnels.eu/>

7

IVa – La notion de fracture

Implications en ingénierie

- Prévention des risques sismiques...



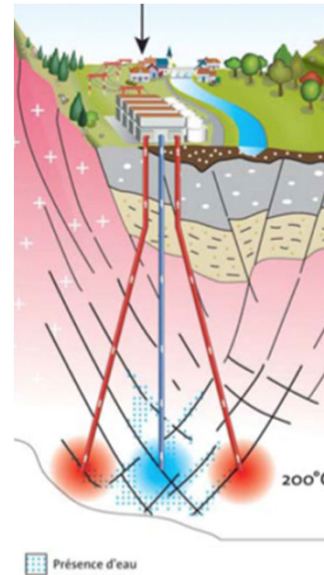
 Risques naturels (séismes, glissements de terrain...), géotechnique

8

IVa – La notion de fracture

Implications en ingénierie

- Géothermie
- Ressources minérales



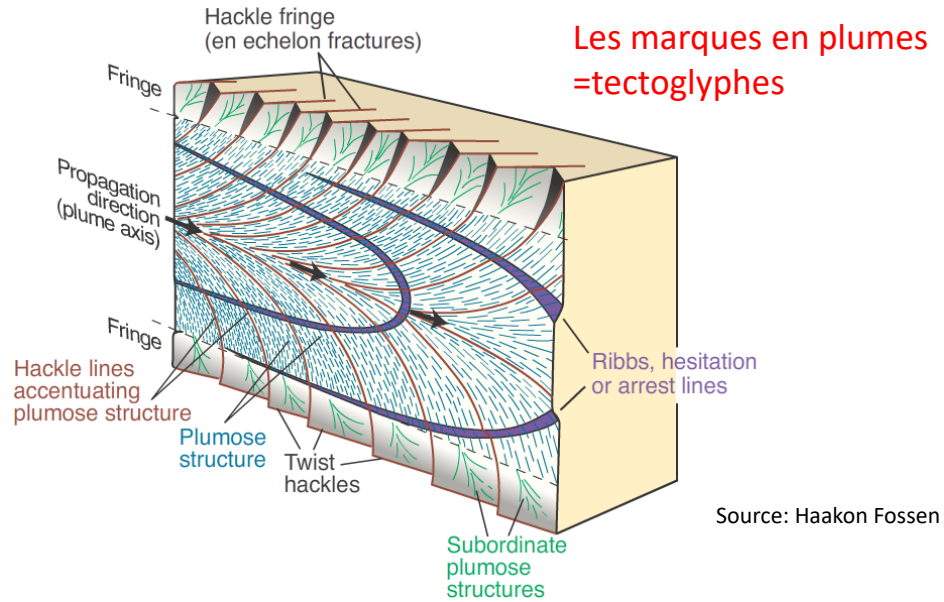
9

Cours IVb: Diaclase, fentes et veines

- I-Anatomie d'une diaclase
- II-Les grands types de diaclases/joints
- III- Origine et formation des diaclases
- IV- Distribution
- V- Fentes, veines
- VI- Anatomie d'une veine
- VII- Dykes volcaniques et sédimentaires
- VIII- Les stylolithes

10

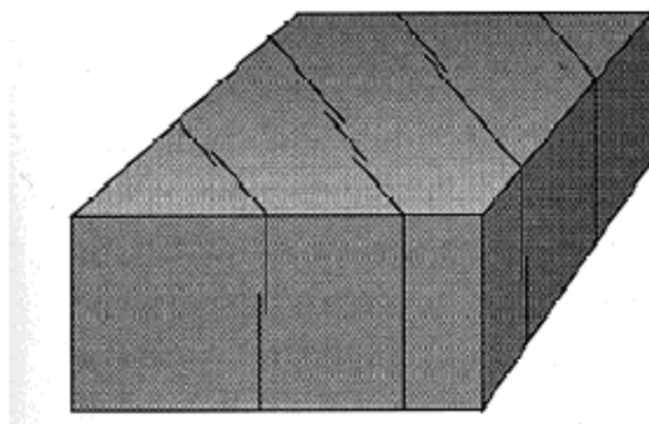
I-Anatomie d'une diacalse/joint



11

II-Les grands types de diaclasses/joints

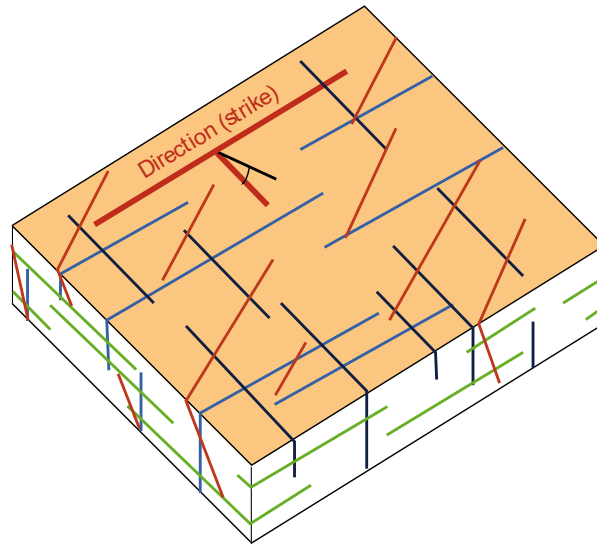
Dans les sédiments



12

II-Les grands types de diaclases/joints

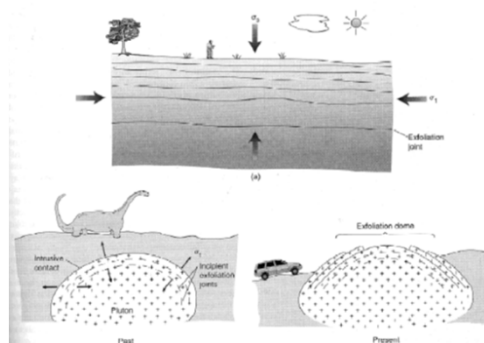
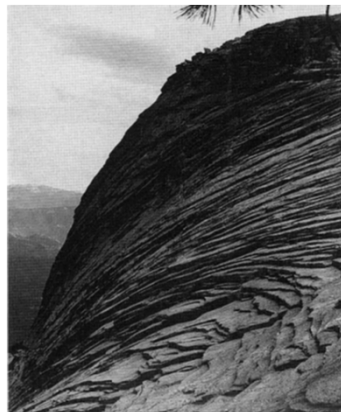
Dans les sédiments



13

II-Les grands types de diaclases/joints

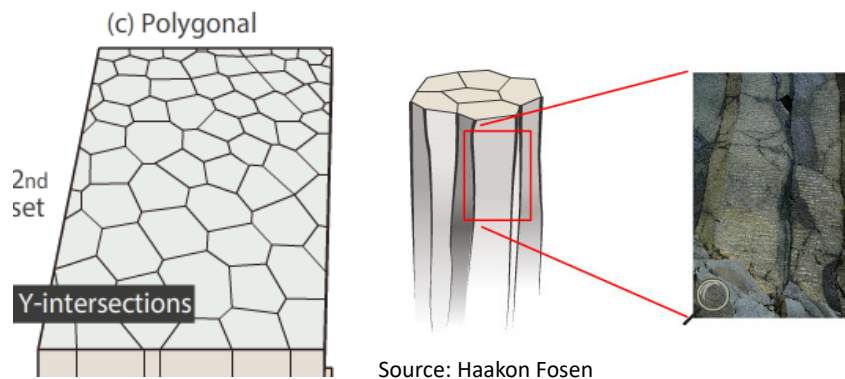
Dans les roches magmatiques



14

II-Les grands types de diaclases/joints

Dans les roches magmatiques



15

IV-Origine et formations des diaclases

- Contraintes tectoniques
- Contraintes tectoniques: relation avec les plis
- Contraintes tectoniques: relation avec les failles
- Exhumation

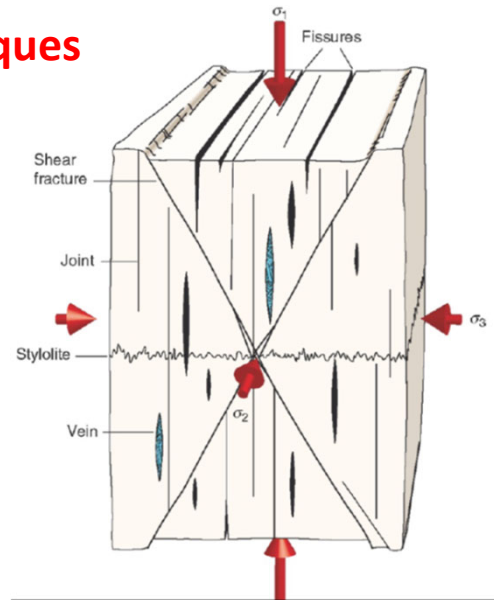


Liste non-exhaustive !

16

IV-Origine et formations des diaclases

Contraintes tectoniques



17

IV-Origine et formations des diaclases

Contraintes tectoniques: relation avec les plis

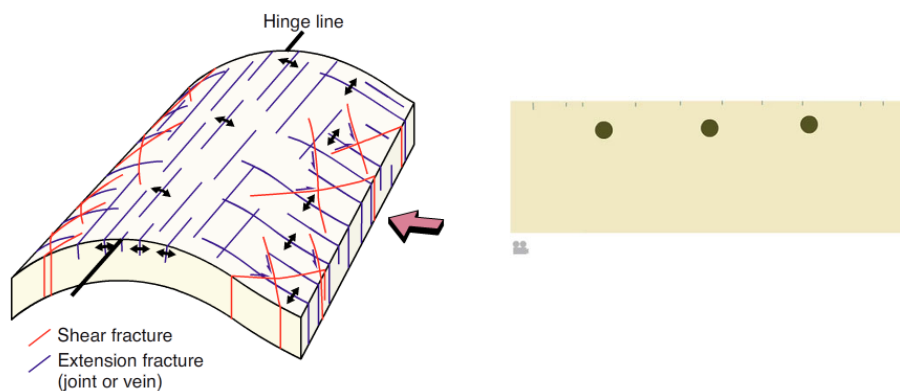
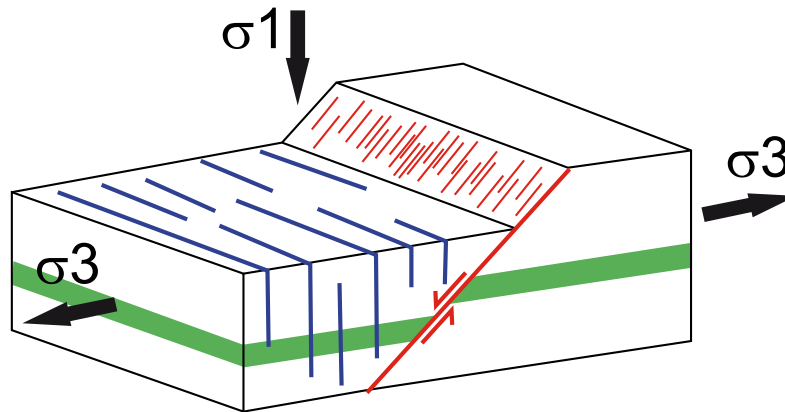


Figure et animation: Haakon Fossen

18

IV-Origine et formations des diaclases

Contraintes tectoniques: relation avec les failles



19

IV-Origine et formations des diaclases

Exhumation

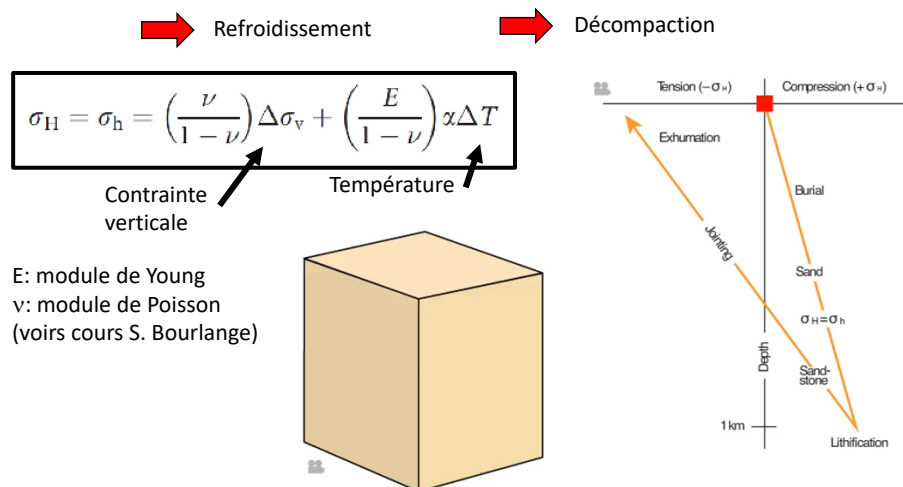
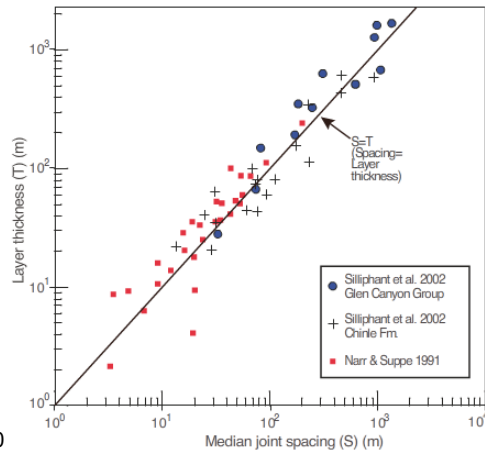
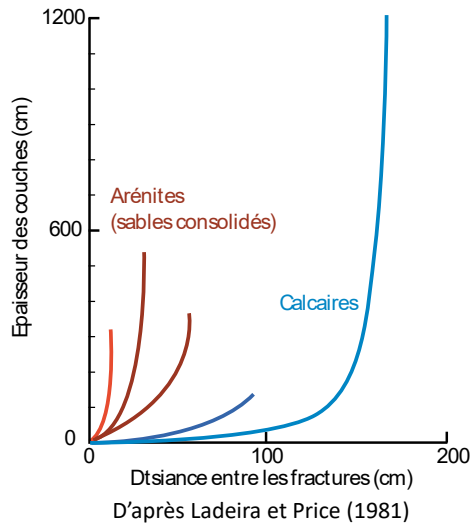


Figure et animation: Haakon Fossen

20

V-Distribution des diaclases

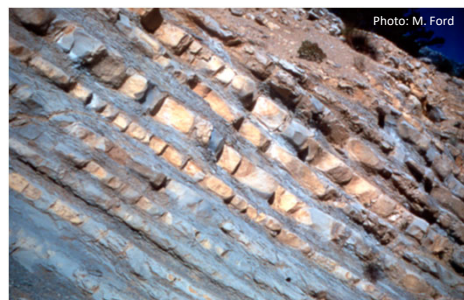
Cas des roches sédimentaires



21

V-Distribution des diaclases

Cas des roches sédimentaires



Animation: Haaken Fossen

22

VI-Les veines/fentes

Fentes de tension

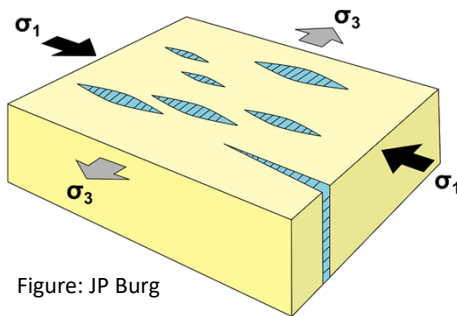
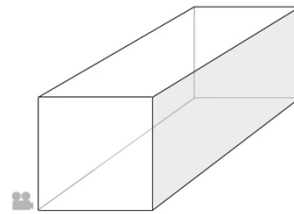


Figure: JP Burg



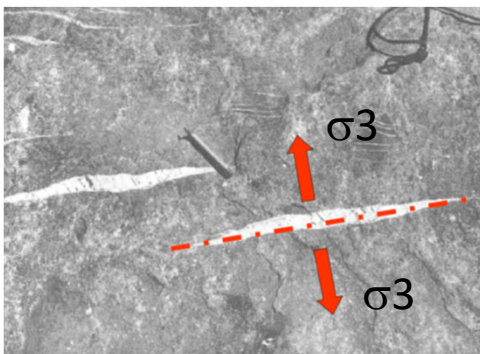
Animation: Haaken Fossen

23

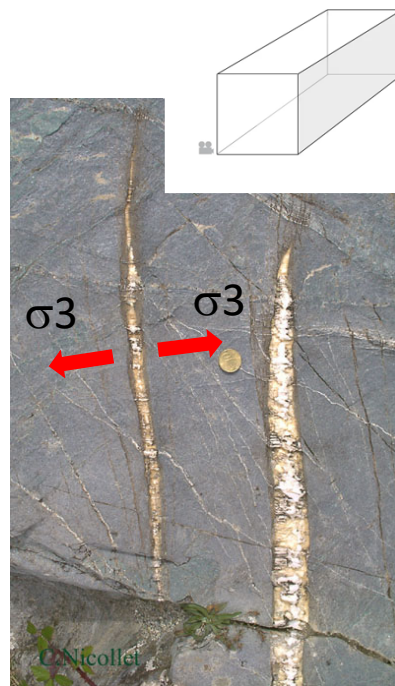
VI-Les veines/fentes

Fentes de tension

Une fente de tension est une fracture qui **présente un remplissage par certains minéraux** (souvent de la calcite ou du quartz; remplissage lié à la circulation de fluide)



Mattauer, M. Les déformations de l'écorce terrestre
Eds Herman



<http://christian.nicollet.free.fr/>

24

VI-Les veines/fentes

Fente de tension en échelon

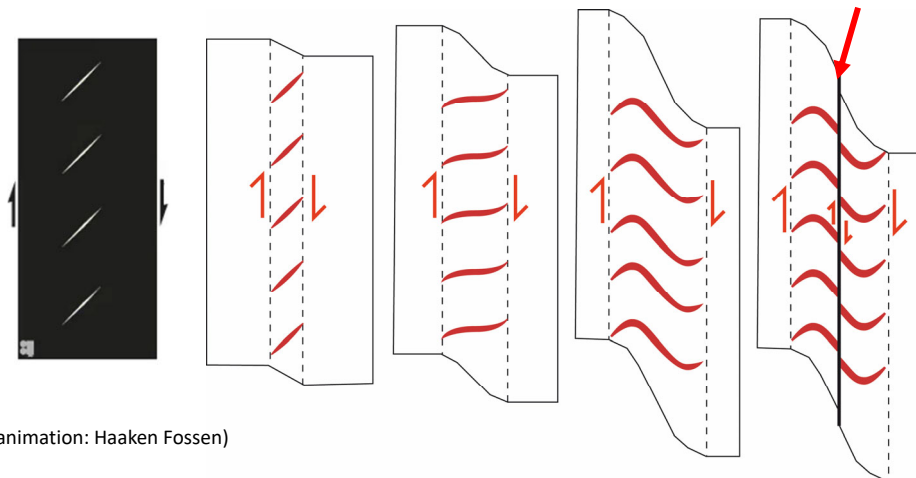


25

VI-Les veines/fentes

Fente de tension en échelon

Développement
d'une faille

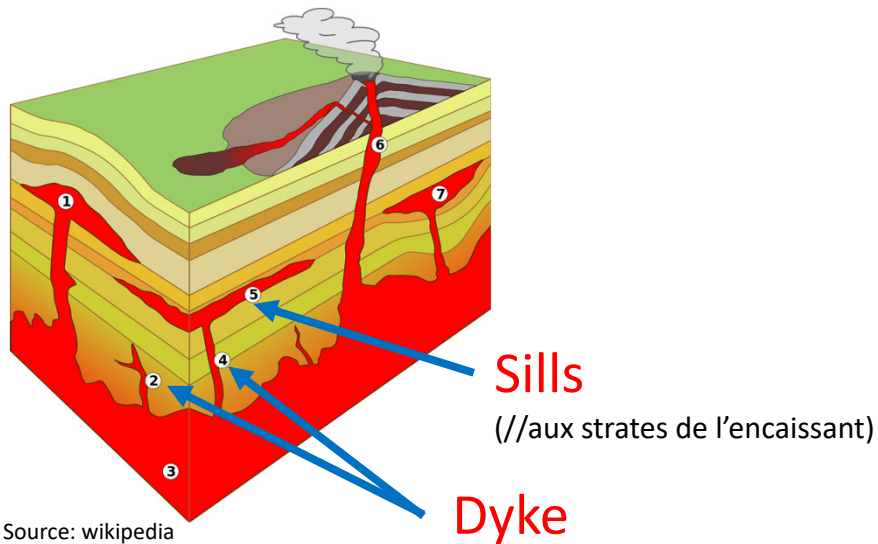


(animation: Haaken Fossen)

26

VIII-Les dykes (et sills)

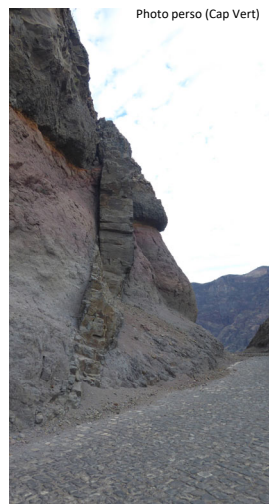
Volcaniques



27

VIII-Les dykes (et sills)

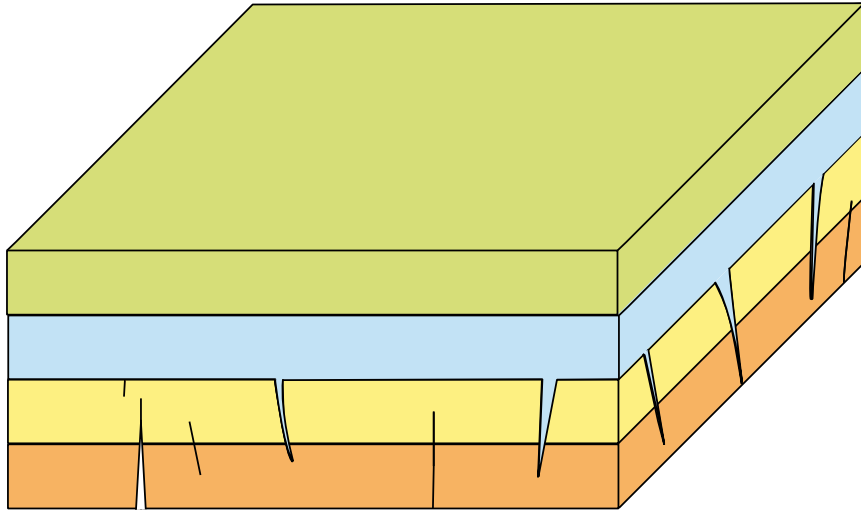
Volcaniques



28

VIII-Les dykes

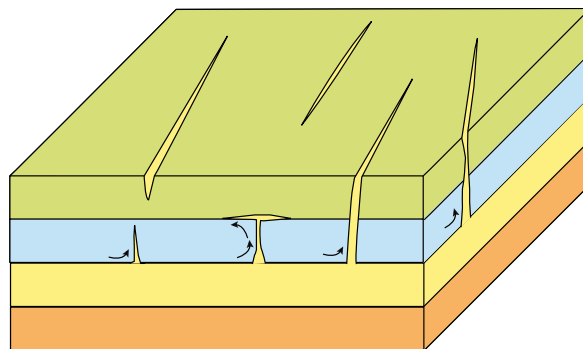
Sédimentaires (dykes clastiques ou neptuniens)



29

VIII-Les dykes

Sédimentaires (dykes clastiques ou neptuniens)



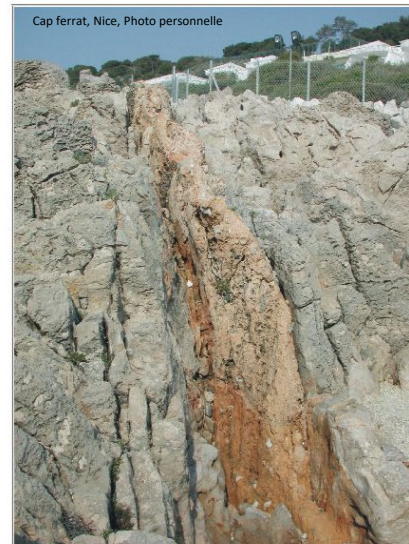
30

VIII-Les dykes

Sédimentaires (dykes clastiques ou neptuniens)

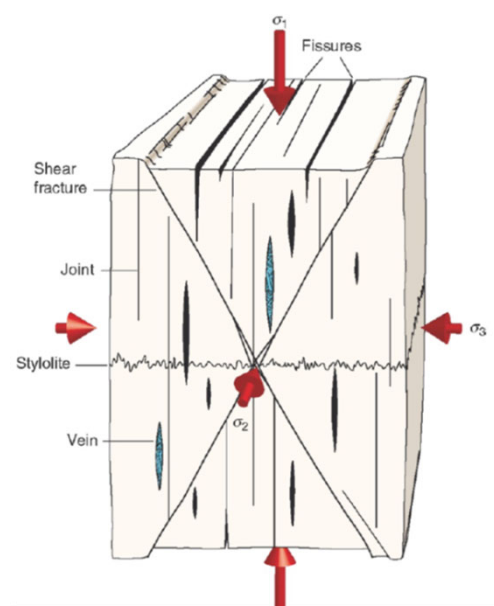


Source: wikipedia



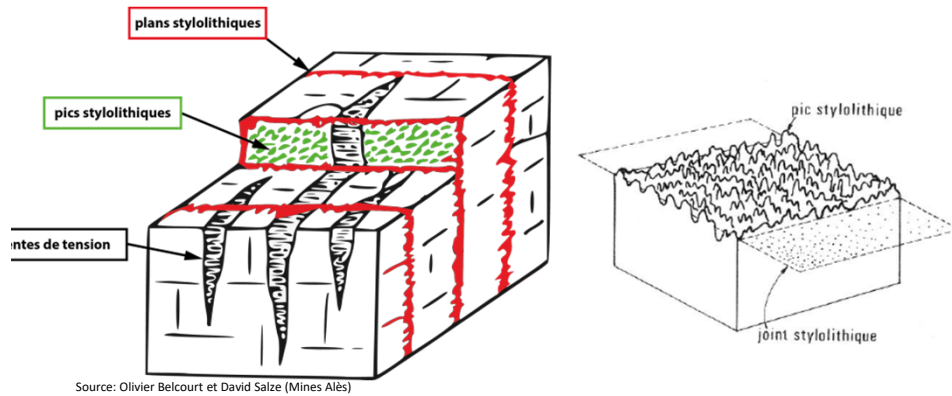
31

IX-Les stylolithes



32

IX-Les stylolithes



33

IX-Les stylolithes

Photos: Mary Ford



34

Synthèse...ce que vous devez savoir sur les diaclases et fentes

1. TOUT le vocabulaire vu (ex: joints, diaclase, fente, stylolithes, dykes...)
2. Les grandes familles de diaclases
3. Comment les diaclases se forment
4. L'anatomie d'une diaclase
5. Comment décrire et analyser les diaclases
6. Ce qu'est une fente/filon et comment elle se forme
7. Relier les diaclases, fentes et stylolithes à l'état de contraintes du milieu

35

Cours IVc: failles, les bases

- I- La notion faille: rappel du début de cours
- II-Localisation des failles
- III- Anatomie d'une faille
- IV- Les roches de faille: les tectonites
- V- La notion de rejet
- VI- Les catégories de faille
- VII- Marqueurs de mouvements: stratigraphique et tectoglyphes
- VIII- Croissance et évolution d'une faille

36

I- La notion de faille

Failles

Une faille est une fracture **cisailante** impliquant **un glissement** relatif de deux blocs > 0.5 mm. Mode II ou Mode III



Source: <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>

37

I- La notion de faille

Failles

Une faille est une fracture **cisailante** impliquant **un glissement** relatif de deux blocs > 0.5 mm. Mode II ou Mode III



Source: <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>

38

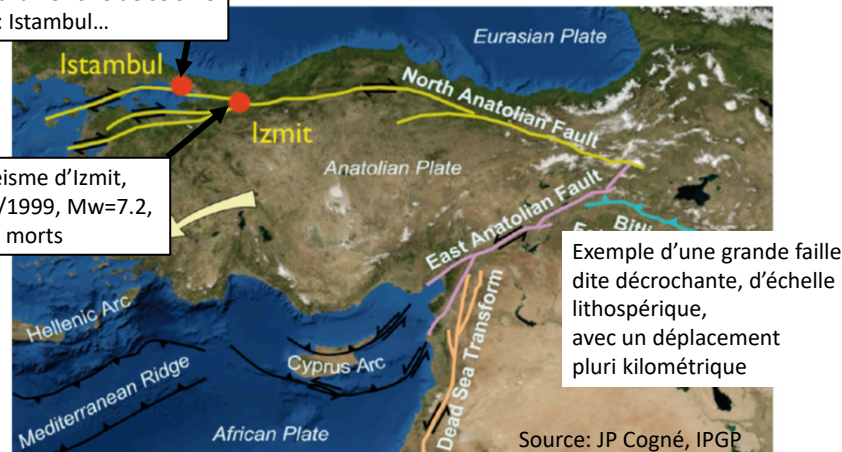
I- La notion de faille

Failles

Une faille est une fracture **cisailante** impliquant **un glissement** relatif de deux blocs >

NB: Prochaine zone de séisme prévue: Istanbul... 0.5 mm. Mode II ou Mode III

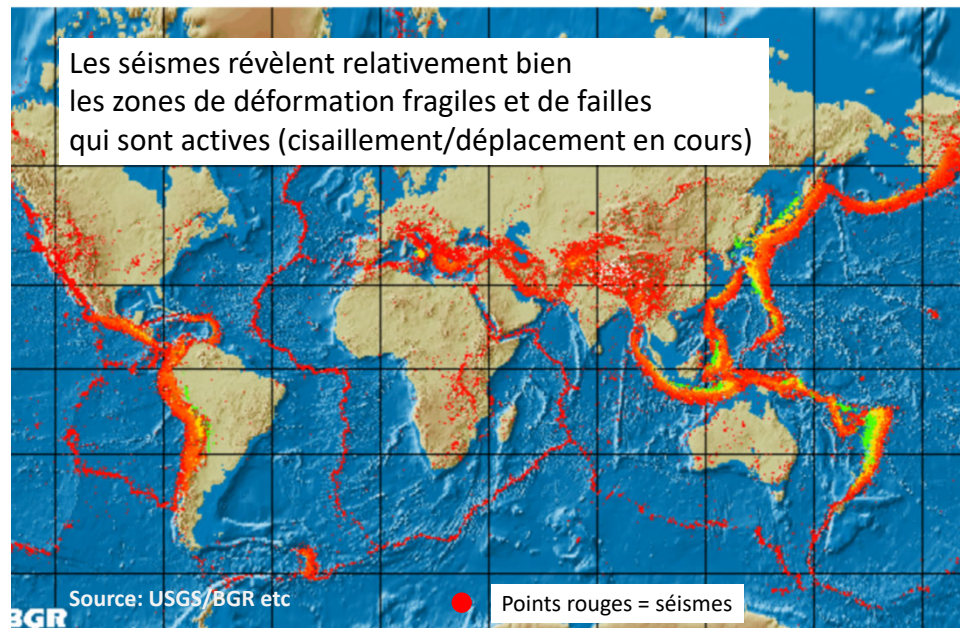
NB: Séisme d'Izmit, 17/08/1999, Mw=7.2, 17000 morts



39

II-Localisation des failles

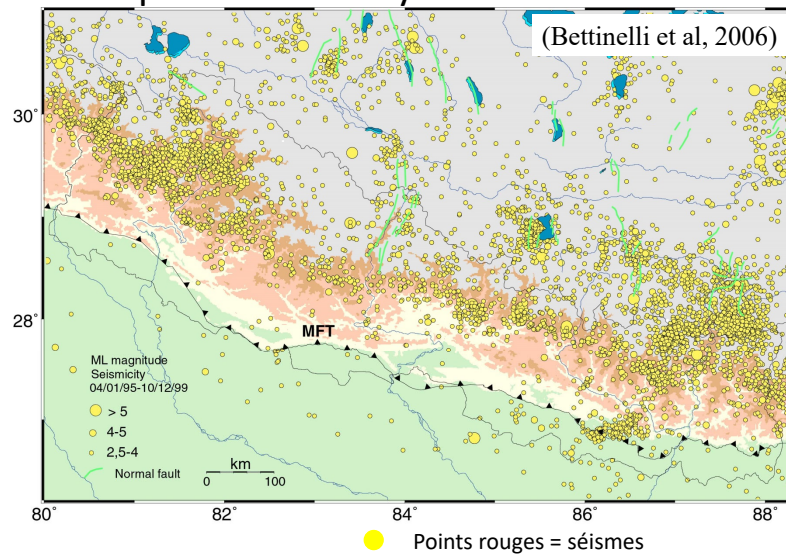
Les séismes révèlent relativement bien les zones de déformation fragiles et de failles qui sont actives (cisaillement/déplacement en cours)



40

II-Localisation des failles

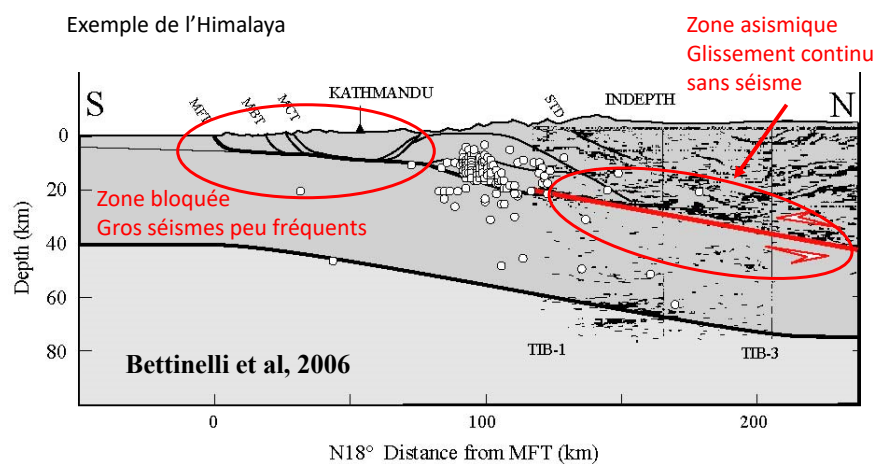
Exemple de l'Himalaya



41

II-Localisation des failles

Exemple de l'Himalaya

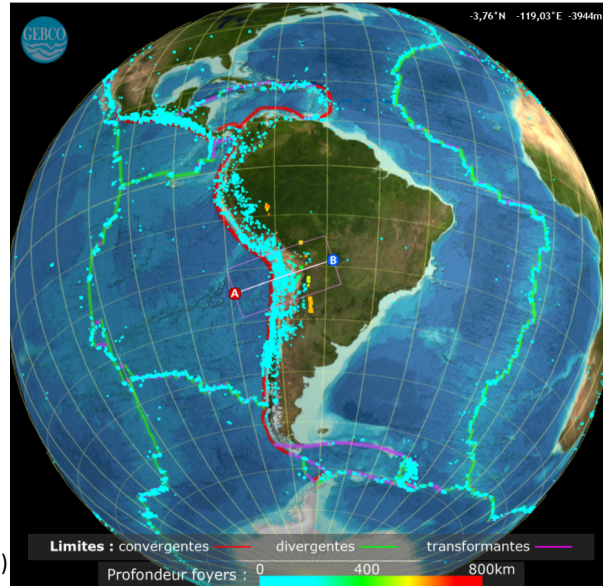


Certaines failles sont bloquées et ne donnent que quelques gros séismes, d'autres glissent asismiquement.



42

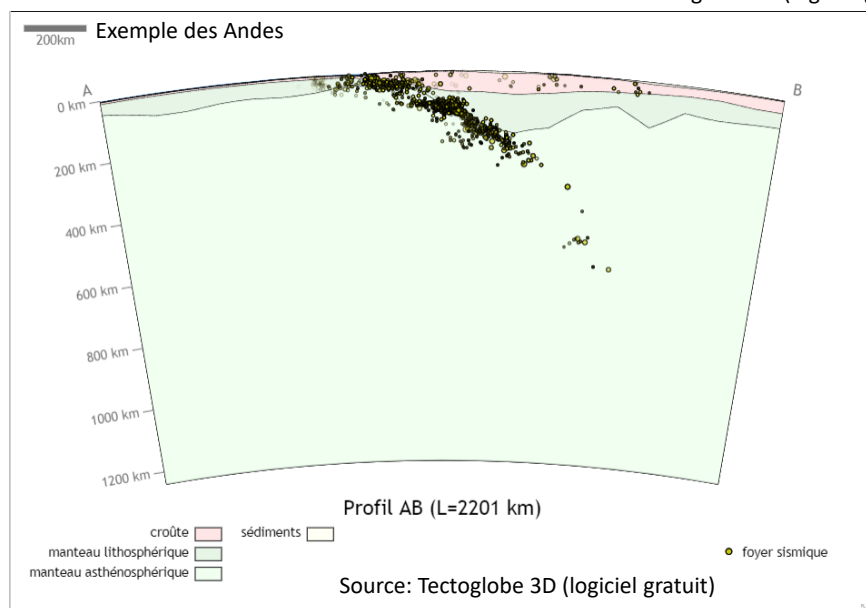
II-Localisation des failles



43

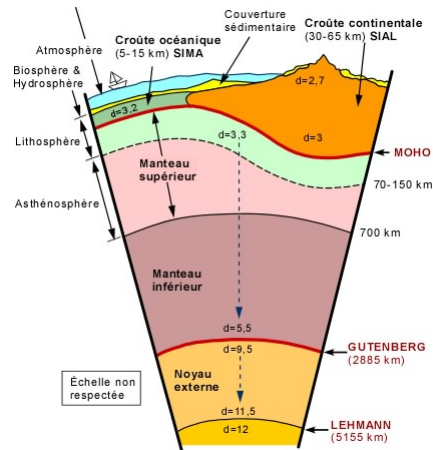
II-Localisation des failles

Source:
Tectoglobe 3D (logiciel gratuit)



44

II-Localisation des failles



Répartitions moyennes en profondeur des zones **fragiles** vs. **ductiles**

Croûte supérieure (0 à 12-15 km)
Comportement **fragile**.

Croûte inférieure (15 à 30-40 km)
Comportement **ductile**

Lithosphère mantélique
(20km sous les dorsales à 200-250 km sous les cratons). **Pourrait** avoir un comportement **fragile**.

Source: <http://www2.ggl.ulaval.ca/>

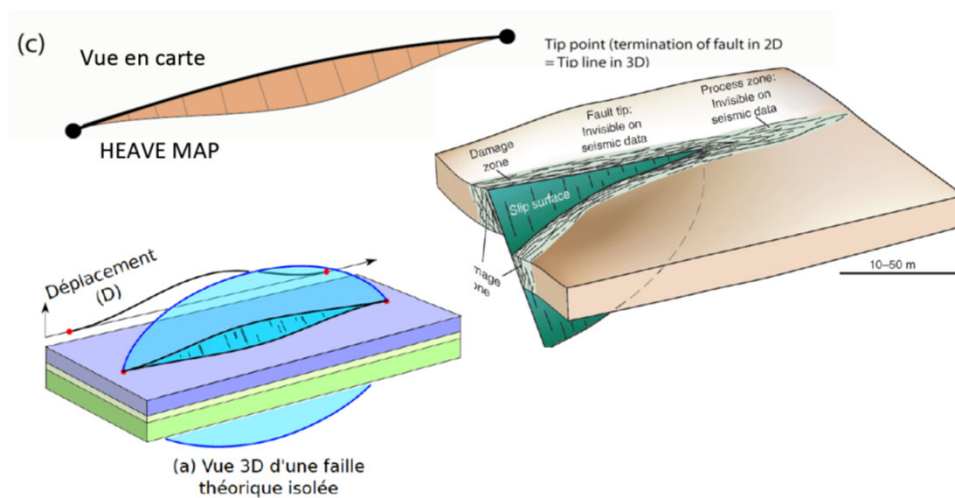
Voir cours I à III de S. Bourlange pour les explications mécaniques et physiques
« Mécanique et rhéologie pour l'étude des structures géologiques »

45

III-Anatomie d'une faille

Forme théorique d'une faille

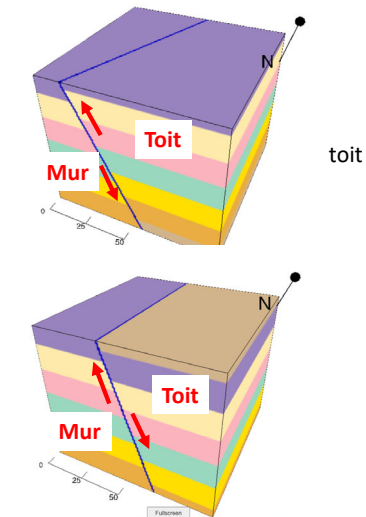
La forme idéale d'une surface de faille isolée est **une ellipse**.



46

III-Anatomie d'une faille

La notion de toit, de mur, d'éponte et de lèvre



47

III-Anatomie d'une faille

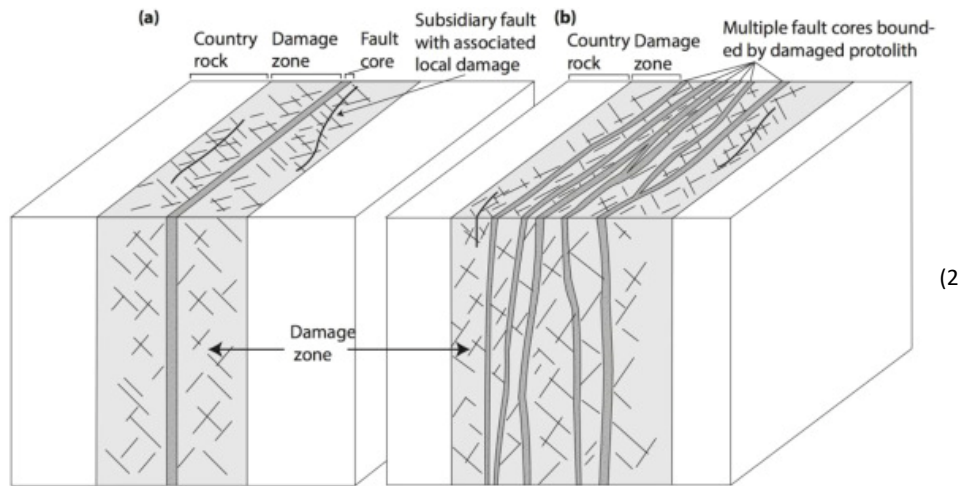
La notion de miroir de faille



48

III-Anatomie d'une faille

La notion d'endommagement et de cœur de faille

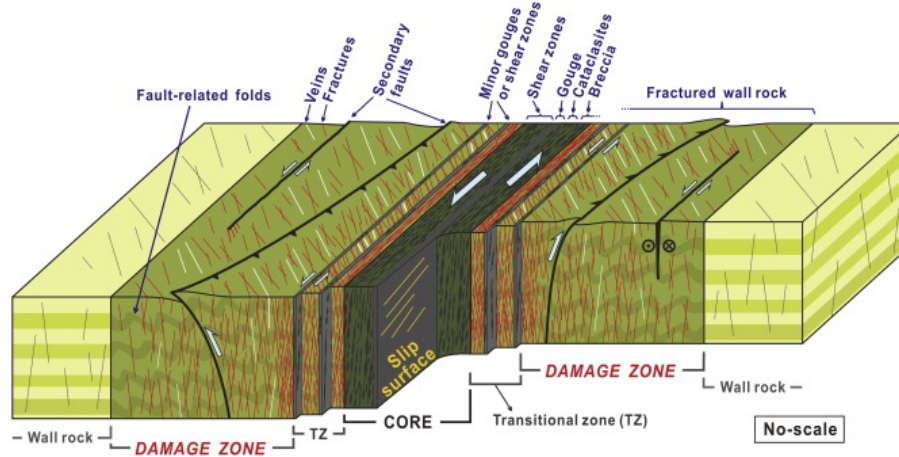


Williams et al. (2016)

49

III-Anatomie d'une faille

La notion d'endommagement et de cœur de faille



Choi et al. (2016)

50

IV- Les roches de failles: les tectonites

Ex: les brèches de failles

(roche cohésive, non foliée et >30% d'éléments anguleux de taille >2mm)



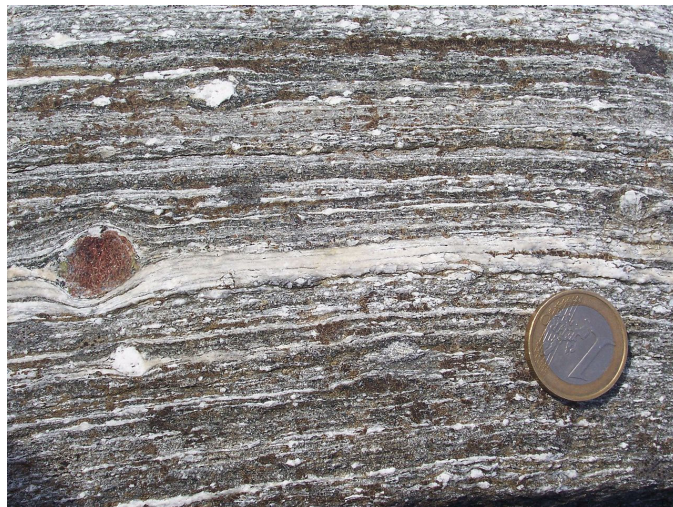
Photo
M. Ford

51

IV- Les roches de failles: les tectonites

Ex: les mylonites

(roche cohésive, **foliée**, <30% éléments anguleux grossiers (>2mm))

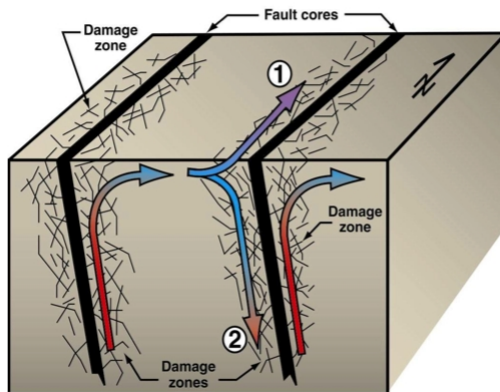


52

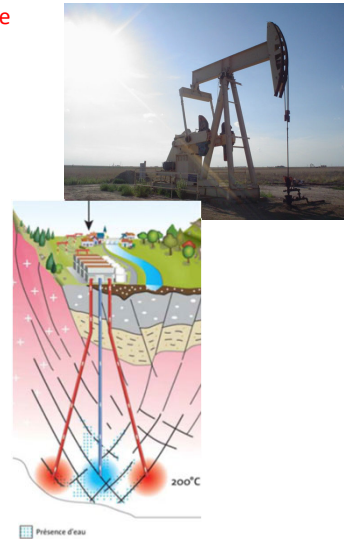
IV- Les roches de failles: les tectonites

Implications en ingénierie

Ressources en eau, géothermie, ressources en pétrole et gaz



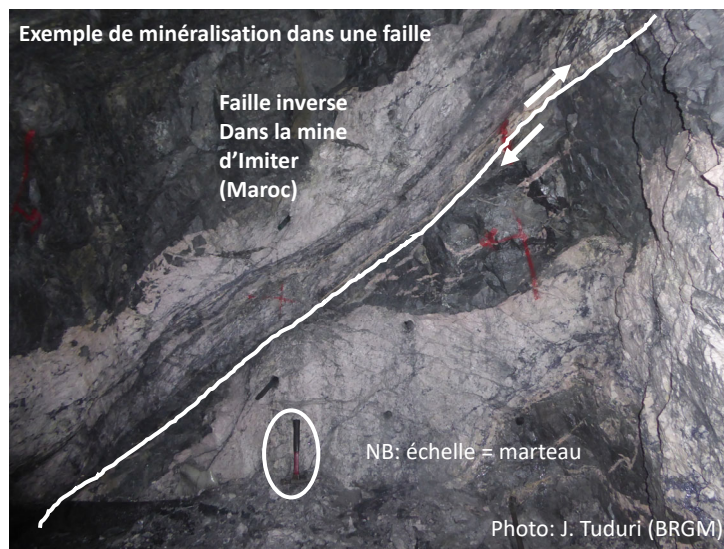
Sources internet



53

IV- Les roches de failles: les tectonites

Implications en ingénierie



54

IV- Les roches de failles: les tectonites

Implications en ingénierie

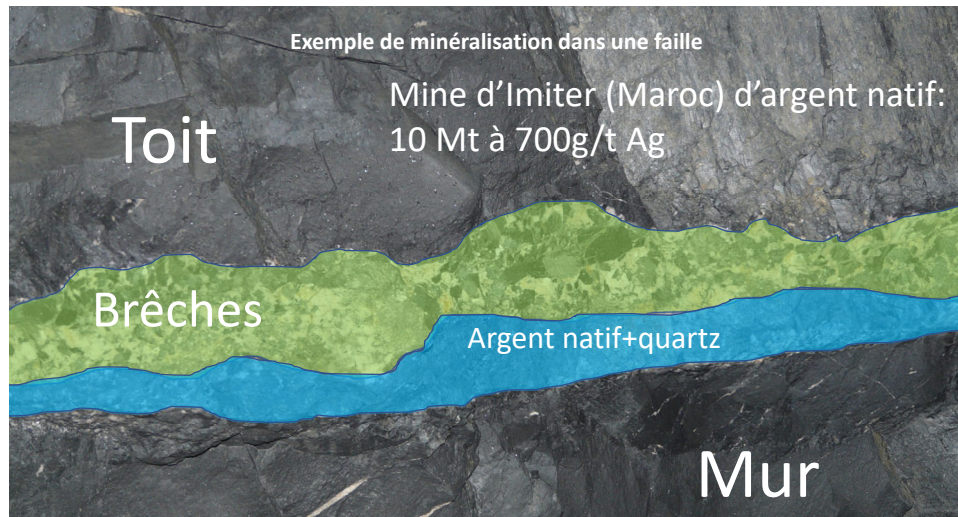
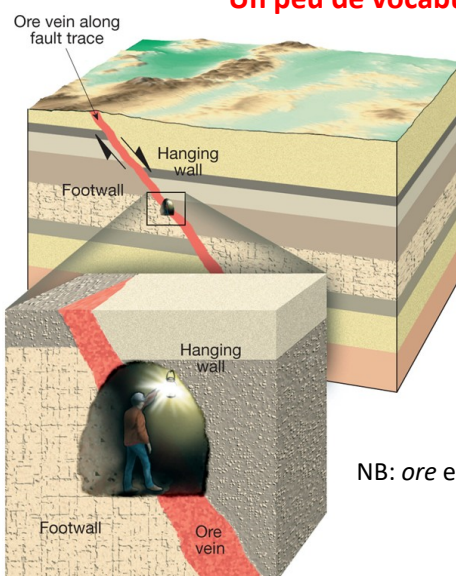


Photo: J. Tuduri (BRGM)

55

IV- Les roches de failles: les tectonites

Un peu de vocabulaire et d'histoire



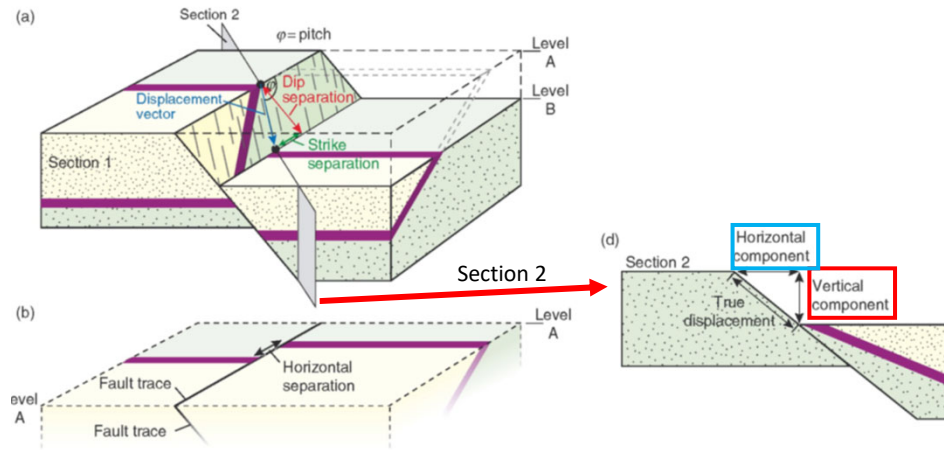
Toit = hangingwall
(mur au niveau des mains)

Mur = footwall
(mur au niveau des pieds)

NB: ore en anglais veut dire *minerais* et non or (gold)

56

V- La notion de rejet



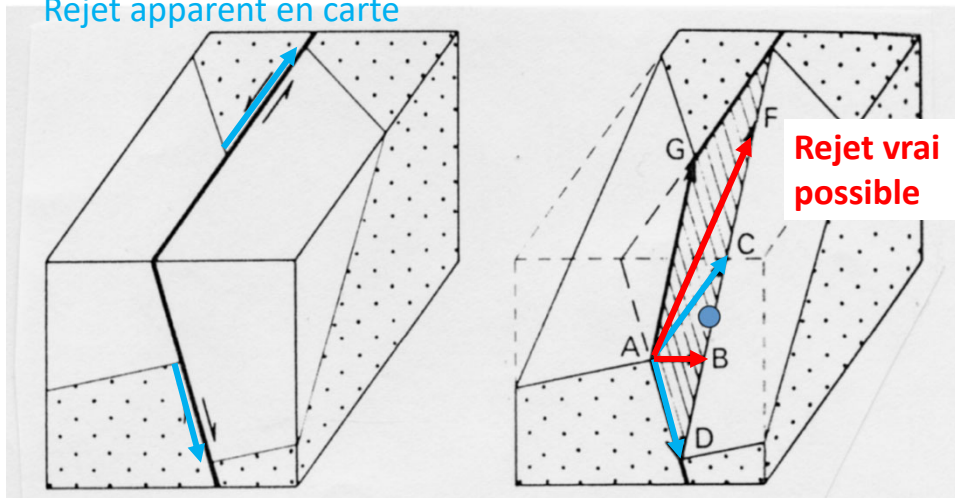
Le rejet total peut-être décomposé en un **rejet vertical** et un **rejet horizontal**

57

V- La notion de rejet

La notion de **rejet vrai** vs. **apparent**

Rejet apparent en carte



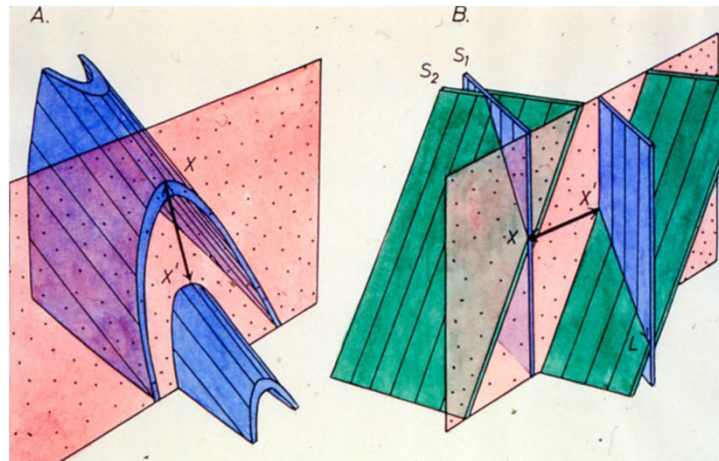
Rejet apparent en coupe

58

V- La notion de rejet

Comment trouver le rejet vrai ?

On a besoin d'un repaire sans ambiguïté
= point (ex: intersection de 2 plans, courbure d'un pli...)



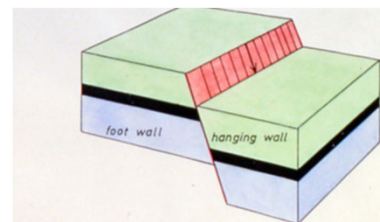
59

VI- Les catégories de failles

Mouvement à composante verticale

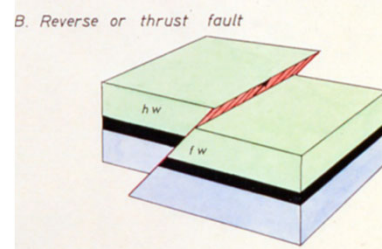
Faille normale (normal fault):

le bloc supérieure (toit/hangingwall) descend
Par rapport au bloc inférieure (mur/footwall).



Faille inverse (reverse fault)

le bloc supérieure (toit/hangingwall) monte
par rapport au bloc inférieure (mur/footwall).



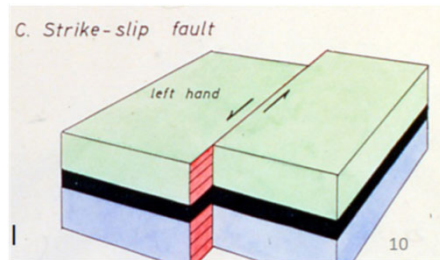
60

VI- Les catégories de failles

Mouvement à composante horizontale

Faïlle décrochante (strike-slip fault):

Les deux blocs se déplacent horizontalement l'un par rapport à l'autre

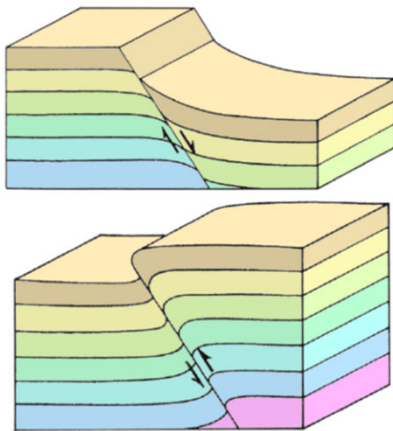


61

VII- Les marqueurs de déplacement

Les marqueurs stratigraphiques

Les crochons de faille



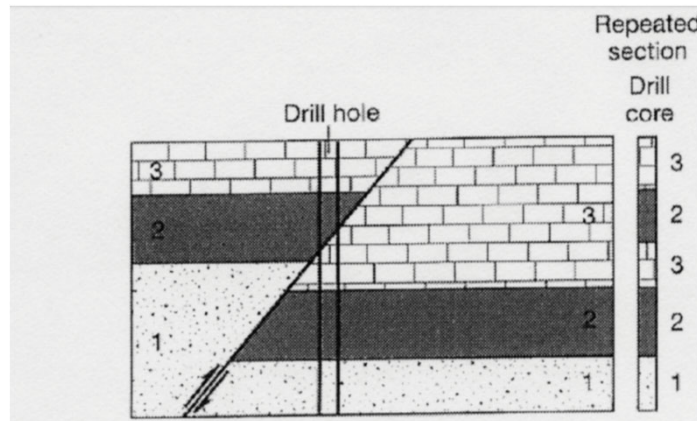
Mattauer, M. Les déformations de l'écorce terrestre
Eds Herman

62

VII-Les marqueurs de déplacement

Les marqueurs stratigraphiques

Répétition et manque stratigraphique



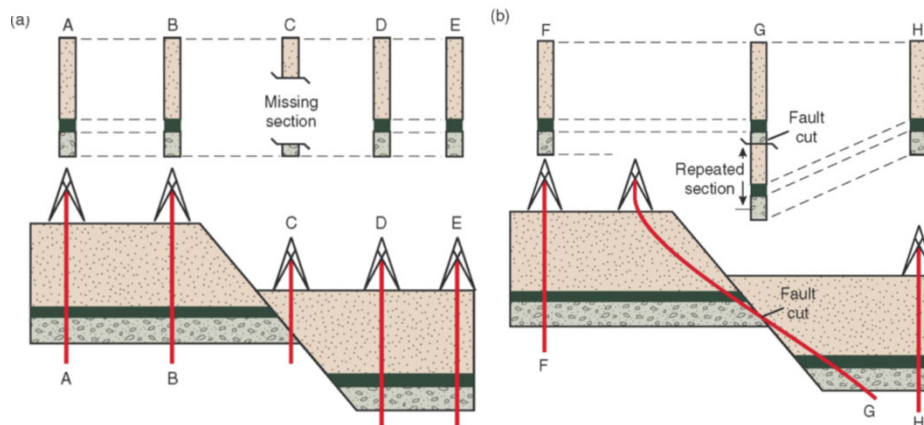
Exemple pour une faille inverse

63

VII-Les marqueurs de déplacement

Les marqueurs stratigraphiques

Répétition et manque stratigraphique

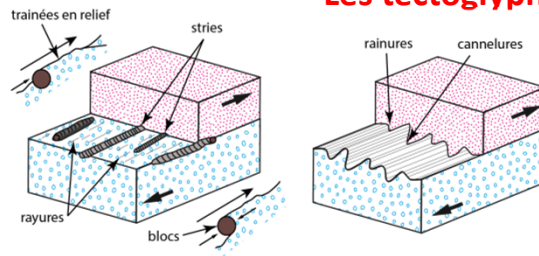


Exemple pour une faille normale

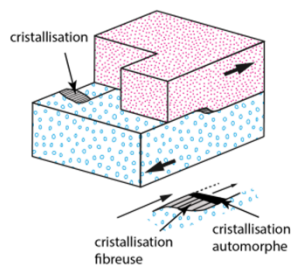
64

VII-Les marqueurs de déplacement

Les tectoglyphes



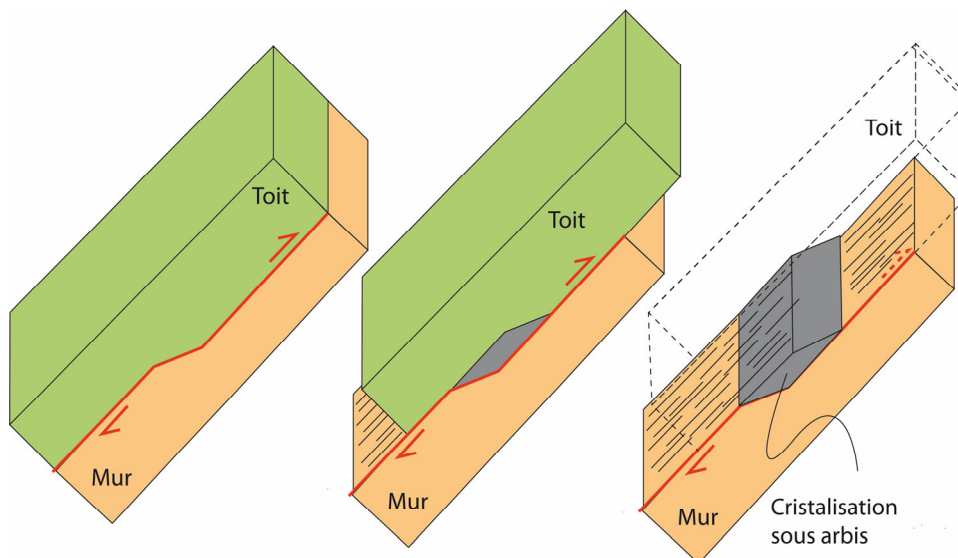
Source: internet



65

VII-Les marqueurs de déplacement

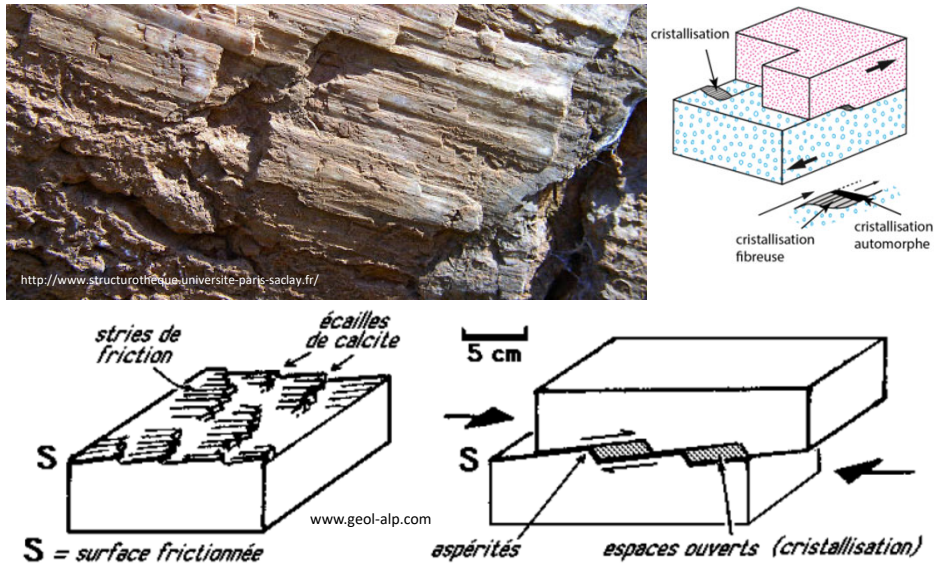
Les cristallisations sous abris



66

VII-Les marqueurs de déplacement

Les cristallisations sous abris



67

VIII-Croissance et évolution d'une faille

Les modèles de croissance



Comment les failles grandissent-elles?

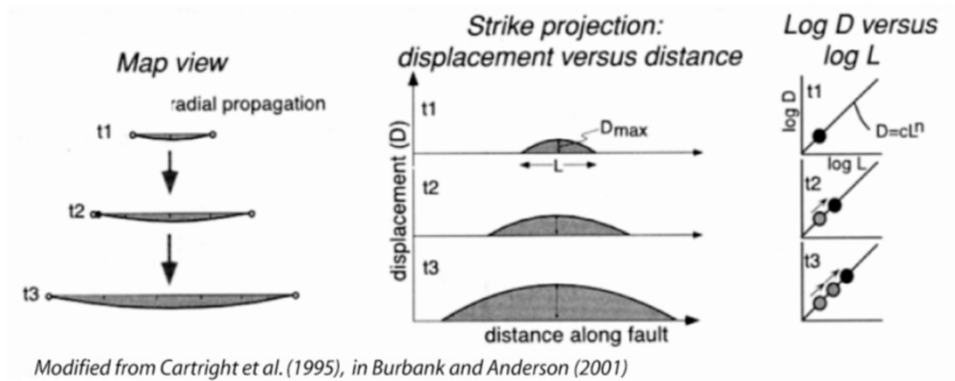


68

VIII-Croissance et évolution d'une faille

Les modèles de croissance

(1) Croissance par propagation radiale

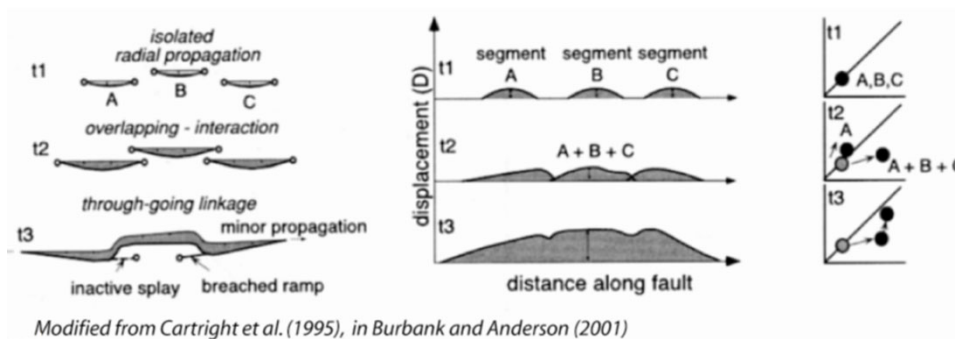


69

VIII-Croissance et évolution d'une faille

Les modèles de croissance

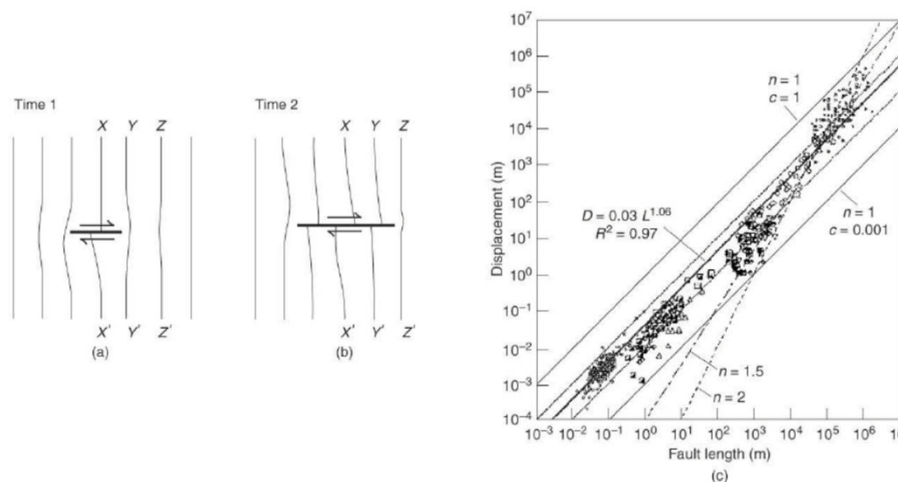
(2) Croissance par connexion de plusieurs failles



70

VIII-Croissance et évolution d'une faille

Relation taille et rejet (*displacement*)



71

Synthèse...ce que vous devez savoir sur les failles:

1. TOUT le vocabulaire vu (ex: fracture, faille, toit, mur, miroir, éponte, fragile, ductile, fente...)
2. Comment une fracture se forme (mode I et II)
3. Ce qui distingue une fracture simple d'une faille
4. Où se trouvent les failles dans la croûte
5. Comment décrire une faille (toit, mur, endomagement, éponte, lèvres, miroir...)
6. Les roches associées aux failles
7. Les différentes composantes du rejet d'une faille et la notion de rejet vrai et apparent
8. Les trois grandes types de failles et leur géométries
9. Les tectoglyphes (marqueurs cinématiques) de faille et leur signification
10. Croissance d'un système de faille. Interaction et connectivité entre failles.
Lien entre longueur et déplacement sur une faille.

72