



Strate gréseuse métrique très fracturée, Massif central marocain



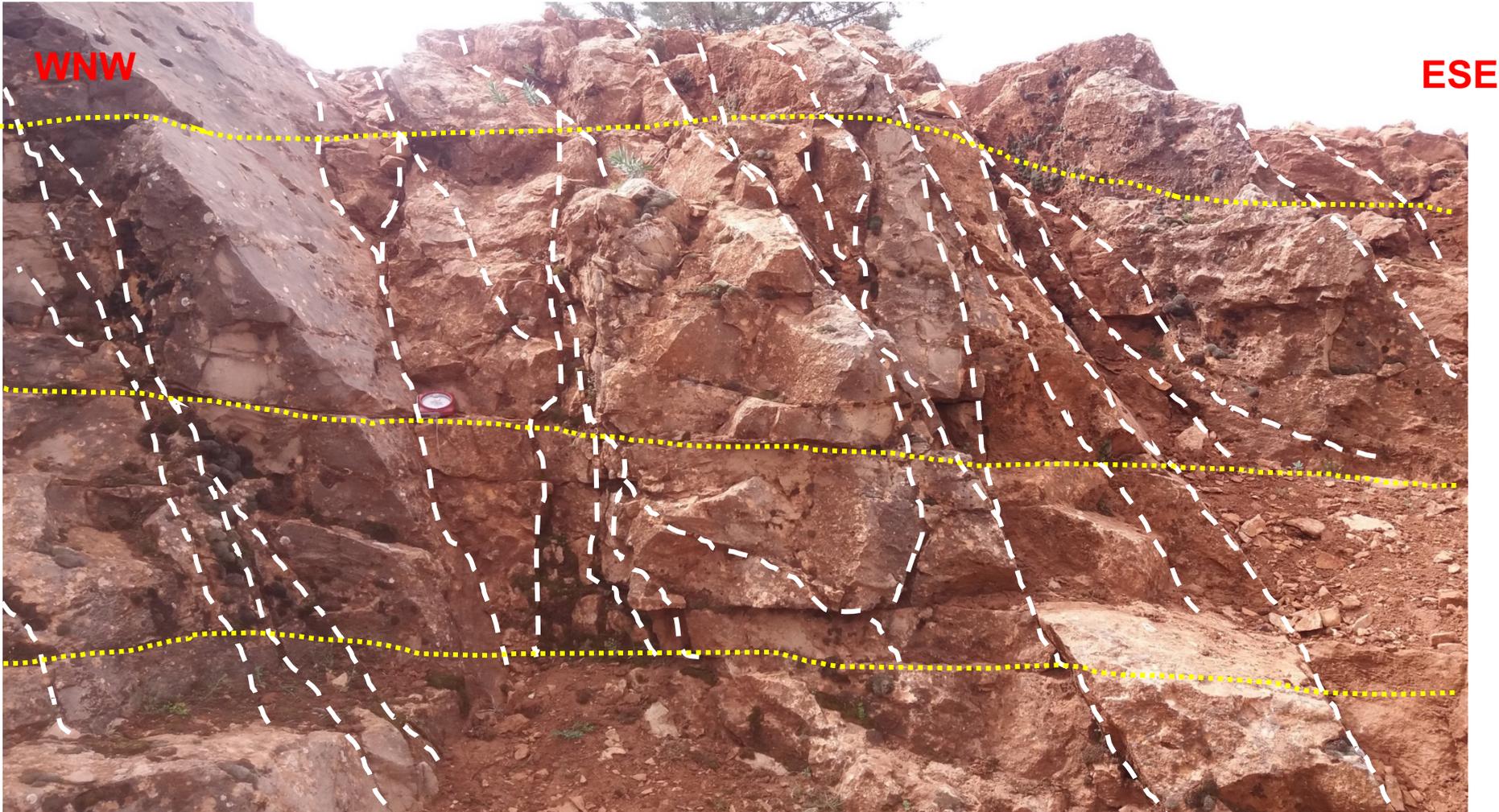
Calcaires viséens plissés, Massif central marocain



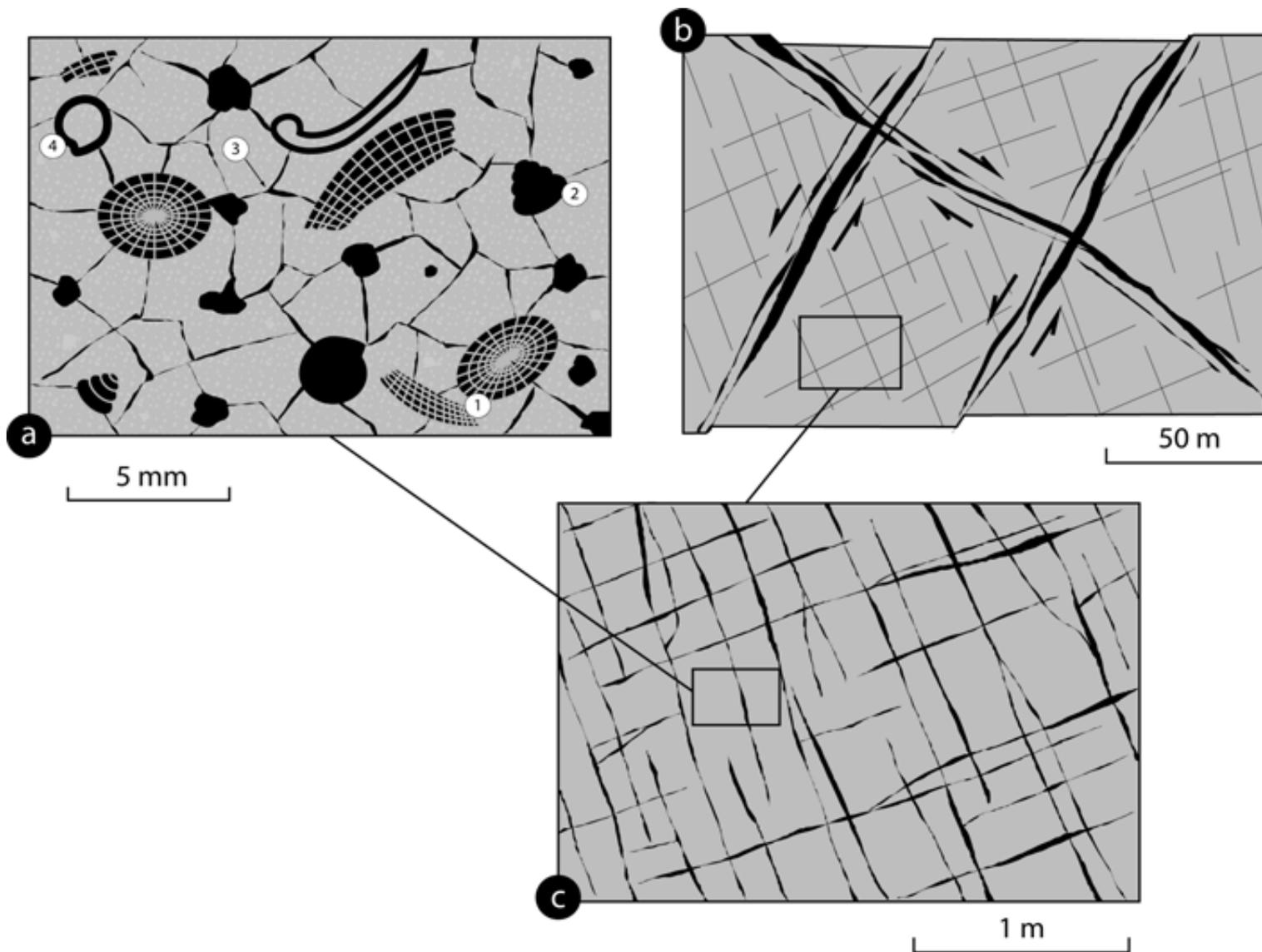
Calcaire fracturé et karstique du Moyen Atlas



Aspect réservoir du même calcaire, inter-connexion des fractures et des cavités karstiques



Fracturation (traits en blanc) affectant des strates sub-horizontales (en jaune).



Les deux principaux types de porosité : (a) porosité matricielle : 1-porosité intragranulaire, 2-porosité de moulage, 3-porosité intergranulaire, 4-porosité périgranulaire, (b) perméabilité de fracture liée à la présence de failles de grande échelle, (c) porosité de fracture liée à la fracturation de fond

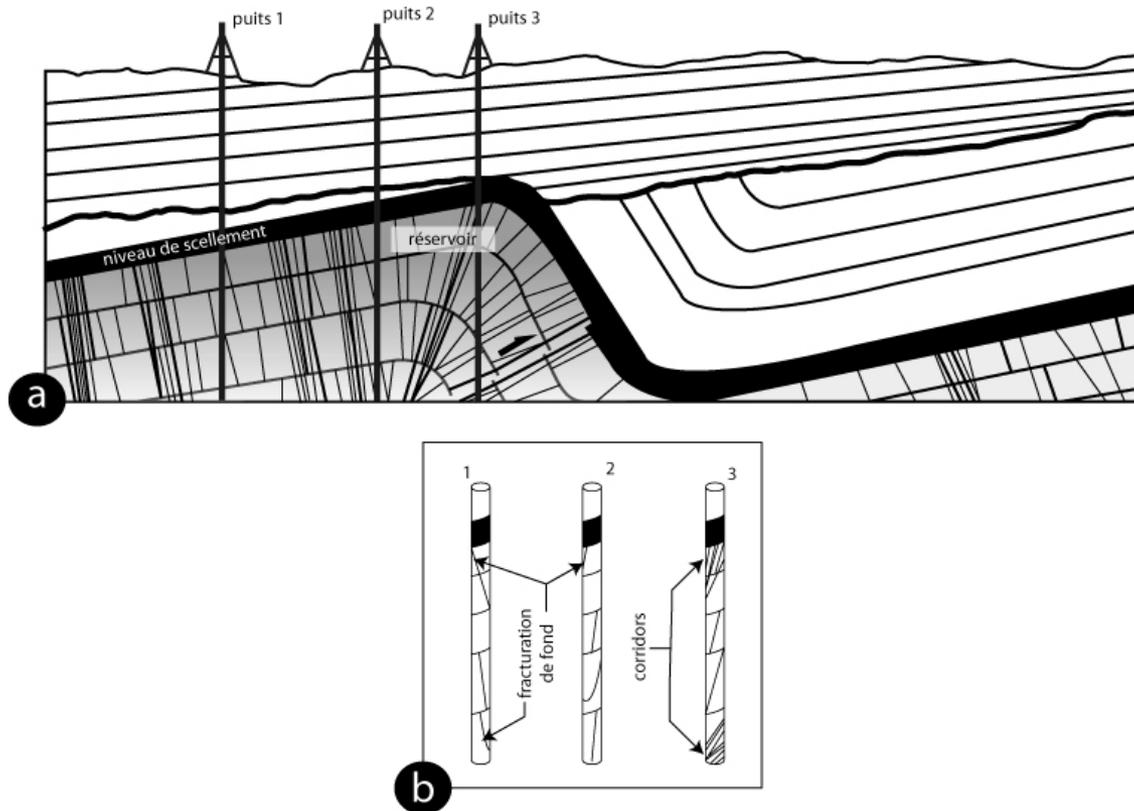
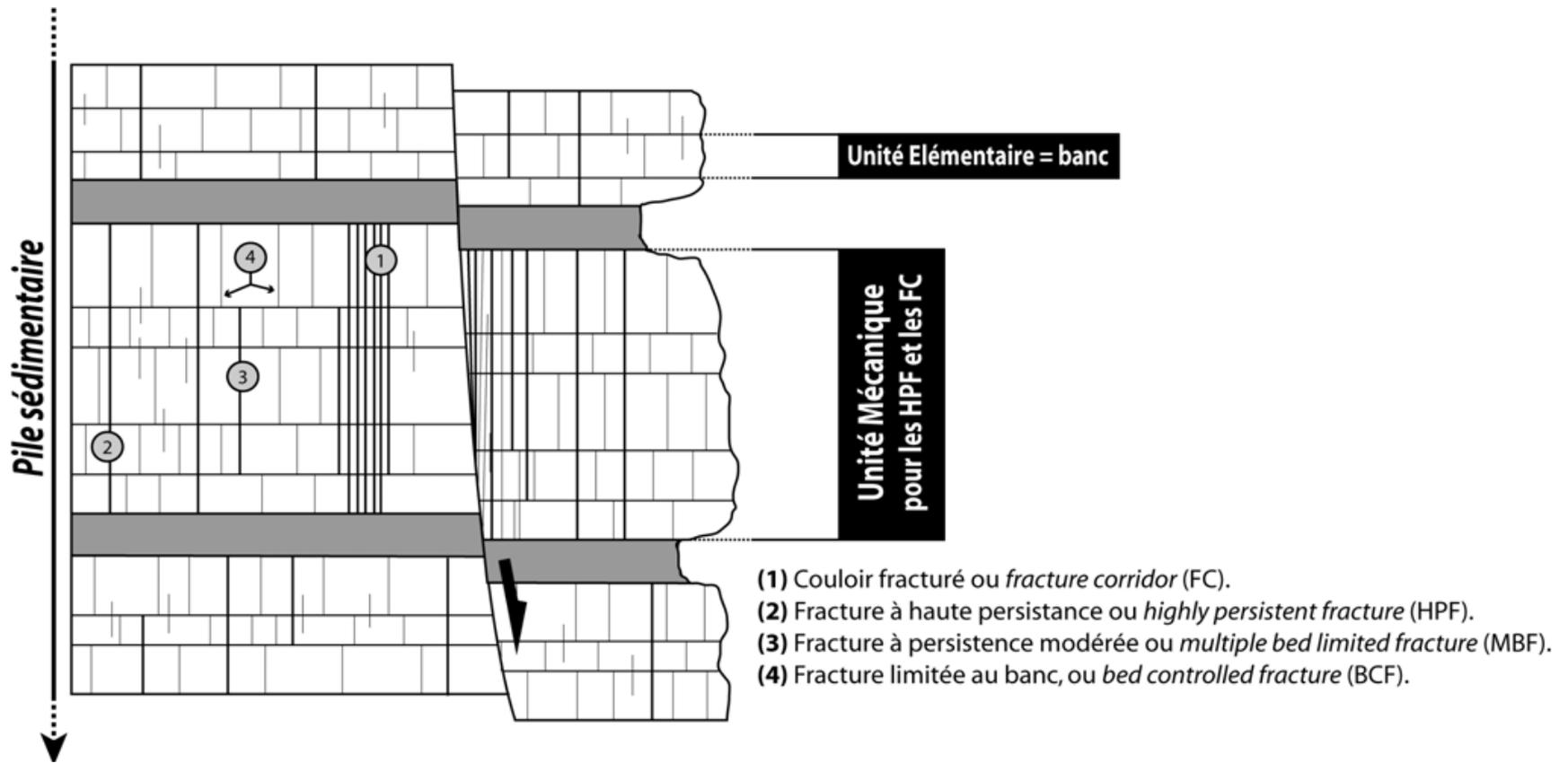


Figure 15 : (a) Coupe schématique d'un réservoir plissé fracturé imaginaire et disposition de 3 puits de forage visant à fournir des données sur la fracturation. (b) Interprétations simulées des données de puits (imagerie et carottes). Puits (1) et (2) : l'interprétation des données de puits ne permet de détecter que la fracturation de fond alors que les forages sont situés à proximité de couloirs fracturés importants. Puits (3) : l'interprétation des données de forage a permis de localiser la présence de deux couloirs fracturés et éventuellement le rejet inverse affectant le second.



Principaux types de familles de fractures rencontrés à l’affleurement définis en fonction de leur persistance verticale vis-à-vis de l’unité mécanique.

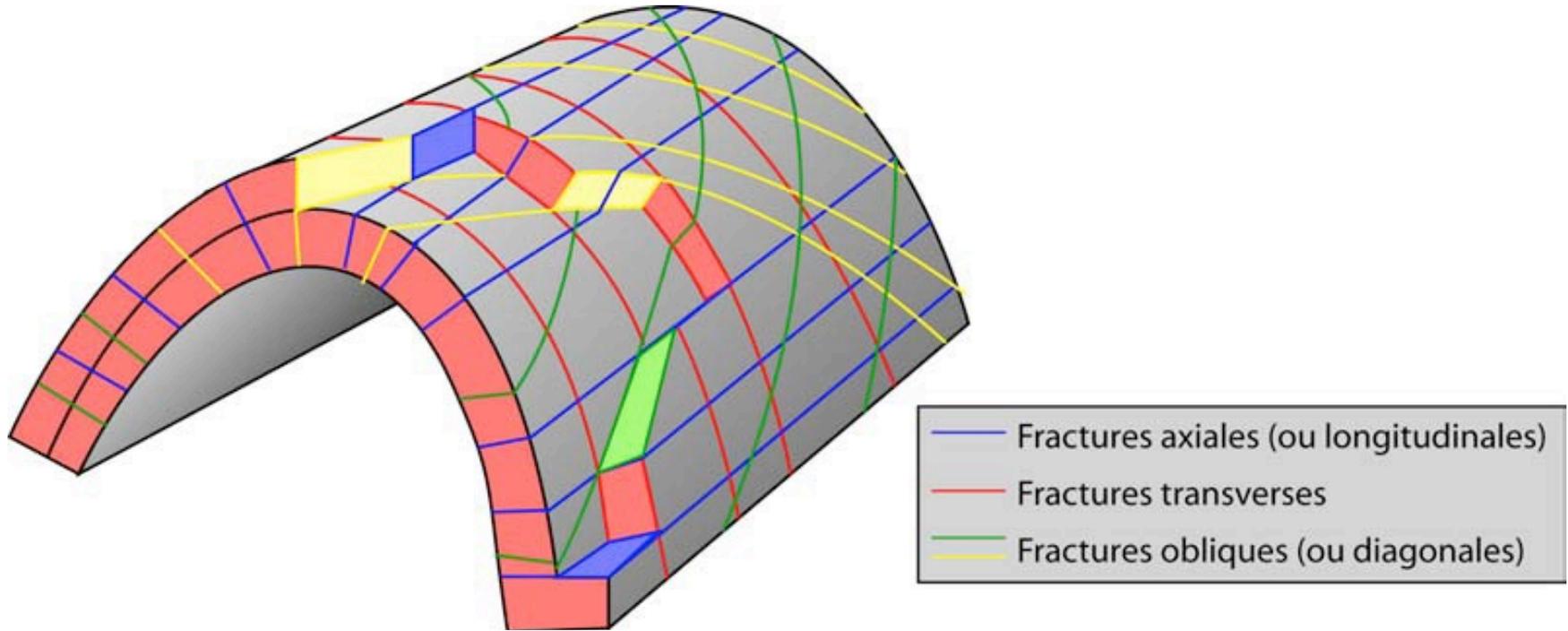
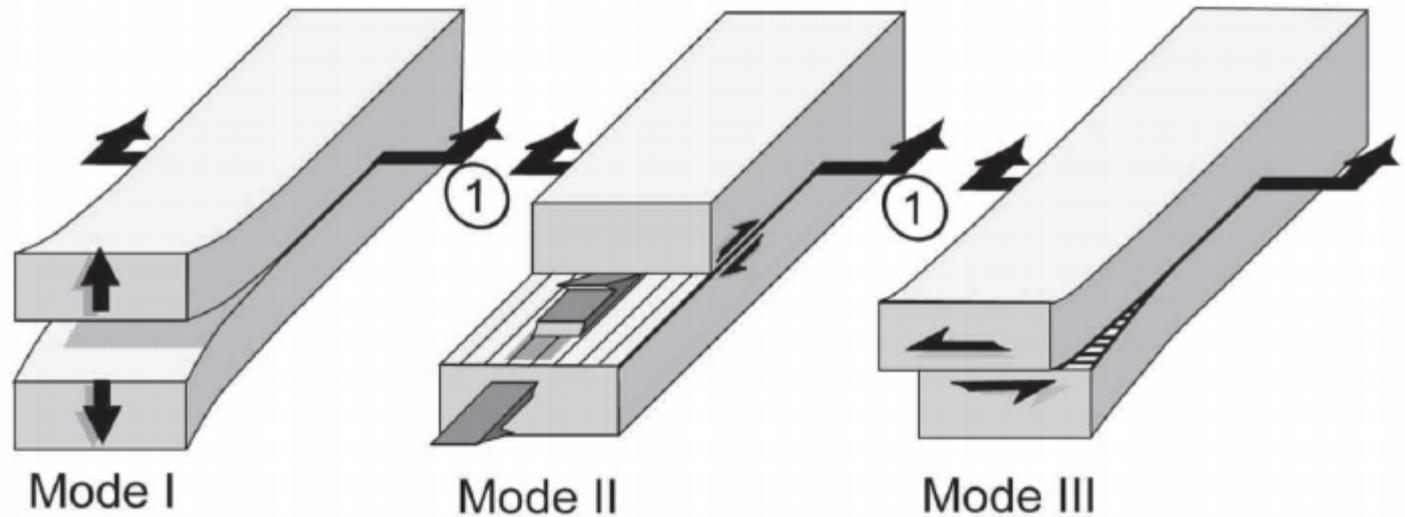
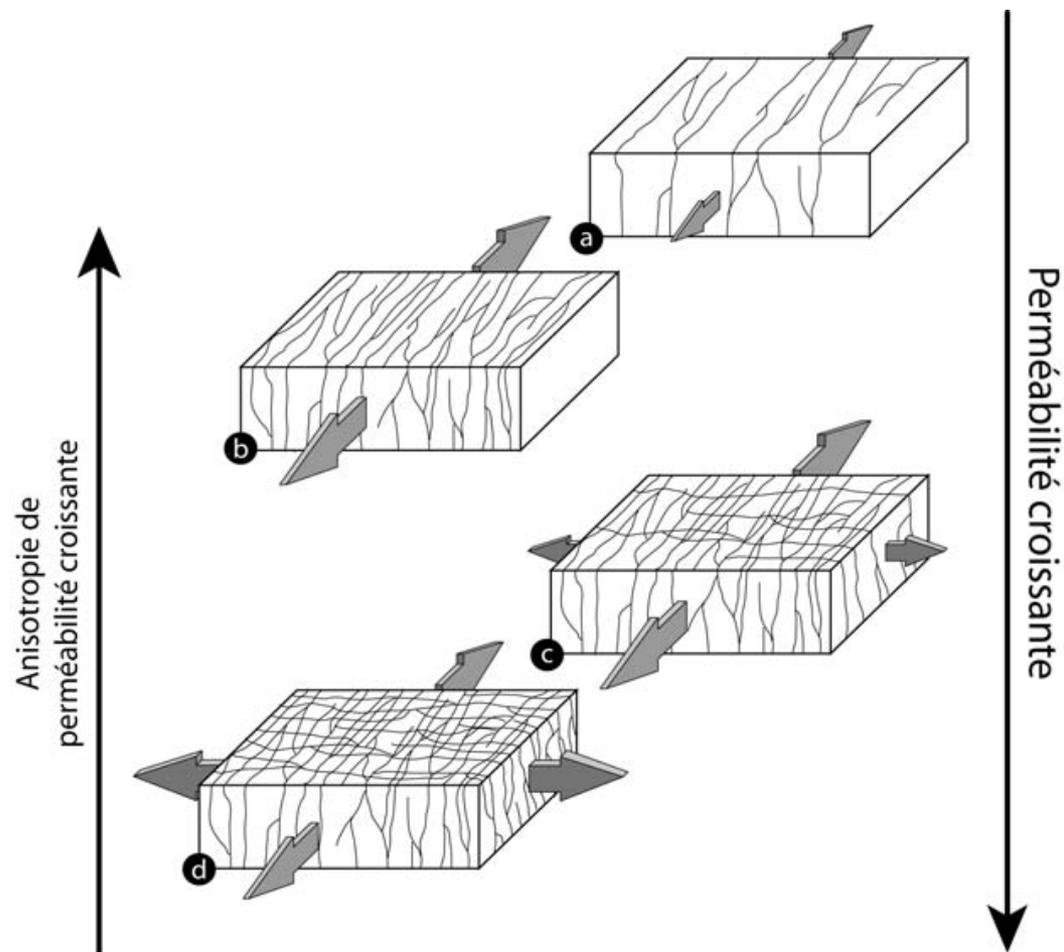


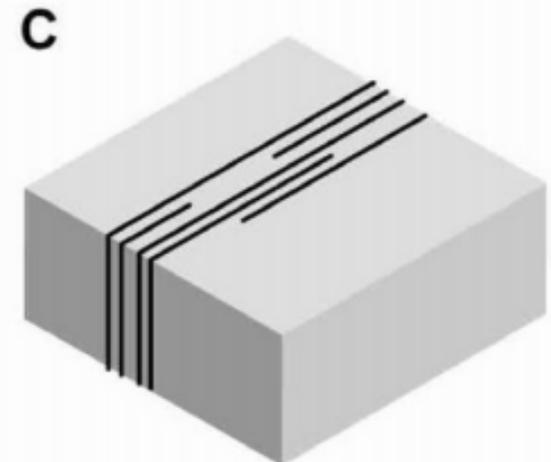
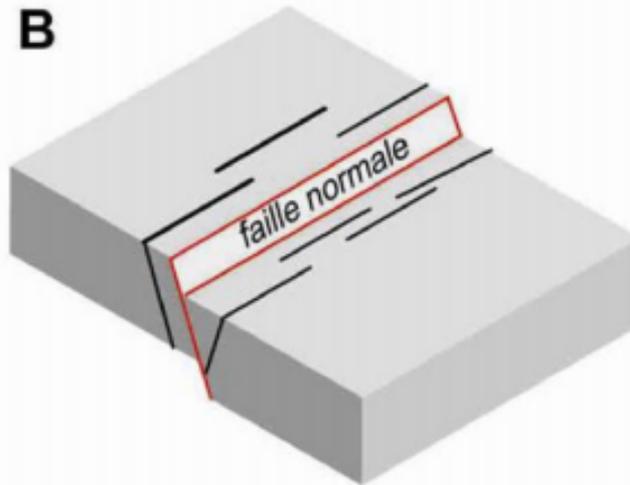
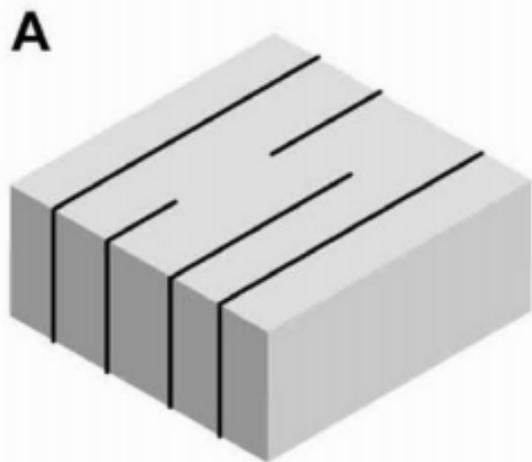
Illustration schématique de la terminologie utilisée classiquement pour décrire les relations directionnelles entre fractures et plis (modifié d'après Ramsay & Huber, 1987). Les fractures *axiales* (ou *longitudinales*) sont parallèles à l'axe du pli, les fractures *transverses* sont orthogonales à cet axe et les fractures *obliques* (ou *diagonales*) font un angle fort avec cet axe.



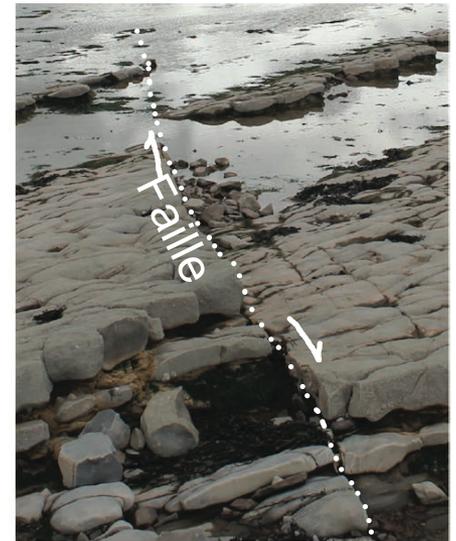
Classification des fractures en fonction du mouvement relatif qui s'est produit le long du plan de fracture lors de sa formation, les flèches (1) indiquent la direction de propagation de la fracture et les doubles flèches indiquent le déplacement sur la surface de la fracture (Twiss et Moores, 2007 in Roche, 2011).



Diagrammes conceptuels montrant l'effet de la densification des fractures de fond en mode I (supposées ouvertes) et de l'apparition de réseaux secondaires sur la perméabilité d'une portion de réservoir fracturé. Les flèches grises donnent les axes préférentiels des écoulements au sein de l'élément de réservoir (plus la flèche est grande, plus l'écoulement est facilité dans sa direction). (a) Faible perméabilité fortement anisotrope due à une famille unique et peu dense. (b) Forte perméabilité fortement anisotrope due à une famille unique dense. (c) Forte perméabilité dont l'anisotropie est atténuée par la présence d'une seconde famille de fractures sécantes peu dense. (d) Forte perméabilité isotrope due à la présence de deux familles orthogonales denses et sécantes entre elles.



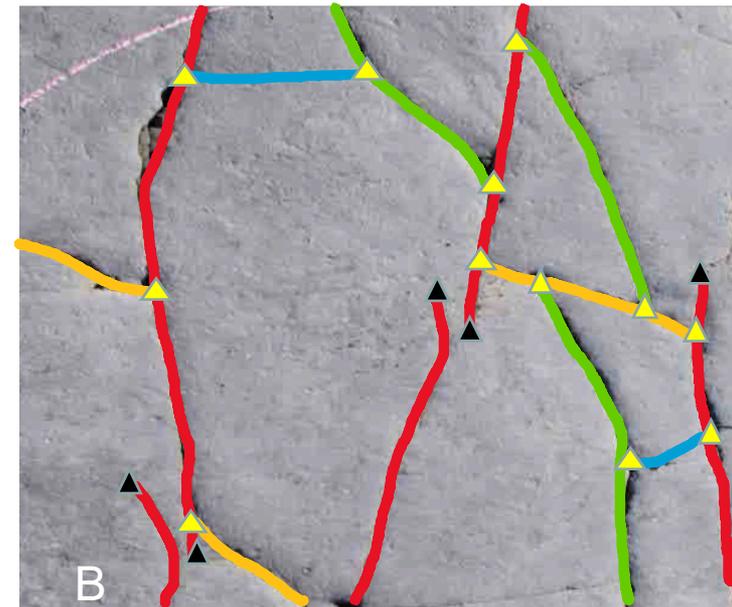
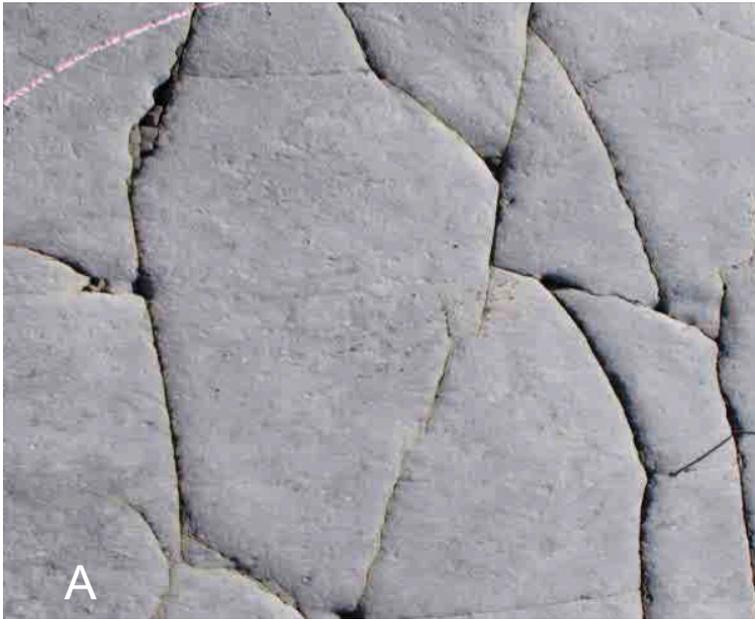
Répartitions des populations de joints. (A) Réseau de joints. (B) Fractures satellites. (C) couloir fracturé (in Roche, 2011).



Distinction entre failles, veines et joints tectoniques (faille avec déplacement relatif des compartiments, veines sont des fractures minéralisées, joints sont des fractures non minéralisées).

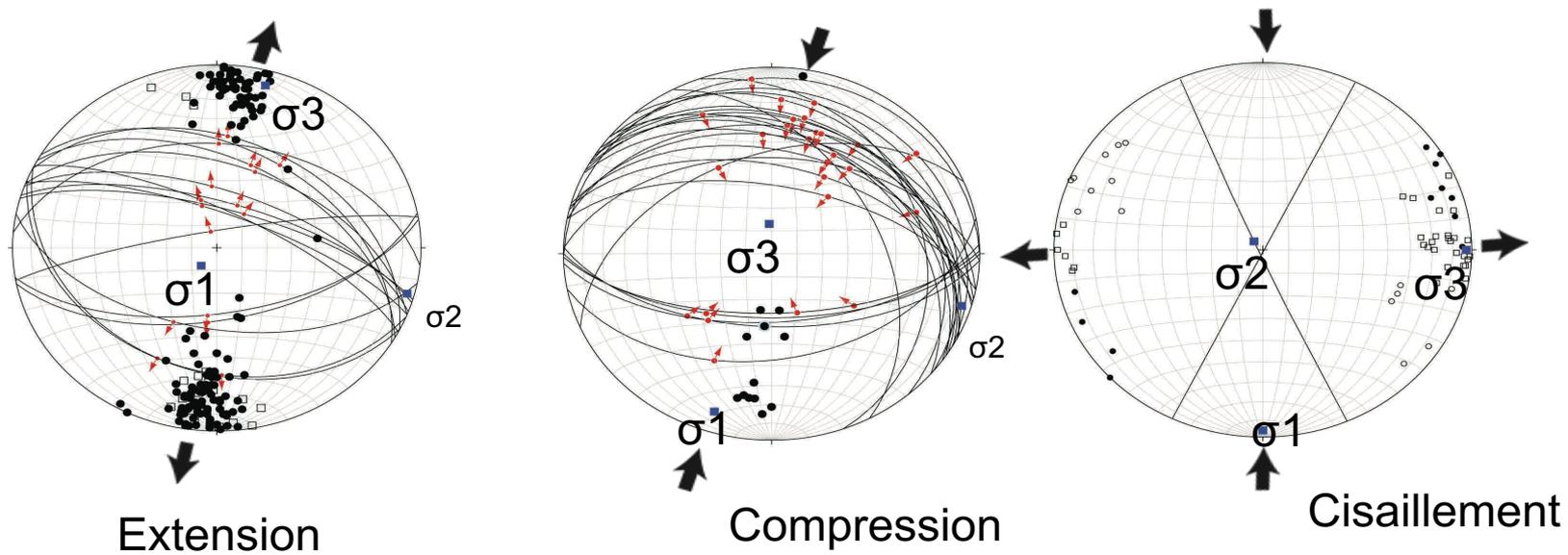


Chronologie relative des différentes structures tectoniques dans une station de mesure (1. Failles normales, 2. Failles décrochantes, 3 ; Joints tectoniques).



	Pointe	Rouge	Jaune	vert	Bleu
Rouge	5	-	-	-	-
Jaune	0	4	-	-	-
Vert	0	2	2	-	-
Bleu	0	2	0	2	-

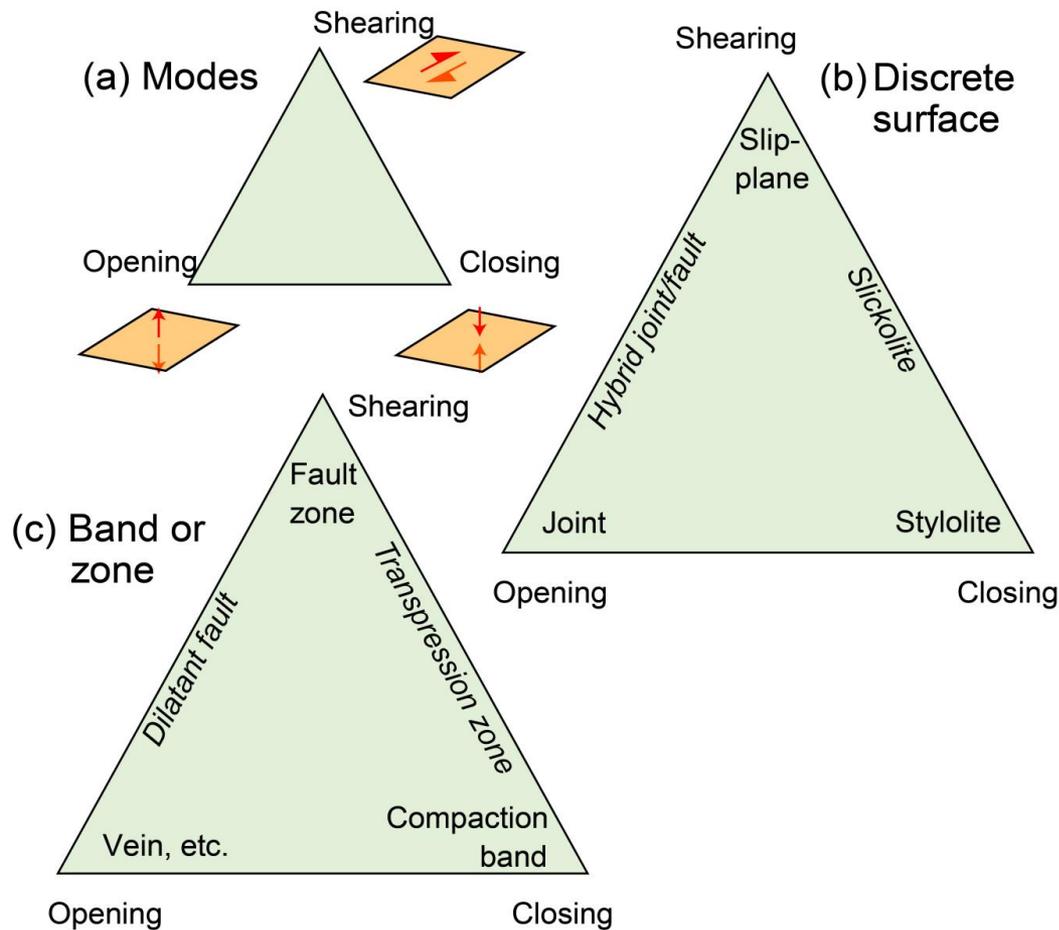
Topologie et chronologie relative d'un réseau de fractures dans une station de mesure. A. Réseau de fractures, B. Interprétation du réseau en termes de systèmes de fractures (Rouge, Jaune, Vert, Bleu). (Chronologie relative : 1. Fractures en rouge se terminent en pointes dans la roche, 2. Fractures en jaune buttent contre les rouges, 3. Fractures en vert buttent contre les jaunes, 4. Fractures en bleu buttent contre les vertes).



Détermination des évènements tectoniques ayant conduit à la genèse des différentes structures analysées dans une région (3 évènements successifs : extension, compression et décrochements).



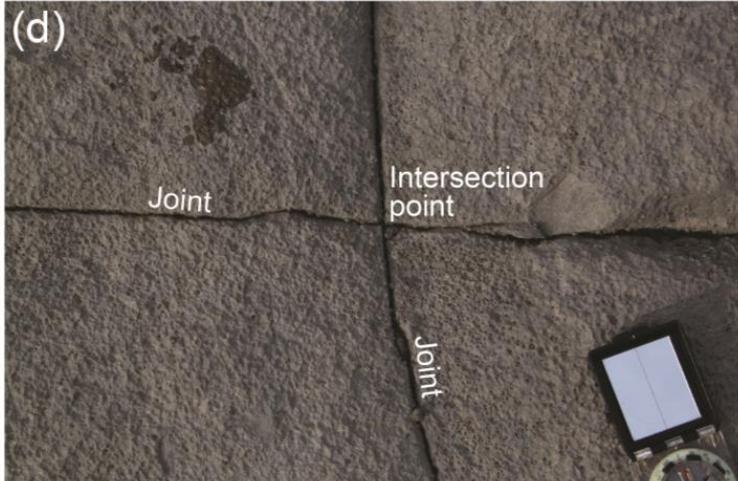
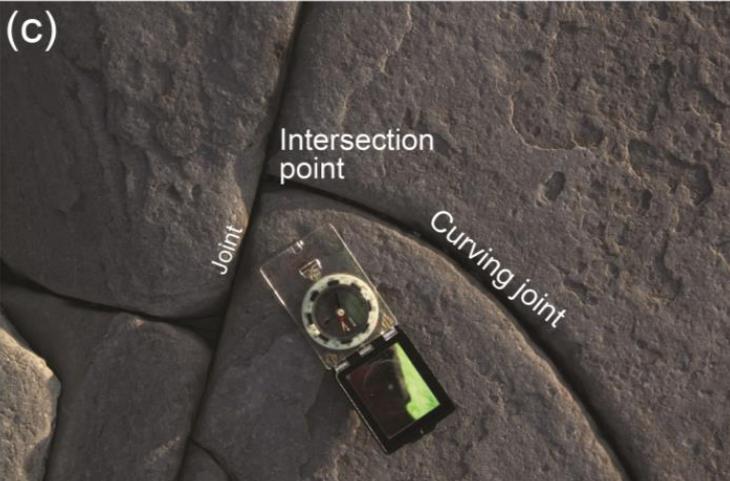
Les calcaires compétents se cassent, les argiles incompétentes se déforment de façon plastique. Le pull-apart est rempli d'argiles signifie que la déformation s'est produite avant que les argiles soient compactées.



(a) Les fractures peuvent être divisées sur la base des directions de déplacement par rapport aux plans de fracture.

(b) Lorsque les fractures sont des surfaces discrètes, les fractures de cisaillement comprennent des plans de glissement, les fractures d'ouverture comprennent des joints et les structures de fermeture comprennent des stylolites.

(c) Lorsque les fractures sont des bandes ou des zones, les fractures de cisaillement comprennent des zones de failles, les fractures d'ouverture comprennent des systèmes de veines et les structures de fermeture comprennent des bandes de compaction.



Exemples de joints et de veines dans des calcaires montrant différentes relations topologiques.

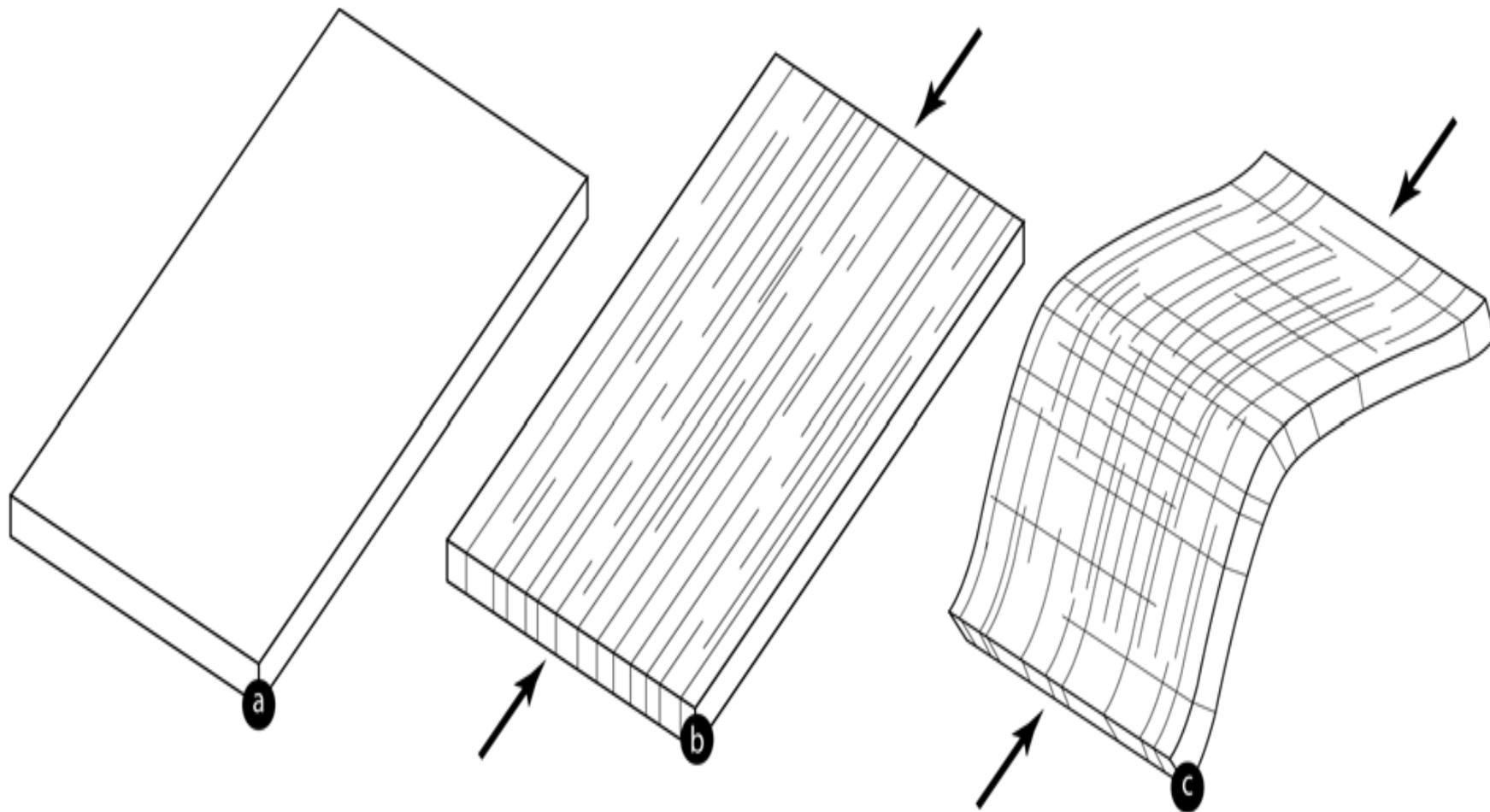
(a) I-nœuds à l'extrémité des veines qui interagissent à travers un pont, qui a commencé à se briser.

(b) Nœuds en I aux extrémités des joints qui se rapprochent et interagissent mais ne se rencontrent pas réellement.

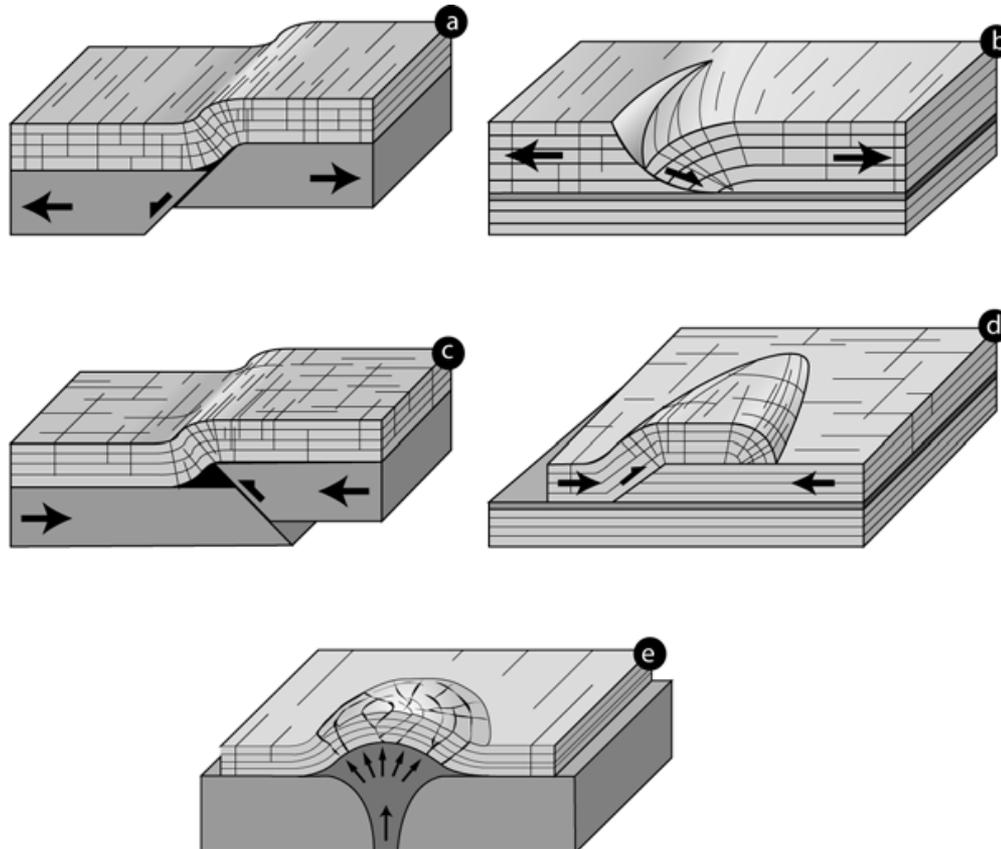
L'interaction est indiquée par la courbure de l'un des joints vers l'autre.

(c) Nœud en Y créé par un joint qui se courbe vers un joint antérieur et le bute à environ 90°.

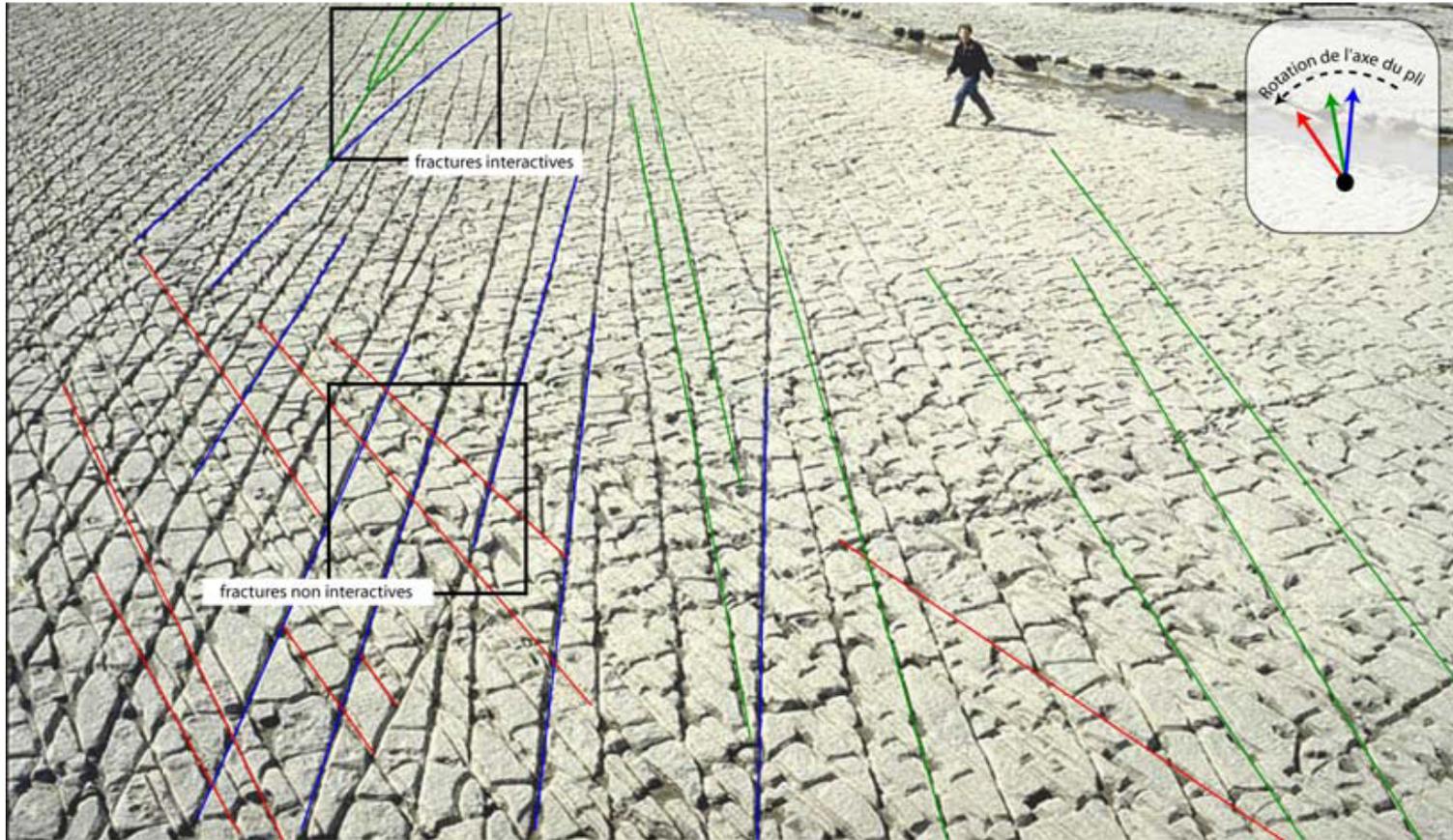
(d) Nœud X créé par des joints qui se recoupent mutuellement.



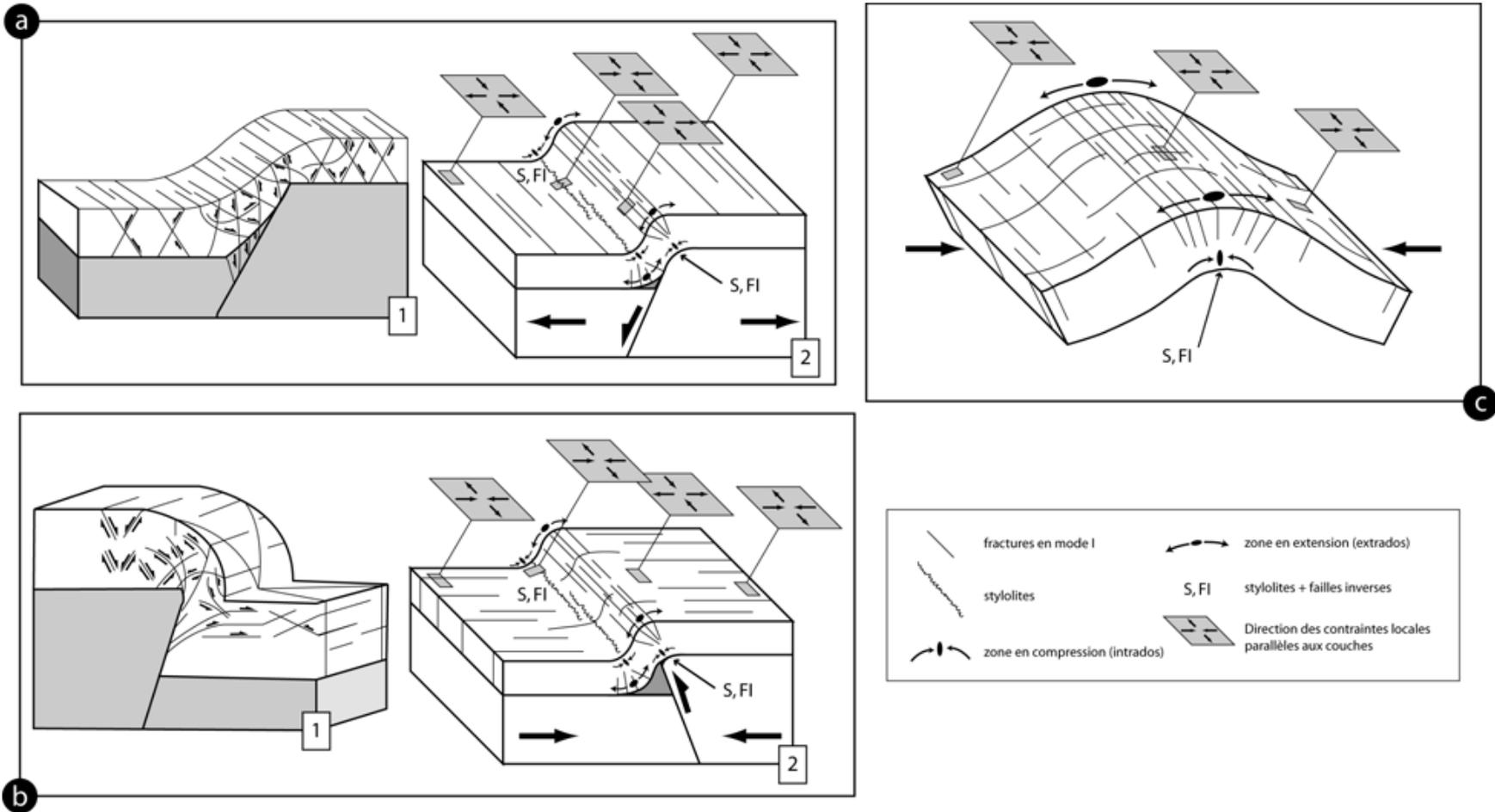
Association de plissement et fracturation axiale et transversale



Exemples de plis passifs. (a) Pli où le fléchissement des couches supérieures est associé au rejet d'une faille normale située dans le socle sous-jacent. (b) Roll-over : pli ou la courbure des couches résulte de leur fléchissement (d'origine essentiellement gravitaire) au niveau d'une rampe de faille normale listrique. (c) Pli où le fléchissement des couches supérieures est associé au rejet d'une faille inverse située dans le socle sous-jacent. (d) Anticlinal de rampe associé au rejet d'un chevauchement. (e) Bombement hémisphérique lié à la poussée verticale due à une remontée diapirique



Réseau de diaclase sub-axiales composite affleurant au niveau d'une charnière de pli de type *rollover* dans les carbonates liasiqes du Pays de Galles (Lavernock Point, photo T. Rives). Le réseau interactif observable sur ce cliché a été interprété comme le résultat de la rotation de l'axe du *roll-over* durant le jeu « en ciseaux » de la faille normale listrique sur laquelle il s'est formé



Distribution des contraintes locales et de la fracturation associées à trois types de plis différents (dans des monocouches). (a) Cas d'un pli forcé initié à l'aplomb d'une faille normale : (1) distribution de la fracturation cisailante de grande échelle (failles) d'après Ameen, 1988, (2) distribution de la fracturation de mode I. (b) Cas d'un pli forcé initié à l'aplomb d'une faille inverse : (1) distribution de la fracturation cisailante de grande échelle (failles) d'après Ameen, 1988, (2) distribution de la fracturation de mode I. (c) Distribution de la fracturation de mode I dans le cas d'un pli de flambage.



Fractures de fond affectant le Bajocien du Haut Atals Central (région d'Imilchil)



Fractures anté-plissement affectant le calcaire liasique du Haut Atlas



Fentes en échelons syn-plissement dans les flyschs carbonifères (Portugal)



Déformation polyphasée:

1. Veines en échelons lelong d'une zone de cisaillement dextre.

2. Veines parrallèles espacées avec extension sub-verticale.

Joints non minéralisés les recoupant.



Deux générations de fentes remplies de quartz (Flyschs carbonifères du Portugal)



Fracturations d'extrados et d'intrados dans un pli isopaque