

Partie 1 : La pétrologie des roches de l'île de Groix : approche métamorphique et tectonique

1.1 A l'aide de vos connaissances et des informations ci-dessus, précisez quelle est la nature probable du protolithe des micaschistes. Même question pour les metabasites.

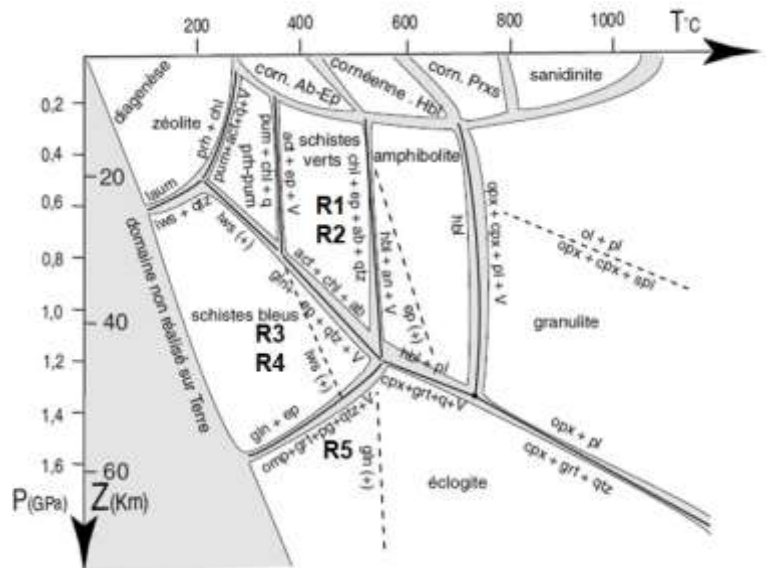
Les micaschistes appartiennent à la séquence pélitique, ils dérivent d'une roche sédimentaire détritique, riche en éléments fins : argillite ou pélite. Pour les metabasites, qui appartiennent à la séquence basique, le protolithe est une roche magmatique basique : gabbro ou basalte.

1.2 A partir des informations fournies sur les paragenèses de R1 à R5, et du tableau fourni (en annexe, p. 9), déterminez leur faciès et placez les cinq roches sur la grille P, T fournie (en annexe, p. 9).

Les paragenèses de R1 et R2 comprennent quartz, albite, chlorite, actinote et épidote caractéristiques du faciès schistes verts (SV).

Les paragenèses de R3 et R4 comprennent glaucophane, lawsonite, phengite et grenat, caractéristiques du faciès schistes bleus (SB).

La paragenèse de R5 présente conjointement grenat et omphacite ce qui permet d'affirmer que le faciès de R5 est celui des écloites.



1.3 Formulez une hypothèse pour expliquer la coexistence des faciès des roches R2 et R4 sur l'île. Les informations structurales présentées par le document 1 et les informations fournies page précédente permettent-elles d'accréditer cette hypothèse ?

Il importe ici de bien repérer sur la carte structurale fournie (document 1) le chevauchement ductile : les deux unités sont en contact « anormal » c'est-à-dire tectonique. Par conséquent, il n'est pas possible de reconstituer un gradient métamorphique à l'échelle de la région. D'autre part, les informations de pression et de température indiquées sur la carte sont déduites de l'étude des paragenèses, on ne peut donc pas les utiliser pour justifier les paragenèses.

R2 et R4 sont toutes deux des metabasites, mais de faciès différent. Cela suggère un protolithe de même nature. La présence de faciès SV et SB suggère que ces deux unités ont été entraînées dans une subduction. Cependant, le pic métamorphique de l'unité Ouest représentée par R2 (SV), plus faible que celui de l'unité Est représentée par R4 (SB), suggère que cette dernière est allée plus en profondeur.

Les informations fournies par le document 1 et par le texte montrent l'existence d'un chevauchement de l'unité Est sur l'unité Ouest. Les pendages de la foliation témoignent des intenses déformations structurales auxquelles ces unités ont été soumises lors de l'enfouissement.

Bien qu'en contact à l'heure actuelle, à la faveur de ce chevauchement, ces deux unités n'ont pas la même histoire thermodynamique. Les processus tectoniques expliquent que l'unité Est au pic métamorphique plus intense se retrouve chevauchant l'unité Ouest au pic métamorphique plus faible.

1.4 Formulez une hypothèse à partir de l'analyse du document 3 permettant d'expliquer la succession dans cette roche R4 de deux paragenèses.

Attention : le principe d'inclusion ne peut pas s'appliquer au minéral lawsonite par rapport à la roche glaucophanite : ce minéral n'est pas antérieur à la roche, il résulte de transformations métamorphiques d'un protolithe.

Les losanges observables à l'œil nu sur l'échantillon de gauche, d'après l'énoncé, seraient des cristaux relictuels de lawsonite, minéral caractéristique du faciès SB. Sur la lame mince, on n'observe plus que la forme de ces minéraux : ils ont disparu et ont été remplacés par l'association de cristaux d'épidote et de chlorite, qui évoque le faciès SV.

Les cristaux d'épidote et de chlorite sont postérieurs à la lawsonite : le faciès SV est donc postérieur au faciès SB. On peut proposer l'hypothèse suivante : les lawsonites auraient été totalement déstabilisées lors d'une exhumation – qui correspond à une diminution de la profondeur – au profit de la paragenèse SV observée actuellement. Il s'agit d'une rétrogenèse, qui se produit lors d'un trajet rétrograde.

1.5 Analysez les relations géométriques entre les minéraux : que pouvez-vous en déduire concernant l'histoire de R4 ? Est-ce cohérent avec les informations fournies par le document 3 ?

Attention : ici bien repérer qu'il s'agit d'un recoupement et non d'une inclusion entre deux phases minérales !

On observe 2 foliations : la foliation des glaucophanes F1 est recoupée par la foliation des chlorites F2. La foliation F1 évoque le faciès SB, celle des chlorites évoque le faciès SV. F1 est donc antérieure à F2. Cela est cohérent avec l'hypothèse d'une exhumation proposée précédemment.

1.6 Proposez une interprétation tectonique du document 5 (photo de gauche) sous la forme d'un schéma. La nature de la (ou des) déformation(s) sera précisée.

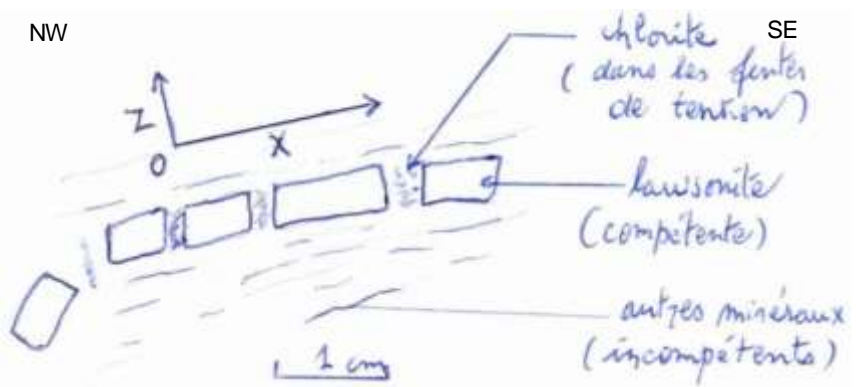
Schéma d'interprétation :

Minéral de lawsonite tronçonnée

La lawsonite est tronçonnée (déformation cassante), elle présente des fentes de tension dans lesquelles se sont développés les chlorites.

La lawsonite est compétente, elle casse facilement. On peut supposer que les fentes de tension sont perpendiculaires à l'axe d'allongement OX.

Les autres minéraux ne semblent pas déformés de façon cassante : on observe un contraste de compétence entre lawsonite et les autres minéraux présents.



1.7 Pour l'affleurement présenté sur le document 6, représentez l'ellipsoïde des déformations, l'ellipsoïde des contraintes si c'est possible (en justifiant pourquoi ça l'est ou pas) et expliquez la relation géométrique de l'albite et la chlorite avec les metabasites.

Attention à l'échelle d'observation : il ne s'agit pas d'un minéral présentant des ombres de pression !

Les glaucophanites sont boudinées, Elles se comportent comme des roches compétentes, étirées dans les micaschistes, roches incompetentes qui moulent les boudins.

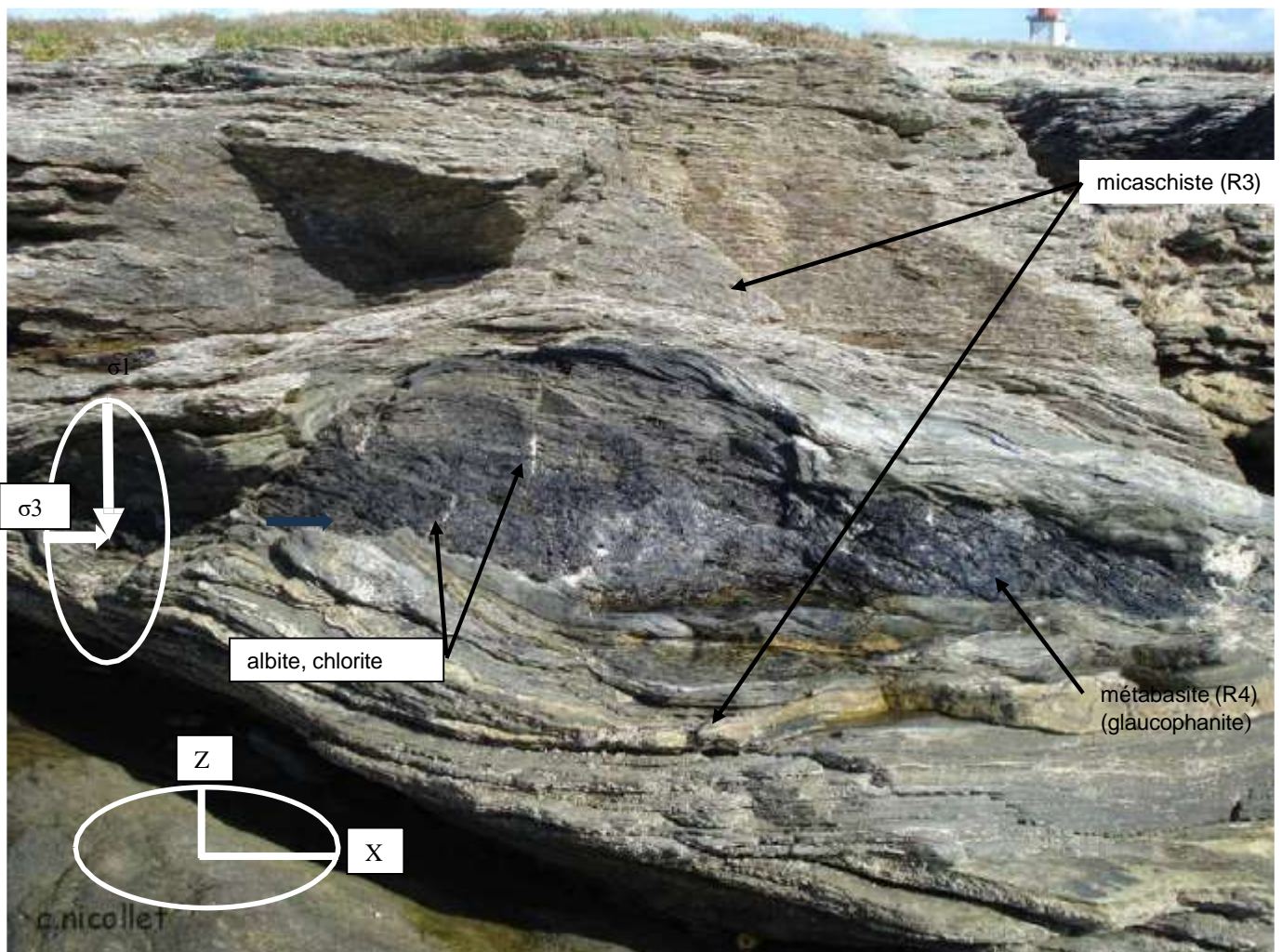
L'axe d'allongement du boudin = axe Ox.

La déformation étant coaxiale, on peut placer σ_1 perpendiculairement à Ox.

Les micaschistes montrent une schistosité et une foliation qui permettent de placer Oz (parallèle à σ_1). La déformation étant coaxiale on peut placer σ_3 parallèle à cet axe.

Les fentes de tension de la glaucophanite, remplies de cristaux d'albite et de chlorite, confortent le placement de l'axe Ox, ainsi que σ_3 , puisque la déformation est coaxiale.

En conclusion, les trois objets déformés peuvent résulter du même champ de contrainte avec σ_1 verticale et σ_3 horizontale.



1.8 Les metabasites (glaucophanites) du document 6 peuvent-elles être issues d'une croûte océanique ? Justifiez.

Les metabasites sont intercalées dans les micaschistes (dérivant de pélites), leur contact est intime et il ne s'agit pas d'un contact tectonique.

De plus, aucune information n'accrédite la présence de roches du cortège ophiolitique.

La présence de roches basiques ne signifie pas nécessairement la présence de croûte océanique !

On peut proposer qu'il s'agit de coulées volcaniques basaltiques (volcanisme présent en milieu continental par exemple).

1.9 Décrivez et interprétez les relations géométriques entre minéraux observables sur la photo de gauche et proposez un schéma légendé de la photo de droite interprétant la structure observée (document 7).

Photo de gauche :

On observe une foliation marquée par la présence de glaucophane et épidote et cette foliation est déviée par des grenats, ce qui signifie que les grenats sont antéfoliation.

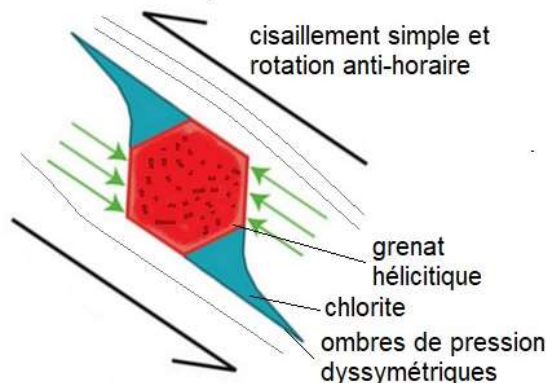
La roche a subi un trajet rétrograde : rétomorphose du faciès éclogite (puisque grenat et omphacite) vers le faciès SB (glaucophane et épidote).

Photo de droite :

Grenat hélicitique avec ombres de pression dissymétriques traduisant un cisaillement simple ici sénestre.

Les ombres de pression sont constituées de chlorite : la déformation responsable des ombres de pression s'est produite lors du passage du faciès SB vers le faciès SV.

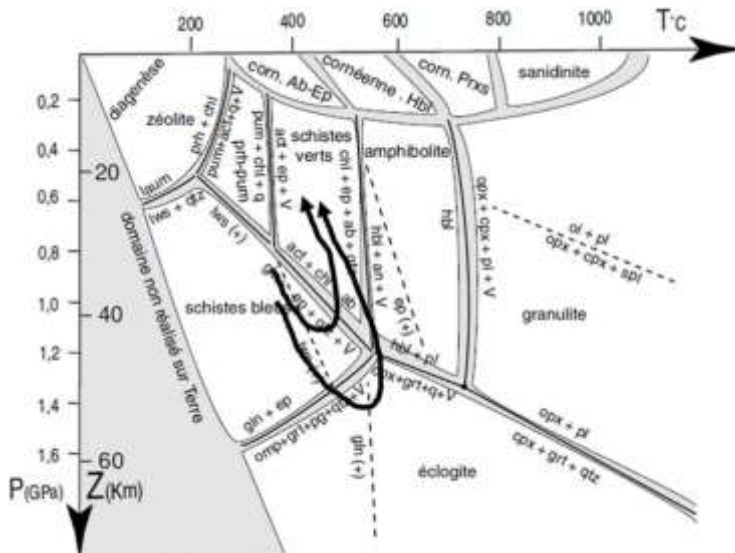
Schéma interprétatif de la structure observée :



1.10 En vous appuyant sur les informations apportées par les documents 3 à 7, tracez un chemin P, T = f(temps) pour les roches R4 et R5 sur la grille fournie en annexe (p. 9). Précisez quels processus sont impliqués dans le scénario que vous proposez.

Processus impliqués : enfouissement d'une unité par **subduction**, certaines roches vont plus en profondeur, puis **exhumation**.

La conservation des faciès éclogites (R5) et SB (R4) montre que l'exhumation a été suffisamment rapide pour que les réactions rétrogrades n'aient pas le temps de s'accomplir totalement.



1.11 Que suggèrent les relations géométriques entre schistes bleus et schistes verts observées sur le document 8 et les résultats présentés dans le document 9 concernant la nature des protolithes ?

Les deux faciès sont étroitement associés – ils « forment des niveaux concordants » – sur le document 8.

Sur le document 9, les pourcentages d'oxydes pour les deux roches se placent sur la bissectrice, leur composition chimique est donc la même.

On peut en déduire que le protolithe de ces deux roches est le même.

1.12 Comment les informations fournies par le document 10 vous permettent-elles d'expliquer l'association de ces deux roches ?

La réaction chimique présentée, qui est mise en jeu lors de la transition SB vers SV, nécessite un apport d'eau. On peut alors proposer que l'association de ces deux faciès est ici liée à une distribution hétérogène des fluides circulant dans la roche : selon que l'eau est présente ou pas, la rétomorphose SB vers SV est possible ou pas.

1.13 Mettez en relation les informations issues de l'étude des roches R1 à R5 et les informations structurales fournies par le document 1 pour expliquer la diversité des roches trouvées à l'île de Groix.

ATTENTION : répondre en 15 lignes au maximum.

Les protolithes de nature variée ont été soumis à des changements de conditions P-T, en lien avec un processus de convergence (subduction). Deux unités se trouvent en contact anormal (chevauchement) alors qu'elles ne l'étaient pas nécessairement avant le processus de convergence. Ces deux unités sont déformées et les déformations permettent de reconstituer leur trajet P,T,t.

L'unité orientale a été enfouie à une plus grande profondeur (faciès SB voir éclogitique) que l'unité occidentale (faciès SV). Elles ont ensuite été exhumées et ont subi des rétomorphoses lors de leur trajet rétrograde.

Partie 2 : Les grenats

2.1 Quelle information sur les conditions de formation du grenat le document 13 révèle-t-il ?

La croissance du grenat se fait du cœur vers la périphérie, or on observe sur le document 4 que celui-ci intègre de moins en moins de manganèse et de plus en plus de magnésium (puisque pas de magnésium au cœur du minéral). Un atome de faible rayon (Mg^{2+} , $r = 0,065$ nm) remplace un atome de fort rayon (Mn^{2+} , $r = 0,08$ nm), trop gros pour intégrer le réseau cristallin : le grenat de la périphérie est plus dense que celui du cœur.

On peut alors faire l'hypothèse que la pression a augmenté au cours de la croissance du grenat.

2.2 Sous quelle condition l'utilisation des variations de concentration de ces trois ions au sein du grenat comme indicateur du degré de métamorphisme vous paraît-elle une méthode fiable ?

Cette méthode peut être considérée comme fiable si les éléments magnésium, manganèse et fer sont présents dans le protolithe, et ne proviennent pas d'échanges avec l'environnement du cristal, pendant ou après sa formation.

Partie 3 : Datation

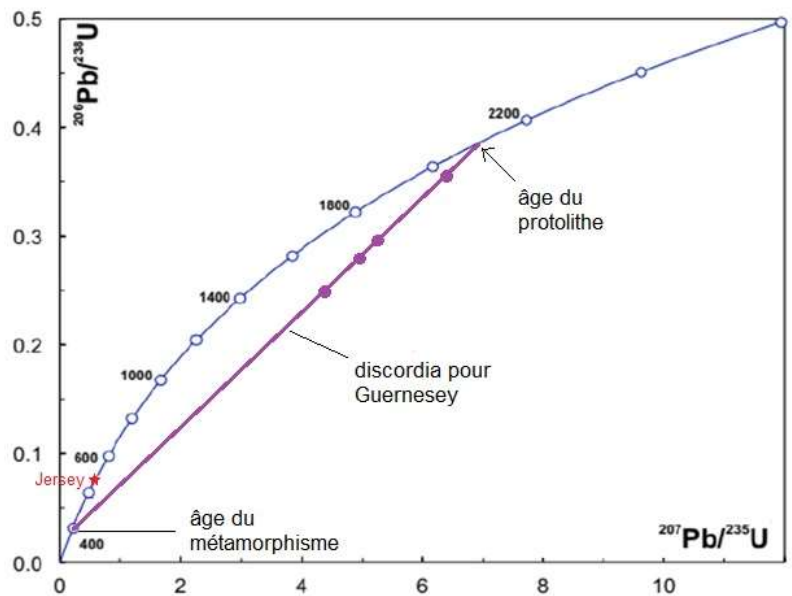
3.1 Proposez un titre pour cette courbe de référence, puis expliquez pourquoi elle est croissante.

C'est une courbe concordia. Elle est croissante car les éléments père (^{235}U et ^{238}U) se désintègrent en éléments fils (^{207}Pb et ^{206}Pb) donc les dénominateurs diminuent et les numérateurs augmentent au cours du temps, de manière corrélée pour les deux couples de géochronomètres considérés.

3.2 Déterminez, à l'aide de cette courbe et des données du tableau, l'âge des deux roches (celle de l'île de Jersey, celle de l'île de Guernesey). Comment interprétez-vous les données obtenues pour la roche de Guernesey ?

Pour Jersey : détermination graphique, le point est placé sur la courbe concordia, âge 530 Ma environ.

Pour Guernesey, les valeurs s'alignent sur une droite (discordia) qui recoupe concordia en deux points. Les deux âges correspondent respectivement à l'âge du protolithe (2,1 Ga) et à l'âge du dernier événement métamorphique qui a « rajeuni » la roche (400 Ma) par ouverture du système.



Titre : Courbe concordia.

3.3 Quelles autres méthodes de datation absolue connaissez-vous ? Rappelez brièvement le principe et le domaine d'application de chacune d'elle. Quel est l'intérêt de la méthode utilisée ici ?

Les autres radiochronomètres au programme sont le couple K/Ar et la datation au ^{14}C .

La méthode K/Ar repose sur la désintégration du ^{40}K en élément fils ^{40}Ar (11,8 %) et aussi en élément fils ^{40}Ca (88,2 %). La constante de désintégration petite (période longue) permet de dater des événements très anciens.

Pour le ^{14}C , celui-ci se désintègre en ^{14}N , la période courte permet de dater des événements âgés d'au plus 50 000 ans.

Pour chacune des méthodes, elle ne s'applique qu'à un système fermé (pb pour les roches sédimentaires), et c'est l'âge de la fermeture du système (cristallisation des minéraux, mort d'un organisme) qui est déterminé. L'âge maximal ne doit pas dépasser 10 fois la période du couple considéré, et l'élément père doit être contenu dans la roche ou le matériel à dater.

L'intérêt de la méthode U/Pb est que l'on dispose de 2 radiochronomètres indépendants, dont la petite constante de désintégration (période longue) permet de dater des événements très anciens.

Rappel : Caractéristiques des méthodes de datation absolue au programme de BCPST.

Atome radioactif parent	Atome radiogénique fils	Période (années)	Domaine de datation (années avant J.-C.)	Matériel couramment daté
^{14}C	^{14}N	5730 ans	< 50 000 ans	Bois, charbon, coquilles carbonatées
^{238}U	^{206}Pb	$4,5 \cdot 10^9$	De 10 à 4 500 millions	Zircons, minéraux à uranium
^{235}U	^{207}Pb	$700 \cdot 10^6$		
^{40}K	^{40}Ar	$1,25 \cdot 10^9$	De 1 à 4 500 millions	Muscovite, biotite, feldspaths potassiques, roches métamorphiques totales