

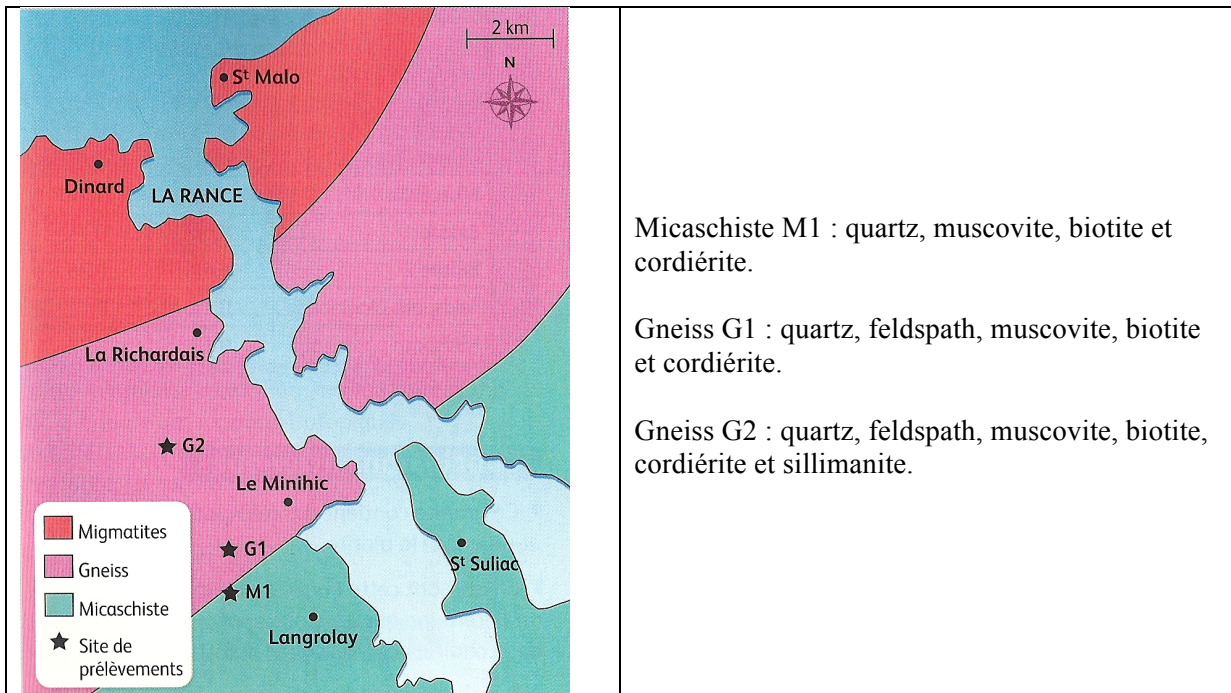
**PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (50 % de la note).**

La vallée de la Rance offre une coupe géologique naturelle dans des roches métamorphiques constituant le massif de Saint-Malo.

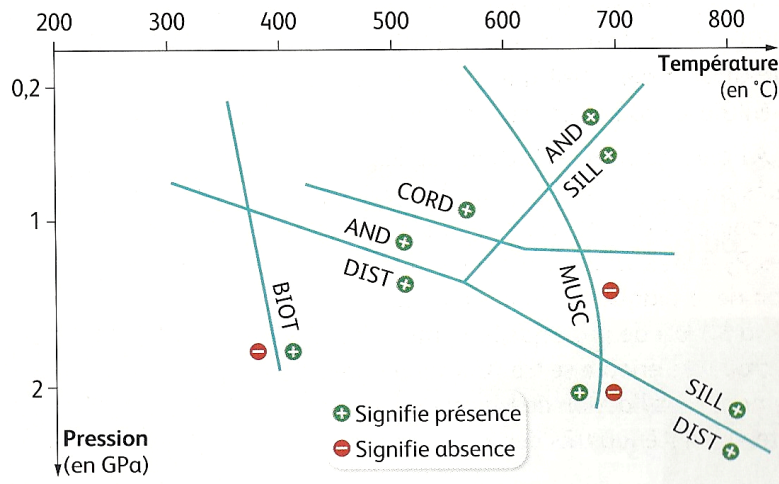
On se propose de préciser quelques-unes des conditions de leur formation, sachant que les micaschistes de cette région proviennent de roches sédimentaires finement détritiques\* alors que les gneiss proviennent de roches sédimentaires également détritiques\* mais dont les grains sont plus gros.

\* *Détritique* : roche qui résulte de la désagrégation d'une roche préexistante.

Utilisez les documents 1 et 2 pour énoncer sous la forme d'une réponse construite les conditions de formation des roches M1, G1, G2 et des migmatites, puis expliquer pourquoi M1 et G1 sont de nature différente. Joindre le document 2 en y figurant la zone correspondant à la formation des roches considérées.



**Document 1. Carte géologique simplifiée du secteur.**



**Document 2. Diagramme de stabilité de différents minéraux.**

**PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (50 % de la note).**

**La datation des roches de la croûte continentale**

Un étudiant en géologie retrouve dans une collection de roches, trois échantillons de granites provenant de Norvège, de Bretagne et de Basse Normandie. Il sait que l'échantillon le plus ancien est le granite norvégien. L'échantillon breton porte une étiquette « environ 300 millions d'années ». Il dispose de documents permettant de les dater.

*Par un raisonnement rigoureux, vous devez l'aider à retrouver l'origine et l'âge des échantillons de granite.*

**Document 1a : principe de datation d'une roche avec le couple d'éléments rubidium / strontium**

On mesure sur différents minéraux de la roche étudiée la quantité de  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{86}\text{Sr}$ ,  $^{87}\text{Sr}$ . En reportant sur un graphique en abscisse le rapport  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ , et en ordonnée le rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  pour chaque minéral étudié, on obtient une droite isochrone dont l'équation est :

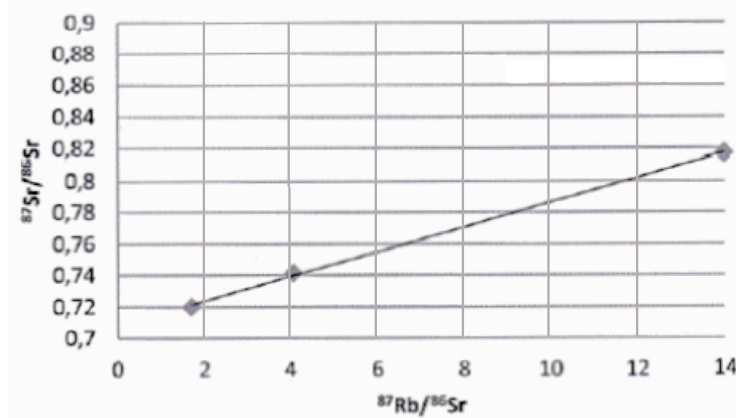
$$y = (e^{\lambda t} - 1) x + b \quad \text{avec } y = ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} \quad x = ^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$$

$\lambda$  est la constante de désintégration radioactive spécifique du couple rubidium / strontium. Sa valeur n'est pas donnée car elle n'est pas utile pour l'exercice.

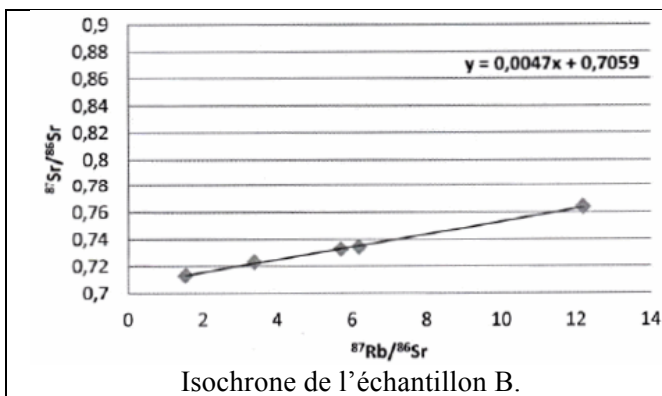
**Document 1b : détermination de t à partir de  $(e^{\lambda t} - 1)$ . Ma = million d'années.**

Valeurs de $(e^{\lambda t} - 1)$	Âge approximatif en Ma (t)	Valeurs de $(e^{\lambda t} - 1)$	Âge approximatif en Ma (t)
0,0020	140	0,0151	1050
0,0030	210	0,0161	1120
0,0040	280	0,0171	1200
0,0050	350	0,0182	1270
0,0060	420	0,0192	1340
0,0070	490	0,0202	1400
0,0080	560	0,0212	1480
0,0090	630	0,0222	1550
0,0101	700	0,0233	1620
0,0111	770	0,0243	1690
0,0121	840	0,0253	1760
0,0131	910	0,0263	1830
0,0141	980	0,0274	1900

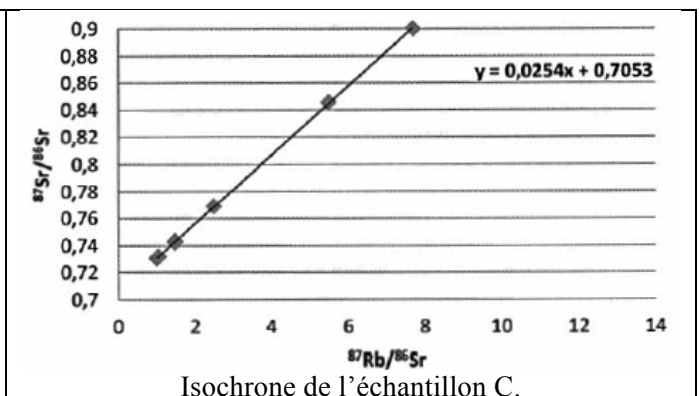
**Document 2 : droites isochrones correspondant aux 3 échantillons.**



Isochrone de l'échantillon A.



Isochrone de l'échantillon B.



Isochrone de l'échantillon C.

D'après [http://ansatte.uit.no/webgeology/webgeology\\_files/english/rbsr.html](http://ansatte.uit.no/webgeology/webgeology_files/english/rbsr.html)  
et « Comprendre et enseigner la planète Terre » OPHRYS Edition

Correction.

### Exercice 1.

Utilisez les documents 1 et 2 pour énoncer sous la forme d'une réponse construite les conditions de formation des roches M1, G1, G2 et des migmatites, puis expliquer pourquoi M1 et G1 sont de nature différente. Joindre le document 2 en y figurant la zone correspondant à la formation des roches considérées.

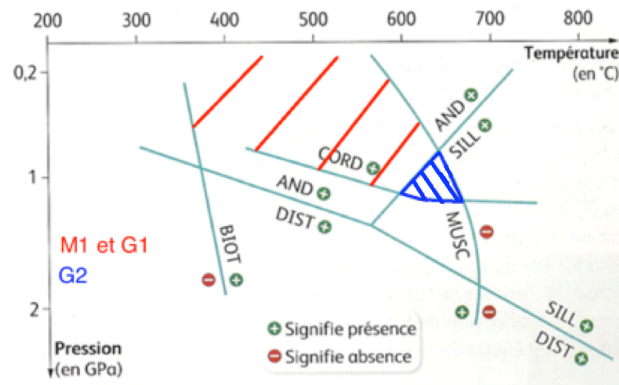
Saisie des données :

Roche M1 : Qz + Msc + Bt + Cd

Roche G1 : Qz + Fd + Msc + Bt + Cd (mêmes mnx du métamorphisme que M1).

Roche G2 : Qz + Fd + Msc + Bt + Cd + Sill

Interprétation : placement dans grille PT.



Conclusions : M1 et G1 : mêmes minéraux du métamorphisme exploitables, mêmes associations minérales, même placement dans la grille PT (faible P < 1GPa, T entre 350 et 650°C)

G2 : mêmes minéraux, mais présence de sillimanite en plus = zone plus restreinte (environ 1 GPa, 650°C environ) = métamorphisme plus fort.

Différences de nature entre M1 (micaschiste) et G1 (gneiss) s'explique par l'origine sédimentaire des roches avant métamorphisme (finement détritique ou non).

Les migmatiques sont des roches constituées d'un mélange de partie fondue (« granitique ») et non fondue « gneissique ». On est à la limite du métamorphisme et de l'anatexis. On peut considérer que le gradient de métamorphisme continue de croître (pbt lié à T°C puisque P reste assez faible) d'où un début de fusion partielle. Ces roches devaient avoir subi une T°C plus élevée. Au final, le métamorphisme est de plus en plus important du SE vers le NO.

<b>Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique</b>	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant tous les éléments scientifiques issus des documents.	3
	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant de manière incomplète les éléments scientifiques issus des documents	2
<b>Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique</b>	<b>Ou</b> Tous les éléments scientifiques issus des documents sont présents et reliés le plus souvent entre eux mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle.	
	Même s'ils sont reliés entre eux, seuls quelques éléments scientifiques issus des documents sont cités.	1
<b>Aucune démarche ou démarche incohérente</b>	Aucun lien et peu d'éléments scientifiques prélevés.	0

### Exercice 2.

Granite A (à déterminer) :

Coeff. Directeur :  $(0,8 - 0,74) / (12 - 4) = 0,0075$  (théorie : 0,0078) soit un âge de 550 Ma environ. 1 point.

Granite B : coeff directeur de 0,0047 soit un peu moins de 350 Ma.

Granite C : coeff directeur de 0,0254 soit environ 1760 Ma. 1 point

Or on sait que les trois échantillons de granites proviennent de Norvège, de Bretagne et de Basse Normandie. Comme le plus ancien est le granite norvégien (C), il a 1760 Ma. L'échantillon breton (B) a environ 350 Ma, et celui de Basse Normandie 550 Ma (A). 1 point.

QCM (cours). 2 points.

1) Cocher la case correspondant à la proposition correcte parmi les quatre proposées (1 point)

La croûte continentale est :

- Proposition A : en équilibre isostatique sur l'asthénosphère
- Proposition B : en équilibre isostatique sur la lithosphère
- Proposition C : plus épaisse et moins dense que la croûte océanique
- Proposition D : moins épaisse et plus dense que la croûte océanique

2) Cocher la case correspondant à la proposition correcte parmi les quatre proposées (1 point)

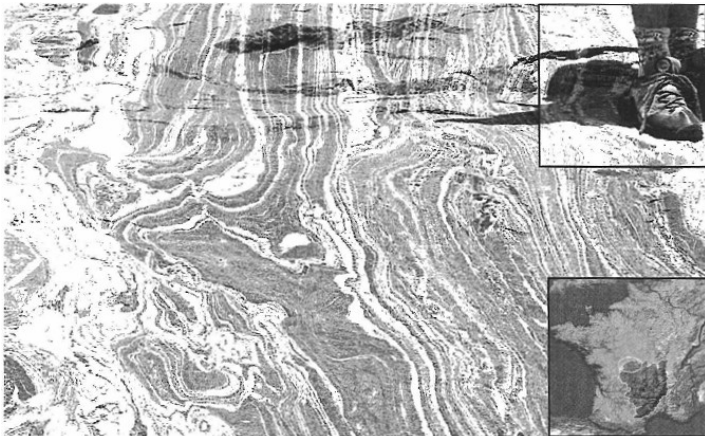
- Proposition A : une roche métamorphique peut se former par fusion partielle.
- Proposition B : une roche métamorphique peut se former suite à une modification de pression et de température.
- Proposition C : l'augmentation des conditions de pression et température modifie la composition chimique d'une roche sans changer sa composition minéralogique lors du métamorphisme.
- Proposition D : l'augmentation des conditions de pression et température provoque toujours la fusion partielle des roches de la croûte continentale.

PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (50 % de la note).

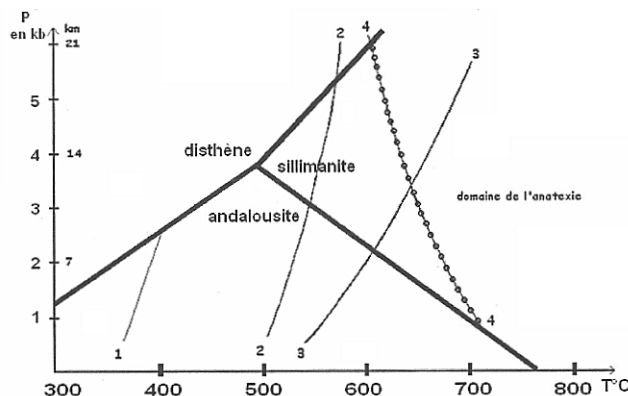
Pour retracer l'évolution d'une chaîne de montagnes, le géologue dispose de nombreuses techniques parmi lesquelles figure la détermination des conditions de formation des roches qui la constituent.

Cette détermination a été faite avec des roches échantillonnées dans la région de la Marche au nord-ouest du Massif Central. Ces roches, qui sont des migmatites, montrent l'aspect observable sur le document 1. Elles présentent une association minéralogique composée de quartz, de biotite, de muscovite, de cordiérite et d'un peu de sillimanite.

Utilisez les documents 1 et 2 pour énoncer sous la forme d'une réponse construite les conditions de formation de ces roches de la région de la Marche. Joindre le document 2 en y figurant la zone correspondant à la formation des roches considérées.



**Document 1** : Photographie d'une roche à l'affleurement (échelle dans le cartouche du haut), de structure comparable à celle échantillonnée dans la région de la Marche (localisation dans le cartouche du bas).



**courbe 1** : réaction chlorite + muscovite + quartz + eau (à gauche) = biotite + muscovite + quartz + eau (à droite)  
**courbe 2** : réaction muscovite + chlorite + quartz (à gauche) = biotite + cordiérite + andalousite ou sillimanite ou disthène + eau (à droite)  
**courbe 3** : réaction muscovite + quartz (à gauche) = Feldspath potassique + andalousite + eau (à droite)  
**courbe 4** : courbe de fusion d'un granite hydraté (courbe du solidus)

**Doc2** : diagramme Pression et Température des domaines de stabilité de minéraux repères (silicates d'alumine : disthène, andalousite et sillimanite) et différentes réactions métamorphiques en fonction des conditions PT.



**PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (40 % de la note).**

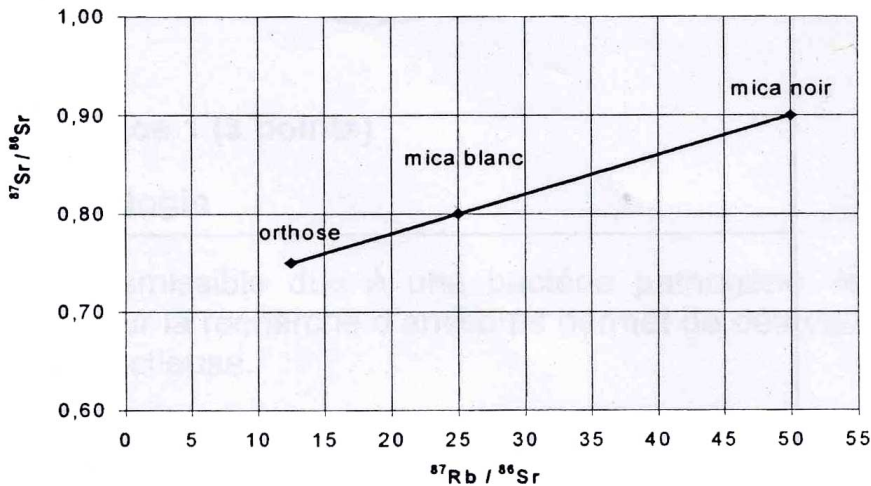
Certains minéraux du granite ont incorporé lors de leur formation, du rubidium  $^{87}\text{Rb}$  ainsi que du strontium  $^{87}\text{Sr}$  et  $^{86}\text{Sr}$ . Au cours du temps, la quantité de strontium ( $^{87}\text{Sr}$ ) augmente. Elle provient de la désintégration du rubidium  $^{87}\text{Rb}$  radioactif. Un spectromètre de masse a mesuré dans les minéraux du granite les nombres d'atomes (N) de  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  et  $^{87}\text{Rb}$ . Les résultats sont exprimés sous la forme du rapport isotopique :

$$\left(\frac{N^{87}\text{Sr}}{N^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{mesuré}} = (e^{\lambda t} - 1) \left(\frac{N^{87}\text{Rb}}{N^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{mesuré}} + \left(\frac{N^{87}\text{Sr}}{N^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{initial}}$$

Avec la constante de désintégration  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11}$

méthode des isochrones :

$$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr} = f(^{87}\text{Rb} / ^{86}\text{Sr})$$



La méthode des isochrones est utilisée pour déterminer l'âge du granite, noté t. On construit une droite à partir des couples ( $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ ;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) de certains minéraux du granite (orthose, mica blanc, mica noir). La droite obtenue d'équation  $y = ax + b$  est nommée isochrone. On en déduit que :

$$t = \frac{\ln(a + 1)}{\lambda}$$

Document de référence. Table de valeurs de la fonction

Coefficient directeur de l'isochrone (a)	Age du granite (t) en millions d'années
0,001	70,4
0,002	141
0,003	211
0,004	281
0,005	351

Coefficient directeur de l'isochrone (a)	Age du granite (t) en millions d'années
0,006	421
0,007	491
0,008	561
0,009	631
0,01	701

On vous demande de déterminer l'âge du granite (la démarche est à justifier).

Correction.

**1) Cocher la case correspondant à la proposition correcte parmi les quatre proposées (1 point)**

La croûte continentale est :  Proposition C : plus épaisse et moins dense que la croûte océanique

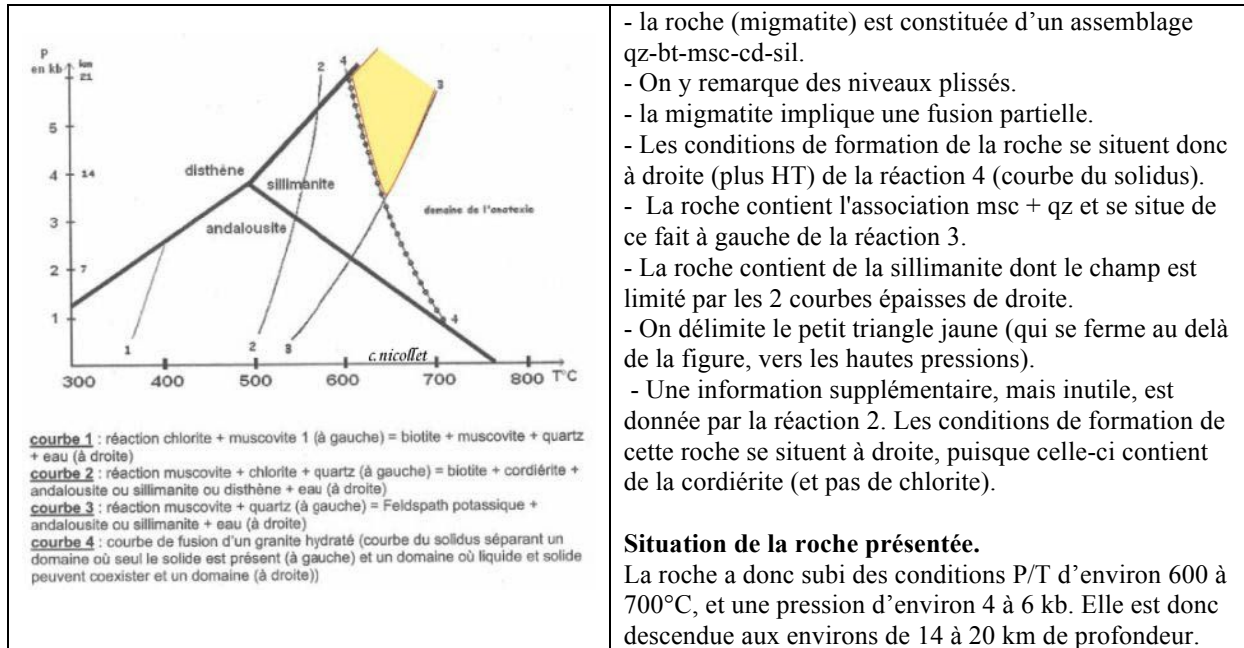
**2) Cocher la case correspondant à la proposition correcte parmi les quatre proposées (1 point)**

Proposition B : Une roche métamorphique peut se former suite à une modification de P et de T.

**PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (3 points).**

Une foliation (un litage) visible sur l'échantillon macroscopique, et présence de nombreux plis dans ce litage (déformation ductile) : la roche a subi un métamorphisme, et s'est notamment déformée sans casser.

Elle présente une association minéralogique composée de quartz, de biotite, de muscovite, de cordiérite et d'un peu de sillimanite. On peut donc la placer dans le diagramme PT



<b>Démarche cohérente qui permet de répondre à la problématique</b>	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant tous les éléments scientifiques issus des documents.	3
	Le raisonnement est cohérent et répond à la problématique en intégrant et associant de manière incomplète les éléments scientifiques issus des documents	2
<b>Démarche maladroite et réponse partielle à la problématique</b>	<b>Ou</b> Tous les éléments scientifiques issus des documents sont présents et reliés le plus souvent entre eux mais la réponse à la problématique est erronée ou partielle.	
	Même s'ils sont reliés entre eux, seuls quelques éléments scientifiques issus des documents sont cités.	1
<b>Aucune démarche ou démarche incohérente</b>	Aucun lien et peu d'éléments scientifiques prélevés.	0

**PARTIE II - Ex1. Pratique d'un raisonnement scientifique dans le cadre d'un pb donné (3 points).**

1,5	Document 3: Détermination de l'âge du granite grâce à la méthode des isochrones: $a = \frac{\Delta y}{\Delta x}$	a = 4.10 <sup>-3</sup> soit 0,004  t = 281 millions d'années.	1,5
	Avec le couple (0,8; 25) du mica blanc et le couple (0,9; 50) du mica noir: $a = \frac{0,9 - 0,8}{50 - 25} = \frac{1}{250}$ a = 0,004  Les autres couples donnent la même valeur de a		