

## BANQUE D'EPREUVES G2E

**GEOLOGIE**

Durée : 3 heures

**Les calculatrices programmables et alphanumériques sont autorisées.**

L'usage de tout ouvrage de référence et de tout document est strictement interdit.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il en fait mention dans sa copie et poursuit sa composition. Dans ce cas, il indique clairement la raison des initiatives qu'il est amené à prendre.

Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée.

Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des différents schémas.

***Si nécessaire, découper les figures ou schémas requis et les coller dans la copie.***

**1. LE PHENOMENE SEDIMENTAIRE (8 pts / 20)**

On se propose d'analyser quelques traits du phénomène sédimentaire, à l'échelle globale. Le Tableau I donne des valeurs qui peuvent vous être utiles...

masse sédimentaire :	2.10 <sup>24</sup> g
masse de la croûte :	3.10 <sup>25</sup> g
masse de l'hydrosphère :	1,5.10 <sup>24</sup> g
surface des aires continentales occupée par :	- les roches sédimentaires : 75 % - les autres roches : 25 %
volume occupé dans la croûte continentale jusqu'à 20 km de profondeur par	- les roches sédimentaires : 5 % - les autres roches : 95 %
épaisseur moyenne des roches sédimentaires + sédiments pour la Terre entière :	environ 2 km
transfert de matière des continents vers les océans :	- en moyenne depuis 1 Ma : 10.10 <sup>15</sup> g/an - en moyenne depuis 1 siècle : 20.10 <sup>15</sup> g/an
pourcentage de minéraux argileux dans la masse sédimentaire :	environ 50 %
<b>TABLEAU I - DONNÉES SUR LE PHÉNOMÈNE SÉDIMENTAIRE</b>	

**1.1.** Définissez brièvement le phénomène sédimentaire. Qu'appelle-t-on sédiments, roches sédimentaires (RS) ? Indiquez les principales étapes du phénomène sédimentaire.

*Attention : votre réponse ne doit pas dépasser 2 pages.*

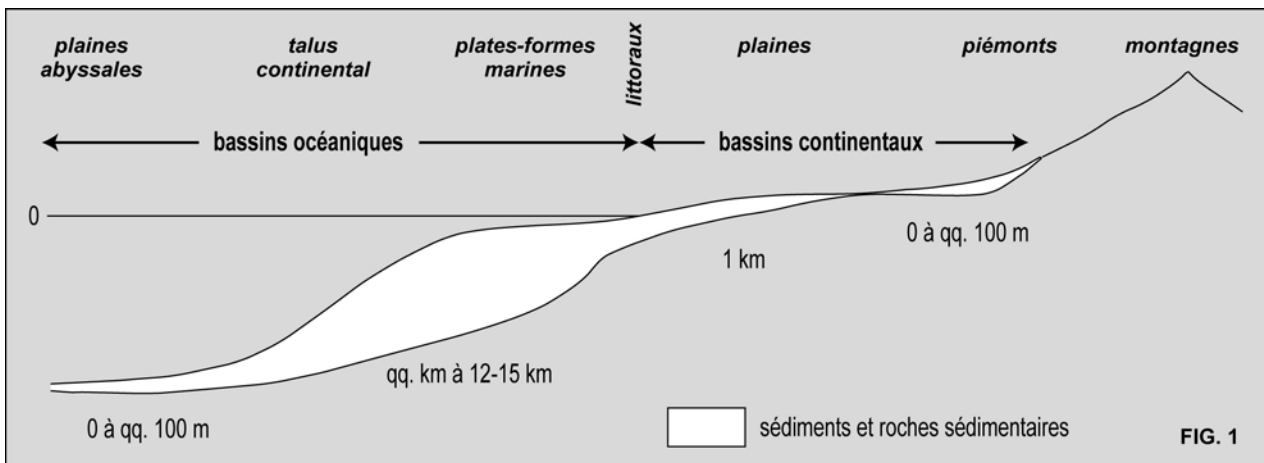
**1.2.** On admettra que la masse sédimentaire est constante au cours du temps. Pourquoi est-il nécessaire que des RS soient détruites au cours du temps ? Par quel(s) processus cela est-il possible ?

**1.3.** On estime que 65 % des RS proviennent de l'érosion de RS, et 35 % de l'érosion d'autres roches. Pouvez-vous expliquer cette prépondérance de la source sédimentaire ?

**1.4.** Environ la moitié de la masse sédimentaire actuelle est âgée de moins de 500 millions d'années (500 Ma). Quelle peut être, dans la masse sédimentaire actuelle, la proportion de RS datant de l'Archéen (c'est-à-dire de 2500 Ma et plus) ? Que pouvez-vous en conclure ?

**1.5.** En vous basant sur la quantité de matière transférée chaque année des continents vers les océans (en moyenne depuis 1 Ma), combien de temps faudrait-il pour accumuler l'équivalent de la moitié de la masse sédimentaire ? Comparez ce résultat avec celui de la question précédente. Comment pourrait-on expliquer une telle différence ?

**1.6.** Aujourd'hui, c'est-à-dire depuis un siècle, la quantité de matière transférée chaque année des continents vers les océans a doublé. Selon vous, pourquoi ?

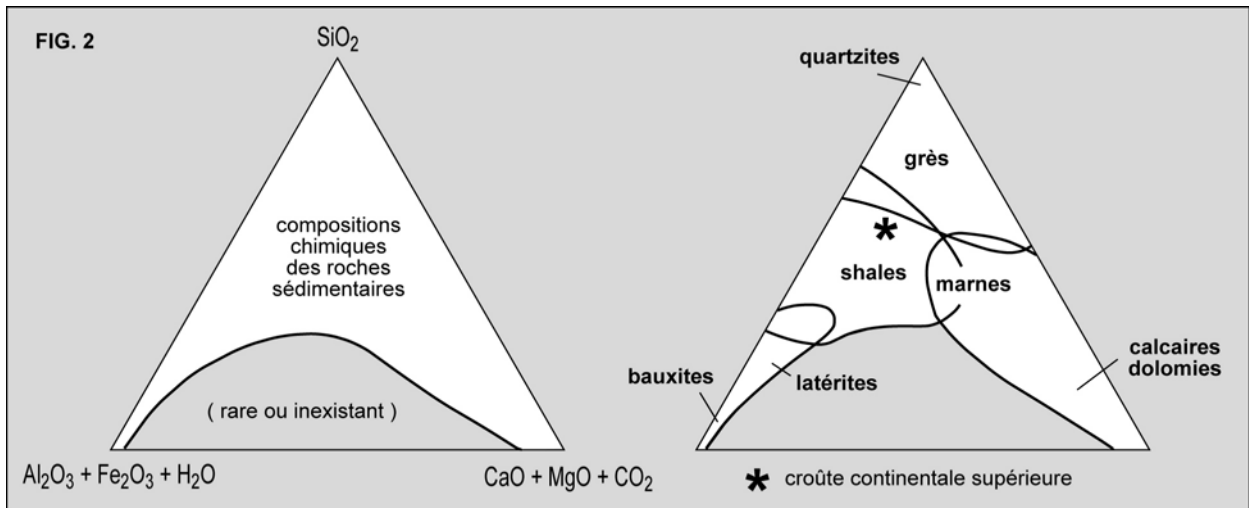


**1.7.** La figure 1 donne un profil topographique schématisé depuis les hautes montagnes jusqu'aux plaines abyssales avec une indication de l'ordre de grandeur de l'épaisseur des sédiments et des RS dans ces différentes parties. Comment peut-on interpréter ces fortes variations d'épaisseur ?

**1.8.** Environ la moitié de la masse sédimentaire est constituée de minéraux argileux. Dans quels types de RS trouve-t-on ces minéraux argileux ? D'où ces minéraux argileux proviennent-ils ?

**1.9.** Le Tableau II indique la composition chimique moyenne (éléments majeurs) des principales RS. Pour comparaison, il indique aussi la composition moyenne de la croûte continentale supérieure (c'est-à-dire la croûte affleurante non sédimentaire) et celle des granites. La figure 2 représente, dans un diagramme triangulaire, une partie de ces compositions chimiques. Le Tableau III donne une estimation des masses relatives des quatre grandes catégories de RS, obtenue de manière indépendante. Calculez, à partir du Tableau II, les proportions de chaque type de RS que l'on devrait observer, puis comparez ces proportions aux estimations données par le Tableau III. Ensuite, calculez une composition moyenne de la croûte supérieure à partir des données du Tableau III et des compositions des RS données dans le Tableau II. Comparez cette composition moyenne avec la composition estimée de la croûte supérieure (cf. Tableau II). Discutez.

**1.10.** Quelles conclusions pouvez-vous tirer du fait que la composition des RS les plus abondantes s'écarte peu de celle de la croûte supérieure, et que celle de certaines RS, relativement peu fréquentes, s'en écarte considérablement ?



	granites	croûte continentale supérieure	grès	shales (argiles)	calcaires + dolomies	évaporites
$SiO_2$	67	66	79	62	5	4
$Al_2O_3$	15	15	5	20	1	4
$Fe_2O_3 + FeO$	3,1	4,5	1,5	7	0,5	0,7
$CaO$	3	4	3	1,5	43	37
$MgO$	1,5	2	1	1,5	8	8
$Na_2O$	4,2	4	0,5	1	0,1	17
$K_2O$	3,5	3	3	0,3	0,3	0,4
$CO_2$	-	-	5	1,5	41	23
<b>total</b>	<b>97,3</b>	<b>98,5</b>	<b>98</b>	<b>94,8</b>	<b>98,9</b>	<b>94,1</b>

TABLEAU II - COMPOSITION CHIMIQUE DES ROCHES SÉDIMENTAIRES

grès	33 %
shales	57 %
calcaires	7 %
évaporites	3 %

TABLEAU III -  
MASSES RELATIVES DES  
ROCHES SÉDIMENTAIRES

## 2. ANALYSE DES PENDAGES D'UNE SERIE CARBONATEE (5 pts / 20)

Les observations suivantes ont été faites dans une formation de plate-forme carbonatée (Figure 3). On y reconnaît sans difficulté, d'après les faciès sédimentaires, une zone externe (du côté du large), le récif proprement dit et, enfin, une zone interne (lagon ou lagune, du côté du continent). Malgré son grand âge (environ 400 Ma), on sait que cette série n'a subi aucune déformation tectonique (ni plissement, ni même simple basculement) après son dépôt. Néanmoins, le pendage des strates n'est pas nul, sauf dans le récif lui-même.

Lors de la fossilisation, les coquilles de type "fermé" (gastropodes, ou encore bivalves dont les deux valves sont restées en connexion) sont généralement vides (c'est-à-dire sans sédiment à l'intérieur) ; ces vides peuvent être agrandis par dissolution des coquilles (formation de moules externes). Dans les calcaires récifaux, des vides de plus grande taille (décimétrique à métrique) peuvent se former par dissolution (par l'eau de pluie : karstification) si le récif émerge partiellement, lors d'une baisse du niveau marin.

Tous ces vides peuvent être, en partie ou en totalité, remplis par de la micrite et/ou de la calcite à grands cristaux limpides (sparite, formant un ciment). La micrite correspond à de la vase carbonatée qui s'est infiltrée dans le vide ("sédiment interne"). On appelle **figures géopétales** les vides partiellement remplis de micrite : les figures géopétales sont donc mixtes, micritiques à la base, sparitiques au sommet.

**2.1.** Expliquez la dualité du remplissage des vides et la signification de la limite micrite-sparite.

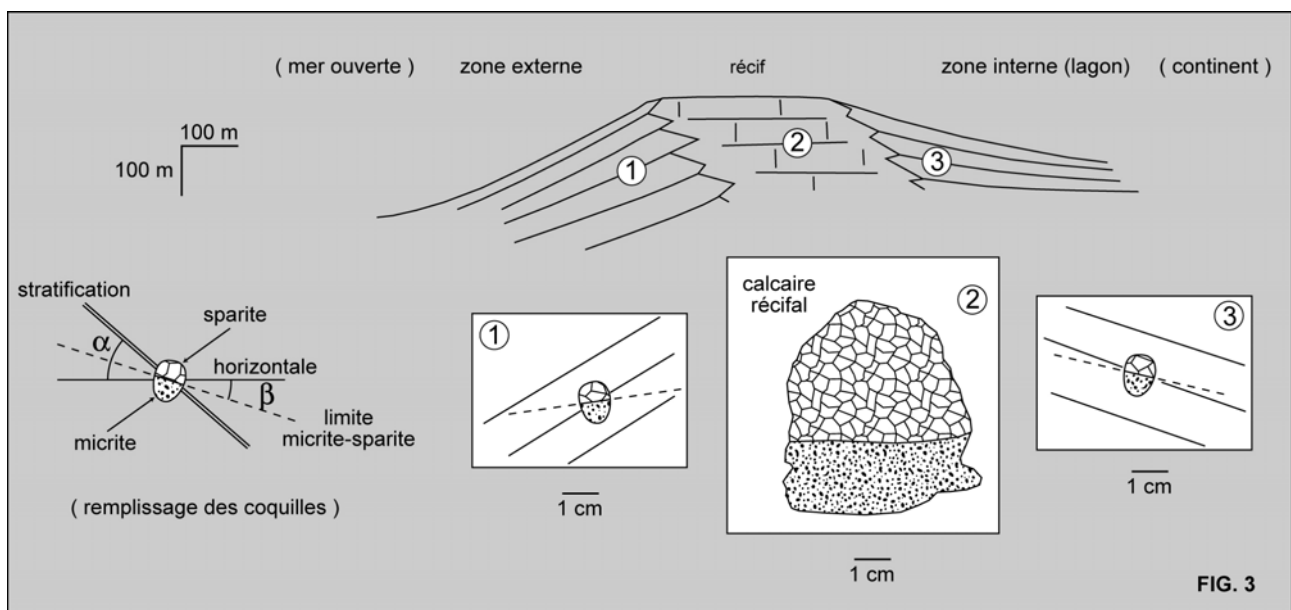
Dans chacune des trois zones de la plate-forme, on a déterminé statistiquement les paramètres suivants :

$\alpha$	=	pendage (inclinaison des couches So)
$\beta$	=	inclinaison de la limite micrite-sparite

On trouve :

zone externe :  $\alpha = 41^\circ$ ,  $\beta = 07^\circ$  zone récifale :  $\alpha = 00^\circ$ ,  $\beta = 00^\circ$  zone interne :  $\alpha = 28^\circ$ ,  $\beta = 25^\circ$

**2.2.** Essayez d'expliquer les valeurs des pendages observées dans chacune des trois zones.



### 3. ANALYSE DES JOINTS STYLOLITHIQUES (5 pts / 20)

Les joints stylolithiques (JS) sont des discontinuités très irrégulières, hérissées de pointes (pics stylolithiques) et matérialisées par une accumulation de minéraux argileux, d'oxyhydroxydes de fer etc., au sein du joint. Ils ne sont bien développés que dans les calcaires.

On distingue deux types (Figure 4) :

- les joints tectoniques JSt, obliques sur la stratification ;
- les joints stratiformes JSs, parallèles à la stratification.

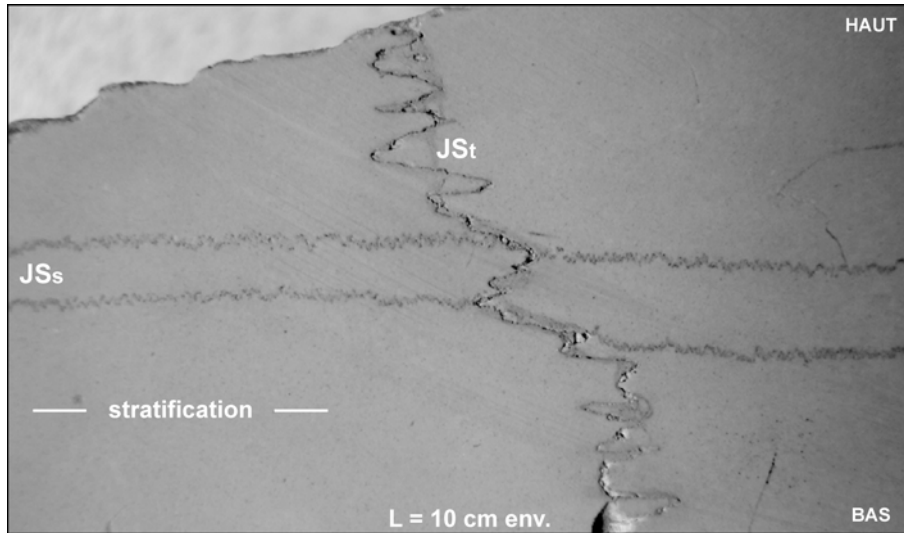


FIG. 4 JSs : joint stylolithique parallèle à la stratification Ss  
JSt : joint stylolithique tectonique (oblique sur Ss)

Les joints JSt sont uniquement associés aux domaines déformés tectoniquement. Pour leur part, les joints JSs s'observent également dans des massifs rocheux non déformés, restés plans et horizontaux ; ils se développent préférentiellement sur les joints (= surfaces) de stratification de la roche. Les joints JSs sont horizontaux et les pics stylolithiques sont verticaux quand les couches sont restées horizontales.

On se propose d'étudier l'origine et l'importance des joints JSs.

**3.1.** Etude d'un joint stylolithique affectant un calcaire oolithique de l'Oxfordien supérieur de l'Est de la France (Figure 5). L'épaisseur moyenne de ce joint peut être estimée à 20 micromètres.

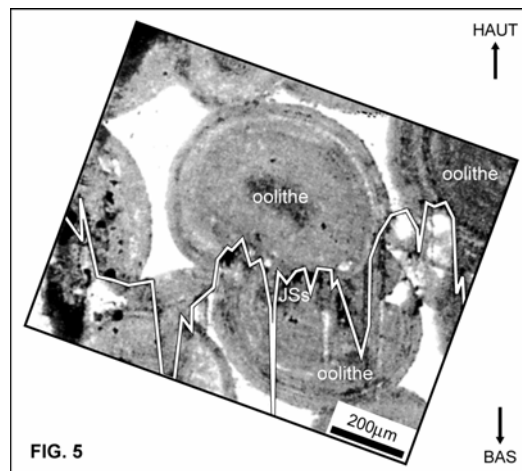


FIG. 5

Un dessin schématique agrandi de la figure 5 se trouve en page 7 (Figure 6) ; vous devrez le découper, le modifier comme il convient, et le coller dans votre copie.

A partir de la figure 6, reconstituez l'état initial de la roche, avant stylolithisation. Commentez et quantifiez votre réponse. Quel est le seul processus qui peut raisonnablement expliquer la formation des joints stylolithiques ? Pourquoi ces joints sont-ils fréquents dans les calcaires, très rares dans les autres roches ?

**3.2.** Le Tableau IV donne la composition chimique d'un calcaire oolithique comparable à celui de la question 3.1. et celle du matériau soulignant le joint stylolithique, cette dernière étant beaucoup plus variable. Que peut-on déduire, qualitativement et quantitativement, de ces analyses ? Comparez avec les réponses à la question 3.1.

	<i>calcaire oolithique</i>	<i>joint stylolithique JSs</i>
<i>SiO<sub>2</sub></i>	0,85	26-44
<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	0,33	7-15
<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO</i>	0,12	3,8-5,5
<i>CaO</i>	50,5	4-17
<i>MgO</i>	0,66	3,1-9,2
<i>Na<sub>2</sub>O</i>	0,03	0,07-0,15
<i>K<sub>2</sub>O</i>	0,06	1,8-3,8

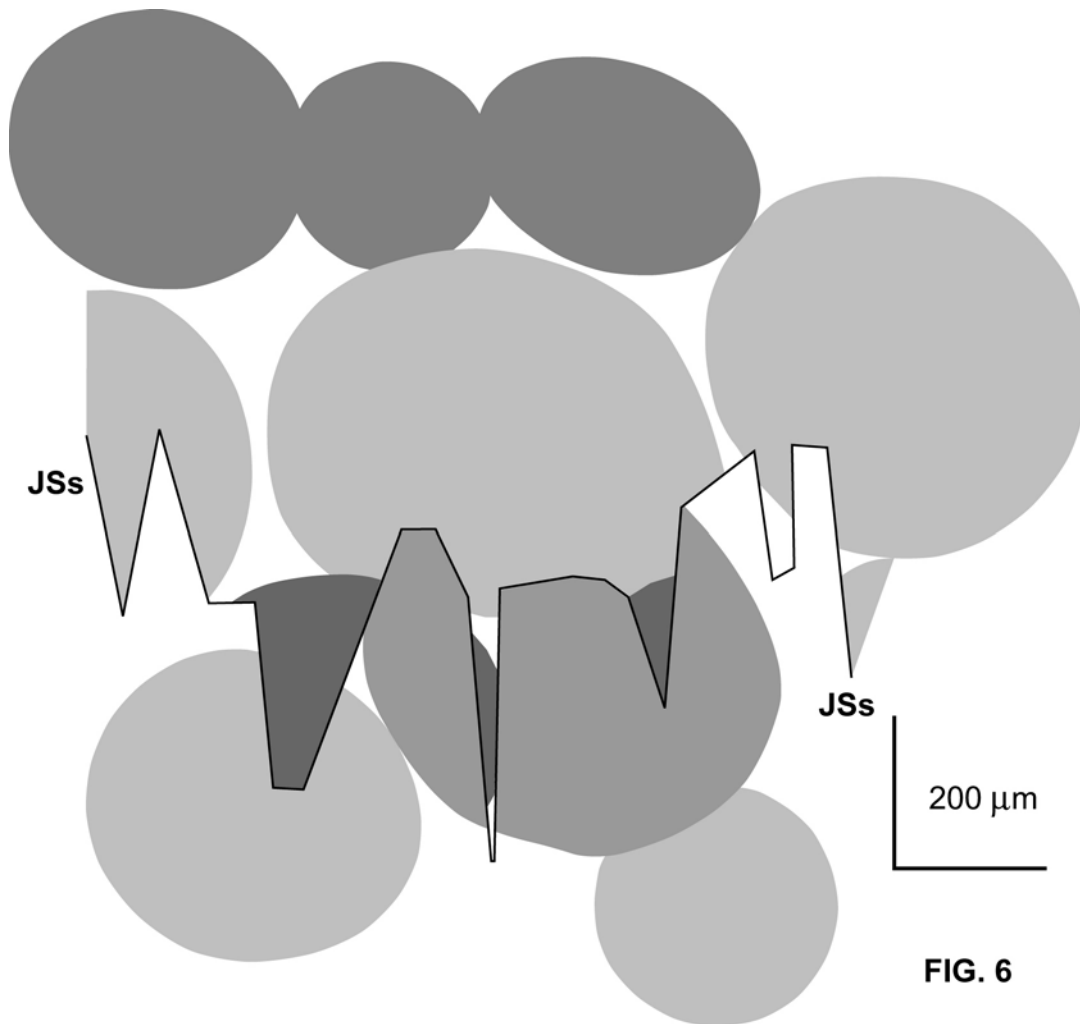
**TABLEAU IV - COMPOSITION CHIMIQUE  
D'UN CALCAIRE OOLITHIQUE ET  
DE SES JOINTS STYLOLITHIQUES JSs**

**3.3.** Dans une succession épaisse de 90 m de couches de calcaires oolithiques, on a pu estimer que le nombre de joints stylolithiques JSs est en moyenne de 15 à 20 par mètre. L'épaisseur cumulée des joints est plus constante : 5 à 6 mm par mètre. Sur la base des résultats précédents, déterminez l'épaisseur de cette succession avant stylolithisation. Que pouvez-vous en conclure ?

#### **4. CONCLUSION (2 pts / 20)**

Les trois parties du sujet de cette année sont en principe indépendantes, néanmoins des relations peuvent être mises en évidence entre elles. En conclusion, essayez de répondre aux deux questions suivantes :

- que peut-on déduire de la comparaison entre la composition chimique des joints stylolithiques (partie 3) et celle de certaines des roches sédimentaires discutées dans la partie 1 ?
- quel est le phénomène commun à l'évolution des pendages d'une série carbonatée récifale étudiée dans la partie 2 et à la stylolithisation étudiée dans la partie 3 ?



**FIG. 6**

Document relatif à la question 3.1.

**A découper et à coller dans votre copie...**