

**- Ce document réponses comporte :**

- ✓ 4 parties : Partie A, Partie B, Partie C et Partie D.
- ✓ 30 questions (Q1 à Q30).
- ✓ 18 pages.

**- Instructions aux candidats :**

- ✓ Vérifiez que toutes les pages sont présentes et lisibles.
- ✓ Répondez aux questions dans l'espace prévu à cet effet.
- ✓ L'usage des calculatrices est autorisé.
- ✓ Aucun autre document n'est autorisé.
- ✓ Vous disposez de deux pages supplémentaires en fin de copie pour expliciter vos réponses, si nécessaire. Veillez à indiquer clairement les références aux questions correspondantes.

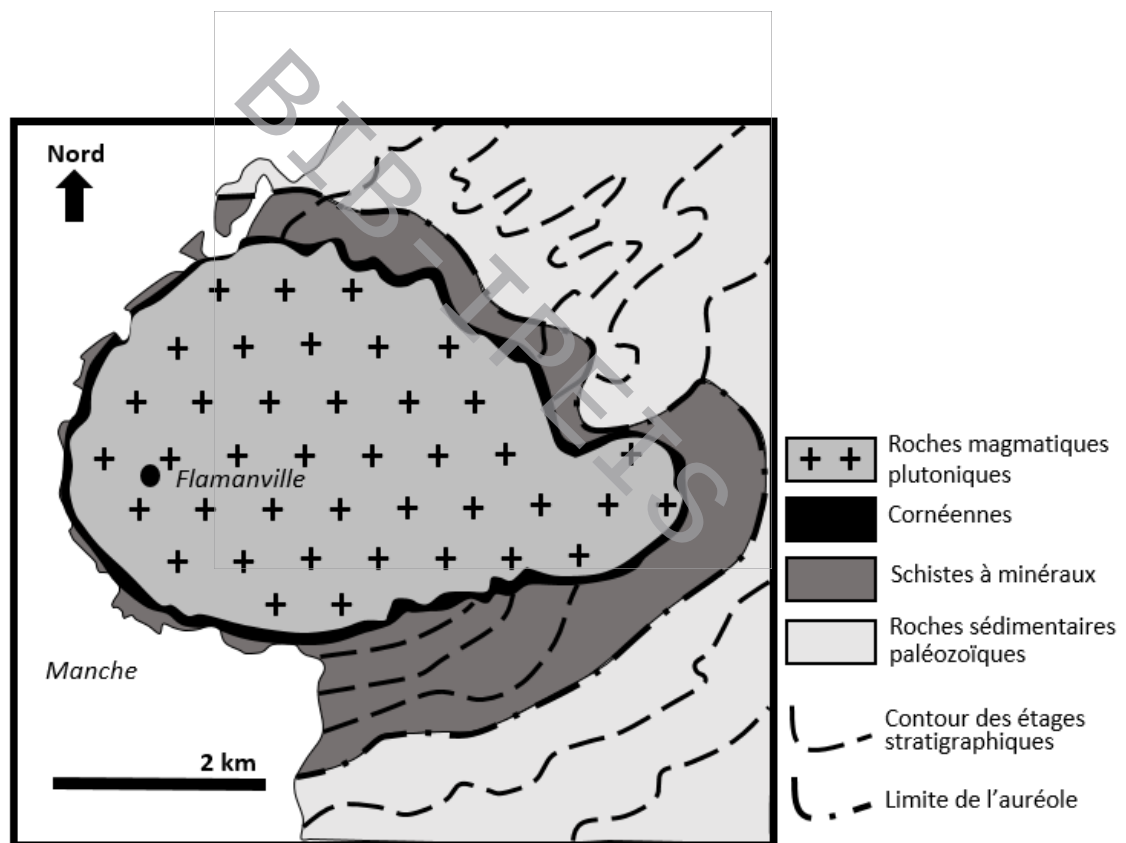
**Bon courage à toutes et à tous !**

## Partie A

Dans la région de Flamanville en France (Figure 1), des roches sédimentaires datant du Paléozoïque, sont affectées de transformations métamorphiques au contact de roches magmatiques plutoniques issues d'un pluton granitique intrusif.

Ces roches sédimentaires transformées forment une auréole métamorphique, s'étendant sur plusieurs centaines de mètres autour du pluton et contenant :

- des schistes tachetés, à nodules de cordiérite (Limite extérieure de l'auréole)
- des schistes noduleux et micacés, à micas et andalousite
- des cornéennes, à cordiérite et andalousite (Limite intérieure de l'auréole)



**Figure 1.** Carte géologique simplifiée de la région de Flamanville.

**Q1. Choisir** et **recopier intégralement** la (les) bonne(s) réponse(s), parmi les trois proposées ci-après.

Une auréole métamorphique :

- a. est une zone de transformations à la périphérie des intrusions magmatiques
- b. est une zone de transformations, caractérisée principalement par des réarrangements minéralogiques
- c. est une zone de transformations minéralogiques et structurales importantes

.....

.....

.....

.....

.....

**Q2.** Préciser en le justifiant, le type de métamorphisme dans la région de Flamanville.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q3.** Expliquer en le justifiant, l'évolution de l'intensité du métamorphisme au sein de l'auréole.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q4.** Indiquer la nature des transformations possibles, minéralogiques, chimiques ou structurales, qui ont affecté les roches sédimentaires.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q5.** Citer deux principaux facteurs contrôlant la nature et l'intensité de ces transformations métamorphiques.

.....

.....

.....

.....

.....

Les trajets Pression Température en fonction du temps (**PTt**) (Figure 2) de deux roches sédimentaires **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** d'une lithosphère continentale, peuvent témoigner de sa transformation en profondeur suite à un enfouissement.

**Q6.** Que représentent les points marquants, **a** et **b**, des trajets **PTt** des roches sédimentaires **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** ?

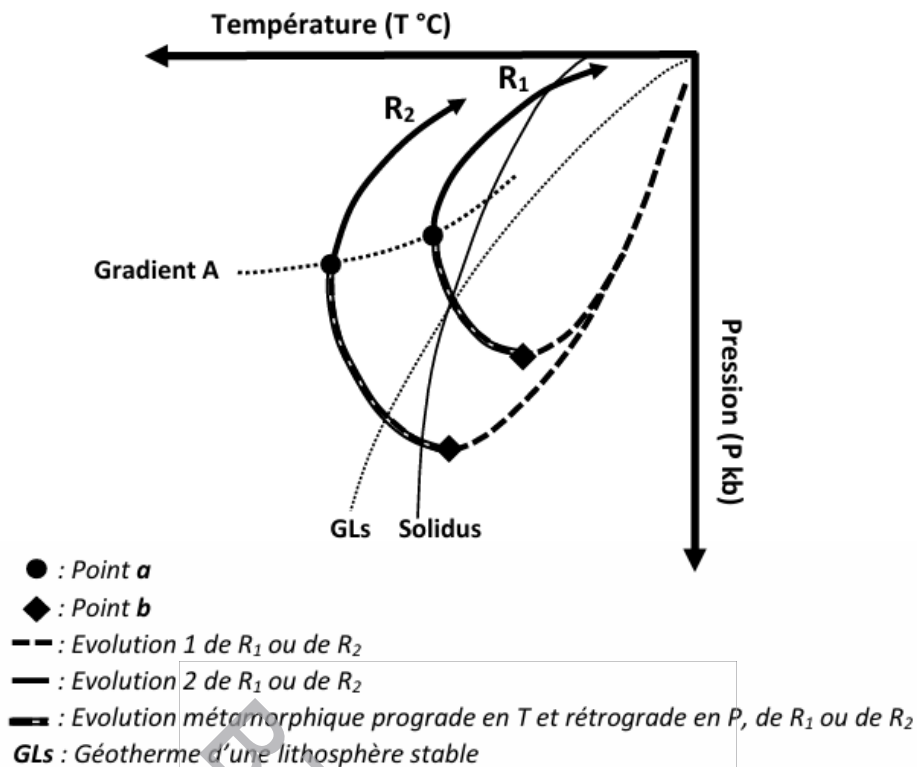
.....

.....

.....

.....

.....



**Figure 2.** Trajets Pression Température en fonction du temps (PTt) de deux roches sédimentaires **R**<sub>1</sub> et **R**<sub>2</sub>.

**Q7.** Comment définit-on l'évolution 1 et l'évolution 2, des roches **R**<sub>1</sub> et **R**<sub>2</sub> au cours de leurs trajets **PTt**.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q8.** Quel(s) type(s) de transformations les roches **R**<sub>1</sub> et **R**<sub>2</sub> peuvent-elles subir lors de l'évolution 1 ?

.....

.....

.....

.....

.....

**Q9.** Quel(s) type(s) de transformations les roches **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** peuvent-elles subir lors de l'évolution 2 ?

.....

.....

.....

.....

.....

**Q10.** Préciser la nature du gradient métamorphique A (Gradient A).

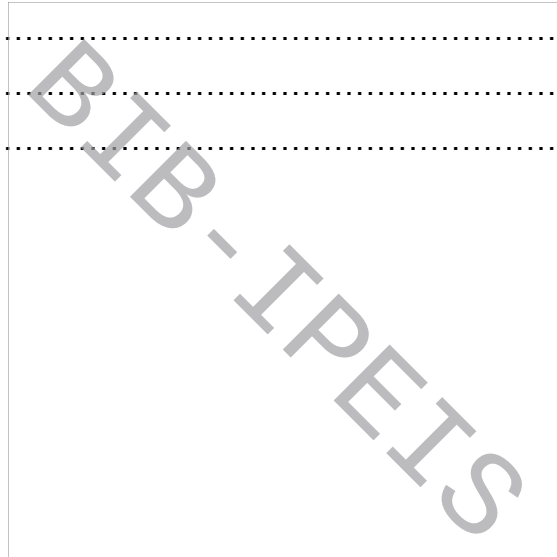
.....

.....

.....

.....

.....



## Partie B

Pour chacune de ces questions (Q11-Q18), **Choisir** et **recopier intégralement** la bonne réponse, parmi les trois proposées ci-après.

**Q11.** Les Maghrébides :

- a. constituent un jeune relief allongé sur plus de 2000 km, au Sud du vieux continent africain
- b. constituent une chaîne de l'atlas Nord-africain, caractérisée par le chevauchement de la marge africaine sur la marge européenne
- c. constituent un jeune relief structuré au cours du Méso-Cénozoïque et formant la majeure partie du Maghreb

.....

.....

.....

.....

.....

**Q12.** Le domaine alpin allochtone :

- a. est couvert par les reliefs des chaînes de Kroumirie, vers l'Est, et de la chaîne des Mogods, vers l'Ouest
- b. est constitué, en présence d'un régime compressif, par la superposition d'une unité numidienne et de quatre unités telliennes
- c. s'étend du SO vers le NE, couvrant la totalité de l'extrême Sud tunisien

.....

.....

.....

.....

.....

**Q13. Les diapirs :**

- a. sont des affleurements de matériels triasiques discontinus issus du diapirisme
- b. sont des structures de masses triasiques horizontales dans des séries plus récentes
- c. sont des structures de masses plastiques et peu denses perçant la couverture de haut en bas

.....

.....

.....

.....

.....

**Q14. Les grabens :**

- a. sont des fossés d'effondrement dans le domaine de l'Atlas central, comblés par des dépôts néogènes à quaternaires
- b. sont des structures effondrées dans le domaine de l'Atlas méridional, dont l'orientation majeure est E-O
- c. sont des structures dans le domaine de l'Atlas septentrional, présentant une anomalie positive sur une carte gravimétrique

.....

.....

.....

.....

.....

**Q15. La chaîne Nord des Chotts :**

- a. est un ensemble de cuestas de direction globale NE-SO, appartenant au domaine de l'Atlas septentrional
- b. est un ensemble de chaînons de direction globale E-O, appartenant au domaine de l'Atlas méridional
- c. est un ensemble de plis de direction globale SE-NO, appartenant au domaine de l'Atlas central

.....

.....

.....

.....

.....



**Q16.** L'axe Nord-Sud :

- a. est un ensemble de chaînons de direction N-S séparant le domaine des plis atlasiques et la plateforme orientale
- b. est un ensemble de chaînons de direction atlasique, entrecoupés de failles de direction N-S
- c. est un ensemble de plis de direction N-S, appartenant au domaine de l'Atlas méridional

.....

.....

.....

.....

.....

**Q17.** La plateforme orientale :

- a. est un domaine structural caractérisé par des collines de faible altitude et de sebkhas endoréiques subsidents
- b. est un domaine structural caractérisé par des plis, des fossés d'effondrement et des failles majeures
- c. est un domaine structural caractérisé par de nombreux affleurements de matériels triasiques allongés selon la direction atlasique

.....

.....

.....

.....

.....

**Q18.** Le plateau de Dahar :

- a. est formé à l'affleurement par des terrains mésozoïques, appartenant au domaine de la plateforme orientale
- b. correspond à l'essentiel du domaine de la plateforme saharienne
- c. est limité par des dunes sableuses, vers l'Est, et par la plaine de la Jeffara, vers l'Ouest

.....

.....

.....

.....

.....

**Q19. Choisir et recopier intégralement** la (les) bonne(s) réponse(s).

Le charbon :

- a. est une roche sédimentaire combustible, issue de la fossilisation de débris végétaux lors de l'enfouissement
- b. est une roche sédimentaire chimique, formée par précipitation dans les bassins sédimentaires à l'intérieur des continents
- c. est une roche sédimentaire biogénique, issue de la transformation de débris végétaux et animaux dans des milieux réducteurs.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q20. Compléter les étapes (1 à 3)** de la carbonification de la matière organique, se traduisant par un enrichissement en carbone et un appauvrissement en produits volatils ( $H_2O$ ,  $CH_4$ , etc.), pendant l'enfouissement et la diagenèse.

|                                                                                                      | Etape         | Taux de carbone (%) | Pouvoir calorifique (kcal/kg) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------|
| Enfouissement<br> | 1) .....      | $50 < C < 55$       | Faible                        |
|                                                                                                      | 2) .....      | $55 < C < 75$       | 4000                          |
|                                                                                                      | 3) .....      | $75 < C < 92$       | 7000                          |
|                                                                                                      | 4) Anthracite | $C > 92$            | > 8000                        |

**Q21.** En quoi les conditions de formation du charbon et du pétrole présentent-elles des similitudes ?

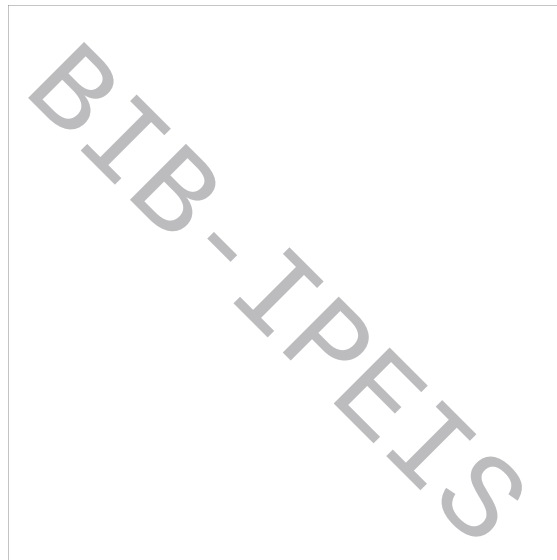
.....

.....

.....

.....

.....



## Partie C

La mobilité horizontale des plaques lithosphériques a été mise en évidence grâce à plusieurs méthodes géophysiques.

**Q22.** Identifier les limites de plaques lithosphériques représentées dans la figure 3.

.....

.....

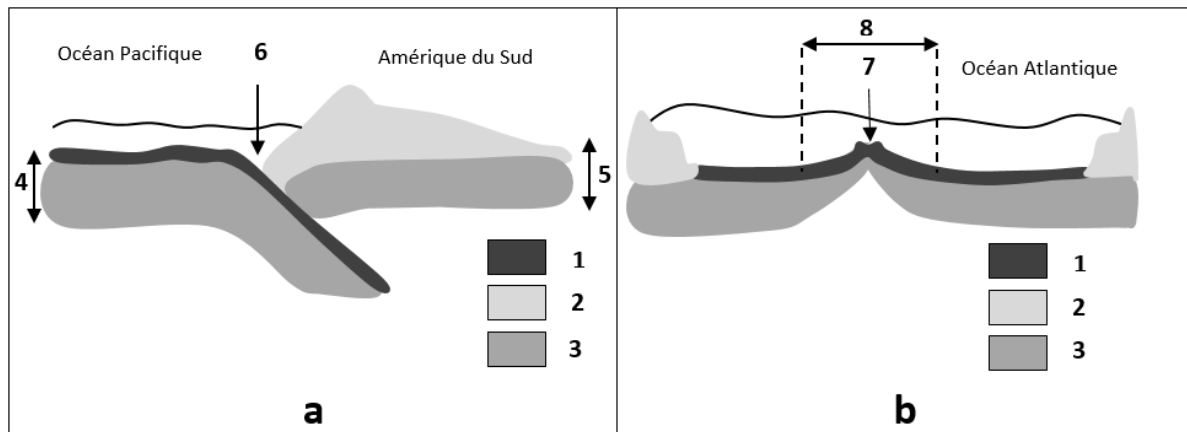
.....

.....

.....

**Q23.** Attribuer les termes adéquats aux chiffres **1** à **8** de la figure 3.

|          |       |
|----------|-------|
| <b>1</b> | ..... |
| <b>2</b> | ..... |
| <b>3</b> | ..... |
| <b>4</b> | ..... |
| <b>5</b> | ..... |
| <b>6</b> | ..... |
| <b>7</b> | ..... |
| <b>8</b> | ..... |



**Figure 3.** Schémas de deux limites de plaques lithosphériques.

**Q24.** Préciser en le justifiant, la nature de l'anomalie de vitesse d'ondes, révélée par la méthode de tomographie sismique en termes de variations de température locale, au niveau de ces deux limites de plaques.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q25.** Quels sont alors les phénomènes mis en évidence par cette méthode géophysique dans les deux cas ?

.....

.....

.....

.....

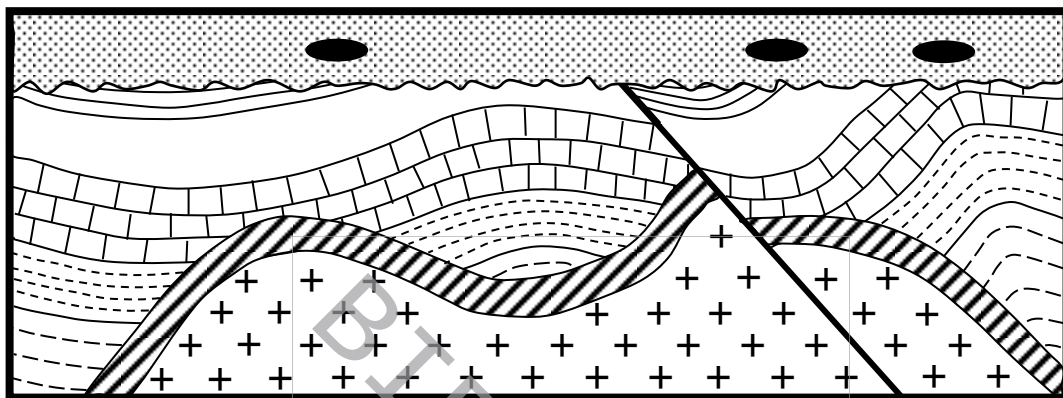
.....

**Q26.** La méthode de tomographie sismique permet la cartographie des hétérogénéités du manteau terrestre qui met en évidence les déplacements des plaques lithosphériques et la présence d'une convection mantellique. Expliquer.

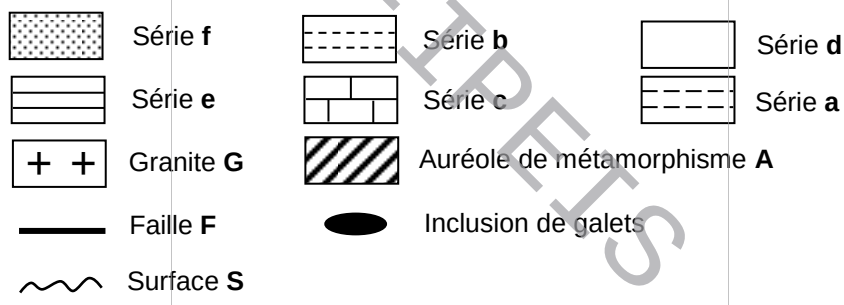
Blank lined paper with a faint diagonal watermark reading "BRITPEIS".

## Partie D

Soit la coupe géologique schématique ci-dessous (Figure 4), présentant six séries sédimentaires (**a**, **b**, **c**, **d**, **e** et **f**), des inclusions de galets, un massif granitique **G**, une auréole de métamorphisme **A** et une faille **F**.



NB. L'organisation de la légende ne suit aucun ordre précis.



**Figure 4.** Coupe géologique schématique.

**Q27.** Reconstituer la chronologie des événements géologiques qui ont conduit à la coupe géologique de la figure 4.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Q28.** Quels principes de la datation relative permettent d'établir la chronologie de ces événements géologiques ?

.....

.....

.....

.....

.....

**Q29.** Préciser en le justifiant, la nature de la faille **F**.

.....

.....

.....

.....

.....

**Q30.** Comment appelle-t-on la surface **S** ?

.....

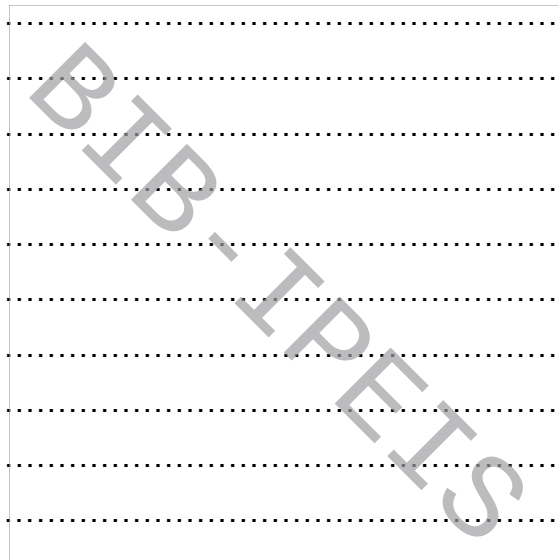
.....

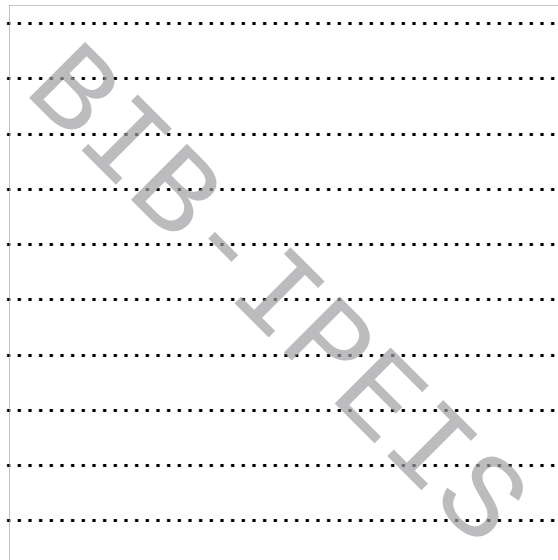
.....

.....

.....







## CORRIGE DU SUJET

### Partie A

**Q1.** Une auréole métamorphique :

- a. est une zone de transformations à la périphérie des intrusions magmatiques
- b. est une zone de transformations, caractérisée principalement par des réarrangements minéralogiques

**Q2.** Le type de métamorphisme : Le métamorphisme de contact.

Justification : Ce type de métamorphisme est dû essentiellement à l'effet de la haute température. Il est lié à l'apparition d'un pluton magmatique chaud.

**Q3.** Au sein de l'auréole, l'intensité du métamorphisme est décroissante en s'éloignant du pluton du fait de la décroissance progressive de la température.

**Q4.** La nature des transformations possibles, qui ont affecté les roches sédimentaires :

- Transformations minéralogiques importantes,
- Transformations chimiques possibles,
- Transformations structurales limitées.

**Q5.** Deux principaux facteurs contrôlant la nature et l'intensité de ces transformations métamorphiques :

- la nature du pluton,
- la distance par rapport au magma,
- la nature des roches originelles.

**Q6.** Les points marquants, **a** et **b**, des trajets **PTt** des roches sédimentaires **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** représentent :

Le point **a** : le pic en température ou de température maximale **TM**

Le point **b** : le pic en pression ou de pression maximale **PM**

**Q7.** L'évolution 1 et l'évolution 2, des roches **R<sub>1</sub>** et **R<sub>2</sub>** au cours de leurs trajets **PTt** :

- L'évolution 1 : évolution métamorphique prograde, définie lorsque les roches enregistrent des conditions métamorphiques croissantes en température T et en pression P.
- L'évolution 2 : évolution métamorphique rétrograde, définie lorsque les roches enregistrent des conditions métamorphiques décroissantes en température T et en pression P.

**Q8.** Les types de transformations lors de l'évolution 1 :

Des transformations structurales et minéralogiques.

**Q9.** Les types de transformations lors de l'évolution 2 :

Des transformations minéralogiques.

**Q10.** La nature du gradient métamorphique A (Gradient A).

Le Gradient A est un gradient métamorphique de haute température HT, matérialisé par les associations minéralogiques de plus hautes T (La courbe correspondante passe par les points de température maximale TM).

## Partie B

Pour chacune de ces questions (**Q11-Q18**), la bonne réponse, parmi les trois proposées, est :

**Q11.** Les Maghrébides :

- c. constituent un jeune relief structuré au cours du Mésocénozoïque et formant la majeure partie du Maghreb

**Q12.** Le domaine alpin allochtone :

- b. est constitué, en présence d'un régime compressif, par la superposition d'une unité numidienne et de quatre unités telliennes

**Q13.** Les diapirs :

- a. sont des affleurements de matériels triasiques discontinus issus du diapirisme

**Q14.** Les grabens :

- a. sont des fossés d'effondrement dans le domaine de l'Atlas central, comblés par des dépôts néogènes à quaternaires

**Q15.** La chaîne Nord des Chotts :

- b. est un ensemble de chaînons de direction globale E-O, appartenant au domaine de l'Atlas méridional

**Q16.** L'axe Nord-Sud :

- a. est un ensemble de chaînons de direction N-S séparant le domaine des plis atlasiques et la plateforme orientale

**Q17.** La plateforme orientale :

- a. est un domaine structural caractérisé par des collines de faible altitude et de sebkhas endoréiques subsidents

**Q18.** Le plateau de Dahar :

- b. correspond à l'essentiel du domaine de la plateforme saharienne

**Q19.** Le charbon :

- a. est une roche sédimentaire combustible, issue de la fossilisation de débris végétaux lors de l'enfouissement

**Q20.** Les étapes (1 à 3) de la carbonification de la matière organique, pendant l'enfouissement et la diagenèse.

|                                                                                                                                                                                         | Etape                | Taux de carbone (%) | Pouvoir calorifique (kcal/kg) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|
| <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Enfouissement</div> <div style="margin-left: 10px;">↓</div> </div> | 1) Tourbe            | $50 < C < 55$       | Faible                        |
|                                                                                                                                                                                         | 2) Lignite           | $55 < C < 75$       | 4000                          |
|                                                                                                                                                                                         | 3) Houille ou bitume | $75 < C < 92$       | 7000                          |
|                                                                                                                                                                                         | 4) Anthracite        | $C > 92$            | > 8000                        |



**Q21.** Le charbon et le pétrole sont deux roches sédimentaires combustibles qui se forment dans des environnements sédimentaires où règnent des conditions particulières :

- Accumulation de la matière organique (fort taux de production de la biomasse) ainsi que sa préservation dans des sédiments pauvres en oxygène (milieux anaérobies),
- Transformation de la matière organique en présence de conditions d'enfouissement (augmentation de la température et de la pression).

## Partie C

**Q22.** Les limites de plaques lithosphériques représentées dans la figure 3 :

- 3a : limite de convergence : zone de subduction,
- 3b : limite de divergence : dorsale océanique.

**Q23.** Les termes adéquats aux chiffres 1 à 8 de la figure 3 :

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 | Croûte océanique                 |
| 2 | Croûte continentale              |
| 3 | Manteau supérieur lithosphérique |
| 4 | Lithosphère océanique            |
| 5 | Lithosphère continentale         |
| 6 | Fosse océanique                  |
| 7 | Rift                             |
| 8 | Dorsale océanique                |

**Q24.** La nature de l'anomalie de vitesse d'ondes révélée par la méthode de tomographie sismique :

- Au niveau de la zone de subduction :

*Nature* : L'anomalie est positive,

*Justification* : les ondes sont accélérées en traversant une zone de matériaux plus froide et plus dense que le manteau environnant.

- Au niveau de la dorsale océanique :

*Nature* : L'anomalie est négative,

*Justification* : les ondes sont retardées en traversant une zone de matériaux plus chaude et moins dense que le manteau environnant.

**Q25.** Les phénomènes mis en évidence :

- Au niveau de la zone de subduction : descente de la plaque océanique (subduite).
- Au niveau de la dorsale océanique : ascension du magma.

**Q26.** La méthode de tomographie sismique permet la cartographie des hétérogénéités du manteau terrestre qui met en évidence les déplacements des plaques lithosphériques et la présence d'une convection mantellique :

- Au niveau de la zone de subduction : descente de la plaque océanique subduite (branche descendante de la cellule de convection) → destruction ou digestion de la plaque océanique subduite,
- Au niveau de la dorsale océanique : ascension du magma (branche ascendante de la cellule de convection) → accréation océanique : formation de la croûte océanique.

## Partie D

**Q27.** La chronologie des événements géologiques qui ont conduit à la coupe géologique de la figure 4 :

- Mise en place des séries sédimentaires de la plus ancienne à la plus récente (a → b → c → d → e)

- Plissement des séries sédimentaires
- Mise en place du Granite G (intrusion magmatique) et de l'auréole de métamorphisme A
- Mise en place de la Faille F
- Érosion
- Mise en place de la série f renfermant des inclusions de galets plus âgés, produits de l'érosion de roches préexistantes

**Q28.** Les principes de la datation relative permettant d'établir la chronologie de ces événements géologiques :

- Le principe de superposition
- Le principe de recoupement
- Le principe d'inclusion

**Q29.** La nature de la faille F.

La faille **F** est une faille normale.

*Justification :* le compartiment toit est abaissé par rapport au compartiment mur le long du plan de faille.

**Q30.** La surface **S** est appelée :

Surface de discordance angulaire.