



# EXERCICES

## PARTIE 1 Le système solaire au sein de l'Univers

**1** La galaxie spirale M 100, située dans l'amas de la Vierge, est distante de  $60 \cdot 10^6$  a.l. de la Terre.

Quand a été émise la lumière qui nous parvient aujourd'hui de cette galaxie ?

Que se passait-il à cette époque sur la Terre ?

**2** La galaxie Andromède est située à  $2 \cdot 10^6$  a.l. de la Terre. Calculez, en années, le temps mis par une fusée terrestre se déplaçant à  $40\,000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  pour atteindre cette galaxie.

Qu'en concluez-vous ?

**3** On assimile fréquemment le mouvement des planètes autour du Soleil à celui des électrons autour du noyau atomique. Que pensez-vous de cette comparaison ? Justifiez votre réponse.

**4** La force gravitationnelle exercée par le Soleil sur la Terre est-elle constante au cours de l'année ? Justifiez votre réponse.

**5** Calculez la valeur de la pesanteur sur la planète Mars, sachant que sa masse est  $0,642 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  et sa masse volumique  $3,93 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Quelles sont les conséquences pour des cosmonautes qui se déplaceraient sur Mars ?

**6** Un homme, dont la masse est de 100 kg, tourne dans un engin spatial à 6 400 km au-dessus de la surface de la Terre. Calculez son poids.

**7** Un homme a une masse de 80 kg sur Terre. Son poids et sa masse seront-ils égaux, supérieurs

ou inférieurs sur les planètes suivantes : Saturne, Vénus, Mars, Mercure et Jupiter ?

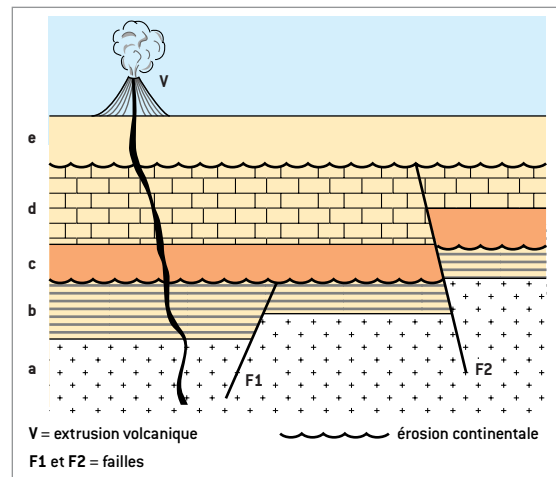
**8** En utilisant la relation de Titius-Bode, calculez en unités astronomiques (UA), puis en kilomètres, les distances Jupiter-Mars et Mars-Vénus.

**9** Les roches recueillies à la surface de la Lune ont une masse volumique égale à la masse volumique moyenne de la Lune. Que peut-on en conclure ?

## PARTIE 2 Structure et dynamique de la Terre

**10** Reconstituez l'histoire géologique de la région où a été relevée la coupe ci-dessous, en plaçant à droite et en fonction du temps (le plus jeune en haut), les épisodes de sédimentation, déformation, érosion et volcanique.

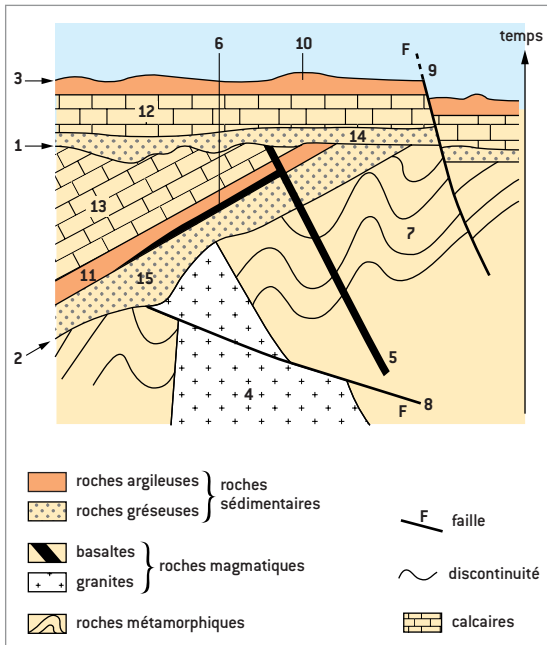
À quel type de faille appartient F1 et F2 ?



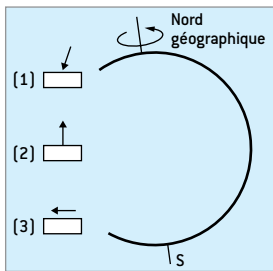


**11** Reconstituez l'histoire géologique de la région où a été levée la coupe ci-dessous, en plaçant à droite et en fonction du temps (le plus jeune en haut), les épisodes de dépôt, métamorphisme, déformation, érosion et les intrusions magmatiques.

Quel est l'âge relatif du filon-couche 6 ? De quel type est la faille 9 ?



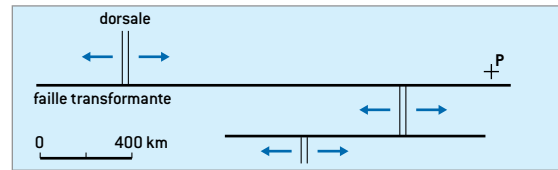
**12** Schématisez le champ magnétique actuel de la Terre ; indiquez le nord et l'équateur magnétiques et schématisez les lignes du champ.



L'inclinaison magnétique de trois échantillons de laves épanchées au début du XX<sup>e</sup> siècle est schématisée ci-contre. Localisez ces échantillons sur le schéma.

**13** À quels types de déformation (extension, compression ou coulissage) sont associés les

séismes se produisant sur la portion de dorsale océanique schématisée ci-dessous ?



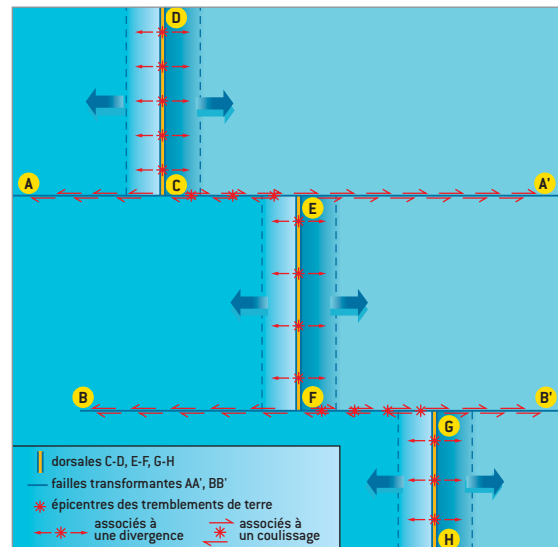
Indiquez sur le schéma où se localisent les épicentres des divers types de séismes.

Calculez l'âge de la croûte océanique localisée en P, sachant que la vitesse de divergence océanique de cette portion de dorsale est de 4 cm.an<sup>-1</sup>.

Déterminez la profondeur de la croûte océanique en P. Pour cela, on tracera approximativement la courbe donnant la relation profondeur/âge de la croûte.

**14** Si l'on referme l'Atlantique nord pour reconstituer une partie du supercontinent de la Pangée, on constate que l'Amérique du Nord, le Groenland et l'Europe s'emboîtent parfaitement. Il ne reste pas de place pour l'Islande. Pourquoi ?

**15** Pour bien comprendre le fonctionnement des failles transformantes (AA' et BB') schématisées ci-dessous, photocopiez la page puis :



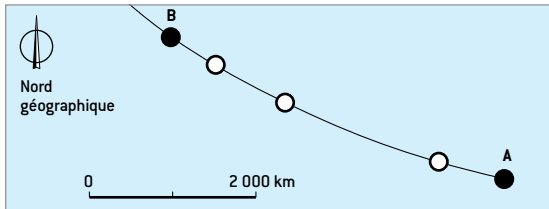


- a. Découpez selon AA' et BB'.
- b. Pincez CD, EF et GH pour matérialiser les dorsales.

**16** Dans la plaque lithosphérique du Pacifique, un système d'îles volcaniques s'aligne entre les îles A et B. En A, le volcanisme est actuel; en B il est âgé de 50 Ma (millions d'années).

Indiquez sur le schéma la direction et le sens de déplacement de la plaque du Pacifique. La dorsale océanique associée se situe-t-elle à l'ouest ou à l'est de A?

Calculez la vitesse de divergence océanique à la dorsale du Pacifique entre 0 et 50 Ma.



### PARTIE 3 L'atmosphère, l'hydrosphère et le climat de la Terre

**17** Pourquoi la température moyenne de l'air est-elle plus élevée à l'équateur qu'aux pôles?

**18** Quelles seraient les caractéristiques climatiques de la Terre si son axe de rotation restait constamment perpendiculaire au plan de l'écliptique?

**19** Un réservoir étanche contient de l'air saturé à la température de 40 °C.

- a. Quel est son taux d'humidité relative?
- b. Que se passe-t-il si on abaisse sa température à 30 °C?
- c. Que se passe-t-il si on élève sa température à 50 °C?

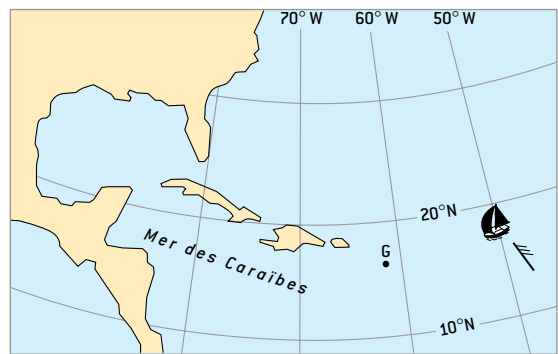
**20** Après avoir franchi le cap Horn, un concurrent de la course autour du monde à la voile s'apprête à franchir le cap de Bonne-Espérance. Il enregistre un vent très violent, (environ 150 km.h<sup>-1</sup>) en provenance du NE, qu'il associe à un cyclone tropical.

Situez le cœur de ce cyclone tropical et indiquez les manœuvres à réaliser pour l'éviter.

**21** Un concurrent de la course *La route du Rhum* se dirige vers Pointe-à-Pitre en Guadeloupe (voir figure ci-dessous). Il enregistre des vents en provenance du SSE dont la vitesse dépasse 200 km.h<sup>-1</sup>.

a. Schématisez sur la carte le cyclone tropical, en supposant que son diamètre est d'environ 1 000 km (on suppose connu le trajet des cyclones tropicaux dans cette partie de l'Atlantique).

b. Que doit faire le navigateur pour éviter d'avoir à affronter le cyclone tropical?



**22** Calculez le pourcentage en poids de Cl<sup>-</sup> et de Na<sup>+</sup> dans le sel marin, en assimilant l'eau de mer à une solution de chlorure de sodium contenant 35 g de NaCl par kilogramme d'eau, dont 19 g de Cl<sup>-</sup>.

**23** Une belle histoire: l'assèchement de la mer Méditerranée.

En 1971, une campagne de sondages profonds dans la Méditerranée rencontre, sous les sédi-



ments actuels et les argiles déposés entre 5 et 0,01 Ma, une épaisse couche d'évaporites composées de halite, ou sel de cuisine ( $\text{NaCl}$ ), et d'anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ). Ces évaporites, dont l'âge est compris entre 6 et 5 Ma, sont localement épaisses de 3 km.

Une flore fossile de cyanophycées indique que ces sels ont précipité en milieu peu profond (les évaporites peuvent aussi précipiter dans des environnements profonds stagnants, sursalés). La Méditerranée s'est donc asséchée entre 6 et 5 Ma : c'est la crise dite « messinienne », du nom du détroit séparant l'Italie de la Sicile. Là, ces évaporites, remontées sous l'action de la tectonique, sont visibles au-dessus du niveau marin actuel. Ces mouvements tectoniques résultent de la lente remontée de la plaque lithosphérique africaine qui, entre 6 et 5 Ma, ferme sporadiquement le détroit de Gibraltar. La Méditerranée est transformée en un immense lac qui s'assèche progressivement.

Données numériques :

- surface de la Méditerranée =  $2,5 \cdot 10^6 \text{ km}^2$  ;
- volume de la Méditerranée =  $3,75 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ , soit une profondeur moyenne de 1,5 km ;
- salinité = 38 g par litre ;
- masse volumique des évaporites  $\approx 2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  ;
- volume d'eau évaporé annuellement =  $4,7 \cdot 10^3 \text{ km}^3$  ;
- volume d'eau apporté annuellement par les rivières =  $0,25 \cdot 10^3 \text{ km}^3$ .

**a.** Calculer l'épaisseur moyenne de la couche d'évaporites qu'engendrerait l'évaporation instantanée de la Méditerranée actuelle, puis le temps nécessaire à cette évaporation.

**b.** La quantité d'évaporites rencontrée par les sondages de 1971 est équivalente à une couche de 250 m répartie sur toute la surface de la Méditerranée. Comment expliquer une telle épaisseur ?



# CORRIGÉS

## Corrigés, première partie

**1** Une année lumière (a.l.) est, par définition, la distance parcourue par la lumière en une année. La lumière qui nous parvient aujourd'hui de la galaxie M 100 a été émise il y a 60 Ma. À cette époque, qui correspond approximativement à la limite Crétacé-Tertiaire, une météorite géante aurait heurté la Terre provoquant, notamment, l'extinction des dinosaures.

→ Voir première partie, chapitre 1.

**2** Une année lumière (a.l.) = 300 000 km (vitesse de la lumière par seconde)  $\times$  (3 600  $\times$  24  $\times$  365, soit la durée en secondes d'une année) = 9 460.10<sup>9</sup> km.

Distance Terre-Andromède: 9 460.10<sup>9</sup> km  $\times$  2.10<sup>6</sup> = 18 920.10<sup>15</sup> km.

Durée du voyage: 18 920.10<sup>15</sup>/40 000 = 4 730.10<sup>11</sup> heures, soit 5,4.10<sup>10</sup> ans, ou encore 54 Ga.

L'homme est actuellement incapable d'atteindre Andromède!

→ Voir première partie, chapitre 1.

**3** Si la configuration des électrons autour du noyau atomique évoque celle des planètes autour du Soleil, les forces qui maintiennent en équilibre les systèmes sont différentes. Dans le système solaire, il s'agit de la force gravitationnelle; dans l'atome, les forces entre le noyau et les électrons sont de nature électrique, beaucoup plus fortes que la force gravitationnelle, et agissent sur de très courtes distances. Elles sont décrites par la mécanique quantique.

→ Voir « Cinématique du système solaire », p. 25.

**4** La force gravitationnelle est inversement proportionnelle au carré de la distance Terre-

Soleil (formule de Newton). La Terre décrivant une ellipse autour du Soleil, la distance Terre-Soleil varie au cours de l'année, même si ces variations sont de faible amplitude (ellipse proche d'un cercle). La force gravitationnelle est maximale lorsque la Terre est aux équinoxes et minimale lorsque celle-ci est aux solstices.

→ Voir « Les lois de Kepler », p. 26.

**5** Volume de Mars (assimilé à une sphère) =  $4/3 \pi R^3 = \frac{1 \text{ m}^3 \times 0,642 \cdot 10^{24}}{3930 \text{ (masse de } 1 \text{ m}^3)}$  = 0,163.10<sup>21</sup> m<sup>3</sup>;

$$R^3 = \frac{1 \text{ m} \times 0,163 \cdot 10^{21}}{4/3 \times 3,14} = 3894 \cdot 10^{19} \text{ m}^3;$$

$R = \sqrt[3]{(3894 \cdot 10^{19})} = 3,39 \cdot 10^6 \text{ m}$ , soit 3,39.10<sup>3</sup> km ou 3390 km.

Pesanteur sur Mars:

$$\frac{G \times 0,642 \cdot 10^{24}}{(3390 \cdot 10^3)^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 0,642 \cdot 10^{24}}{114921 \cdot 10^6} = 3,72 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

La pesanteur martienne est environ trois fois plus faible que la pesanteur terrestre. Les cosmonautes se déplaceront aisément sur Mars...

→ Voir « La quantification de Newton et quelques applications », p. 27.

**6** Poids =  $\frac{1 \times 100 \times 9,8}{(12800/6400)^2} = 980 / 4 = 245 \text{ N}$ .

→ Voir « La quantification de Newton et quelques applications », p. 27.

**7** La masse d'un objet est la même sur toutes les planètes (c'est une caractéristique intrinsèque de l'objet). En revanche, son poids varie selon l'intensité de la pesanteur, c'est-à-dire proportionnellement à la masse de la planète considérée. Son poids sur Saturne et Jupiter, dont les masses sont respectivement 95,1 et 318 fois celle de la Terre, sera supérieur à celui-ci sur Terre; il sera inférieur sur Vénus, Mars et Mercure dont les



masses sont respectivement égales à 0,815, 0,107 et 0,056 celle de la Terre.

→ Voir « La quantification de Newton et quelques applications », p. 27.

**8** Distance Soleil-Mars =  $(12 + 4) / 10 = 1,6$  UA.  
Distance Soleil-Jupiter =  $(48 + 4) / 10 = 5,2$  UA.  
Distance Soleil-Vénus =  $(3 + 4) / 10 = 0,7$  UA.  
Distance Mars-Jupiter =  $5,2 - 1,6 = 3,6$  UA, soit  $150.10^6 \text{ km} \times 3,6 = 540.10^6 \text{ km}$ .  
Distance Mars-Vénus =  $1,6 - 0,7 = 0,9$  UA, soit  $150.10^6 \text{ km} \times 0,9 = 135.10^6 \text{ km}$ .

→ Voir « La relation de Titius-Bode », p. 30.

**9** Contrairement à la Terre, la Lune est un corps homogène, non zoné.

→ Voir « Généralité sur les planètes et leur classification », p. 40.

## Corrigés, deuxième partie

**10** Du plus jeune au plus ancien: volcanisme (V); dépôt de sédiments (e); érosion partielle de d; faille inverse F2 (raccourcissement); dépôt de d; dépôt de c; érosion partielle de b; faille normale F1 (allongement); dépôt de b; dépôt de a.

→ Voir encadré p. 109.

**11** Du plus jeune au plus ancien: faille 9 normale (allongement); surface d'érosion 3; dépôt de 10; dépôt de 12; dépôt de 14; surface d'érosion 1; magmatisme: filon 5 et sill 6; dépôt de 13; dépôt de 11; dépôt de 15; discordance fondamentale couverture/socle 2, correspondant à l'érosion d'une partie de la chaîne de montagne représentée par  $7 + 4$ ; faille inverse 8; plutonisme granitique 4 intrusif dans 7; plissement et métamorphisme de 7; dépôt de 7.

Le filon-couche, ou sill, 6 est contemporain du filon 5. Leur mise en place est postérieure au dépôt de 13 et antérieure à la surface d'érosion 1.

→ Voir encadré p. 109.

**12** L'axe magnétique de la Terre fait un angle d'environ  $11^\circ$ , dans le sens horaire, avec son axe de rotation (voir figure 43, p. 121).

L'échantillon (1) provient de l'hémisphère nord (champ magnétique « entrant » dans la Terre), entre le pôle et le cercle polaire; (2) provient du pôle Nord magnétique qui est proche du pôle Sud géographique; (3) provient de l'équateur magnétique.

→ Voir « Le magnétisme fossilisé », p. 119.

**13** Il y a divergence le long de la dorsale océanique; les séismes traduisent une extension. Le long des failles transformantes, il y a cisaillement; les séismes se limitent aux portions de faille où les compartiments adjacents cheminent en sens opposé.

Distance mesurée entre la dorsale et P: 5,75 cm, soit environ 1645 km.

Âge de la croûte océanique en P =  $1645.10^5 / 4 = 411.10^5$  ans, soit environ 41 Ma.

Profondeur de la croûte en P = environ 4750 m (voir figure 71, p. 144).

→ Voir deuxième partie, chapitre 4.

**14** L'Islande représente un exemple rare d'une portion émergée de la dorsale médio-atlantique. Sa présence perturbe les reconstitutions pré-ouverture océanique.

→ Voir deuxième partie, chapitre 4.

**15** Après le montage, revenez au corrigé de l'exercice 12. Vérifiez la complexité de la répartition des séismes le long des failles transformantes.

→ Voir deuxième partie, chapitre 4.

**16** Le déplacement de la plaque lithosphérique Pacifique se fait de l'ESE vers l'WNW. La dorsale se localise à l'ESE de l'île A.

Distance A-B mesurée = 4,7 cm, soit environ 4475 km.



Vitesse de déplacement de la plaque Pacifique =  $4475 / 50 = 89,5 \text{ km.Ma}^{-1}$ , soit  $8,95 \text{ cm.an}^{-1}$ .

À la dorsale, la vitesse de divergence est double, soit  $17,90 \text{ cm.an}^{-1}$ . Il s'agit d'une dorsale rapide.

→ Voir « Points chauds, ou hot-spots des Anglo-Saxons », p. 139.

## Corrigés, troisième partie

**17** À l'équateur, les rayons solaires sont sub-perpendiculaires à la surface de la Terre. Aux pôles, ils sont tangents à celle-ci (voir les figures 12 et 13, pp. 176-177). En conséquence,  $1 \text{ m}^2$  de surface terrestre reçoit plus d'énergie solaire à l'équateur qu'aux pôles.

→ Voir « Variations temporelles et spatiales de la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre », p. 174.

**18** La quantité d'énergie solaire reçue par la Terre continuerait à varier avec la latitude. Mais, à une latitude donnée et à l'échelle de l'année, cette quantité d'énergie resterait constante; la Terre n'aurait pas de saisons (voir p. 176).

→ Voir « Variations temporelles et spatiales de la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre », p. 174.

**19 a.** L'air saturé en vapeur d'eau a une humidité relative de 100%.

**b.** Lorsque la température diminue, les « capacités » de l'air à conserver cette vapeur d'eau sont moindres. Une partie de celle-ci se condense; l'air reste toutefois saturé.

**c.** Lorsque la température augmente, l'air est capable « d'absorber » davantage de vapeur d'eau. Si celle-ci est indisponible, le taux d'humidité relative de l'air devient inférieur à 100%. L'air n'est plus saturé.

→ Voir encadré p. 183.

**20** Les côtes occidentales d'Afrique du Sud et de Namibie concernées sont localisées au sud du

tropique du Capricorne. Elles sont baignées par des eaux trop froides pour qu'elles soient parcourues par des cyclones tropicaux.

→ Voir « Cyclones tropicaux, ou typhons et hurricanes », p. 197.

**21** Les vents dépassant  $200 \text{ km.h}^{-1}$  sont dus à des cyclones tropicaux. La direction des vents (SSE) permet de localiser l'œil du cyclone tropical à l'WNW du navigateur. Dans la mer des Caraïbes, les cyclones se déplacent de l'est ou de l'ESE vers l'ouest ou l'WNW, incurvant progressivement leurs trajets vers leur droite, c'est-à-dire vers le nord ou le NNE (force de Coriolis).

Le navigateur doit contrôler sa vitesse pour éviter de « rattraper » le cyclone tropical qui chemine vers l'ouest ou l'WNW à une vitesse de quelques dizaines de kilomètres par heure.

→ Voir « Cyclones tropicaux, ou typhons et hurricanes », p. 197 et fig. 33, p. 199..

**22** Pourcentage en poids de  $\text{Cl}^- = (19 / 35) \times 100 = 54,3\%$ .

Pourcentage en poids de  $\text{Na}^+ = [(35 - 19) / 35] \times 100 = 45,7\%$ .

→ Voir « Une digression : l'origine de la salinité des océans », p. 203.

**23 a.** Calcul de la quantité d'évaporites fournies par l'évaporation instantanée de la Méditerranée.

– En poids: 1 litre d'eau de mer contient 38 g de sels (évaporites), soit  $38.10^{12} \text{ g.km}^{-3}$  ( $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litres}$ );

$38.10^{12} \text{ g.km}^{-3} \times 3,75.10^6 \text{ km}^3 = 142,5.10^{18} \text{ g}$ , soit  $0,1425.10^{18} \text{ kg}$ .

– En volume:

$$\frac{1 \text{ m}^3 \times 0,1425.10^{18}}{2.10^3} = 0,07.10^{15} \text{ m}^3,$$

soit  $0,07.10^6 \text{ km}^3$ .

L'épaisseur moyenne (couche répartie sur toute la superficie de la Méditerranée) est donc de:

$$\frac{1 \text{ km} \times 0,07.10^6}{2,5.10^6} = 0,028 \text{ km}, \text{ soit } 28 \text{ m}.$$



Calcul du temps nécessaire à une évaporation complète.

– Pertes annuelles:  $4,7 \cdot 10^3 \text{ km}^3 - (1,2 \cdot 10^3 \text{ km}^3 + 0,25 \cdot 10^3 \text{ km}^3) = 3,2 \cdot 10^3 \text{ km}^3$  qui sont normalement remplacés par un flux équivalent d'eaux atlantiques entrant par le détroit de Gibraltar.

– Temps de vidange:

$$\frac{1 \text{ an} \times 3,75 \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^3} = 1,17 \cdot 10^3 \text{ ans, soit } 1170 \text{ ans.}$$

Si l'on admet que les volumes d'eau évaporée et transportée par les rivières étaient, il y a 5 à 6 Ma, identiques aux actuels (hypothèse fausse, en

raison des variations climatiques), il fallait un peu plus de 1 000 ans pour assécher la Méditerranée.

**b.** Pour expliquer le dépôt d'une couche de 250 m d'évaporites, il faut évaporer environ l'équivalent de neuf fois la mer Méditerranée actuelle. Le dépôt d'une telle couche d'évaporites suppose, entre 6 et 5 Ma, une ouverture périodique du détroit de Gibraltar et une réalimentation par des entrées d'eaux océaniques. Lors de ces périodes de recharge, Gibraltar était transformé en de gigantesques cataractes.

⇒ Voir « Une digression : l'origine de la salinité des océans », p. 203.