

Sciences à l'École

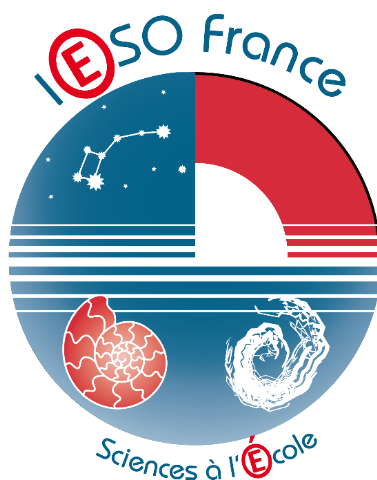


TEST DE SÉLECTION

Olympiades internationales de Géosciences

29 janvier – 2 février 2024

Durée : 2 heures



Validation de la préparation française



Prénom et Nom :

Date de naissance :

Établissement scolaire :

Je m'engage sur l'honneur à ne pas diffuser le contenu du test avant l'annonce des résultats.

Signature de l'élève

CONSIGNES

Ce test comprend **43 questions sous forme de questions à choix multiples** et **18 pages**. L'usage de la calculatrice est autorisé.

DURÉE DU TEST

Les élèves ont **1 heure 50 minutes** pour composer sur le test imprimé en entourant au stylo les réponses choisies pour chaque question et **10 minutes** pour saisir leurs réponses sur le formulaire en ligne.

⇒ La durée totale du test est de **2 heures**

BARÈME DES QUESTIONS À CHOIX MULTIPLES

⇒ Questions avec une seule réponse correcte

1 point pour la réponse correcte et 0 point pour une réponse fausse

⇒ Questions avec plusieurs réponses correctes

1 point par réponse correcte et -0.5 point pour chaque réponse fausse

Remarques :

- *Aucune question ne sera notée en dessous de zéro même si le nombre de réponses fausses dépasse le nombre de réponses correctes.*

- *Il y a toujours au moins une réponse fausse.*

- *La question sera notée zéro si toutes les réponses sont cochées.*

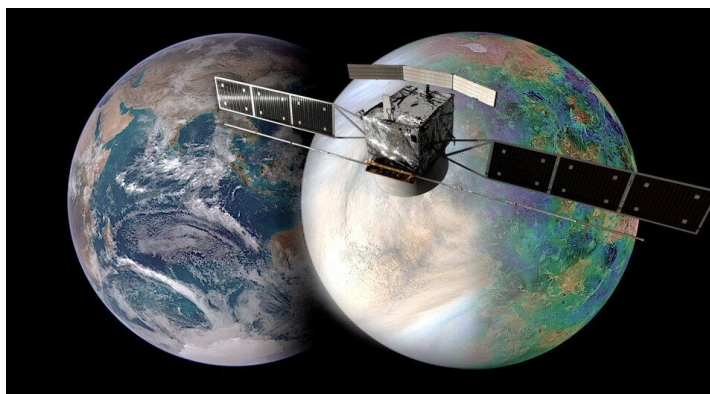


Partie I : « Vénus, sœur jumelle de la Terre ? »

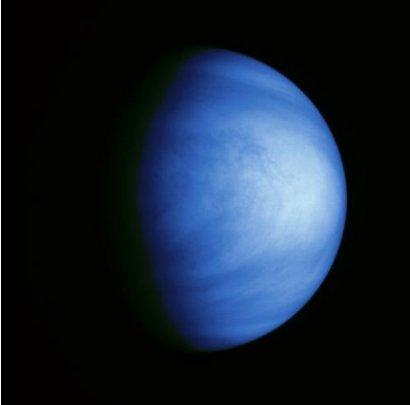
Introduction question 1 à 11

La planète Vénus est l'objet d'une très grande attention de la communauté scientifique européenne avec pas moins de trois missions spatiales programmées pour les années 2030 : les américaines DAVINCI+ et VERITAS, et l'européenne En Vision. Vénus est la planète rocheuse la plus semblable à la Terre en termes de taille, de composition et de distance par rapport au Soleil. Pourtant, à un moment donné de l'histoire de la planète, les deux ont commencé à évoluer très différemment. Vénus est aujourd'hui beaucoup trop chaude pour abriter de l'eau liquide à sa surface, mais il est possible qu'elle ait eu un climat plus proche de celui de la Terre pendant des milliards d'années avant de développer un effet de serre excessif. Vénus constitue donc un laboratoire naturel pour étudier l'évolution de l'habitabilité - ou de l'absence d'habitabilité - dans le Système solaire.

Vue d'artiste de la sonde spatiale En Vision. Crédits : ESA

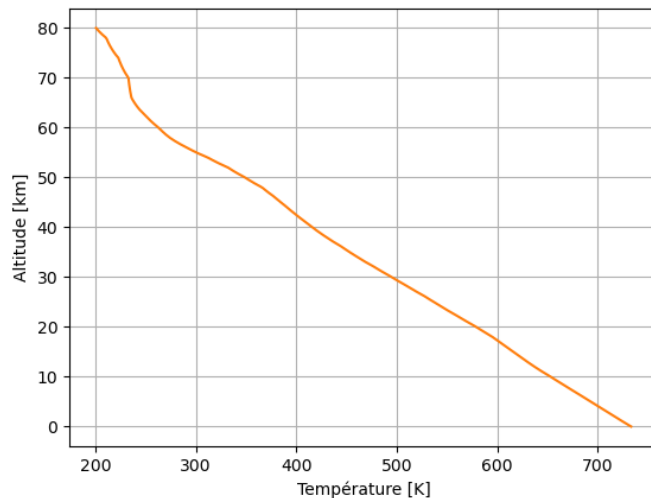
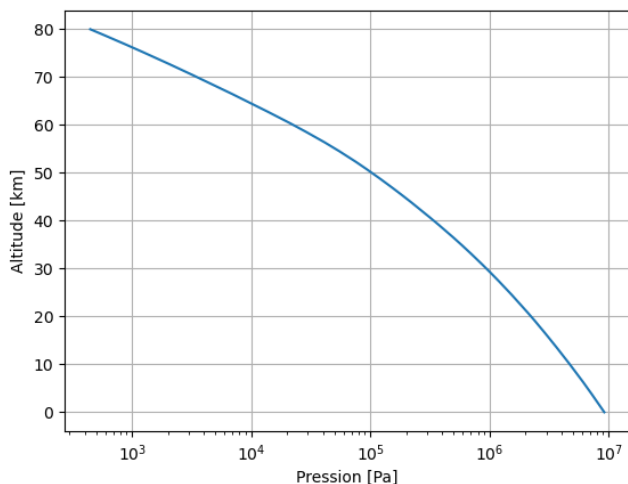


DOCUMENT 1 : Carte d'identité de Vénus.

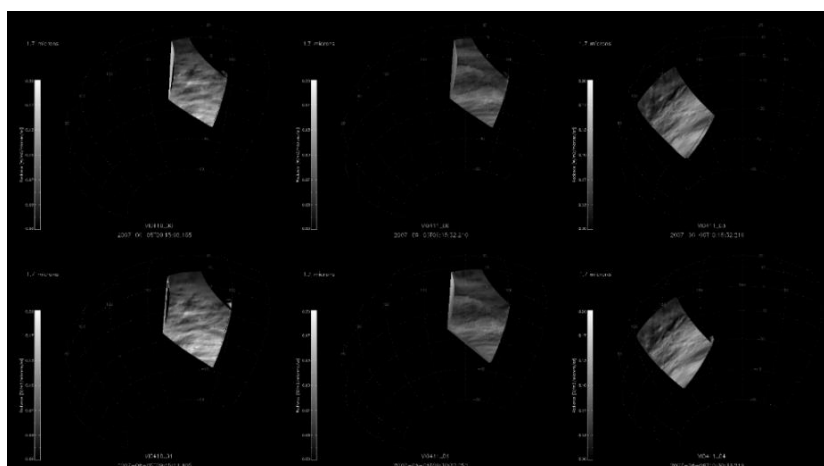
<p>Vénus vue par la sonde Galileo dans l'UV</p>  <p>(source NASA)</p>	<p>Planète rocheuse Période de révolution : ??? Demi grand axe : 0,723 UA Périhélie (au plus près du Soleil) : 0,718 UA Aphélie (au plus loin du Soleil) : 0,728 UA Inclinaison de l'axe de rotation sur l'orbite : 177° Période de rotation : 243 jours Albédo (géométrique) : 0,689 Rayon équatorial : 6052 km (0,949 Terre) Masse : $4,87 \cdot 10^{24}$ kg (0,815 Terre) Atmosphère : 96,5% CO₂, 3,5% N₂ Champ magnétique : non</p>
--	---



DOCUMENT 2 : Évolution de la température et de la pression au sein de l’atmosphère de Vénus en fonction de l’altitude. La pression au sol vaut près de 100 bars !



DOCUMENT 3 : Structure nuageuse de Vénus obtenue par l’instrument VIRTIS à bord de la sonde Venus Express les 6-7 Juin 2007. Les images à 1,7 μm montrent les nuages profonds côté nuit. Une grille de coordonnées et un horodatage permettent de suivre l’évolution des structures. Crédit : ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs. de Paris-LESIA



Question 1 : À quelle altitude la pression dans l’atmosphère de Vénus est-elle approximativement égale à la pression atmosphérique à la surface de la Terre ? Que vaut alors la température convertie en °C à cette altitude ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. 0 km ; 1006 °C
- B. 0 km ; 460 °C
- C. 30 km ; 220 °C
- D. 30 km ; 766 °C
- E. 50 km ; 75 °C
- F. 50 km ; 621 °C
- G. 60 km ; -10 °C
- H. 60 km ; 536 °C



Question 2 : La masse molaire de l'atmosphère de Vénus (composée majoritairement à 96,5 % de CO_2 et 3,5 % de N_2) vaut $M=43,4$ g/mol. En supposant que l'atmosphère se comporte comme un gaz parfait, que vaut alors la masse volumique de l'atmosphère de Vénus au niveau de sa surface ? On prendra $R = 8,314$ J/mol/K **(Une seule réponse correcte)**

- A. 66 kg/m^3
- B. 10 kg/m^3
- C. $1,6 \text{ kg/m}^3$
- D. $0,5 \text{ kg/m}^3$
- E. $0,03 \text{ kg/m}^3$

(À titre de comparaison, la masse volumique de l'atmosphère terrestre au niveau de la surface vaut environ $1,3 \text{ kg/m}^3$)

Question 3 : La vitesse terminale V de chute d'un objet est définie comme la vitesse qu'atteint cet objet lorsque la force de frottement F que l'atmosphère exerce sur lui est opposée à son poids P . On donne l'expression de $F = C \cdot \rho \cdot v^2$, où C est une constante dépendant de la surface et de la forme de l'objet, ρ la masse volumique de l'atmosphère et v la norme de la vitesse de l'objet. L'expression de V est alors donnée par (m désigne la masse de l'objet) **(Une seule réponse correcte)**

- A. $V = \frac{mg}{C\rho}$
- B. $V = \frac{C\rho}{mg}$
- C. $V = \frac{Cm}{\rho g}$
- D. $V = \sqrt{\frac{C\rho}{mg}}$
- E. $V = \sqrt{\frac{Cm}{\rho g}}$
- F. $V = \sqrt{\frac{mg}{C\rho}}$

Question 4 : La norme de l'accélération de la gravité sur Vénus vaut $g_V = 8,87 \text{ m/s}^2$, tandis que celle sur Terre vaut $g_T = 9,80 \text{ m/s}^2$. La vitesse terminale d'une personne dans l'atmosphère terrestre vaut environ 200 km/h à proximité de la surface. Que vaut cette vitesse terminale pour cette même personne dans l'atmosphère de Vénus à proximité de la surface ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. La vitesse sera la même que sur la Terre
- B. La vitesse sera supérieure que celle sur Terre
- C. La vitesse sera inférieure que celle sur Terre



Question 5 : En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du document 1, calculer la vitesse de rotation solide à l'équateur de Vénus. **(Une seule réponse correcte)**

- A. 1,5 km/h
- B. 6,5 km/h
- C. 26 km/h
- D. 47 km/h
- E. 233 km/h

(À titre de comparaison, pour la Terre, la vitesse vaut ~1400 km/h)

Question 6 : En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du document 1, **choisissez les propositions exactes parmi les suivantes.**

- A. Sur Vénus, on ne peut pas avoir de saisons car son axe de rotation est pas/peu incliné sur son orbite
- B. Sur Vénus, on ne peut pas avoir de saisons car on est trop près du Soleil
- C. Sur Vénus, l'été a lieu obligatoirement au périhélie
- D. Vénus a une orbite légèrement elliptique autour du Soleil

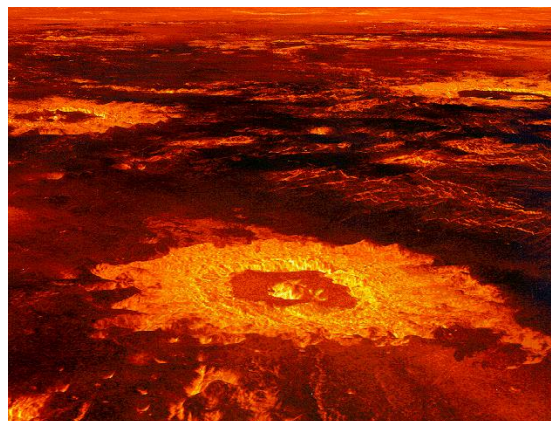
Question 7 : Johannes Kepler énonce en 1618 sa fameuse 3^e loi qui relie le demi grand axe de l'orbite d'un astre autour du Soleil avec la période de révolution de son orbite. **Choisissez les propositions exactes parmi les suivantes.**

- A. La période de révolution est de 225 jours
- B. La période de révolution est de 243 jours
- C. La période de révolution est de 255 jours
- D. La période de révolution est de 294 jours
- E. La période de révolution est de 321 jours
- F. La 3^e loi de Kepler permet aussi de déterminer la température de Vénus
- G. La 3^e loi de Kepler permet aussi de déterminer la masse du Soleil.

(1 UA, Unité Astronomique est la valeur du demi grand axe de l'orbite terrestre)

DOCUMENT 4 : Vue oblique de 3 cratères vénusiens : Saskia (37km) au centre, Danilova (47km) à gauche et Aglaonice (62km) à droite. (Image en fausses couleurs reconstruite à partir de données radar) Chaque cratère est entouré d'une couche brillante, rugueuse d'éjectas qui sont les débris excavés et éjectés par l'impact. Au centre des cratères, on reconnaît le pic central caractéristique des cratères d'impacts = rebond élastique de la croûte suite à la collision. On dénombre un millier de cratères vénusiens entre 3 et 280 km de diamètre, ce qui est comparable à la Terre. Par contre, On ne recense aucun cratère plus petit que 3 km.

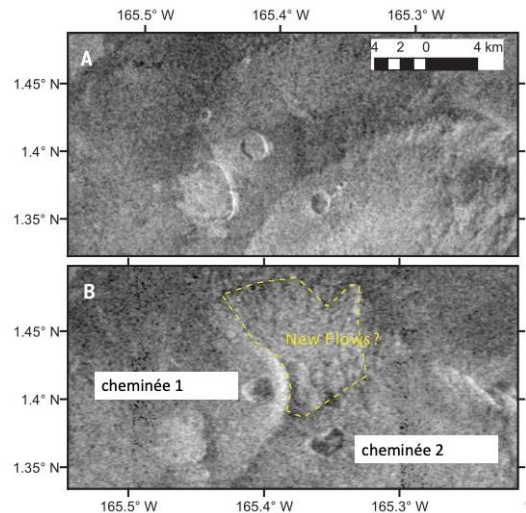
Crédit : Magellan/NASA





DOCUMENT 5 : Plus de 85000 édifices volcaniques ont été identifiés à la surface, mais il est encore incertain si Vénus a actuellement du volcanisme actif. Ce document présente à partir des images radar de la sonde Magellan, l'évolution d'une région volcanique sur 8 mois d'intervalle, entre la période A et B. Deux cheminées volcaniques sont repérées pour comparaison.

D'après Herrick et al., Science 379 (2023)



Question 8 : En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du **document 4**.
Choisissez les propositions exactes parmi les suivantes.

- A. Sur Vénus, le peu de cratères s'explique par le fait que peu de collisions affectent la planète
- B. Sur Vénus, le peu de cratères s'explique par le bouclier magnétique de la planète
- C. Sur Vénus, le peu de cratères s'explique par un processus de resurfaçage global
- D. Aucun cratère n'est plus petit que 3 km, en raison de l'atmosphère dense de la planète
- E. Aucun cratère n'est plus petit que 3 km, car les petits astéroïdes sont plus rares que les plus gros
- F. Aucun cratère n'est plus petit que 3 km, ces derniers sont immédiatement recouverts de lave

Question 9 : Les teintes rougeâtres simulées du **document 4** sont basées sur les images couleur enregistrées par les engins spatiaux soviétiques Venera 13 et 14 posés sur le sol vénusien. Quelle(s) serait l'origine de cette couleur vue depuis la surface ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. Les coulées de lave omniprésentes à la surface de Vénus
- B. Des roches rouges présentes à la surface
- C. Le Soleil est plus brillant, vu depuis Vénus
- D. La forte température rougit la surface, d'après la loi de Wien
- E. L'atmosphère est si dense qu'elle diffuse tout le bleu de la lumière solaire, ne laissant passer que le rouge (analogue au soleil couchant sur Terre)

Question 10 : En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du **document 5**, quelles sont les arguments en faveur d'un volcanisme actif sur Vénus ? **Choisissez les propositions exactes parmi les suivantes.**

- A. Vénus est proche du Soleil, favorisant ainsi la fusion du cœur de la planète
- B. Vénus a quasiment les mêmes taille et masse que la Terre
- C. Vénus a une température record de plus de 700 K, permettant ainsi l'éruption de laves.
- D. Les contraintes de composition sont compatibles avec la présence sur Vénus d'une abondance d'éléments radioactifs comparable à celle de la Terre, qui dégagent de la chaleur susceptible d'alimenter l'activité volcanique.



Question 11 : En utilisant vos connaissances ainsi que les informations extraites du **document 5**, choisissez les propositions exactes parmi les suivantes.

- A. La région étudiée correspond à l'hémisphère nord de la planète
- B. La région étudiée correspond à l'hémisphère sud de la planète
- C. Entre les périodes A et B, la cheminée volcanique b a changé de forme et s'est élargie
- D. Entre les périodes A et B, la cheminée volcanique b est resté inchangée
- E. Ces images radars sont en vraies couleurs
- F. Ces images radars sont en fausses couleurs
- G. Ce document prouve l'existence d'une activité volcanique en cours sur Vénus

Partie II : « Météorologie »

Qualité de l'air

Introduction question 12 à 14

Question 12 : Un jour de fort trafic, les gaz d'échappement des véhicules induisent un pic de pollution aux oxydes d'azote sur Paris et la petite couronne. Le lendemain une concentration élevée d'ozone est relevée dans des communes rurales situées à une centaine de kilomètres de Paris. Quel phénomène explique cette forte concentration d'ozone en dehors de l'aire urbaine ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. Certains automobilistes sont venus de Paris dans cette zone et leur voiture y a émis de l'ozone
- B. Les habitants de ces communes ont allumé leur poêle à bois qui a émis de l'ozone
- C. Les oxydes d'azote émis à Paris et en proche banlieue ont été transportés par le vent et ils ont rencontré des hydrocarbures émis par végétation en campagne. L'ensoleillement a déclenché une réaction entre ces composés produisant de l'ozone.
- D. L'ozone troposphérique relevé dans ces communes s'explique par un anticyclone qui a entraîné une plongée de l'ozone stratosphérique vers les basses couches

Question 13 : Parmi les nuages suivants, lequel peut générer un orage ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. Le cumulus
- B. L'altostratus
- C. Le cumulonimbus
- D. Le nimbostratus.



Question 14 : Un nuage est classé selon 3 critères : sa taille, son aspect et l'altitude de sa base. Cette dernière détermine si le nuage fait partie de l'étage inférieur, intermédiaire ou supérieur.

Lesquels parmi ces nuages ne sont pas des nuages de l'étage supérieur : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Cirrus
- B. Altocumulus
- C. Cirrostratus
- D. Altostratus
- E. Cumulonimbus

Exercice sur l'air humide

Introduction questions 15 à 17

Question 15 : On considère une masse d'air atmosphérique à la température $t=30^{\circ}\text{c}$ et qui contient initialement 28g d'eau par m^3 . On rappelle que la constante spécifique de la vapeur d'eau vaut : $R_v = 461,5 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

En consultant la table de tension maximale de vapeur saturante en page suivante, indiquer si la masse d'air est saturée : **(Une seule réponse correcte)**

- A. Oui
- B. Non

Question 16 : La masse d'air franchit une colline ce qui abaisse brutalement, par détente adiabatique, sa température à 8°c . Quelle sera la quantité d'eau (en g/m^3) contenue par la masse d'air en arrivant au sommet de la colline ? **(Une seule réponse correcte)**

- A. 0 g/l (air totalement sec)
- B. 5,3 g/l
- C. 8.25g/l
- D. 15,4g/l
- E. 21,6g/l

Question 17 : La chaleur latente de condensation est d'environ $2,45 \times 10^6 \text{ J}/\text{kg}$.

Indiquer quelle est la quantité d'énergie libérée au sein d'un M^3 d'air, par la condensation de la vapeur d'eau durant le cheminement précédent. **(Une réponse correcte)**

- A. 10 J
- B. 100J
- C. 1 kJ
- D. 28 kJ
- E. 48.4 kJ



- B. $V_f = V_i$
- C. $V_f = V_i \times (1 + \frac{\rho g}{\rho})$
- D. $V_f = 1,3 \times V_i$

Question sur l'intensité du rayonnement

Introduction à la question 20

Le soleil fournit à la terre une énergie considérable. Compte-tenu de la distance terre/soleil, le flux solaire est assimilé à un tube de rayons parallèles arrivant sur la terre.

La constante solaire S est définie comme la puissance du rayonnement que recevrait un disque situé à proximité de la terre et perpendiculaire aux rayons solaires. La valeur de S est de 1367 watts par m².

Question 20 : Indiquez, parmi les valeurs suivantes celle qui correspond à la puissance moyenne reçue par un élément de surface de la terre. **(Une seule réponse correcte)**

- A. 1367 w/m²
- B. 342 w/ m²
- C. 800 w/ m²
- D. 2734w/ m²

Partie III : « Géologie »

Les varves des dépôts cycliques ?

Introduction questions 21 à 32

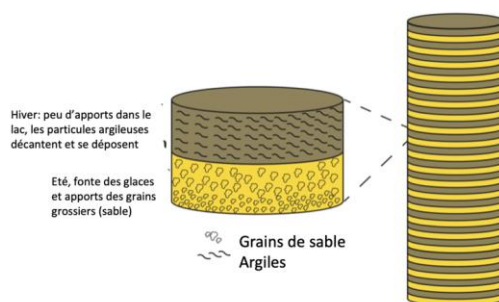
Pour toutes les questions, il faut utiliser les informations apportées par les documents, ainsi que vos connaissances pour répondre.

DOCUMENT 1 : Photos et mode de formation des varves



Photos de varves : dépôts dans un lac glaciaire durant la dernière grande glaciation du IV^{naire} en Amérique du Nord (Montana)

https://varves.as.tufts.edu/votw_details.asp?63Fvid=25.html



Differences in seasonal sediment deposition in clastic and biogenic Varves. Figure based on Sturm and Lotter (1995); Zolitschka et al. (2007)



Question 21 : A l'aide du DOCUMENT 1 et de vos connaissances, on peut dire que : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Les varves sont des dépôts sédimentaires
- B. Les varves sont des dépôts carbonatés
- C. Les argiles sont des particules de très petite taille (< ou = à 2 μ) qui sédimentent quand il y a peu de courant
- D. On peut trouver dans les niveaux sableux des grains de quartz
- E. Ces dépôts sont conditionnés en partie par le climat

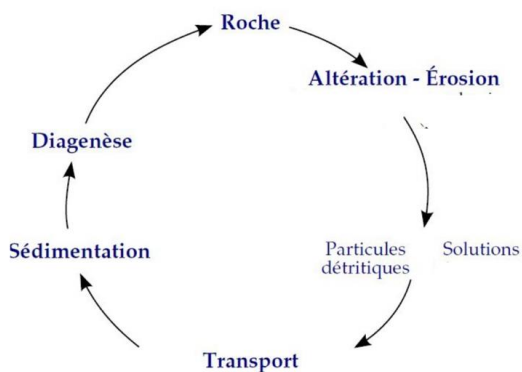
Question 22 : En analysant ces dépôts, on peut : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Dire qu'un doublet argile/sable met une année à se former
- B. Dire qu'il s'agit de dépôts cycliques
- C. Dire que leur épaisseur reste constante d'une année à l'autre
- D. Estimer un taux moyen de sédimentation par année

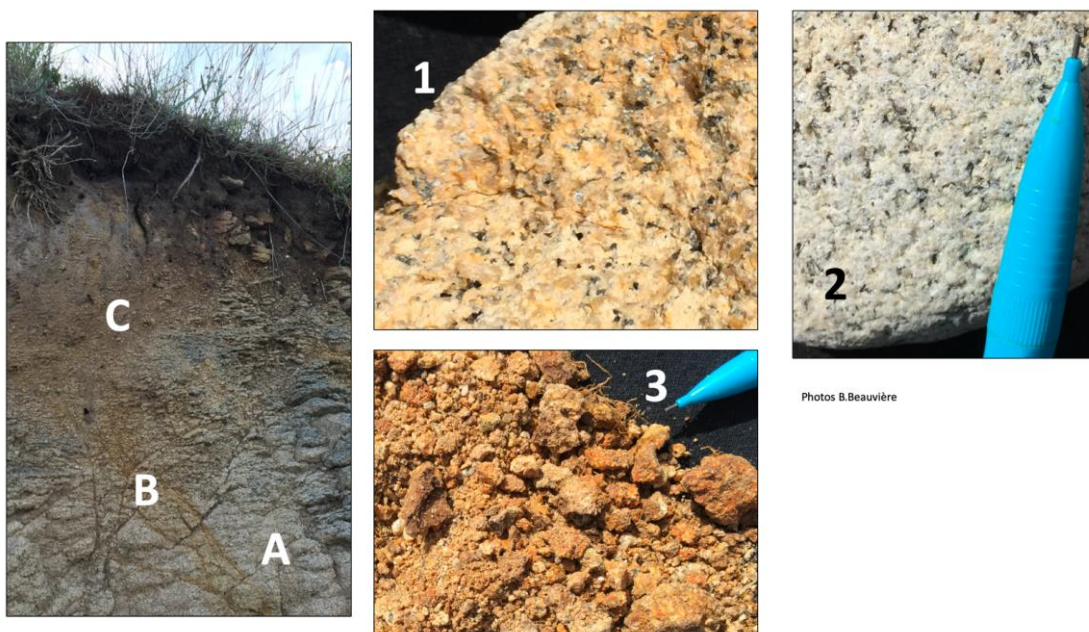
Le cycle des roches sédimentaires

Les documents ci-dessous (2A-2B et 2C) présentent le cycle des roches sédimentaires et doivent permettre de comprendre certaines étapes de ce cycle.

DOCUMENT 2A : Cycle des roches sédimentaires



DOCUMENT 2B : Affleurement observé en Bretagne et photo de 3 échantillons prélevés au niveau de cet affleurement





Question 23 : Retrouvez les affirmations correctes : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Le cycle des roches sédimentaires est un cycle interne
- B. Il nécessite de l'énergie comme l'énergie solaire pour certaines étapes
- C. Les flux de matière dans ce cycle sont constants
- D. Il participe à la disparition des reliefs sur un temps long de l'ordre de plusieurs millions d'années

Question 24 : Retrouvez les affirmations correctes : **(Une réponse correcte)**

- A. Les photos du DOC2B correspondent au stade de la diagenèse du cycle des roches sédimentaires
- B. Les photos du DOC2B correspondent au stade d'altération d'un granite du cycle des roches sédimentaires
- C. Les photos du DOC2B correspondent au stade d'altération d'un calcaire du cycle des roches sédimentaires
- D. Les photos du DOC2B correspondent au stade d'altération d'un gneiss du cycle des roches sédimentaires

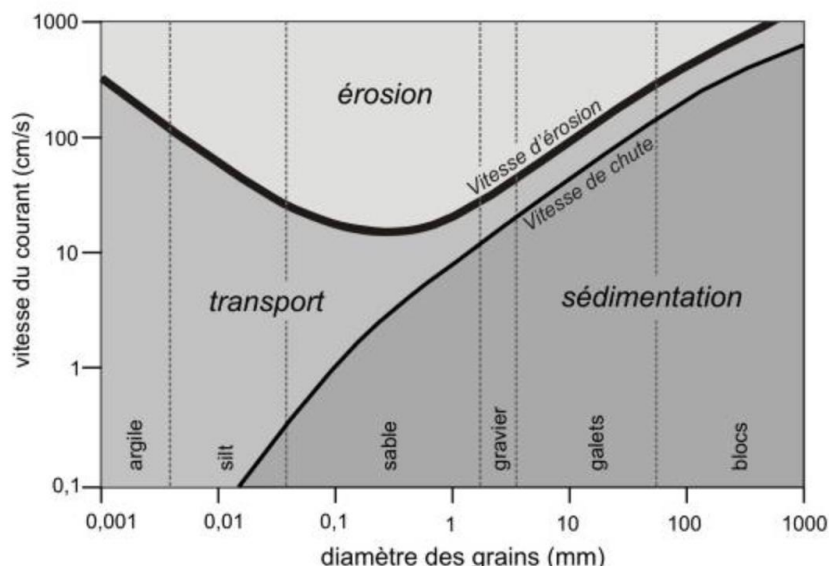
Question 25 : Retrouvez les affirmations correctes : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. On peut dire que l'échantillon 2 a été prélevé en A, 1 en B et 3 en C
- B. On peut dire que l'échantillon 1 a été prélevé en C, 2 en A et 3 en B
- C. Le stade d'altération le plus poussé est celui de l'échantillon de la photo 2
- D. L'altération participe à la formation d'un sol

Question 26 : Retrouvez les affirmations correctes : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. La couleur rouille est liée à la présence de fer oxydé dans le milieu
- B. L'altération fait intervenir de l'eau, qui entraîne ici une dissolution.
- C. L'altération aboutit à la formation des particules solides visibles sur la photo 3
- D. L'altération libère dans le milieu des ions solubles comme le Ca ou le Na qui viennent des feldspaths de la roche d'origine
- E. Après transport et sédimentation, les produits de l'échantillon 3 vont donner un calcaire

DOCUMENT 2C : Diagramme de Hjulström



Question 27 : Retrouvez les affirmations correctes : **(Plusieurs réponses correctes)**

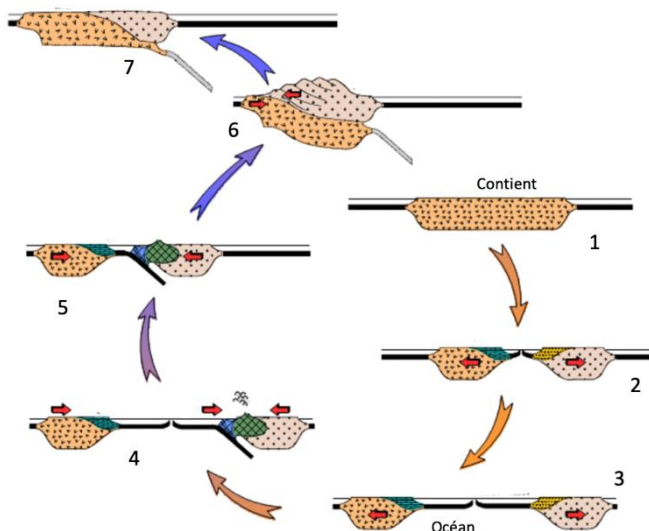
- A. L'eau est un mode de transport majeur des particules sédimentaires
- B. Les 3 domaines du diagramme : sédimentation, transport et érosion ont été définis en laboratoire
- C. Seules les grosses particules nécessitent un courant important pour être transportées
- D. Les argiles ne peuvent pas sédimenter dans un courant fort
- E. Les gros blocs sont facilement transportés par les rivières



Cycle de Wilson, et marqueurs de certains stades de ce cycle

DOCUMENT 3A : cycle de Wilson

(<https://planet-terre.ens-lyon.fr>)

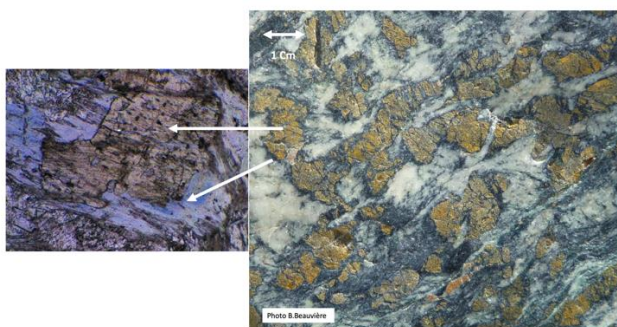


DOCUMENT 3B : structure Tectonique



<https://www.site.ac-aix-marseille.fr/lithotheque>

DOCUMENT 3C : Méta-gabbro (macro et lame) à amphibole bleue (glaucofane)



DOCUMENT 3D : Eclogite



Question 28 : A partir de l'étude du cycle de Wilson du DOC 3A, retrouvez les affirmations correctes : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Le stade 6 correspond au stade de collision
- B. Le stade 3 correspond au stade de rifting
- C. Le stade 4 correspond à la subduction d'une lithosphère continentale
- D. Les stades 1 à 6 se retrouvent dans une chaîne de collision comme les Alpes



Question 29 : Analyse d'une structure qui peut se former au cours du cycle de Wilson : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. La photo du **DOC3B**, montre un pli anticlinal qui peut se former durant le stade 6 du cycle de Wilson
- B. La photo du **DOC3B**, montre un pli synclinal qui peut se former durant le stade 6 du cycle de Wilson
- C. Cette structure est liée à une compression
- D. Cette structure est souvent associée sur le terrain à des failles normales
- E. Cette structure participe à l'accommodation de la convergence de deux domaines continentaux

Question 30 : Analyse d'un marqueur pétrographique d'un stade du cycle de Wilson **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Le gabbro est une roche type de la croûte continentale
- B. Pour la photo du **DOC3C**, le principe d'inclusion permet de dire que le glaucophane est antérieur à la formation du gabbro
- C. Le glaucophane est un minéral du métamorphisme
- D. La présence de glaucophane témoigne d'une augmentation de la pression du gabbro, qui peut se dérouler durant le stade 5 du cycle de Wilson

Question 31 : Analyse d'un autre marqueur pétrographique d'un stade du cycle de Wilson **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. L'éclogite (**DOC 3D**) est une roche magmatique
- B. L'éclogite (**DOC 3D**) est une roche métamorphique, qui se caractérise par l'association grenat + minéral vert visible sur la photo
- C. Cette éclogite témoigne d'un métamorphisme lié au stade 3 du cycle de Wilson
- D. Cette éclogite témoigne d'un métamorphisme lié au stade 5 du cycle de Wilson

Question 32 : On retrouve les roches du DOC 3C et 3D actuellement au sein d'ophiolites des Alpes quand on va de l'Ouest (Queyras) vers l'Est (Viso) dans la chaîne : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Elles témoignent de l'existence d'un ancien océan avant le stade 6 du cycle de Wilson
- B. Elles permettent de prouver qu'il y a eu subduction d'une lithosphère océanique avant le stade 6 dans les Alpes
- C. Ces roches ont été obductées
- D. Ces roches ont été exhumées

Question 33 : le cycle de Wilson : **(Plusieurs réponses correctes)**

- A. Est un cycle qui se fait à l'échelle du millier d'années
- B. Est un cycle qui se fait avec un ordre de grandeur autour de 500 Ma
- C. Est un cycle qui se fait avec un ordre de grandeur du milliard d'années
- D. Est un cycle qui s'est déroulé une seule fois depuis la formation de la Terre



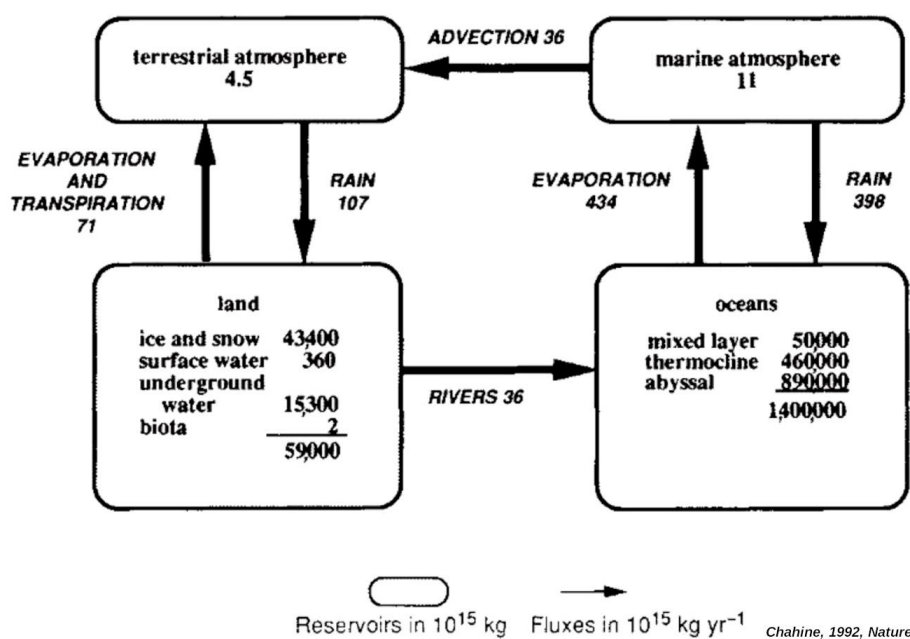
Partie IV : « Les cycles biogéochimiques des éléments »

On s'intéresse dans cette partie à la notion de cycle des éléments en abordant plusieurs éléments ou molécules, leurs cycles, leurs évolutions et interactions à l'échelle géologique.

Introduction question 34 à 37

Une représentation classique de la compréhension du cycle d'un élément ou d'une molécule est la construction d'un graphe avec des réservoirs distincts et des flux de matières orientés. Les quantités ou stocks de matière (Q) et les débits (F) sont quantifiés. On définit le temps de résidence τ d'un élément dans un réservoir donné comme le rapport du stock d'élément Q du réservoir par la somme des flux de cet élément entrant (ou la somme des flux sortant) de ce réservoir.

Figure 1 : Le cycle superficiel de l'eau (notations anglaises : "yr" = "year", utilisation du "." comme séparateur décimal et de la "," comme séparateur de milliers).



Question 34 : On vérifie qu'un cycle est à l'équilibre si la taille des différents réservoirs est stable, ce qui suppose que : **(une seule réponse correcte)**

- A. Les flux réciproques entre deux réservoirs sont égaux.
- B. Les différents réservoirs ont des stocks du même ordre de grandeur.
- C. La somme des flux entrant dans un réservoir est égale à la somme des flux qui en sortent.
- D. Les temps de résidence dans les différents réservoirs sont égaux.

Question 35 : D'après les données du cycle de l'eau de Chahine (1992), le temps de résidence de l'eau dans les océans est de l'ordre de : **(une seule réponse correcte)**

- A. 5 milliards d'années.
- B. 3 200 ans.
- C. 3,2 ans.



Question 36 : D'après les données du cycle de l'eau de Chahine (1992), le temps de résidence de l'eau dans l'atmosphère totale (continentale + marine) est de l'ordre de : **(une seule réponse correcte)**

- A. 11 jours.
- B. 3600 secondes.
- C. 32,58 ans.

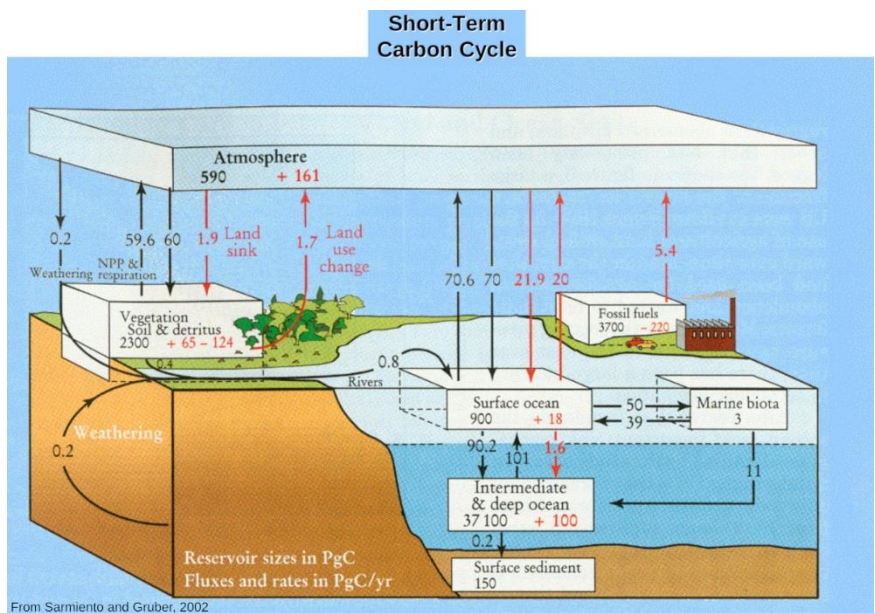
Question 37 : Lors d'une période glaciaire, les glaciers continentaux sont plus développés et le niveau des océans est plus bas que lors des périodes interglaciaires. On peut en déduire que : **(une seule réponse correcte)**

- A. Les variations climatiques entraînent des changements de flux qui entraînent des changements de stock et aboutissent à un nouvel équilibre en période glaciaire, équilibre différent de celui d'un interglaciaire.
- B. Il y a plus d'évaporation et donc une baisse du niveau marin pendant les périodes glaciaires.
- C. Lors d'une entrée en glaciation, les océans des hautes latitudes développent d'épaisses banquises qui font progressivement baisser le niveau marin.
- D. Les flux d'eau entre réservoirs sont les mêmes à l'équilibre en période glaciaire et interglaciaire mais les stocks diffèrent suite à transfert d'eau de l'océan vers les glaciers continentaux.

Introduction question 38 à 41

Le cycle du carbone est très étudié du fait de sa connexion avec la question du changement climatique. On peut aujourd'hui comprendre et quantifier le cycle "naturel" du carbone et ses modifications "anthropiques".

Figure 2 : Cycle superficiel du carbone avec stocks et flux naturels en noir et effets anthropiques en rouge (modifications cumulées de stocks depuis l'ère industrielle et flux anthropiques actuels) (rappel P = péta = 10¹⁵).





Question 38 : D'après les figures 1 et 2, comparons les stocks d'eau et de carbone dans l'atmosphère. Quelle affirmation parmi les suivantes est-elle vraie **(une seule réponse correcte)** ?

- A. On ne peut pas comparer les stocks d'eau et de carbone car les unités utilisées ne sont pas identiques.
- B. Le stock de carbone dans l'atmosphère est presque 50 fois plus important que le stock d'eau.
- C. Le stock d'eau dans l'atmosphère est environ 20 fois plus important que le stock de carbone.
- D. Le stock d'eau dans l'atmosphère est environ 20 fois moins important que le stock de carbone.

Question 39 : D'après la figure 2, les temps de résidence du carbone dans l'atmosphère dans le cycle "naturel" et dans le cycle actuel "complet" (naturel + anthropique) sont de l'ordre de **(une seule réponse correcte)** :

- A. De l'ordre de 80 jours, le temps de résidence "naturel" étant légèrement plus long que le temps de résidence du cycle "complet".
- B. De l'ordre de 80 jours, le temps de résidence "naturel" étant légèrement plus court que le temps de résidence du cycle "complet".
- C. De l'ordre de 4,6 ans, le temps de résidence "naturel" étant légèrement plus long que le temps de résidence du cycle "complet".
- D. De l'ordre de 4,6 ans, le temps de résidence "naturel" étant légèrement plus court que le temps de résidence du cycle "complet".

Question 40 : Parmi les affirmations suivantes lesquelles peuvent-elles être tirées de l'étude de la figure 2 **(plusieurs réponses correctes)** ?

- A. Le cycle naturel du carbone n'est pas équilibré car le réservoir des combustibles fossiles est isolé.
- B. Le cycle naturel du carbone est équilibré puisque les flux maintiennent les stocks constants.
- C. Le cycle complet du carbone est équilibré comme le montre la constance du réservoir de la biomasse marine.
- D. Le cycle complet du carbone est actuellement déséquilibré, certains réservoirs perdent du stock et d'autres en gagnent.
- E. Du fait des activités humaines, le réservoir de la végétation et des sols a perdu du stock et continue à en perdre.

Question 41 : D'après la figure 2, que peut-on déduire concernant les effets des activités anthropiques sur le cycle du carbone **(plusieurs réponses correctes)** ?

- A. Les activités humaines ont relargué dans l'atmosphère du carbone issu des réservoirs "combustibles fossiles" et "végétation, sols et détritiques", ce qui perturbe, de proche en proche d'autres réservoirs.
- B. L'océan a recueilli environ 10 % de la quantité de carbone émis dans l'atmosphère, ce qui limite le stock de carbone atmosphérique.
- C. Les flux de carbone entre atmosphère et océans montrent un léger apport des océans à l'atmosphère.



- D. L'atmosphère est le réservoir qui est le plus impacté par les activités humaines en ce qui concerne la variation relative de son stock de carbone.
- E. Du fait des activités humaines, la végétation et les sols constituent un réservoir qui est aujourd'hui une légère source de carbone pour l'atmosphère.

Introduction questions 42 et 43

Le carbone est présent principalement dans l'atmosphère sous forme de CO₂ (il y a aussi un peu de méthane, CH₄, et quelques autres composés mineurs). On considère dans la suite que les teneurs en carbone et en CO₂ de l'atmosphère varient de manière proportionnelle. En 2022, date de publication de la figure 2, la teneur en CO₂ moyenne de l'atmosphère terrestre était de l'ordre de 374 ppm (1 ppm = 1 partie pour million).

Question 42 : En l'absence de perturbation du cycle du carbone par les activités humaines, quelle aurait été la teneur en CO₂ de l'atmosphère terrestre en 2002 (**une seule réponse correcte**) ?

- A. Environ 476 ppm.
- B. Environ 374 ppm.
- C. Environ 294 ppm.
- D. Environ 223 ppm.

Question 43 : Si on extrapole la teneur atmosphérique en CO₂ pour 2023, soit 21 ans après la publication de la figure 2, à partir des données de la figure 2 et qu'on la compare à la teneur mesurée en 2023 (423 ppm), que peut-on dire de la limitation des émissions anthropiques de CO₂ par les activités humaines reconnue comme nécessaire depuis une vingtaine d'années (**une seule réponse correcte**) ?

- A. La teneur mesurée en CO₂ est plus importante que prévue, ce qui montre que les émissions moyennes annuelles sur 21 ans sont plus importantes que celles de 2002 et n'ont donc pas été réduites.
- B. La teneur mesurée en CO₂ correspond à la valeur attendue, ce qui montre qu'il n'y a pas eu de baisse des émissions ou que, sur 21 ans, baisses et hausses se sont compensées.
- C. La teneur mesurée en CO₂ est très légèrement plus faible que la valeur attendue (environ 5 % plus faible), ce qui montre un début de baisse des émissions anthropiques.
- D. La teneur mesurée en CO₂ est bien plus faible que la valeur attendue (environ 20 % plus faible), ce qui montre une baisse non négligeable des émissions anthropiques ces dernières années.