

Evaluation d'une résolution de problèmes

La dilatation des océans

1. Enoncé.

Thème : l'eau

Problématique :

« Les 16 petits états insulaires qui se sont réunis dans le cadre du Forum du Pacifique à Auckland en Nouvelle-Zélande ont produit, à l'issue du sommet, un communiqué, qui souligne que « le changement- climatique reste la plus grosse menace contre les moyens d'existence, la sécurité et le bien-être des populations du Pacifique ». Ces petits états insulaires sont particulièrement exposés aux conséquences des changements climatiques et sont d'une grande vulnérabilité face au phénomène d'élévation des océans que ce réchauffement provoque. »
http://www.rfi.fr/science/le_09/09/2011.



Le Tuvalu, groupe d'atolls proche de l'Australie (<http://en.wikipedia.org/wiki/Tuvalu>)

Au cours du XX^{ème} siècle, la température moyenne à la surface de la Terre a augmenté. Cet échauffement a induit une dilatation des eaux océaniques. **On cherche à estimer la variation du niveau des océans qui en résulte, afin de savoir s'il s'agit d'un phénomène négligeable ou pas.**

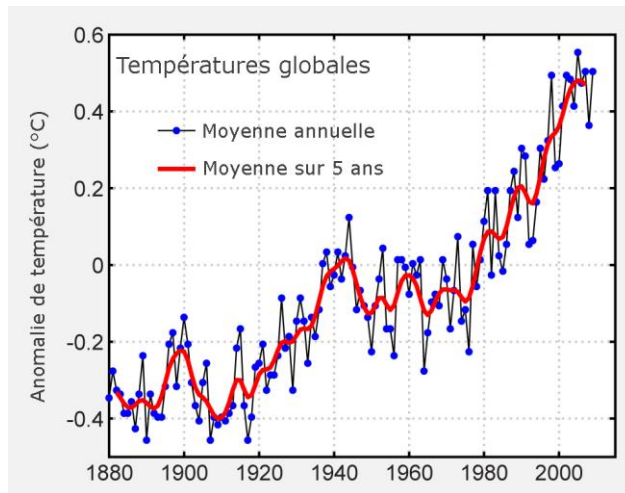
Questions :

En utilisant les documents fournis et en introduisant éventuellement d'autres grandeurs qui vous paraissent utiles :

1. Estimer la variation du volume d'un kilogramme d'eau liquide consécutif à une augmentation de température de 1°C, puis la variation relative de ce volume (c'est-à-dire la variation de volume rapportée au volume total) correspondante.
2. Présenter les étapes du raisonnement permettant d'évaluer numériquement la variation du niveau des océans et le mettre en œuvre.
3. Analyser la valeur numérique obtenue, ainsi que le modèle utilisé.

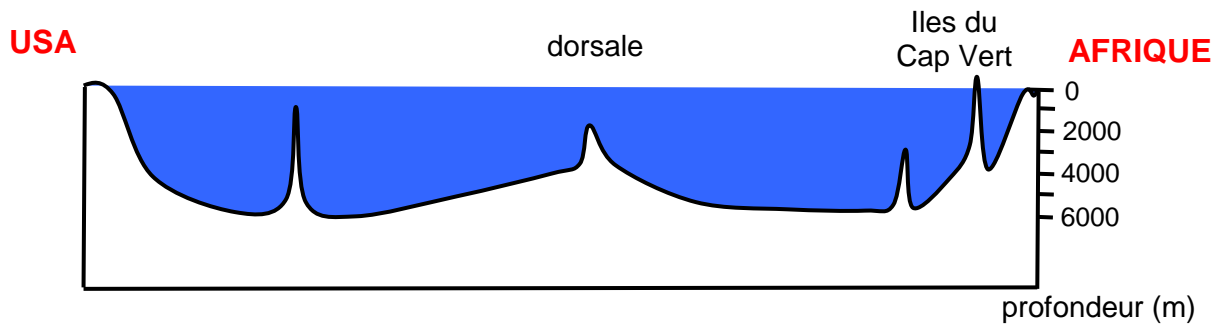
Document 1 : Evolution de l'anomalie de la température de surface.

La courbe ci-dessous représente l'évolution de l'anomalie de température au cours des dernières décennies.



Différence de température globale moyenne de surface par rapport à la moyenne 1961-1990, sur la période 1880-2009. Source <http://wikipédia.org>

Document 2 : Profil de l'océan atlantique



Document 3 : Données numériques

- évolution du volume d'un kilogramme d'eau en fonction de la température :

Le tableau suivant donne l'évolution du volume d'un kilogramme d'eau en fonction de la température.

Température en °C	Volume de 1 kg d'eau en m ³
10	1,00035.10 ⁻³
11	1,00045.10 ⁻³
12	1,00056.10 ⁻³
13	1,00068.10 ⁻³
14	1,00085.10 ⁻³
15	1,00095.10 ⁻³
16	1,00110.10 ⁻³
17	1,00126.10 ⁻³
18	1,00144.10 ⁻³
19	1,00164.10 ⁻³
20	1,00184.10 ⁻³

- la Terre : rayon : 6400 km ; les océans couvrent environ 70 % de sa surface.

2. Un exemple de solution.

1.
L'analyse des données numériques du tableau du document 3 relatif à l'évolution de la masse volumique de l'eau conduit à une augmentation de volume d'environ $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$ pour 1°C . Le volume d'un kilogramme d'eau étant de l'ordre de 1 L, la variation relative du volume est de $1,5 \cdot 10^{-4}$ pour 1°C . Il s'agit d'une moyenne effectuée entre 10°C et 20°C .

2.
Les étapes du raisonnement :
Les étapes possibles du raisonnement sont les suivantes :

- estimation de l'augmentation de la température moyenne au cours du XXème siècle à l'aide du document 1.
- estimation de la variation relative du volume du liquide consécutif à une augmentation de température : faite à la question 1.
- estimation de la profondeur moyenne des océans à l'aide du document 2.
- on utilise enfin, le coefficient de variation relative du volume et la profondeur moyenne pour estimer la variation du niveau des océans.

Mise en œuvre :

- A partir du document 1, on estime l'amplitude de l'élévation de température au cours du XXème siècle à $\Delta T = 0,6^\circ\text{C}$.
- La variation relative du volume d'eau consécutive à une augmentation de 1°C de la température peut être estimée à :

$$\frac{\Delta V}{V} = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

- L'observation du document 2, permet de faire une évaluation de la profondeur moyenne des océans. En analysant rapidement la coupe proposée par le document on peut l'évaluer à 3 km.
- On admet que le coefficient de dilatation de l'eau salée océanique est comparable à celui estimé ci-dessus. En notant S la surface des océans, on écrit : $\frac{S\Delta h}{Sh} \approx 1,5 \cdot 10^{-4}$. On en déduit

$$\Delta h \approx 45 \text{ cm}$$

Remarque :

Une alternative consiste à évaluer le volume des océans mais il faut connaître la surface d'une sphère.

Volume des océans : $V_o = 0,7 \cdot 4\pi R_T^2 h \approx 1,110^{18} \text{ m}^3$

Augmentation de volume par dilatation : $\Delta V_o = 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,1 \cdot 10^{18} \approx 1,7 \cdot 10^{14} \text{ m}^3$

Augmentation de la hauteur qui en résulte : $\Delta h \approx \frac{\Delta V_o}{0,7 \cdot 4\pi R_T^2} \approx 0,45 \text{ m}$. On constate une certaine

maladresse dans cette méthode car une simplification par la surface n'est pas vue mais le principe est compris, on pourra éventuellement ici suggérer lors de la correction une amélioration à la solution proposée.

3.
Le phénomène ne semble pas négligeable : si l'amplitude du réchauffement climatique s'accroissait au cours du XXIème siècle, l'effet de dilatation des océans pourrait être à même de menacer certains littoraux.

Mais il faut fortement nuancer le résultat : la totalité de l'eau océanique n'est probablement pas affectée par l'effet de dilatation. S'il s'agit seulement de l'eau en surface, l'effet est donc sans aucun doute nettement moindre !

Bien entendu d'autres facteurs interviennent dans l'étude de l'augmentation du niveau de la mer.

3. Analyse.

Cette activité proposée possède les caractéristiques d'une résolution de problèmes :

- Les étapes de la résolution ne sont pas données. La question 1 sera utile pour la suite mais on ne dit pas comment l'utiliser.
- La démarche de résolution n'est pas unique, en particulier, il est possible de faire une approche numérique.
- Il n'y a pas une réponse précise unique à la question mais la plage des résultats acceptables est assez restreinte.
- Il faut discuter du résultat final obtenu.

Identification des points forts de cette résolution de problème :

S'approprier le problème

- Identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole : V , T , h , S , ..
- Lire attentivement les trois documents joints, leur donner un sens.

Établir une stratégie de résolution

- Analyser les documents supports et anticiper sur ce que l'on va pouvoir extraire des courbes ou tableaux fournis.
- Identifier les étapes principales de la résolution (cf. diagramme ci-dessous) (La réponse à la question 1 constitue une étape de la résolution. Elle n'est pas à l'initiative de l'élève.)

Mettre en œuvre la stratégie

Elle constitue sans doute la partie délicate de cette résolution.

- La question 1 relève du « réaliser », elle nécessite de procéder à une exploitation d'un tableau de données.
- Exploiter des données pour évaluer des grandeurs physiques inconnues et non précisées : profondeur moyenne des océans, hausse moyenne de la température des océans.
- L'évaluation de la hausse du niveau des océans est sans doute l'étape la plus délicate car il s'agit de transposer à l'océan l'utilisation d'un coefficient relatif. L'évaluation littérale du volume de l'océan peut également constituer un obstacle. Une alternative numérique peut être examinée.
- Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique.
- Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée.

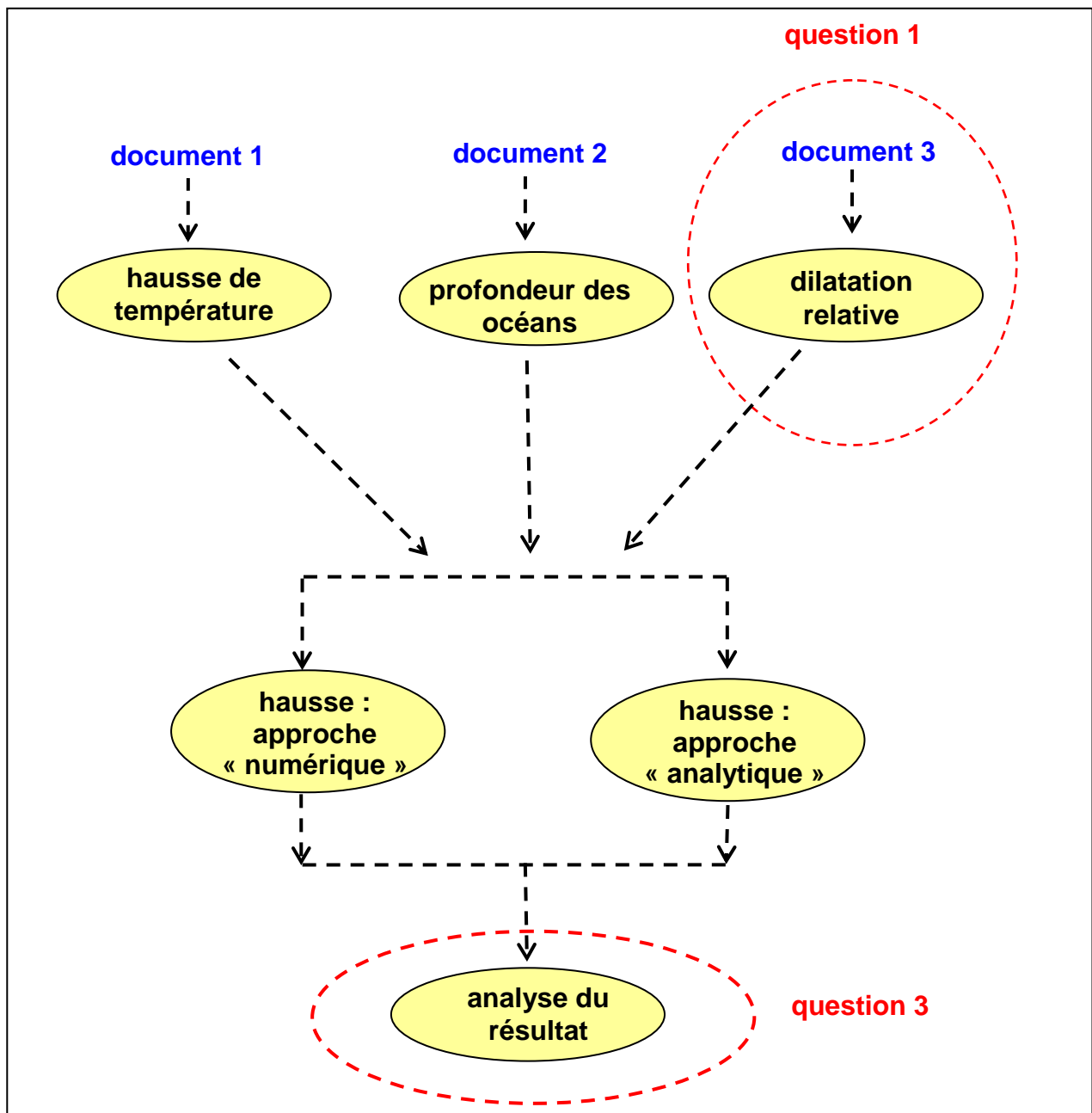
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus

- S'assurer que l'on a répondu à la question posée.
- Analyser les conséquences du résultat obtenu en s'appuyant sur ses connaissances et son « bon sens ».
- Remettre en cause un modèle en identifiant les approximations faites et savoir qu'un effet peut avoir des causes multiples.

Rédiger la solution

- Expliquer le raisonnement, décrire la démarche suivie et commenter le résultat.
- Présenter les résultats en utilisant un mode de représentation approprié.

Schéma d'analyse des démarches :



- On identifie ainsi les étapes nécessaires à la résolution du problème.

4. Evaluation de l'activité basée sur les compétences.

La grille d'évaluation doit être le reflet des points forts mobilisés par l'activité. Dans ce cas, il est clair que la compétence « réaliser » est spécifiquement mobilisée.

Exemple de grille d'évaluation basée sur les compétences :

La dilatation des océans

Compétences	Observables possibles	Niveau de maîtrise (poids relatif)
S'approprier	<ul style="list-style-type: none"> - identifier les grandeurs physiques pertinentes, leur attribuer un symbole : V, T, h, S, .. - lire attentivement les trois documents joints, leur donner un sens : hausse de température, profondeur des océans, dilatation de l'eau avec la température 	<p>A B C D</p> <p>**</p>
Analyser	<ul style="list-style-type: none"> - identifier les principales étapes de la résolution, la première étape est fixée - identifier les grandeurs physiques inconnues et non précisées : profondeur moyenne des océans, hausse moyenne de la température des océans - faire la synthèse et proposer un schéma de résolution¹ <pre> graph TD D1[document 1] --> H1(hausse de température) D2[document 2] --> P2(profondeur des océans) D3[document 3] --> DR(dilatation relative) H1 -.-> HA(hausse : approche « numérique ») P2 -.-> HA DR -.-> HA2(hausse : approche « analytique ») HA -.-> AR(analyse du résultat) HA2 -.-> AR </pre>	<p>A B C D</p> <p>*****</p>
Réaliser	<ul style="list-style-type: none"> - utiliser un tableau de valeurs numériques pour évaluer un coefficient de dilatation - évaluer graphiquement une valeur moyenne et une pente - mobiliser les trois données obtenues pour répondre à l'objectif fixé. - vérifier l'homogénéité des formules, effectuer correctement les applications numériques et utiliser les unités adaptées 	<p>A B C D</p> <p>*****</p>
Valider	<ul style="list-style-type: none"> - identifier d'éventuelles valeurs aberrantes - discuter des conséquences d'un résultat - identifier les limites d'un modèle - souligner qu'un effet peut avoir plusieurs causes 	<p>A B C D</p> <p>***</p>
Communiquer	<ul style="list-style-type: none"> - expliquer le raisonnement et décrire la démarche suivie - utiliser le langage des mathématiques de manière rigoureuse - présenter les résultats de manière adaptée (unités, chiffres significatifs...) - soigner et rédiger de manière adaptée 	<p>A B C D</p> <p>***</p>
	Bilan de l'activité	

- Pour l'évaluation chiffrée finale on peut identifier des niveaux de maîtrise A, B, C, D par exemple et élaborer la note finale attribuée à l'aide d'un système semblable à l'ECE : définition d'un poids relatif pour chaque compétence et calcul automatique de la note finale avec l'idée de pouvoir mettre la note maximale à diverses solutions même « non parfaites » mais que l'on juge suffisamment abouties.

¹ Le schéma en tant que tel n'est pas demandé, il ne doit pas être exigé. Il est donc facultatif en tant que schéma mais la réponse doit faire apparaître sous une forme ou une autre les étapes de la résolution.