

nom, prénom :

Ex1 - /27*

Ex2 - /20*

note /47*

Evaluation des compétences	APP (restituer des connaissances, extraire des informations)	REA (effectuer un calcul simple, un schéma...)	ANA (exploiter les connaissances, les informations...)	VAL (raisonner – justifier...)
A / B / C / D	... /15*	... /11*	... /14*	... /7*

Ex. 1. L'acidification des océans

APP REA ANA VAL

Moules et huîtres menacées par l'acidification des océans

Depuis le début de l'ère industrielle, les émissions anthropiques (1) de dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère ont fortement augmenté ...

Frédéric Gazeau, chercheur à l'Institut Néerlandais d'Écologie, et ses collègues dont Jean-pierre Gattuso, directeur de recherche au laboratoire d'Océanographie de Villefranche-sur-mer (CNRS/Université Pierre et Marie Curie) ont examiné la réponse des huîtres et des moules cultivées en Europe à l'acidification des océans.

Les résultats, publiés dans la revue *Geophysical Research Letters*, sont sans appel : ils montrent pour la première fois que ces mollusques seront directement affectés par le bouleversement en cours de la composition chimique de l'eau de mer. Au-delà de leur intérêt commercial, les moules et les huîtres rendent des services écologiques très importants : elles créent par exemple des habitats permettant l'installation d'autres espèces, contrôlent en grande partie les flux de matière et d'énergie et sont d'importantes proies pour les oiseaux au sein des écosystèmes qui les abritent. Un déclin de ces espèces aurait donc des conséquences graves sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et sur les services qu'elles rendent aux populations humaines.

Note (1) : anthropique : lié aux activités humaines.

d'après <http://www2.cnrs.fr/communique/1054.htm>

<http://www.science.gouv.fr/fr/actualites/bdd/res/2555/moules-et-huitres-menaces-par-l-acidification-des-oceans/>

Dans cet exercice on s'intéresse :

- dans les parties 1 et 2, au processus dit « acidification de l'océan » et à ses conséquences sur les organismes calcificateurs comme les coraux et les mollusques qui fabriquent un squelette ou une coquille calcaire ;
- dans la partie 3 à la surveillance par satellite du dioxyde de carbone à l'origine de ce phénomène.

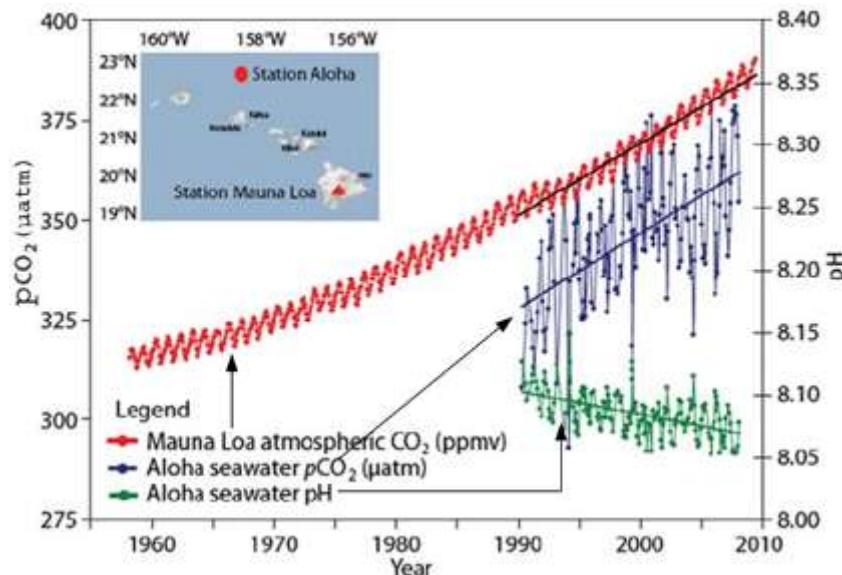
Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes les unes des autres.

1. Acidification des océans

(les documents 2, 3, 4 et 5 utiles à la résolution de cette partie sont donnés en fin de l'exercice).

1.1 Que peut-on déduire des courbes du document 1 ci-après ?

* * * *



Document 1 – Évolution depuis 1958 de la composition en CO_2 dans l'atmosphère à Mauna Loa (Hawaï), de la pression de CO_2 dans l'océan, du pH de l'océan.

La courbe représentant la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère exprimée en ppmv (partie par million par volume) n'est qu'une indication de l'évolution de cette concentration sans souci d'échelle.

Afin de comparer le contenu en CO_2 de l'atmosphère et de l'eau de mer, on définit la pression de CO_2 dans l'océan :

1.2 Aujourd'hui, les océans ont un pH voisin de 8,1 soit 0,1 unité plus faible qu'au moment de la révolution industrielle.

1.2.1. À partir des documents 2 et 3 en annexe, montrer qu'une augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère conduit à une diminution du pH dans l'eau.

* * * *

1.2.2. Montrer qu'une diminution de 0,1 unité pH au voisinage de 8,1 représente une augmentation de la concentration en ions oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ d'environ 30%.

* * * *

Rappels mathématiques : $\log(axb) = \log a + \log b$ et $\log(1/a) = -\log a$

2. Le carbone dans les océans

Le carbone est principalement présent dans les océans sous trois formes qui coexistent : l'ion carbonate CO_3^{2-} (aq), l'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- (aq) et l'acide carbonique H_2CO_3 (aq).

Ce dernier étant instable en solution aqueuse, s'écrit $\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

On note K_a la constante d'acidité associée au couple acide/base noté HA/A^- . On peut montrer que $\text{pH} = \text{p}K_a + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}\right)$.

Soient K_{a1} et K_{a2} les constantes d'acidité des couples associés aux espèces carbonées des réactions 1 et 2 du **document 3**.
On pose $C_T = [\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$.

Le diagramme du **document 4** en annexe représente les variations en fonction du pH des rapports :

$$\alpha_1 = \frac{[\text{CO}_2]}{C_T}, \alpha_2 = \frac{[\text{HCO}_3^-]}{C_T}, \alpha_3 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{C_T}$$

2.1 Déduire de ce diagramme les valeurs de $\text{p}K_{a1}$ et $\text{p}K_{a2}$.	*	*	
2.2 Placer sur un diagramme les domaines de prédominance des espèces $\text{CO}_{2(\text{aq})}$, $\text{HCO}_3^{-(\text{aq})}$ et $\text{CO}_3^{2-(\text{aq})}$.		*	*
2.3 Évaluer α_1 , α_2 et α_3 dans les océans à partir du diagramme du document 4 en annexe.	*	*	*
2.4 La variation de pH observée a-t-elle modifié de manière notable la valeur de α_2 ?			*
2.5 Quelle est la conséquence de l'augmentation du dioxyde de carbone dissous pour les organismes marins qui ont une coquille à base de carbonate de calcium ? Justifier à l'aide d'un des documents en annexe.	*		*

3. Étude du mouvement du satellite IBUKI

Le début de l'année 2009 a marqué le début d'une ère nouvelle dans l'étude du changement climatique, avec le lancement par les japonais du premier satellite du monde consacré à l'observation des gaz de l'atmosphère terrestre qui contribuent au réchauffement climatique. Le satellite appelé IBUKI, ce qui signifie « souffle » en japonais, est équipé de capteurs de haute précision qui peuvent sonder environ 56 000 points sur la planète. L'agence spatiale japonaise a décidé de diffuser gratuitement les données du satellite aux scientifiques du monde entier. Elles seront utilisées notamment pour étudier des modèles du cycle du carbone actuellement utilisés pour tenter non seulement de reconstituer les flux entre les différents réservoirs (sols, air, eau, biosphère) mais aussi pour tenter de reconstituer les flux d'émissions anthropiques.



D'après <http://sciences.blogs.liberation.fr/home/2009/01/le-japon-lance.html>

Pour réaliser ces mesures, le satellite IBUKI tourne autour de la Terre suivant une trajectoire circulaire qui passe au-dessus des pôles à l'altitude $z = 667$ km.

Pour régler les appareils de mesure, il a fallu déterminer la durée entre deux passages successifs du satellite au-dessus de l'un des pôles.

3.1 Représenter sans souci d'échelle sur un schéma : la Terre, le satellite IBUKI et la force \vec{F} d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite IBUKI supposé ponctuel.	*	*	
3.2 Le satellite étant supposé n'être soumis qu'à la seule force d'interaction gravitationnelle due à la Terre, montrer que l'accélération qu'il subit est radiale et centripète.	*	*	
3.3 En déduire l'expression de la vitesse v du satellite sur son orbite circulaire.	*	*	
3.4 Déterminer l'expression de la période de révolution T du satellite en fonction de G , M_T et R_T et z . Calculer sa valeur.		*	*
3.5 Quelle est la caractéristique du rapport $T^2/(R_T + z)^3$?		*	*

Données :

- ✓ rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^3$ km ;
- ✓ mase de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ;
- ✓ masse du satellite IBUKI : $m_S = 1,75 \times 10^3$ kg ;
- ✓ constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻² ;
- ✓ expression de l'intensité de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps de mase M_A et M_B , de centres A et B, distants de $d = AB$: $F = G \frac{M_A M_B}{d^2}$;
- ✓ le mouvement du satellite est considéré comme circulaire uniforme ;
- ✓ la valeur a de l'accélération d'un satellite, en mouvement circulaire uniforme, de vitesse orbitale v autour d'un astre, sur une orbite de rayon r , a pour expression : $a = \frac{v^2}{r}$.

total

Ex.2. La mesure du temps par Galilée

La mesure du temps est une question essentielle depuis... la nuit des temps. Elle a initialement été basée sur l'observation d'un phénomène régulier et répétitif qui permettait de caractériser des durées égales.

Galilée, au XVII^{ème} siècle, a eu l'idée d'utiliser un pendule pour mesurer le temps :

Document 1

« J'ai pris deux boules, l'une de plomb et l'autre de liège, celle-là au moins cent fois plus lourde que celle-ci, puis j'ai attaché chacune d'elles à deux fils très fins, longs tous les deux de quatre coudées ; les écartant alors de la position perpendiculaire, je les lâchais en même temps ; une bonne centaine d'allées et venues, accomplies par les boules elles-mêmes, m'ont clairement montré qu'entre la période du corps pesant et celle du corps léger, la coïncidence est telle que sur mille vibrations comme sur cent, le premier n'acquiert sur le second aucune avance, fût-ce la plus minime, mais que tous les deux ont un rythme de mouvement rigoureusement identique.

On observe également l'action du milieu qui, en gênant le mouvement, ralentit bien davantage les vibrations du liège que celles du plomb, sans toutefois modifier leur fréquence.

D'après *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*, publié en 1636

On réalise un pendule en suspendant une bille de plomb de masse $m = 50 \text{ g}$ et de centre d'inertie G, à un fil de longueur ℓ accroché en O comme l'indique la figure du **document 2**.

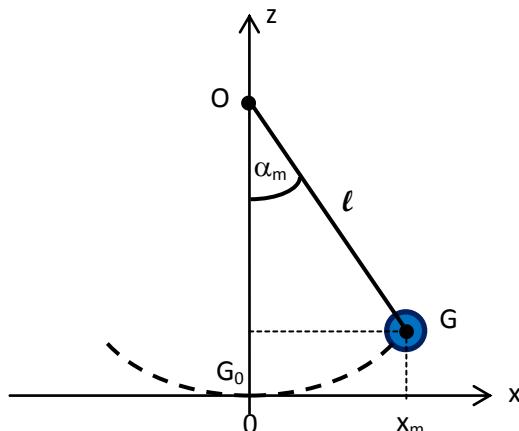
Document 2

On choisit la position à l'équilibre G_0 de G comme origine des altitudes z. Pour un amortissement faible, la pseudo-période T du pendule est voisine de sa période propre T_0 . L'expression de la période propre du pendule est l'une des propositions suivantes :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\ell} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{g}{\ell}} ; \quad T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\ell}}$$

ℓ désigne la longueur du fil et m la masse du pendule.

Un système informatique permet d'obtenir les mesures représentées sur les deux graphes du **document 3** en annexe.



Données :
une coudée = 0,573 m ;
accélération de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
la masse du pendule de plomb de Galilée est : $m = 50 \text{ g}$

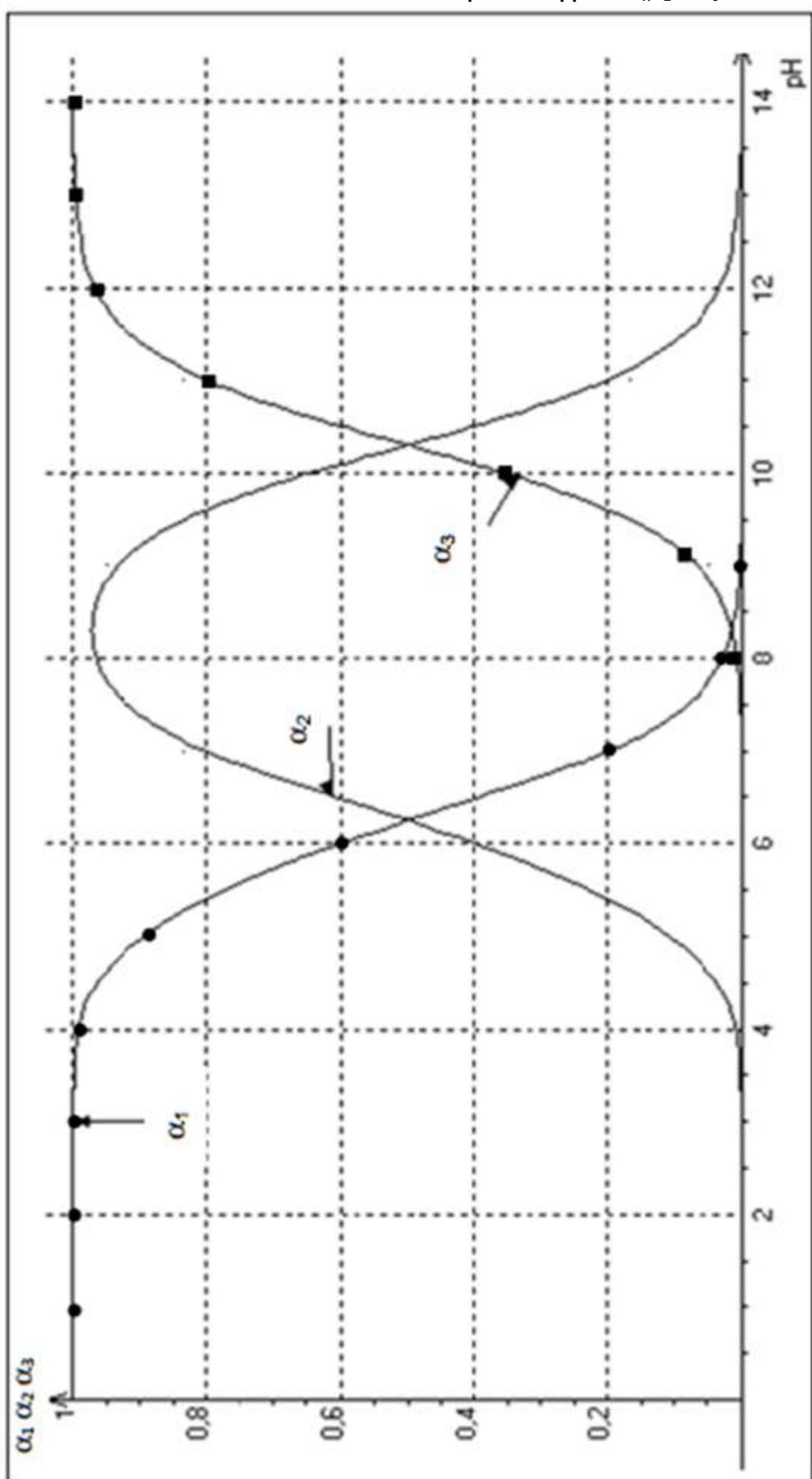
- S'appuyer sur le **document 1** et sur une analyse dimensionnelle pour choisir l'expression de la période propre du pendule. Justifier que « **le pendule réalisé aurait pu être celui de Galilée !** » par une comparaison, la plus précise possible de la valeur calculée de la période du pendule de Galilée et de celle du pendule réalisé expérimentalement **document 3** (Fenêtre n°1). * * * *
- Déterminer, à partir du **document 3** (Fenêtre n°1) en annexe, la valeur de l'abscisse x_m . En déduire la valeur de l'angle maximal α_m , en degré, décrit par le pendule. Pourquoi peut-on parler d'*isochronisme* pour ces oscillations ? * * * *
- A partir du **document 3** (Fenêtre n°2) en annexe, calculer la vitesse maximale v_m atteinte par le centre d'inertie G. * * *
- En admettant que les frottements sont négligeables, faire l'inventaire des forces s'exerçant sur le pendule et préciser la force pour laquelle le travail est non nul. Que peut-on dire de cette force ? * * * *
- Tracer sur le **document 3** (Fenêtre 2) en annexe les évolutions de l'énergie mécanique et de l'énergie potentielle de pesanteur, en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G du pendule réalisé. * * *

total

Annexe

Documents pour l'exercice 1.

Document 4 - Variation en fonction du pH des rapports α_1, α_2 et α_3 .



Document 2 – Loi de Henry

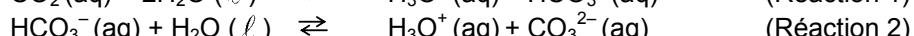
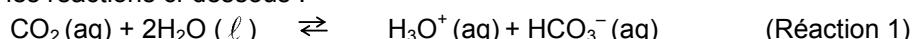
La dissolution d'un gaz dans l'eau obéit à la loi de Henry selon laquelle à température constante, la concentration C du gaz dissous est proportionnelle à la pression partielle p qu'exerce ce gaz au-dessus du liquide.

À chaque instant un pourcentage constant des molécules du gaz dissous dans la phase liquide repasse à l'état gazeux et s'échappe du liquide mais dans le même temps le même pourcentage des molécules de ce gaz passe en solution. Lorsque les deux flux se compensent, l'équilibre de saturation est atteint, soit pour le dioxyde de carbone :



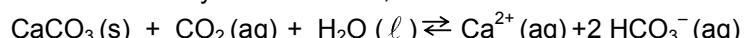
Document 3 - Réactions d'équilibre des espèces carbonées

Dans les eaux de surface de l'océan, le carbone se présente sous trois formes minérales dissoutes en équilibre chimique selon les réactions ci-dessous :



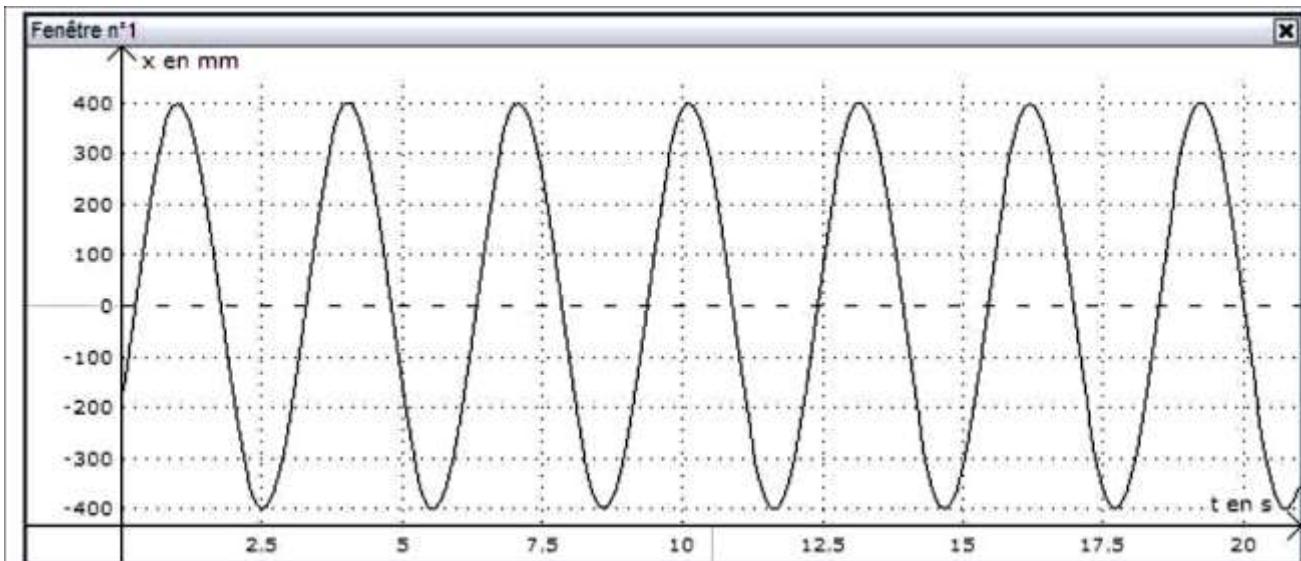
Document 5 - Réaction de dissolution du carbonate de calcium.

En présence d'un excès de dioxyde de carbone, le carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$ se dissout selon l'équation :

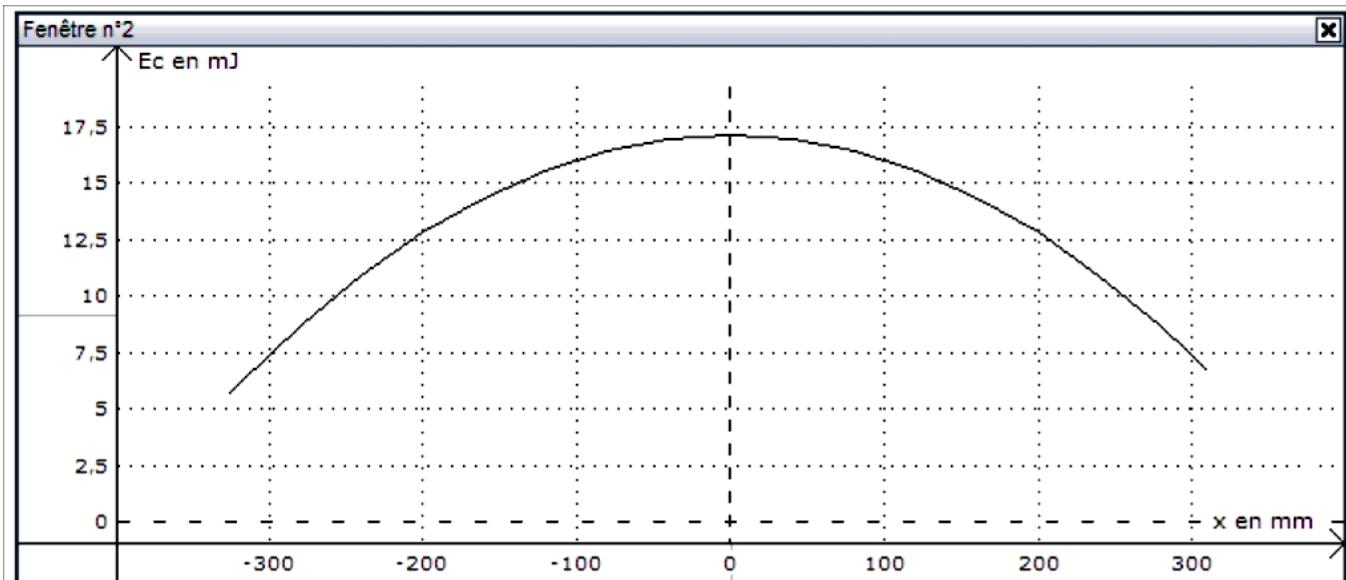


Documents pour l'exercice 2.

Document 3



Évolution de l'abscisse x du centre d'inertie G du système en fonction du temps



Variation de l'énergie cinétique du pendule en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G