

SESSION 2025

**CAPES
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

SECTION : PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE ECRITE DISCIPLINAIRE APPLIQUEE

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPES de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B E	1 5 0 0 F	1 0 2	9 3 1 2

► **Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B F	1 5 0 0 F	1 0 2	9 3 1 2

ÉNONCÉ

Partie 1. Étude de phénomènes d'ordre 1.

Certaines transformations peuvent être modélisées par une évolution temporelle d'ordre 1. Dans cette partie, on s'intéresse spécifiquement à la décroissance radioactive et à la cinétique des transformations chimiques qui suivent une loi de vitesse d'ordre 1.

Objectifs de cette partie

- Mettre en œuvre une évaluation diagnostique en lien avec la décroissance radioactive.
- Mettre en œuvre en classe une activité de modélisation de la décroissance radioactive.
- Construire une analogie entre les phénomènes d'ordre 1 en vue de la préparation de l'épreuve du Grand oral.
- Évaluer par compétences une résolution de problème.
- Faire le lien entre les difficultés conceptuelles rencontrées par les élèves et les choix expérimentaux de l'enseignant(e).

Ressources à disposition dans l'annexe 1

Document 1.1 – Extrait d'une évaluation diagnostique destinée à des élèves de Terminale.

Document 1.2a – Activité de modélisation de décroissance radioactive.

Document 1.2b – Programme en langage Python associé à l'activité du document 1.2a.

Document 1.3a – Énoncé d'une activité de modélisation mathématique.

Document 1.3b – Analogie entre la loi de décroissance radioactive et la loi de vitesse d'ordre 1 en cinétique chimique.

Document 1.4a – Énoncé de la résolution de problème.

Document 1.4b – Compétences de la démarche scientifique.

Document 1.5a – Allure de l'évolution de la concentration en quantité de matière d'espèces chimiques dans le cas d'une transformation chimique d'ordre 1.

Document 1.5b – Différentes transformations chimiques pour l'étude d'une loi de vitesse d'ordre 1.

Document 1.5c – Autour de la définition du temps de demi-réaction.

Q1. À propos des transformations nucléaires

Le document **1.1** présente un extrait d'énoncé d'évaluation diagnostique proposée en spécialité physique-chimie de terminale générale sous la forme d'un questionnaire à choix multiples (QCM) au format numérique.

Pour chaque question de l'évaluation diagnostique du document **1.1**, donner la ou les réponses correctes puis proposer une phrase à associer à chaque proposition de réponse erronée, permettant d'explicitier leur erreur aux élèves.

Q2. Modélisation de la décroissance radioactive

Un extrait d'activité visant à modéliser le phénomène de décroissance radioactive en classe de terminale générale spécialité physique-chimie est proposé dans le document **1.2a**. Le programme en langage Python associé à cet énoncé est détaillé dans le document **1.2b**.

a. Répondre aux questions 1,4 et 6 de l'activité du document **1.2a**.

b. Donner deux arguments en faveur de l'utilisation d'un langage de programmation par rapport au lancer de dés manuel.

Q3. Mise en équation de l'évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs

Une activité de modélisation mathématique est présentée dans le document **1.3a**.

a. Répondre aux questions 1 et 2 de cette activité de modélisation mathématique.

En vue de la préparation du Grand oral, un(e) enseignant(e) propose à ses élèves de travailler sur les phénomènes du premier ordre rencontrés en classe de terminale générale en enseignement de spécialité. Il(elle) leur propose de construire une fiche qui présente les analogies entre la loi de décroissance radioactive et la loi de vitesse de transformations chimiques d'ordre 1. Le document **1.3b** présente un exemple d'une telle fiche.

b. Rédiger sur votre copie le contenu associé à chaque case numérotée de 1 à 6 du tableau du document **1.3b**.

Q4. Datation au carbone 14 : résolution de problème

a. Expliquer le principe de la datation au carbone 14 en une demi-page au maximum.

Le document **1.4a** présente une résolution de problème visant à évaluer la maîtrise du

principe de la datation radioactive par le calcul.

b. Rédiger la correction de la résolution de problème, en établissant l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs telle qu'elle est donnée dans le document **1.4a**.

Des exemples de capacités associées aux compétences de la démarche scientifique sont présentées dans le document **1.4b**.

c. En vous appuyant sur le document **1.4b**, identifier les capacités testées lors de la résolution de problème du document **1.4a** pour la compétence ANALYSER / RAISONNER de la démarche scientifique.

L'enseignant(e) souhaite prendre en compte l'hétérogénéité de sa classe et propose plusieurs versions de l'énoncé de cet exercice dans un souci de différenciation. En premier lieu l'enseignant(e) fournit une aide à la résolution pour cet exercice, présentée à la fin du document **1.4a**. L'enseignant(e) envisage également de reformuler cette résolution de problème sous la forme d'un exercice guidé, pour aider les élèves lors des différentes étapes de résolution.

d. Reformuler cette résolution de problème sous forme d'un exercice guidé en rédigeant quatre questions au minimum qui permettraient de répondre à la problématique.

Q5. Cinétique d'ordre 1 dans le cas de transformations chimiques

Lors d'une séance expérimentale, l'enseignant(e) choisit de travailler sur une transformation chimique dont la loi de vitesse suit un ordre global de 1, afin de réinvestir des connaissances abordées lors du chapitre sur la décroissance radioactive.

Pour suivre la cinétique de la réaction qui modélise la transformation chimique, il est nécessaire de proposer des expériences qui permettent d'accéder à la composition du milieu réactionnel au cours du temps.

Trois courbes d'évolution temporelle de la composition d'un système chimique sont présentées dans le document **1.5a**.

a. Associer à chaque proposition ci-dessous le numéro de la courbe pouvant correspondre à l'évolution des grandeurs suivantes.

- Proposition A : évolution de la concentration en quantité de matière d'un produit.
- Proposition B : évolution de la concentration en quantité de matière d'un réactif limitant dans le cas d'une transformation totale.
- Proposition C : évolution de la concentration en quantité de matière d'un réactif dans le cas d'une transformation limitée.
- Proposition D : évolution de la concentration en quantité de matière d'un réactif en excès dans le cas d'une transformation totale.

b. Indiquer le numéro de la courbe qui permet de faire une analogie simple avec la décroissance radioactive. Justifier votre réponse.

Le document **1.5b** détaille certaines transformations chimiques susceptibles d'être étudiées au lycée pour illustrer une loi de vitesse d'ordre 1.

c. Pour chaque transformation chimique du document **1.5b**, proposer une méthode expérimentale de suivi cinétique adaptée.

d. Parmi les équations des réactions modélisant les transformations chimiques proposées dans le document **1.5b**, choisir celle(s) pour les(la)quelle(s) l'évolution temporelle de la composition du système permettrait de retrouver une évolution semblable à la décroissance radioactive. Justifier votre réponse.

L'enseignant(e) choisit de faire vérifier l'ordre 1 par la méthode dite « des temps de demi-réaction ». Dans un premier temps, l'enseignant(e) demande à ses élèves de rappeler la définition du temps de demi-réaction. Certaines réponses des élèves, données dans le document **1.5c**, sont erronées si on ne précise pas le cadre limité dans lequel ces définitions pourraient convenir.

Pour corriger les propositions des élèves, l'enseignant(e) propose les compléments A, B et C du document **1.5c**.

e. Associer à chaque proposition 1, 2 et 3 des élèves, le complément A, B ou C qui convient afin de les rendre correctes. On répondra en donnant les couples chiffre – lettre.

f. Rédiger la définition du temps de demi-réaction que l'enseignant(e) pourrait donner à ses élèves.

Partie 2. Contrôle qualité de « véritables cristaux de soude ».

La liaison chimique peut être considérée comme un réservoir d'énergie chimique permettant de stocker ou de restituer de l'énergie. L'étude de la dissolution de solides et de ses effets thermiques permet d'illustrer que l'énergie chimique perdue ou gagnée est transférée sous forme thermique.

Objectifs de cette partie

- Identifier les étapes de la démarche scientifique.
- Discuter l'intérêt de la mise en place d'un cahier de laboratoire au cours d'une activité expérimentale.
- Identifier des étapes de l'histoire des sciences et de la construction des savoirs scientifiques.
- Identifier les conceptions erronées des élèves sur les phénomènes de dissolution et de fusion d'un solide.
- Prévoir l'allure d'une courbe de titrage acido-basique.
- Élaborer une séquence pédagogique sur l'extrait de programme de terminale STL, en enseignement de spécialité Physique Chimie et Mathématiques (PCM).

Un(e) enseignant(e) de terminale STL en enseignement de spécialité Physique Chimie et Mathématiques (PCM) souhaite construire une séquence pédagogique, comportant plusieurs séances, pour traiter de la partie du programme présentée ci-dessous :

Notions et contenus	Capacités exigibles
Enthalpie standard de formation. Enthalpie standard de réaction. Capacité thermique.	- Définir une enthalpie standard de formation. - Calculer une enthalpie standard de réaction à partir de données tabulées en utilisant la loi de Hess. - Identifier le caractère exothermique, endothermique ou athermique d'une réaction. - Citer et exploiter la relation entre variation d'enthalpie, capacité thermique et variation de température pour une phase condensée.

L'enseignant(e) choisit de travailler sur le principe d'un contrôle qualité afin de faire pratiquer la démarche scientifique à ses élèves et d'intégrer la notion de dissolution d'un solide moléculaire ou ionique afin de réinvestir les capacités exigibles de la classe de première STL en enseignement de spécialité PCM présentées ci-dessous :

Notions et contenus	Capacités exigibles
Solvants usuels. Dissolution d'une espèce moléculaire ou ionique.	- Citer et identifier des solvants polaires et apolaires usuels. - Décrire la dissolution d'une espèce ionique ou moléculaire en faisant intervenir les liaisons intermoléculaires entre soluté et solvant. - Modéliser par une équation de réaction la dissolution d'une espèce solide moléculaire ou ionique.

Ressources à disposition dans l'annexe 2

Document 2.1 – Activité proposée à des élèves de classe de terminale STL en enseignement de spécialité PCM, permettant d'effectuer un contrôle qualité sur un produit commercial.

Document 2.2 – Modèle de cahier de laboratoire fourni par l'enseignant(e) et complété par l'élève au cours de la séance.

Document 2.3 – Étapes de la démarche scientifique présentées de façon simplifiée.

Document 2.4 – Exercice distribué aux élèves à propos de l'histoire du mot « soude ».

Document 2.5 – Extrait d'un document relatif aux caractéristiques associées à la construction des savoirs scientifiques.

Document 2.6 – Extrait d'un questionnaire sur une étude concernant les conceptions des élèves à propos du phénomène de dissolution d'un solide.

Document 2.7 – Courbes de simulations de titrages acido-basiques avec suivi pH-métrie réalisées avec le logiciel Dozzaqueux.

Q1. Restitution d'énergie chimique par transfert thermique lors de la dissolution d'un solide ionique

L'enseignant(e) propose l'activité expérimentale du document **2.1**. Le document **2.2** présente un cahier de laboratoire dont le modèle a été fourni par l'enseignant(e) et complété par un(e) élève pour l'activité expérimentale du document **2.1**. On considèrera que les hypothèses formulées sont celles attendues et que les données contenues dans le cahier de laboratoire rempli par l'élève sont pertinentes.

Les étapes de la démarche scientifique sont présentées de manière simplifiée dans le document **2.3**.

a. En vous appuyant sur les documents **2.1**, **2.2** et **2.3**, décrire le contenu des étapes suivantes pour l'activité expérimentale du document **2.1** :

- la représentation erronée de l'élève ;
- les deux hypothèses formulées ;
- trois investigations scientifiques mises en place ;
- la situation problème.

b. Retrouver, à partir de la loi de Hess, la valeur de l'enthalpie standard de dissolution $\Delta_{\text{diss}}H^0$ calculée par l'élève à la question 8 du document **2.1**. Le calcul littéral sera explicité.

On fait l'hypothèse que les transformations au sein du calorimètre sont adiabatiques, qu'elles se déroulent à pression constante, et que le milieu liquide se comporte comme de l'eau pure.

c. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, retrouver l'expression de l'enthalpie standard de dissolution $\Delta_{\text{diss}}H^0$ donnée dans le document **2.1**.

Afin de faire travailler ses élèves sur la compétence « VALIDER » en lien avec la démarche scientifique, l'enseignant(e) souhaite exploiter l'ensemble des résultats du calcul des enthalpies standard de dissolution des groupes de la classe.

d. Rédiger l'énoncé de la question 11 de l'activité expérimentale du document **2.1** en détaillant les différentes étapes qui permettront à l'élève de vérifier la compatibilité entre le résultat de la mesure et la valeur calculée à la question 8 du document **2.1**, que l'on considèrera comme étant la valeur de référence.

Q2. Autour du cahier de laboratoire

L'enseignant(e) de physique chimie en Terminale STL, enseignement de spécialité PCM, souhaite initier ses élèves à la tenue d'un cahier de laboratoire en chimie lors des activités expérimentales. Pour cette première occasion, un modèle leur est fourni, donné dans le document **2.2**.

a. Donner deux arguments qui justifient l'intérêt de tenir un cahier de laboratoire lors des séances d'activités expérimentales.

b. Proposer deux améliorations possibles au modèle de cahier de laboratoire fourni dans le document **2.2**.

Q3. Histoire du mot « soude »

L'activité expérimentale du document **2.1** a permis de corriger une représentation erronée des élèves. Pour approfondir le travail autour de cette représentation erronée, l'enseignant propose de travailler sur l'histoire des sciences à partir du document **2.4**.

a. Répondre à la consigne de l'exercice du document **2.4**.

b. Identifier deux aspects du processus de construction des savoirs scientifiques qui peuvent être abordés par l'extrait du document **2.4** en vous appuyant sur le document **2.5**. Illustrer ces aspects dans le contexte de l'exercice du document **2.4**.

Q4. Conceptions erronées autour du phénomène de dissolution d'un solide ionique

Lors de l'activité expérimentale présentée dans le document **2.1** vous repérez des conceptions erronées des élèves concernant le phénomène de dissolution d'un solide ionique.

a. À partir de l'exemple du solide NaOH(s) dont il est question dans l'activité

expérimentale du document **2.1**, nommer et décrire succinctement les trois étapes de la dissolution de cette espèce ionique dans l'eau, puis préciser la nature des liaisons intermoléculaires qui s'établissent entre le soluté et le solvant.

b. Identifier les réponses correctes aux questions proposées aux élèves dans le document **2.6**. Indiquer deux conceptions erronées que le chercheur souhaite faire émerger à travers son questionnaire.

c. L'activité expérimentale présentée dans le document **2.1** permet de corriger une conception erronée sur le lien entre dissolution et température. Proposer une trace écrite à destination des élèves, permettant de rectifier cette conception erronée et qui intègre les termes « endothermique » et « exothermique ».

Q5. Titration acido-basique avec suivi pH-métrique

Dans la phase de préparation de son activité expérimentale, l'enseignant(e) décide de procéder au titrage acido-basique avec suivi pH-métrique des « véritables cristaux de soude », préalablement déshydratés, afin de vérifier l'hypothèse que la poudre déshydratée est effectivement constituée de $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$. Un logiciel de simulation de titrage acido-basique lui permet de simuler cette expérience et de prévoir l'allure de la courbe obtenue.

a. Différentes courbes de simulation de titrage sont regroupées dans le document **2.7**. Identifier, en justifiant, la courbe qui correspond au titrage d'une solution aqueuse obtenue par dissolution de $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s})$.

Données à la température $T = 298 \text{ K}$:

$pK_{a,1}(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} ; \text{HCO}_3^-) = 6,4$ et $pK_{a,2}(\text{HCO}_3^- ; \text{CO}_3^{2-}) = 10,3$.

b. Écrire les équations des réactions qui modélisent les transformations correspondant aux différentes portions de la courbe de titrage choisie. Déterminer les valeurs des constantes thermodynamiques d'équilibre associées à partir des données thermodynamiques disponibles.

Q6. Élaboration de la séquence pédagogique

Proposer de manière synthétique le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de **deux séances de deux heures** visant à traiter la partie du programme de l'enseignement de spécialité PCM de la classe de terminale STL présentée en introduction, relative à la thermodynamique chimique.

Le(a) candidat(e) :

- formulera une **contextualisation et une problématique** pour la séquence ;
- proposera un découpage des séances en explicitant les **notions introduites** à chaque séance ;

- proposera des séances favorisant la **mise en activité** des élèves (activité expérimentale, documentaire, résolution d'exercices, etc.) dont les modalités seront précisées.

L'activité expérimentale proposée dans le document **2.1** ne sera pas intégrée telle quelle à la séquence mais des activités expérimentales seront proposées **dès que cela est possible**. Le candidat précisera la ou les notion(s) illustrée(s) par les activités expérimentales de sa séquence.

Partie 3. À propos du réchauffement climatique.

Le système climatique terrestre est gouverné par des phénomènes physiques parmi lesquels l'effet de serre joue un rôle prépondérant. Les conséquences de l'augmentation de l'effet de serre liée aux activités anthropiques sont nombreuses et parfois irréversibles.

Objectifs de cette partie

- Analyser des activités permettant d'aborder les notions de déséquilibre de bilan radiatif et de gaz à effet de serre.
- Étudier les conséquences du réchauffement climatique sur la hauteur du niveau marin et identifier dans ce contexte des caractéristiques associées à la nature des savoirs scientifiques.
- Identifier des caractéristiques des observations satellitaires.
- Élaborer une séquence pédagogique pour traiter la partie du programme d'enseignement scientifique de terminale de la voie générale présentée ci-dessous.

D'après le Bulletin officiel n°25 du 22 juin 2023

Thème 1 : Science, climat et société	
1.2. La complexité du système climatique Le système climatique et son évolution dans le temps résultent de plusieurs facteurs naturels et d'interactions entre océans, atmosphère, biosphère, lithosphère et cryosphère. Il est nécessaire de prendre en compte ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles (de l'année au million d'années, voire davantage). Le système climatique présente une variabilité spontanée et réagit aux perturbations de son bilan énergétique par des mécanismes appelés rétroactions. Les facteurs anthropiques ont des conséquences irréversibles à court terme. Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées.	
Savoirs	Savoir-faire
Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère : CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O et vapeur d'eau, principalement. Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. Il en résulte une augmentation de la puissance	Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques et de son abondance. Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps (occurrence et intensité des événements météorologiques extrêmes, niveau des océans, extension d'un glacier, etc.)

radiative reçue par la surface terrestre de la part de l'atmosphère. Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle.

L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans.

Analyser la variation au cours du temps de la teneur atmosphérique en CO₂ et la variation de la température moyenne.

Lectures graphiques.

Pourcentages.

Calculs de moyennes.

Variation absolue, variation relative.

Ressources à disposition dans l'annexe 3

Document 3.1a – Évaluation diagnostique sur le thème du bilan radiatif et réponses des élèves.

Document 3.1b – Extrait d'une activité illustrant un aspect de l'effet de serre.

Document 3.2a – Activité : les gaz à effet de serre.

Document 3.2b – Copie d'élève associée à l'activité du document **3.2a**.

Document 3.2c – Modélisation du bilan radiatif terrestre.

Document 3.2d – Une définition de l'esprit critique.

Document 3.3 – Évolution de la montée des eaux entre 1995 et 2020.

Document 3.4a – Adaptation d'un sujet de devoir commun de seconde.

Document 3.4b – Caractéristiques associées à la nature des savoirs scientifiques.

Document 3.4c – Adaptation d'un sujet de baccalauréat.

Document 3.4d – Extrait d'une copie d'élève associée au sujet du document **3.4c**.

Document 3.5 – Extrait du préambule des programmes d'enseignement scientifique. Objectifs généraux de formation.

Q1. À propos du bilan radiatif terrestre et de l'effet de serre

Afin de réactiver les notions vues en enseignement scientifique de classe de première dans la partie intitulée « bilan radiatif terrestre », un(e) enseignant(e) propose l'évaluation diagnostique présentée dans le document **3.1a**. Les réponses correctes figurent en gras et les pourcentages des réponses données par les élèves sont indiqués en face de chacune des propositions.

a. En analysant les réponses des élèves, indiquer en justifiant sur quel(s) aspect(s) du bilan radiatif il est nécessaire d'apporter une remédiation.

L'enseignant(e) propose ensuite une activité expérimentale, présentée dans le document **3.1b**, visant à illustrer l'un des aspects de l'effet de serre.

b. Répondre à la question 2 de cette activité.

Q2. À propos des gaz à effet de serre

Le document **3.2a** présente une activité documentaire à destination d'élèves de terminale en enseignement scientifique.

a. Proposer un corrigé à destination des élèves pour les deux questions de l'activité.

b. Élaborer un barème détaillé pour la question 1 de cette activité, notée sur 2 points.

c. Appliquer le barème établi à la question Q2b pour évaluer la question 1 de la copie d'élève présentée dans le document **3.2b**. Attribuer une note sur 2 points, en explicitant les choix effectués, ainsi qu'un commentaire à visée formative.

Un modèle de bilan radiatif à l'équilibre est détaillé dans le document **3.2c**.

d. À partir des documents **3.2c** et **3.2d**, ainsi que l'activité présentée dans le document **3.2a**, formuler une explication à destination des élèves de la phrase suivante : « En raison de l'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la puissance radiative additionnelle reçue par la Terre entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle ». Vous pourrez illustrer votre explication par un schéma.

e. Un(e) élève vous rapporte des propos lus sur un réseau social, et vous demande ce que vous en pensez. En effet, un scientifique y revendique « de ne pas aller dans le sens du groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC), qu'il faut entendre les petites voix dissidentes et que l'histoire est pleine de scientifiques de génie qui n'étaient pas écoutés au départ ».

Formuler une réponse que pourrait formuler l'enseignant(e) à destination de cet(te) élève en vous appuyant, par exemple, sur le document **3.2d**.

Q3. À propos de la hausse du niveau marin

La montée des eaux est l'un des indicateurs du réchauffement climatique actuel.

a. En vous appuyant sur le document **3.3**, proposer deux expériences réalisables en classe, qui permettent d'illustrer les deux principales causes de la hausse du niveau marin. Schématiser ces expériences en nommant le matériel utilisé et détaillerez les observations attendues.

b. Préciser une limite de l'analogie entre ces expériences menées en laboratoire et le phénomène de montée des eaux à l'échelle mondiale.

Q4. Les observations satellitaires pour mesurer des indicateurs du réchauffement climatique

Les satellites sont aujourd'hui l'outil principal des scientifiques pour étudier le réchauffement climatique et son impact sur l'environnement.

Un(e) enseignant(e) propose une tâche complexe sur cette thématique, en enseignement scientifique de classe de terminale, dont l'énoncé figure dans le document **3.4a**.

a. Rédiger un corrigé à destination des élèves de cette tâche complexe (qualifiée de « problème à résoudre » dans le document **3.4a**)

b. Rédiger une question avec son corrigé qui pourrait être donnée à la suite de la tâche complexe et qui porterait sur une des caractéristiques associées à l'interaction entre sciences et société pour la construction des savoirs scientifiques, présentées dans le document **3.4b**.

Dans un souci de continuité entre les apprentissages, l'enseignant(e) soumet une activité sur cette même thématique dans sa classe de spécialité physique-chimie en terminale, dans le cadre de l'étude des mouvements circulaires dans un champ de gravitation. Il s'agit de résoudre l'exercice présenté dans le document **3.4c**. Le document **3.4d** est un extrait de copie d'élève associée aux questions 1 et 2 du document **3.4c**.

c. Dans l'extrait de copie d'élève (document **3.4d**), relever deux erreurs réalisées par l'élève, identifier leur origine et proposer un commentaire à visée formative pour chacune d'entre elles.

d. Répondre aux questions 3, 4 et 5 de l'exercice du document **3.4c**.

Dans la copie du document **3.4d**, l'élève évoque la notion de référentiel galiléen.

e. Définir ce qu'est un référentiel galiléen.

f. Citer deux exemples de référentiels non galiléens puis exprimer la seconde loi de Newton dans un référentiel non galiléen, en précisant la signification de toutes les grandeurs utilisées.

Q5. Élaboration d'une séquence pédagogique

Proposer, de manière synthétique, le contenu d'une séquence d'enseignement constituée de **deux séances de deux heures** visant à traiter la partie du programme d'enseignement scientifique de terminale présentée en introduction de la partie 3. Certaines activités présentées dans les annexes **3.1** à **3.4** pourront être utilisées.

Le(a) candidat(e) :

- proposera une **contextualisation et une problématique** pour la séquence ;
- explicitera les objectifs de chaque séance, en s'appuyant notamment sur la description des **objectifs généraux du programme d'enseignement scientifique** (document **3.5**) ;
- précisera et contextualisera les **caractéristiques associées aux savoirs scientifiques** qui sont abordés au cours des séances (document **3.4b**) ;
- détaillera le **contenu des séances** (type d'activité, contenu succinct de la phase d'institutionnalisation, type et contenu des évaluations envisagées).

ANNEXES

Partie 1. Étude de phénomènes d'ordre 1.

Document 1.1 – Extrait d'une évaluation diagnostique destinée à des élèves de Terminale.

1. L'arsenic 72 de symbole ^{72}As possède :
 - a) 72 nucléons
 - b) 72 neutrons
 - c) 72 protons
2. Un atome radioactif est
 - a) stable
 - b) chargé électriquement
 - c) instable
3. La population de noyaux radioactifs d'un échantillon :
 - a) diminue au cours du temps
 - b) est divisée par 2 au bout d'une demi-vie
 - c) est nulle au bout de deux demi-vies

Document 1.2a – Activité de modélisation de décroissance radioactive.

Source : site Éduscol (<https://eduscol.education.fr/document/42244/download>)

La désintégration radioactive d'un noyau possède un caractère aléatoire : pour un noyau donné il est impossible de dire quand il va se désintégrer. En revanche, on connaît avec précision sa probabilité de désintégration sur une période donnée.

1. Expliquer en quoi le fait de jouer un dé à six faces permet de modéliser le comportement d'un noyau radioactif.

On utilise une série de douze dés à six faces (qui modéliseront chacun un noyau radioactif) que l'on va lancer à plusieurs reprises.

- Un dé modélise un noyau qui se désintègre lorsqu'il tombe sur la face « 1 ».
- Un dé qui est tombé sur la face « 1 » est sorti du lot et n'est plus relancé (au début on lance les douze dés en même temps, puis de moins en moins au fil des dés qui tombent sur la face « 1 »).

2. Réaliser une vingtaine de lancers successifs et compléter le tableau suivant en vous appuyant sur les consignes précédentes.

Nombre de lancers	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nombre de dés restants																					

3. Tracer l'allure du graphique représentant le nombre de dés restants en fonction du nombre de lancers. Préciser la grandeur que modélise le nombre de lancers, en lien avec le phénomène de désintégration.

Dans un deuxième temps, on choisit d'utiliser un programme Python qui doit permettre de simuler les lancers successifs d'un nombre de dés quelconque dont le nombre de départ sera fourni au programme.

4. Identifier les lignes du programme Python qui correspondent aux étapes a, b et c détaillées ci-dessous :
 - a. intégrer le caractère aléatoire d'une désintégration radioactive ;
 - b. remplir la liste contenant le nombre de dés restants au fur et à mesure des tirages ;
 - c. tracer la courbe représentant le nombre de dés restant en fonction du nombre de lancers.
5. Exécuter le programme puis déterminer sur la courbe la durée au terme de laquelle il reste la moitié du nombre de dés initial.
6. On souhaite modéliser un échantillon radioactif de nature différente et de taille différente que le précédent. Identifier le(s) paramètre(s) à modifier dans le programme Python.

Document 1.2b – Programme en langage Python associé à l'activité du document 1.2a.

```
1 import random
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 nbDesDepart = 100000
5 nbFaces = 6
6
7 def tireLesDes(nombreDesInitial) :
8     nbDes = nombreDesInitial
9     for i in range(nombreDesInitial) :
10         valeurDe = random.randint(1, nbFaces)
11         if valeurDe == 1 :
12             nbDes = nbDes - 1
13     return nbDes
14
15 nbDes = nbDesDepart
16 historiqueNbDes = [nbDes]
17
18 while nbDes > 0 :
19     nbDes = tireLesDes(nbDes)
20     historiqueNbDes.append(nbDes)
```

```

21
22 def affichageCourbe(historiqueNbDes) :
23     plt.plot([float(y) for y in historiqueNbDes])
24     plt.grid(True)
25     plt.title("Modélisation de la décroissance radioactive par un
26 lancer de dés")
27     plt.xlabel("Nombre de lancers")
28     plt.ylabel("Nombre de dés restants")
29     plt.show()
30
31 affichageCourbe(historiqueNbDes)

```

Document 1.3a – Énoncé d’une activité de modélisation mathématique.

La désintégration des noyaux radioactifs au niveau microscopique est aléatoire, mais au niveau macroscopique, le nombre moyen N de noyaux restants dans l'échantillon suit une loi déterminée qu'on se propose d'établir et de vérifier dans cette activité.

Document 1. Évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs

Pendant une durée infinitésimale dt , la variation du nombre de noyaux dN est proportionnelle à la durée et également proportionnelle au nombre de noyaux présents $N(t)$ soit : $dN = -\lambda \times N(t) \times dt$.

Avec λ : constante radioactive caractéristique du type de noyau radioactif, homogène à l'inverse d'un temps.

Document 2. Loi de décroissance radioactive

La résolution de l'équation différentielle permet d'obtenir la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$.

1. À l'aide du document 1, établir l'équation différentielle vérifiée par le nombre de noyaux $N(t)$.
2. Vérifier que la loi de décroissance radioactive donnée dans le document 2 est bien une solution de l'équation différentielle précédente.

Document 1.3b – Analogie entre la loi de décroissance radioactive et la loi de vitesse d'ordre 1 en cinétique chimique.

	Loi de décroissance radioactive	Loi de vitesse d'ordre 1
<i>Transformation étudiée</i>	Transformation nucléaire : noyau père → noyau fils (excité) + particule(s)	Transformation chimique où R modélise le réactif et P modélise le(s) produit(s) : $R \rightarrow P$
<i>Interprétation microscopique</i>	1	Probabilité de choc efficace entre les molécules du réactif
<i>Grandeur dont on étudie l'évolution temporelle</i>	Nombre de noyaux radioactifs dans l'échantillon étudié : $N(t)$	Concentration en quantité de matière en réactif R : $[R](t)$
<i>Grandeur définie à partir de la dérivée de la précédente</i>	Activité de l'échantillon radioactif : $A(t) = -\frac{dN}{dt}$	Vitesse volumique de disparition de R : $v(t) = -\frac{d[R]}{dt}$
<i>Constante caractéristique</i>	2	Constante de vitesse k
<i>Équation différentielle</i>	3	Dans le cas de l'ordre 1 par rapport au réactif : $-\frac{d[R]}{dt} = k[R]$
<i>Évolution temporelle de la grandeur étudiée</i>	4	$[R](t) = [R]_0 \times e^{-kt}$
<i>Grandeur temporelle associée</i>	5	Temps de demi-réaction : $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$
<i>Allure de l'évolution temporelle de la grandeur étudiée</i>	6	<p>Cinétique d'une transformation chimique d'ordre 1</p>

Document 1.4a – Énoncé de la résolution de problème.

Source : site Eduscol (<https://eduscol.education.fr/document/25345/download>)

On a découvert dans une grotte en Dordogne un foyer contenant du charbon de bois. À quantité égale, un morceau de bois actuel contient 1,5 fois plus de carbone 14 (^{14}C) que le charbon de bois prélevé dans la grotte.

Problématique à résoudre : estimer une datation de l'occupation de la grotte.

Donnée : demi-vie du carbone 14 : $t_{1/2} = 5\,730$ ans

Aide à la résolution (à n'utiliser qu'en cas de besoin).

Le nombre de noyaux radioactifs $N(t)$ contenus dans un échantillon radioactif à une date t vaut : $N(t) = N_0 \times e^{-\frac{\ln(2) \times t}{t_{1/2}}}$
avec $t_{1/2}$: temps de demi-vie du noyau radioactif.

Document 1.4b – Compétences de la démarche scientifique.

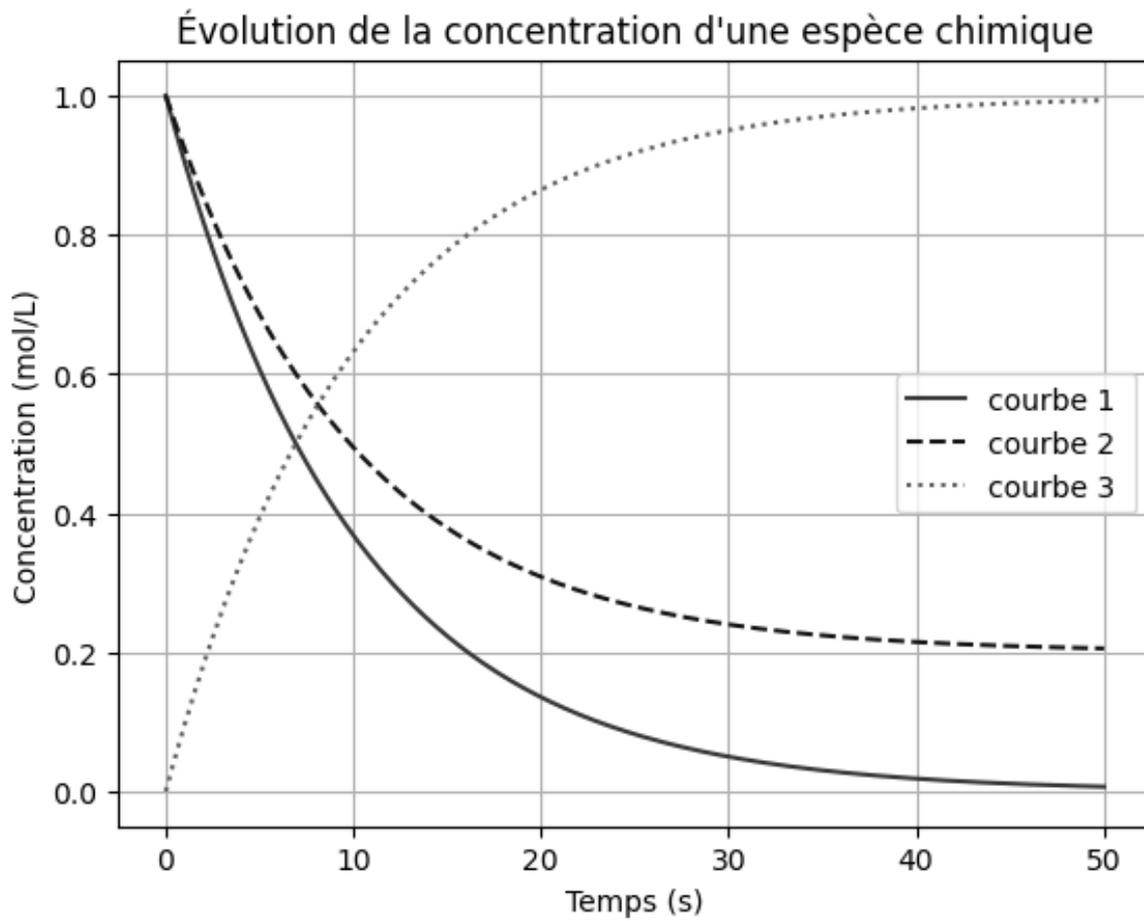
Source : bulletin officiel n°8 du 25 juillet 2019, programme d'enseignement de spécialité physique-chimie en Terminale

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	<ul style="list-style-type: none">- Énoncer une problématique.- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.- Représenter la situation par un schéma.
Analyser / Raisonner	<ul style="list-style-type: none">- Formuler des hypothèses.- Proposer une stratégie de résolution.- Planifier des tâches.- Évaluer des ordres de grandeur.- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.- Choisir, élaborer, justifier un protocole.- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.- Procéder à des analogies.
Réaliser	<ul style="list-style-type: none">- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.- Utiliser un modèle.- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.).- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	<ul style="list-style-type: none">- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.- Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.- Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.

Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : <ul style="list-style-type: none">- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;- échanger entre pairs.
--------------------	--

Document 1.5a – Allure de l'évolution de la concentration en quantité de matière d'espèces chimiques dans le cas d'une transformation chimique d'ordre 1.

Source : modélisation réalisée par l'auteur/autrice



Document 1.5b – Différentes transformations chimiques pour l'étude d'une loi de vitesse d'ordre 1.

On considère que toutes les transformations chimiques proposées sont totales.

N°	Transformation chimique	Équation de réaction
1	Hydrolyse acide du saccharose	$\text{Saccharose(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Glucose(aq)} + \text{Fructose(aq)}$
2	Hydrolyse du chlorure de tertiobutyle (tBuCl)	$\text{tBuCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{tBuOH} + \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$ <i>Remarque : la réaction se déroule dans un mélange eau – acétone où toutes les espèces sont solvatées.</i>
3	Décomposition de l'eau oxygénée (H ₂ O ₂)	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$ <i>Remarque : la transformation nécessite un catalyseur</i>
4	Dégradation du bleu de méthylène (BM) par le procédé Fenton	$\text{BM(aq)} + \text{HO}\cdot(\text{aq}) \rightarrow \text{Produits de dégradation incolores en solution aqueuse}$ <i>Remarque : la concentration en HO• est maintenue constante tout au long de la réaction</i>

Document 1.5c – Autour de la définition du temps de demi-réaction.

Voici différentes définitions du temps de demi-réaction énoncées par des élèves de terminale spécialité physique-chimie et toutes erronées en l'état :

- 1) le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle la quantité initiale de matière du réactif a été divisée par deux ;
- 2) le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle la concentration du produit a atteint la moitié de sa concentration finale ;
- 3) le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement volumique x est égal à la moitié de l'avancement maximal x_{max} .

Voici les corrections proposées par l'enseignant afin de préciser le cadre dans lequel les définitions énoncées par les élèves deviendraient correctes :

- A. définition valable si et seulement si la transformation est totale ;
- B. définition valable à condition que l'espèce ne soit pas présente au début de la réaction ;
- C. définition valable si et seulement si l'espèce est limitante.

Partie 2. Contrôle qualité de « véritables cristaux de soude ».

Document 2.1 – Activité proposée à des élèves de classe de terminale STL en enseignement de spécialité PCM, permettant d'effectuer un contrôle qualité sur un produit commercial.

D'après : Actualité Chimique n°463, juin 2021

Problématique

Dans cette activité expérimentale, on s'interroge sur la nature de l'espèce chimique majoritaire contenue dans une boîte de « véritables cristaux de soude » issue du commerce.

1. D'après la dénomination du produit commercial, proposer le nom et la formule, dans la nomenclature officielle, de l'espèce chimique constituant majoritairement les « véritables cristaux de soude » du commerce.
2. Écrire l'équation de dissolution de cette espèce chimique solide dans l'eau.
3. D'après les données tabulées, conclure sur le caractère exothermique ou endothermique de la dissolution de ce solide dans l'eau.

Pour tester cette hypothèse, nous allons quantifier l'énergie chimique stockée dans ces cristaux et susceptible d'être restituée au milieu par transfert thermique lors de la dissolution de ce solide dans l'eau.

Pour mesurer la valeur de ce transfert thermique, nous travaillerons dans un calorimètre. Nous considérerons que, dans le modèle idéal du calorimètre, ce transfert a lieu sans perte d'énergie. Les variations de température seront mesurées à l'aide d'une sonde de température.

4. En accord avec l'hypothèse formulée à la question 1, prévoir si, au sein d'un calorimètre idéal, la température du milieu doit augmenter ou diminuer après dissolution d'une masse non négligeable des « véritables cristaux de soude » dans un certain volume d'eau.

Expérience à réaliser

Attention, la manipulation des « véritables cristaux de soude » nécessite le port des protections individuelles habituelles : lunettes de protection, gants et blouse.

Peser $m_e = 110$ g d'eau directement dans le vase interne du calorimètre.

Relever la température de l'eau T_i .

Y ajouter $m_{\text{cristaux}} = 10$ g de cristaux.

Fermer le couvercle et agiter rapidement et vigoureusement tout en évitant les projections. Mesurer la température finale T_f .

5. D'après les mesures effectuées, conclure sur le caractère exothermique ou endothermique de la dissolution de ce solide. Conclure quant à l'hypothèse formulée à la question 1.

Recherche d'une nouvelle hypothèse sur la nature des « véritables cristaux de soude » :

Faire une recherche internet à partir du numéro CAS inscrit au dos de l'emballage du produit sur la composition des « véritables cristaux de soude ». Le numéro CAS est une désignation numérique attribuée à des substances chimiques par le US Chemical Abstracts Service (CAS). Chaque numéro individuel permet d'identifier sans équivoque une substance.

6. D'après le numéro CAS et la recherche internet, proposer le nom et la formule, dans la nomenclature officielle, de l'espèce chimique constituant majoritairement les « véritables cristaux de soude ».
7. Écrire l'équation de dissolution de cette espèce chimique solide dans l'eau.
8. À partir des valeurs tabulées des enthalpies standard de formation, calculer la valeur de l'enthalpie standard de dissolution de cette espèce chimique en utilisant la loi de Hess.
9. D'après la valeur de l'enthalpie standard de dissolution calculée à la question 8, conclure sur le caractère exothermique ou endothermique de la dissolution de ce solide. En déduire si la nouvelle hypothèse est en accord avec le relevé de température de l'expérience.

On cherche à valider l'hypothèse formulée à la question 6.

La valeur expérimentale de l'enthalpie standard de dissolution peut se calculer à partir des mesures expérimentales par l'expression suivante :

$$\Delta_{\text{diss}}H^0 = \frac{-(m_e \times c + C_{\text{cal}}) \times (T_f - T_i) \times M_{\text{cristaux}}}{m_{\text{cristaux}}}$$

avec $C_{\text{cal}} = 92,0 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ capacité thermique des accessoires du calorimètre ;

$c = 4,18 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ capacité thermique massique de l'eau ;

M_{cristaux} masse molaire des cristaux en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

10. Effectuer l'application numérique à partir de vos valeurs expérimentales. On considèrera que la solution dans le calorimètre n'est constituée que de la masse m_e d'eau.

11.à élaborer par le(la) candidat(e).....

Données :

- Valeur tabulée de l'enthalpie standard de dissolution de la soude NaOH(s) à 25°C : $\Delta_{\text{diss}}H^0 = -44,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Valeurs des enthalpies standards de formation $\Delta_f H^0$ des corps composés à 25°C exprimées en $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\text{Na}_2\text{CO}_3, 10\text{H}_2\text{O}(\text{s})$	$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	$\text{Na}^+(\text{aq})$	$\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$
- 4081,9	- 285,8	- 240,1	- 677,1

- Masse molaire : $M(\text{Na}_2\text{CO}_3, 10 \text{ H}_2\text{O}) = 286 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Document 2.2 – Modèle de cahier de laboratoire fourni par l'enseignant(e) et complété par l'élève au cours de la séance.

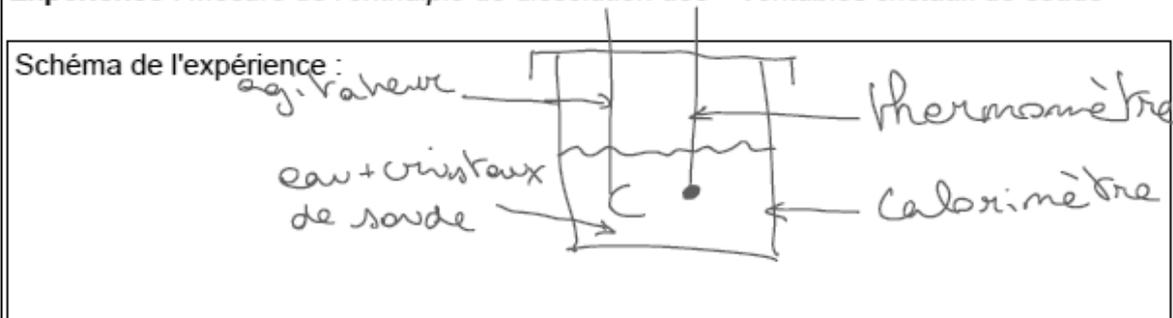
Prénom, nom : [REDACTED]
 Date : [REDACTED]

Titre de l'activité expérimentale : Contrôle qualité « véritables cristaux de soude »

Objectifs du TP : Mettre en œuvre une expérience de calorimétrie, identifier le caractère exothermique, endothermique ou athermique d'une réaction, mettre en œuvre la démarche scientifique par la formulation et vérification d'hypothèse, valider un résultat expérimental.

Hypothèse 1 : La soude c'est NaOH .

Expérience : Mesure de l'enthalpie de dissolution des « véritables cristaux de soude »



Quantités engagées : $m_e = 110,7 \text{ g}$; $m_{\text{cristaux}} = 9,95 \text{ g}$

Observations expérimentales : le solide blanc se dissout entièrement et la température diminue

Mesures expérimentales : $T_i = 20,3^\circ\text{C}$; $T_f = 16,1^\circ\text{C}$

Hypothèse 2 d'après numéro CAS et recherche internet: Les véritables cristaux de soude seraient en fait du carbonate de sodium décahydraté $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Calcul de l'enthalpie de dissolution (loi de Hess) :

$$\Delta_{\text{diss}}H^\circ (\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 66,6 \text{ kJ/mol}$$

Calcul de la valeur expérimentale de l'enthalpie de dissolution :

$$\Delta_{\text{diss}}H^\circ (\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}) = 67,0 \text{ kJ/mol}$$

Résultats expérimentaux de l'expérience de la classe :

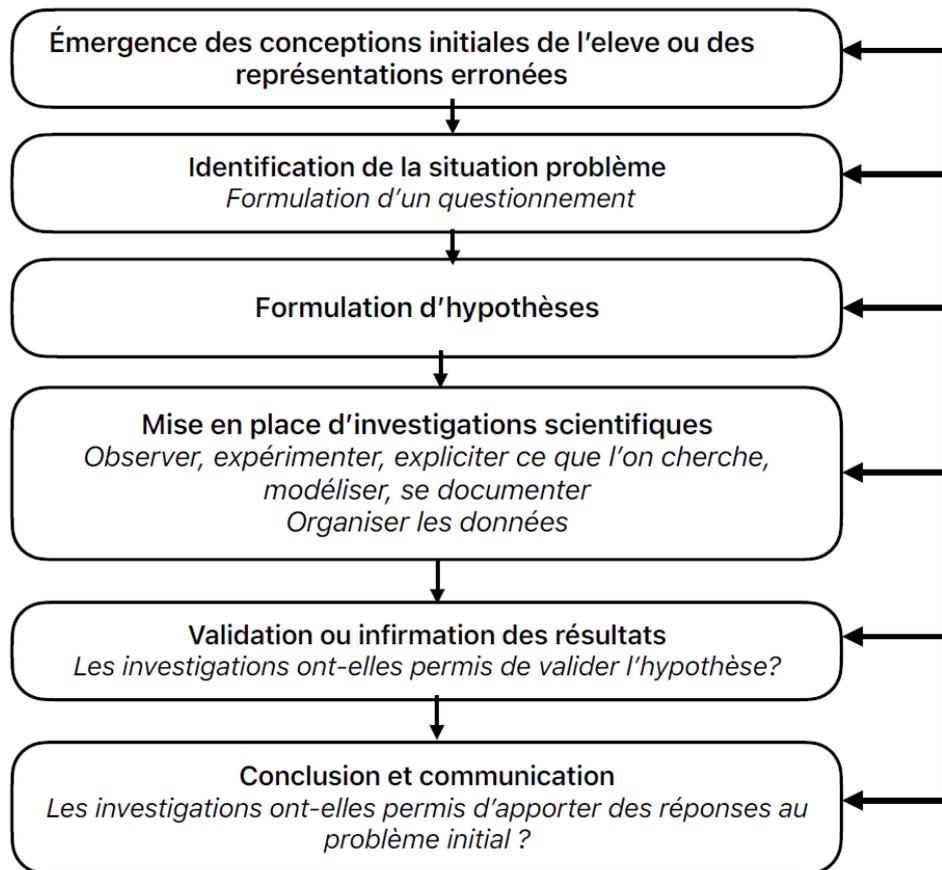
$\Delta_{\text{diss}}H^\circ$ en kJ/mol	67,0	67,5	68,2	67,4	68,5	66,8
--	------	------	------	------	------	------

Exploitation des résultats de la classe :

Je n'ai pas eu le temps

Document 2.3 – Étapes de la démarche scientifique présentées de façon simplifiée.

D'après : Bulletin de l'Union des Physiciens, n°118 janvier 2024



Document 2.4 – Exercice distribué aux élèves à propos de l'histoire du mot « soude ».

Consigne :

À partir du document ci-dessous, préciser l'origine du mot « soude » et expliquer pourquoi le mot « soude » est parfois utilisé abusivement actuellement.

Qu'est ce que la soude ?

L'étymologie du mot soude laisse perplexé. Selon les uns, cela viendrait du nom arabe سواد, ou de l'italien *soda*, voire du latin *solidus*. Les avis divergent mais il semble que la racine commune soit des plantes maritimes salifères, telles que *Suaeda maritima*, *Salsosa soda* ou les salicornes. En effet, les cendres de ces plantes sont chargées en carbonate de sodium (le mot alcali provient de l'arabe « al-qali » القلي, mot qui désigne aussi des plantes maritimes salifères ainsi que leurs cendres). Par dérives successives, le « cali » d'alcali devint kali, puis kalium, utilisé comme symbole pour le potassium (de pot-ash, les cendres du pot). Historiquement, la soude est initialement ce que nous notons désormais Na_2CO_3 . Par extension, le mot soude est devenu synonyme de base, au sens chimique du terme, puis plus tardivement, sous le nom de soude caustique, relatif exclusivement à l'hydroxyde de sodium.

La soude est constituée d'ions sodium symbolisé par Na^+ , Na de natrium, dont le nom latinisé vient de Wadi Natroun, un lac situé entre Le Caire et Alexandrie. L'histoire de la soude est donc un concentré d'anecdotes et de problèmes de fond de chimie. N'oublions pas que le mot soude a donné son nom aux sodas, tant décriés aujourd'hui. Nous vous laissons deviner pourquoi.

Le mot soude est donc toujours utilisé de nos jours pour désigner, dans certains produits d'usage courant, le carbonate de sodium.

Extrait de: Pierre Avenas, Les noms des éléments nous racontent leur histoire, Tome 23 no. 3, pp. 221-230. Comptes Rendus. Chimie 2020

Document 2.5 – Extrait d'un document relatif aux caractéristiques associées à la construction des savoirs scientifiques.

Source : évaluer des capacités relatives à la nature et à la construction des savoirs scientifiques, GRIESP (<https://eduscol.education.fr/document/60919/download>)

- Le fonctionnement universel de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, universalité du langage scientifique, ...).
- Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance).
- Du fait de leur réfutabilité, les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu.
- La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.
- Pour construire des savoirs scientifiques, il est nécessaire de distinguer les observations des interprétations qui en sont faites.

Document 2.6 – Extrait d'un questionnaire sur une étude concernant les conceptions des élèves à propos du phénomène de dissolution d'un solide.

D'après : Bouchra Benzidia, Hajar Ait Alioua, Ali Ouasri, Mohammed Abid. Identification des difficultés des apprenants du secondaire collégial marocain dans l'apprentissage des concepts de transformation chimique – transformation physique, Vol(8)- issue 11, *European Journal of Education Studies* 2021

Pour cette étude, chaque élève a été soumis à un questionnaire contenant deux questions sur ce thème dont les énoncés sont les suivants :

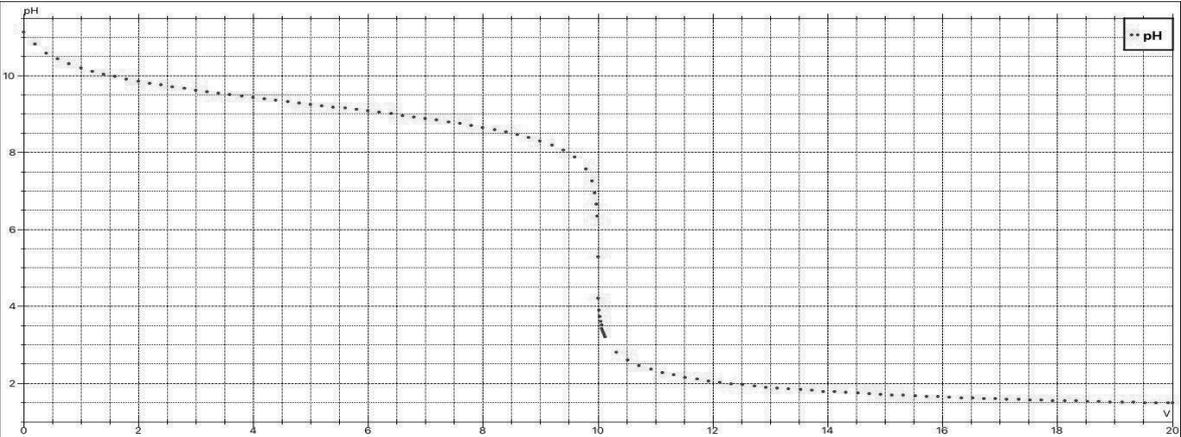
Question 1. Quelle est la bonne réponse ?

1. La fusion d'un corps nécessite :
 - a. l'augmentation de la température ;
 - b. la présence d'un liquide (l'eau par exemple).
2. La dissolution d'un corps nécessite :
 - a. l'augmentation de la température ;
 - b. la présence d'un liquide (l'eau par exemple).

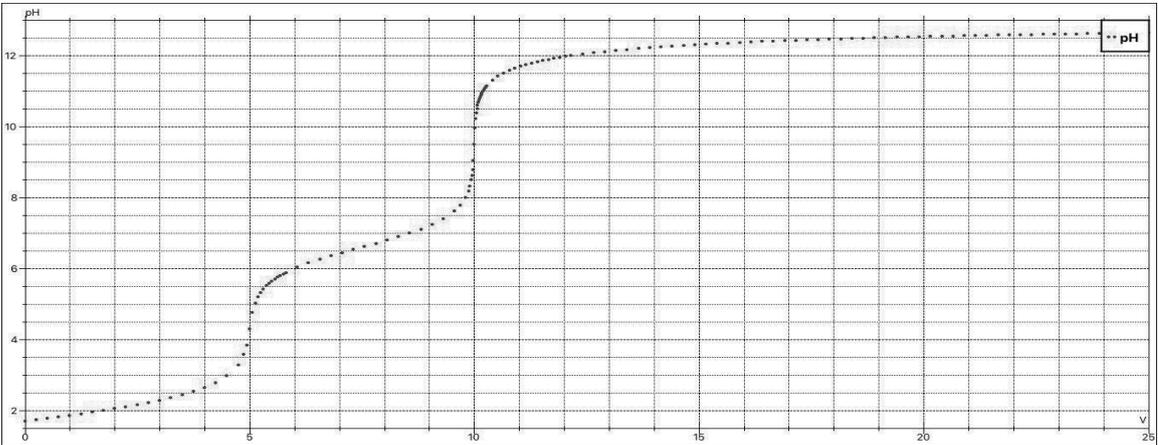
Question 2 : Quelles sont la ou les bonnes réponses ?

1. La fusion est la transformation de la matière de l'état solide à l'état liquide.
2. La fusion est la disparition à l'échelle macroscopique d'un corps (le soluté) dans un liquide (le solvant).
3. La dissolution est la transformation de la matière de l'état solide à l'état liquide.
4. La dissolution est la disparition à l'échelle macroscopique d'un corps (soluté) dans un liquide (solvant).

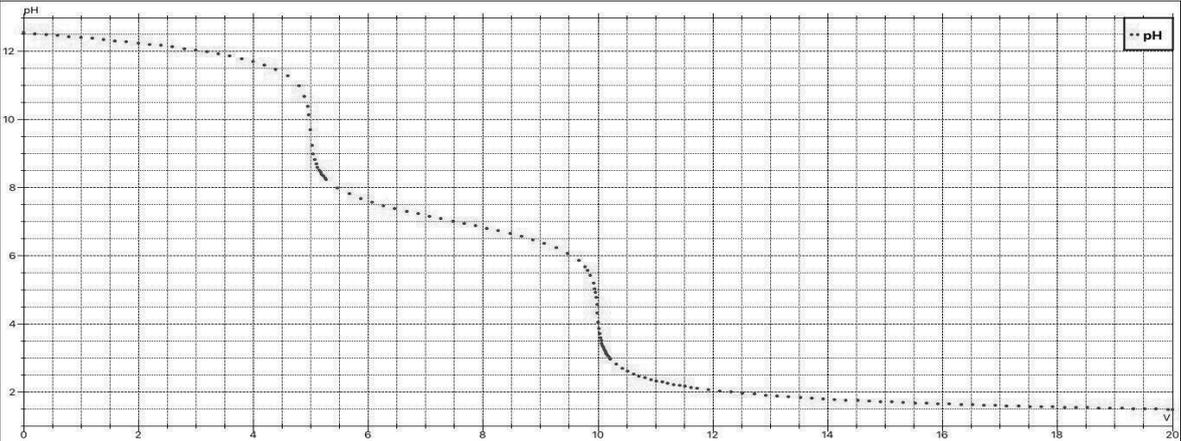
Document 2.7 – Courbes de simulations de titrages acido-basiques avec suivi pH-métrique réalisées avec le logiciel Dozzaqueux.



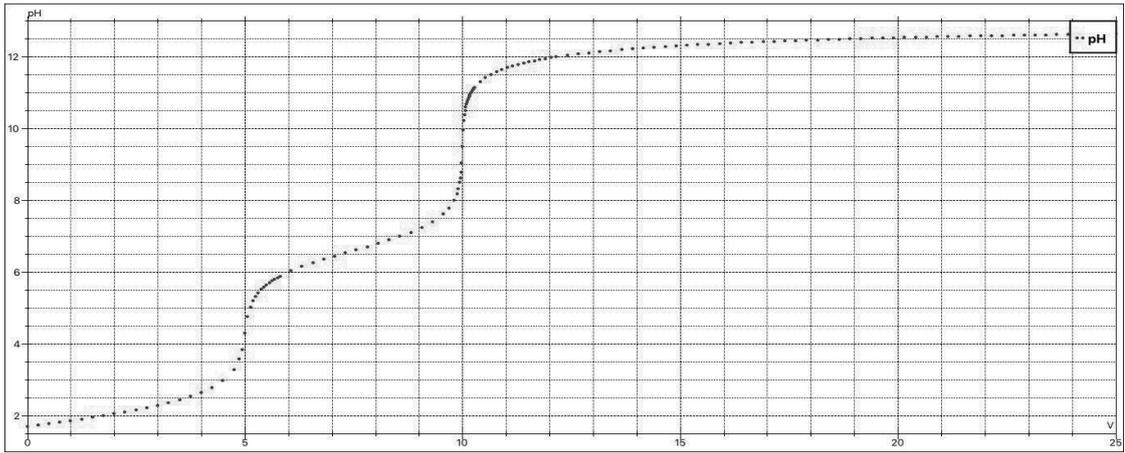
Courbe A



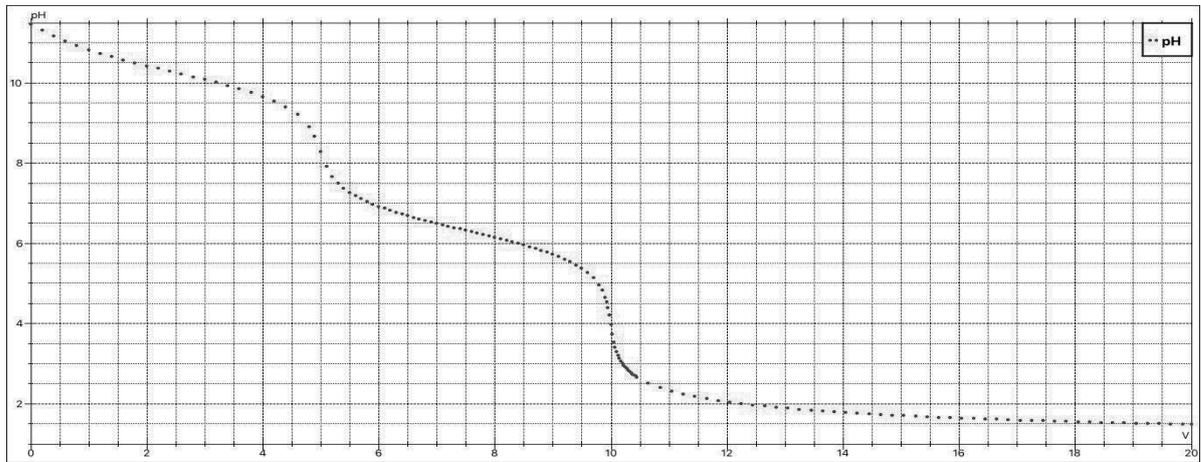
Courbe B



Courbe C



Courbe D



Courbe E

Partie 3. À propos du réchauffement climatique

Document 3.1a – Évaluation diagnostique sur le thème du bilan radiatif et réponses des élèves.

Source : questionnaire issu d'une activité menée avec deux classes en enseignement scientifique de Terminale en septembre 2023.

Les pourcentages des réponses des élèves sont établis à partir d'un échantillon de 71 élèves.

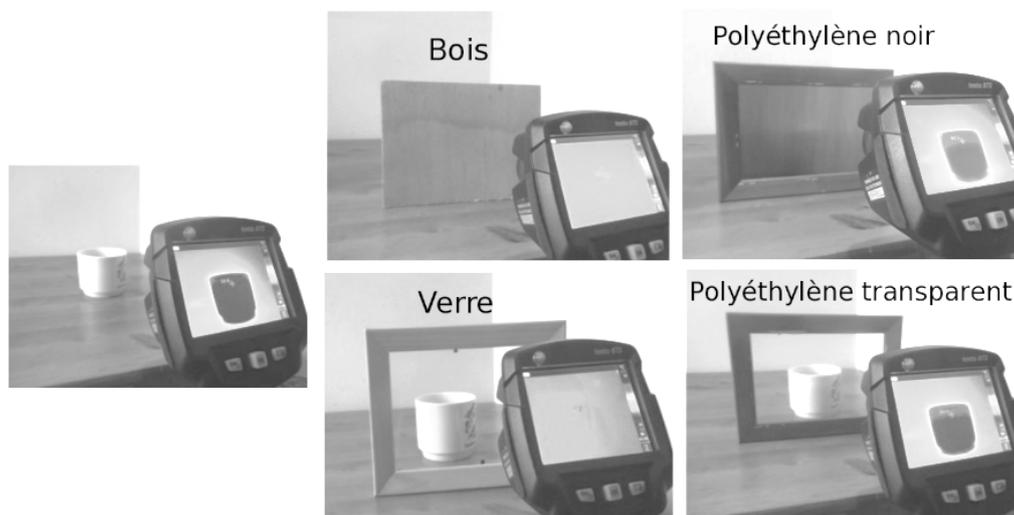
Les réponses correctes sont **indiquées en gras**.

1. Le rayonnement émis par la Terre appartient au domaine	
a. du visible	25 %
b. de l'infrarouge	48 %
c. des ultra-violets	27 %
2. Le rayonnement émis par la Terre est	
a. totalement renvoyé vers l'espace	15 %
b. en très grande partie absorbé par l'atmosphère	30 %
c. totalement absorbé par l'atmosphère	55 %
3. L'atmosphère émet un rayonnement	
a. vers l'espace seulement	29 %
b. vers la Terre seulement	50 %
c. vers l'espace et vers la Terre	31 %
4. L'effet de serre correspond à l'échange d'énergie :	
a. dans le visible, entre la Terre et le Soleil	9 %
b. dans le visible entre le sol et l'atmosphère	25 %
c. dans l'infrarouge entre la Terre et le soleil	12 %
d. dans l'infrarouge entre le sol et l'atmosphère	54 %

Document 3.1b – Extrait d’une activité illustrant un aspect de l’effet de serre.

Source : site Culture Sciences Physique (<https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Effet-serre-Dufresne.xml>)

Différents matériaux sont placés entre une tasse contenant de l’eau chaude et une caméra thermique.



1. À partir des expériences photographiées précédemment, compléter le tableau ci-dessous en cochant les cases qui conviennent :

Matériau	Rayonnement visible	Rayonnement infrarouge
Bois	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent
Verre	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent
Polyéthylène transparent	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent
Polyéthylène noir	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent	<input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie opaque <input type="checkbox"/> Totalemment ou en grande partie transparent

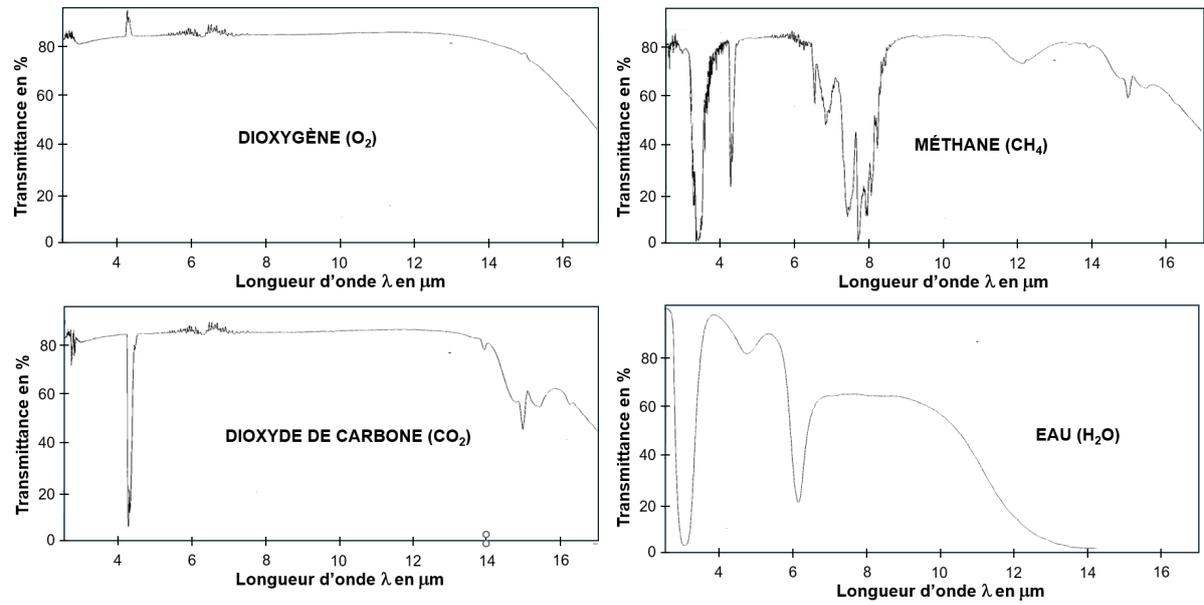
2. Identifier le matériau qui interagit avec le rayonnement visible et le rayonnement infrarouge de manière similaire à l’atmosphère terrestre. Décrire cette interaction en utilisant notamment le terme « absorber ».

Document 3.2a – Activité : les gaz à effet de serre.

Source : site Planet-Terre. Mesures effectuées au Laboratoire de Sciences de la Matière, ENS de Lyon (<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/gaz-effet-serre.xml>)

Spectres de transmittance

Ces spectres représentent le pourcentage de rayonnement transmis dans l'infrarouge (entre 2 micromètres et 16 micromètres environ) par quelques gaz atmosphériques, c'est ce qu'on appelle la transmittance.



1. (2 points) Parmi les cinq gaz indiqués dans le document précédent, seulement trois sont des gaz à effet de serre : le méthane, le dioxyde de carbone et l'eau. À l'aide des spectres ci-dessus, indiquer ce qui caractérise un gaz à effet de serre.
2. (3 points) Indiquer pourquoi l'identification des gaz à effet de serre permet de passer d'une corrélation à une causalité au sujet de l'effet de l'activité humaine sur le réchauffement climatique observé depuis les dernières décennies. Expliciter votre réponse.

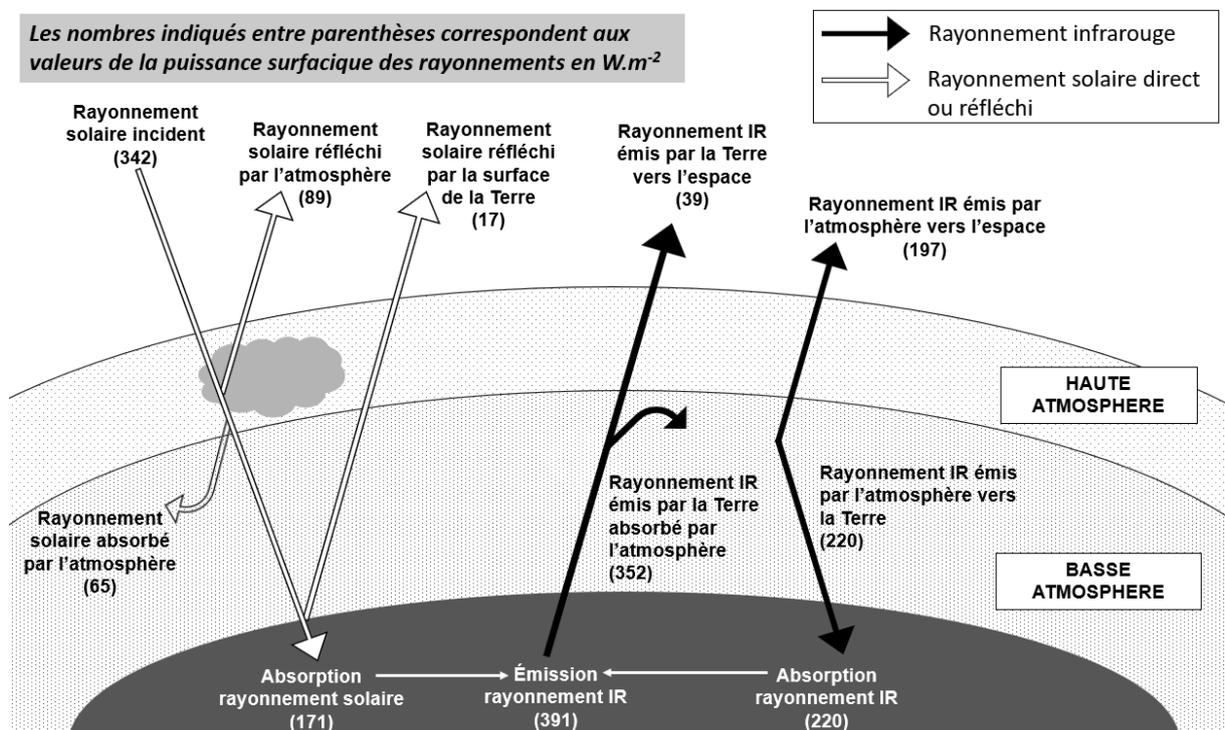
Document 3.2b – Copie d'élève associée à l'activité du document 3.2a.

- 1) Ce qui caractérise un gaz à effet de serre est sa capacité à absorber le rayonnement. En effet, nous remarquons dans les graphiques un pic au niveau des diagrammes.
- 2) On peut parler du passage de lien de corrélation à une causalité car depuis qu'on a identifié les gaz à effet de serre, on remarque que ce sont ceux que les humains émettent le plus dans leur quotidien. Donc on peut dire que l'activité humaine est une cause de l'augmentation de l'effet de serre.

Document 3.2c – Modélisation du bilan radiatif terrestre.

Source : schéma réalisé par l'auteur(trice)

La situation présentée ci-dessous correspond à un **équilibre radiatif**



Document 3.2d – Une définition de l'esprit critique.

Source : publication du CSEN. Éduquer à l'esprit critique, bases théoriques et indications pour l'enseignement et la formation (<https://www.reseau-canope.fr/conseil-scientifique-de-leducation-nationale-site-officiel/groupe-de-travail/gt8-developper-lesprit-critique.html>)

L'exercice de l'esprit critique devrait amener à faire confiance, à bon escient.

C'est-à-dire qu'il faut développer la capacité à ajuster son niveau de confiance de façon appropriée selon l'évaluation de la qualité des preuves à l'appui et de la fiabilité des sources.

Pour pouvoir placer correctement sa confiance en une information et déléguer sa confiance, il est nécessaire :

- d'être capable d'évaluer cette information sous l'angle de la fiabilité :
 - est-ce que l'information en question est appuyée par des arguments convaincants ?
 - est-ce qu'elle est cohérente avec des connaissances solidement établies ?
 - est-ce qu'elle est étayée par des preuves ? S'agit-il de preuves de bonne qualité, obtenues par des méthodes rigoureuses, qui permettent d'être aussi objectif que possible ?
- d'être capable d'évaluer la fiabilité des sources :
 - est-ce que la source de l'information est bien identifiable ?
 - est-ce qu'on peut raisonnablement exclure que la source a un conflit d'intérêt par rapport au contenu, ou qu'elle agit avec la volonté de nous tromper ?
 - s'agit-il d'une source compétente en la matière ?

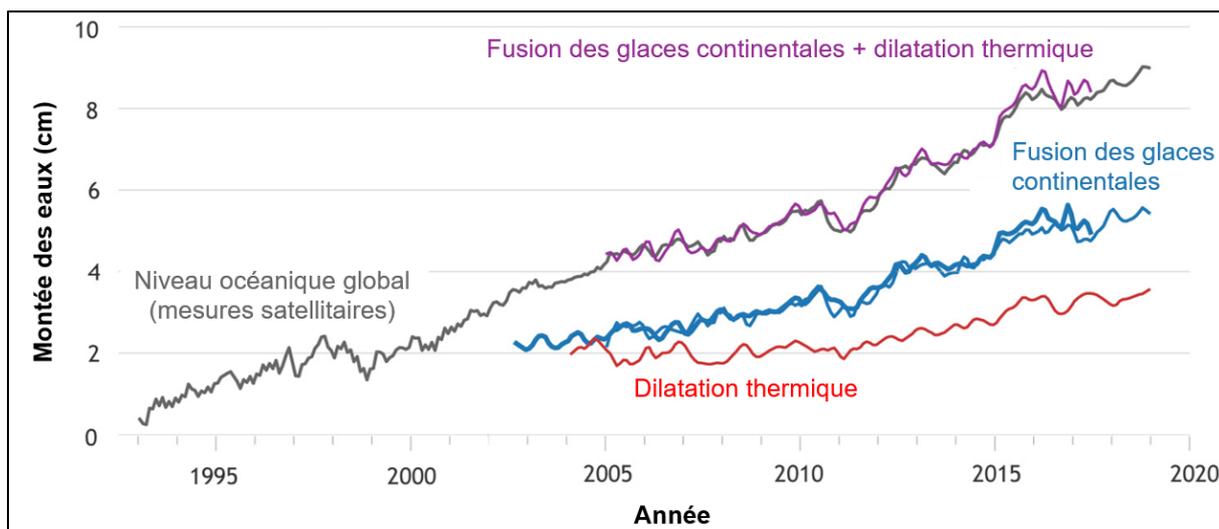
Document 3.3 – Évolution de la montée des eaux entre 1995 et 2020.

D'après : *site climate.gov* (<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>)

Le document suivant présente l'impact des différentes contributions au phénomène de montée des eaux.

Le niveau marin est mesuré par des marégraphes et des altimètres satellitaires. Les marégraphes fournissent des données sur les marées depuis plus d'un siècle. Depuis les années 1990, les altimètres radar spatiaux mesurent le niveau de la mer. Les moyennes mondiales sont calculées en utilisant les données de nombreuses stations. Pour estimer l'expansion thermique, la température de surface est mesurée par des bouées et des satellites. Les températures plus profondes sont mesurées par des robots aquatiques et des instruments depuis des navires de recherche.

Pour estimer la part due à la fonte des glaces continentales, les scientifiques combinent des mesures de fonte de glaciers avec des mesures satellitaires de variation du champ de gravité terrestre en raison des variations de la masse d'eau dans les océans.

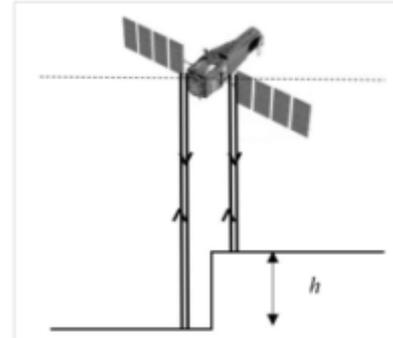


Document 3.4a – Adaptation d’un sujet de devoir commun de seconde.

D’après : *évaluation commune pour les classes de seconde, académie de Paris* (https://pia.ac-paris.fr/portail/jcms/19076141_DBFileDocument/cc2nde-2019-univers) et site de la NASA (<https://icesat.gsfc.nasa.gov/icesat/>)

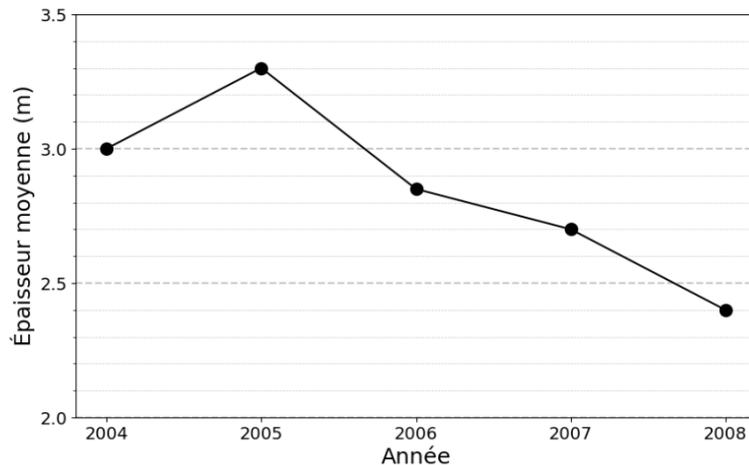
Depuis les années 1990, la Nasa lance régulièrement des satellites embarquant des altimètres lasers de plus en plus performants, destinés à révéler l’ampleur de la fonte des glaces sur une Terre qui se réchauffe. En 2018, l’altimètre ATLAS a été embarqué à bord du satellite ICESat2 qui passait plusieurs fois par an au-dessus d’un même point de la surface du globe. Il était ainsi possible de détecter des variations d’épaisseur de la calotte glaciaire de l’ordre de 0,1 cm.

Schéma de principe de l’altimétrie satellitaire



Afin de calculer la distance entre le satellite et la surface de la Terre, le chronomètre de l’altimètre mesure la durée que met la lumière émise par un laser pour faire l’aller-retour entre le satellite et la surface terrestre.

Sur le satellite ICESat 1, mis en orbite en 2004, l’altitude de la surface de la calotte glaciaire était relevée une fois par an, grâce à l’altimètre GLAS. Le graphe ci-contre présente l’évolution de l’épaisseur moyenne de la calotte glaciaire du continent antarctique mesurée au cours des quatre années de la mission.



Problème à résoudre : parmi les chronomètres suivants, indiquer celui ou ceux qui ont pu être utilisés sur l’altimètre GLAS (mission ICESat1) pour détecter les variations de l’épaisseur de la calotte glaciaire sur le continent antarctique entre 2004 et 2008.

	Chronomètre 1	Chronomètre 2	Chronomètre 3	Chronomètre 4	Chronomètre 5
Précision	1 ms	1 μ s	1 ns	0,1 ns	0,01 ns

L’élève est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n’a pas abouti. La démarche suivie et les étapes de résolution sont évaluées et nécessitent d’être correctement présentées. Des calculs sont nécessaires.

Document 3.4b – Caractéristiques associées à la nature des savoirs scientifiques.

Source : évaluer des capacités relatives à la nature et à la construction des savoirs scientifiques, GRIESP (<https://eduscol.education.fr/document/60919/download>)

Construction des savoirs	Interactions science / société
<ul style="list-style-type: none">• Le fonctionnement universel de la communauté scientifique garantit la meilleure objectivité de la construction du savoir (argumentation, niveau de preuve, débat, reproductibilité des études, vérification par les pairs, explicitation des procédures, universalité du langage scientifique, ...)• Un savoir scientifique est caractérisé par sa réfutabilité (distinction science / croyance)• Du fait de leur réfutabilité, les savoirs évoluent au cours du temps (par continuité et/ou rupture et controverses) ; un savoir scientifique est fiable et robuste mais jamais certain et absolu.• La démarche scientifique conduit à la construction de modèles qui permettent d'expliquer les observations, de décrire et de prévoir des phénomènes.• Pour construire des savoirs scientifiques il est nécessaire de distinguer les observations des interprétations qui en sont faites.	<ul style="list-style-type: none">• Les savoirs scientifiques sont en interaction avec la société : ils sont plus ou moins diffusés, connus, acceptés par les populations, plus moins pris en compte par les décideurs politiques. Actuellement, les enjeux environnementaux sont au cœur de l'activité scientifique.• L'observation et l'interprétation d'un phénomène dépendent de l'état des connaissances et des croyances de l'époque (un savoir est notamment tributaire des avancées techniques)• La communication scientifique est associée à différentes pratiques, soumises à des procédures et des cadres spécifiques (publications, colloques, articles de vulgarisation, ...). Le niveau de fiabilité d'une information est corrélé à la méthodologie de la source dont elle est issue.

Document 3.4c – Adaptation d'un sujet de baccalauréat.

D'après : baccalauréat 2022, Nouvelle Calédonie (sciences physiques pour sciences de l'ingénieur)

On étudie, dans cet exercice, les mouvements de deux satellites altimétriques.

Fruit d'une collaboration internationale entre les États-Unis et l'Europe, Jason-CS/Sentinel-6, est le dernier né des satellites altimétriques.

Conçu pour mesurer la hauteur des océans avec une précision de l'ordre du centimètre, il se déplace à une vitesse proche de $2,59 \times 10^4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sur une orbite circulaire, à une altitude $h = 1336 \text{ km}$, et repasse tous les dix jours au-dessus du même point.

La masse du satellite Jason-CS/Sentinel-6 est égale à $m_s = 1440 \text{ kg}$.

Données :

- masse de la terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- rayon terrestre : $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$.

1. Exprimer, dans le repère de Frenet associé, la force gravitationnelle qui s'applique au satellite Jason-CS/Sentinel-6. Représenter, sans souci d'échelle, cette force dans le repère de Frenet.
2. Montrer que, dans un référentiel judicieusement choisi, le mouvement du satellite considéré est circulaire uniforme.
3. Établir l'expression de la norme du vecteur vitesse du satellite.
4. Déterminer le nombre de fois que le satellite parcourt son orbite avant de repasser au-dessus du même point.

Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.

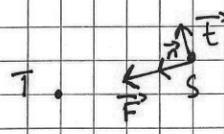
Topex-Poséidon a été le premier satellite d'altimétrie de précision réalisé par la NASA et le CNES. Lancé le 10 août 1992, les 2400 kg du satellite ont été placés sur une orbite circulaire à 1336 km du sol. Il a fourni des données jusqu'en 2005.

5. Comparer la vitesse du satellite Topex-Poséidon à celle du satellite Jason-CS/Sentinel-6. Justifier simplement votre réponse, sans calculs.

Document 3.4d – Extrait d'une copie d'élève associée au sujet du document 3.4c.

$$1) \vec{F} = G \times \frac{m_s \times M_T}{d^2} \vec{n}$$

2) On applique
la 2^e loi
de Newton dans le référentiel
galiléen :



$$\sum \vec{F} = m \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \vec{a}$$

$$G \times \frac{m_s \times M_T}{d^2} \vec{n} = m \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{G M_T}{d^2} \vec{n}$$

Or dans le repère de frenet =

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{t} + \frac{v^2}{R} \vec{n}$$

Donc le mouvement est circulaire
uniforme.

Document 3.5 – Extrait du préambule des programmes d’enseignement scientifique. Objectifs généraux de formation.

Source : bulletin officiel n°25 du 22 juin 2023

A — Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d’élaboration

Le savoir scientifique résulte d’une construction rationnelle. Il se distingue d’une croyance ou d’une opinion. Il s’appuie sur la description et l’analyse de faits extraits de la réalité complexe ou produits au cours d’expériences. Il cherche à comprendre et à expliquer la réalité par des causes matérielles. Le savoir scientifique résulte d’une longue construction collective jalonnée d’échanges d’arguments, de controverses parfois vives. [...]

B — Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques

Au cours de leur activité de production du savoir, les scientifiques mettent en œuvre un certain nombre de pratiques qui, si elles ne sont pas spécifiques de leur travail, en sont néanmoins des aspects incontournables. Quelques mots-clés permettent de les présenter : observer, décrire, mesurer, quantifier, calculer, analyser, imaginer, proposer, tester, modéliser, simuler, raisonner, expliquer, créer des scénarios pour envisager des futurs possibles ou remonter dans le passé. [...]

C — Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l’environnement

Les sociétés modernes sont profondément transformées par la science et ses applications technologiques [...]. La compréhension de ces transformations est indispensable à la prise de décision ; elle distingue l’approche purement scientifique d’autres approches (économiques, éthiques, etc.). De même, les activités humaines exercent sur l’environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler. [...]