



**MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Concours externe du Capes et Cafep-Capes

Section physique - chimie

Exemple de sujet pour l'épreuve écrite disciplinaire appliquée

À compter de la session 2022, les épreuves du concours externe du Capes et du Cafep-Capes sont modifiées. [L'arrêté du 25 janvier 2021](#), publié au journal officiel du 29 janvier 2021, fixe les modalités d'organisation du concours et décrit le nouveau schéma des épreuves.

Durée: cinq heures. Coefficient 2.

Remarques générales

Le barème tient compte de la durée nécessaire à la résolution des différentes questions.

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 sujet est constitué de cinq parties indépendantes. Pour chaque partie, les objectifs envisagés ainsi que les ressources à disposition proposées dans l'annexe adéquate pour atteindre ces objectifs sont précisés en remarque liminaire. Les annexes sont disposées en fin de sujet.

Le sujet contient un document-réponse situé, à la fin de l'annexe 5, à rendre obligatoirement avec la copie.

Partie 1 - L'analogie en physique-chimie

Partie 2 - Étude d'une chute libre avec un smartphone

Partie 3 - Étude de la solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau

Partie 4 - Étude de l'acidité comparée d'un jus de citron vert et d'un jus de citron jaune

Partie 5 - Détermination de la masse de Jupiter

Annexe 1 - Ressources utiles pour la partie 1 du sujet

Document 1.A - Extrait d'un article de didactique traitant de l'analogie.

Document 1.B - Activité – Étude du comportement capacitif d'un système constitué de deux feuilles d'aluminium séparées par un film plastique.

Document 1.C - Ébauche d'une activité permettant de construire l'analogie étudiée et de la mettre en œuvre. Enseignement de spécialité physique-chimie de terminale générale.

Annexe 2 - Ressources utiles pour la partie 2 du sujet

Document 2.A - Chute libre - Résultat obtenu avec un smartphone.

Document 2.B - Présentation d'un accéléromètre capacitif ADXL330 – modèle du condensateur plan.

Annexe 3 - Ressources utiles pour la partie 3 du sujet

Document 3.A - Description d'une expérience et des résultats expérimentaux associés.

Document 3.B - Quelques conceptions erronées usuelles des élèves sur la transformation chimique.

Document 3.C - Enquête réalisée auprès d'élèves de deuxième année de Classe Préparatoire aux Grandes Ecoles (CPGE).

Document 3.D - Activité proposée à des élèves de classe de terminale de la voie générale suivant l'enseignement de spécialité physique-chimie portant sur l'étude de l'ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse.

Document 3.E - Extrait d'une séquence pédagogique proposée en classe de quatrième.

Annexe 4 - Ressources utiles pour la partie 4 du sujet

Document 4.A - Activité expérimentale proposée à des élèves de terminale générale suivant la spécialité physique-chimie.

Document 4.B - Notes préparatoires du professeur.

Document 4.C - Bibliothèque de consignes en lien avec les incertitudes de mesure.

Annexe 5 - Ressources utiles pour la partie 5 du sujet

Document 5.A - Programme Python permettant de déterminer la masse du Soleil.

Document 5.B - Résultats obtenus avec le programme et valeurs de référence.

Document 5.C - Pointage des positions des satellites de Jupiter avec le logiciel Jupiter.

Document-réponse

Annexe 6 - Extraits des programmes officiels

Extrait du programme de physique-chimie de terminale générale.

Extrait du programme de cycle 4.

Partie 1 - L'analogie en physique-chimie

L'analogie est couramment utilisée dans l'enseignement de la physique-chimie, elle permet à l'élève de faire des liens entre différents domaines de la physique ou de la chimie. Cette partie étudie l'analogie entre la décharge d'un condensateur dans une résistance et la cinétique de la consommation d'un réactif lors d'une transformation chimique modélisée par une loi de vitesse d'ordre 1.

Objectifs de cette partie :

- étudier l'analogie entre la décharge d'un condensateur dans une résistance et la cinétique de la consommation d'un réactif lors d'une transformation chimique modélisée par une loi de vitesse d'ordre 1 ;
- concevoir une activité permettant à des élèves de s'approprier cette analogie et de l'utiliser pour résoudre un problème.

Ressources à disposition dans l'annexe 1 :

- **1.A** - Extrait d'un article de didactique traitant de l'analogie.
- **1.B** - Activité - Étude du comportement capacitif d'un système constitué de deux feuilles d'aluminium séparées par un film plastique.
- **1.C** - Ébauche d'une activité permettant de construire l'analogie étudiée et de la mettre en œuvre. Enseignement de spécialité physique-chimie de terminale générale.

- Q1.** On s'intéresse, dans un premier temps, à la notion d'analogie que l'on propose d'illustrer dans une situation d'apprentissage du cycle 4 sur les propriétés de la tension électrique et du courant électrique.
- a) Décrire en quelques lignes une analogie pouvant être réalisée par un·e professeur·e pour introduire la loi d'additivité des intensités au cycle 4. On dégagera dans cette description « le domaine cible » et le « domaine de référence », et la « mise en correspondance » tels que définis dans le document **1.A**.
 - b) Dégager les limites scientifiques d'une part, et didactiques d'autre part, à l'utilisation de l'analogie décrite précédemment, avec des élèves de cycle 4.

Dans le cadre du chapitre « Étudier la dynamique des circuits électriques », un·e enseignant·e de spécialité physique-chimie en classe de terminale de la voie générale donne à ses élèves une activité pour illustrer la partie du programme « Modèle du circuit RC » (document **1.B**).

- Q2.** Répondre aux questions proposées par l'activité et rédiger une synthèse que l'enseignant·e donnera aux élèves à la fin de l'activité. Cette synthèse sera la trace écrite institutionnalisant les savoirs sur cette partie du programme.
- Q3.** Expliquer, sans détailler, le contenu précis de l'analogie, « l'isomorphisme » (terme utilisé dans le document **1.A**) qui existe entre la décharge d'un circuit RC et la disparition d'un réactif lors d'une transformation chimique dont la cinétique est modélisée par une loi de vitesse d'ordre 1.
- Q4.** Une ébauche d'activité permettant de faire construire l'analogie aux élèves et de l'utiliser afin de répondre à un problème est proposée dans le document **1.C**.
- a) Proposer un support à fournir à l'élève pour qu'il justifie la première ligne du « Tableau de l'analogie » proposé dans le document **1.C**.
 - b) Justifier la relation du tableau donnant $\tau_{\text{cinétique}}$ en fonction du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.
 - c) Compléter les autres cases du « Tableau de l'analogie ».
 - d) Rédiger deux aides partielles, montrant une progressivité, afin d'aider des élèves qui présenteraient des difficultés à réaliser la « Tâche 2 ».
 - e) Rédiger la solution totale de la « Tâche 3 » qui consiste à utiliser l'analogie pour répondre à la problématique proposée.

Partie 2 - Étude d'une chute libre avec un smartphone

De nombreux capteurs sont présents dans les smartphones. On se propose, dans cette partie, de s'intéresser aux accéléromètres, d'étudier leur constitution et d'utiliser ce capteur présent dans les smartphones pour tester la validité du modèle de la chute libre.

Pour cette partie, on se place dans le cadre du programme de spécialité physique-chimie de terminale de la voie générale relatif à la partie « mouvement et interactions ».

Objectifs de cette partie :

- décrire le fonctionnement d'un accéléromètre ;
- concevoir une partie d'une activité expérimentale permettant de déterminer la valeur de l'accélération de pesanteur.

Ressources à disposition dans l'annexe 2 :

- **2.A** - Chute libre - Résultat obtenu avec un smartphone.
- **2.B** - Présentation d'un accéléromètre capacitif ADXL330 – modèle du condensateur plan.

Q5. Un·e enseignant·e souhaite élaborer une activité expérimentale sur la chute libre à l'aide d'un smartphone. Dans un objectif de spiralisation, il·elle décide de proposer dans un premier temps une résolution de problème sur la constitution du microaccéléromètre présent dans le smartphone.

- a) Expliquer en quoi consiste une progression spiralaire et dégager son intérêt d'un point de vue pédagogique.
- b) Résoudre le problème proposé aux élèves : « À partir du document **2.B**, évaluer la valeur de la capacité du condensateur élémentaire constitué par deux tiges lorsque le capteur est au repos. On suppose que le diélectrique est de l'air. Commenter la valeur obtenue et indiquer comment évolue la valeur de cette capacité lorsque le capteur subit une accélération. »

Q6. Un·e professeur·e demande à ses élèves de décrire le mouvement d'une balle lancée verticalement vers le haut à l'aide d'une raquette. La réponse d'un·e élève est présentée ci-dessous :

« À mesure que la balle s'élève, la force engendrée par la raquette s'épuise et la gravité prend de l'importance : alors la balle ralentit. À l'altitude maximale la force de la raquette et la gravité sont sensiblement égales ; c'est le point de renversement où la force de la raquette devient inférieure à la gravité, laquelle devient alors la force prédominante ».

Texte adapté de l'article « Comment détecter les conceptions des élèves en mécanique ? »

Atelier présenté le 29 octobre 2007 par Nicolas Coppens (Université Paris 7)
https://paris2007.udppc.asso.fr/docactes/2007/29_05032008104617.pdf

Analyser cette réponse afin d'identifier les conceptions erronées de cet élève et proposer une correction à destination de l'élève.

Les smartphones contiennent des accéléromètres constitués d'une plateforme suspendue au reste du smartphone. Quand le smartphone est agité, la plateforme suit le mouvement avec un peu de retard à cause de son inertie mécanique. En mesurant ce retard, on mesure l'accélération du mouvement.

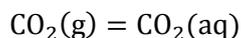
Afin de préparer une activité expérimentale, un·e professeur·e réalise l'expérience décrite dans le document **2.A** avec un smartphone en le lâchant d'une hauteur $h = 1,40$ m. Une copie de son écran est fournie dans le document **2.A**.

- Q7.** Proposer une méthode de résolution, utilisant l'équation horaire de la chute, pour déterminer la valeur de l'accélération de pesanteur à partir de la mesure du temps de chute.
- Q8.** Identifier différentes phases sur l'enregistrement de l'accélération et proposer pour chacune de ces phases une interprétation physique.
- Q9.** Choisir, en justifiant, l'enregistrement le plus pertinent pour déterminer la valeur numérique de l'accélération du pesanteur en utilisant le modèle de la chute libre, puis exploiter cet enregistrement pour déterminer la valeur numérique du de l'accélération de pesanteur. Commenter le résultat obtenu.
- Q10.** Rédiger les consignes de l'activité expérimentale destinée à des élèves de l'enseignement de spécialité physique-chimie de terminale de la voie générale utilisant l'expérience de l'enseignant-e, et dont l'objectif est de tester la validité du modèle de la chute libre en déterminant la valeur du champ de gravitation expérimentalement. Les documents fournis à l'élève pour cette activité sont les documents **2.A**.
Dégager les objectifs pédagogiques des consignes proposées.

Partie 3 - Étude de la solubilité du dioxyde de carbone dans l'eau

L'équilibre de solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau peut servir de support à la construction des savoirs associés à plusieurs parties des programmes de physique-chimie du cycle 4 à l'enseignement de spécialité de la classe de terminale de la voie générale.

L'équation de réaction modélisant la solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau est la suivante :



Objectifs de cette partie :

- étudier l'équilibre de solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau ;
- analyser des situations d'apprentissages utilisant le phénomène de solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau pour construire les savoirs des élèves sur une partie du programme du cycle 4, et sur une partie du programme de l'enseignement de spécialité physique-chimie en classe de terminale de la voie générale.

Ressources à dispositions dans l'annexe 3 :

- **3.A** - Description d'une expérience et des résultats expérimentaux associés.
- **3.B** - Quelques conceptions erronées usuelles des élèves sur la transformation chimique.
- **3.C** - Enquête réalisée auprès d'élèves de deuxième année de Classe Préparatoire aux Grandes Ecoles (CPGE).
- **3.D** - Activité proposée à des élèves de classe de terminale de la voie générale suivant l'enseignement de spécialité physique-chimie portant sur l'étude de l'ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse.
- **3.E** - Extrait d'une séquence pédagogique proposée en classe de quatrième.

Q11. Interpréter « l'observation 1 » présentée dans le document **3.A** de l'**annexe 3** de manière à déterminer le caractère endothermique ou exothermique de la réaction de solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau. Pour cela on énoncera la loi de Van't Hoff en thermodynamique chimique.

Le document **3.B** rassemble des informations sur les conceptions des élèves sur les notions d'équilibre chimique et d'évolution d'un système chimique. Le document **3.C** présente le résultat d'une enquête réalisée auprès d'élèves de deuxième année de Classe Préparatoire aux Grandes Ecoles sur ces notions.

Un·e professeur·e intervenant en enseignement de spécialité physique-chimie en Terminale générale utilise la solubilisation du dioxyde de carbone pour faire travailler à ses élèves la partie du programme « Prévoir le sens d'évolution spontanée d'un système chimique ». Pour cela il propose l'activité présentée dans le document **3.D**.

Q12. Analyser les résultats obtenus à la question 1 de l'enquête proposée dans le document **3.C**, et déterminer le pourcentage d'élèves proposant une description fautive de l'état d'équilibre chimique.

Q13. Analyser les réponses aux questions 2 et 3 de l'enquête proposée dans le document **3.C**. Pour cela :

- a) identifier, en justifiant par une résolution des problèmes posés, les réponses correctes ;
- b) identifier les conceptions erronées des élèves n'ayant pas répondu correctement.

Q14. Rédiger une correction détaillée de l'activité proposée dans le document **3.D**.

Q15. Montrer les atouts de cette activité pour construire les apprentissages en lien avec cette partie du programme de la spécialité physique-chimie de la classe de terminale

de la voie générale pour questionner certaines conceptions erronées des élèves (document **3.B**).

- Q16.** Identifier une ou plusieurs conceptions erronées que cette activité ne permet pas de corriger voire renforcer.
- Q17.** Un·e professeur·e au collège souhaite utiliser la solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau pour illustrer une partie du programme du cycle 4. Une activité évaluée sur la thématique de l'acidification des océans, dont l'objectif est de faire le lien entre acidification des océans et transformation chimique, est proposée. Après avoir analysé les copies des élèves, l'enseignant·e considère ne pas avoir atteint ses objectifs, et attribue cela à la manière dont est conçue son activité. Une copie d'élève est fournie dans le **document-réponse à rendre avec la copie**. Un extrait de la séquence pédagogique suivie par l'enseignant·e est fournie dans le document **3.E**.
- Corriger la copie de l'élève présentée dans le **document-réponse** et formuler une appréciation générale à destination de l'élève.
 - Dégager deux conceptions erronées chez l'élève qui devront nécessairement faire l'objet d'une remédiation.
 - Analyser l'activité proposée par l'enseignant·e de manière à expliquer pourquoi cette activité ne lui pas permis d'atteindre les objectifs pédagogiques fixés. *Le·a candidat·e proposera une réponse qui distingue les éléments en lien avec le corpus documentaire fourni à l'élève d'une part, et ceux en lien avec le questionnement formulé par l'enseignant·e d'autre part.*

Partie 4 - Étude de l'acidité comparée d'un jus de citron vert et d'un jus de citron jaune

Un·e enseignant·e de la spécialité physique-chimie en terminale générale souhaite confronter ses élèves à l'analyse critique de protocoles de mesure à partir de la réalisation d'un dosage acide-base direct, et faire travailler la compétence « VALIDER » de la démarche scientifique. Le dosage choisi est celui d'un jus de citron par la soude, le jus de citron pouvant être modélisé par une solution aqueuse d'acide citrique.

Objectifs de cette partie :

- traiter des résultats expérimentaux en évaluant leur incertitude ;
- concevoir un énoncé permettant de faire travailler aux élèves la compétence « VALIDER » de la démarche scientifique.

Ressources à dispositions dans l'annexe 4 :

- **4.A** - Activité expérimentale proposée à des élèves de terminale générale suivant la spécialité physique-chimie.
- **4.B** - Notes préparatoires du professeur.
- **4.C** - Bibliothèque de consignes en lien avec les incertitudes de mesure.

Les documents supports à la résolution de cette partie sont rassemblés dans l'**annexe 4**. Il est recommandé aux candidats de prendre connaissance de l'ensemble de ces documents avant de commencer la résolution des tâches proposées dans les questions qui suivent.

Le texte de l'activité expérimentale proposée est présenté dans le document **4.A**. En amont de sa séance, l'enseignant·e a testé son activité. Les résultats obtenus, ainsi que des informations sur la verrerie utilisée, sont présentés dans le document **4.B**. Le document **4.C** propose des consignes de tâches à réaliser en lien avec les incertitudes de mesure.

Q18. Anticiper une conclusion erronée qu'un·e élève pourrait faire lors de l'analyse des résultats qu'il aurait obtenu à la « Manipulation 2 » présentée dans le document **4.A**, puis proposer une indication à lui apporter pour l'amener à se corriger.

Q19. Concevoir un énoncé pour l'exploitation de la manipulation 3, puis expliquer en quelques lignes les objectifs pédagogiques de l'énoncé proposé. Le·a candidat·e doit compléter l'énoncé de la partie « Exploitation de la manipulation 3 » du document **4.A**. Le·a candidat·e proposera au maximum 4 questions. Il peut en poser moins, pourvu que l'ensemble proposé permette à l'élève de construire le raisonnement pour répondre à la problématique. Le questionnement proposé devra permettre de faire travailler à l'élève les capacités exigibles en lien avec la notion de « Titration avec suivi pH-métrique », et la compétence VALIDER de la démarche scientifique. Enfin, si le·a candidat·e doit apporter des informations ou des documents non présents dans le document **4.A** pour que l'élève puisse traiter l'énoncé qu'il·elle propose, il·elle le mentionnera en détaillant explicitement les éléments complémentaires qu'il·elle envisage d'apporter.

Q20. Répondre avec précision à l'énoncé proposé dans la question précédente.

Partie 5 - Détermination de la masse de Jupiter

Galilée fut le premier en janvier 1610 à observer avec une lunette astronomique le mouvement de quatre satellites de Jupiter. Dans cette partie, l'objectif est de déterminer la masse de Jupiter en utilisant la troisième loi de Kepler connaissant les caractéristiques du mouvement de ces satellites. On se place dans le cadre du programme de spécialité physique-chimie de la classe de terminale de la voie générale, dans la partie « Mouvement et interactions ».

Objectifs de cette partie :

- étudier du mouvement d'une planète dans le champ de gravitation du Soleil ;
- analyser un programme Python pour traiter des données expérimentales ;
- concevoir une activité utilisant un programme Python pour déterminer la valeur de la masse de Jupiter.

Ressources à dispositions :

- **5.A** - Programme Python permettant de déterminer la masse du Soleil.
- **5.B** - Résultats obtenus avec le programme et valeurs de référence.
- **5.C** - Pointage des positions des satellites de Jupiter avec le logiciel *Jupiter*.

Q21. Énoncer les trois lois de Kepler relatives aux mouvements des planètes autour du Soleil.

Un·e professeur·e souhaite réaliser une activité numérique ayant pour objectif d'étudier et d'exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire. Il·elle a trouvé un programme Python permettant de déterminer la masse du Soleil connaissant le rayon de l'orbite des planètes et leur période de révolution. Il·elle souhaite l'adapter pour son activité afin de déterminer la valeur de la masse de Jupiter.

Q22. Analyse du programme Python (document **5.A**) :

- a) Indiquer, en justifiant, le résultat attendu pour le tracé proposé en ligne 38.
- b) Justifier le calcul réalisé à la ligne 46 permettant d'obtenir la masse du Soleil.
- c) Expliquer les calculs réalisés dans les lignes de codes 39 à 44. Justifier ce choix par rapport à l'obtention de la valeur de la masse du Soleil à partir des valeurs obtenues de période et de rayon pour une seule planète.

Q23. L'enseignant·e souhaite concevoir une activité qui utilise le programme du document **5.A** permettant d'établir et d'exploiter la troisième loi de Kepler afin de déterminer la valeur de la masse de Jupiter.

- a) À l'aide du document **5.C**, indiquer comment les élèves peuvent déterminer les données nécessaires pour transposer le programme du document **5.A** à l'étude des satellites de Jupiter.
- b) Détailler le support de l'activité fourni aux élèves en lien avec les tâches à réaliser mobilisant des capacités numériques. *On précisera les lignes du programme fournies aux élèves et celles qui ne le sont pas en utilisant la numérotation proposée dans le document 5.A. On détaillera les consignes données aux élèves pour les tâches qu'ils devront réaliser pendant l'activité.*

Q24. Donner au moins deux arguments pour illustrer la plus-value apportée en termes d'apprentissages et d'assimilation de notions de physique-chimie de l'outil de programmation par rapport à l'utilisation de logiciels dédiés.

FIN DU SUJET

Annexe 1 - Ressources utiles pour la partie 1 du sujet

1.A - Extrait d'un article de didactique traitant de l'analogie.

L'histoire des sciences a largement montré le rôle positif des analogies dans la construction des savoirs scientifiques. De plus, le développement de l'approche constructiviste dans l'étude des phénomènes d'apprentissage chez l'enfant a accrédité l'idée que tout savoir nouveau est acquis à travers un processus complexe de re-création. Ce savoir nouveau n'est pas seulement empilé sur l'ancien dans un autre registre de mémoire : il y a reconstruction continue, le savoir nouveau étant organisé à partir du savoir ancien, ce dernier pouvant être lui-même modifié par la "compréhension" du nouveau. Dans cette vision, il est clair que l'analogie, en permettant la mise en place d'un degré élevé d'organisation des savoirs, devrait jouer un rôle très important.

Le raisonnement analogique apparaît quand, pour résoudre un problème donné, un sujet se réfère à un autre problème qu'il connaît mieux. Il y a mise en relation d'un domaine-cible (le problème nouveau posé) et d'un domaine de référence. La mise en correspondance n'est possible que si les deux domaines présentent des ressemblances (entre systèmes, grandeurs, propriétés...) que le sujet est capable de mettre à jour. Si le sujet reconnaît une structure commune aux deux domaines, il pourra utiliser un raisonnement analogique en appliquant au domaine-cible certaines propriétés ou relations du domaine de référence.

La qualité de l'isomorphisme entre ces deux domaines est déterminante. Un isomorphisme complet permet un raisonnement analogique complètement fiable : le transfert des propriétés du domaine de référence vers le domaine-cible donne des informations sûres. Un isomorphisme partiel peut entraîner des risques d'erreurs, surtout quand les limites n'ont pas été bien reconnues.

J-J Dupin, S. Joshua, Analogie et Enseignement des Sciences : une analogie thermique pour l'électricité, Didaskalia, 3, 1994, pp 9-26.

1.B - Activité – Étude du comportement capacitif d'un système constitué de deux feuilles d'aluminium séparées par un film plastique (document sur 2 pages).

Deux feuilles d'aluminium séparées par un film plastique possèdent un comportement capacitif. On se propose d'étudier les propriétés de ce dispositif.

Montage : deux feuilles d'aluminium format A4 sont séparées par un film de polyéthylène (pochette plastique). Les mesures de tensions sont réalisées à l'aide d'un microcontrôleur.

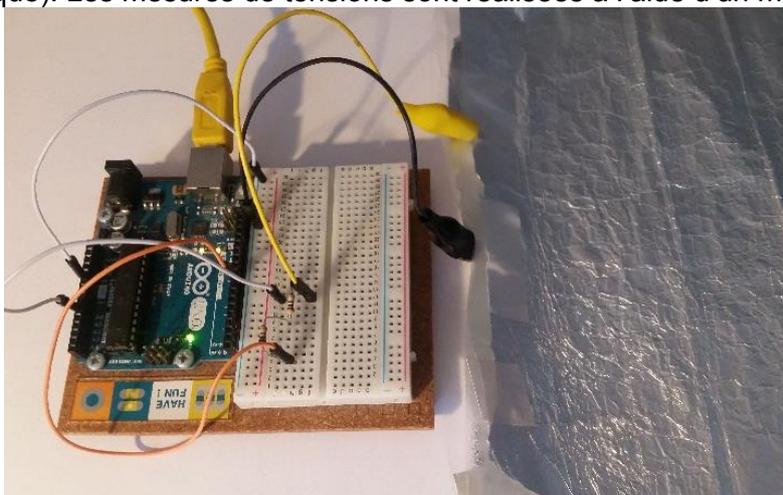


Figure 1B-1 : photo du montage utilisé pour l'activité expérimentale.

1. Modélisation du dispositif par un circuit RC

Le dispositif expérimental est modélisé par un circuit RC. Le schéma électrique équivalent est représenté sur la figure 1B-2. Initialement le condensateur est déchargé. À $t = 0$ s, l'interrupteur est fermé. Le condensateur commence à se charger.

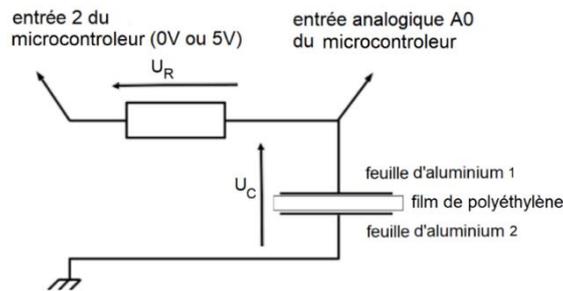


Figure 1B-2 : schéma électrique modélisant le dispositif expérimental utilisé.

- 1.1. Indiquer le signe des charges qui s'accumulent sur chaque feuille d'aluminium.
- 1.2. Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension U_c aux bornes du condensateur dans le circuit RC idéal où C désigne la capacité du condensateur et R la résistance du conducteur ohmique du circuit électrique.
- 1.3. Pour la condition initiale $U_c(t = 0) = E = 5,00$ V, établir l'expression de $U_c(t)$.
- 1.4. Déterminer la valeur limite atteinte par U_c lorsque $t \gg \tau$ et donner l'expression du temps caractéristique τ du circuit RC.
- 1.5. Déterminer la valeur numérique de $U_c(t = 5\tau)$. Commenter le résultat obtenu.

2. Exploitation des résultats expérimentaux

À l'aide du microcontrôleur, la tension aux bornes des feuilles en aluminium U_c est mesurée au cours du temps pour une résistance $R = 20$ M Ω . L'entrée 2 du microcontrôleur passe successivement de l'état 0 V à 5 V ce qui permet d'observer la charge et la décharge du condensateur. Son évolution au cours du temps est représentée sur la figure 1B-3.

- 2.1. Les mesures expérimentales de la figure 1B-3 permettent-elles de conforter la modélisation du dispositif par un circuit RC idéal ? Donner deux arguments à l'aide des questions 1.3 et 1.4.
- 2.2. Déterminer graphiquement la valeur du temps caractéristique τ , en déduire la valeur de la capacité C et commenter le résultat.

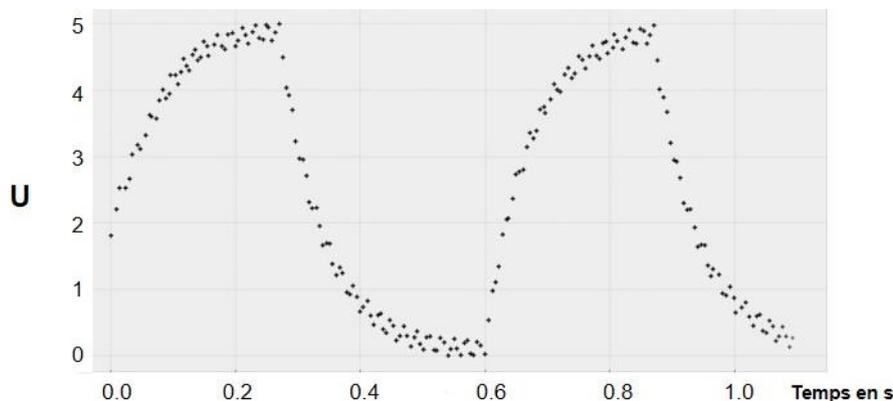


Figure 1B-3 : évolution de la tension U_c au cours du temps mesurée par le microcontrôleur.

1.C - Ébauche d'une activité permettant de construire l'analogie étudiée et de la mettre en œuvre. Enseignement de spécialité physique-chimie de terminale générale.

L'érythrosine B (E127) est un colorant apparenté à l'éosine et utilisé pour colorer les aliments ou pour teinter les préparations microscopiques et les médicaments. Sous l'effet de l'eau de Javel, l'érythrosine se décolore selon une réaction modélisée par une loi de vitesse d'ordre 1. La loi de vitesse s'écrit : $v = k[E127]$, où v est la vitesse de disparition du colorant et k une constante.

Problématique : le but de cette activité est de déterminer au bout de combien de temps une solution aqueuse de colorant E127 peut être considérée comme décolorée par une solution diluée d'eau de Javel.

Pour répondre à cette problématique, on se propose de procéder par analogie avec la décharge d'un condensateur dans une résistance étudiée dans un chapitre précédent.

Tâche élève 1 : construction de l'analogie.

Partie à concevoir par le·a candidat·e pour faire justifier la première ligne du tableau de l'analogie. Le·a candidat·e reproduira le tableau et remplira les autres cases vides.

Tableau de l'analogie

	Décharge condensateur	Loi de vitesse d'ordre 1
Grandeur dont on établit l'équation horaire	Tension aux bornes du condensateur U_c	Concentration en réactif [E127]
Constante de temps	τ	$\tau_{\text{cinétique}} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$
Temps au bout duquel le phénomène est considéré comme terminé.		

Tâche élève 2 : mettre en œuvre le protocole décrit ci-dessous puis, à partir des résultats expérimentaux obtenus, déterminer la valeur du temps de demi-réaction de la réaction de décoloration du colorant E127 par une solution diluée d'eau de Javel.

Protocole suivi :

- on mélange 20 mL d'une solution aqueuse de colorant E127 de concentration égale à $2,5 \times 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ à 30 mL d'une solution diluée d'eau de Javel et on déclenche le chronomètre ;
- l'absorbance de la solution est mesurée à 530 nm toutes les minutes pendant 7 minutes ;
- on poursuit ensuite l'expérience en repérant la date à laquelle la couleur n'est plus perceptible à l'œil nu dans le milieu réactionnel.

Tâche élève 3 :

- 1) Répondre à la problématique initiale.
- 2) Critiquer le résultat obtenu pour le temps de décoloration totale.

Exemples de résultats expérimentaux obtenus par un groupe d'élèves

Temps (en s)	0	65	93	120	150	180	240	302	360	423
A	0,892	0,626	0,550	0,485	0,425	0,370	0,276	0,204	0,153	0,108

Les élèves estiment la décoloration totale du milieu réactionnel aux alentours de 18 minutes.

Annexe 2 - Ressources utiles pour la partie 2 du sujet

2.A - Chute libre - Résultat obtenu avec un smartphone.

Protocole réalisé

Après avoir lancé l'enregistrement, lâcher le smartphone en le maintenant initialement horizontal à peu près à hauteur de vos yeux. Prévoir un gros coussin bien mou et si possible épais (figure 2B-1). Réaliser à nouveau l'expérience en ajoutant un bout de carton au smartphone comme indiqué sur la figure 2B-2.

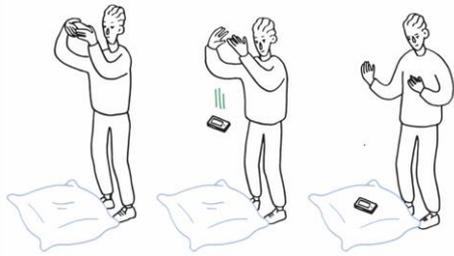


Figure 2B-1 : Lâcher de smartphone sur un coussin. Source : http://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/projet/tp_smartphone_en_lycee/



Figure 2B-2 : smartphone attaché à un bout de carton.

Résultats expérimentaux

Les expériences sont réalisées avec une hauteur de chute $h = 1,40$ m.

Enregistrement obtenu en lâchant le portable en le maintenant initialement horizontal d'une hauteur $h = 1,40$ m.

Enregistrement obtenu en lâchant le portable auquel on a ajouté un carton (voir photo) d'une hauteur $h = 1,40$ m.

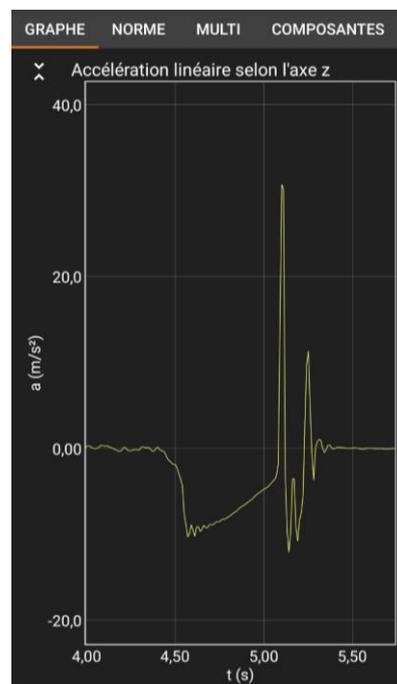
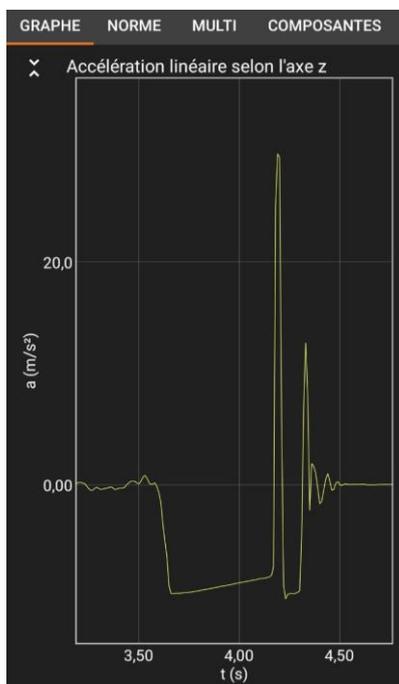


Figure 2B-3 : Enregistrements obtenus lors des différents lâchés de smartphone.

2.B - Présentation d'un accéléromètre capacitif ADXL330 – modèle du condensateur plan.

L'accéléromètre capacitif ADXL330 est modélisé par une série de condensateurs plans. Lorsque ce capteur est soumis à une accélération, la géométrie des condensateurs change ce qui provoque la variation de leurs capacités. La valeur de la capacité permet d'accéder aux valeurs des paramètres géométriques des condensateurs. L'accélération est alors déduite des paramètres par un étalonnage.

Un dispositif miniaturisé

L'accéléromètre étudié est composé d'une partie mobile qui peut se déplacer par rapport au support le long de l'axe de mesure XX'. La partie mobile et le support forment des peignes enchevêtrés l'un dans l'autre. La partie mobile, appelée masse mobile, est reliée au support par deux barres flexibles qui jouent le rôle de ressorts. Les tiges en regard les unes des autres constituent les armatures d'un ensemble de condensateurs plans. Ce dispositif est extrêmement miniaturisé : sa surface est de l'ordre de 1 mm² et son épaisseur de l'ordre de 1 μm.

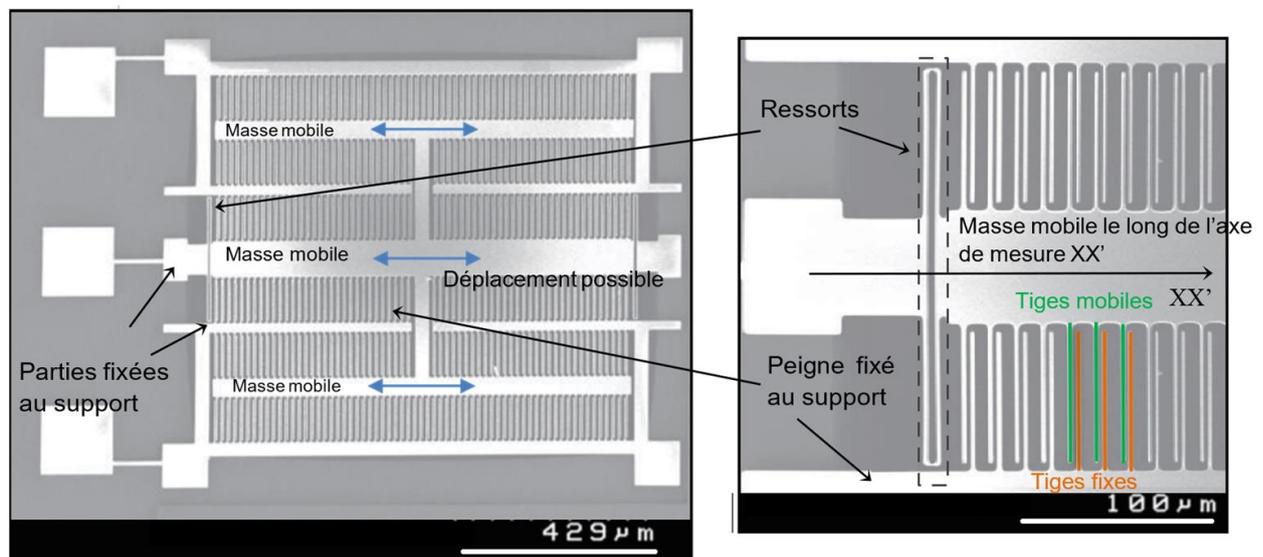


Figure 2C-1 : images au microscope électronique à balayage de l'accéléromètre.

Source : ADXL330Source « A MEMS Capacity Accelerometer middle ear.. » M.A. Zurcher.

Modèle du condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux armatures (deux plaques métalliques très fines) séparées d'un isolant appelé diélectrique. La capacité d'un condensateur, notée C , représente son aptitude à stocker des charges électriques. Plus la capacité d'un condensateur est grande, plus il peut stocker de charges électriques. L'unité de mesure de la capacité est le farad de symbole F.

La capacité dépend des caractéristiques du condensateur :
$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{e}$$

avec S la surface des armatures en regard (m²) ; e la distance entre les armatures (m) et ε la permittivité du diélectrique (F.m⁻¹).

On rappelle la valeur numérique de la permittivité de l'air $\varepsilon_{air} = 8,9 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

Annexe 3 - Ressources utiles pour la partie 3 du sujet

3.A - Description d'une expérience et des résultats expérimentaux associés.

On place de l'eau distillée, fabriquée plusieurs jours en amont de l'expérimentation, dans un bécher de 100 mL. On ajoute quelques gouttes d'un indicateur universel de pH.

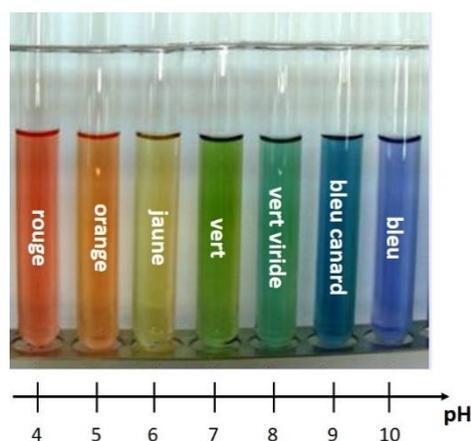
Observation 1 : quand on chauffe le bécher on observe un changement de couleur et la solution passe du jaune au vert.

Observation 2 : quand on souffle dans le bécher avec une paille on observe un changement de couleur et la solution passe du jaune à l'orange.



Figure 3A-1 : photos des résultats de l'expérience décrite.

Figure 3A-2 : couleurs d'un indicateur universel de pH en fonction de la valeur du pH.



3.B - Quelques conceptions erronées usuelles des élèves sur la transformation chimique.

I. Kermen, M. Méheut, Évolution des systèmes chimiques et équilibres chimiques en terminale S, Bull. Union. Phys., 2004, 866, 1145-1156.

- Conception A : une transformation chimique est nécessairement totale
- Conception B : la réaction ne se fait que dans un sens, le sens naturel de l'écriture, vers la droite.
- Conception C : l'équilibre chimique est le moment où plus rien ne se passe (situation figée).
- Conception D : l'équilibre chimique correspond au moment où les réactifs et les produits sont présents aux mêmes concentrations.
- Conception E : à l'équilibre la réaction oscille entre les réactifs et les produits.

3.C - Enquête réalisée auprès d'élèves de deuxième année de Classe Préparatoire aux Grandes Écoles (CPGE).

J.-B. Rota, Prévoir l'évolution spontanée d'un système chimique en terminale générale spécialité physique-chimie (1/2) : Diagnostic, *Bull. Union. Phys.*, **2021**, accepté.

On propose les résultats partiels d'une enquête réalisée auprès de 35 élèves de CPGE deuxième année. En deuxième année de CPGE les outils de la thermochimie permettent de justifier, avec un cadre théorique plus précis, l'utilisation du quotient de réaction.

Question 1 : il est demandé aux élèves de donner leur vision de l'équilibre chimique sous la forme d'un questionnaire ouvert.

Définitions en lien avec les quantités de matière (proportions stœchiométriques, égalité des quantités de réactifs et de produits).	28 %
Plus rien ne se passe à l'équilibre chimique.	24 %
Les réactifs et les produits sont présents (sans faire mention à la quantité ni au caractère dynamique ou statique).	9 %
Deux réactions de sens opposé se produisent, simultanément et à la même vitesse.	24 %
Réponses faisant appel à une notion théorique ($Q_r = K(T)$ et/ou $\Delta_r G = 0$) sans préciser le caractère statique ou dynamique de l'équilibre.	15 %

Question 2 : soit un acide AH dont le pK_a du couple AH/A⁻ vaut 4. On apporte en solution, une concentration initiale en quantité de matière d'acide $C_0 = 1,00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Il se produit une réaction acido-basique avec l'eau : $\text{AH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) = \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$. La constante d'équilibre vaut $K(298 \text{ K}) = K_a = 10^{-4}$.

Le taux de dissociation de l'acide à l'équilibre (correspondant au taux d'avancement de la réaction) est faible (inférieur à 10%).	62,9%
Le taux de dissociation de l'acide à l'équilibre (correspondant au taux d'avancement de la réaction) est important (supérieur à 90%).	25,7%
Les données ne permettent pas de répondre sur le taux de dissociation de l'acide à l'équilibre.	11,4%

Question 3 : soit la réaction d'équation chimique : $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ag}^+(\text{aq}) = \text{Ag}(\text{s}) + \text{Fe}^{3+}(\text{aq})$. La constante d'équilibre de cette réaction vaut $K(298 \text{ K}) = 3,2$. On mélange à l'instant initial dans un litre 0,1 mol d'ions $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, 0,1 mol d'ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ et 0,1 mol d'ions $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$. Observe-t-on l'apparition d'argent solide ?

Oui	45,7 %
Non	54,3%

3.D - Activité proposée à des élèves de classe de terminale de la voie générale suivant l'enseignement de spécialité physique-chimie portant sur l'étude de l'ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse.

(Document sur 2 pages)

Problématique

On s'intéresse au phénomène de dégazage observé lorsque l'on ouvre une bouteille d'une boisson pétillante : eau gazeuse, soda, champagne...

On considère une bouteille fermée dont la concentration de $\text{CO}_2(\text{aq})$ dans le liquide vaut $0,13 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Lors de son ouverture, des bulles apparaissent abondamment dans le liquide, ce qui peut créer une mousse. **Comment peut-on expliquer cette observation du quotidien ?**

Remarque préliminaire

Ce phénomène du quotidien s'appuie sur un équilibre de dissolution d'un gaz dans l'eau. Aucune connaissance sur ce type d'équilibre chimique n'est exigible en classe de terminale générale pour la mise en équation de ce phénomène, et toutes les résolutions seront graphiques.

Informations sur la solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau

L'équation de la réaction modélisant la solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau est la suivante : $\text{CO}_2(\text{g}) = \text{CO}_2(\text{aq})$.

La constante d'équilibre vaut à 298 K : $K(298 \text{ K}) = 3,4 \times 10^{-2}$. On représente l'évolution du quotient de réaction Q_r fonction de la concentration en quantité de matière de CO_2 dissous.

Remarque importante : l'expression mathématique de Q_r associé à cette réaction de dissolution d'un gaz n'est pas nécessaire pour résoudre.

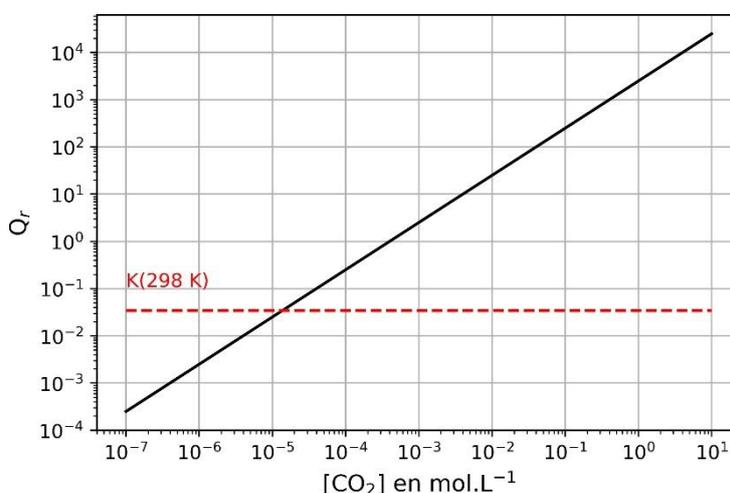


Figure 3D-1 : évolution de Q_r en fonction $[\text{CO}_2(\text{aq})]$. On repère en pointillés rouges la valeur de $K(298 \text{ K})$.

1. Expliquer, à l'aide d'un raisonnement utilisant la figure 3D-1, l'apparition d'une grande quantité de bulles dans le liquide lors de l'ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse.
2. Lorsque la bouteille est ouverte depuis une semaine et laissée au contact de l'atmosphère on peut considérer que l'eau est une eau dite « plate ». Choisir en justifiant la proposition parmi les trois suivantes :
 - i) La concentration en quantité de matière de dioxyde de carbone dissous dans la boisson vaut environ $1,4 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 - ii) La concentration en quantité de matière de dioxyde de carbone dissous dans la boisson est inférieure à $1,4 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
 - iii) La concentration en quantité de matière de dioxyde de carbone dissous dans la boisson est nulle.

On étudie à présent un appareil domestique permettant de gazéifier de l'eau du robinet. Ces appareils sont capables d'imposer une pression en $\text{CO}_2(\text{aq})$ de l'ordre de 10 bar. On représente sur le graphique ci-dessous, le quotient de la réaction de solubilisation du dioxyde de carbone dans l'eau lorsque le système est laissé à l'air libre (courbe noire) ou lorsque le système est placé dans un appareil domestique (courbe bleue).

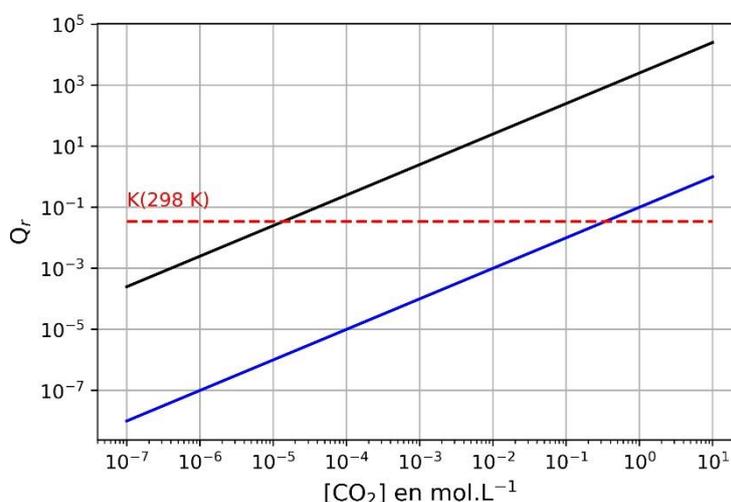


Figure 3D-2 : évolution de Q_r en fonction $[\text{CO}_2(\text{aq})]$ lorsque le système est laissé à l'air libre (courbe noire), ou lorsque le système est placé dans un appareil domestique (courbe bleue). On repère en pointillés rouges la valeur de $K(298 \text{ K})$.

3. Montrer, en utilisant la figure 3D-2, que lorsque l'eau plate est placée dans un appareil domestique permettant de gazéifier l'eau du robinet, le système chimique n'est plus à l'équilibre, puis décrire le sens d'évolution spontanée du système.
4. À l'aide de la figure 3D-2, estimer la concentration en quantité de matière de $\text{CO}_2(\text{aq})$ dissous dans une eau gazeuse élaborée à la maison.

3.E - Extrait d'une séquence pédagogique proposée en classe de quatrième.

(Document sur 2 pages)

Quelques éléments de description du contexte

L'activité étudiée est une activité du chapitre 5 que l'enseignant·e a décidé d'évaluer. L'objectif est de faire le lien entre les notions vues dans ce chapitre (dissolution des gaz dans l'eau) et le chapitre précédent (chapitre 4 : transformations chimiques) pour préparer la "mission finale" du chapitre qui consiste à rédiger un article sur la thématique « océans et réchauffement climatique ».

Extrait de la progression de l'enseignant·e :

- Chapitre 1 : l'air qui nous entoure (avec une activité sur les gaz à effet de serre et le CO₂).
- Chapitre 4 : Les transformations chimiques (mettant en jeu uniquement des molécules - dont un exemple sur la photosynthèse).

Analyse réalisée a posteriori par l'enseignant·e de l'activité évaluée

L'enseignant·e estime que l'activité proposée n'a pas permis d'atteindre les objectifs fixés. L'enseignant·e attribue cela à la conception de son activité et au questionnement associé.

Domaine	Compétence du socle contextualisée	Capacités	Objectif atteint ?
D1.3 Les langages mathématique, scientifique et informatique	Lire et exploiter des documents scientifiques	Repérer les informations pertinentes sur un schéma / une infographie	Partiellement (document 1 et 2 ok, infographie non)
		Trier et organiser les informations pour expliquer un phénomène	Partiellement
D4.4 Les systèmes naturels et les systèmes techniques	Mobiliser mes connaissances sur la structure et l'organisation de la matière	Transposer la dissolution d'un gaz dans l'eau dans un contexte inédit	Partiellement
		Interpréter l'acidification des océans comme une transformation chimique. Faire le lien avec la transformation chimique de CO ₂	Non
	Mobiliser mes connaissances sur les caractéristiques du monde vivant	Définir le processus de la photosynthèse (lien SVT). Faire le lien avec la transformation chimique de CO ₂	Non

Chapitre 5 Dissolution des gaz dans l'eau

Feuille de route



DECOUVRIR ET S'ENTRAINER

Thème 1 : Les boissons gazeuses

- Activité n°1 : Quel est le gaz présent dans les boissons gazeuses ?
- Recopier le bilan de cours n°1**
- Faire les exercices 1, 2, 3, 4

Thème 2 : La solubilité des gaz dans l'eau

- Activité n°2 : Comment fabriquer une eau gazeuse ?
- Recopier le bilan de cours n°2**
- Faire les exercices 5, 6, 7, 8
- Activité n°3 : Réchauffement climatique et océans

Les outils techniques

- Fiche « Pourcentages »
- Fiche « Tracer et lire un graphique »

LA MISSION DU CHAPITRE

Rédige un article pour le journal « Mon Quotidien » intitulé « Les océans face au réchauffement climatique » dans lequel tu expliqueras :

- Le rôle des océans dans la limitation du réchauffement climatique
- L'impact du réchauffement climatique sur le niveau des océans
- L'impact des gaz à effet de serre sur l'écosystème marin

Tu trouveras des ressources complémentaires et les indicateurs de réussite sur le Padlet

MEMORISER

Je structure mes connaissances :

- Je m'entraîne avec les QCM sur Pronote
- Je révise avec les flashcards et l'application « Quizlet »

RELEVER DES DEFIS

Défi « Esprit critique »

Identifier la (ou les) erreur(s) commise(s) par les climato-sceptiques qui expliquent que l'acidification des océans observée à notre époque n'est pas inquiétante car elle a déjà eu lieu par le passé, *(ressources sur le Padlet)*

MAÎTRISER LES OBJECTIFS DU CHAPITRE

Ce que de dois savoir

- Savoir que les gaz sont solubles dans l'eau
- Définir la solubilité d'un gaz
- Décrire le test à l'eau de chaux
- Décrire le protocole de recueil d'un gaz par déplacement d'eau

Ce que de dois savoir faire

- Réaliser le schéma de l'expérience de recueil d'un gaz par déplacement d'eau
- Interpréter le résultat du test à l'eau de chaux
- Utiliser une représentation graphique pour exploiter des données
- Exploiter la valeur de la solubilité d'un gaz dans l'eau

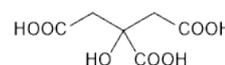
Annexe 4 - Ressources utiles pour la partie 4 du sujet

4.A - Activité expérimentale proposée à des élèves de terminale générale suivant la spécialité physique-chimie.

Qui est le plus acide : un citron vert ou un citron jaune ?

Problématique : on cherche à déterminer qui du jus de citron jaune ou du jus de citron vert est le plus acide.

L'acidité du jus de citron est due à la présence d'acide citrique de formule indiquée ci-contre.



L'acidité d'un jus de citron par rapport à un autre peut être déterminée de manière relative en mesurant et en comparant le pH de chaque solution, ou de manière absolue en déterminant la concentration en acide citrique dans chacune des solutions.

Manipulation 1

À l'aide d'un papier pH, estimer le pH d'un jus de citron vert et le pH d'un jus de citron jaune. Conclure.

Manipulation 2

On dispose d'un pH-mètre dont l'incertitude-type sur la mesure du pH vaut $u(pH) = 0,06$.

Mesurer le pH d'un jus de citron jaune, puis le pH d'un jus de citron vert.

Analyser les résultats obtenus puis présenter vos conclusions sur la possibilité de répondre à la problématique à l'aide de ces résultats expérimentaux.

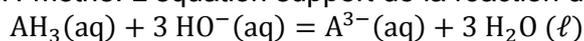
Manipulation 3

Le jus de citron vert ou de citron jaune est préalablement dilué pour obtenir une solution S'_{vert} ou S'_{jaune} .

Les solutions diluées ont été préparées en amont de la séance en suivant le protocole : 10 mL de jus de citron (vert ou jaune) sont prélevés à l'aide d'une pipette jaugée et placés dans une fiole jaugée de 100 mL qui est ensuite complétée à la jauge avec de l'eau distillée.

Chaque solution de jus de citron dilué est titrée par de la soude de concentration en quantité de matière égale à $C_0 = 0,1005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ avec une incertitude-type $u(C_0) = 0,0004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le titrage est suivi par pH-métrie. L'équation support de la réaction de titrage est la suivante :



Pour chaque solution de jus de citron dilué S'_{jaune} ou S'_{vert} , réaliser le protocole ci-dessous.

- Prélever à l'aide d'une pipette jaugée un volume $V_0 = 10 \text{ mL}$ de solution diluée de jus de citron (S'_{vert} ou S'_{jaune}) et verser dans un bécher.
- Réaliser le titrage avec la soude en mettant en place un suivi pH-métrique.

Exploitation de la manipulation 3

1. Exploiter les résultats de chaque titrage de manière à déterminer le volume équivalent et estimer l'incertitude-type sur ce volume.
2. à élaborer par le·a candidat·e.....
3. à élaborer par le·a candidat·e
4.à élaborer par le·a candidat·e
5.à élaborer par le·a candidat·e
6. Dans le cas où les résultats obtenus le permettent, répondre à la problématique posée. Dans le cas inverse proposer des pistes pour améliorer les résultats afin d'y répondre.

4.B - Notes préparatoires du professeur.

D'après l'article : Christine Ducamp, Bastien Hennequin, Cécile Potonnier, Carole Veyrac, Gilles Espinasse et Brigitte Chaput, Lequel est le plus acide : un citron vert ou un citron jaune ?, *Bull. Union. Phys.*, **2020**,114, 731 – 739.

Résultats de la manipulation 1

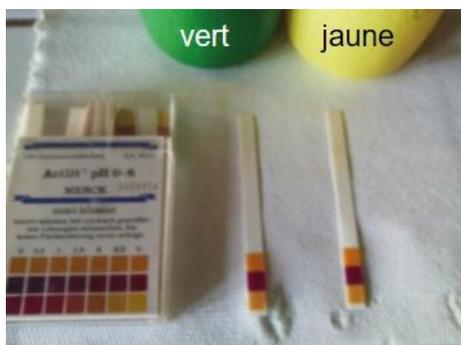


Figure 4B-1 : photo du résultat de la manipulation 1.

Résultats de la manipulation 2

Jus testé	Citron jaune	Citron vert
pH affiché	2,49	2,41

Résultats concernant la manipulation 3

Solution titrée	S'_{vert}	S'_{jaune}
V_{ég}	8,20 mL	7,4 mL
Incertitude-type estimée u(V_{ég})	0,2 mL	0,2 mL

Autres données concernant les incertitudes

Incertitude-type d'une fiole jaugée de 100 mL : $u(V_{fiole}) = 0,2 \text{ mL}$

Incertitude-type d'une pipette jaugée de 10 mL : $u(V_{pipette}) = 0,04 \text{ mL}$

Incertitude-type sur la concentration de la solution de soude utilisée : $u(C_0) = 0,0004 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Incertitudes-types composées

Soit une grandeur X calculée à partir des grandeurs Y , Z et W selon la relation $X = \frac{Y \cdot Z}{W}$, alors :

$$\frac{u(X)}{X} = \sqrt{\left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{u(Z)}{Z}\right)^2 + \left(\frac{u(W)}{W}\right)^2}$$

Résultats obtenus sur le calcul de l'incertitude-type sur la concentration en acide citrique dans le jus de citron (**non dilué**) en utilisant une méthode de type Monte Carlo implémentée dans un code Python

Jus	Citron vert	Citron jaune
Valeur d'incertitude-type sur la concentration en acide citrique affichée dans la console après exécution du programme (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.006981789115761749	0.006927778146224878

4.C - Bibliothèque de consignes usuelles en lien avec les incertitudes de mesure.

- Identifier les principales sources de variabilité lors d'une mesure.
- Estimer l'incertitude-type sur la mesure d'une grandeur.
- Comparer le poids des différentes composantes de l'incertitude-type.
- Proposer des améliorations dans le protocole afin de diminuer l'incertitude-type sur la mesure d'une grandeur.
- Discuter l'influence du protocole choisi sur la valeur de l'incertitude-type.
- Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues.
- Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.
- Comparer, le cas échéant, le résultat d'une mesure m_{mes} à une valeur de référence m_{ref} en utilisant le quotient $\frac{|m_{mes}-m_{ref}|}{u(m)}$ où $u(m)$ est l'incertitude-type associée au résultat.
- Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type.
- Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).

Annexe 5 - Ressources utiles pour la partie 5 du sujet

5.A - Programme Python permettant de déterminer la masse du Soleil.

```
1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 import scipy.stats as sc

5 #Saisie des rayons ou des demi-grand axes des orbites ainsi que des périodes des planètes
6 a1 = float(input("entrer le rayon de la 1ère planète en millions de km : "))
7 print ("le rayon est",a1,"en km : ")
8 T1 = float(input("entrer la période de la 1ère planète en année : "))
9 print ("la période est",T1,"en année : ")

11 a2 = float(input("entrer le rayon de la 2ème planète en millions de km : "))
12 print ("le rayon est",a2,"en km : ")
13 T2 = float(input("entrer la période de la 2ème planète en année : "))
14 print ("le rayon est",T2,"en année : ")

16 a3 = float(input("entrer le rayon de la 3ème planète en millions de km : "))
17 print ("le rayon est",a3,"en km : ")
18 T3 = float(input("entrer la période de la 3ème planète en année : "))
19 print ("le rayon est",T3,"en année : ")

21 a4 = float(input("entrer le rayon de la 4ème planète en millions de km : "))
22 print ("le rayon est",a4,"en km : ")
23 T4 = float(input("entrer la période de la 4ème planète en année : "))
24 print ("le rayon est",T4,"en année : ")

26 #Création des listes pour calcul et affichage
27 a = np.array([a1, a2, a3, a4])
28 T = np.array([T1, T2, T3, T4])
29 G = 6.67e-11
30 #Calcul des constantes a^3 et T^2
31 acube = (a*1e9)**3
32 Tcarre = (T*24*3600)**2
33 plt.figure()
34 plt.plot(acube, Tcarre, "+", color = "red")
35 plt.xlabel("Rayon de l'orbite au carré")
36 plt.ylabel("Période de révolution au cube")
37 plt.title("Vérification de la 3ème loi de Kepler")
38 plt.show()

39 #Moyenne et ecart-type
40 rapport=Tcarre/acube
41 moyenne=np.mean(rapport)
42 print ('Moyenne des valeurs de  $T^2/a^3$  est : ', '%.4e'%moyenne, ' $s^2/m^3$ ')
43 ecartType=np.std(rapport)
44 print('Résultat :  $T^2/a^3 =$ ', '%.2e',moyenne, '+/-' , '%.0e',ecartType, ' $s^2/m^3$ ')

45 #Calcul de la masse du corps attracteur
46 M = (4*(np.pi)**2)/(G*pende)
47 print ("la masse du Soleil est : " , "%0.3e" % M , "kg")
```

5.B - Résultats obtenus avec le programme et valeurs de référence.

Résultats obtenus avec le programme

moyenne des valeurs de $T^2/a^3 = 2.9739 \times 10^{-19} \text{ s}^2/\text{m}^3$
Résultat : $T^2/a^3 = 2.97 \times 10^{-19} \pm 2 \times 10^{-21} \text{ s}^2/\text{m}^3$
la masse du Soleil est égale à $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Valeurs tabulées

Constante de gravitation : $G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Masse du soleil : $M_s = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

5.C - Pointage des positions des satellites de Jupiter avec le logiciel *Jupiter*.

(Document sur 2 pages)

Autour de Jupiter, les satellites suivent une orbite à peu près circulaire mais, depuis la Terre, on ne voit que la projection du mouvement dans le plan du ciel. On mesure la distance du satellite à la ligne de visée, R_{apparent} , comme présenté sur la figure 5C-1.

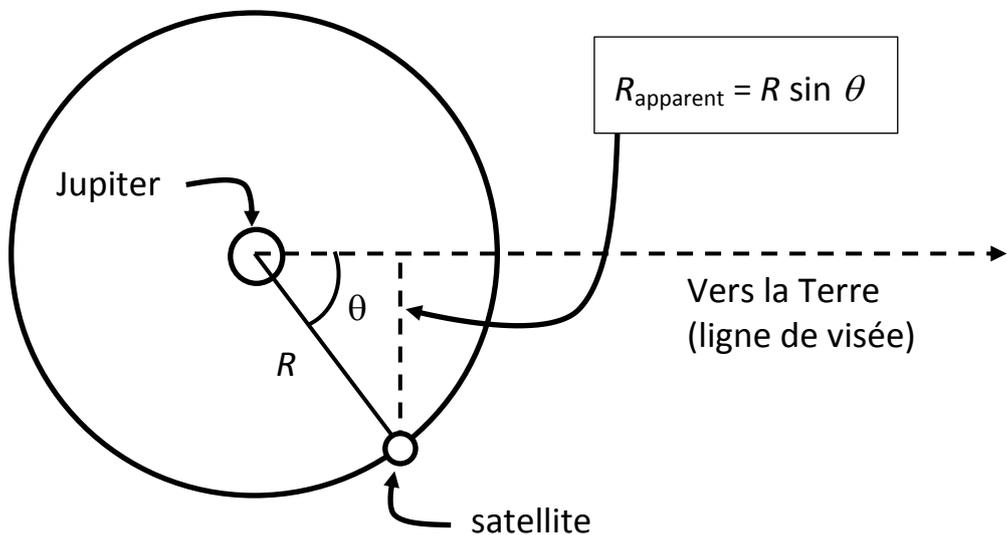


Figure 5C-1 : distance du satellite à la ligne de visée

On réalise

un pointage des satellites de Jupiter à l'aide du logiciel *Jupiter*. Les résultats sont donnés en « diamètre de Jupiter » et sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Le diamètre de Jupiter fourni au logiciel par le professeur est $D = 139\,820$ km.

Jupiter Satellite Measurements - 04-25-2020 11:12				
	Measurement unit is Jupiter diameters.			
	East is negative (-).			
Date (h)	Io	Europa	Ganymede	Callisto
0	-1.13	-1.90	6.88	
6	-2.85	-3.55	6.05	1.48
12	-2.45	-4.53	4.93	
18	-0.25	-4.68	3.58	-0.98
24	2.13	-3.91	2.09	-2.19
30	2.94	-2.40	0.46	-3.40
36	1.59	-0.43	-1.19	-4.60
42	-0.93	1.64	-2.76	-5.72
48	-2.78	3.37	-4.23	-6.80
54	-2.54	4.43	-5.45	-7.82
60	0.12	4.65	-6.45	-8.85
66	1.97	3.93	-7.13	-9.70

Jupiter Satellite Measurements - 04-25-2020 11:12				
	Measurement unit is Jupiter diameters.			
	East is negative (-).			
Date (h)	Io	Europa	Ganymede	Callisto
72	2.95	2.49	-7.45	-10.50
78	1.77		-7.43	-11.20
84	-0.74	-1.46	-7.05	-11.80
90	-2.69	-3.22	-6.32	-12.30
96	-2.65	-4.40	-5.30	-12.70
102	-0.67	-4.72	-4.03	-12.95
108	2.93	-2.78	-0.97	-13.15
114	1.92	-0.85	0.68	-13.05
120	-0.54	1.23	2.29	-12.90
126	-2.62	3.07	3.78	-12.55
132	-2.72	4.28	5.08	-12.10
138	-0.87	4.67	6.18	

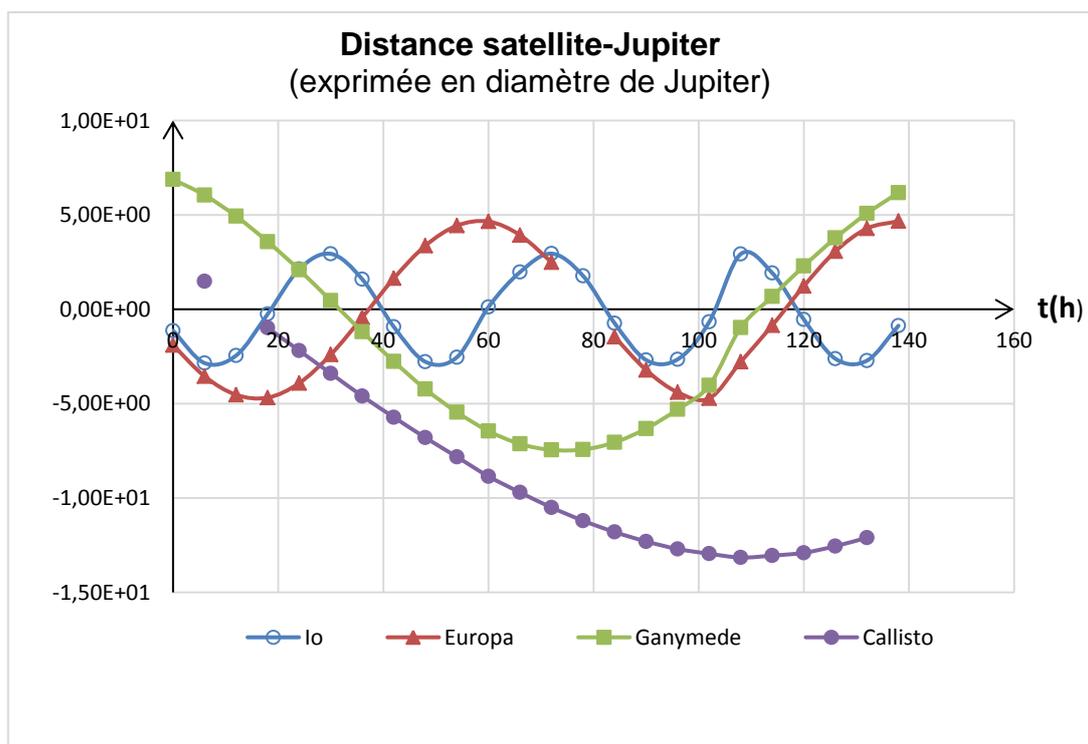


Fig
ure 5C-2 : courbes obtenues à partir du pointage des positions des satellites de Jupiter. Les points sont reliés uniquement pour donner une meilleure lisibilité.

Document-réponse - Copie d'élève

Chapitre 5 – Dissolution des gaz dans l'eau

Réchauffement climatique et océans

Contexte

La mer de Glace, à Chamonix, s'étend aujourd'hui sur une surface avoisinant les 40 km², pour environ 300 m d'épaisseur, sur le versant septentrional du massif du Mont-Blanc. Il s'agit du troisième plus grand glacier des Alpes. Mais malheureusement, la mer de Glace s'est mise à fondre de manière importante depuis 1870. La principale raison du recul du glacier est le réchauffement climatique en cours et le rythme s'accélère encore depuis 2003 : elle perd en moyenne 30 m de long par an.

D'après <http://www.futura-sciences.com>



Mer de glace en 1900 Mer de glace en 2017
(Source : AFP)

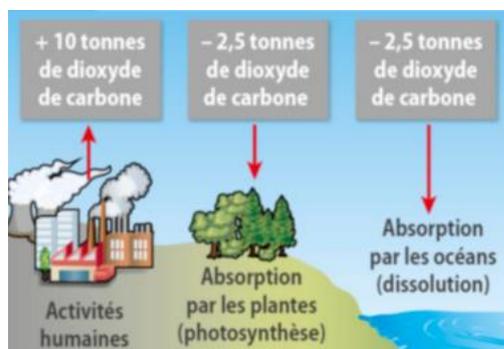
Documents de travail

Document 1. Réchauffement climatique

- En 2015, 32 milliards de tonnes de dioxyde de carbone ont été rejetées dans l'atmosphère.
- Le réchauffement climatique est une augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère terrestre, mesurée à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies. L'augmentation actuellement observée de la quantité de gaz à effet de serre (comme le dioxyde de carbone) dans l'atmosphère joue un rôle important dans le réchauffement climatique.

Source : Manuel Nathan (cycle 4)

Document 2. Cycle simplifié du dioxyde de carbone



Les valeurs indiquées correspondent aux quantités échangées lors d'un cycle simplifié.

Source : Manuel Nathan (cycle 4)

Exploitation des documents

Sur le document 2, identifie l'origine des émissions des dioxyde de carbone.

Le dioxyde de carbone vient des activités humaine.

Sur le document 2, identifie les "puits de carbone", c'est-à-dire les réservoirs qui absorbent le dioxyde de carbone.

Les puits de carbone sont les plantes et les océans

Explique brièvement les processus d'absorption qui sont en jeu pour ces puits de carbone

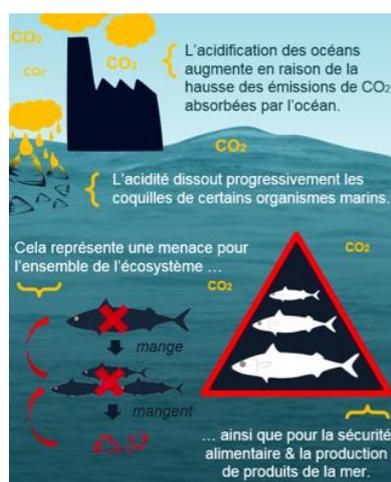
Dissolution : c'est lorsque l'on met un solide dans l'eau, comme du sel et qu'il fond.

Photosynthèse : c'est ce qui permet aux plantes de pousser.

En t'appuyant sur les documents, explique en quoi le rôle des océans est essentiel pour limiter le réchauffement climatique.

Les océans absorbent la moitié du dioxyde de carbone, qui est un gaz à effet de serre, donc c'est bon pour l'environnement et pour la planète. Les océans aident les plantes à dépolluer la planète.

Pour aller plus loin



À l'aide de l'infographie ci-contre, explique l'impact des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère sur l'écosystème marin.

Les océans deviennent de l'eau gazeuse, ce qui n'est pas bon pour les poissons car l'eau gazeuse n'est pas bonne pour leur santé. Le dioxyde de carbone pollue l'air et les océans, il faut arrêter d'en fabriquer.

Annexe 6 - Extraits des programmes officiels

Extrait du programme de physique-chimie de terminale générale

Constitution et transformations de la matière	
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
1. Déterminer la composition d'un système par des méthodes physiques et chimiques	
A) Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H ⁺	
Transformation modélisée par des transferts d'ion hydrogène H ⁺ : acide et base de Brønsted, couple acide-base, réaction acide-base. Couples acide-base de l'eau, de l'acide carbonique, d'acides carboxyliques, d'amines. Espèce amphotère.	Identifier, à partir d'observations ou de données expérimentales, un transfert d'ion hydrogène, les couples acide-base mis en jeu et établir l'équation d'une réaction acide-base. Représenter le schéma de Lewis et la formule semi-développée d'un acide carboxylique, d'un ion carboxylate, d'une amine et d'un ion ammonium. Identifier le caractère amphotère d'une espèce chimique.
B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques	
pH et relation $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+] / c^\circ)$ avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, concentration standard.	Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ion oxonium H ₃ O ⁺ , la valeur du pH de la solution et inversement. <i>Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H₃O⁺, Cl⁻) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H₃O⁺ apporté.</i> Capacité mathématique : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque.
C) Analyser un système par des méthodes chimiques	
Titre massique et densité d'une solution. Titrage avec suivi pH-métrique. Titrage avec suivi conductimétrique.	<i>Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.</i> Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale. Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse. Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrique, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires. <i>Mettre en oeuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base.</i> <i>Mettre en oeuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.</i> Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de

	matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.
2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation	
<p>Suivi temporel et modélisation macroscopique Transformations lentes et rapides. Facteurs cinétiques : température, concentration des réactifs. Catalyse, catalyseur.</p> <p>Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit. Temps de demi-réaction. Loi de vitesse d'ordre 1</p>	<p>Justifier le choix d'un capteur de suivi temporel de l'évolution d'un système. Identifier, à partir de données expérimentales, des facteurs cinétiques. Citer les propriétés d'un catalyseur et identifier un catalyseur à partir de données expérimentales. <i>Mettre en évidence des facteurs cinétiques et l'effet d'un catalyseur.</i> À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction. <i>Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif.</i> Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1. Capacité numérique : À l'aide d'un langage de programmation et à partir de données expérimentales, tracer l'évolution temporelle d'une concentration, d'une vitesse volumique d'apparition ou de disparition et tester une relation donnée entre la vitesse volumique de disparition et la concentration d'un réactif.</p>
3. Prévoir l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique	
<p>État final d'un système siège d'une transformation non totale : état d'équilibre chimique. Modèle de l'équilibre dynamique. Quotient de réaction Q_r. Système à l'équilibre chimique : constante d'équilibre $K(T)$. Critère d'évolution spontanée d'un système hors équilibre chimique.</p>	<p>Relier le caractère non total d'une transformation à la présence, à l'état final du système, de tous les réactifs et de tous les produits. <i>Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactifs.</i> Déterminer le sens d'évolution spontanée d'un système. Déterminer un taux d'avancement final à partir de données sur la composition de l'état final et le relier au caractère total ou non total de la transformation. <i>Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée.</i></p>

Ondes et signaux

3. Étudier la dynamique d'un système électrique

<p>Intensité d'un courant électrique en régime variable.</p> <p>Comportement capacitif. Modèle du condensateur. Relation entre charge et tension ; capacité d'un condensateur. Modèle du circuit RC série : charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique. Capteurs capacitifs.</p>	<p>Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.</p> <p>Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard. Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles. <i>Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle. Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, d'un multimètre ou d'une carte d'acquisition, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.</i> Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge. Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs. <i>Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC.</i> <i>Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.</i> Capacité mathématique : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.</p>
--	---

Mouvement et interactions

2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Deuxième loi de Newton Centre de masse d'un système. Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton. Équilibre d'un système.</p>	<p>Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée. Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié. Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire : - le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ; - la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.</p>
<p>Mouvement dans un champ uniforme Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.</p>	<p>Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan. Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.</p>

<p>Champ électrique créé par un condensateur plan. Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.</p>	<p>Établir l'équation de la trajectoire. Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan, son expression étant donnée. Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules chargées. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme. <i>Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.</i> Capacité numérique : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur. Capacités mathématiques : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.</p>
<p>Mouvement dans un champ de gravitation Mouvement des satellites et des planètes. Orbite. Lois de Kepler. Période de révolution. Satellite géostationnaire.</p>	<p>Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien. Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire. Capacité numérique : Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.</p>

<h2 style="text-align: center;">Mesures et Incertitudes</h2>	
<h3 style="text-align: center;">Notions et contenus</h3>	<h3 style="text-align: center;">Capacités exigibles</h3>
<p>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.</p> <p>Incertitude-type.</p>	<p>Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole. Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes. Capacité numérique : Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur ou d'un langage de programmation. Définir qualitativement une incertitude-type. Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A). Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).</p>

<p>Incertitudes-types composées.</p> <p>Écriture du résultat. Valeur de référence.</p>	<p>Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues.</p> <p>Capacité numérique : Simuler, à l'aide d'un langage de programmation, un processus aléatoire illustrant la détermination de la valeur d'une grandeur avec incertitudes-types composées.</p> <p>Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.</p> <p>Comparer, le cas échéant, le résultat d'une mesure m_{mes} à une valeur de référence m_{ref} en utilisant le quotient $\frac{ m_{mes}-m_{ref} }{u(m)}$ où $u(m)$ est l'incertitude-type associée au résultat.</p>
--	---

Extrait du programme de Cycle 4

Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
Décrire la constitution et les états de la matière	
<p>Concevoir et réaliser des expériences pour caractériser des mélanges.</p> <p>Estimer expérimentalement une valeur de solubilité dans l'eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solubilité. - Miscibilité. - Composition de l'air. 	<p>Ces études sont l'occasion d'aborder la dissolution de gaz (notamment celle du CO₂) dans l'eau au regard de problématiques liées à la santé et l'environnement.</p> <p>Ces études peuvent prendre appui ou illustrer les différentes méthodes de traitement des eaux (dépollution, purification, désalinisation...). Elles permettent de sensibiliser les élèves au traitement des solutions avant rejet.</p>
Réaliser des circuits électriques simples et exploiter les lois de l'électricité	
<p>Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental simple visant à réaliser un circuit électrique répondant à un cahier des charges ou à vérifier une loi de l'électricité.</p> <p>Exploiter les lois de l'électricité.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dipôles en série, dipôles en dérivation. - L'intensité du courant électrique est la même en tout point d'un circuit qui ne compte que des dipôles en série. - Loi d'additivité des tensions (circuit à une seule maille). - Loi d'additivité des intensités (circuit à deux mailles). - Relation tension-courant : loi d'Ohm. <p>Mettre en relation les lois de l'électricité et les règles de sécurité dans ce domaine.</p> <p>Conduire un calcul de consommation</p>	<p>Les exemples de circuits électriques privilégient les dispositifs rencontrés dans la vie courante : automobile, appareils portatifs, installations et appareils domestiques.</p> <p>Les activités proposées permettent de sensibiliser les élèves aux enjeux d'économies d'énergie (éclairage, chauffage...) pour développer des comportements responsables et citoyens. L'évaluation d'un coût énergétique associé à une utilisation du numérique en est également une illustration pertinente.</p> <p>Cette thématique fournit l'occasion de présenter des dispositifs permettant de convertir de l'énergie électrique dans un objectif de stockage.</p>

d'énergie électrique relatif à une situation de la vie courante. - Puissance électrique $P = U.I.$ Relation liant l'énergie, la puissance électrique et la durée.	
---	--