

DST : Physique-Chimie



NOM :

PRENOM :

Terminale :

DUREE DE L'EPREUVE : 1 heure et 50 minutes. — Sur 20 points — COEFFICIENT : 1

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet comporte 3 exercices de PHYSIQUE-CHIMIE, présentés sur 6 pages numérotées de 1 à 6, y compris celle-ci. Les exercices sont indépendants. Si au bout de quelques minutes, vous ne parvenez pas à répondre à une question, passez à la suivante. Les exercices peuvent être traités séparément, le barème est donné à titre indicatif. Dans tous les calculs qui suivent, on attend à ce que soient donnés la formule littérale, le détail du calcul numérique et le **résultat avec une unité et un nombre de chiffres significatifs correct en écriture scientifique**. Et n'oubliez pas de faire des phrases !

- I. ChemCam**
- II. Les propriétés acido-basiques de l'ion hydrogénocarbonate**
- III. Les expériences acoustiques de Mathilde**

Compétences		😊	😐	😢
Restituer des connaissances				
Analyser	Justifier ou proposer un modèle			
S'approprier	Extraire des informations			
Réaliser	Manipuler les équations, Utiliser une calculatrice			
Valider	Exploiter des informations, Avoir un regard critique			
Communiquer	Utiliser un vocabulaire scientifique adapté, Présentation			
Etre autonome	Prendre des décisions			

Extraits du programme (B.O. 2012)	
Notions et contenus	Compétences exigibles
Ondes progressives périodiques sinusoïdales. Retard.	Définir une onde progressive. Connaître et exploiter la relation entre la fréquence, la longueur d'onde et la célérité.
Ondes sonores et ultrasonores Analyse spectrale. Hauteur et timbre.	

Exercice 1 ChemCam

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Raisonner sur des notions connues, Calculer

Le 6 août 2012, Curiosity, le Rover de la mission martienne, a posé ses bagages sur Mars pour y étudier son sol. Laboratoire de haute technologie, Curiosity comprend de nombreux instruments dont un sur lequel la France a beaucoup travaillé : ChemCam. Cet appareil analyse par spectrométrie la lumière d'un plasma issue d'un tir laser sur les roches, permettant de remonter à la composition du sol.

Données :

- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$.

I- Le LASER Chemcam

Document n°1 : Principe de fonctionnement de ChemCam

ChemCam met en œuvre la technique LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) d'analyse spectroscopique induite par ablation laser. Son laser pulsé émet un rayonnement à 1067 nm délivrant environ 15 mJ pour une durée d'impulsion de 5 ns. L'interaction du faisceau laser pulsé de forte puissance avec un matériau provoque un échauffement brutal de la surface éclairée, une vaporisation et une ionisation sous forme d'un plasma. Il est important de comprendre que le plasma se formera si, au niveau de la cible, la puissance par unité de surface (ou l'irradiance) est supérieure à un seuil de $1,0 \text{ GW.cm}^{-2}$. C'est pourquoi ChemCam est pourvu d'un système de focalisation du faisceau laser qui est tel qu'au niveau de la cible le diamètre du faisceau est d'environ $D = 350 \mu\text{m}$. Dans ces conditions, les atomes et les ions éjectés sont alors dans des niveaux d'énergie excités. En se désexcitant, ils émettent un rayonnement qui est analysé par spectroscopie entre 250 et 900 nm. On obtient ainsi un spectre d'émission atomique. La détermination des longueurs d'onde de raies présentes sur ce spectre permet d'identifier les atomes ou ions présents dans la cible.

1/ Donner deux propriétés intéressantes du laser.

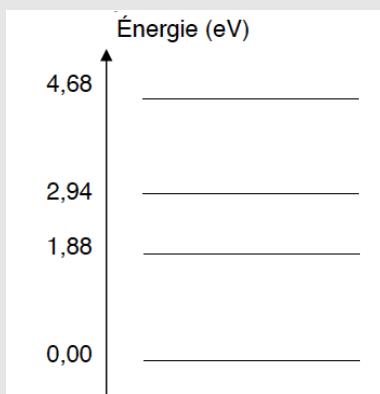
2/ Le laser de ChemCam émet-il de la lumière visible ? Justifier.

3/ Question bonus pour les plus rapides : Montrer que les caractéristiques du faisceau laser utilisé par ChemCam permettent bien d'obtenir une irradiance suffisante pour créer un plasma.

II- Test de fonctionnement de l'analyseur spectral de ChemCam

Afin de vérifier que l'analyseur spectral de ChemCam fonctionne bien, on réalise au laboratoire le spectre d'émission atomique d'une roche témoin contenant l'élément calcium.

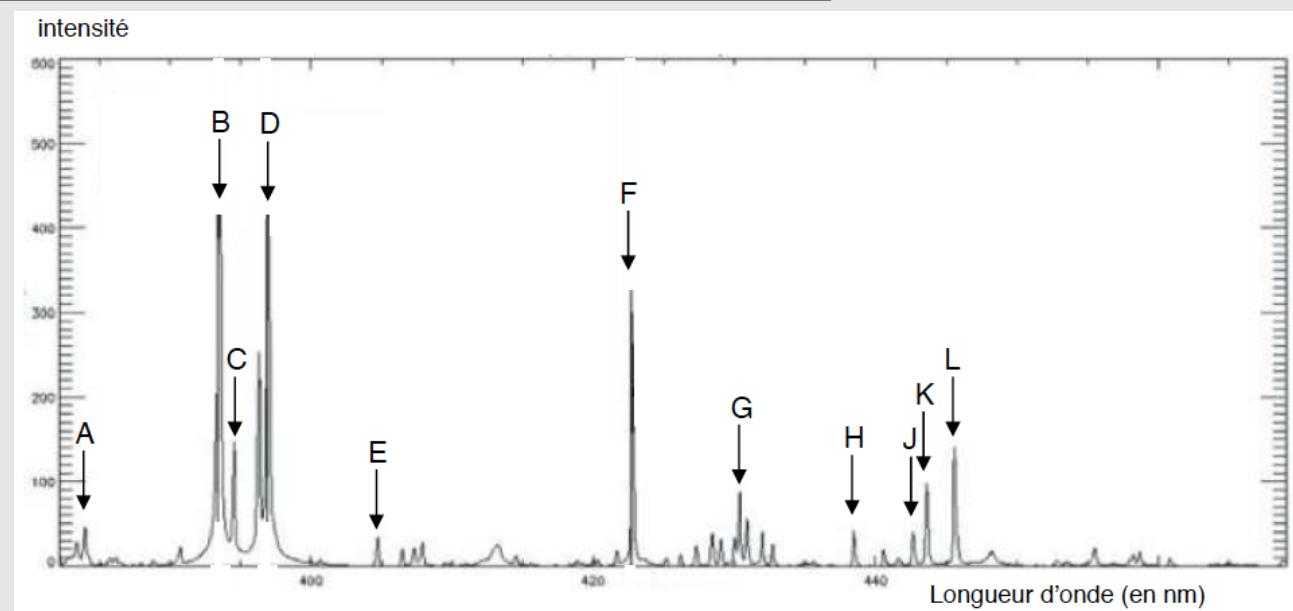
Document n°2 : Diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'élément calcium sous forme d'ion Ca^+



Document n°3 : Longueurs d'onde (en nm) des raies d'émission entre 380 nm et 460 nm de l'élément d'ion Ca^+

Longueurs d'onde des raies d'émission	394 nm	397 nm	423 nm	443 nm	444 nm	446 nm
---------------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Document n°4 : Spectre d'émission atomique de la roche témoin



4/ Justifier pourquoi deux atomes (ou ions) différents ne donnent pas le même spectre d'émission.

5/ À l'aide du document 2, identifier, pour l'ion Ca^+ , la transition énergétique correspondant à la raie de longueur d'onde 423 nm. Détailler votre démarche.

6/ Le document 4 présente le spectre de la roche témoin. L'analyseur spectral de ChemCam fonctionne-t-il correctement ? Justifier.

Exercice 2 Les propriétés acido-basiques de l'ion hydrogénocarbonate

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Raisonner sur des notions connues, Calculer

L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- appartient à deux couples acide faible / base faible :

- $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$, de $pK_a = 6,4$;
- $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$, de $pK_a = 10,3$.

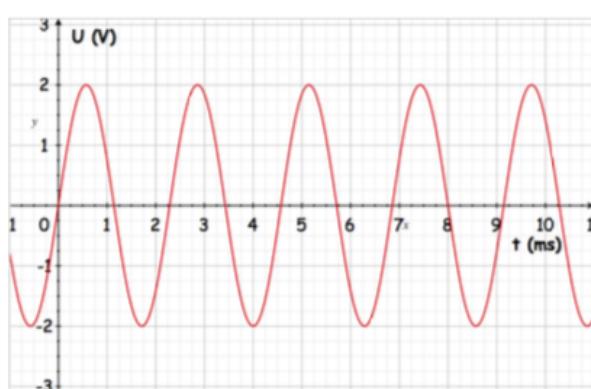
Remarque : la notation $(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})$ représente le dioxyde de carbone dissout dans l'eau.

- 1/ Quelle particularité présente l'ion hydrogénocarbonate dans l'eau du point de vue des réactions acido-basiques ?
- 2/ Écrire les équations de ces deux réactions acido-basiques dans l'eau.
- 3/ Sur un unique axe gradué en pH, indiquer les domaines de prédominance des trois espèces $(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O})$, HCO_3^- et CO_3^{2-} .
- 4/ Le CO_2 se dissout spontanément dans de l'eau pure laissée à l'air libre.
 - 4.1/ Écrire l'équation de la réaction du dioxyde de carbone avec l'eau.
 - 4.2/ Le pH de l'eau distillée laissée à l'air libre est de 5,5. Quelle est l'origine de l'acidité de cette eau ? Quelle est l'espèce prédominante à ce pH ?
 - 4.3/ Grâce à la valeur du pH, déterminer la concentration en ions hydrogénocarbonate dans cette solution.
- 5/ À votre avis, quel peut être l'un des effets sur les océans de l'augmentation de la concentration en dioxyde de carbone dans l'atmosphère ?

Exercice 3 Les expériences acoustiques de Mathilde

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Raisonner sur des notions connues, Calculer

Mathilde s'intéresse au son émis par un diapason. Pour cela, elle place un microphone M_1 à une distance $d = 20,0$ cm du diapason. L'appareil transforme le signal sonore en signal électrique et le transmet à une interface d'acquisition. Mathilde obtient alors le signal ci-contre sur l'écran de son ordinateur.



I- Analyse de la courbe

- 1/ Ce son est-il pur ou complexe ?
- 2/ Cette courbe permet-elle de déterminer la période spatiale ou la période temporelle de l'onde ? Justifier.
- 3/ Déterminer la valeur de cette période de la manière la plus précise possible, en expliquant votre méthode.
- 4/ Quelle est la fréquence de ce signal ?

II- Longueur d'onde et célérité des ondes sonores dans l'air

5/ Donner la définition de la longueur d'onde d'un signal.

Mathilde dispose d'un deuxième microphone M_2 , initialement placé à côté du premier, de sorte que les deux microphones reçoivent des signaux en phase. Elle recule alors progressivement le microphone M_2 jusqu'à ce que les signaux soient à nouveau en phase. Elle recommence l'opération jusqu'à compter quatre positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance D entre les deux microphones est alors de 3,00 m.

6/ Déterminer la valeur de la longueur d'onde de ce signal.

7/ En déduire la célérité des ondes sonores dans l'air.

8/ En replaçant le microphone M_2 à 1,88 m derrière le microphone M_1 , comment seraient les signaux 1 et 2 l'un par rapport à l'autre ? Justifier.

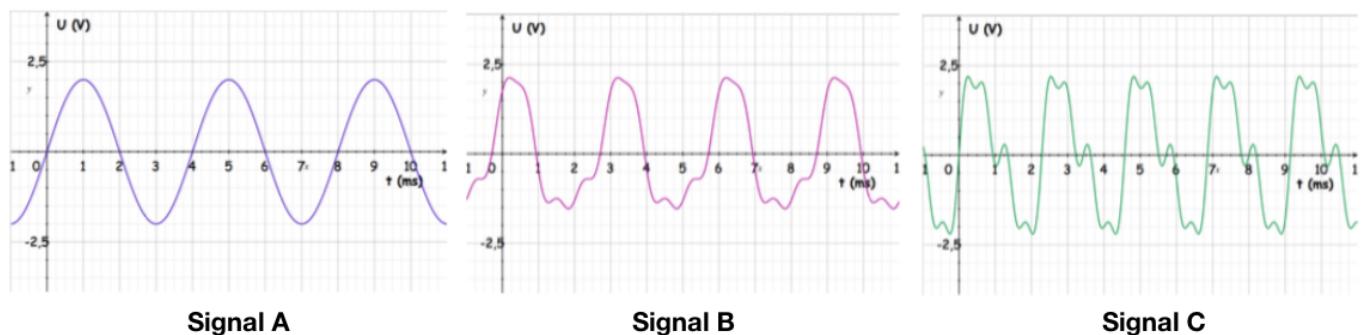
III- Analyse spectrale

9/ Représenter l'allure du spectre en fréquences du son émis par ce diapason.

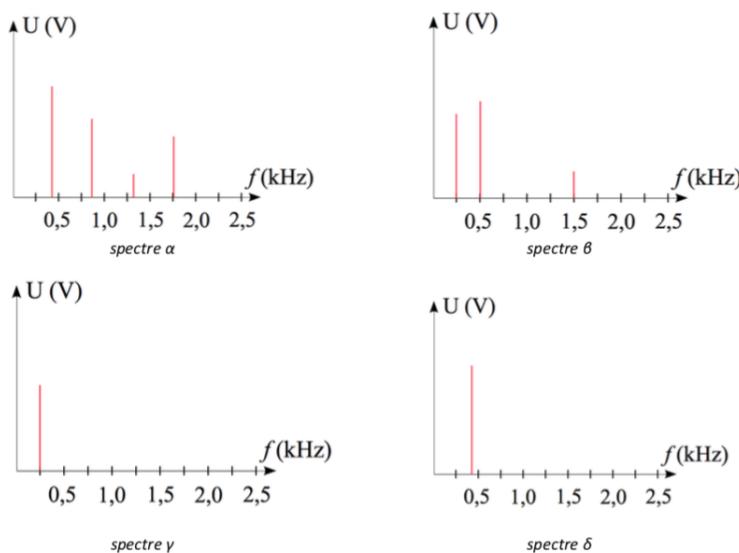
Mathilde analyse maintenant le son émis par une corde de guitare, à la même fréquence fondamentale que celle du diapason.

10/ Quel caractère physiologique est identique entre le son du diapason et celui de la guitare ?

11/ Parmi les signaux a , b et c ci-dessous, lequel pourrait correspondre au son de la guitare ? Justifier.



12/ Parmi les spectres α , β et γ et δ ci-dessous, lequel pourrait correspondre à celui du son de la guitare ? Justifier.



13/ Quel caractère physiologique diffère entre le son du diapason et celui de la guitare ? Justifier.

IV- Intensité sonore

Un concert est donné avec deux guitares. Placée à 5,0 m des musiciens, Mathilde mesure, à l'aide d'un sonomètre, le niveau sonore produit séparément par les deux instruments. Ses mesures donnent $L_1 = 70$ dB et $L_2 = 76$ dB.

14/ Déterminer les intensités sonores I_1 et I_2 émises respectivement par chacun des instruments à la distance $l = 5,0$ m.

15/ Quelle est l'indication du sonomètre, placé à la distance $l = 5,0$ m, lorsque les musiciens jouent simultanément ?

16/ Combien de guitares, produisant chacune en un point un son de niveau sonore 70 dB, faudrait-il pour que le niveau sonore résultant en ce point soit de 90 dB ? (Intensité de référence : $I_0 = 1,0 \times 10^{-12}$ W.m⁻²)

— Fin —