

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BIOTECHNOLOGIES

## SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

SESSION 2024

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2h

COEFFICIENT : 1

### Matériel autorisé :

Conformément à la circulaire n° 2015-178 du 1<sup>er</sup> octobre 2015 relative à l'utilisation des calculatrices électroniques aux examens et concours de l'enseignement scolaire,

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de **8** pages, numérotées de **1 sur 8** à **8 sur 8**.

Les annexes situées page 8/8 **sont à rendre avec la copie.**

Les données numériques sont indiquées dans chaque exercice.

**De nombreuses questions peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.**

La correction de l'épreuve tiendra le plus grand compte de la clarté dans la conduite de la résolution et dans la rédaction de l'énoncé des lois, de la compatibilité de la précision des résultats numériques avec celle des données de l'énoncé (nombre de chiffres significatifs), du soin apporté aux représentations graphiques éventuelles et de la qualité de la langue française dans son emploi scientifique.

BTS BIOTECHNOLOGIES		Session 2024
Sciences physiques et chimiques	24-BOE1SC	Page : 1/8

## Éléments de contexte

L'élément chlore est largement utilisé dans le traitement des eaux de piscine. C'est un produit bon marché ; on le trouve le plus souvent dans l'eau de Javel sous forme d'ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$ .

Grâce à son pouvoir oxydant, utilisé en quantité convenable, il détruit les microorganismes, permet d'éliminer de nombreux polluants et empêche l'eutrophisation ; il assure ainsi une stérilisation efficace.

En solution aqueuse, le chlore peut exister sous différentes formes :

- ions chlorure  $\text{Cl}^-$ (aq)
- dichlore  $\text{Cl}_2$ (aq)
- acide hypochloreux  $\text{HClO}$ (aq)
- ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$ (aq)
- chloramines : monochloramine  $\text{NH}_2\text{Cl}$ , dichloramine  $\text{NHCl}_2$  et trichloramine  $\text{NCl}_3$ .

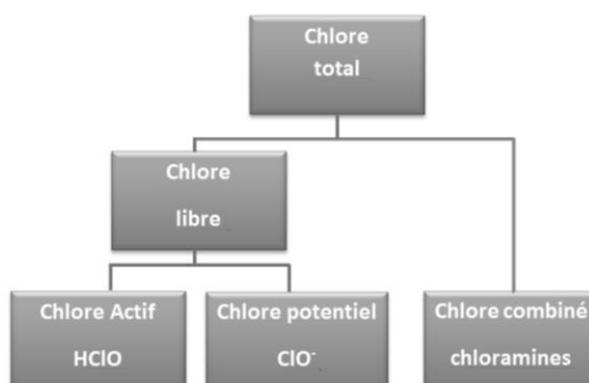
**La destruction des micro-organismes est essentiellement assurée par l'acide hypochloreux (HClO).**

La législation française sur l'eau distingue :

- le chlore libre : chlore sous forme d'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  et d'ions hypochlorite  $\text{ClO}^-$
- le chlore combiné : chlore sous forme de chloramines
- le chlore total : somme du chlore libre et du chlore combiné.

La connaissance des différentes formes du chlore est importante pour le traitement si l'on veut tenir compte des pouvoirs oxydant, bactéricide et lacrymogène.

Schéma simplifié du "type de chlore" dans les piscines :



(D'après Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 792)

BTS BIOTECHNOLOGIES		Session 2024
Sciences physiques et chimiques	24-BOE1SC	Page : 2/8

# I. CHLORE LIBRE (11 points)

## A. Structure de la molécule d'acide hypochloreux

### Données :

Numéro atomique Z de quelques éléments chimiques :

Chlore : 17 Oxygène : 8 Hydrogène : 1 Carbone : 6

Électronégativités selon Pauling :

$\chi_{\text{H}} = 2,1$      $\chi_{\text{O}} = 3,5$      $\chi_{\text{Cl}} = 3,0$      $\chi_{\text{C}} = 2,5$

1. Déterminer la configuration électronique de l'atome de chlore.
2. Justifier la représentation de Lewis de l'atome de chlore : 
3. Schématiser par une représentation de Lewis la molécule d'acide hypochloreux HClO en tenant compte du fait que l'atome d'oxygène est central.
4. Déterminer la géométrie de l'acide hypochloreux en s'appuyant sur la méthode VSEPR.

La liaison O–Cl de l'acide hypochloreux est polarisée.

5. Justifier la présence d'une charge partielle  $\delta^-$  sur l'atome d'oxygène et  $\delta^+$  sur l'atome de chlore.

## B. Réaction de l'acide hypochloreux avec l'eau

Couple acide/base :  $pK_a(\text{HClO}/\text{ClO}^-) = 7,5$

6. Écrire l'équation de réaction modélisant la transformation chimique entre l'acide hypochloreux et l'eau.
7. Exprimer de manière littérale la constante d'acidité  $K_a$  associée à cette réaction, en fonction des concentrations à l'équilibre.
8. Sans calcul, indiquer le pourcentage de forme acide HClO dans une eau de piscine à  $pH = 7,5$ .

*Le pH idéal admis pour une eau de piscine se situe entre 7,2 et 7,4. La sueur des baigneurs, la production de mucus... font que le pH de l'eau augmente légèrement.*

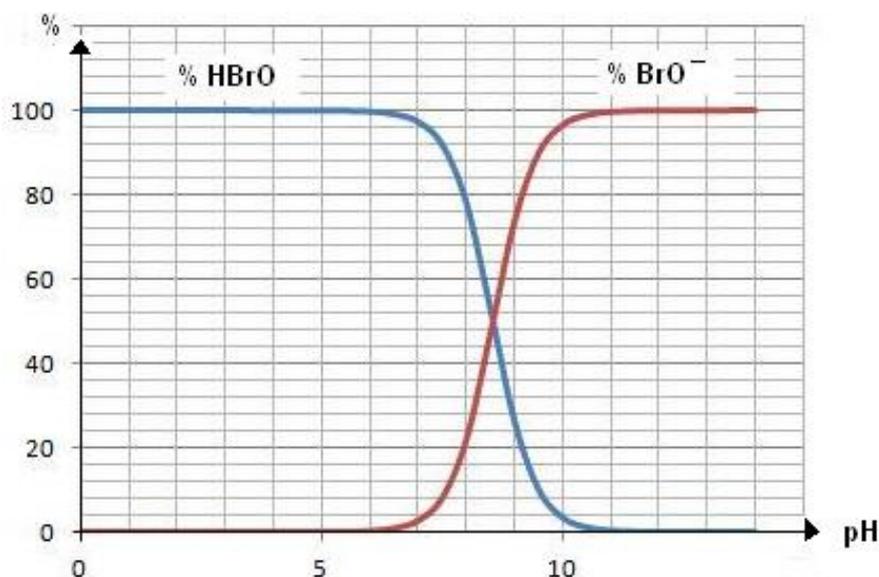
On considère pour la suite que le pH est passé à 8,0.

9. À partir des données, construire le diagramme de prédominance du couple HClO/ClO<sup>-</sup>.
10. Expliquer pourquoi une augmentation du pH de l'eau pose problème quant à la prolifération des micro-organismes.

BTS BIOTECHNOLOGIES		Session 2024
Sciences physiques et chimiques	24-BOE1SC	Page : 3/8

On préfère parfois remplacer l'acide hypochloreux  $\text{HClO}$  par l'acide hypobromeux  $\text{HBrO}$  qui présente des propriétés analogues.

Le diagramme ci-dessous représente les pourcentages molaires de l'acide hypobromeux  $\text{HBrO}$  et des ions hypobromite  $\text{BrO}^-$  en fonction du  $\text{pH}$ .



11. En utilisant le document précédent, déterminer le pourcentage d'acide hypobromeux  $\text{HBrO}$  dans une eau à  $\text{pH} = 8,0$ .
12. Sachant que le pourcentage d'acide hypochloreux est de 24 % à  $\text{pH} = 8$ , en déduire une des raisons qui conduit à remplacer l'acide hypochloreux par l'acide hypobromeux.

## II. CHLORE COMBINÉ : LES CHLORAMINES (12 points)

### A. Formation de la monochloramine

Les matières azotées produites par les baigneurs réagissent avec l'acide hypochloreux pour donner des chloramines. On étudie ce phénomène en prenant une solution d'ammoniac  $NH_{3(aq)}$  comme matière azotée.

On veut comprendre le mécanisme de la formation de la monochloramine à partir de l'acide hypochloreux  $HClO$  et de l'ammoniac  $NH_3$ .

1. Préciser la nature électrophile ou nucléophile de l'ammoniac  $NH_3$  en justifiant votre réponse.

Sur l'**annexe 1 page 8**, on a représenté les deux étapes de cette réaction.

2. Ajouter sur l'**annexe 1 page 8 A RENDRE AVEC LA COPIE** pour les réactifs, et pour chaque étape du mécanisme réactionnel, les déplacements d'électrons qui permettent d'expliquer la formation des produits. Indiquer les deux produits obtenus lors de la deuxième étape.
3. Parmi les types de réactions suivantes (oxydation, réduction, acide-base, substitution, addition, élimination), indiquer celle correspondant à la seconde étape.

Les monochloramines peuvent ensuite réagir avec l'acide hypochloreux pour former des dichloramines, de même les dichloramines peuvent ensuite donner des trichloramines.

### B. Utilisation d'huiles essentielles pour masquer l'odeur des chloramines

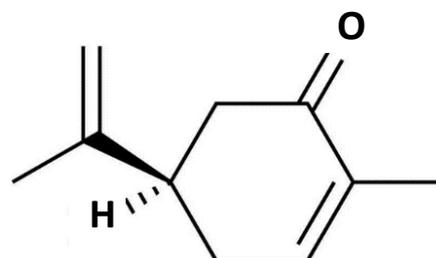
Les chloramines sont les principales responsables de la mauvaise odeur de chlore.

Les piscinistes proposent des parfums à base d'huiles essentielles pour remédier au problème. On étudie ici la R (-) carvone qui permet d'obtenir l'odeur de menthe verte.

Données :

Représentation de Cram de la R (-) carvone :

Numéro atomique Z de quelques éléments chimiques :  
Oxygène : 8    Hydrogène : 1    Carbone : 6



4. Sur l'**annexe 2 page 8 A RENDRE AVEC LA COPIE**, entourer puis nommer la fonction présente dans la molécule de carvone.
5. Sur l'**annexe 2 page 8 A RENDRE AVEC LA COPIE**, indiquer la position du carbone asymétrique après l'avoir défini.

BTS BIOTECHNOLOGIES		Session 2024
Sciences physiques et chimiques	24-BOE1SC	Page : 5/8

6. Justifier de manière détaillée que la représentation de la carvone donnée ci-dessus correspond bien à l'isomère de configuration R.
7. Indiquer la signification du symbole (-) dans la R (-) carvone.
8. Représenter l'autre énantiomère de la R (-) carvone et le nommer.
9. Citer une méthode physique permettant de distinguer les deux énantiomères.

### III. LE CHLORE 36 : UN TRACEUR RADIOACTIF (13 points)

Le chlore 36 est un isotope radioactif du chlore qui se forme dans l'atmosphère sous l'action du soleil et que l'on retrouve ensuite sous forme d'ions chlorure dans les eaux des calottes glaciaires, nappe phréatique...

Le chlore 36 est émetteur  $\beta^-$  ; sa demi-vie est de  $3,01 \times 10^5$  ans.

Dans les eaux de surface, le chlore 36 est renouvelé et la teneur en chlore 36 peut être supposée constante, ce qui n'est pas le cas dans certaines eaux souterraines anciennes qui sont isolées du milieu extérieur et qui voient donc leur teneur en chlore 36 diminuer selon la loi de décroissance radioactive. On met à profit ce phénomène pour dater géologiquement ces eaux souterraines sur une durée de soixante mille à un million d'années.

#### Données :

Extrait de la classification périodique :

<b>13 Al</b> ALUMINIUM	<b>14 Si</b> SILICIUM	<b>15 P</b> PHOSPHORE	<b>16 S</b> SOUFRE	<b>17 Cl</b> CHLORE	<b>18 Ar</b> ARGON
---------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ SI}$

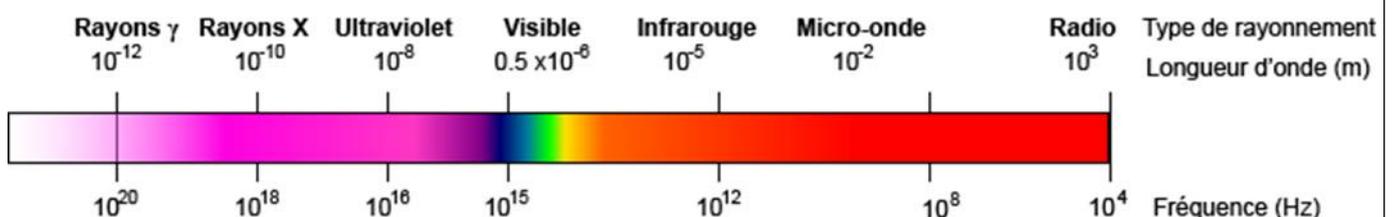
Électron-Volt :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire du chlore :  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

$1 \text{ an} = 365,25 \text{ jours} = 3,154 \times 10^7 \text{ s}$

Classement des ondes électromagnétiques selon leur fréquence et longueur d'onde :



1. Donner la composition du noyau de chlore 36.

Le chlore 36 est émetteur  $\beta^-$ .

2. Nommer la particule émise lors de la désintégration du chlore 36 et écrire son symbole.
3. Écrire l'équation modélisant la désintégration du chlore 36 en précisant les lois utilisées.

L'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de chlore 36 est égale à  $E = 0,71 \text{ MeV}$ . On suppose que cette énergie est émise en totalité sous forme de rayonnement électromagnétique.

4. Indiquer le domaine du spectre des ondes électromagnétiques auquel appartient ce rayonnement, en justifiant à l'aide d'un calcul.

On souhaite déterminer l'activité radioactive liée au chlore 36 que présente une bouteille d'un volume  $V = 1 \text{ L}$  d'eau de concentration massique en ions chlorure  $C_m = 200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ; cette valeur correspond à la valeur maximale que l'on peut relever, la plupart des eaux ont une concentration nettement inférieure.

La proportion de noyaux de chlore 36 est de 1 pour  $1,43 \times 10^{12}$  noyaux d'ions chlorure  $\text{Cl}^-$ .

5. Montrer que la quantité de matière en ions chlorure présents dans la bouteille est  $n_{\text{Cl}^-} = 5,63 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .
6. En déduire que le nombre de noyaux d'ions chlorure est  $N_{\text{Cl}^-} = 3,39 \times 10^{21}$ .
7. Montrer que le nombre de noyaux de chlore 36 est  $N = 2,40 \times 10^9$ .

L'unité d'activité radioactive est le Becquerel.

8. Expliquer ce que représente 1 Becquerel.

La constante de désintégration  $\lambda$  du chlore 36 vaut  $7,30 \times 10^{-14} \text{ s}^{-1}$ .

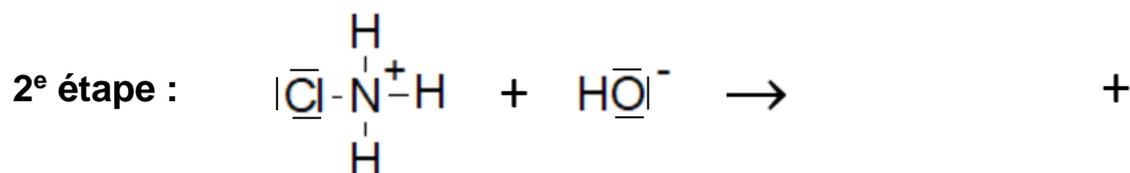
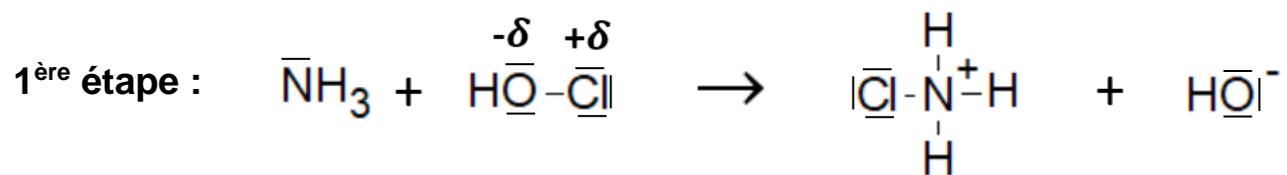
9. Déterminer l'activité radioactive en chlore 36 d'un litre d'eau.

On veut déterminer l'âge d'une eau souterraine ancienne. On réalise un prélèvement de cette eau souterraine et on compare son activité  $A$  avec l'activité  $A_0$  d'une eau de surface de même nature. On obtient un rapport  $\frac{A}{A_0}$  égal à 0,35.

On rappelle la loi de décroissance radioactive :  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ .

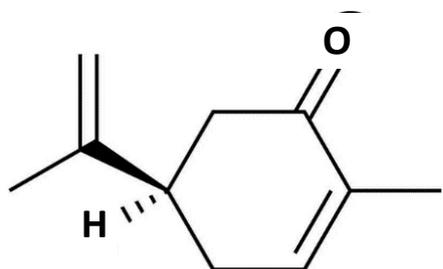
10. Calculer l'âge de l'eau souterraine en seconde puis en année.

## ANNEXE 1 :



(Indiquer les deux produits obtenus)

## ANNEXE 2 :



Nom de la fonction :

