

# BCPST 1: Devoir Surveillé n°2 – CHIMIE

Mercredi 16 Octobre 2024 – 1h30

Usage de la calculatrice : autorisé

Toute réponse doit être justifiée.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique.

Tout résultat final doit être mis en valeur.

Ne pas restituer l'énoncé avec la copie.

## EXERCICE 1 : AUTOUR DE L'AZOTE

( $\approx$  65 minutes)

Dans la croûte terrestre, l'azote est le 34<sup>ème</sup> élément par ordre d'abondance. Cet élément a de nombreux usages industriels : il est notamment massivement employé comme engrais en agriculture, au point que c'est aujourd'hui son principal usage dans le monde, un usage néfaste pour l'environnement.

On s'intéresse dans cet exercice à divers composés à base d'azote.

### PARTIE A – Les éléments chimiques mis en jeu

1. Sans justification, écrire la configuration électronique fondamentale de l'atome d'azote ( $Z = 7$ ). En déduire son nombre d'électrons de valence.
2. Déterminer la position de l'azote dans le tableau périodique en précisant la colonne, le bloc et la période.
3. L'oxygène appartient à la même période que l'azote mais est situé une colonne plus à droite. En revanche, le phosphore appartient à la même famille que l'azote, mais il est situé dans la 3<sup>ème</sup> période. En déduire le nombre d'électrons de valence de l'oxygène et du phosphore.
4. Comparer l'azote, l'oxygène et le phosphore en termes de polarisabilité et d'électronégativité. On prendra soin de définir ces deux notions avant de procéder à la comparaison.

### PARTIE B – Du diazote à l'ammoniac

Le procédé Haber est un procédé chimique servant à la synthèse de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  par hydrogénation du diazote  $\text{N}_2$  capté dans l'atmosphère.

5. Ecrire la représentation de Lewis de l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et du diazote  $\text{N}_2$ .
6. A l'aide du modèle VSEPR, préciser la géométrie autour de l'atome d'azote et l'angle de liaison  $\widehat{\text{H}\text{N}\text{H}}$  dans l'ammoniac  $\text{NH}_3$  (justifier la valeur de l'angle) puis, en donner une représentation spatiale.

Dans la molécule d'ammoniac  $NH_3$ , le moment dipolaire d'une liaison N – H vaut  $p_{NH} = 1,31 D$  et la longueur de liaison N – H vaut  $\ell_{NH} = 101 pm$ . Dans la molécule  $PH_3$ , le moment dipolaire d'une liaison P – H vaut  $p_{PH} = 0,20 D$  et la longueur de liaison P – H vaut  $\ell_{PH} = 142 pm$ .

**Données :** Charge élémentaire :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} C$

Conversion :  $1 D = \frac{1}{3} \times 10^{-29} C \cdot m$

7. Qu'appelle-t-on moment dipolaire de liaison ?
8. Déterminer le pourcentage d'ionicité de la liaison N – H puis celui de la liaison P – H. Proposer une explication à la différence observée.
9. La molécule  $NH_3$  est-elle polaire ? Justifier clairement à l'aide de schémas.

### PARTIE C – Composés à base d'azote et d'oxygène

On s'intéresse dans cette partie à trois composés à base d'azote et d'oxygène. On précise que ces composés ne présentent aucune liaison Oxygène / Oxygène.

10. Ecrire la représentation de Lewis la plus représentative de l'ion nitronium  $NO_2^+$ . A l'aide du modèle VSEPR, préciser la géométrie autour de l'atome d'azote et l'angle de liaison  $\widehat{ONO}$ .
11. Ecrire les formes mésomères les plus représentatives de l'ion nitrite  $NO_2^-$ . A l'aide du modèle VSEPR, préciser la géométrie autour de l'atome d'azote et l'angle de liaison  $\widehat{ONO}$ .
12. Ecrire les formes mésomères les plus représentatives de l'ion nitrate  $NO_3^-$ . A l'aide du modèle VSEPR, préciser la géométrie autour de l'atome d'azote et l'angle de liaison  $\widehat{ONO}$ .

Dans chacun des composés précédents, il n'y a qu'une seule longueur de liaison Azote / Oxygène. Mais cette longueur de liaison est différente d'un composé à l'autre (on notera  $\ell_1$ ,  $\ell_2$  et  $\ell_3$ , les longueurs de liaison dans l'ion nitronium  $NO_2^+$ , l'ion nitrite  $NO_2^-$  et l'ion nitrate  $NO_3^-$  respectivement).

13. Justifier qu'il n'y a qu'une seule longueur de liaison Azote / Oxygène pour chacun des composés précédents.
14. Comparer les longueurs de liaison  $\ell_1$ ,  $\ell_2$  et  $\ell_3$  entre elles.

## EXERCICE 2 : DOSAGE PAR ETALONNAGE DE LA BETADINE

( $\approx 25$  minutes)

La Bétadine® est un antiseptique dermatologique. Son principe actif est le diiode  $I_2$ , de couleur jaune/brun, qui élimine les micro-organismes ou inactive les virus par son action oxydante. Les données fournies sur un flacon de Bétadine® permettent de calculer la concentration en quantité de matière théorique en diiode  $C_{ref} = 4,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .



On souhaite vérifier cette valeur en utilisant une méthode de dosage par étalonnage basée sur la loi de Beer-Lambert. Pour cela, on mesure l'absorbance de différentes solutions étalons de diiode pour une longueur d'onde de  $475 \text{ nm}$ , puis on complète le programme Python ci-dessous.

```
1) import numpy as np
2) import matplotlib.pyplot as plt
3) A=np.array([0.057,0.098,0.134,0.175,0.227,0.292,0.350,0.395,0.447])
4) C=np.array([1.0E-4,2.0E-4,3.0E-4,4.0E-4,5.0E-4,6.0E-4,7.0E-4,8.0E-4,9.0E-4]) #mol.L-1
5) plt.plot(C,A,'r+')
6) plt.title(" A compléter ")
7) plt.xlabel(" A compléter ")
8) plt.ylabel(" A compléter ")
9) plt.show()
10) k=A/C
11) m_k=np.mean(k)
12) et_k=np.std(k,ddof=1)
13) u_k=et_k/np.sqrt(9)
```

1. Indiquer sur votre copie ce qu'il faut écrire à la place de « A compléter » aux lignes 6) et 7) de ce programme.
2. Préciser le rôle de chacune des lignes 11), 12) et 13) de ce programme ?

Par analyse des résultats de ce programme Python, on évalue la constante de proportionnalité de la loi de Beer-Lambert à :  $k = (4,9 \pm 0,4) \cdot 10^2 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ . D'autre part, l'absorbance à  $475 \text{ nm}$  de la solution de Bétadine diluée 100 fois vaut  $A = 0,200$ .

3. Déterminer la concentration en quantité de matière en diiode dans la solution de Bétadine®.

La précision du spectrophotomètre est égale à 1% de la valeur affichée. Autrement dit, la demi-étendue de l'intervalle représentant les valeurs de l'absorbance est  $a = 0,01 \times \text{valeur affichée}$ .

4. Déterminer l'incertitude-type associée à la mesure de la concentration en quantité de matière en diiode de la solution de Bétadine®.
5. Proposer une écriture appropriée de la mesure expérimentale de la concentration en quantité de matière en diiode mesurée dans la solution de Bétadine®.
6. A l'aide d'un calcul d'écart normalisé, vérifier la comptabilité entre la mesure expérimentale et la valeur de référence. Conclure.

### Formules de propagation des incertitudes-types.

Relation	Incertitude
$X = b \cdot Y$ avec $b$ une constante	$u(X) =  b  \cdot u(Y)$
$X = Y + Z$ ou $X = Y - Z$	$u(X) = \sqrt{u(Y)^2 + u(Z)^2}$
$X = \frac{Y}{Z}$ ou $X = Y \cdot Z$	$u(X) =  X  \sqrt{\left(\frac{u(Y)}{Y}\right)^2 + \left(\frac{u(Z)}{Z}\right)^2}$