



DS 1 | Chimie et Métrologie



Consignes

Rédiger sur copie, encadrer les résultats, faire figurer les unités à chaque étape. Toute réponse non justifiée est considérée comme nulle.

Durée

1 h 30

Calculatrice autorisée

Non

RAPPEL DES CONSIGNES

- Utiliser uniquement un **stylo noir ou bleu foncé non effaçable** pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats ;
- Ne pas utiliser de **correcteur** (blanco, effaceur, etc ...);
- Écrire le mot FIN à la fin de votre composition ;
- Remplir sur chaque copie toutes vos informations d'identification : nom, prénom ;
- Numéroté **toutes** les pages ;
- Les applications numériques seront faites avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Toutes les parties sont largement indépendantes et peuvent être traitées séparément.

Si besoin, le candidat pourra admettre le résultat d'une question et l'utiliser dans les questions suivantes.



Exercice 1 : Exercice 1 - Isotopes

Données pour cet exercice : $Z(\text{Cu}) = 29$ Masses molaires : $M(^{63}\text{Cu}) = 62,930 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et $M(^{65}\text{Cu}) = 64,928 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le cuivre possède deux isotopes ^{63}Cu et ^{65}Cu .

1 Qu'appelle-t-on isotopes d'un élément ?

Correction

Deux nucléides (composition du noyau) sont dits *isotopes* lorsqu'ils correspondent au même élément chimique, c'est-à-dire au même numéro atomique Z (même nombre de protons), mais possèdent des nombres de neutrons N différents, donc des nombres de masse $A = Z + N$ différents.

2 Donner le nombre de protons, de neutrons et d'électron des atomes correspondants.

Correction

Les deux isotopes ont le même numéro atomique $Z = 29$:

— ^{63}Cu : 29 protons, $N = A - Z = 63 - 29 = 34$ neutrons, et 29 électrons (atome neutre);

— ^{65}Cu : 29 protons, $N = 65 - 29 = 36$ neutrons, et 29 électrons.

3 La masse molaire du cuivre (tout isotopes confondus) est $M(\text{Cu}) = 63,546 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Quel est l'abondance naturelle (fraction en quantité de matière) de chaque isotope du cuivre ?

Correction

On note x l'abondance (fraction en quantité de matière) de ^{63}Cu ; le cuivre ne possédant que deux isotopes stables, celle de ^{65}Cu vaut $1 - x$. La masse molaire de l'élément est la moyenne des masses molaires isotopiques pondérée par les abondances :

$$M(\text{Cu}) = x M(^{63}\text{Cu}) + (1 - x) M(^{65}\text{Cu})$$

d'où

$$x = \frac{M(^{65}\text{Cu}) - M(\text{Cu})}{M(^{65}\text{Cu}) - M(^{63}\text{Cu})} = \frac{64,928 - 63,546}{64,928 - 62,930} = \frac{1,382}{1,998} = 0,6917.$$

Soit 69,17 % de ^{63}Cu et 30,83 % de ^{65}Cu .

Exercice 2 : Exercice 2 - Configuration électronique

Données pour cet exercice :

4 Établir la configuration électronique, dans leur état fondamental, des atomes correspondant aux éléments suivants : Béryllium $Z(\text{Be}) = 4$; Silicium $Z(\text{Si}) = 14$; Potassium $Z(\text{K}) = 19$.



Correction

On remplit les sous-couches par énergie croissante :

- Be ($Z = 4$) : $1s^2 2s^2$;
- Si ($Z = 14$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$;
- K ($Z = 19$) : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

5 Préciser le nombre d'électrons de valence pour chaque atome.

Correction

6 Les électrons de valence sont ceux de la couche n le plus élevé :

- Be : $2s^2$, soit 2 électrons de valence ;
- Si : $3s^2 3p^2$, soit 4 électrons de valence ;
- K : $4s^1$, soit 1 électron de valence.

7 Déterminer la place (ligne et colonne) des trois éléments dans la classification périodique.

Correction

Le numéro de ligne (période) est le plus grand n occupé ; la colonne se déduit du nombre d'électrons de valence (bloc s : colonne = nombre d'électrons de valence ; bloc p : colonne = $10 +$ nombre d'électrons de valence) :

- Be : $n_{\max} = 2$, bloc s , 2 électrons de valence $\Rightarrow$ ligne 2, colonne 2 ;
- Si : $n_{\max} = 3$, bloc p , 4 électrons de valence $\Rightarrow$ ligne 3, colonne 14 ;
- K : $n_{\max} = 4$, bloc s , 1 électron de valence $\Rightarrow$ ligne 4, colonne 1.

8 Justifier que le potassium peut former un ion K^+ .

Correction

Le potassium ne possède qu'un seul électron de valence, faiblement lié. En le perdant, l'ion K^+ adopte la configuration $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, identique à celle d'un gaz noble : toutes ses sous-couches sont saturées, c'est une configuration particulièrement stable. Arracher un deuxième électron obligerait au contraire à entamer cette structure de gaz noble, ce qui coûte beaucoup plus d'énergie.

9 Quelle est la configuration électronique de l'élément situé à la deuxième ligne et quinzième colonne ?

Correction

Ligne 2 $\Rightarrow n = 2$; colonne 15 $\Rightarrow$ bloc p avec 5 électrons de valence, soit $2s^2 2p^3$. La configuration complète est $1s^2 2s^2 2p^3$: $Z = 7$,

10 Quelle est la configuration électronique de l'élément situé au-dessus à droite du silicium ?

Correction

Ligne 2 $\Rightarrow n = 2$; colonne 15. C'est le même élément qu'à la question précédente.



Exercice 3 : Exercice 3 - Schéma de Lewis

Données : $Z(\text{H}) = 1$, $Z(\text{C}) = 6$, $Z(\text{N}) = 7$, $Z(\text{O}) = 8$ et $Z(\text{S}) = 16$.

- 11 Expliquer la méthode pour déterminer un schéma de Lewis d'une molécule en numérotant les étapes.
Vous préciserez les règles utilisées.

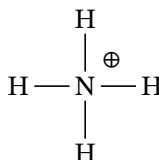
[Correction](#)

Voir cours.

- 12 Appliquer votre méthode pour déterminer le schéma de Lewis de NH_4^+ .

[Correction](#)

$N_e = (5 + 4 \times 1) - 1 = 8$, soit $N_d = 4$ doublets. L'azote est central (H toujours terminal) : les 4 doublets sont tous liants, N forme quatre liaisons N-H et ne porte aucun doublet non liant. Octet respecté pour N ($4 \times 2 = 8$), duet pour chaque H. Charges formelles : $\text{CF}(\text{N}) = 5 - 4 - 0 = +1$ et $\text{CF}(\text{H}) = 1 - 1 - 0 = 0$; la somme vaut bien +1. La charge de l'ion est donc portée par l'azote.



Déterminer les schémas de Lewis des espèces chimiques suivantes (aucune liaison O-O n'existe dans ces molécules):

13 N_2

14 CN^-

15 CO

16 NH_2^-

17

18 CH_3COO^-

CH_3COOH

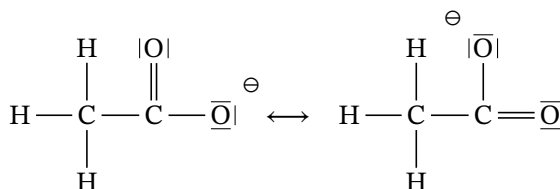


Correction

Espèce	Décompte	Schéma de Lewis
N_2	$N_e = 2 \times 5 = 10, N_d = 5$	$ N \equiv N $
CN^-	$N_e = 4 + 5 + 1 = 10, N_d = 5$	$^{\ominus} C \equiv N $
CO	$N_e = 4 + 6 = 10, N_d = 5$	$^{\ominus} C \equiv O ^{\oplus}$
NH_2^-	$N_e = 5 + 2 \times 1 + 1 = 8, N_d = 4$	$H - \overset{\ominus}{N} - H$
CH_3COOH	$N_e = 2 \times 4 + 4 \times 1 + 2 \times 6 = 24, N_d = 12$	$ \begin{array}{c} H \quad O \\ \quad \\ H - C - C - \bar{O} - H \\ \\ H \end{array} $
CH_3COO^-	$N_e = 2 \times 4 + 3 \times 1 + 2 \times 6 + 1 = 24, N_d = 12$	$ \begin{array}{c} H \quad O \\ \quad \\ H - C - C - \bar{O}^{\ominus} \\ \\ H \end{array} $

Quelques points d'attention :

- N_2 , CN^- et CO sont isoélectroniques (10 électrons de valence) : même schéma, une triple liaison et un doublet non liant sur chaque atome. Seules les charges formelles diffèrent.
- Dans CN^- , la charge est portée par le carbone : $CF(C) = 4 - 3 - 2 = -1$ et $CF(N) = 5 - 3 - 2 = 0$.
- Dans CO : $CF(C) = -1$ et $CF(O) = 6 - 3 - 2 = +1$, de somme nulle.
- Dans NH_2^- : $CF(N) = 5 - 2 - 4 = -1$.
- Dans CH_3COO^- , il existe deux formes mésomères équivalentes, obtenues en échangeant le rôle des deux oxygènes :



- 19 Déterminer deux schémas de Lewis possible du SO_3^{2-} . Nous précisons que seuls les oxygènes respectent strictement l'octet. Le soufre peut dépasser cette règle, en n'excédant pas 10 électrons.

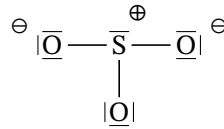


2026-2027

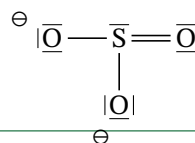
Correction

$N_e = 6 + 3 \times 6 + 2 = 26$, soit $N_d = 13$ doublets.

Trois liaisons simples, un doublet non liant sur S (8 électrons), trois doublets non liants sur chaque O : $3 + 1 + 9 = 13$ doublets. Charges formelles : $CF(S) = 6 - 3 - 2 = +1$, $CF(O) = 6 - 1 - 6 = -1$ pour chacun, de somme -2 .



Avec une liaison double, le soufre ne respecte plus l'octet, mais n'a plus de charge formelle :



Exercice 4 : Exercice 4 - Incertitudes

Formulaire : $\frac{u(G^p)}{|G^p|} = |p| \times \frac{u(G)}{|G|}$ et $u(\lambda G) = |\lambda| \times u(G)$

En TP, un groupe d'élève réalise une expérience qui consiste à mesurer la hauteur d'un bâtiment par différentes techniques.

La première mesure est une mesure directe à l'aide d'un décimètre. Ils trouvent $H = (17,670 \pm 0,338) \text{ m}$.

20 Écrire cette valeur sous la bonne forme.

Correction

L'incertitude s'écrit avec deux chiffres significatifs, arrondi par excès : $u(H) = 0,338 \text{ m} \rightarrow 0,34 \text{ m}$. La valeur mesurée est ensuite arrondie au même rang décimal :

$$H = (17,67 \pm 0,34) \text{ m}$$

21 Une seconde mesure consiste à lâcher un même objet 10 fois, et mesurer son temps de chute. La hauteur est alors donnée par la formule $h = \frac{1}{2}g\Delta t^2$. De quel type d'incertitude s'agit-il ?

Correction

La mesure est répétée $N = 10$ fois dans les mêmes conditions : l'incertitude est évaluée par une méthode *statistique*, c'est une incertitude **de type A**. Elle s'obtient à partir de l'écart-type expérimental s de la série :

$$\Delta t = \overline{\Delta t} \quad \text{et} \quad u(\Delta t) = \frac{s}{\sqrt{N}}$$

22 Après utilisation de leur calculatrice, les étudiants trouvent $\Delta t = (1,89 \pm 0,04) \text{ s}$. Montrer, en précisant la formule utilisée, que l'incertitude sur h est : $u(h) = g\Delta t u(\Delta t)$



Correction

Dans $h = \frac{1}{2}g\Delta t^2$, g est une constante sans incertitude : seul Δt est entaché d'erreur. On utilise la composition des incertitudes *relatives* pour une puissance, $\frac{u(G^p)}{|G^p|} = |p| \frac{u(G)}{|G|}$, avec ici $p = 2$:

$$\frac{u(h)}{h} = 2 \frac{u(\Delta t)}{\Delta t}$$

d'où

$$u(h) = 2h \frac{u(\Delta t)}{\Delta t} = 2 \times \frac{1}{2}g\Delta t^2 \times \frac{u(\Delta t)}{\Delta t} = g \Delta t u(\Delta t)$$

Vérification dimensionnelle : $[g \Delta t u(\Delta t)] = \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \times \text{s} \times \text{s} = \text{m}$. OK.

- 23 Les élèves obtiennent alors $h = (17,5 \pm 0,7) \text{ m}$. Comment comparer les deux résultats à l'aide de l'écart-normalisé (Z-score). L'application numérique donne $Z = 0,19$. Commenter.

Correction

Écart normalisé entre les deux mesures :

$$Z = \frac{|H - h|}{\sqrt{u(H)^2 + u(h)^2}} = \frac{|17,67 - 17,7|}{\sqrt{0,34^2 + 0,7^2}} \approx 0,19$$

$Z < 2$: les deux mesures sont **compatibles**. L'écart entre les deux valeurs est très largement inférieur à l'incertitude combinée, les deux protocoles donnent donc le même résultat au sens de la métrologie. Rien n'indique d'erreur systématique sur l'une ou l'autre des méthodes.

Remarque, la mesure directe au décimètre reste plus précise, on pourra garder cette valeur.