

Durée : 2 heures

Le sujet comporte 25 questions pour un total de 58 points. Il est composé de parties indépendantes. Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.

I) Autour du chlore [Petites Mines 2009]**Données :**

- $Z(\text{Cl}) = 17$;
- $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$ et $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$.

1. Que représente le numéro atomique d'un élément chimique ? (1)

Solution: Le numéro atomique correspond au nombre de protons d'un élément.

2. Quelle est la configuration électronique du chlore dans son état fondamental ? Dans quelle colonne de la classification périodique se situe le chlore ? Comment se nomme les éléments de cette colonne ? (3)

Solution: La configuration électronique du chlore est : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Le chlore appartient à la colonne 17 : celle des halogènes.

3. Le chlore a une masse atomique molaire moyenne d'environ 35,5 g/mol. Il est essentiellement composé des isotopes 35 et 37. Déterminer la proportion molaire (abondance) de chaque isotope. (4)

Solution: La masse molaire moyenne du chlore s'écrit :

$$M = A_1.M_1 + A_2.M_2,$$

où A_i est l'abondance de l'isotope i et M_i est sa masse molaire. Etant donné que la somme des abondances vaut 1, on a la relation suivante :

$$A_1 + A_2 = 1.$$

On peut donc déterminer les abondances :

$$M = A_1.M_1 + (1 - A_1).M_2 = A_1(M_1 - M_2) + M_2,$$

donc $A_1 = \frac{M - M_2}{M_1 - M_2} = \frac{35,5 - 37}{35 - 37} = 0,75$ et $A_2 = 0,25$.

II) Le calcium [Petites Mines 2010]

4. Donner les configurations électroniques, dans leur état fondamental, de l'atome de calcium Ca et de l'ion calcium Ca^{2+} auquel il peut mener. (2)

Solution: Les configurations électroniques sont :

- Ca : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$,
- Ca^{2+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^0$.

5. Dans quelle colonne de la classification périodique se trouve l'élément calcium ? Quel nom portent les éléments de cette famille chimique ? (2)

Solution: L'élément calcium se trouve dans la deuxième colonne de la classification périodique : celle des alcalino-terreux.

Dans un cristalliseur rempli d'eau à laquelle on a ajouté quelques gouttes de phénolphtaléine, on dépose un petit morceau de calcium métallique. Le métal réagit vivement avec l'eau et la solution contenue dans le cristalliseur rosit. On admet que la réaction s'accompagne d'un dégagement de dihydrogène gazeux.

6. Quelle est la nature (acide, neutre ou basique) de la solution finale ? Justifier votre réponse. (1)

Solution: La solution finale est basique.

7. Montrer que la transformation étudiée est une réaction d'oxydo-réduction en écrivant les demi-équations électroniques, puis l'équation de la réaction globale. (3)

Solution: Les demi-équations sont :



L'équation globale est donc :



Le squelette d'un homme adulte a une masse moyenne $m = 12,0$ kg. Les os sont constitués par de l'eau (50% en masse), des composés organiques (25% en masse) et des composés minéraux (25% en masse). En première approximation, on peut admettre que le phosphate de calcium $Ca_3(PO_4)_2$ est l'unique composé minéral présent dans les os.

8. En négligeant toute présence de calcium hors des os, évaluer la masse m_{Ca} totale de calcium présente chez un adulte. (3)

Solution: La masse de phosphate de calcium est $m_1 = 3$ kg. La masse molaire du phosphate de calcium est : $M_1 = 3.M(Ca) + 2.M(P) + 8.M(O) = 310$ g/mol. On en déduit la quantité de matière de phosphate de calcium : $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = 9,68$ mol.

La quantité de matière de calcium vaut donc : $n_{Ca} = 3.n_1 = 29,0$ mol. La masse de calcium est donc $m_{Ca} = n_{Ca}.M_{Ca} = 1,161$ kg.

9. Bien que présentant un aspect fortement minéral, les os sont des tissus vivants. Le calcium du squelette est en renouvellement permanent, 20% de la masse totale de calcium se trouvant remplacée en environ une année (on considérera 360 jours). Sachant qu'un litre de lait apporte 1110 mg de calcium, quel volume de lait devrait boire un adulte quotidiennement s'il voulait couvrir complètement, avec ce seul aliment, ses besoins en calcium ? (3)

Solution: On doit remplacer, par année, $m_2 = 232$ g de calcium. Cela revient à remplacer $m_3 = 0,645$ g de calcium par jour. Il faut donc boire le volume de lait suivant ; $V = \frac{0,645}{1,11} = 0,58$ L.

Données :

- Numéro atomique du calcium : $Z = 20$;
- Phénolphtaléine : zone de virage : $pH = 8$ à 10 . Forme acide : incolore. Forme basique : rose ;
- Couples rédox : (Ca^{2+}/Ca) et (H^+/H_2) ;
- Masses molaires atomiques en g/mol : Ca : 40 - P : 31 - O : 16.

10. Donner la configuration électronique des atomes composant la molécule d'eau. En déduire le nombre d'électrons de valence de ces atomes. (2)

Solution: Les configurations électroniques sont :

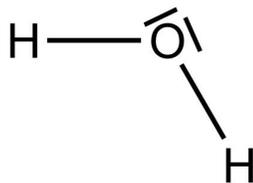
– H : $1s^1$,

– O : $1s^2 2s^2 2p^4$.

Les atomes possèdent respectivement 1 et 6 électrons de valence.

11. Ecrire la structure de Lewis de la molécule d'eau. En déduire sa géométrie VSEPR. (2)

Solution: La structure de Lewis de la molécule d'eau est :



Sa géométrie VSEPR est de type AX_2E_2 , il s'agit d'une molécule coudée.

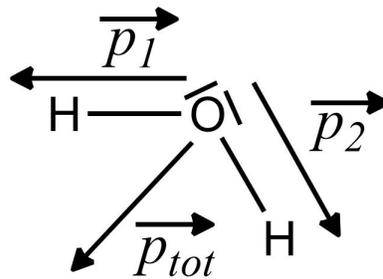
12. Justifier alors la valeur numérique de l'angle $\alpha(HOH)$, entre les liaisons H-O-H. (1)

Solution: L'angle $\alpha(HOH)$ est inférieur à 109° à cause de la forte répulsion entre les doublets non liants et les liaisons simples.

Le moment dipolaire de l'eau vaut 1,85 D.

13. Déterminer le moment dipolaire (sens et norme) des liaisons O-H en Debye et en C.m. (5)

Solution: Les moments dipolaires sont sur la molécule d'eau :



On peut exprimer le moment dipolaire total comme la somme des moments dipolaires de chaque liaison :

$$\vec{p}_{tot} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2.$$

La projection donne, sur l'axe median à la molécule, en fonction de l'angle α :

$$p_{tot} = p_1 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + p_2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2 \cdot p_{OH} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right).$$

Le moment dipolaire d'une liaison O-H s'exprime donc :

$$p_{OH} = \frac{p_{tot}}{2 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{1,85}{2 \cdot \cos\left(\frac{109}{2}\right)} = 1,59 \text{ D.}$$

14. Calculer le pourcentage ionique δ des liaisons O-H, assimilé à la charge partielle portée par les atomes. Conclure. (2)

Solution: Le pourcentage ionique s'écrit : $\delta = \frac{p_{OH}}{d.e} = \frac{1,59 \cdot 3,33 \cdot 10^{-30}}{100 \cdot 10^{-12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 33\%$.

La liaison est partiellement covalente.

Données :

- Longueur de liaison covalente O-H, $l(O-H) = 100 \text{ pm}$.
- Angle entre les liaisons covalentes H-O-H, $\alpha(HOH) = 105^\circ$.
- Debye : $1 \text{ D} = 3,33 \cdot 10^{-30} \text{ C.m}$.
- Numéros atomiques : $Z(O) = 8$ et $Z(H) = 1$.

– Charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

IV) Le plomb [CCP PC 2014]

Le plomb, relativement abondant dans la croûte terrestre, est l'un des métaux les plus anciennement connus et travaillés. Grâce à sa facilité d'extraction et à sa grande malléabilité, il a été fréquemment utilisé. On en a trouvé dans des pigments recouvrant des tombes ou des dépouilles préhistoriques.

Sa toxicité était connue des médecins et mineurs de l'Antiquité. Les Romains qui l'utilisaient sous forme d'acétate de plomb pour conserver et sucrer leur vin, s'étaient rendu compte que les gros buveurs souffraient d'intoxication.

De nombreux cas d'intoxication (saturnisme) ont été à l'origine d'une réglementation progressivement mise en place dans la plupart des pays industriels. Le plomb a ainsi été interdit en France pour la confection des tuyaux de distribution d'eau potable en 1995.

15. Ecrire la configuration électronique du plomb Pb ($Z = 82$) dans son état fondamental. En déduire son nombre d'électrons de valence. (3)

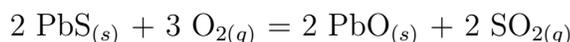
Solution: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^2$.

Il possède 4 électrons de valence

16. Quelle est la position (période et colonne) du plomb dans la classification périodique ? Quel élément, du carbone, de l'azote ou de l'oxygène, appartient à la colonne du plomb ? (3)

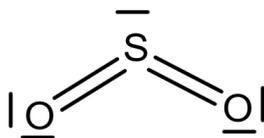
Solution: Il appartient à la 6^{ème} ligne et 14^{ème} colonne de la classification. C'est la même colonne que le carbone.

Le principal minerai de plomb est le sulfure de plomb PbS . La première étape de la métallurgie du minerai de plomb consiste en un grillage de la galène PbS selon la réaction :



17. Représenter une structure de Lewis du dioxyde de soufre SO_2 . Les numéros atomiques des atomes sont $Z(O) = 8$ et $Z(S) = 16$. En déduire, d'après la théorie VSEPR, la géométrie autour de l'atome central. (3)

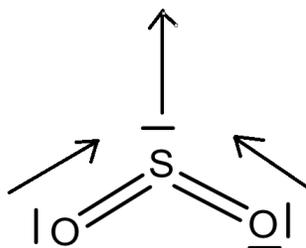
Solution:



Il est de type SX_2E_1 : coudée.

18. Justifier que le dioxyde de soufre est polaire. Représenter son moment dipolaire. (2)

Solution: La molécule est polaire car les moments dipolaires ne se compensent pas.



V) Les acides α -aminé [Capes Externe 2022]

Les acides α -aminés, de formule générale $R - CH(NH_2) - COOH$, sont les constituants des protéines, macromolécules naturelles aux fonctions biologiques multiples. Le plus simple d'entre eux est la glycine $H_2N - CH_2 - COOH$. Dans cette partie, nous allons nous intéresser à ses propriétés. C'est un solide incolore, soluble dans l'eau.

19. Nommer les fonctions chimiques présentes dans les acides aminés. (2)

Solution: Les groupes acides carboxyliques et amines sont présents.

20. Donner le nom de la glycine en nomenclature organique. (2)

Solution: Acide 2-aminoethanoïque

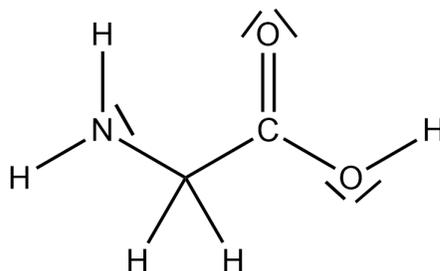
21. Donner la configuration électronique des atomes constituant la glycine. (2)

Solution:

- H : $1s^1$
- C : $1s^2 2s^2 2p^2$
- N : $1s^2 2s^2 2p^3$
- O : $1s^2 2s^2 2p^4$

22. Représenter le schéma de Lewis de la glycine.

(2)

Solution:

Les protéines sont des chaînes d'acides aminés qui peuvent entrer dans la composition des muscles, de la peau, des ongles, des poils, du sang, etc. La synthèse peptidique est le processus consistant à faire réagir différents acides aminés afin de former des polypeptides ou des protéines. Le dipeptide alanine-glycine est représenté dans la figure 4.

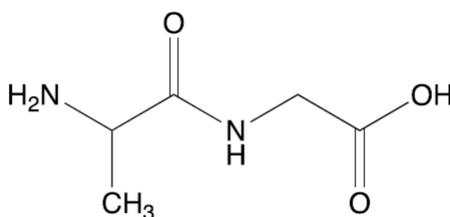
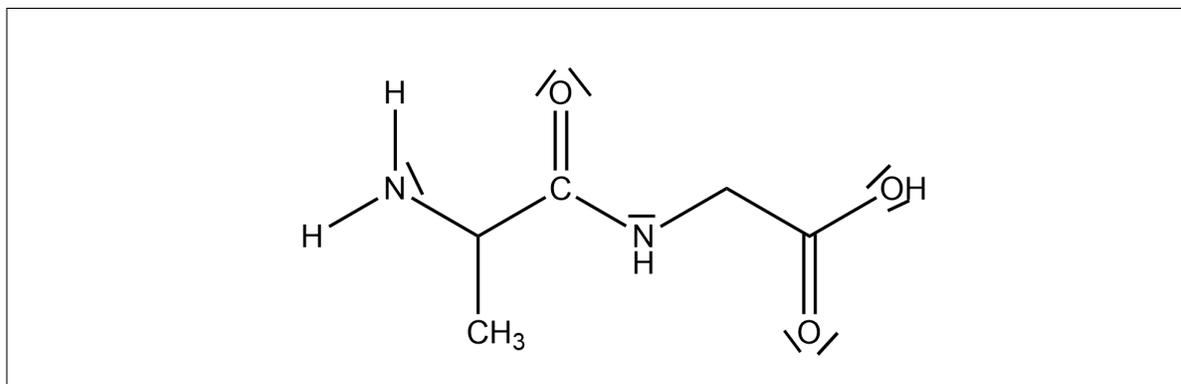


Figure 4 : Formule topologique du dipeptide alanine-glycine

23. Recopier la structure de la molécule sur votre copie et compléter la avec les doublets non liants manquants.

(2)

Solution:



24. Déterminer le nombre d'atomes de carbone asymétriques de la molécule.

(1)

Solution: Il y a un atome de carbone asymétrique.

25. Représenter les différents stéréoisomères de la molécule.

(2)

Solution:

