

Corrigé n°3 – 5 mars 2025

Les liaisons chimiques

Exercice 1

Répondez par vrai ou faux aux questions suivantes :

- | | Vrai | Faux |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Les métaux conduisent l'électricité car leurs électrons de valence sont délocalisés et très mobiles, ce qui permet la conduction de l'électricité (et l'absorption de presque tout photon incident). | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Les liaisons ioniques sont directionnelles, alors que les liaisons covalentes ne le sont pas. <i>Faux : c'est justement le contraire.</i> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3. Dans une liaison covalente un atome cède un ou plusieurs électrons qui sont principalement localisés sur un autre atome.
<i>Faux : les liaisons covalentes ont la caractéristique de partager les électrons entre les deux atomes mis en jeu. La liaison peut être polarisée, c'est-à-dire que la répartition des électrons entre les atomes ne sera pas forcément symétrique, mais l'électron n'est pas « donné » à un autre atome.</i> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4. Les liaisons fortes sont de l'ordre de quelques centaines de kJ/mol, ce qui correspond à quelques électronvolts par particule. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Soient les électronégativités suivantes : H (2.2), C (2.6), N (3.0), O (3.4). Une liaison N-H est plus polaire qu'une liaison C-O.
<i>Faux : la différence entre les électronégativités de N et H est 0.8 et celle de C et O est 0.8. Elles sont très similaires.</i> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6. Une liaison polaire est un dipôle électrique qui peut interagir avec un autre dipôle d'une autre molécule et ainsi créer une interaction intermoléculaire. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

7. Le carbone dans la structure diamant comporte 4 liaisons de type sp^3 , toutes dans le même plan.

☐☒

Faux : il y a bien une hybridation de forme sp^3 dans le diamant, mais les liaisons forment un tétraèdre (une pyramide) et ne sont donc pas toutes dans le même plan.

Exercice 2 : La nature des liaisons

Qualifier la nature et la polarité des liaisons chimiques (ionique, covalente non polaire, covalente polaire et métallique) dans les corps suivants :

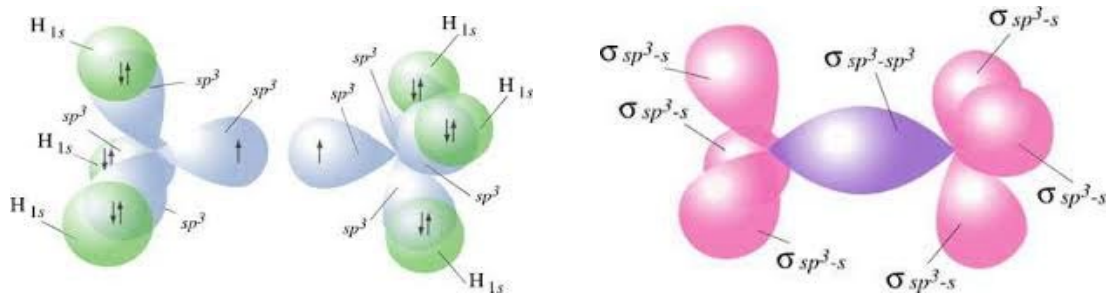
HBr, Ti, KF, C-C dans $CH_3CH_2CH_3$, $BaCl_2$, CO, O_2 , Cl(aq)

- *Pour HBr, la différence d'électronégativité entre Br et H est de $3-2.2 = 0.8$. La liaison est covalente et aussi polaire.*
- *Le titane est un métal, donc les liaisons entre des atomes du titane sont de type métallique.*
- *La différence d'électronégativité entre F et K, dans KF, est de $4.0 - 0.8 = 3.2$. La liaison est donc nettement ionique.*
- *Les liaisons C-C et C-H sont covalentes et non polaires (la liaison C-H a différence d'électronégativité de 0.4, ce qui est juste à la limite !).*
- *Comme pour KF, la liaison entre Ba et Cl est nettement ionique ($\Delta EN = 3.2 - 0.9 = 2.3$).*
- *La différence d'électronégativité entre O et C dans CO est de $3.4-2.6 = 0.8$. La liaison est donc covalente et polaire.*
- *La molécule d'oxygène est apolaire. La liaison $O=O$ est covalente et non polaire puisque les deux partenaires sont identiques.*
- *L'ion du chlore est un anion avec une charge négative dans l'eau (=aqueuse). L'eau est une molécule polaire avec des liaisons covalentes H-O. La force entre les molécules d'eau résultent des interactions entre les charges partielles permanentes de leurs dipôles électriques. L'ion du chlore (chlorure) est chargé et interagit avec le dipôle de l'eau formant une force intermoléculaire ion- dipôle.*

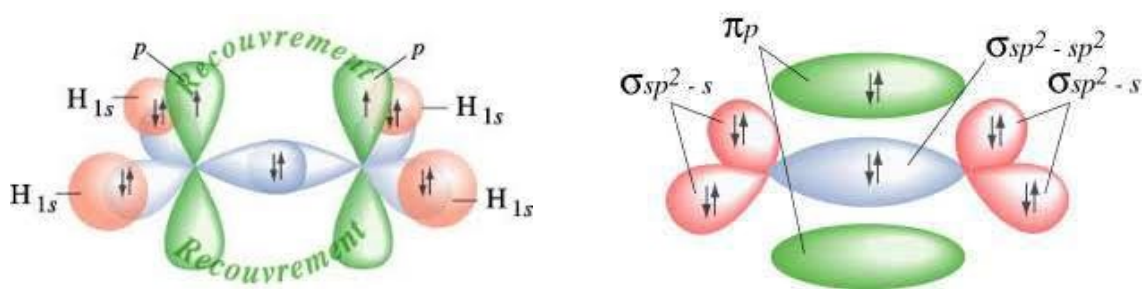
Exercice 3 : Hybridation

Rappel pour l'hybridation du carbone :

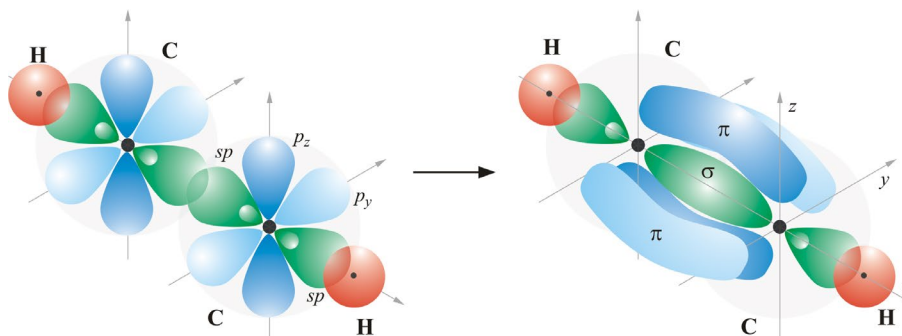
- Formation d'une liaison σ à partir de deux orbitales hybrides sp^3 :



- Formation d'une liaison double (liaison σ + liaison π) à partir de deux orbitales hybrides sp^2 et deux orbitales p :



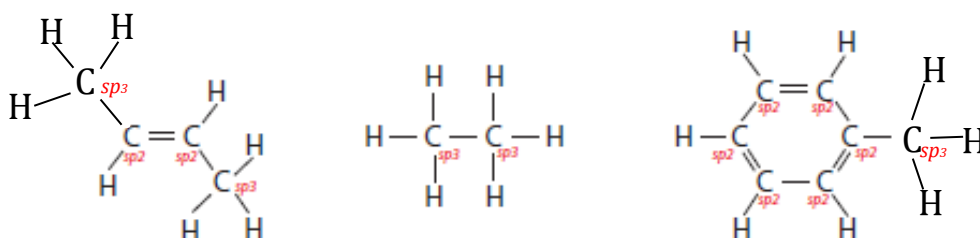
- Formation d'une liaison triple (liaison σ + 2 liaisons π) à partir de deux orbitales hybrides sp et quatre orbitales p :



Pour déterminer le type d'hybridation d'un atome de carbone, il suffit donc de connaître le nombre d'atomes qui lui sont liés.

3a. Représentez les molécules de but-2-ène ($\text{CH}_3\text{CHCHCH}_3$), d'éthane (C_2H_6) et de toluène ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$). Quelle est l'hybridation des différents atomes de carbone dans chacune de ces molécules ?

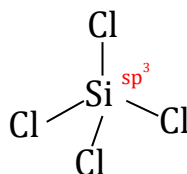
Dans la molécule de but-2-ène, les deux carbones doublement liés sont hybridés sp^2 alors que le carbone du groupe CH_3 est hybridé sp^3 . Dans l'éthane, les deux carbones sont hybridés sp^3 et dans le toluène, tous les carbones dans le cercle sont hybridés sp^2 (notez que la représentation du noyau benzénique peut se faire avec un cercle au lieu des 3 liaisons doubles, pour indiquer qu'elles peuvent être à différents endroits). Le carbone du groupe méthyle $-\text{CH}_3$ est hybridé sp^3 .



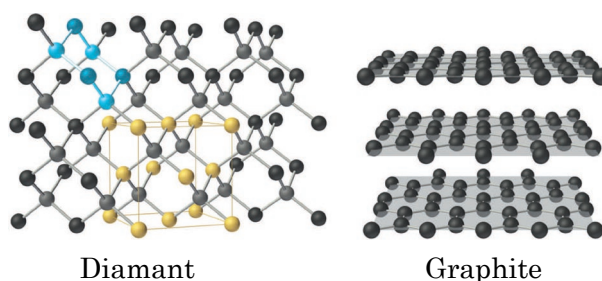
3b. Par extension, quelle est l'hybridation des atomes de carbone dans la molécule d'éthyne (ou acétylène C_2H_2) ?

Les carbones sont hybridés sp : $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$

3c. Quelle est l'hybridation de l'atome de silicium dans le tetrachlorure de silicium SiCl_4 ?



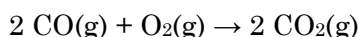
3d. Quelle est l'hybridation des atomes de carbone dans le diamant et le graphite ? Quelle influence cela peut-il avoir sur leur conductivité des électrons ?



Dans le diamant, chaque atome de carbone est fortement lié à ses 4 voisins, formant un tétraèdre. Les 4 électrons de valence de chaque atome participent à la formation de liaisons covalentes fortes et les atomes sont donc hybridés sp^3 . Comme il n'y a pas d'électrons libres qui peuvent se déplacer à travers la structure, le diamant est un isolant. Dans le graphite en revanche, les atomes sont liés de manière à former des feuillets (graphènes). Dans ces feuillets, chaque atome est lié à 3 atomes adjacents, formant une structure hexagonale. Sur les 4 électrons de valence du carbone, 3 servent donc à former des liaisons covalentes dans les feuillets et les atomes sont hybridés sp^2 . Le 4ème électron est libre de se déplacer parallèlement aux feuillets, conférant au graphite sa qualité de conducteur électrique.

Exercice 4 : Enthalpie de réaction

La transformation du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone se fait naturellement dans l'atmosphère par le biais de l'oxygène. La réaction chimique s'écrit comme suit :



L'enthalpie de cette réaction est : $\Delta H_r = -566 \text{ kJ}$. On vous donne aussi l'énergie de liaison O=O dans l'oxygène qui est $E(\text{O}=\text{O}) = 498 \text{ kJ/mol}$, et l'énergie de la liaison $\text{C} \equiv \text{O}$ dans la molécule de CO qui est $E(\text{C} \equiv \text{O}) = 1079 \text{ kJ/mol}$. Estimez à partir de ces données quelle est l'énergie de la liaison C=O dans le CO_2 .

Indice : L'enthalpie de la réaction correspond à l'énergie pour briser les liaisons $\text{C} \equiv \text{O}$ et les liaisons O_2 , plus l'énergie pour former les liaisons C=O du CO_2 . Souvenez-vous aussi que l'enthalpie de bris de liaisons est une valeur positive, et l'enthalpie de formation de liaison est une valeur négative (et vaut l'opposé de l'énergie de la liaison). *Réponse à trouver* : 805 kJ/mol

$$\Delta H_r = \Delta H_{\text{Bris liaisons}} + \Delta H_{\text{Formation liaisons}}$$

Dans cette réaction, on brise 2 moles de liaisons $\text{C} \equiv \text{O}$, et une mole de liaisons O=O, et on forme 2 moles de CO_2 qui ont chacun 2 liaisons C=O. On peut donc écrire :

$$\begin{aligned} \Delta H_r &= -566 = 2 \cdot E(\text{C} \equiv \text{O}) + E(\text{O} = \text{O}) - 4E(\text{C} = \text{O}) \\ E(\text{C} = \text{O}) &= (2 \cdot 1079 + 498 + 566)/4 = 805.5 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Si on regarde dans des tables de chimie, la valeur est en réalité 799 kJ/mol, donc la valeur trouvée n'est pas si loin et donne une bonne estimation de l'énergie de liaison. *Petit ajout lié à l'hybridation* : dans la molécule de CO_2 , qui comporte 2 doubles liaisons : $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, le carbone est hybridé sp , molécule linéaire, 2 liaisons sigma et 2 liaisons pi.