

Le 2,5-diméthylfurane : un carburant d'avenir ?
E3C Physique-Chimie - Sujet zéro 2020
Corrigé des questions 1 à 11

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

© <http://b.louchart.free.fr>

1. n°6 : ballon monocol
n°7 : réfrigérant à boules

2. étape 1 : transformation du réactif
étape 2 : isolement du produit synthétisé
étape 3 : purification du produit synthétisé
étape 5 : analyse du produit synthétisé

3. Le seul type de transformation physique nécessitant un apport d'énergie est la vaporisation :
 - dans l'étape 1, lors du chauffage à reflux
 - dans l'étape 2, pour éliminer l'eau
 - dans l'étape 3, pour éliminer les solvants du filtrat

4.
 - Les liaisons présentes dans la molécule du HMF et sur lesquelles sont fournies des données dans l'énoncé sont :

nature de la liaison	bande d'absorption associée
O – H liée	bande forte et large entre 3200 et 3400 cm^{-1}
C – H	bande forte entre 2800 et 3000 cm^{-1}
C = O aldéhyde	bande forte entre 1650 et 1730 cm^{-1}
C = C	bande moyenne entre 1640 et 1680 cm^{-1}

Le spectre IR du solide obtenu (spectre n°2) comporte bien toutes ces bandes d'absorption. Il est donc compatible avec le fait que le solide obtenu soit du HMF.

- Tous les types de liaisons présentes dans le fructose existant aussi dans le HMF, la réalisation de ce spectre IR ne permet pas de vérifier aussi l'absence de fructose.

5. D'après la formule du HMF fournie dans les documents, on peut en déduire sa formule brute : $C_6H_6O_3$

Sa masse molaire moléculaire vaut donc :

$$\begin{aligned}M(\text{HMF}) &= 6 \times M(\text{C}) + 6 \times M(\text{H}) + 3 \times M(\text{O}) \\ &= 6 \times 12,0 + 6 \times 1,0 + 3 \times 16,0 \\ &= 126,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

6.

▪ Déterminons la quantité de matière maximale de HMF que l'on peut espérer obtenir théoriquement.

D'après l'équation-bilan, $n_{\text{HMF formé}} = n_{\text{fructose ayant réagi}}$

La transformation est totale, donc le fructose étant le seul réactif, on a :

$$n_{\text{fructose ayant réagi}} = n_{\text{fructose initial}} = \frac{m_i(\text{fructose})}{M(\text{fructose})} = \frac{1,040}{180,2} = 5,771 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Finalement, la quantité de matière maximale théorique de HMF que l'on peut espérer obtenir théoriquement est : $n_{\text{HMF max th}} = 5,771 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Remarque : la méthode avec tableau d'avancement est déconseillée ici, car beaucoup plus longue.

▪ La quantité de matière de HMF obtenue expérimentalement est :

$$n_{\text{HMF exp}} = \frac{m_{\text{HMF exp}}}{M(\text{HMF})} = \frac{672 \times 10^{-3}}{126} = 5,33 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

▪ On en déduit le rendement de cette synthèse :

$$\eta = \frac{n_{\text{HMF exp}}}{n_{\text{HMF max théorique}}} = \frac{5,33 \times 10^{-3}}{5,77 \times 10^{-3}} = 0,924 = 92,4 \%$$

7. $C_2H_6O + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$

8. a) schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone CO_2

▪ Commençons par déterminer les schémas de Lewis de chacun des atomes présents dans la molécule.

✓ atome C : $Z = 6$

6 électrons

configuration électronique : $1s^2 2s^2 2p^2$

4 électrons de valence

schéma de Lewis : $\cdot \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}} \cdot$

✓ atome O : $Z = 8$

8 électrons

configuration électronique : $1s^2 2s^2 2p^4$

6 électrons de valence

schéma de Lewis : $\cdot \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}} \cdot$

- On en déduit le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone : $\text{O}=\text{C}=\text{O}$

b) schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone H_2O

- Commençons par déterminer les schémas de Lewis de chacun des atomes présents dans la molécule.

✓ atome H : $Z = 1$

1 électron

configuration électronique : $1s^1$

1 électron de valence

schéma de Lewis : $\text{H}\cdot$

✓ atome O : schéma de Lewis : $\cdot\bar{\text{O}}\cdot$ (cf. paragraphe précédent)

- On en déduit le schéma de Lewis de la molécule d'eau : $\text{H}-\bar{\text{O}}-\text{H}$

- 9.** Pour former 1 molécule d'eau à partir de 2 atomes O et 1 atome H, il faut former 2 liaisons O – H. Donc lors de la formation de 4 mol de molécules d'eau à partir d'atomes O et H, il y a formation de 8 mol de liaisons O – H.

On en déduit que lors de la formation de 4 mol de molécules d'eau à partir d'atomes, l'énergie produite vaut :

$$E_4 = 8 E_l(\text{O}-\text{H}) = 8 \times 463 = 3,70 \times 10^3 \text{ kJ}$$

- 10.** Lors de la combustion d'une mole de DMF, l'énergie algébriquement reçue par le système vaut :
- $$E_{\text{comb}} = E_1 + E_2 - E_3 - E_4 = 6,28 \times 10^3 + 3,73 \times 10^3 - 8,92 \times 10^3 - 3,70 \times 10^3 = -2,61 \times 10^3 \text{ kJ}$$

L'énergie molaire de combustion du DMF vaut donc :

$$E_{\text{m,comb}} = -2,61 \times 10^3 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

- 11.** Lors de la combustion d'une mole de DMF, l'énergie libérée vaut $E_{\text{libérée}} = 2,61 \times 10^3 \text{ kJ}$.

De plus, une mole de DMF a une masse $m = 1 \times M(\text{DMF}) = 96,1 \text{ g}$

Le pouvoir calorifique massique du DMF vaut donc :

$$P_c(\text{DMF}) = \frac{2,61 \times 10^3}{96,1 \times 10^{-3}} = \frac{2,61 \times 10^3}{96,1 \times 10^{-3}} = 2,72 \times 10^4 \text{ kJ.kg}^{-1} = 27,2 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$$