

PRÉNOM :

NOM :

CLASSE :

Le sujet est à rendre avec la copie

Vous avez dit « odeur de gaz » ?

L'odeur de gaz vous est désagréable, mais c'est pour votre bien ! Le savez-vous ?

Le gaz de ville, celui qui arrive dans les habitations par des tuyaux de distribution collective, est principalement constitué de méthane. Le méthane est incolore et inodore, mais alors d'où vient l'odeur si caractéristique du gaz de ville ?

Ce que l'on appelle « odeur de gaz » est en réalité dû à un additif ajouté pour rendre les fuites de gaz détectables et prévenir du danger qu'elles représentent. En effet, le méthane devient fortement explosif lorsqu'il atteint une certaine concentration dans l'air.

Le but de cet exercice est d'étudier dans une première partie la combustion du méthane puis, dans une seconde partie, l'additif utilisé pour donner une odeur au gaz de ville.

Les deux parties sont indépendantes.

Données

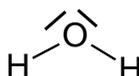
- Extrait des propriétés chimiques et physiques du méthane :

Pictogrammes de sécurité	
Formule brute	CH ₄
Température de fusion (°C) à la pression atmosphérique	- 182,47
Température d'ébullition (°C) à la pression atmosphérique	- 161,52

- Configuration électronique des atomes dans leur état fondamental :

hydrogène H	hélium He	oxygène O	néon Ne
1s ¹	1s ²	1s ² 2s ² 2p ⁴	1s ² 2s ² 2p ⁶

- Représentation de Lewis d'une molécule d'eau H₂O :



1. La combustion du méthane

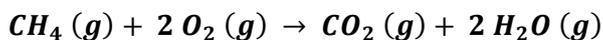
Q1. (0,5 point) Il est conseillé de ne pas conserver une bouteille de méthane à proximité d'une fenêtre exposée au soleil. Justifier à l'aide des pictogrammes de sécurité du méthane.

Q2. (0,5 point) Indiquer l'état physique du méthane à température ambiante (20°C) et à la pression atmosphérique. Justifier.

La configuration électronique du carbone dans son état fondamental est 1s² 2s² 2p².

Q3. (1 point) Indiquer la position de l'élément carbone dans le tableau périodique (numéro de ligne et de colonne). Justifier.

L'équation de la réaction modélisant la combustion du méthane CH_4 dans l'air s'écrit de la manière suivante :



Q4. (1 point) À partir de leur représentation de Lewis, justifier la stabilité des molécules d'eau H_2O par rapport aux atomes isolés qui les constituent.

Q5. (0,5 point) On considère une pièce d'habitation de dimensions 4,57 m (longueur) x 2,63 m (largeur) x 2,70 m (hauteur). Montrer que le volume occupé par l'air dans la pièce est de $32,5 \text{ m}^3$.

Q6. (0,5 point) Une mole d'air à la température et à la pression régnant dans la pièce occupe un volume de $24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. Déterminer la valeur n_{air} de la quantité de matière d'air présente dans la pièce.

Q7. (1 point) Nommer le comburant, c'est-à-dire l'espèce chimique présente dans l'air qui participe à la combustion du méthane. Montrer que la quantité de matière $n_{\text{comburant}}$ de ce comburant présente dans la pièce vaut $2,8 \times 10^2 \text{ mol}$.

Q8. (0,5 point) Montrer que, lors de la combustion du méthane, la quantité de comburant $n_{\text{comburant}}$ consommée au cours de la réaction est deux fois plus grande que la quantité de méthane $n_{\text{méthane}}$ consommée.

Lorsque 20 % de la quantité initiale de comburant présent initialement dans la pièce est consommée, les risques d'évanouissement sont importants. Une aération régulière de la pièce est donc nécessaire.

Q9. (1,5 point) Sachant que le débit de méthane au niveau de la chaudière est $2,3 \times 10^{-1} \text{ mol/h}$, déterminer la durée au bout de laquelle il est nécessaire d'aérer la pièce pour éviter les risques d'évanouissement.

2. Bouteille de gaz

Une bouteille de gaz vendue dans le commerce contient essentiellement du méthane, mais aussi une faible quantité de TétraHydroThiophène noté THT qui donne une odeur au gaz. Afin d'éviter une explosion, une personne présente dans une salle pourra ainsi détecter une fuite, même pour de faibles quantités de méthane libérées.

Données :

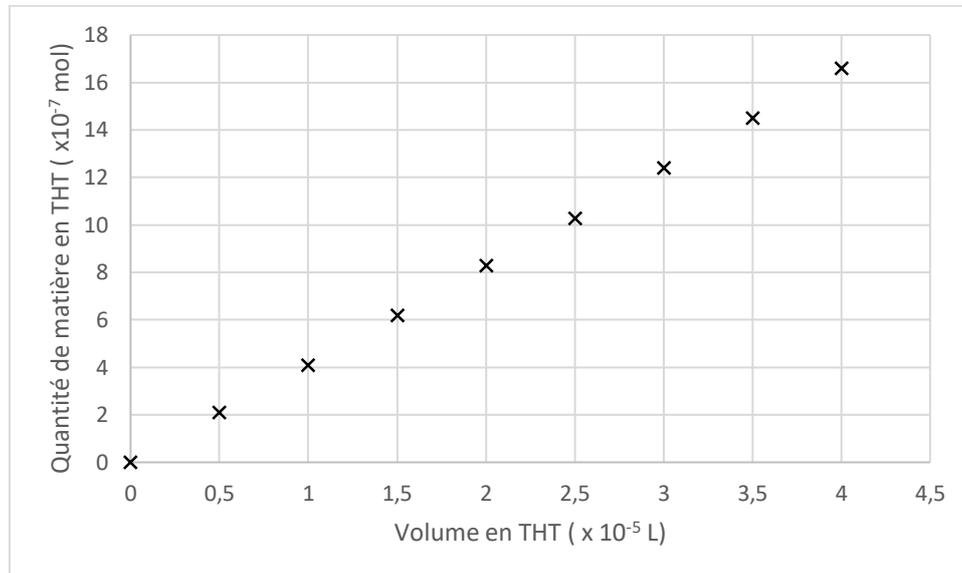
- la masse d'une molécule de THT est $m_{\text{molécule THT}} = 1,46 \times 10^{-22} \text{ g}$;
- 1,00 mol de THT contient $6,02 \times 10^{23}$ molécules de THT.

L'étiquette sur la bouteille indique le pourcentage volumique des deux espèces chimiques présentes dans ce mélange :

Composition du mélange de gaz contenu dans la bouteille	
Nom de la substance	Pourcentage volumique
TétraHydroThiophène	0,0010225 %
Méthane	99,9989775 %

Q.10. (0,5 point) Montrer que, pour fabriquer une bouteille de 3,00 L de ce gaz, il a fallu y introduire un volume de THT : $V_{THT} = 3,06 \times 10^{-5}$ L.

On donne ci-dessous la courbe représentant la quantité de matière de THT en fonction du volume de THT :



La norme imposée au gaz de ville est qu'il doit contenir entre 15×10^{-3} mg et 40×10^{-3} mg de THT par litre de gaz.

Q11. (2,5 points) La masse de THT présente dans la bouteille de gaz étudié respecte-t-elle la norme imposée au gaz de ville ? Justifier en rédigeant une réponse scientifiquement argumentée.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Question	Tâche	Niveau difficulté	Compétence évaluée	Réponse attendue	Évaluation-Notation
Q1	Simple	1	S'APPROPRIER	D'après les pictogrammes de sécurité le méthane est inflammable et explosif, il ne faut donc pas l'exposer à la chaleur.	0,5
Q2	Simple	1	S'APPROPRIER	La température ambiante (20°C) est supérieure à la température d'ébullition du méthane (-161,52°C), le méthane est donc sous forme gazeuse à température ambiante.	0,5
Q3	Simple	1	REALISER	La configuration électronique du carbone est $1s^2 2s^2 2p^2$, la position de l'élément carbone dans le tableau périodique est donc 2 ^{ème} ligne (2 couches) et 14 ^{ème} colonne (4 électrons de valence). <i>La 4^{ème} colonne sera aussi acceptée.</i>	1
Q4	Simple	2	ANALYSER	La représentation de Lewis d'une molécule d'eau H ₂ O montre que : Chaque atome d'hydrogène est entouré d'un doublet liant, soit deux électrons de valence. Ils ont donc adopté la configuration électronique du gaz noble le plus proche ici l'hélium, ils sont donc stabilisés. L'atome d'oxygène est entouré de deux doublets non liants et de deux doublets liants soit huit électrons de valence ($2 \times 2 + 2 \times 2$). Il a donc adopté la configuration électronique du gaz noble le plus proche ici le néon, il est donc stabilisé.	1
Q5	Simple	1	ANALYSER	Volume de la pièce : $V = L \times l \times h = 32,5 \text{ m}^3$	0,5
Q6	Simple	1	ANALYSER	Par proportionnalité, on a $n_{air} = 32,5 / (24,0 \times 10^{-3}) = 1,4 \times 10^3 \text{ mol}$	0,5
Q7	Simple	2	ANALYSER REALISER	Le comburant est le dioxygène. Le pourcentage de dioxygène dans l'air est de 20 %. La quantité correspondante présente dans la pièce vaut donc : $n_{comburant} = 0,20 \times 1,4 \times 10^3 = 2,8 \times 10^2 \text{ mol}$.	1
Q8	Simple	1	ANALYSER	D'après les nombres stœchiométriques de l'équation, on a $n_{méthane} = n_{comburant} / 2$	0,5
Q9	Simple	3	ANALYSER REALISER	D'après l'énoncé, on cherche la durée nécessaire à la consommation de 20 % de dioxygène, soit 56 mol. D'après les nombres stœchiométriques de l'équation, on a $n_{méthane} = n_{comburant \text{ consommé}} / 2 = 28 \text{ mol}$ de méthane consommé. Par proportionnalité, en utilisant la valeur du débit, on a donc une durée de $1,2 \times 10^2 \text{ h}$. <i>Il est nécessaire d'aérer avant la consommation des 20 % de dioxygène en raison de la compétition entre combustion complète et incomplète du méthane (avec production de monoxyde de carbone CO).</i>	1,5
Q10	Simple	1	S'APPROPRIER REALISER	D'après l'étiquette sur la bouteille le pourcentage volumique de THT, P_{THT} , présent dans ce mélange est de : $P_{THT} = 0,0010225 \%$. On calcule le volume de THT V_{THT} correspondant à 3,00 L de gaz de cette bouteille : $V_{THT} = V \times \frac{P_{THT}}{100}$	0,5

			$V_{THT} = 3,00 \times \frac{0,0010225}{100} = 3,06 \times 10^{-5} \text{ L.}$					
Q11	Complexe	3	Évaluation des compétences <i>A : Les critères choisis apparaissent dans leur totalité.</i> <i>B : Les critères choisis apparaissent partiellement.</i> <i>C : Les critères choisis apparaissent de manière insuffisante.</i> <i>D : Les critères choisis ne sont pas présents</i>	Niveau de maîtrise				
				A	B	C	D	
			ANALYSER	L'élève lit sur la courbe la quantité de matière de THT contenue dans le volume V_{THT} .				
			RÉALISER	L'élève calcule le nombre de molécules de THT correspondant.				
				L'élève calcule la masse de THT correspondante en utilisant la masse d'une molécule de THT.				
				L'élève ramène cette valeur à 1,0 litre de gaz.				
			S'APPROPRIER	L'élève compare la valeur calculée avec la norme donnée.				
			VALIDER	L'élève conclut sur le respect de cette norme.				
			Majorité de A : 2,5 Majorité de B : 1,5 Majorité de C : 0,5 Majorité de D : 0	Notation : 2,5				

Exemple de réponse à la tâche complexe (Q11) :

L'élève lit sur la courbe la quantité de matière de THT contenue dans le volume V_{THT} :

$$n_{THT} = 12,5 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

L'élève calcule le nombre de molécules de THT correspondant :

$$N_{THT} = 7,53 \times 10^{17} \text{ molécules}$$

L'élève calcule la masse de THT correspondante en utilisant la masse d'une molécule de THT :

$$m_{THT} = 1,10 \times 10^{-4} \text{ g pour } 3,0 \text{ L de gaz,}$$

Ce qui correspond à $36,7 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ soit environ 37 mg de THT par litre de gaz.

La norme donnée est bien respectée.