

Unités de la concentration atmosphérique et conversions

Introduction

Lorsque la concentration atmosphérique a été calculée, il est nécessaire de se poser la question des unités dans lesquelles cette concentration sera exprimée et des corrections éventuelles à effectuer en fonction de la température et de la pression. Ce document présente les recommandations dans ce domaine

Conversions d'unités	2
Notion de dose inhalée.....	2
Influence de la pression et de la température	3
Ce qu'il faut retenir	5
Bibliographie.....	5
Auteurs	5
Historique	5

CONVERSIONS D'UNITÉS

Pour les polluants sous forme de gaz et vapeur, le rapport entre la quantité de substance mesurée par l'analyse (en mg) et le volume d'air prélevé (en m³) représente la concentration atmosphérique en mg/m³. Cette concentration peut également s'exprimer en ppm (partie par million volume), la correspondance entre les deux unités se fait par la relation suivante :

$$C(ppm) = C(mg/m^3) \frac{V_m}{M}$$

Avec M la masse molaire de la substance (en g/mol) et V_m le volume molaire (en m³/mol) de la substance dans les conditions de pression et température données.

Le volume molaire se calcule à l'aide de l'équation des gaz parfaits :

$$PV = nRT$$

Avec P et T : la pression (en Pa) et la température (en K) du gaz, V volume du gaz (en m³), n le nombre de moles et R la constante des gaz ($R=8,314$ J/mol.K)

Le volume molaire peut donc s'exprimer sous la forme :

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{RT}{P} = 8,314 \frac{T}{P}$$

Le volume molaire varie en fonction de la pression et de la température, il est égal à 22,4 L dans les conditions normales (0°C, 101325 Pa) et à 24,45 L dans les conditions standards (25 °C, 101325 Pa).

NOTION DE DOSE INHALÉE

D'un point de vue toxicologique, la VLEP correspond à une dose limite -exprimée en masse- qui, en cas de dépassement peut provoquer des effets dommageables pour la santé. Conventionnellement, cette dose est rapportée à un volume d'air de 10 m³, qui correspond au volume respiratoire médian d'un salarié sur 8 heures. Cette valeur de 10 m³ ne tient pas compte du sexe, de la corpulence, de l'état physique et du type d'activité du salarié.

$$VLEP\ 8h = \frac{Dose\ limite\ (mg)}{Volume\ d'air\ inhalé\ (m^3)}$$

La dose limite est donc définie par :

$$Dose\ Limite\ (mg) = VLEP\ 8h\ (mg/m^3) \times 10\ m^3$$

La dose inhalée par le salarié au cours d'un prélèvement de 8 heures s'exprime quant à elle, de la manière suivante :

$$Dose\ inhalée\ (mg) = C_{mesurée}(mg/m^3) \times 10\ m^3$$

L'objectif de la mesure est de vérifier que la dose inhalée par le salarié reste inférieure à la dose limite.

INFLUENCE DE LA PRESSION ET DE LA TEMPÉRATURE

Afin d'évaluer l'impact de la pression et de la température sur la dose inhalée, nous allons utiliser le modèle de la bulle d'air développé par Stephenson et Lillquist [1]. Dans ce modèle, il faut imaginer une bulle d'air d'un volume de 10 m^3 dans les conditions standards de pression et de température contenant 310 mg de CS_2 (Figure 1).

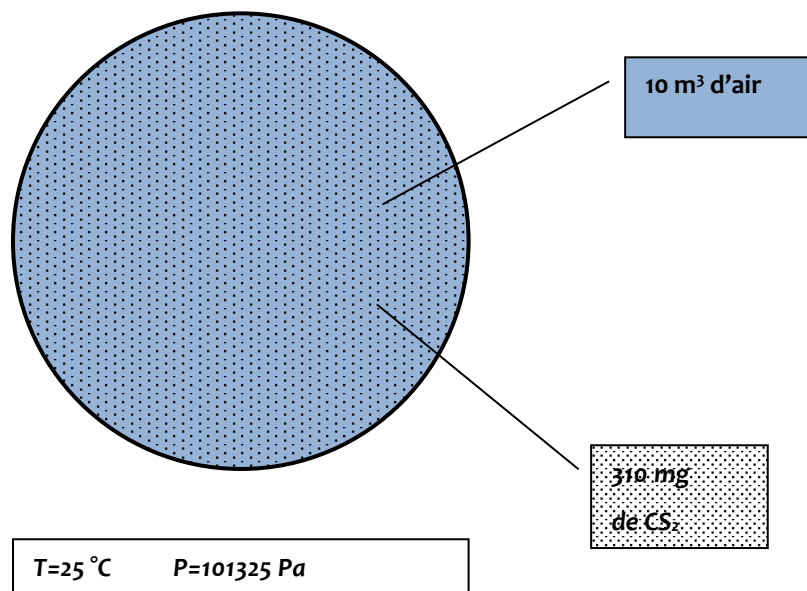


Figure 1 : modèle de la bulle d'air dans le cas 1 (conditions standards, 25 °C et 760 mmHg)

Dans ces conditions, la concentration en CS_2 peut s'exprimer :

$$C_{\text{CS}_2} (\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{Masse } \text{CS}_2}{\text{Volume d'air } (\text{m}^3)}$$

Ou encore, en utilisant l'équation (a) :

$$C_{\text{CS}_2} (\text{ppm}) = C_{\text{CS}_2} (\text{mg}/\text{m}^3) \times \frac{V_m}{M_{\text{CS}_2}} = 31 \times \frac{24,45}{76,14} = 10 \text{ ppm}$$

La dose inhalée par le salarié pendant 8 heures est donc égale à :

$$\text{Dose inhalée} = 31 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 10 \text{ m}^3 = 310 \text{ mg}$$

Prenons la même bulle d'air et plaçons-la dans des conditions différentes (cas 2) : 30 °C et 89326 Pa (670 mmHg), son volume va s'étendre et elle occupera $11,5 \text{ m}^3$, la masse totale de CS_2 reste identique (figure 2)

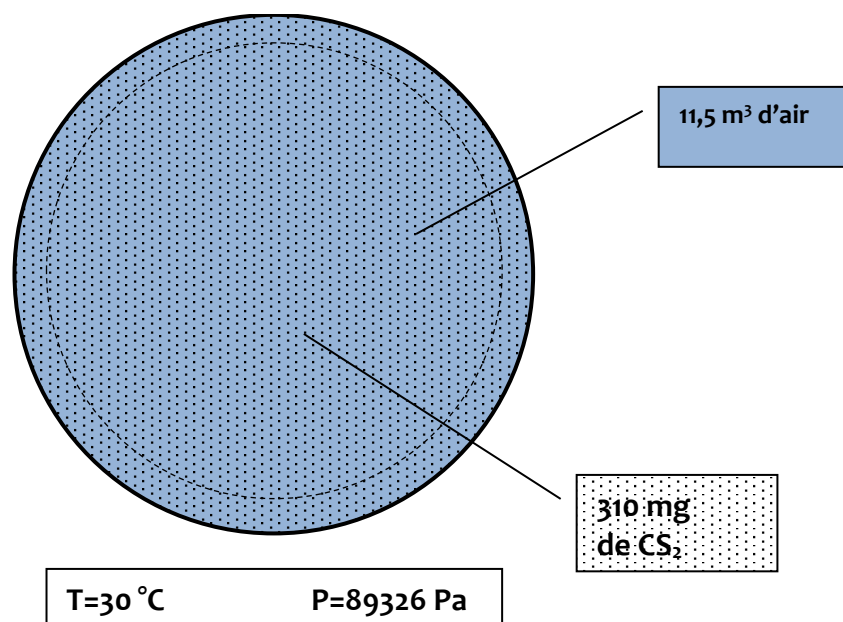


Figure 2 : modèle de la bulle d'air dans le cas 2 ($T=25^{\circ}\text{C}$, $P = 670 \text{ mmHg}$)

Dans les conditions du cas 2, la concentration en CS_2 peut s'exprimer :

$$C_{\text{CS}_2} (\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{\text{Masse } \text{CS}_2}{\text{Volume d'air } (\text{m}^3)} = \frac{310}{11,5} = 27 \text{ mg}/\text{m}^3$$

Ou encore, en utilisant l'équation de correspondance des concentrations

$$C_{\text{CS}_2} (\text{ppm}) = C_{\text{CS}_2} (\text{mg}/\text{m}^3) \times \frac{V_m}{M_{\text{CS}_2}} = 27 \times \frac{28,2}{76,14} = 10 \text{ ppm}$$

La dose inhalée par le salarié pendant 8 heures est donc égale à :

$$\text{Dose inhalée } 27 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 10 \text{ m}^3 = 270 \text{ mg}$$

La concentration en ppm est identique dans les deux cas, cette unité est indépendante des conditions de pression et température, en revanche, la concentration exprimée en mg/m^3 et la dose varient d'un cas à l'autre.

Cela signifie, que si le volume d'air augmente dans les conditions du cas 2, le volume occupé par le CS_2 augmente également. Par conséquent, en prélevant 10 m^3 d'air dans le cas 2, la quantité mesurée de CS_2 sera plus faible que dans le cas 1. La dose inhalée tient logiquement compte du changement de pression et de température entre les deux cas. Une correction du volume prélevé impliquerait une sous-estimation de la concentration atmosphérique réelle et donc de la dose inhalée.

En d'autres termes, il est inutile d'appliquer une correction de pression et de température sur le volume prélevé pour la comparaison à la valeur limite, car si le volume d'air prélevé change, la masse de polluant prélevée varie dans les mêmes proportions.

CE QU'IL FAUT RETENIR

En conclusion, il est préférable d'utiliser l'unité mg/m^3 pour l'expression de la concentration atmosphérique des polluants gazeux, car elle ne nécessite ni mesure, ni correction de pression et de température. Les valeurs de pression et de température ne doivent intervenir que dans le cas de la conversion de mg/m^3 à ppm, pour le calcul du volume molaire.

Par ailleurs, la détermination de la pression et de la température lors du prélèvement est complexe puisque ces valeurs peuvent évoluer au cours des 8 heures de prélèvement et le calcul de valeurs moyennes doit se faire sur la base d'un suivi continu de ces deux paramètres.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] STEPHENSON, D.J. AND D.R. LILLQUIST - The Effects of Temperature and Pressure on Airborne Exposure Concentrations When Performing Compliance Evaluations Using ACGIH TLVs and OSHA PELs. Applied Occupational and Environmental Hygiene, 2001. 16 (4), p. 482-486.

AUTEURS

E. Langlois.

INRS, Métrologie des polluants (metropol@inrs.fr)

HISTORIQUE

Version	Date	Modifications
1	Octobre 2015	Création de la fiche
2	Juillet 2023	Correction d'une unité de masse molaire