

A-I-IV1 – GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES INDUSTRIELLES

1 Objet

Cette fiche décrit les instructions générales sur les techniques de prélèvement et d'analyse des émissions atmosphériques.

2 Domaine d'application

Ceci s'applique aux installations industrielles dont les émissions sont canalisées dans un conduit. Elle ne s'applique pas aux émissions diffuses non canalisées, aux installations de ventilation, de climatisation et aux salles blanches.

3 Introduction

La connaissance des rejets de polluants dans l'atmosphère est indispensable à la prise en considération de nombreux aspects de la pollution atmosphérique. On peut citer en particulier :

- le respect des valeurs limites d'émission
- la surveillance ou le contrôle du process de l'installation d'épuration
- les inventaires et autres bilans environnementaux
- les quotas CO₂
- l'émission trading
- la modélisation du transport des polluants à distance
- la modélisation de la physico-chimie de l'atmosphère
- les études de risque et d'impact

Cette connaissance est accessible au travers de diverses méthodes de mesure décrites dans des normes de prélèvement et d'analyse.

En fonction du type et des flux de polluant, l'autorisation appliquée au point d'émission impose des mesures en continu et/ou des mesures ponctuelles.

4 Types de contrôle

4.1 Autosurveillance

L'autosurveillance que l'on appelle également autocontrôle ou contrôle en continu (CEM : Continuous Emission Monitoring) ou encore contrôle automatique (AMS : Automatic Monitoring System) est réalisée par l'exploitant en utilisant des équipements installés à demeure sur le conduit.



L'autosurveillance a comme objectifs :

- le contrôle du respect des limites d'émission,
- la responsabilisation de l'exploitant vis-à-vis de ses rejets atmosphériques,
- la possibilité d'une meilleure maîtrise de ses rejets.

L'autosurveillance doit en particulier conduire à une amélioration de la prévention des pollutions par un meilleur suivi du système de traitement des effluents. Elle aide également l'exploitant à améliorer la conduite de son procédé et a pour conséquence de réduire les rejets des polluants.

Les techniques actuelles ne permettent cependant pas de mesurer tous les paramètres en continu principalement en raison du manque de sensibilité des systèmes d'analyse existants ou de l'impossibilité d'implanter les systèmes d'analyse de haute technologie (par exemple un spectromètre de masse à haute résolution) en milieu industriel.

Les éléments qui peuvent être contrôlés en continu sont donc les plus "faciles" au point de vue analytique. Dans la majorité des cas, les analyseurs indiquent une valeur instantanée de la concentration des polluants dans les fumées. On peut citer comme paramètres qui peuvent être mesurés en continu de manière fiable : les poussières, l'humidité, l'oxygène, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les hydrocarbures totaux.

Les systèmes automatiques ne permettent cependant pas de prélever en plusieurs points du conduit. Cela est particulièrement vrai pour les systèmes extractifs réalisant la détermination de la concentration en poussières.

Un cas particulier de l'autosurveillance est l'échantillonnage en continu des dioxines et furanes: un échantillonneur prélève en continu une partie des fumées et les dioxines et furanes sont captés sur une cartouche d'adsorption pendant une période pouvant aller jusqu'à un mois. Cette cartouche d'adsorption est ensuite traitée et analysée au laboratoire. On obtient ainsi une valeur moyenne de la concentration pendant la période de prélèvement.

4.2 Mesures ponctuelles

Les mesures ponctuelles que l'on appelle aussi mesures périodiques sont réalisées par un laboratoire qui installe ses propres équipements. Il mesure la concentration des différents analytes directement en continu (comme pour l'autocontrôle) ou bien il prélève des échantillons pendant une durée de quelques minutes à quelques heures. Ces derniers échantillons sont analysés à posteriori par un laboratoire d'analyse.

Le désavantage de ces échantillons ponctuels est qu'ils ne reflètent donc qu'un cliché de la situation au moment du prélèvement.

Ils permettent cependant d'atteindre des limites de quantification beaucoup plus faibles : l'analyte recherché est accumulé sur un système de captation pendant un temps plus ou moins long. Au plus le temps de prélèvement va être long et au plus le volume prélevé va être important, au plus la limite de quantification sera abaissée.

Ce type de mesure nécessite la présence permanente de techniciens qui réalisent les manipulations nécessaires au bon déroulement des différents types de prélèvements.

5 Type de mesures

Les mesures peuvent être réalisées directement dans la cheminée (in situ) ou à l'extérieur de celle-ci (extractif) en prélevant un échantillon de fumée. Dans ce cas, il est primordial que l'échantillon soit représentatif des fumées.

5.1 Mesures in situ

Le terme "mesures in situ" est utilisé pour indiquer que l'échantillon n'est pas extrait du conduit mais que l'analyte est directement mesuré dans le flux de gaz. Ces mesures peuvent être réalisées en installant directement le capteur dans le flux.

Cette technique permet notamment la détermination des paramètres physiques des fumées : température, pression et débit.

On peut également citer l'exploitation de phénomènes physiques (zircon, induction,...) permettant de déterminer la composition chimique des fumées. Celle-ci est cependant, le plus souvent, déterminée in situ par des techniques optiques. Un rayon lumineux traverse le conduit entre un émetteur et un récepteur et l'absorption (ou la réflexion) de ce rayon est proportionnelle à la concentration de l'analyte recherché.

La concentration des poussières présente dans les fumées peut également être déterminée par des appareils in-situ tels les opacimètres.

L'avantage majeur de la technique in situ est que les instruments sont relativement simples.

Parmi les désavantages, on peut citer :

- le problème de l'étalonnage : il est difficile (et parfois impossible) d'utiliser des étalons de référence directement sans manipulation parfois longues et fastidieuses.
- La mesure en un point (ou diamètre pour les systèmes optiques) qui ne tient pas pleinement compte de la non homogénéité des fumées.
- La présence de gouttelettes ou vésicules qui peuvent perturber l'absorption ou la diffusion de la lumière.

5.2 Mesures extractives

Les mesures extractives sont réalisées au moyen d'un système de prélèvement. Une sonde est utilisée pour extraire un échantillon représentatif des fumées du flux principal. On peut dans ce cas parler de prélèvement. En général, les mesures extractives sont utilisées pour déterminer la composition chimique des fumées et la concentration en poussières.

Il existe deux types de mesures extractives suivant qu'elles soient continues ou non.

Lorsque l'on réalise des prélèvements en continu, une portion des fumées est prélevée de la cheminée et est injectée dans un analyseur qui indique directement la concentration de l'analyte.

Lorsque l'on réalise des prélèvements en discontinu, une portion des fumées est prélevée et l'analyte est fixé par un système de captation (filtre, solution d'absorption, solide d'adsorption,...) dans lequel il s'accumule. L'échantillon est ensuite analysé au laboratoire. Dans ce cas, le volume de gaz prélevé doit être mesuré précisément afin de ramener la masse d'analyte capté déterminée par le laboratoire à une concentration volumique.

Les avantages des mesures extractives sont :

- la simplicité de l'étalonnage au moyen de matériel de référence par rapport aux mesures in situ
- la possibilité de réaliser les prélèvements en plusieurs points afin de s'affranchir de l'inhomogénéité des fumées dans le conduit
- les limites de quantification plus basses car fonction de la durée et du volume de prélèvement.

Parmi les désavantages, on peut citer :

- la complexité du matériel à mettre en œuvre
- les problèmes inhérents au système de prélèvement : étanchéité, inertie chimique, adsorption

6 Représentativité

6.1 Ecoulement laminaire

Il est faux de croire que le flux de fumée est homogène partout dans le conduit et que l'on peut réaliser les mesures en un point pris au hasard dans la cheminée. Les faibles températures, l'absence de brassage des fumées par un ventilateur à faible consommation électrique (qui ne fait que faire "avancer" les fumées), la réunion de plusieurs brûleurs dans une seule chaudière, la présence de système de traitement des fumées sont des éléments contribuant à l'inhomogénéité des fumées.

L'influence de l'inhomogénéité des fumées peut être fortement réduite en choisissant convenablement le plan de mesure. Celui-ci doit être caractérisé par un écoulement laminaire, sans giration, ni turbulence. Il doit être situé dans une zone de conduit droit ayant une forme et une section constante. Ce plan de mesure doit être situé le plus loin possible tant en aval qu'en amont de tout élément (coude, ventilateur, silencieux, registre,...) qui pourrait perturber l'écoulement.

Ces prescriptions sont, en général, satisfaites dans des zones de conduit avec au moins cinq diamètres hydrauliques de conduit droit en amont du plan de mesure et deux diamètres en aval (cinq diamètres hydrauliques lorsque le conduit débouche à l'air). On choisit de préférence une conduite verticale à une conduite horizontale (problèmes de sédimentation, surtout lorsque les concentrations en poussières sont élevées).

Pour rappel, le diamètre hydraulique correspond à $4 \times \text{section/périmètre}$.



6.2 Poussières et vésicules

Les particules en suspension dans un flux gazeux sont soumises à la pesanteur mais aussi aux forces d'entraînement du flux gazeux et à leur inertie propre.

L'influence de la pesanteur est fonction de la densité des particules mais surtout de leur taille.

Dans les installations actuelles, les poussières sont, en général, de petite taille ($< 50 \mu$) et leur comportement sera surtout dicté par les forces d'inertie et d'entraînement.

L'empoussièrisme peut donc être très différent d'un endroit à l'autre du conduit. Et le prélèvement ne doit pas induire de perturbation de l'écoulement.

De par leur masse propre, les gouttelettes aérosols ou vésicules sont assimilables à des particules et en possèdent donc le même comportement. On rencontre généralement des aérosols dans des conduits dont la température est inférieure à 100°C , principalement après un laveur humide. Des précautions particulières doivent donc être prises lors des prélèvements lorsque des vésicules sont présentes dans les fumées.

6.2.1 Isocinétisme

Les poussières se caractérisent par leur spectre granulométrique, leur forme, leur couleur, leur densité,... Les poussières captées dans le train de prélèvement doivent posséder les mêmes caractéristiques afin de constituer un échantillon représentatif des fumées.

La méthode pour obtenir cette exigence est de réaliser un prélèvement en isocinétisme : la vitesse à l'entrée de la sonde de prélèvement doit être la même que celle dans le conduit en ce point.

6.2.2 Découpage du plan de mesure

Le plan de mesure est divisé en surfaces partielles de même aire. C'est au centre de gravité de chacune de ces surfaces qu'il faut effectuer les prélèvements.

Le nombre de ces surfaces est fonction du diamètre hydraulique du conduit. Il varie de 1 pour les cheminées de moins de 0.35 m à 17 pour les conduits de plus de 2 m de diamètre. Ce nombre peut être augmenté, notamment si les conditions décrites au paragraphe 6.1 ne sont pas respectées.

6.2.3 Prélèvement

Pour réaliser le prélèvement sur le conduit, il faut réaliser en chacun des points un prélèvement en isocinétisme. La durée du prélèvement en chacun des points doit être la même.

6.2.4 Remarque

Une description détaillée des conditions nécessaires à la réalisation de prélèvements représentatifs est donnée dans la fiche A-I-2 relative à l'aménagement des conduits industriels pour les mesures à l'émission des sources fixes.

6.3 Homogénéité du plan de mesure

Afin de vérifier l'homogénéité des fumées au niveau du plan de mesure, il est possible de réaliser un profil d'homogénéité (paramètres physiques et chimiques des fumées).

Idéalement, il faudrait réaliser ce profil pour tous les types d'analytes, ce qui est totalement impossible (problème de l'incertitude sur le résultat obtenu, équipement du conduit,...).

6.3.1 Valeur moyenne

Le contrôle de l'homogénéité du plan de mesure peut être réalisé en effectuant, en une série de points de ce plan, la mesure de la concentration d'un paramètre "facile" (par exemple la concentration en oxygène). Le prélèvement final est alors réalisé en un point "moyen".

Cette méthode ne tient cependant pas compte des variations de concentration de l'analyte pendant la réalisation du spectre de concentration.

6.3.2 Mesure de référence

Lorsque la concentration des analytes varie fortement, il est possible d'effectuer deux prélèvements simultanés d'un même analyte (par exemple la concentration en oxygène) : un des prélèvements est réalisé en un point fixe tandis qu'un second prélèvement est réalisé en une série de points. On calcule alors la moyenne après l'avoir ramenée par rapport au point fixe de référence.

6.4 En pratique

Dans la pratique, lorsque la concentration massique et des analyses de spéciation (métaux lourds, dioxines et furanes, PCB, halogénés particuliers,...), doivent être réalisées sur ces poussières les prélèvements doivent être réalisés en plusieurs points et en isocinétisme.

Il en va de même en présence de vésicules pour les paramètres très solubles tels HCl, HF, formaldéhyde, NH₃,...

Lorsqu'on réalise des prélèvements sur des analytes présents uniquement sous forme gazeuse (principalement O₂, CO₂, CO, SO₂, NO, NO_x, N₂O, COT), on considère, en général, qu'ils sont répartis de manière homogène dans le conduit et le prélèvement est réalisé en un point fixe à débit constant.

Il faut noter que ces différentes mesures nécessitent un nombre suffisant de brides au niveau du plan de mesure (voir A-I-2) pour réaliser les différents essais. Ce n'est cependant pas toujours le cas.

7 Conditionnement de l'échantillon

Pour toutes les mesures extractives et afin d'éviter des interférences et/ou des pertes dans la composition de l'échantillon de fumées, celui-ci doit être conditionné en tenant compte des poussières et de la vapeur d'eau.

7.1 Les particules

Pour les mesures extractives, le système de prélèvement doit être protégé d'une accumulation de poussières qui induirait un colmatage du système ou une adsorption de certains analytes sur les particules accumulées.

Pour les analyseurs optiques, la filtration est nécessaire afin d'éviter une contamination de la cellule de mesure.

Pour les échantillonnages ponctuels par barbotage, une filtration est également nécessaire afin d'éviter des perturbations lors de l'analyse de la solution d'absorption. Cette filtration permet également de séparer la fraction gazeuse de l'analyte de la fraction particulaire.

Un filtre doit être placé en tête de sonde ou directement après la sonde afin de limiter au maximum la partie du train de prélèvement non filtrée. Ce filtre ne doit pas réagir avec les composants des fumées. Le filtre doit être chauffé avant de commencer le prélèvement et doit être maintenu à une température supérieure au point de rosée. Si le filtre n'est pas chauffé à une température suffisante, de l'eau va se condenser sur le filtre et le colmater. A plus long terme, une "boue" va également se former avec les poussières sur le filtre et va également colmater celui-ci. Cette accumulation d'eau et de boue va, de plus, adsorber une partie des composés des fumées et fausser le résultat de la mesure.

On considère qu'une température de 110 à 120 °C est suffisante sauf pour la détermination de la concentration en hydrocarbures totaux pour laquelle une température de 180 °C est nécessaire.

7.2 La vapeur d'eau

Il existe deux types d'instruments analytiques pour la mesure en continu de type extractive : les analyseurs "à chaud" et les analyseurs "à froid".

7.2.1 Analyseurs à chaud

Dans ces analyseurs, les fumées sont maintenues à une température supérieure au point de rosée. L'ensemble de la chaîne d'analyse (filtre, ligne de transport, pompe, détecteur) est maintenu à haute température (par exemple 180 °C).

L'ensemble de la ligne de prélèvement doit être conçu de manière à éviter tous les points froids qui pourraient amener une condensation et une perte d'analyte. Cela est particulièrement vrai au niveau des jonctions entre les différentes parties (filtre↔ligne chauffante↔pompe↔analyseur).

Ces analyseurs déterminent la concentration de l'analyte dans des conditions de gaz humides puisque l'eau est toujours présente dans les fumées lorsqu'elles traversent le détecteur. Vu que les valeurs des autorisations sont généralement exprimées sur gaz secs, il est nécessaire, avec ce type d'analyseurs, de déterminer la concentration en vapeur d'eau dans les fumées afin de pouvoir ramener le résultat dans des conditions de gaz secs.

Un exemple de ceux-ci est l'analyseur équipé d'un détecteur à ionisation de flamme - FID - qui mesure la concentration en hydrocarbures totaux.

7.2.2 Analyseurs à froid

Dans ce type d'analyseur, le détecteur est maintenu à basse température (par exemple 40 °C). Cela permet de s'affranchir des variations de température ambiante. Cette température est cependant trop faible pour éviter la condensation dans l'analyseur et ce type d'appareillage doit être précédé d'un système qui va abaisser le point de rosée.

En amont de ce système, il faut éviter tous les points froids qui pourraient amener une condensation et une perte d'analyte.

La diminution du point de rosée consiste principalement à éliminer l'eau présente dans les fumées. La méthode pour diminuer ce point de rosée va être fonction de l'analyte. Les différentes techniques pour abaisser le point de rosée sont reprises dans la fiche spécifique concernant les analyseurs (A-I-3).

Suivant la technique de séchage, le point de rosée peut être abaissé à une valeur comprise entre 4 et -40 °C. On considère alors que le gaz est sec et aucune correction de la teneur en humidité ne doit être apportée.

7.2.3 Remarques

L'élimination de l'eau dans l'échantillon est également nécessaire lors des prélèvements de composés organiques sur charbon actif et autres agents d'adsorption. En effet la présence d'eau diminue les capacités d'adsorption de ces systèmes.

Dans certains cas, les fumées peuvent être considérées comme sèches. Il n'est, dès lors pas nécessaire de sécher ces fumées. Cela est notamment le cas pour les systèmes d'évacuation des fumées sur des installations où il n'y a pas de combustion : cabines de peinture, mécanisation (tour, sablage, soudure,...) imprimerie offset, décapage,...

8 Les techniques d'analyse des fumées

Les analyseurs permettant la détermination de la concentration en poussières dans les fumées s'appuient sur différentes techniques basées sur les propriétés physico-chimiques des poussières et suivant des méthodes in situ ou extractives. Ils font l'objet d'une fiche spécifique (A-I-3).

Les analyseurs de gaz en continu se différencient par leur principe de fonctionnement (in-situ ou extractif, à froid ou à chaud) et les propriétés physiques de l'analyte (absorption IR, absorption UV, susceptibilité magnétique, ionisation,...). Ils font également l'objet d'une fiche spécifique (A-I-4).

9 Durée et nombre de prélèvements

La durée et le nombre de prélèvements ne sont que rarement imposés par les normes de prélèvement ou les permis d'environnement excepté pour la détermination de la concentration en dioxines et furanes pour laquelle une durée de 6 à 8 heures est généralement imposée.

Il s'agit cependant de paramètres importants. Suivant le permis d'environnement, la fréquence de contrôle des émissions varie de plusieurs fois par an à une fois tous les 2-3 ans. Ces prélèvements vont donc représenter les émissions d'une installation parfois pour plusieurs années.

La durée de chaque type d'essai devrait être d'une heure minimum.

Idéalement, le nombre d'essais pour un même analyte devrait être de 3 au minimum.

Plusieurs facteurs interviennent pour définir la durée minimale du prélèvement.

9.1 Le diamètre hydraulique du conduit.

Pour les prélèvements réalisés en isocinétisme, il est nécessaire de prélever les fumées en une série de points dans le conduit. Le nombre de points varie de 1 à 17 suivant les dimensions du conduit et la durée en chacun des points doit toujours être la même.

En chaque point du conduit, la durée de prélèvement devrait être de 10 minutes au minimum

Pour les conduits de moins de 2 mètres de diamètre, la durée totale du prélèvement devrait être de 2 heures au minimum et de 3 heures au minimum pour les conduits de plus de 2 mètres.

Il s'agit ici de la durée réelle du prélèvement. Il faut y ajouter le temps nécessaire pour déplacer le train de prélèvement d'un axe à l'autre.

Pendant toute la durée de l'essai, les concentrations en O₂ et CO₂ doivent être mesurées (sauf s'il s'agit d'air) afin de s'affranchir des variations de la composition des fumées.

Ces impositions concernent tous les essais destinés à la détermination des poussières et tous les essais pour lesquels les poussières doivent être analysées (métaux lourds, halogénés particuliers, PCB,...).

9.2 La valeur limite d'émission

La durée de prélèvement doit être adaptée afin d'obtenir un volume de gaz aspiré suffisant pour atteindre des limites de quantification adéquates par rapport aux valeurs limites d'émission tout en respectant les débits maximum de prélèvement imposés par les normes.

Plus la durée du prélèvement sera longue, plus le volume de gaz prélevé sera important et plus basse sera la limite de quantification.

Ces impositions s'appliquent à tous les prélèvements pour lesquels l'analyte va s'accumuler (par filtration, absorption, adsorption) au niveau du système de prélèvement avant d'être analysé.

9.3 Les paramètres de process

Le processus de fabrication doit également être pris en compte.

La durée de l'essai doit couvrir un nombre entier de cycles afin d'être représentatif de la totalité des émissions générées par les différentes phases de ce cycle. Dans ce cas, la communication entre la salle de commande de l'usine et le laboratoire réalisant les essais est essentielle.

9.4 En pratique

Le coût de la réalisation des prélèvements et des analyses reste cependant un facteur de détermination du nombre et de la durée des essais.

On peut différencier les prélèvements peu coûteux (halogénés, gaz majeurs,...) des prélèvements coûteux (poussières, métaux lourds, dioxines, PCB,...) qui demandent plus de matériel et de personnel.

Pour les premiers, il est préférable de réaliser plusieurs essais (3 par exemple) de courtes durées (1 heure par exemple) ou d'enregistrer le paramètre en continu..

Pour les seconds un seul essai peut être réalisé mais il doit être suffisamment long (2 à 6 heures).

10 Expression des résultats

Selon les méthodes d'analyse, les résultats bruts obtenus sont exprimés de différentes manières dans des unités et des conditions différentes Afin d'être uniformisés entre eux suivant le type d'installation industrielle et les permis d'environnement, les résultats sont ramenés à des valeurs de références.

10.1 Conditions de pression et de température

A l'émission, on exprime les concentrations par rapport à une température de 273 K (soit 0 °C) et à pression atmosphérique (101.3 kPa soit 1013 mbar), les gaz étant supposés suivre la loi des gaz parfaits.

On rencontre dans des documents les concentrations exprimées en "Nm³" soit Normal mètre cube ou encore m³ ramené à 273 K et 101.3 kPa.

La formule ci-après permet d'effectuer les corrections en concentration :

$$\begin{aligned} C(T_r, P_r) &= C(T, P) \cdot \frac{T}{P} \cdot \frac{P_r}{T_r} \\ &= C(T, P) \cdot 0.371 \cdot \frac{T}{P} \end{aligned} \quad \text{(Equation 1)}$$

Avec :

C : concentration massique dans les conditions précisées entre parenthèses

T_r : température de référence : 273 K (soit 0 °C)

P_r : pression de référence : 101.3 kPa (soit 1013 mbar)

T : température réelle de mesure de $C(T, P)$ en K

P : pression réelle de mesure de $C(T, P)$ en kPa

10.2 Conditions humides-sèches

Le plus souvent, en Wallonie, les permis d'environnement prévoient d'exprimer les résultats sur gaz secs. La formule suivante permet d'effectuer la conversion de concentration exprimée en conditions humides vers sèches:

$$C_S = C_H \cdot \frac{100}{100 - H} \quad (\text{Equation 2})$$

Avec :

C_S : concentration exprimée en conditions sèches

C_H : concentration exprimée en conditions humides

H : humidité des gaz exprimée en %

On rencontre dans des documents les concentrations exprimées en "m³sec" soit mètre cube exprimés sur gaz sec...

10.3 Conversion ppm-mg/Nm³

Les analyseurs de gaz, de par leur principe de fonctionnement, fournissent des concentrations volumiques en % ou en ppm (part par million : 10⁻⁶) ou plus rarement en ppb (part par billion : 10⁻⁹). D'autre part, les valeurs dans les permis d'environnement sont indiquées en concentration massique (mg, µg...) par unité de volume (le plus souvent m³).

La conversion entre les valeurs en ppm et en mg/Nm³ est réalisée au moyen de la formule suivante :

$$\begin{aligned} C_m &= C_v \cdot \frac{M}{V} \\ &= C_v \cdot \frac{M}{22.4} \end{aligned} \quad (\text{Equation 3})$$

Avec :

C_m : concentration massique en mg/Nm³

C_v : concentration en volume (ppm)

M : masse molaire de l'analyte

V : volume molaire dans les conditions normales (22.4 l)

Le tableau suivant reprend le coefficient de conversion ppm↔mg/Nm³ de quelques composés.

Gaz	Coefficient
CO	1.250
SO ₂	2.858
NO	1.339
NO ₂	2.058
NO _x (exprimé en NO ₂)	2.058
HCl	1.626
C _x H _y (exprimé en C) Étalon C ₃ H ₈	1.608
C _x H _y (exprimé en C) Étalon CH ₄	0.536

Tableau 1 : coefficient ppm↔mg/Nm³sec

10.4 Référence oxygène

Pour toutes les installations pour lesquelles les émissions proviennent de la combustion de combustibles liquides, solides ou gazeux, la concentration des différents polluants dans les fumées est évidemment fonction de l'excès d'air dans la cheminée.

Ainsi si l'on considère deux fours identiques débitant 50 000 Nm³/h et débouchant sur deux systèmes d'épuration des fumées. Si l'on ajoute de l'air de dilution (50 000 Nm³/h) au niveau d'un des 2 systèmes d'épuration, les concentrations en polluants à la sortie de ce dernier seront divisées par 2.

Afin d'éviter ce type de dilution, la réglementation prévoit d'exprimer les rejets par rapport à une concentration conventionnelle en oxygène. Ainsi, quelle que soit la dilution, les valeurs seront comparables.

Cette concentration va être fonction du type d'installation. Le tableau ci-après reprend quelques concentrations de référence en oxygène dans différents domaines industriels.

Installations	Taux d'O ₂ de référence
Incinérateur de déchets ménagers	11 %
Cimenteries	10 %
Moteurs de CET (biogaz)	5 %
Cogénération	6 ou 11 %
Turbines à gaz	15 %

Tableau 2 : exemple de taux de référence O₂

La formule qui permet d'exprimer la concentration en fonction d'un taux d'oxygène de référence est donnée ci-après.

$$C_r = C_{mes} \cdot \frac{21 - [O_{2,ref}]}{21 - [O_{2,mes}]} \quad (\text{Equation 4})$$

Avec :

C_r : concentration au taux d'oxygène de référence [$O_{2,ref}$]

C_{mes} : concentration brute mesurée

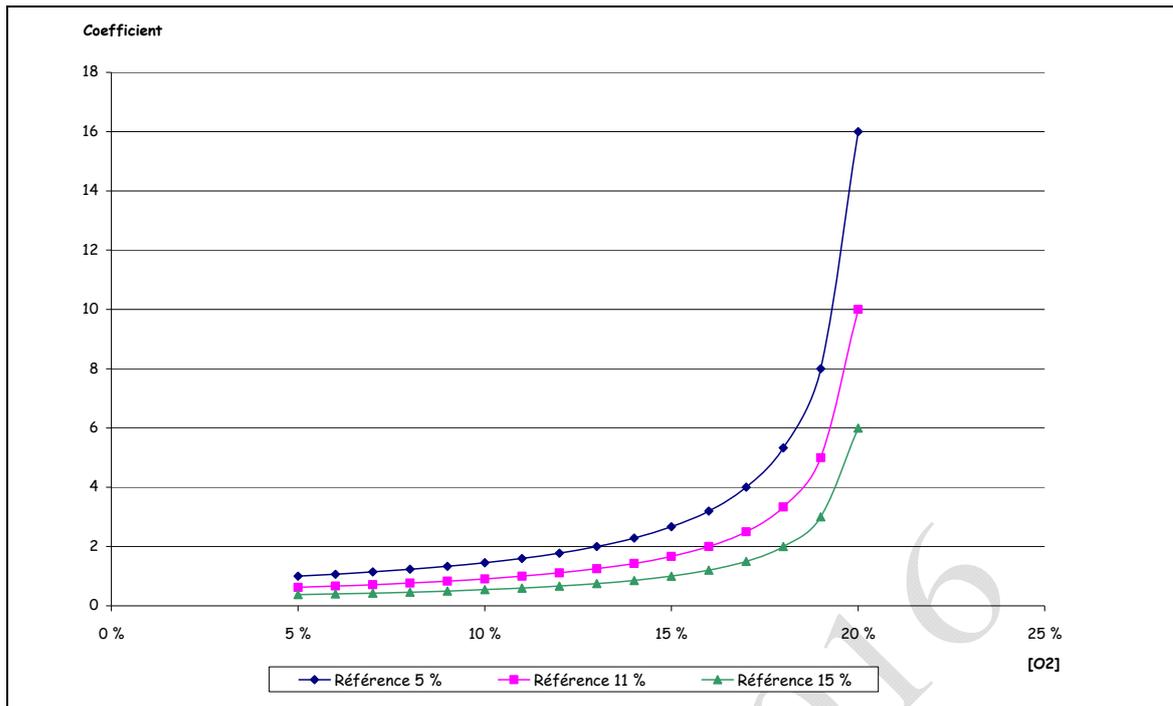
$[O_{2,ref}]$: concentration de référence en oxygène en %

$[O_{2,mes}]$: concentration mesurée en oxygène en %

Le tableau suivant indique le coefficient de correction à appliquer en fonction de la concentration mesurée en oxygène. Il montre l'importance de mesurer la concentration en oxygène le plus exactement possible.

Valeur mesurée	Taux de référence		
	5 %	11 %	15 %
5 %	1	0.63	0.38
6 %	1.07	0.67	0.40
7 %	1.14	0.71	0.43
8 %	1.23	0.77	0.46
9 %	1.33	0.83	0.50
10 %	1.45	0.91	0.55
11 %	1.60	1	0.60
12 %	1.78	1.11	0.67
13 %	2.00	1.25	0.75
14 %	2.29	1.43	0.86
15 %	2.67	1.67	1
16 %	3.20	2.00	1.20
17 %	4.00	2.50	1.50
18 %	5.33	3.33	2.00
19 %	8.00	5.00	3.00
20 %	16.00	10.00	6.00

Tableau 3 : coefficient de correction référence O_2



Graphique 1 : coefficient de correction référence O₂

Vu l'importance de cette correction, il est évident que la concentration en O₂ doit être déterminée chaque fois que la concentration en analyte doit être ramenée à un taux d'oxygène de référence. Il est proscrit d'utiliser la concentration en oxygène obtenue pendant quelques heures lors d'une mesure et d'utiliser cette valeur comme référence pour corriger tous les résultats obtenus au cours de la campagne d'essais.

10.5 Référence dioxyde de carbone

Dans certains cas plus rares, la concentration des polluants doit être exprimée suivant une concentration de référence en CO₂.

La formule qui permet d'exprimer la concentration en fonction d'un taux de CO₂ de référence est donnée ci-après.

$$C_r = C_{mes} \cdot \frac{[CO_{2,ref}]}{[CO_{2,mes}]} \quad (\text{Equation 5})$$

Avec :

C_r : concentration au taux de CO₂ de référence [$CO_{2,ref}$]

C_{mes} : concentration brute mesurée

$[CO_{2,ref}]$: concentration de référence en dioxyde de carbone en %

$[CO_{2,mes}]$: concentration mesurée en dioxyde de carbone en %

10.6 Remarque

De la combinaison de ces différents points, on exprime le plus souvent les concentrations des polluants gazeux en "mg/Nm³.sec à θ % d'O₂" soit une concentration massique par mètre cube de gaz sec ramené à la pression atmosphérique (1013 mbar – 101.3 kPa) et à une température de 273 K (0 °C) et exprimé par rapport à un taux de référence en oxygène de θ %.

Original 2016

11 Références

NBN EN 15259: Qualité de l'air – Mesurage des émissions de sources fixes – Exigences relatives aux sections et aux sites de mesurage et relatives à l'objectif, au plan et au rapport de mesurage.

ISO/DIN 9096: Air Quality-Stationary source emission. Determination of concentration and mass flow rate of particulate material in gas ducts.

ISO 10780: Emissions des sources fixes- Mesurage de la vitesse et du débit-volume des courants gazeux dans des conduites.

EN 13284-1: Emissions de sources fixes – Détermination manuelle de la concentration en masse de poussières

EN 1948: Emissions de source fixes - Détermination de la concentration massique en PCDDs/PCDFs et PCB de type dioxine

EN 14385: Emissions de sources fixes – Détermination de l'émissions totale de As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl et V

EN 13211: Qualité de l'air – Emissions de sources fixes – Méthode manuelle de détermination de la concentration en mercure total.

EN 14789: Émissions de sources fixes – Détermination de la concentration massique en oxygène (O₂) – Méthode de référence.

EN 15058: Émissions de sources fixes – Détermination de la concentration massique en monoxyde de carbone (CO) – Méthode de référence : spectrométrie infrarouge non-dispersive.

NBN EN 14792: Émissions de sources fixes – Détermination de la concentration massique en oxydes d'azote (NO_x) – Méthode de référence : chimiluminescence.

EN 13526: Emission de sources fixes – Détermination de la concentration massique en carbone organique total à de fortes concentrations dans les effluents gazeux

EN 1911: Emissions de sources fixes – Détermination de la concentration massique des chlorures exprimés en HCl

ISO 15713: Emissions de sources fixes – Echantillonnage et détermination de la teneur en fluorure gazeux

NBN-X-44-002: Prélèvement de poussières dans une veine gazeuse et détermination de la teneur en poussières de gaz.

EPA Method 3A: Determination of oxygen and carbon dioxide concentrations in emissions from stationary sources.

EPA Method 6C: Determination of sulfur dioxide emissions from stationary sources (Instrumental analyzer procedure)

EPA Method 7E: Determination of nitrogen oxide emissions from stationary sources (Instrumental analyze procedure)

EPA Method 25A: Determination of total organic concentration using a flame ionization analyzer

EPA Method 108: Determination of particulate and gaseous arsenic emissions

EPA Method 101A: Determination of particulate and gaseous mercury emissions from sewage incinerators.

EPA Method 29: Determination of metal emission from stationary sources

EPA Method 23: Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Stationary Sources.

Original 2016

A-I-1V1 – GENERALITES SUR LES TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES INDUSTRIELLES		1
1	Objet	1
2	Domaine d'application	1
3	Introduction	1
4	Types de contrôle	1
4.1	Autosurveillance	1
4.2	Mesures ponctuelles	2
5	Type de mesures	3
5.1	Mesures in situ	3
5.2	Mesures extractives	3
6	Représentativité	4
6.1	Ecoulement laminaire	4
6.2	Poussières et vésicules	5
6.2.1	Isocinétisme	5
6.2.2	Découpage du plan de mesure	5
6.2.3	Prélèvement	5
6.2.4	Remarque	6
6.3	Homogénéité du plan de mesure	6
6.3.1	Valeur moyenne	6
6.3.2	Mesure de référence	6
6.4	En pratique	6
7	Conditionnement de l'échantillon	7
7.1	Les particules	7
7.2	La vapeur d'eau	7
7.2.1	Analyseurs à chaud	7
7.2.2	Analyseurs à froid	8
7.2.3	Remarques	8
8	Les techniques d'analyse des fumées	8
9	Durée et nombre de prélèvements	9
9.1	Le diamètre hydraulique du conduit.	9
9.2	La valeur limite d'émission	9
9.3	Les paramètres de process	10
9.4	En pratique	10
10	Expression des résultats	10
10.1	Conditions de pression et de température	10
10.2	Conditions humides-sèches	11
10.3	Conversion ppm-mg/Nm ³	11
10.4	Référence oxygène	12
10.5	Référence dioxyde de carbone	14
10.6	Remarque	15
11	Références	16