

**Méthode de mesure des émissions gazeuses
atmosphériques des turbines à gaz
et des moteurs à mouvement alternatif**

*TD
182
R46
No. 1-RM-36F*

Division de la recherche et des mesures des émissions
Centre de technologie environnementale
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)

Méthode SPE 1/RM/36
Mars 1999

Données de catalogage avant publication (Canada)

Vedette principale au titre :

Méthode de mesure des émissions gazeuses atmosphériques des turbines à gaz et des moteurs à mouvement alternatif

(Méthode; SPE 1/RM/36)

Publ. aussi en anglais sous le titre : Method of measurement of gaseous emissions to the atmosphere from gas turbines and reciprocating engines.

ISBN 0-662-84007-0

No. de cat. En49-24/1-36F

1. Turbines à gaz -- Aspect de l'environnement.
 2. Moteurs à mouvement alternatif -- Aspect de l'environnement.
 3. Oxydes d'azote -- Aspect de l'environnement.
 4. Anhydride sulfureux -- Aspect de l'environnement.
 5. Oxyde de carbone -- Aspect de l'environnement.
 6. Pollution -- Canada -- Mesure -- Méthodologie.
- I. Centre de technologie de l'environnement (Canada). Division de la recherche et des mesures des émissions.
- II. Canada. Environnement Canada.
- III. Coll.: Rapport (Canada. Environnement Canada); SPE 1/RM/36)

TD885.5M47 1999

363.738'752

C99-980338-7

Commentaires

Pour formuler des commentaires ou obtenir des renseignements sur l'utilisation du présent document, s'adresser à :

Division de la recherche et des mesures des émissions
Centre de technologie environnementale
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Pour obtenir d'autres exemplaires du présent document, s'adresser à :

Publications de la Protection de l'environnement
Bureau des transferts technologiques
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Avant-propos

La méthode décrite dans le présent document sert à mesurer les concentrations d'oxydes d'azote (NO_x), d'anhydride sulfureux (SO_2), de monoxyde de carbone (CO) et d'oxygène (O_2) dans les gaz d'échappement des turbines à gaz et moteurs à mouvement alternatif.

Compte tenu de la complexité des procédures de cette méthode, le personnel effectuant les essais doit être bien formé et posséder de l'expérience.

Table des matières

Avant-propos	iv
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	vii
 <i>Section 1</i>	
Domaine d'application	1
 <i>Section 2</i>	
Principe	2
 <i>Section 3</i>	
Sélection du point d'échantillonnage	3
 <i>Section 4</i>	
Appareillage	4
4.1 Prélèvement, transport et conditionnement de l'échantillon	5
4.2 Analyseurs	5
4.3 Acquisition des données	5
 <i>Section 5</i>	
Homologation du système de surveillance des émissions	6
5.1 Fréquence de l'homologation périodique	6
5.2 Critères de réhomologation	6
 <i>Section 6</i>	
Produits	7
6.1 Gaz d'étalonnage du zéro	7
6.2 Gaz d'étalonnage de l'étendue	7
 <i>Section 7</i>	
Étalonnage du système de surveillance des émissions	9
 <i>Section 8</i>	
Protocoles d'essai	10
8.1 Étalonnage avant essai	10
8.2 Essai	11
8.3 Étalonnage après essai	11
 <i>Section 9</i>	
Calculs	13

Section 10

Rapport	14
----------------------	-----------

Annexe 1

Protocoles et spécifications pour l'homologation du rendement du système de surveillance des émissions	15
---	-----------

Annexe 2

Protocoles et spécifications pour la détermination du degré de stratification des concentrations gazeuses dans un conduit	22
--	-----------

Liste des figures

1	Fiche des données des gaz d'étalonnage	8
2	Fiche des données d'essai.....	12

Liste des tableaux

1	Spécifications du système de surveillance en continu des émissions	4
---	--	---

Section 1

Domaine d'application

La méthode décrite dans le présent document sert à mesurer les concentrations d'oxydes d'azote (NO_x), d'anhydride sulfureux (SO_2), de monoxyde de carbone (CO) et d'oxygène (O_2) dans les gaz d'échappement des turbines à gaz et

moteurs à mouvement alternatif. Les procédures décrites ici ont été conçues en fonction de programmes d'essais périodiques à court terme reposant sur des systèmes de surveillance des émissions munis d'analyseurs automatiques.

Section 2

Principe

On prélève un échantillon représentatif en continu dans une veine homogène de gaz d'échappement de la turbine à gaz ou du moteur à mouvement alternatif. La veine de gaz à échantillonner est au besoin traitée, après quoi

elle est acheminée aux analyseurs automatiques. Les signaux électriques des analyseurs sont stockés sous forme analogique ou numérique pour traitement ultérieur.

Section 3

Sélection du point d'échantillonnage

Choisir dans le conduit un point d'échantillonnage où la veine de gaz d'échappement est bien mélangée et où l'effet éventuel d'une infiltration de l'air ambiant dans les gaz d'échappement est réduit au minimum.

Avant le premier essai à chaque source d'émission, mesurer le profil des concentrations gazeuses dans l'ensemble du débit d'échappement en suivant les procédures décrites à l'Annexe 2. Si le degré de stratification des concentrations gazeuses dépasse la valeur acceptable mentionnée à cette annexe, choisir un autre point d'échantillonnage et vérifier la stratification des concentrations gazeuses à cet endroit. Les épreuves de stratification ne sont exécutées qu'une fois, avant l'essai initial de la

source d'émission; il n'est pas nécessaire d'effectuer de nouveaux essais sauf si la configuration du conduit ou de la source d'émission est modifiée. À remarquer que l'usage d'une sonde d'échantillonnage multipoint extrayant un échantillon gazeux intégré de trois points équidistants ou plus le long du conduit éliminerait également la nécessité de l'essai de stratification des concentrations gazeuses.

Si le degré de stratification n'est pas calculé ou est jugé trop élevé et qu'il n'est pas pratique de trouver un autre point, suivre les protocoles d'échantillonnage modifiés décrits à la section 8, en précisant le nombre et l'endroit des points supplémentaires d'échantillonnage à utiliser au cours des épreuves d'émission.

Section 4

Appareillage

Aux fins de cette méthode, le système de surveillance des émissions se définit comme un ensemble intégré d'éléments permettant de préciser les concentrations des gaz cibles dans la veine gazeuse échantillon en temps réel et de stocker les concentrations résultantes.

Tout système de surveillance qui répond aux spécifications du Tableau 1, qui englobe toute une gamme de systèmes de surveillance, des appareils autonomes portatifs aux systèmes classiques — peut être utilisé. Le choix de

l'appareillage et la conception du système relèvent de la responsabilité de l'utilisateur. Ainsi, les spécifications des éléments individuels du système de surveillance ne sont pas comprises au présent document.

Nous donnons aux sections 4.1, 4.2 et 4.3 une brève description des modules types d'un système de surveillance des émissions par extraction et de leurs fonctions, et le lecteur y trouvera des spécifications et facteurs importants.

Tableau 1 – Spécifications d'un système de surveillance en continu des émissions

Paramètre	Spécification
Dérive du zéro	<2 % GR sur 1 heure
Dérive de l'étendue	<5 % GR sur 1 heure
Linéarité	<2 % GR pour les gaz intermédiaires
Biais	<1 % GR pour CO, O ₂ et NO _x <2 % GR pour SO ₂
Interférences	Interférence totale <2 % GR
Système d'acquisition de données	(a) Stocker les moyennes de 1 minute sur la période d'essai (b) Taux de balayage non inférieur à une fois par 15 secondes

Nota : GR = grandeur réelle

4.1 Prélèvement, transport et conditionnement de l'échantillon

Lors de l'extraction, du transport et du conditionnement de l'échantillon, on doit extraire en continu un échantillon représentatif des gaz d'échappement chauds de la veine principale et l'acheminer au système de conditionnement où il peut être traité avant d'être introduit dans les analyseurs. Parmi les traitements que l'échantillon de gaz peut recevoir, il faut mentionner l'élimination des particules et (ou) de la vapeur d'eau, mais sans altérer la concentration des gaz cibles, à l'exception des concentrations accrues résultant de l'enlèvement de la vapeur d'eau.

Le cas échéant, le système doit pouvoir disposer d'un moyen efficace pour contrôler précisément la pression du gaz d'échantillon à l'entrée de tous les analyseurs pressosensibles, éliminant ainsi ou réduisant appréciablement l'influence des fluctuations de pression du système d'échantillonnage qui pourraient faire en sorte que les analyseurs indiquent des concentrations inexacts.

Il est essentiel que la sonde d'échantillonnage soit suffisamment robuste pour résister aux températures élevées des gaz et aux vitesses rencontrées dans le conduit de cheminée. De plus, le matériau dont est construite la sonde ne doit pas altérer la concentration des gaz visés dans l'échantillon par effet catalytique à des températures gazeuses élevées.

4.2 Analyseurs

Nous ne donnons pas dans le présent document de principes de détection recommandés ni des spécifications pour les analyseurs, car la sélection des analyseurs appropriés au système de surveillance incombe à l'utilisateur. Les spécifications des analyseurs sélectionnés doivent pouvoir faire en sorte que le système global de surveillance satisfasse aux valeurs données au Tableau 1.

4.3 Acquisition des données

Les signaux électriques des analyseurs représentant les concentrations gazeuses peuvent être stockés sous forme analogique en tracés sur enregistreur graphique et (ou) sous forme numérique dans un registre de données ou un système à microprocesseur. Si on utilise les systèmes d'enregistrement numérique, chaque sortie d'analyseur doit être balayée au moins une fois par 15 secondes. À remarquer que le stockage de l'ensemble des données du balayage devrait permettre de calculer les concentrations gazeuses moyennes pour tout intervalle voulu au cours d'un essai en charge.

Nombre de systèmes portatifs intégrés de surveillance des émissions impriment les données de concentration sur ruban de papier. Cette forme de stockage des données est acceptable; si le système de surveillance est doté de capacités d'établissement de moyenne, utiliser cette option pour générer des moyennes de 1 minute au cours d'un essai en charge et ensuite, les imprimer. Si les fonctions de moyenne du logiciel d'enregistrement des données ne sont pas disponibles, les données de concentration doivent être imprimées au moins une fois par minute pendant chaque essai en charge.

Section 5

Homologation du système de surveillance des émissions

Avant d'utiliser le système pour effectuer un contrôle des concentrations de gaz de cheminée à des fins de réglementation, l'utilisateur doit prouver qu'il satisfait à tous les paramètres donnés au Tableau 1, en suivant les protocoles mentionnés à l'Annexe 1. Un système polyvalent de surveillance peut être homologué pour mesurer les émissions des turbines à gaz ou des moteurs à mouvement alternatif et être quand même utilisé pour d'autres programmes de surveillance.

L'homologation d'un système de surveillance des émissions est la preuve que ce système peut générer des données précises de concentration, mais cela ne confirme pas que les données recueillies au cours d'un essai spécifique en charge sont valides. Pour évaluer et accepter ou rejeter les données de concentration gazeuse recueillies, il faut obtenir les données de calibrage avant essai et après essai et connaître l'expérience de l'opérateur du système de surveillance spécifique. En aucun cas les données de concentration générées par un système de surveillance non homologué ne sauraient être acceptées comme valides.

L'homologation peuvent être effectués périodiquement ou en fonction d'un essai spécifique. L'homologation périodique serait appropriée, si le système de surveillance est utilisé périodiquement pour surveiller les émissions des turbines ou des moteurs à explosion, tandis qu'une homologation spécifique

à un essai serait davantage appropriée pour les systèmes de surveillance utilisés occasionnellement à cette fin.

À remarquer que chaque plage d'un analyseur doit être homologuée séparément à l'aide des gaz appropriés.

5.1 Fréquence de l'homologation périodique

Le système doit être homologué au moins deux fois par année civile, à intervalles non inférieurs à quatre mois et non supérieurs à huit mois.

5.2 Critères de réhomologation

Lorsqu'on remplace ou répare un analyseur dans un système de surveillance homologué, il faut réhomologuer l'ensemble du système pour le gaz en question, peu importe si le système répond aux critères de délai de réhomologation susmentionnés. Le système de surveillance doit également être réhomologué en cas de tout changement technique, y compris les modifications du module d'acquisition de données. La réparation ou le remplacement d'éléments fondamentaux du système, par exemple les pompes, les canalisations chauffées et les filtres, sont considérés comme de l'entretien normal du système et n'exigent pas la réhomologation, même si cette dernière est fortement recommandée.

Section 6

Produits

Au cours des programmes d'homologation du système ou d'essais d'émission spécifiques, on utilise des gaz comprimés analysés par le fabricant. Un exemplaire de la fiche d'analyse d'homologation des gaz fournie par le fabricant pour chaque gaz d'étalonnage de l'étendue du zéro est l'un des éléments essentiels de tout rapport des essais d'émission et qui doit être fixé à la fiche de données des gaz d'étalonnage (Figure 1).

6.1 Gaz d'étalonnage du zéro

Utiliser de l'air ou de l'azote contenant moins de 1 ppm des gaz cibles comme gaz d'étalonnage du zéro pour les analyses d'anhydride sulfureux, d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone. L'azote, pur ou sous forme de gaz dilué dans un mélange gazeux doit être utilisé comme gaz d'étalonnage du zéro pour l'analyseur d'oxygène.

6.2 Gaz d'étalonnage de l'étendue

Les concentrations d'anhydride sulfureux, d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone pour les gaz d'étendue de la plage supérieure

doivent se situer entre 80 et 95 % en grandeur réelle (GR) pour chaque plage prévue et pour chaque analyseur, sauf mention du contraire dans la présente méthode. Le fabricant doit attester que le ou les gaz sont précis à en deçà de 2 % de la concentration déclarée. S'il y a lieu, les mélanges gazeux contenant plus d'un des gaz cibles peuvent être utilisés. La concentration d'oxygène dans le gaz d'étalonnage de l'étendue doit se situer entre 13 et 17 % et être homologuée par le fabricant pour une précision en deçà de 2 % de la concentration déclarée.

Les gaz d'étalonnage utilisés pendant les essais d'homologation et (ou) l'étalonnage pendant les essais d'émission peuvent être produits à l'aide d'appareils de dilution dynamique et de procédures conformes à l'Annexe M, méthode 205, de la partie 51 du document EPA 40 CFR. Lorsque les gaz d'étalonnage sont produits de cette manière, le rapport d'émission doit contenir des documents attestant que le matériel de dilution a été périodiquement réhomologué par le fabricant tel que prescrit dans la méthode 205.

Figure 1 – Fiche des données des gaz d'étalonnage

Installation _____

Lieu _____

Date(s) des essais _____

Mélange	Identifi- cation du réservoir	Analyses du fabricant des mélanges de gaz d'étalonnage				
		SO ₂ (ppm)	NO (ppm)	CO (ppm)	O ₂ (ppm)	Gaz porteur*

* Identification du gaz porteur dans le mélange.

Étalonnage du système de surveillance des émissions

Il faut des protocoles d'étalonnage efficaces et des gaz d'étalonnage précis pour que le système de surveillance des émissions génère des données valides. Si les techniques d'étalonnage du système sont inefficaces ou que l'on utilise des gaz de moindre qualité, on se retrouve avec des données d'émission de faible qualité.

L'acceptabilité de ces données sera évaluée cas par cas.

Introduire les gaz d'étalonnage à un point permettant de valider la totalité du système de surveillance des émissions. Habituellement, ce point est situé à la jonction de la sortie de la sonde et de la conduite d'échantillon chaud dans un système à extraction. Si l'on utilise un système d'échantillonnage en cheminée ou à dilution dynamique à couplage direct, il faut introduire les gaz d'étalonnage avant l'étape de dilution. Les données d'émission générées par un système étalonné par l'introduction des gaz d'étalonnage du zéro et d'étalonnage de l'étendue directement à l'entrée des analyseurs ne seront jugées adéquates en aucun cas.

Veiller à ce que les gaz d'étalonnage soient introduits de telle manière que les paramètres essentiels d'exploitation du système, par exemple le débit de l'échantillon, la température et la pression, demeurent aux mêmes valeurs que celles utilisées pendant l'échantillonnage de la source d'émission.

Le protocole d'étalonnage recommandé consiste à introduire les gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue sur un raccord en «T» au point choisi du système de surveillance des émissions. Le débit du gaz d'étalonnage est fixé à une valeur suffisante pour répondre aux exigences de débit du système de surveillance des émissions, avec un léger excédent de gaz qui s'écoule dans la canalisation ou la cheminée par la sonde.

L'étalonnage des systèmes de surveillance des émissions dans lesquels des solénoïdes ou des soupapes isolent le système des gaz de cheminée doit être exécuté avec grand soin dans des conditions identiques à celles rencontrées pendant les essais. En pareils cas, le débit des gaz d'étalonnage doit être identique au débit normal rencontré pendant l'échantillonnage de la source.

Section 8

Protocoles d'essai

Préparer le matériel de surveillance des émissions et réchauffer le système selon les recommandations du fabricant.

Veiller à ce que les paramètres de fonctionnement de la source d'émission soient stables à la charge choisie. La stabilité de la source d'émission peut être établie d'après les conseils des opérateurs de la source et un examen de la stabilité des données de concentration immédiatement avant l'essai. Les paramètres de fonctionnement de la source d'émission doivent être surveillés pendant la durée de chaque essai en charge. Si un paramètre essentiel change de façon appréciable au cours d'un essai en charge, les données d'essai doivent être éliminées et on doit faire un nouvel essai lorsque tous les paramètres sont stables. Rejeter les résultats d'essai si les concentrations de gaz varient de manière à faire douter de la stabilité de la source d'émission ou du système de surveillance des émissions.

Suivre les instructions données aux sections 8.1, 8.2 et 8.3 concernant les activités spécifiques à exécuter avant, pendant et après chaque essai en charge.

Si le profil des concentrations gazeuses de la source d'émission mesuré à l'aide des procédures mentionnées à l'Annexe 2 indique que le degré de stratification dépasse la valeur maximale acceptable ou si la source n'a pas fait l'objet d'essai à l'égard du profil de concentration gazeuse, recourir aux procédures d'échantillonnage suivantes. Au lieu de procéder à l'échantillonnage à un seul point du conduit, l'échantillon doit être extrait de trois points spécifiques, à 16,7 %, 50 % et 83,3 % du diamètre de la conduite. La durée totale d'échantillonnage doit demeurer celle indiquée au règlement ou à ligne directrice applicable et la

durée d'échantillonnage doit être subdivisée également entre les trois points.

À la fin de chaque essai en charge, calculer les concentrations gazeuses moyennes et la concentration de gaz compensée par l'oxygène (à 15 % d'oxygène) en suivant les instructions données à la section 9.

À la fin de l'ensemble du programme d'essai, remplir les divers documents mentionnés à la section 10 qui feront partie du rapport sur la source d'émission. Si on a utilisé un enregistreur graphique comme dispositif d'enregistrement des données, ajouter au rapport d'essai un exemplaire lisible du graphique annoté produit par l'enregistreur et y indiquer les réponses de l'analyseur. Si on utilise un système numérique d'enregistrement des données, inclure un exemplaire des données. Les données d'étalonnage doivent être clairement indiquées sur le graphique de l'enregistreur ou la copie des données du système numérique d'enregistrement.

8.1 Étalonnage avant essai

Vérifier l'étalonnage de tous les analyseurs du système immédiatement avant chaque essai en charge à l'aide des gaz d'étalonnage du zéro et de l'étalonnage de l'étendue spécifiés aux sections 6.1 et 6.2, en suivant les procédures énoncées à la section 7. Ajuster les commandes du zéro et de l'étendue des analyseurs afin de régler leurs sorties aux concentrations appropriées ou aux réglages pratiques affichés par le ou les périphériques d'acquisition des données. Veiller à laisser passer suffisamment de temps pour que la réponse de chaque analyseur se stabilise avant d'apporter quelque réglage. Identifier chaque gaz d'étalonnage et le délai approprié sur le graphique de l'enregistreur ou

sur l'imprimé informatique, si on utilise un système d'acquisition numérique ou un enregistreur de données. Inscrive les données d'étalonnage avant essai sur la fiche de données d'essai (Figure 2).

Pour l'étalonnage du système de surveillance en continu des émissions muni d'un enregistreur numérique, il est essentiel de prévoir un délai suffisant pour que la ou les réponses de l'analyseur se stabilisent et que le système d'enregistrement stocke un ensemble précis de données sur la période de calcul de la moyenne sélectionnée. En pareil cas, il serait avantageux de penser à stocker les balayages individuels, car cela permet d'utiliser des temps d'étalonnage plus courts.

8.2 Essai

Commencer l'échantillonnage des gaz de combustion à partir de la turbine ou du moteur à mouvement alternatif. Laisser les concentrations indiquées se stabiliser pendant plusieurs minutes avant de commencer l'essai en charge. Chaque essai en charge doit durer de 30 à 60 minutes ou le délai précisé dans le règlement ou la ligne directrice qui s'applique. Au cours d'un essai en charge, vérifier si les concentrations de toutes les espèces contrôlées n'indiquent pas quelque écart ou tendance laissant penser à une instabilité soit de la source d'émission, soit du système de surveillance des émissions.

Surveiller tous les paramètres du système de surveillance des émissions au cours d'un essai en charge afin de vérifier qu'elles demeurent stables. Maintenir les réglages du système de surveillance des émissions aux valeurs utilisées au cours de l'étalonnage et prendre note de tout ajustement important apporté pendant un essai en charge, ainsi que des délais correspondants sur le graphique de l'enregistreur ou l'imprimé des données de concentration.

Contrôler les paramètres de fonctionnement de la source d'émission au cours de l'essai en charge. Si un ou plusieurs paramètres changent par une valeur qui peut indiquer l'instabilité de la source, rejeter les données d'essai et recommencer les tests lorsque la source est devenue stable.

Pour prélever un échantillon dans une conduite où le profil de concentration des gaz a été désigné comme stratifié ou si le degré de stratification de la concentration des gaz n'a pas été précisé, prélever des échantillons à chacun des trois points désignés le long de la conduite pour une durée égale, de sorte que la durée totale de l'essai corresponde à 30 ou 60 minutes ou au délai indiqué dans le règlement ou la ligne directrice qui s'applique.

8.3 Étalonnage après essai

Après chaque essai en charge, vérifier l'étalonnage du système de surveillance des émissions en suivant les mêmes procédures et en utilisant les mêmes gaz que pendant l'étalonnage préliminaire (section 8.1), à l'exception que les réponses de l'analyseur n'ont pas à être corrigées. Vérifier si le système d'enregistrement des données a stocké la ou les concentrations indiquées du gaz d'étalonnage pour la période de calcul de la moyenne sélectionnée.

Si on le désire, l'étalonnage après un essai en charge peut servir d'étalonnage préliminaire pour un essai en charge subséquent. S'assurer que le système d'enregistrement des données a stocké les données de concentration d'étalonnage après essai avant d'apporter des ajustements à l'analyseur.

Inscrive les données d'étalonnage après essai sur la fiche de données d'essai (Figure 2) et calcule les dérives du zéro et de l'étendue. Les dérives du zéro et de l'étendue ne doivent pas dépasser 2 % GR et 5 % GR respectivement au cours de chaque essai en charge.

Figure 2 – Fiche des données d'essai

Installation _____

Lieu _____

Identification de
la turbine _____

Date et heure
de l'essai _____

Données de dérive du zéro et de l'étendue

Gaz	Zéro/étendue avant essai (ppm, %)	Zéro/étendue après essai (ppm, %)	Dérives zéro/étendue (% GR)
NO _x			
SO ₂			
CO			
O ₂			

Données de concentration des gaz

Gaz	Concentration en cheminée	Concentration à 15% O ₂
NO _x	ppm	ppm
SO ₂	ppm	ppm
CO	ppm	ppm
O ₂	%	S.O.

Section 9

Calculs

Calculer la concentration moyenne pour chaque essai en charge à l'égard de toutes les espèces mesurées. Inscrive les concentrations sur la fiche des données d'essai (Figure 2).

Calculer les concentrations moyennes de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et d'anhydride sulfureux compensées à 15 % d'oxygène à l'aide de l'équation 1. Inscrive ces concentrations sur la fiche des données d'essai (Figure 2).

où :

$C_{15\%}$ = concentration moyenne à 15 % d'oxygène (ppm, v/v)

C_{moy} = concentration moyenne à la concentration d'oxygène de la cheminée (ppm, v/v)

$\%O_2$ = concentration moyenne d'oxygène dans la cheminée (% , v/v)

$$C_{15\%} = C_{moy} \times \left(\frac{5,9}{20,9 - \%O_2} \right) \quad \text{Équation 1}$$

Section 10

Rapport

Le rapport complet d'essai pour chaque source d'émission se compose du document suivant :

- (a) Diagramme du système de surveillance des émissions, où sont clairement indiqués chacun des éléments. Le point où les gaz d'étalonnage sont introduits dans le système doit être clairement indiqué sur le diagramme.

Identifier tous les analyseurs sur une feuille distincte, en indiquant le nom du fabricant, le modèle et le numéro de série et le principe de détection en jeu.
- (b) Jeu de fiches remplies d'homologation du système de surveillance des émissions (Annexe 1).
- (c) Exemple rempli de la fiche de données des gaz d'étalonnage (Figure 1) — joindre à la Figure 1 une copie de la fiche de l'analyse du fabricant pour chaque étalon gazométrique.
- (d) Exemple rempli de la fiche des données d'essai pour chaque essai en charge (Figure 2).
- (e) Exemple rempli de la fiche des données sur le profil de concentration des gaz, s'il y a lieu (Annexe 2).
- (f) Ensemble de tracés d'enregistreur graphique ou d'imprimés de données stockées numériquement, complets, pour chaque essai en charge et annotés en indiquant les réglages avant essai et après essai et ceux du système de surveillance. Les données d'essai peuvent être fournies sur disquette, sous un format acceptable.

Si cela convient à l'organisme de réglementation concerné, l'ensemble du rapport peut être présenté sur disquette, sous un format acceptable.

Annexe 1

Protocoles et spécifications pour l'homologation du rendement du système de surveillance des émissions

Les essais qui figurent à la présente annexe servent à vérifier si le système de surveillance peut générer des données d'émission exactes. Cette marche à suivre doit être exécutée avant l'utilisation du système pour la surveillance des émissions et à des intervalles précisés dans la méthode. Ces essais sont utilisés en plus des vérifications et essais exécutés au cours des programmes spécifiques de surveillance des émissions.

Les **procédures d'étalonnage du système** données dans cette annexe servent pour les modalités d'essai spécifiques qui suivent.

Les protocoles d'établissement des paramètres suivants et les limites respectives d'acceptation sont également décrites dans cette annexe :

- Dérives du zéro et de l'étendue
- Réponse de l'interférence
- Biais
- Linéarité

Si un système d'acquisition de données fait partie du système, les données de concentration utilisées pour calculer les divers paramètres doivent être prises de ce système et non de l'imprimé ou de l'afficheur de l'analyseur. Ainsi, c'est l'ensemble du système qui fait l'objet de l'essai et non ses composantes individuelles. Les exceptions à cette règle doivent être signalées.

Si l'un de ces paramètres dépasse les valeurs autorisées, il faut trouver et corriger la source du problème dans le système de surveillance des émissions avant d'utiliser ce dernier pour évaluer les émissions. À défaut de corriger le problème,

on recueillera des données erronées ce qui nécessitera un nouvel essai sur la source.

Les gaz utilisés pour effectuer les divers essais qui ont été décrits ont reçu les étiquettes zéro, intermédiaire et supérieure et les concentrations de gaz doivent se situer dans les limites indiquées ci-après. Les concentrations sont données en tant que pourcentage du réglage en grandeur réelle (GR) pour chaque analyseur du système de surveillance.

- Zéro : 0 % GR
- Intermédiaire : 40 à 60 % GR
- Supérieure : 80 à 95 % GR

Procédures d'étalonnage du système

Laisser le système se réchauffer selon les recommandations du fabricant. Fixer les paramètres d'exploitation aux réglages à maintenir pendant les essais de surveillance des émissions. Fixer le matériel d'étalonnage du système au bout de la sonde, brancher ensuite le cylindre de gaz d'étalonnage du zéro et régler le débit de gaz à un léger excédent qui s'écoulera dans l'atmosphère. L'excès peut varier selon le système, mais une valeur nominale d'environ 1 litre la minute est habituelle. Laisser les réponses des analyseurs se stabiliser et régler ensuite la commande du zéro de chaque analyseur du système si nécessaire.

Brancher un cylindre de gaz d'étalonnage de l'étendue supérieure de l'anhydride sulfureux et régler le débit à un léger excédent à l'extrémité de la sonde tel indiqué précédemment. Laisser la réponse de l'analyseur d'anhydride sulfureux se

stabiliser, ensuite, au besoin, régler la commande d'étendue de l'analyseur à la concentration appropriée de gaz d'étalonnage de l'étendue selon les indications de la sortie du système d'acquisition de données.

Reprendre les mêmes procédures pour les analyseurs de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et d'oxygène.

Dérives du zéro et de l'étendue

Produits : Gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure pour l'anhydride sulfureux, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et l'oxygène. Si on le désire, au lieu de gaz individuels, on peut utiliser un gaz multimélange contenant du monoxyde de carbone, de l'anhydride sulfureux et les oxydes d'azote (azote comme vecteur).

Mode opératoire : Laisser le système se réchauffer selon les recommandations du fabricant. Étalonner le système de surveillance des émissions en suivant les procédures décrites à la section **Procédures d'étalonnage du système** de la présente annexe.

Débrancher le matériel d'étalonnage et laisser le système aspirer l'air ambiant pendant 1 heure. Après cela, rebrancher le matériel d'étalonnage à l'extrémité de la sonde. En utilisant les mêmes gaz que ceux qui ont servi initialement à l'étalonnage du système, vérifier la réponse du système au gaz d'étalonnage du zéro et de la plage supérieure, en laissant suffisamment de temps pour que la réponse de chaque analyseur du système se stabilise avant de prendre note des réponses. Inscire les réponses de chaque analyseur du système aux gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue sur la fiche de données de dérive reproduite à la présente annexe.

Calculer les dérives du zéro et de l'étendue pour chaque espèce de gaz à l'aide des équations

données à la fiche des données de dérive. Les dérives du zéro et de l'étendue pour chaque analyseur ne doivent pas dépasser 2 % et 5 % respectivement du réglage GR. Les dérives dépassant ces valeurs sont preuves d'un rendement insatisfaisant du système, dont il faut trouver et corriger la cause avant d'utiliser l'appareil pour surveiller les émissions.

Interférences

Produits : Gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure pour chaque espèce de gaz de la façon indiquée ci-après :

- SO₂ (sans NO ni CO)
- NO (sans SO₂ ni CO)
- CO (sans SO₂ ni NO)

Mode opératoire : Laisser le système se réchauffer selon les recommandations du fabricant. Étalonner le système à l'aide des procédures décrites à la section **Procédures d'étalonnage du système** de la présente annexe.

Brancher le matériel d'étalonnage et ensuite, raccorder le cylindre de gaz d'étalonnage de l'étendue de l'anhydride sulfureux spécifié et régler le débit de gaz à un léger excédent. Laisser les réponses de tous les analyseurs du système se stabiliser et ensuite, prendre note des réponses des analyseurs d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et d'oxygène sur la fiche des données d'interférence. Établir les réponses de tous les analyseurs au gaz d'étalonnage du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote à l'aide des mêmes procédures. Calculer l'interférence à l'aide de l'équation donnée à la fiche des données d'interférence.

L'interférence **totale** maximale acceptable sur la concentration indiquée par chaque analyseur est 2 % GR. Si l'interférence dépasse cette valeur, cela indique un rendement insatisfaisant du

système, dont il faut trouver et corriger la cause avant de pouvoir l'utiliser pour surveiller les émissions.

Biais du système

Produits : Gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure pour chaque analyseur.

Mode opératoire : Laisser le système se réchauffer selon les recommandations du fabricant. Calibrer chaque analyseur du système individuellement en amenant le gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue approprié **directement à la prise d'entrée** de chaque analyseur, en utilisant le même débit pour chaque analyseur que pendant les activités normales de surveillance.

Si le système de surveillance contient un module de conditionnement éliminant la vapeur d'eau par une méthode de condensation, ajouter au purgeur de vapeur d'eau approximativement le même volume d'eau que celui qui s'accumulerait pendant le fonctionnement normal. Si le purgeur est vidé automatiquement par une pompe, il n'est pas nécessaire d'ajouter l'eau.

Raccorder le matériel d'étalonnage à l'extrémité de la sonde et ensuite, introduire tour à tour chaque gaz d'étalonnage de l'étendue supérieure en veillant à conserver un léger débit excédentaire de gaz. Laisser la réponse de chaque analyseur se stabiliser et ensuite, prendre note de la concentration indiquée par l'analyseur approprié sur la fiche de données des biais du système. Calculer les biais à l'aide de l'équation sur la fiche de données des biais du système.

Le biais maximal acceptable est de 1 % GR pour le monoxyde de carbone, l'oxygène et les oxydes d'azote et de 2 % GR pour l'anhydride sulfureux. Le biais dépassant ces valeurs indique un rendement insatisfaisant du système, qu'il faut corriger avant que le système puisse servir à surveiller les émissions.

Linéarité

Produits : Gaz d'étalonnage du zéro et des étendues intermédiaire et supérieure pour chaque analyseur de gaz.

Mode opératoire : Laisser le système se réchauffer selon les recommandations du fabricant. Étalonner le système en suivant les modalités présentées à la section **Procédures d'étalonnage du système** de la présente annexe.

Brancher le matériel d'étalonnage à l'extrémité de la sonde et ensuite, introduire tour à tour les gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire. Laisser la réponse de chaque analyseur spécifique se stabiliser, et ensuite, prendre note des réponses pour les gaz des étendues intermédiaires sur la fiche de données de linéarité. Calculer l'écart de chaque analyseur par rapport à la linéarité idéale à l'aide de l'équation donnée à la fiche de données de linéarité.

L'écart maximal de chaque analyseur à l'étendue intermédiaire ne doit pas dépasser 2 % GR. Tout écart excédentaire à cette valeur indique un rendement insatisfaisant du système, qu'il faut corriger avant de l'utiliser pour la surveillance des émissions.

Fiche des données de dérive

Mode opératoire

- Étalonner chaque analyseur du système à l'aide des gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure.
- Laisser le système aspirer l'air ambiant pendant 1 heure.
- Introduire les gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure et prendre note de la réponse à chaque gaz.
- Inscire les données dans le tableau qui suit.
- Calculer la dérive du zéro pour chaque analyseur à l'aide de l'équation A-1.
- Calculer la dérive de l'étendue pour chaque analyseur à l'aide de l'équation A-2.

Les dérives du zéro et de l'étendue pour chaque analyseur ne doivent pas dépasser 2 % et 5 % GR respectivement.

Données de dérive du zéro et de l'étendue

Fonctions	Temps	Paramètre	NO _x	SO ₂	CO	O ₂
Valeurs initiales		zéro étendue	ppm ppm	ppm ppm	ppm ppm	% %
Valeurs finales		zéro étendue	ppm ppm	ppm ppm	ppm ppm	% %
Réglage GR	S.O.	S.O.	ppm	ppm	ppm	%
Dérives	S.O. S.O.	zéro étendue	% GR % GR	% GR % GR	% GR % GR	% GR % GR

Calculs

$$D_z = \frac{|Z_i - Z_f|}{GR} \times 100 \quad \text{Équation A-1}$$

$$D_s = \frac{|S_i - S_f|}{GR} \times 100 \quad \text{Équation A-2}$$

où :

D_z = dérive du zéro (% GR)

D_s = dérive de l'étendue (% GR)

Z_i = réglage initial du zéro (ppm ou %, v/v)

Z_f = réponse finale au gaz d'étalonnage du zéro (ppm ou %, v/v)

S_i = réglage initial de l'étendue (ppm ou %, v/v)

S_f = réponse finale au gaz d'étalonnage de l'étendue (ppm ou %, v/v)

GR = réglage grandeur réelle de l'analyseur (ppm ou %, v/v)

Fiche des données d'interférence

Mode opératoire

- Étalonner chaque analyseur du système à l'aide des gaz appropriés d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure introduits au point d'étalonnage du système.
- Introduire chaque gaz d'étalonnage et d'étendue supérieure tour à tour dans le point d'étalonnage du système et inscrire la réponse de chaque analyseur à chaque gaz, y compris l'analyseur du gaz cible (cellules ombrées du tableau).
- Inscrire les données dans le tableau qui suit.
- Calculer la somme des interférences de chaque gaz sur les autres analyseurs à l'aide de l'équation A-3.
- Introduire les interférences résultantes dans le tableau qui suit.

L'interférence totale acceptable par les autres gaz sur tout analyseur est de 2 % GR.

Tableau des données d'interférence

Analyseur	Grandeur réelle (ppm, %)	Réponse de l'analyseur aux gaz ci-dessous			
		NO _x	SO ₂	CO	O ₂
NO _x		ppm	ppm	ppm	ppm
SO ₂		ppm	ppm	ppm	ppm
CO		ppm	ppm	ppm	ppm
O ₂		%	%	%	%

Nota : Les entrées ombrées doivent être les concentrations étiquetées des gaz d'essai.

Calculs

$$I = \frac{\sum C_i}{GR} \times 100 \quad \text{Équation A-3}$$

où :

- I = interférence totale des autres espèces sur la réponse de l'analyseur (% GR)
 C_i = réponse de l'analyseur à chaque espèce non mesurée par l'analyseur (ppm ou %, v/v)
 GR = réglage grandeur réelle de l'analyseur (ppm ou %, v/v)

Fiche des données de biais du système

Mode opératoire

- Étalonner chaque analyseur en introduisant directement les gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure à la prise d'entrée de chaque analyseur.
- Si le système de conditionnement comporte un système d'élimination de l'eau par refroidisseur, introduire un volume nominal d'eau liquide dans le purgeur de vapeur d'eau.
- Introduire le gaz d'étalonnage de l'étendue supérieure au point d'étalonnage du système et prendre note de la réponse de l'analyseur pour le gaz introduit.
- Inscire les données dans le tableau qui suit.
- Calculer le biais pour chaque analyseur à l'aide l'équation A-4.
- Inscire les biais calculés dans le tableau qui suit.

Le biais maximal acceptable est de 2 % GR pour SO₂ et de 1 % GR pour les autres gaz.

Tableau des données de biais du système

Analyseur	Réglage GR	Réponse au gaz d'étalonnage à la prise d'entrée (ppm/%)	Concentration du gaz d'étalonnage (ppm/%)	Biais (% GR)
NO _x	ppm	ppm	ppm	
SO ₂	ppm	ppm	ppm	
CO	ppm	ppm	ppm	
O ₂	%	%	%	

Calculs

$$B = \frac{|C_i - C_s|}{GR} \times 100 \quad \text{Équation A-4}$$

où :

B = biais du système (% GR)

C_i = concentration indiquée du gaz d'étalonnage de l'étendue supérieure introduit à la prise d'entrée de l'analyseur (ppm ou %, v/v)

C_s = concentration de gaz d'étalonnage de l'étendue supérieure (ppm ou %, v/v)

GR = réglage grandeur réelle (ppm ou %, v/v)

Fiche des données de linéarité

Mode opératoire

- Étalonner chaque analyseur du système à l'aide des gaz appropriés d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure.
- Introduire tour à tour chaque gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire dans le système.
- Prendre note des réponses de l'analyseur approprié au gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire et inscrire la valeur dans le tableau qui suit.
- Calculer la linéarité de chaque analyseur à l'aide de l'équation A-5 et inscrire cette valeur dans le tableau qui suit.

Tous les analyseurs du système doivent atteindre une linéarité de l'étendue intermédiaire de 2 % GR ou moins.

Tableau des données de linéarité

Analyseur	GR (ppm/%)	Réponse au gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire (ppm/%)	Concentration des gaz à l'étendue supérieure (ppm/%)	Linéarité (% GR)
NO _x	ppm	ppm	ppm	
SO ₂	ppm	ppm	ppm	
CO	ppm	ppm	ppm	
O ₂	%	%	%	

Calculs

$$L = \frac{|C_t - C_i|}{GR} \times 100 \quad \text{Équation A-5}$$

où :

- L = écart de la linéarité du gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire (ppm ou %, v/v)
 C_t = concentration réelle du gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire (ppm ou %, v/v)
 C_i = concentration indiquée du gaz d'étalonnage de l'étendue intermédiaire (ppm ou %, v/v)
 GR = réglage grandeur réelle (ppm ou %, v/v)

Annexe 2

Protocoles et spécifications de détermination du degré de stratification des concentrations gazeuses dans un conduit

La stratification des concentrations des gaz est une situation dans laquelle la concentration de un ou de plusieurs gaz varie selon leur position transversale dans un conduit ou une cheminée. Si le débit gazeux est stratifié, cela complique le processus d'extraction d'un échantillon représentatif de gaz de combustion. Par ailleurs, l'absence de concentrations stratifiées dans un conduit permet l'extraction d'un échantillon représentatif du débit de gaz en un seul point quel qu'il soit de la veine gazeuse.

Les modalités décrites ici servent à préciser le degré de stratification des concentrations de gaz dans un conduit ou une cheminée. Si les valeurs résultantes dépassent 10 %, le débit est stratifié et il faut trouver un autre point d'échantillonnage.

Le degré de stratification se calcule en tant que pourcentage de la concentration gazeuse moyenne mesurée. Par conséquent, l'exactitude des données de concentration des gaz n'a pas à être forte, pourvu que la précision soit raisonnable. Le résultat est que l'on peut utiliser dans cet essai une gamme variée d'appareils. À titre d'exemple, on peut recourir à des appareils portatifs autonomes de surveillance des gaz ou à des systèmes courants de surveillance des gaz. Tout filtre à particules dans une cheminée doit être de moins de 10 cm de long pour traverser la stratification.

Mode opératoire

Installer le matériel de surveillance des gaz et permettre au système et aux éléments individuels d'atteindre leur température théorique de fonctionnement. Vérifier la réponse du système

de surveillance aux gaz d'étalonnage du zéro et de l'étendue pour chaque espèce à l'aide des gaz comprimés appropriés introduits au point d'étalonnage du système et régler la réponse de chaque analyseur à la concentration de chaque gaz respectif d'étalonnage de l'étendue.

Mesurer et marquer neuf points équidistants sur la sonde d'échantillonnage, les distances entre deux points adjacents et entre la paroi du conduit et le point le plus proche étant égales. Vérifier, si le conduit mesure 100 cm de paroi à paroi, la distance entre deux points d'échantillonnage ou entre la paroi et le point le plus proche sera de 100/10 ou 10 cm. Ne pas mesurer la concentration à un point plus proche que 7,5 cm d'une paroi.

La technique dépend de la stabilité du profil de concentrations; ainsi, il est essentiel que la source d'émission soit très stable sur la durée de l'essai.

Positionner la sonde d'échantillonnage au premier point et commencer l'échantillonnage. Laisser la réponse de toutes les espèces mesurées se stabiliser et ensuite, prendre note des concentrations indiquées. Repositionner rapidement la sonde au point suivant et répéter les mesures. Continuer jusqu'à ce que les concentrations des gaz cibles aient été mesurées à l'ensemble des neuf points. Veiller à réduire le débit d'air d'infiltration pénétrant dans le conduit lorsque vous mesurez les concentrations les plus proches de l'entrée.

Calculer la concentration moyenne de chaque espèce mesurée et ensuite, s'assurer que la concentration de chaque espèce à chaque point

ne dépasse pas 10 % de la concentration moyenne pour cette espèce. Si un point diffère de la moyenne par plus de 10 %, le profil de concentration pour cette espèce est considéré

comme stratifié. Si l'on constate que la source n'était pas stable pendant l'essai, il faut répéter les mesures du profil des concentrations des gaz.

Fiche des données du profil des concentrations gazeuses

Mode opératoire

- Étalonner le système à l'aide des gaz appropriés d'étalonnage du zéro et de l'étendue supérieure.
- Marquer neuf points équidistants sur une sonde faisant le diamètre du conduit, aucun point n'étant à moins de 7,5 cm d'une paroi du conduit.
- Mesurer rapidement la concentration de chaque espèce de gaz à chaque point.
- Indiquer les données dans le tableau qui suit.
- Calculer la concentration moyenne et la plage acceptable pour chaque gaz.

Toutes les concentrations d'une espèce doivent être en deçà de 10 % de la concentration moyenne.

Fiche des données du profil des concentrations gazeuses

N° du Point	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)	O ₂ (ppm)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
Concentration moyenne				
Plage acceptable (moyenne ± 10%)				