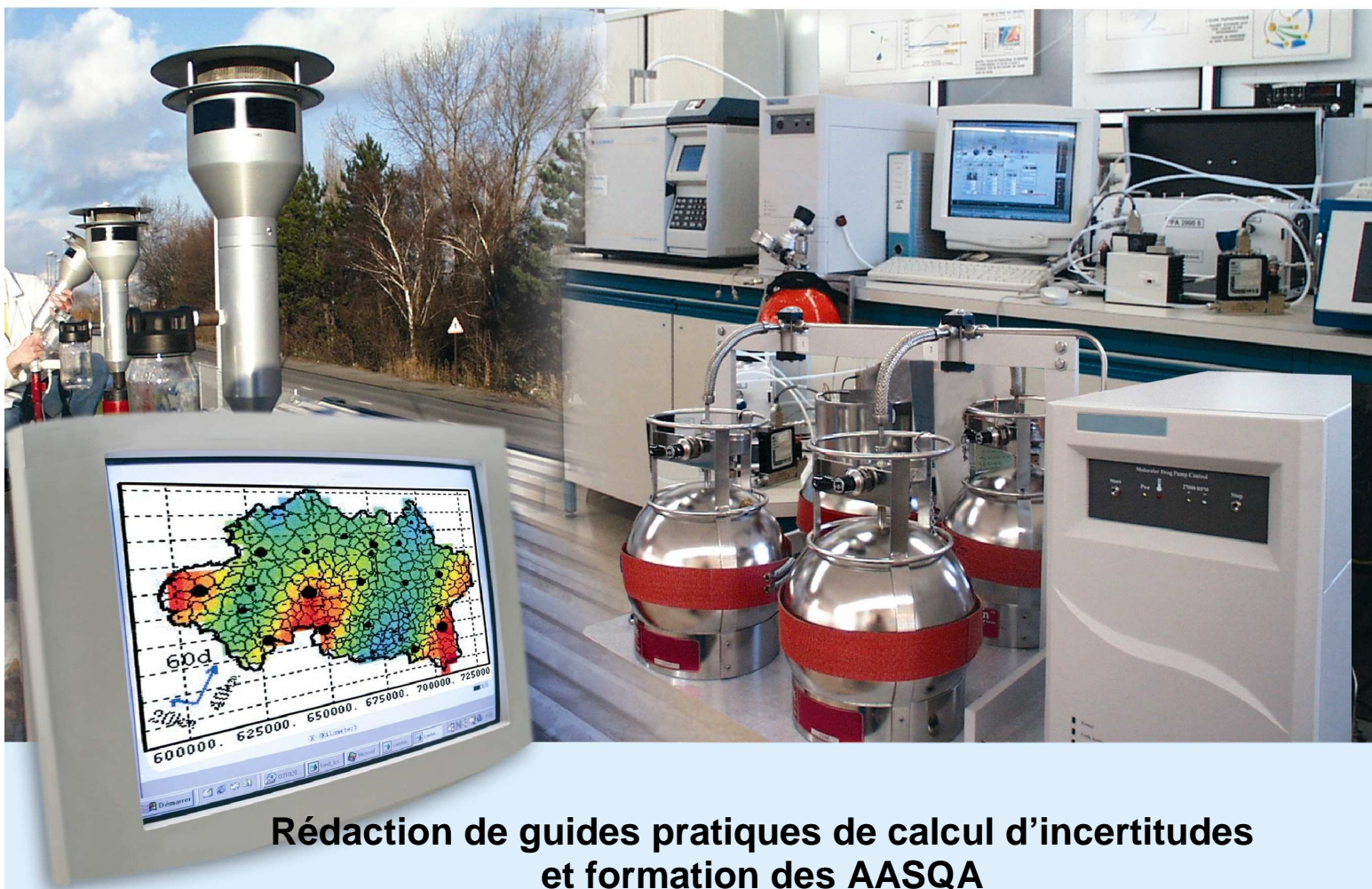




## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



**Rédaction de guides pratiques de calcul d'incertitudes  
et formation des AASQA**

**Recommandations techniques pour la mise en œuvre  
de la partie 2 du guide d'estimation des incertitudes  
portant sur les mesurages automatiques  
de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site**

**(Rapport 5/5)**

NOVEMBRE 2009 – VERSION FINALE

*Tatiana Macé, Cécile Raventos,  
François Mathé*



**LNE**

Le progrès, une passion à partager



## PREAMBULE

### **Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air**

**Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, sous la coordination technique de l'ADEME et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction Générale de l'énergie et du climat du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique aux AASQA.**

**L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.**

**LABORATOIRE NATIONAL DE METROLOGIE  
ET D'ESSAIS**

**POLE Chimie et Biologie**

**Recommandations techniques pour la mise en œuvre  
de la partie 2 du guide d'estimation des incertitudes  
portant sur les mesurages automatiques  
de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site**

**Tatiana MACE**

**Convention : 0005981**

**Novembre 2009**

**ECOLE DES MINES DE DOUAI**  
**DEPARTEMENT CHIMIE ET ENVIRONNEMENT**

**Recommandations techniques pour la mise en œuvre  
de la partie 2 du guide d'estimation des incertitudes  
portant sur les mesurages automatiques  
de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site**

**François MATHE**

**Convention : 0005987**

**Novembre 2009**

**INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL  
ET DES RISQUES**

**DIRECTION DES RISQUES CHRONIQUES**

**Unités**

**Chimie, métrologie, essais  
et Sources et Emissions**

**Recommandations techniques pour la mise en œuvre  
de la partie 2 du guide d'estimation des incertitudes  
portant sur les mesurages automatiques  
de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site**

**Cécile RAVENTOS**

**Programme 2009  
DRC-10-103321-00122A**

**Novembre 2009**

## **SOMMAIRE**

1. OBJECTIF .....	2
2. INCERTITUDE DUE AU PRELEVEMENT.....	2
2.1. Mode opératoire.....	2
2.2. Traitement statistique des résultats.....	3
3. INCERTITUDE DUE A LA CHAINE D'ETALONNAGE .....	3
3.1. Mode opératoire.....	3
3.2. Traitement statistique des résultats.....	4
4. INCERTITUDE DUE AUX CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES DES ANALYSEURS DE STATION.....	5
4.1. Incertitude de répétabilité .....	5
4.2. Incertitude de derive .....	6
4.3. Incertitude de linearité.....	7
4.4. Incertitude de reproductibilité sur site.....	8
4.5. Incertitude due aux paramètres physiques.....	9
4.6. Incertitude due aux interférents.....	10
5. INCERTITUDE DUE AU TRAITEMENT ET A L'ACQUISITION DES DONNEES.....	12
6. ESTIMATION DE L'INCERTITUDE ELARGIE ASSOCIEE A UNE CONCENTRATION MOYENNE TEMPORELLE .....	13
6.1. Incertitude due à une couverture temporelle incomplète ( $u_S^2(\overline{C_T})$ ) .....	14
6.2. Incertitude due au système de mesure ( $u_M^2(\overline{C_T})$ ) .....	15
7. EXEMPLES DE TABLEURS POUR ESTIMER LES INCERTITUDES .....	19
8. TABLEAUX RECAPITULATIFS DES CARACTERISTIQUES DE PERFORMANCE DES ANALYSEURS OBTENUES LORS DES CERTIFICATIONS DE TYPE .....	19

## 1. OBJECTIF

L'estimation des incertitudes sur les mesurages automatiques de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site fait l'objet d'un fascicule de documentation AFNOR FD X 43-070-2 – Qualité de l'air – Guide pratique d'utilisation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant – Partie 2 : Estimation des incertitudes de mesure sur les mesurages automatiques de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO réalisés sur site.

La démarche décrite dans le présent document, qui est basée sur les préconisations du GUM, a permis d'identifier les différentes contributions d'incertitude qu'il convient de combiner pour pouvoir estimer l'incertitude sur les mesurages de SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> et CO dans les stations de mesure des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

Ces contributions d'incertitude sont détaillées selon les 4 axes suivants :

- ✓ Prélèvement,
- ✓ Chaîne d'étalonnage,
- ✓ Caractéristiques métrologiques des analyseurs de station,
- ✓ Traitement et acquisition des données.

Les objectifs de ce document sont d'apporter des recommandations basées sur le retour d'expérience sur :

- ✓ les essais à effectuer pour obtenir les données nécessaires à l'estimation de l'incertitude sur ces différentes contributions (modes opératoires)
- ✓ le traitement statistique des données associées,
- ✓ les données à utiliser concernant les caractéristiques métrologiques des analyseurs (valeurs tirées des rapports d'approbation de type disponibles),
- ✓ des plages de variation des paramètres d'influence sur la mesure (exemple : tension électrique d'alimentation).

Ce document a été rédigé par un sous-groupe de travail composé d'AASQA (AIRPARIF, ATMO FC et ATMO PC) et du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) ; ce document a été ensuite validé dans le cadre du GT "Incertitudes".

NOTE Si un analyseur n'a pas fait l'objet d'une approbation de type ni d'une certification, certaines caractéristiques de performances peuvent ne pas être disponibles, ou avoir été évaluées selon des procédures de test différentes de celles décrites dans les référentiels normatifs en vigueur ce qui peut conduire à une différence de valeur.

## 2. INCERTITUDE DUE AU PRELEVEMENT

### 2.1. MODE OPERATOIRE

Afin d'évaluer l'influence de la ligne de prélèvement et celle du filtre, il est recommandé d'appliquer le mode opératoire suivant :

- ✓ Injection du gaz pour étalonnage en amont du porte-filtre avec le filtre usagé, puis en amont du porte-filtre sans filtre : le test porte sur l'influence du filtre qui ne doit pas dépasser 3%.

- ✓ Injection du gaz pour étalonnage en entrée du système de prélèvement puis à l'entrée de l'analyseur en amont du porte-filtre : le test porte sur l'influence de la ligne uniquement, qui doit être inférieure ou égale à 2% ; il convient que les injections soient effectuées dans les mêmes conditions (avec ou sans le filtre).

Lors de ce test, si la fuite est placée en entrée de ligne et non au plus proche de l'analyseur, cela présente l'avantage de tester en même temps l'effet de la perte de charge dans la ligne et les absorptions.

L'effet de la pression ne doit pas dépasser 1%. Cependant, on considère cet effet comme étant inclus dans l'incertitude de 2% liée à la ligne de prélèvement.

De plus, il est recommandé dans le cas des NO<sub>x</sub> d'effectuer les essais sur NO et NO<sub>2</sub> en donnant une priorité au NO<sub>2</sub>, puisque c'est le polluant réglementé.

NOTE Dans le cas de l'utilisation d'un collecteur (ou manifold), il est difficile de réaliser ces tests avec les moyens techniques actuellement disponibles dans les AASQA.

## 2.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES RESULTATS

Des écarts de concentration calculés à partir des mesurages obtenus comme décrit au §2.1. sont utilisés pour déterminer l'incertitude-type associée au prélèvement comme suit :

$$u(C_{\text{prélèvement}}) = \sqrt{\left(\frac{E_{\text{max,ligne}}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{\text{max,filtre}}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Avec :

$u(C_{\text{prélèvement}})$	l'incertitude-type due au prélèvement,
$E_{\text{max,ligne}}$	l'écart maximum de concentration lié aux pertes dans la ligne,
$E_{\text{max,filtre}}$	l'écart maximum de concentration lié aux pertes dues au filtre.

Les écarts maximums dans l'équation ci-dessus peuvent être remplacés par des erreurs maximales tolérées (EMT) fixées par l'utilisateur.

Outre les écarts de concentration qui peuvent être induits par une adsorption dans la ligne ou par des pertes de charge, l'annexe A des normes NF EN 14211 et NF EN 14625 donnent une procédure pour estimer l'augmentation potentielle de concentration en NO<sub>2</sub> et de perte en NO par réaction entre NO et O<sub>3</sub>.

Comme cité au §6.3 de la norme NF EN 14211 (2005), « afin d'éviter toute variation significative des concentrations en NO et en NO<sub>2</sub>, le temps de séjour dans le système de prélèvement, de la tête de prélèvement à l'entrée de l'analyseur, doit être inférieur à 5 s ». Il est donc admis que le respect des temps de résidence indiqués dans les normes permet de s'affranchir de ce calcul (conduisant à la quantification de l'augmentation de NO<sub>2</sub> et de la perte de NO).

## 3. INCERTITUDE DUE A LA CHAINE D'ETALONNAGE

### 3.1. MODE OPERATOIRE

L'analyseur est réglé en 2 points avec un gaz de zéro et un gaz de point échelle.



NOTE Lorsque l'analyseur d'oxydes d'azote est réglé avec une bouteille de gaz pour étalonnage de NO dont le gaz de complément est de l'azote, il peut être constaté un effet de matrice lors du mesurage de NO dans l'air ambiant. Il est préconisé de ne pas effectuer de correction sur la concentration. Cependant, l'incertitude liée à cet effet de matrice peut être prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude due à l'étalonnage. Cet aspect n'est pas évoqué dans la norme NF EN 14211.

### 3.2. TRAITEMENT STATISTIQUE DES RESULTATS

#### 3.2.1 Gaz de zéro

Grâce à l'expérience acquise, pour calculer l'incertitude sur la concentration  $C_0$  du gaz de zéro, il est recommandé de prendre :

- ✓ Une erreur maximale tolérée (EMT) de 2 nmol/mol pour les composés  $O_3$ , NO/NOx/NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub>,
- ✓ Une EMT de 0,2 µmol/mol pour le composé CO.

Ces EMT prennent notamment en compte l'incertitude due à la dérive de la concentration dans le temps.

L'incertitude sur la concentration  $C_0$  du gaz de zéro est calculée comme suit :

$$u(C_0) = \sqrt{\left(\frac{EMT}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Avec :

- $u(C_0)$  l'incertitude-type sur la concentration  $C_0$  du gaz de zéro,
- EMT l'erreur maximale tolérée.

#### 3.2.2 Gaz de point échelle

Pour le point d'échelle, il peut être utilisé soit des mélanges de gaz comprimés en bouteille, soit des systèmes dynamiques.

L'incertitude sur la concentration  $C_L$  du gaz de point échelle est liée à l'incertitude d'étalonnage et à l'incertitude de dérive dans le temps.

L'incertitude d'étalonnage est prise comme égale à la moyenne des incertitudes d'étalonnage sur une année.

Dans le cas des mélanges de gaz comprimés en bouteille, l'incertitude de dérive dans le temps peut être estimée en calculant les écarts de concentration entre 2 étalonnages successifs d'un même gaz étalon sur une même année et en prenant l'écart maximal, ce qui donne :

$$u_D = \sqrt{\left(\frac{E_{max}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Dans le cas des systèmes dynamiques, l'incertitude de dérive peut être évaluée comme ci-dessus.

Il est également possible de l'évaluer en calculant pour chaque système, l'écart-type de dispersion des concentrations obtenues sur un historique suffisant d'étalonnages successifs (8 valeurs successives permettent d'avoir une bonne estimation de la dispersion des valeurs).

Dans ce cas, il ne doit pas y avoir de modification de la configuration du système dynamique sur la période prise en compte. L'incertitude-type de dérive est prise égale à l'écart-type de dispersion maximum observé pour l'ensemble des systèmes dynamiques.

Il est possible de considérer l'ensemble du parc d'étalons de point d'échelle pour un polluant donné, en prenant en compte dans le budget d'incertitudes la valeur d'incertitude-type la plus élevée entre le parc de bouteilles et les systèmes dynamiques.

#### **4. INCERTITUDE DUE AUX CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES DES ANALYSEURS DE STATION**

Les notions de mesurage élémentaire et indépendant sont reprises dans les différents paragraphes ci-après.

Ces 2 points sont définis de la façon suivante :

- ✓ Un mesurage élémentaire est un mesurage moyen sur une période égale au temps de réponse de l'analyseur ;
- ✓ Un mesurage indépendant est un mesurage élémentaire qui n'est pas influencé par un mesurage précédent ; il est obtenu en séparant deux mesurages élémentaires par au moins quatre temps de réponse.

Les incertitudes-types doivent être exprimées en valeur absolue (nmol/mol ou  $\mu\text{mol/mol}$ ) ; si une incertitude-type est calculée à partir d'une caractéristique de performance exprimée en % de la concentration, il convient de la multiplier par le niveau de concentration auquel est calculée l'incertitude.

##### **4.1. INCERTITUDE DE REPETABILITE**

###### **4.1.1 Mode opératoire**

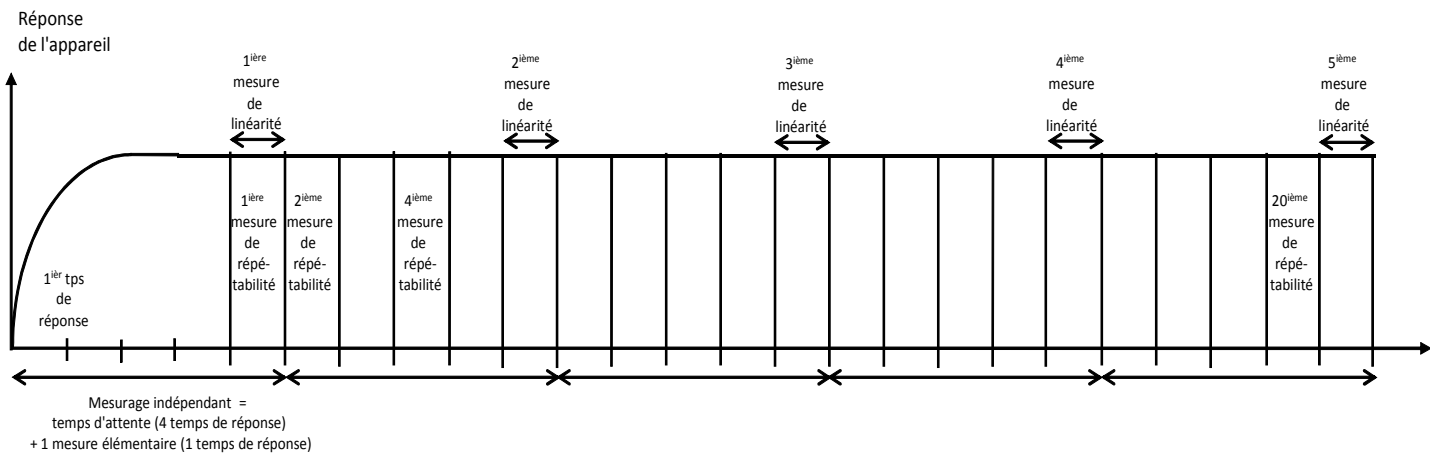
Un gaz de zéro et un gaz de point échelle sont injectés dans l'analyseur et 20 mesurages élémentaires sont effectués pour chacun d'eux, le premier étant précédé d'un temps d'attente égal à 4 fois le temps de réponse (cf. figure ci-après).

Ces essais peuvent être effectués sur site ou en laboratoire.

Il n'est pas forcément nécessaire de réaliser des essais spécifiques pour estimer l'incertitude-type de répétabilité. En effet, il est possible de l'estimer en exploitant les données de l'essai de linéarité : pour le test de linéarité, il est effectué à chaque niveau de concentration 5 mesurages indépendants<sup>1</sup>, ce qui équivaut à disposer de 21 mesurages élémentaires le premier étant précédé de 4 fois le temps de réponse. Il est à noter que l'exploitation du test de linéarité permet de disposer de l'écart-type de répétabilité à davantage de niveaux de concentration.

---

<sup>1</sup> soit pour chaque mesurage indépendant un temps d'attente équivalent à 4 temps de réponse et 1 mesurage équivalent à 1 temps de réponse, ce qui conduit au total à une durée d'essai de linéarité, par palier de concentration, équivalente à 25 temps de réponse



**Figure 1 :** Détermination de la répétabilité par exploitation des données de l'essai de linéarité pour un niveau de concentration

Par contre, les concentrations de test préconisées pour la linéarité ne comprennent pas toujours celle à laquelle doit être réalisé le test de répétabilité au point d'échelle. Dans ce cas, l'incertitude-type de répétabilité peut être calculée à la concentration s'en approchant le plus.

#### 4.1.2 Traitement statistique des résultats

L'incertitude-type de répétabilité est égale à l'écart-type des mesurages élémentaires.

La valeur de l'écart-type des mesurages élémentaires ne peut pas être inférieure à la résolution de l'appareil.

Dans un tel cas, l'incertitude-type de répétabilité doit être prise comme égale à  $\frac{Rés}{2\sqrt{3}}$ .

Il est par exemple possible de considérer l'ensemble du parc d'analyseurs pour un gaz donné, en prenant en compte dans le budget d'incertitudes la valeur d'écart-type relatif de répétabilité la plus élevée pour les différentes concentrations testées et parmi les modèles d'analyseurs utilisés.

## 4.2. INCERTITUDE DE DERIVE

### 4.2.1 Mode opératoire

La procédure consiste à exploiter les données des raccordements des analyseurs en station qui sont effectués avec des étalons de transfert 2 → 3.

De ce fait, la périodicité de contrôle de dérive est liée à la périodicité de réglage de l'analyseur.

A défaut d'historique, il peut être utilisé les valeurs de dérives issues des approbations de type (cf. tableaux au paragraphe 8).

### 4.2.2 Traitement statistique des résultats

L'incertitude de dérive dans le temps  $u(C_{Dérive})$  entre deux réglages et sans intervention sur l'analyseur entre ces deux réglages, peut être estimée :

- A partir du seuil d'invalidation des données ou d'intervention en station, comme suit :

$$u(C_{Dérive}) = \sqrt{\left(\frac{\text{Seuil}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

- A partir des écarts de concentration obtenus par exemple sur une année, entre la lecture de l'analyseur et la valeur du gaz pour étalonnage injecté lors de l'étalonnage périodique de l'appareil, avant son réglage, en considérant l'écart maximal selon l'équation suivante :

$$u(C_{Dérive}) = \sqrt{\left(\frac{E_{max}}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

- A partir des valeurs de dérives issues des approbations de type (cf. tableaux au paragraphe 8) comme indiqué ci-après :

$$u(C_{Dérive}) = \sqrt{\left(\frac{D}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

Avec :

D la dérive à zéro ou au point d'échelle issue de l'approbation de type.

Il est possible de considérer l'ensemble du parc d'analyseur pour un gaz donné, en prenant en compte dans le budget d'incertitudes la valeur du seuil, de l'écart maximum ou de la dérive qui est la plus élevée parmi les modèles d'analyseurs utilisés.

### 4.3. INCERTITUDE DE LINEARITE

#### 4.3.1 Mode opératoire

Dans le cas de la détermination de la linéarité lors de l'installation initiale, il est effectué 5 mesurages indépendants à 6 niveaux de concentration (80-40-0-60-20-95% de la valeur maximale de l'étendue de mesure). Dans le cas du contrôle de linéarité périodique, vérifiée sur le terrain ou en laboratoire, il est proposé par les normes de réaliser le test à 4 niveaux de concentration (0-60-20 et 95% de la valeur maximale de l'étendue de mesure).

#### 4.3.2 Traitement statistique des résultats

Les normes européennes NF EN 14211, NF EN 14212, NF EN 14625 et NF EN 14626 définissent l'écart de linéarité comme le résidu maximum entre les teneurs données par la droite de régression linéaire [teneurs mesurées – teneurs générées] et les teneurs lues.

Or, en utilisation habituelle, l'équation de cette droite de régression linéaire ne sert pas à corriger les valeurs mesurées. Calculer l'incertitude-type liée à l'écart de linéarité sur la base de ce résidu risque donc de minimiser sa valeur.

Il est préconisé de calculer l'incertitude-type liée à l'écart de linéarité en prenant comme résidu maximum  $x_{lin,max}$ , l'écart maximum relatif entre la teneur mesurée et la teneur générée, obtenu pour les niveaux de concentrations de tests autres que zéro. L'écart  $x_{lin,max}$  sera donc exprimé en % de la concentration à laquelle il a été mesuré.

Il est considéré qu'il y a une probabilité égale que l'écart de linéarité soit égal à une valeur de l'intervalle défini par  $[-x_{lin,max} ; + x_{lin,max}]$ . Il est donc appliqué une loi uniforme : l'écart maximum est alors divisé par  $\sqrt{3}$  pour calculer l'incertitude-type due à la linéarité.

Il est possible de considérer l'ensemble du parc d'analyseur pour un gaz donné, en prenant en compte dans le budget d'incertitudes la valeur d'écart de linéarité relatif la plus élevée parmi les modèles d'analyseurs utilisés.

NOTE L'écart de linéarité donné dans les rapports d'approbation de type correspond à l'écart par rapport à la régression linéaire. Lorsque les détails des résultats des tests sont disponibles dans les rapports d'approbation de type, l'écart de linéarité a été recalculé afin de donner, dans les tableaux 5, 6, 7 et 8 au paragraphe 8, l'écart de linéarité le plus élevé entre concentration mesurée et concentration de référence.

#### 4.4. INCERTITUDE DE REPRODUCTIBILITE SUR SITE

##### 4.4.1 Mode opératoire

Pour déterminer la reproductibilité des analyseurs sur site, deux analyseurs identiques (même fabricant et même modèle) sont installés sur un même site de telle sorte que la réponse de l'un n'influe pas sur la réponse de l'autre. Les essais doivent être effectués sur les typologies de sites suivants :

Mesurande	Typologie de site
O <sub>3</sub>	Fond ou rural
NO <sub>x</sub>	Proximité
CO	Proximité
SO <sub>2</sub>	Proximité

**Tableau 1 :** Sites sur lesquels doivent être effectués les essais de reproductibilité

##### 4.4.2 Traitement statistique des résultats

L'incertitude-type de reproductibilité est calculée à partir des écarts entre les valeurs simultanées mesurées par les 2 appareils dans l'air ambiant.

S'il n'a pas été effectué d'essai en AASQA, il convient d'utiliser les valeurs d'incertitudes-types données dans les rapports d'évaluation des appareils (cf. tableaux au paragraphe 8), ou à défaut le critère de performance des normes européennes (5 %).

Il est possible de considérer l'ensemble du parc d'analyseur pour un gaz donné, en prenant en compte dans le budget d'incertitudes la valeur de reproductibilité la plus élevée parmi les modèles d'analyseurs utilisés.

## 4.5. INCERTITUDE DUE AUX PARAMETRES PHYSIQUES

### 4.5.1 Mode opératoire

Les paramètres physiques ayant une influence sur la réponse de l'analyseur sont les suivants :

- ✓ la tension d'alimentation,
- ✓ la température environnante,
- ✓ la température et la pression du gaz.

Les essais consistent à faire varier chaque paramètre physique d'influence sur une plage prédéfinie afin de déterminer leur influence sur la réponse de l'analyseur.

Les tests sont effectués à zéro et en concentration ou seulement en concentration ; dans le calcul d'incertitude, c'est la valeur la plus élevée qui doit être utilisée.

### 4.5.2 Traitement statistique des résultats

L'incertitude-type est calculée à partir du coefficient de sensibilité et de la plage de variation du paramètre d'influence par rapport à sa valeur au moment du réglage des analyseurs.

#### Coefficient de sensibilité :

- Lorsque des données sont disponibles en AASQA, il est conseillé de privilégier les coefficients de sensibilité obtenus lors de ces essais, même s'ils ne sont pas strictement déterminés comme le préconisent les normes européennes.

- En l'absence d'essais effectués par les AASQA, il est recommandé de s'appuyer sur les coefficients de sensibilité reportés dans les rapports d'évaluation des appareils (cf. tableaux au paragraphe 8).

- Enfin, en l'absence d'essais effectués par les AASQA et de données dans les rapports d'évaluation, il est conseillé d'utiliser à défaut les critères de performance des normes européennes résumés dans le tableau ci-après.

	NO/NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
Coefficient de sensibilité à la pression du gaz prélevé	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	≤ 0,70 μmol/mol/kPa
Coefficient de sensibilité à la température du gaz prélevé	≤ 3,0 nmol/mol/K	≤ 1,0 nmol/mol/K	≤ 1,0 nmol/mol/°C	≤ 0,30 μmol/mol/K
Coefficient de sensibilité à la température environnante	≤ 3,0 nmol/mol/K	≤ 1,0 nmol/mol/K	≤ 1,0 nmol/mol/°C	≤ 0,30 μmol/mol/K
Coefficient de sensibilité à la tension électrique	≤ 0,30 nmol/mol/V	≤ 0,30 nmol/mol/V	≤ 0,30 nmol/mol/V	≤ 0,30 μmol/mol/V

**Tableau 2 :** Critères de performance donnés par les normes européennes pour les coefficients de sensibilité

### Plages de variation des paramètres d'influence

Il est recommandé de prendre la même plage de variation pour la température du gaz et la température ambiante.

L'intervalle de variation de la température du gaz à l'entrée de l'analyseur est fonction des variations de température de l'air ambiant prélevé, mais aussi de la température du local, de la longueur de la ligne de prélèvement et du débit de prélèvement. La modélisation mathématique des échanges thermiques entre la ligne de transfert du gaz et l'air environnant montre par exemple, que pour une température extérieure de l'air de 34°C et une température en station de 20°C, un débit de 1 l/min et une ligne de diamètre interne de 4 mm, la température du gaz prélevé devient égale à 20°C après 1 m de distance parcourue depuis l'entrée dans la station. Il convient donc de prendre en compte ces facteurs pour évaluer l'intervalle de variation de la température du gaz prélevé. Par défaut, on peut considérer que l'amplitude de variation de la température du gaz est égale à celle de la température environnante.

Les plages de variation des paramètres d'influence recommandées sont les suivantes :

- ✓ Température des gaz et température ambiante : les plages de variation peuvent être **soit évaluées par l'AASQA dans ses stations, soit prises égales à 20°C par défaut** ;
- ✓ Tension électrique d'alimentation : données **soit évaluées par l'AASQA, soit prises égales à 230 V ± 10 % (données EDF)** ;
- ✓ Pression : données **soit évaluées par l'AASQA, soit prises égales à 10 kPa** (plage proposée par retour d'expérience).

## 4.6. INCERTITUDE DUE AUX INTERFERENTS

### 4.6.1 Mode opératoire

L'influence de la concentration de composés jugés comme interférents sur la valeur du mesurage est déterminée en comparant la réponse de l'analyseur avec et sans la présence de ces interférents.

Les tests sont effectués à zéro et en concentration ; dans le calcul d'incertitude, le coefficient à zéro et le coefficient au point d'échelle sont pris en compte.

### 4.6.2 Traitement statistique des résultats

L'incertitude-type est calculée à partir du coefficient de sensibilité et de la plage de variation de l'interférént par rapport à sa valeur dans le gaz pour étalonnage utilisé pour le réglage de l'analyseur.

Un exemple de calcul de l'incertitude associée à un interférént (toluène) est explicité ci-après dans le cas d'un analyseur d'ozone.

#### Conditions de test en laboratoire :

- ✓ Concentrations de test en O<sub>3</sub> : [O<sub>3</sub><sub>test,0</sub>] = 0 nmol/mol et [O<sub>3</sub><sub>test,VL</sub>] = 125 nmol/mol
- ✓ Concentration de test en toluène : [toluène<sub>test</sub>] = 0,47 µmol/mol
- ✓ Coefficient de sensibilité pour [O<sub>3</sub><sub>test,0</sub>] :  $c_{toluene,0,test} = 0,49$  nmol/mol
- ✓ Coefficient de sensibilité pour [O<sub>3</sub><sub>test,VL</sub>] :  $c_{toluene,VL,test} = 0,57$  nmol/mol

Conditions sur site :

- ✓ Concentration en O<sub>3</sub> : C<sub>Vol,QH</sub> = 120 nmol/mol (seuil d'alerte horaire)
- ✓ Plage de concentration en toluène :
  - [toluène<sub>min,site</sub>] = 0 μmol/mol
  - [toluène<sub>max,site</sub>] = 0,5 μmol/mol

Les coefficients de sensibilité donnant l'influence du toluène sur les concentrations en ozone à zéro et à la valeur limite ont été déterminés en laboratoire dans des conditions définies. Il convient donc de déterminer par extrapolation leurs valeurs pour les concentrations de toluène mesurées sur le site soit :

$$C_{toluene,0,site} = C_{toluene,0,test} \times \frac{[toluène_{max,site}]}{[toluène_{test}]} = 0,49 \times \frac{0,5}{0,47} = 0,52 \text{ nmol / mol}$$

$$C_{toluene,VL,site} = C_{toluene,VL,test} \times \frac{[toluène_{max,site}]}{[toluène_{test}]} = 0,57 \times \frac{0,5}{0,47} = 0,61 \text{ nmol / mol}$$

Le coefficient de sensibilité est ensuite calculé à la concentration volumique quart-horaire d'ozone (C<sub>Vol,QH</sub>) mesurée sur le site par extrapolation, soit :

$$C_{toluene} = (C_{toluene,VL,site} - C_{toluene,0,site}) \times \frac{C_{Vol,QH}}{[O3_{test,VL}]} + C_{toluene,0,site}$$

$$C_{toluene} = (0,61 - 0,52) \times \frac{120}{125} + 0,52 = 0,603 \text{ nmol/mol}$$

L'incertitude-type due à l'interférence du toluène sur la concentration volumique d'ozone s'obtient alors avec l'équation suivante :

$$u(toluène) = \frac{C_{toluene}}{[toluène_{test}]} \times \sqrt{\frac{[toluène_{max,site}]^2 + [toluène_{min,site}] \times [toluène_{max,site}] + [toluène_{min,site}]^2}{3}}$$

$$u(toluène) = \frac{0,603}{0,47} \times \sqrt{\frac{0,5^2 + 0,5 \times 0 + 0^2}{3}} = \frac{0,603}{0,47} \times \sqrt{\frac{0,5^2}{3}} = 0,37 \text{ nmol/mol}$$

Coefficient de sensibilité :

Lorsque des tests de sensibilité aux interférents ont été effectués en AASQA, il est conseillé de privilégier les coefficients de sensibilité obtenus lors de ces essais.

En l'absence d'essais effectués par les AASQA, il convient d'appliquer les coefficients de sensibilité reportés dans les rapports d'évaluation des appareils (cf. tableaux au paragraphe 8).

Si dans une AASQA, il est souhaité n'utiliser qu'une valeur d'interférents par polluant alors que le parc est composé de différents modèles, il conviendra de calculer la somme des incertitudes-types dues aux interférents ayant un effet positif et la somme des incertitudes-types des interférents ayant un effet négatif pour chaque modèle et ensuite de prendre la valeur absolue maximale entre les modèles d'appareils (il ne faut pas prendre la valeur maximale entre les différents modèles pour chaque interférent et faire ensuite la somme des interférents positifs et des interférents négatifs).



Plages de variation des interférents

Les plages de variations sont :

- ✓ Soit évaluées par l'utilisateur
- ✓ Soit issues de la norme NF EN ISO 14956 - Qualité de l'air - Évaluation de l'aptitude à l'emploi d'une procédure de mesurage par comparaison avec une incertitude de mesure requise ou des cadastres d'émission des AASQA (cf. tableau 3 ci-après).

Composé mesuré	Interférént	Plage de variation dans l'air ambiant
SO <sub>2</sub>	Humidité relative	15 à 100 %
	H <sub>2</sub> S	0 à 30 µg/m <sup>3</sup>
	NH <sub>3</sub>	0 à 20 µg/m <sup>3</sup>
	NO	0 à 100 µg/m <sup>3</sup> (*)
	NO <sub>2</sub>	0 à 200 µg/m <sup>3</sup>
	m-xylène	0 à 60 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	H <sub>2</sub> O	15 à 100 %
	CO <sub>2</sub>	600 à 1 000 mg/m <sup>3</sup>
	O <sub>3</sub>	0 à 250 µg/m <sup>3</sup>
	NH <sub>3</sub>	0 à 20 µg/m <sup>3</sup>
CO	H <sub>2</sub> O	15 à 100 %
	CO <sub>2</sub>	600 à 1 000 mg/m <sup>3</sup>
	NO	0 à 100 µg/m <sup>3</sup> (*)
	N <sub>2</sub> O	0 à 100 µg/m <sup>3</sup> (*)
O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	15 à 100 %
	Toluène	0 à 100 µg/m <sup>3</sup>
	o-xylène	0 à 30 µg/m <sup>3</sup>
	m-xylène	0 à 60 µg/m <sup>3</sup>

**Tableau 3 :** Plages de variation des interférents  
 (\*) Dans une zone de circulation : 0 µg/m<sup>3</sup> à 1 000 µg/m<sup>3</sup>

Toutefois, si les conditions de site n'entrent pas dans la plage de variation testée, des essais complémentaires de l'analyseur doivent être effectués.

**5. INCERTITUDE DUE AU TRAITEMENT ET A L'ACQUISITION DES DONNEES**

L'erreur due au système d'acquisition est liée :

- ✓ Au rang de l'arrondi choisi par l'utilisateur (donné par le facteur multiplicatif « Fmul »).
- ✓ Dans le cas d'un système analogique : à l'écart éventuel entre la valeur fournie par l'analyseur et celle transmise par le système d'acquisition.

NOTE Au niveau du système d'acquisition des mesures, la concentration volumique est convertie en concentration massique et la moyenne quart-horaire massique est arrondie. Les règles d'arrondissement dépendent du système d'exploitation utilisé et du rang de l'arrondi choisi par l'utilisateur ; l'arrondi au plus proche s'applique, sauf dans le cas des valeurs médianes (c'est-à-dire quand le chiffre au niveau du rang d'arrondi choisi est égal à 5).

Dans le cas des stations ISEO, il est appliqué respectivement un arrondi au supérieur ou à l'inférieur selon que le digit précédent est impair ou pair.

Dans le cas des stations CEGELEC, l'arrondi est toujours effectué au supérieur.

Exemple : Moyenne quart horaire = 16,5892 µg/m<sup>3</sup>

Si Fmul = -3, alors la valeur arrondie est égale à 16,589 µg/m<sup>3</sup>

Si Fmul = -1, alors la valeur arrondie est égale à 16,0 dans le cas d'ISEO et à 17,0 dans le cas de CEGELEC.

Lorsque des données sont disponibles en AASQA, il est conseillé de privilégier les résultats obtenus lors de ces essais.

Cependant, en l'absence d'essais effectués par les AASQA, il est conseillé d'utiliser à défaut :

- ✓ Pour le biais dû au transfert de données par un système analogique : une EMT de 20 mV convertie en nmol/mol ou µmol/mol en fonction de la gamme de l'analyseur ;
- ✓ Pour l'arrondissement : l'incertitude-type liée à l'arrondissement sur la moyenne quart-horaire est égale à  $\frac{10^{Fmul}}{2\sqrt{3}}$ .

## 6. ESTIMATION DE L'INCERTITUDE ELARGIE ASSOCIEE A UNE CONCENTRATION MOYENNE TEMPORELLE

Les valeurs instantanées fournies par les analyseurs sont moyennées sur un pas de temps choisi par l'utilisateur ; ce pas de temps est le quart-horaire dans le cas des AASQA.

Les valeurs ainsi obtenues, considérées comme des résultats de mesure individuels, sont utilisées afin de déterminer des valeurs horaires, elles-mêmes utilisées pour déterminer des valeurs moyennes sur des périodes plus grandes (jour, mois, année...).

Le mesurande pouvant varier dans le temps et le système de mesure pouvant présenter des sources d'erreurs systématiques, l'incertitude associée à la moyenne temporelle ne peut pas être évaluée par un simple calcul d'écart-type de la moyenne à partir des résultats obtenus.

De plus, l'estimation de l'incertitude de la moyenne temporelle doit prendre en compte le système de mesure d'une part, et la couverture temporelle incomplète des données d'autre part, chacun contribuant de façon indépendante à l'incertitude de la moyenne temporelle.

La norme NF ISO 11222 « Détermination de l'incertitude de mesure de la moyenne temporelle de mesurages de la qualité de l'air » décrit une méthode d'estimation de l'incertitude sur la moyenne temporelle d'une série de données obtenues à partir d'un point de mesure spécifié sur une période de temps définie.

Toutefois, cette méthode n'est applicable qu'à condition que les données utilisées pour calculer la moyenne temporelle soient représentatives des variations temporelles du mesurande sur la période de temps définie, c'est-à-dire à condition que la variance des données disponibles soit équivalente à la variance de l'ensemble des données de la période temporelle considérée.

Soit la moyenne temporelle calculée en appliquant l'équation suivante :

$$\overline{C_T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_{Ind,i}$$

Avec :

- $\overline{C_T}$  la moyenne temporelle sur la période de moyennage  $T$ ,
- $N$  le nombre de mesurages relevés sur la période de moyennage considérée,
- $C_{Ind,i}$ ,  $i=1$  à  $N$  les concentrations individuelles à partir desquelles est calculée  $\overline{C_T}$ .

La variance associée à la moyenne temporelle est donnée par l'équation suivante :

$$u^2(\overline{C_T}) = u_M^2(\overline{C_T}) + u_S^2(\overline{C_T})$$

Avec :

- $u^2(\overline{C_T})$  la variance associée à la moyenne temporelle,
- $u_M^2(\overline{C_T})$  la contribution liée au système de mesure (mode opératoire, matériels...),
- $u_S^2(\overline{C_T})$  la contribution liée à une couverture incomplète de la période de moyennage par les concentrations  $C_{Ind,i}$ .

### 6.1. INCERTITUDE DUE A UNE COUVERTURE TEMPORELLE INCOMPLETE ( $u_S^2(\overline{C_T})$ )

La contribution des données manquantes sur l'incertitude associée à la moyenne temporelle est donnée par l'équation suivante :

$$u_S^2(\overline{C_T}) = \left(1 - \frac{N}{N_{max}}\right) \times \frac{1}{N} \times s^2(C_{Ind,i})$$

Avec :

- $u_S(\overline{C_T})$  la contribution liée à une couverture incomplète de la période de moyennage par les concentrations  $C_{Ind,i}$ ,
- $N$  le nombre de concentrations moyennées sur la période de moyennage  $T$ ,
- $N_{max}$  le nombre maximal de concentrations correspondant à une couverture totale de la période de moyennage  $T$ ,
- $s(C_{Ind,i})$  l'écart-type des concentrations moyennées.

La variance  $s^2(C_{Ind,i})$  dépend de la variabilité des concentrations massiques des polluants. De ce fait, pour les polluants ayant des régimes transitoires élevés, la norme ISO 11222 ne s'applique pas pour un moyennage inférieur au pas de temps journalier.

Par exemple, des simulations avec du SO<sub>2</sub> en proximité industrielle, du NO<sub>2</sub> en proximité automobile et de l'O<sub>3</sub> en site urbain ont montré que l'utilisation de  $u_S(\overline{C_T})$  pour déterminer l'incertitude dans le calcul de la moyenne horaire sur la base de trois quarts d'heure, conduit à une sous-estimation importante de l'intervalle de confiance à 95 %.

Lorsque la norme 11222 ne peut pas être appliquée, on peut procéder par simulations : à partir d'une série complète de N<sub>max</sub> mesures, la moyenne temporelle est calculée en enlevant au hasard le nombre voulu de données (N<sub>max</sub> - N) ; la différence entre la moyenne ainsi obtenue et la vraie moyenne est ensuite déterminée. Cet exercice est recommencé plusieurs fois, ce qui conduit à calculer l'écart-type des différences u(d).

On prend alors :

$$u_S^2(\overline{C_T}) = u^2(d)$$

Afin d'assurer une bonne représentativité de l'écart-type des différences, il convient de simuler la moyenne temporelle plusieurs dizaines de fois. De même, la série temporelle utilisée pour effectuer les simulations doit être représentative de la série de mesurages que l'on cherche à utiliser : il peut s'agir par exemple d'un site voisin et/ou de même typologie, et présentant des distributions similaires au niveau de ses données de base.

## 6.2. INCERTITUDE DUE AU SYSTEME DE MESURE ( $u_M^2(\overline{C_T})$ )

L'incertitude-type  $u_M(\overline{C_T})$  sur la moyenne temporelle due au système de mesure utilisé est composée d'incertitudes aléatoires et systématiques et est donnée par :

$$u_M^2(\overline{C_T}) = \frac{1}{N^2} \times \sum_{i=1}^N u_r^2(C_{Ind,i}) + u_{nr}^2(C_{Ind,i})$$

Avec :

- $u_M(\overline{C_T})$  la contribution liée au système de mesure utilisé lors de la période de moyennage,
- $N$  le nombre de concentrations moyennées sur la période de moyennage  $T$ ,
- $u_r^2(C_{Ind,i})$  la variance due à des éléments susceptibles de fluctuer dans le temps (répétabilité du système...),
- $u_{nr}^2(C_{Ind,i})$  la variance due à des éléments ne fluctuant pas dans le temps (réglage, linéarité, acquisition des données ....).

La variance  $u_r^2(C_{Ind,i})$  peut s'exprimer sous la forme d'une constante comme par exemple, l'incertitude-type de reproductibilité d'où l'expression  $u_r^2(C_{Ind,i}) = C_{Ind,i} \times v_r$ .

Avec :

- $v_r$  l'incertitude-type relative constante de  $C_{Ind,i}$ .

Dans ce cas, la formule ci-dessus devient :

$$u_M^2(\overline{C_T}) = \frac{v_T^2}{N^2} \times \sum_{i=2}^N C_{Ind,i}^2 + u_{nr}^2(C_{Ind,i})$$

La difficulté d'estimation de l'incertitude-type  $u_M^2(\overline{C_T})$  réside dans le « classement » de chaque variance en variance aléatoire ou systématique sur la période de moyennage considérée.

Ce classement dépend principalement des méthodes de travail adoptées par les AASQA.

Des exemples de choix sont donnés ci-après :

— Incertitude-type due à la ligne de prélèvement :

Les pertes dans la ligne de prélèvement sont principalement dues à l'adsorption des composés sur les parois du dispositif de prélèvement, engendrée par un encrassement de celui-ci. Cet encrassement ne fluctuera pas sur un pas de temps horaire, voir journalier, donc pour ces pas de temps cette variance pourra être considérée comme systématique. Par contre, si l'AASQA a une périodicité de nettoyage des lignes de prélèvement mensuelle ou trimestrielle, cette variance deviendra aléatoire sur un pas de temps mensuel ou annuel.

— Incertitude-type due au raccordement :

L'incertitude-type due au raccordement tient compte de trois paramètres : les lectures obtenues lors de l'injection du gaz de zéro et lors de l'injection du gaz de point d'échelle, qui sont entièrement aléatoires quelque soit le pas de temps. Le troisième paramètre est l'incertitude sur les concentrations des gaz pour étalonnage et dépend entièrement de la procédure d'étalonnage suivie.

Si le raccordement s'effectue toutes les 2 semaines, cette variance aura un caractère systématique durant ces deux semaines. Mais, elle deviendra aléatoire sur des pas de temps annuels.

Si la procédure d'étalonnage ne prend en compte qu'une vérification du réglage de façon trimestrielle (ex Ozone), cette variance aura plutôt un caractère systématique même sur des pas de temps annuels.

— Incertitude-type due à la dérive :

La dérive des analyseurs dépend des périodicités de réglage des analyseurs, et comme pour le raccordement, cette périodicité va conduire à considérer la variance associée à la dérive comme systématique ou aléatoire.

— Incertitude-type due à la reproductibilité sur site :

La reproductibilité sur site évalue les écarts de caractéristiques de performance entre deux analyseurs qui devraient avoir les mêmes performances.

Il est proposé de considérer cette incertitude en tant qu'incertitude systématique.

— Incertitude-type de linéarité :

Cette variance peut être classée de deux façons différentes : si la non-linéarité est inhérente à la méthode de mesure comme par exemple pour la technique infra-rouge appliquée à la mesure du monoxyde de carbone, cette variance doit être considérée comme systématique. Par contre, si la technique de mesure est par principe linéaire comme dans le cas de la chimiluminescence appliquée à la mesure des oxydes d'azote,

le constat d'un défaut de linéarité pourra être dû par exemple à un dysfonctionnement ou à un vieillissement d'un élément et cette variance doit être considérée comme aléatoire.

— Incertitudes-types dues aux coefficients de sensibilité et aux interférents :

Ces variances dépendent des fluctuations des paramètres d'influence.

Par exemple, dans le cas d'une moyenne journalière, la pression pourrait être considérée comme stable donc systématique au niveau de sa variance.

Par contre, si on considère la même journée, l'humidité est plutôt considérée comme fluctuante donc la variance associée a un caractère plutôt aléatoire.

Un exemple de classement des incertitudes-types en fonction des pas de temps est présenté dans le tableau ci-après.

	Prélèvement	Etalonnage	Raccordement niv 2->3		Répétabilité		Linéarité	Dérive	Reproductibilité sur site	Coefficients de sensibilité	Interférents	Acquisition des données	Arrondissement des données
			Reproductibilité du gaz de zéro	Reproductibilité du gaz de point d'échelle	Zéro	Point échelle							
Moyenne Horaire	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.
Moyenne Journalière	Syst.	Syst.	Syst.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Syst.	Syst.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Syst.	Syst.
Moyenne Mensuelle	Aléa.	Syst.	Syst.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Aléa.
Moyenne Annuelle	Aléa.	Syst.	Syst.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Syst.	Aléa.	Aléa.	Aléa.	Aléa.

**Tableau 4 :** Exemple de classement des incertitudes-types en composantes aléatoires et systématiques selon le pas de temps choisi

## 7. EXEMPLES DE TABLEURS POUR ESTIMER LES INCERTITUDES

Le LCSQA a développé des tableurs permettant d'estimer les incertitudes sur les mesurages quart-horaires de SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub>, de CO et d'O<sub>3</sub> effectués avec les analyseurs automatiques dans les stations de mesure.

Ces tableurs ont pour objectif de montrer de façon concrète comment mener le calcul d'incertitude et appliquer les différentes équations données dans le fascicule de documentation FD X43-070-2.

Cependant, ils doivent être considérés comme des exemples et des outils de base, car ils ne sont pas exhaustifs : en effet, pour que ces tableurs restent relativement simples d'utilisation, il n'a pas été possible d'intégrer toutes les façons de traiter les résultats de mesure comme cela a été explicité dans le présent document (ex : traitement des incertitudes-types qui peuvent se présenter sous la forme d'écart-type, d'EMT, d'écart maximum...).

Il est donc indispensable que les AASQA s'approprient ces tableurs et les modifient pour que l'estimation des incertitudes puisse être représentative des mesurages effectués par chaque AASQA.

De plus, ces tableurs devront être revus et alimentés régulièrement avec l'expérience acquise. De cette façon, ces outils seront plus pertinents et permettront de rendre compte des évolutions des pratiques, des procédures, des matériels... mis en œuvre dans les AASQA.

Ces exemples de tableurs sont disponibles sur le site du LCSQA.

Le LCSQA se considère responsable des tableurs enregistrés sur son site internet, mais décline toutes responsabilités concernant les modifications de ces tableurs par les AASQA.

## 8. TABLEAUX RECAPITULATIFS DES CARACTERISTIQUES DE PERFORMANCE DES ANALYSEURS OBTENUES LORS DES CERTIFICATIONS DE TYPE

Les tableaux récapitulatifs 5, 6, 7 et 8 font la synthèse des données fournies dans les certificats d'évaluation des appareils lors de la certification de type et des évaluations effectuées par le LCSQA pour certains modèles d'appareils.

Il est également fourni pour chaque polluant le critère de performance qui doit être respecté. Dans le cas où une caractéristique n'a pas été testée, il convient de prendre en compte le critère de performance dans le budget d'incertitude.

Ces tableaux reprennent les valeurs des caractéristiques de performance obtenues pour chaque modèle d'analyseur.

Le mode de prise en compte des caractéristiques de performance des analyseurs est explicité dans les paragraphes ci-après.

Pour chaque modèle ayant fait l'objet d'une certification, 2 analyseurs ont été évalués. Pour les évaluations réalisées par le LCSQA antérieures à 2000, un seul appareil a été testé.



Pour les rapports d'évaluation fournis par le TUV ou le MCERT, selon les rapports, on constate que le calcul de l'incertitude est dans certains cas effectué pour chaque analyseur évalué avec ses propres valeurs caractéristiques et qu'il est fourni dans d'autres cas un seul budget d'incertitudes, sans qu'il soit précisé quelles sont les valeurs de caractéristiques de performance prises en compte. Lorsque les évaluations ont été effectuées par le LCSQA, le budget d'incertitudes a été établi en appliquant pour chaque caractéristique de performance la valeur la plus élevée entre les 2 appareils testés, ce qui est plus pénalisant.

Dans les tableaux, c'est la valeur de caractéristique de performance la plus élevée entre les 2 analyseurs testés qui a été reportée. Ce qui signifie que le budget d'incertitudes qui sera recalculé peut conduire à une incertitude élargie supérieure à celle qui est donnée dans les rapports d'approbation de type ou dans les certificats.

Ecart de linéarité : quand les données sont disponibles, l'écart de linéarité a été recalculé. Les valeurs données correspondent à l'écart le plus élevé entre concentration mesurée et concentration de référence.

#### Interférents :

Pour les interférents autres que la vapeur d'eau :

- Dans le calcul d'incertitude lié à un interférent, interviennent à la fois la valeur du coefficient de sensibilité et la plage de variation de l'interférent. Donc un interférent qui a un coefficient de sensibilité inférieur à un autre peut quand même conduire à une incertitude associée plus élevée, si sa plage de variation est beaucoup plus grande.
- Dans le budget d'incertitudes, il faut prendre en compte la plus grande des incertitudes liées aux effets positifs ou aux effets négatifs.

Or pour certains modèles, un des appareils testés a une sensibilité plus élevée pour certains interférents et plus faible pour d'autres, voire une sensibilité de signe opposé (impact positif pour un appareil et négatif pour l'autre).

Il n'est donc pas possible de savoir a priori, sans calcul, quel coefficient de sensibilité doit être pris en compte pour maximaliser l'incertitude, notamment quand la sensibilité est contraire pour les deux appareils.

Toutefois, si la sensibilité a été testée à la concentration en mesurande correspondant à la valeur limite, et à la concentration en interférent correspondant à la valeur maximale de la plage de variation, le calcul de l'incertitude associé se simplifie et conduit à la valeur du coefficient de sensibilité divisé par racine de 3. La comparaison des coefficients de sensibilité permet donc de savoir quels seront les coefficients conduisant à l'incertitude la plus élevée au niveau de la valeur limite si les mêmes plages de concentration en interférent sont appliquées.

#### **Le choix des coefficients de sensibilité donnés dans les tableaux, a été effectué comme suit :**

- Il a été calculé la somme des coefficients positifs et la somme des coefficients négatifs pour chaque analyseur, pour le test à la concentration correspondant à la valeur limite en interférent ;
- Il est retenu les coefficients de sensibilité au zéro, et en concentration, de l'analyseur pour lequel la plus grande somme, positive ou négative, est obtenue, c'est-à-dire dont la somme des interférents conduit à l'incertitude liée aux interférents, la plus élevée.

Pour la vapeur d'eau, il est pris en compte les coefficients de sensibilité de l'analyseur pour lequel le coefficient au point d'échelle est le plus élevé.

Temps de réponse : quand les données sont disponibles, le temps de réponse moyen à partir des 4 essais effectués a été recalculé ; en effet pour certains appareils, le temps de réponse donné dans les tableaux correspond au résultat d'un des essais alors que dans les

normes, la procédure prévoit le calcul de la moyenne des 4 temps de réponse à la montée et la moyenne des 4 temps de réponse à la descente.

Pour ce qui est des caractéristiques données dans les tableaux, il a été choisi de prendre la valeur la plus élevée.

Sensibilité à la tension électrique : pour chaque analyseur, il est calculé la moyenne des réponses aux tensions extrêmes et le coefficient de sensibilité en divisant l'écart des concentrations moyennes par l'écart entre les tensions appliquées. C'est la plus grande des valeurs entre les coefficients calculés à zéro et au point d'échelle pour chaque analyseur qui est reportée dans le tableau.

Sensibilité à la température ambiante : pour chaque analyseur, il est calculé le coefficient de sensibilité à zéro et au point d'échelle. C'est la plus grande des valeurs entre les 2 analyseurs et entre les valeurs à zéro et au point d'échelle qui est prise en compte.

Dérive à long terme : elle a été recalculée à partir des données des rapports, comme indiqué dans les normes.

Dans les tableaux 5, 6, 7 et 8, lorsqu'une valeur de caractéristique de performance a été recalculée selon les modalités définies ci-dessus, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation, elle est signalée par : <sup>(R)</sup>. Lorsque le calcul a simplement consisté en une conversion d'unité, il n'a pas été considéré que la valeur différerait de celle donnée dans le rapport.

**Tableau 5 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de NO/NOx

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14211	Critère de performance de la norme NF EN 14211	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APNA 370	42i	42C	M200E	AC31M LCD	AC32M	NO 2000G
			Rapport TUV n°936/21204643/C Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/C Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°441c/YGo Octobre 2003	Rapport TUV n°936/21205926 Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC/EQ2A-FM-Nbo-20882-cr Décembre 1999	Rapport TUV n°936/21205818/A Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°443c/YGo/DR 2003
			Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol
Écart-type de répétabilité au zéro	8.4.5	≤ 1 nmol/mol	0,16 nmol/mol	0,21 nmol/mol	0,01 nmol/mol	0,94 nmol/mol	0,15 nmol/mol à 7 nmol/mol de NO	0,64 nmol/mol	0,01 nmol/mol
Écart-type de répétabilité à la valeur limite horaire	8.4.5	≤ 3 nmol/mol	1,70 nmol/mol	1,21 nmol/mol	0,48 nmol/mol	1,23 nmol/mol	0,58 nmol/mol à 483 nmol/mol de NO	2,70 nmol/mol	1,92 nmol/mol
Écart de linéarité	8.4.6	≤ 4% de C	1,53% de C <sup>(R)</sup>	1,28% de C <sup>(R)</sup>	-1,58% de C <sup>(R)</sup>	0,62% de C <sup>(R)</sup>	-1,53% de C	0,77% de C <sup>(R)</sup>	-1,20% de C <sup>(R)</sup>
Résidu maximal aux concentrations différentes de zéro			1,24 nmol/mol	0,6 nmol/mol	0,12 nmol/mol	1,6 nmol/mol	-2,21 nmol/mol	0,5 nmol/mol	-0,18 nmol/mol
Résidu au zéro		≤ 5 nmol/mol							

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 5 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de NO/NOx (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14211	Critère de performance de la norme NF EN 14211	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APNA 370	42i	42C	M200E	AC31M LCD	AC32M	NO 2000G
			Rapport TUV n°936/21204643/C Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/C Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DR-03-39214-AIRE n°441c/YGo Octobre 2003	Rapport TUV n°936/21205926 Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS DR/EQ2A-FM-Nbo-20882-cr Décembre 1999	Rapport TUV n°936/21205818/A Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DR-03-39214-AIRE n°443c/YGo/DR 2003
			Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol
Coefficient de sensibilité à la pression du gaz prélevé	8.4.7	≤ 8 nmol/mol/kPa	0,14 nmol/mol/kPa	0,08 nmol/mol/kPa	4,44 nmol/mol/kPa	0,14 nmol/mol/kPa	5,3 nmol/mol/kPa	non évaluée	0,86 nmol/mol/kPa
Coefficient de sensibilité à la température du gaz prélevé	8.4.8	≤ 3 nmol/mol/K	0,23 nmol/mol/K	0,07 nmol/mol/K	non évaluée	0,043 nmol/mol/K	<i>non évalué</i>	-0,06 nmol/mol/K	<i>non évalué</i>
Coefficient de sensibilité à la température environnante	8.4.9	≤ 3 nmol/mol/K	0,26 nmol/mol/K	0,39 nmol/mol/K	-3,63 nmol/mol/K	0,52 nmol/mol/K	-0,98 nmol/mol/K	0,20 nmol/mol/K	-9,2 nmol/mol/K
Coefficient de sensibilité à la tension électrique	8.4.10	≤ 0,3 nmol/mol/V	0,029 nmol/mol/V <sup>(R)</sup>	0,004 nmol/mol/V <sup>(R)</sup>	0,24 nmol/mol/V	0,03 nmol/mol/V <sup>(R)</sup>	<i>non évalué</i>	0,086 nmol/mol/V	0,025 nmol/mol/V

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 5 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de NO/NOx (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14211	Critère de performance de la norme NF EN 14211	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APNA 370	42i	42C	M200E	AC31M LCD	AC32M	NO 2000G
			Rapport TUV n°936/21204643/C Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/C Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°441c/YGo Octobre 2003	Rapport TUV n°936/21205926 Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC/EQ2A-FM-Nbo-20882-cr Décembre 1999	Rapport TUV n°936/21205818/A Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°443c/YGo/DR 2003
			Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol
Interférents au zéro et à la concentration ct (valeur limite horaire)	8.4.11								
H <sub>2</sub> O, concentration 19 mmol/mol		≤ 5 nmol/mol	A zéro : -0,024 nmol/mol A la VLH : 1,37 nmol/mol	A zéro : 0,83 nmol/mol A la VLH : -1,33 nmol/mol	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : -12,9 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO) <sup>(R)</sup>	A zéro : 1,3 nmol/mol A la VLH : -3,7 nmol/mol	-24 nmol/mol à 320 nmol/mol de NO	A zéro : 2,3 nmol/mol A ct (495 nmol/mol): 1,7 nmol/mol	A zéro : non évaluée A la VLH : -11,68 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO) <sup>(R)</sup>
NH <sub>3</sub> , concentration 200 nmol/mol		≤ 5 nmol/mol	A zéro : -0,056 nmol/mol A la VLH : -3,63 nmol/mol	A zéro : -0,03 nmol/mol A la VLH : -1,0 nmol/mol	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : -0,09 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO)	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : 1,7 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,3 nmol/mol A ct (495 nmol/mol): 1,3 nmol/mol	A zéro : non évaluée A la VLH : -0,05 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO)
CO <sub>2</sub> , concentration 500 µmol/mol		≤ 5 nmol/mol	A zéro : -0,056 nmol/mol A la VLH : -2,17 nmol/mol	A zéro : -0,1 nmol/mol A la VLH : -2,33 nmol/mol	A zéro : -0,17 nmol/mol A la VLH : 0,025 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO) <sup>(R)</sup>	A zéro : 0,7 nmol/mol A la VLH : 1,3 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,7 nmol/mol A ct (495 nmol/mol): 2,0 nmol/mol	A zéro : -0,49 nmol/mol A la VLH : -0,08 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO) <sup>(R)</sup>
O <sub>3</sub> , concentration 200 nmol/mol		≤ 2 nmol/mol	A zéro : -0,024 nmol/mol A la VLH : -1,04 nmol/mol	A zéro : -0,07 nmol/mol A la VLH : -0,33 nmol/mol	A zéro : -0,003 nmol/mol A la VLH : -25,7 nmol/mol (pour 104 nmol/mol NO) <sup>(R)</sup>	A zéro : 0,2 nmol/mol A la VLH : -1,7 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,3 nmol/mol A ct (495 nmol/mol) : 1 nmol/mol	A zéro : -0,003 nmol/mol A la VLH : -5,7 nmol/mol <sup>(R)</sup>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 5 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de NO/NOx (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14211	Critère de performance de la norme NF EN 14211	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APNA 370	42i	42C	M200E	AC31M LCD	AC32M	NO 2000G
			Rapport TUV n°936/21204643/C Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/C Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°441c/YGo Octobre 2003	Rapport TUV n°936/21205926 Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC/EQ2A-FM-Nbo-20882-cr Décembre 1999	Rapport TUV n°936/21205818/A Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°443c/YGo/DR 2003
			Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol
Erreur de moyennage	8.4.12	≤ 7% de C	NO : 5,1% de C NO <sub>2</sub> : 4,4% de C	2,68% de C	0,89% de C	1,00% de C	<i>non évaluée</i>	1,9% de C	3,1% de C
Écart-type de reproductibilité dans les conditions sur site	8.5.5	≤ 5% de C <sub>moy</sub> mesurée sur 3 mois	3,80%	3,1% de C	15,6% de C (pour C>10 nmol/mol) <sup>(1) (R)</sup>	1,77% de C	<i>non évalué</i>	4,89 % de C	16,9 % de C (pour C>10 nmol/mol) <sup>(1) (R)</sup>
Dérive à long terme au zéro	8.5.4	≤ 5 nmol/mol	0,56 nmol/mol <sup>(R)</sup>	1,0 nmol/mol (valeur certificat-données non disponibles pour recalculer la dérive)	0,67 nmol/mol	-0,5 nmol/mol <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	-0,43 mol/mol <sup>(R)</sup>	0,1 nmol/mol
Dérive à long terme au point d'échelle	8.5.4	≤ 5% PE	0,27% PE <sup>(R)</sup>	0,2% PE (2,4 nmol/mol) (valeur certificat – données non disponibles pour recalculer la dérive)	0,65% PE <sup>(R)</sup>	-0,62 % PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	0,32 % PE <sup>(R)</sup>	-10,1% PE <sup>(R)</sup>
Temps de réponse (montée)	8.4.3	≤ 180 s	NO: max 85,75 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : max 82,25 s <sup>(R)</sup>	NO: 77,25 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 50,25 s <sup>(R)</sup>	NO: 55 s NO <sub>2</sub> : 56 s	NO: 47 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 60,75 s <sup>(R)</sup>	NO: 10 s NO <sub>2</sub> : 19 s	NO: 22,8 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 16 s <sup>(R)</sup>	NO: 8 s NO <sub>2</sub> : 23 s
Temps de réponse (descente)	8.4.3	≤ 180 s	NO: max 85,5 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : max 84 s <sup>(R)</sup>	NO: 79,75 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 54 s <sup>(R)</sup>	NO: 54 s NO <sub>2</sub> : 54 s	NO: 47 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 60 s <sup>(R)</sup>	NO: 12 s NO <sub>2</sub> : 10 s	NO: 23,5 s <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 17 s <sup>(R)</sup>	NO: 8 s NO <sub>2</sub> : 20 s

(1) La valeur élevée d'écart-type de reproductibilité sur site s'explique par le fait que la concentration moyenne sur site était faible (de l'ordre de 25 nmol/mol)  
<sup>(R)</sup>: valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 5 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de NO/NOx (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14211	Critère de performance de la norme NF EN 14211	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APNA 370	42i	42C	M200E	AC31M LCD	AC32M	NO 2000G
			Rapport TUV n°936/21204643/C Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/C Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°441c/Ygo Octobre 2003	Rapport TUV n°936/21205926 Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC/EQ2A-FM-Nbo-20882-cr Décembre 1999	Rapport TUV n°936/21205818/A Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-03-39214-AIRE n°443c/Ygo/DR 2003
			Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 260 nmol/mol NO : 960 nmol/mol	Gamme de certification NO <sub>2</sub> : 1000 nmol/mol NO : 1000 nmol/mol
Différence relative entre temps de montée et temps de descente	8.4.3	≤ 1% ou 10s selon la plus grande des 2 valeurs	NO: 3,50 % <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 2,75% <sup>(R)</sup>	NO: 3,3 % <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 6,5% <sup>(R)</sup>	NO: 2 % NO <sub>2</sub> : 4%	NO: 0% <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 1,2% <sup>(R)</sup>	NO: 2 s NO <sub>2</sub> : 9 s	NO: 3,2% <sup>(R)</sup> NO <sub>2</sub> : 6,25% <sup>(R)</sup>	NO: 0% NO <sub>2</sub> : 13% et 3s
Différence entre le port de prélèvement et le port étalonnage	8.4.13	≤ 1 %	-	-	-	-	<i>non évaluée</i>	-	<i>non évaluée</i>
Efficacité du convertisseur	8.4.14	≥ 98%	98,2%	98%	99%	98,0%	<i>non évaluée</i>	98,4%	98,5%
Période de fonctionnement sans intervention	8.5.6	3 mois ou moins selon instructions fabricant	79 jours	90 jours	34 jours	30 jours	<i>non évaluée</i>	30 jours	10 jours
Disponibilité de l'analyseur	8.5.7	> 90%	98%	98%	100%	98,6%	<i>non évaluée</i>	98,1%	>90%
Augmentation de la teneur en NO <sub>2</sub> due au temps de résidence dans l'analyseur	Annexe A	≤ 4 nmol/mol	2,6 nmol/mol	2,2 nmol/mol	<i>non évaluée</i>	0,35 nmol/mol	<i>non évaluée</i>	0,35 nmol/mol	<i>non évaluée</i>
<b>Incertitude élargie calculée par l'organisme de certification</b>		15%	11,4%	8,9%	38,5%	7,0 et 4,5%	<i>non calculée</i>	5,0 et 4,1%	37,5%

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation..

**Tableau 6 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de CO

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14626	Critère de performance de la norme NF EN 14626	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APMA 370	48i	M300E	CO11M	CO 12M	CO 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/B Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21207124/B Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°257/96 1996	Rapport TUV 936/21206773/B Février 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°269/96 1996
			Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol
Écart-type de répétabilité au zéro	8.4.5	≤ 1 µmol/mol	0,035 µmol/mol	0,076 µmol/mol	0,1 µmol/mol	0,04 µmol/mol	0,2 µmol/mol	0,2 µmol/mol
Écart-type de répétabilité à la valeur limite 8h	8.4.5	≤ 3 µmol/mol	0,070 µmol/mol	0,080 µmol/mol	0,1 µmol/mol	0,16 µmol/mol	0,1 µmol/mol	0,09 µmol/mol
Écart de linéarité	8.4.6	≤ 4% de C	1,089 % de C <sup>(R)</sup>	0,80 % de C <sup>(R)</sup>	2,27% de C <sup>(R)</sup>	2,6 % de C <sup>(R)</sup>	2,27 % de C <sup>(R)</sup>	3,8 % de C <sup>(R)</sup>
Résidu maximal aux concentrations différentes de zéro			0,009 µmol/mol	-0,13 µmol/mol	0 µmol/mol	0,5 µmol/mol	0,1 µmol/mol	0,5 µmol/mol
Résidu au zéro		≤ 0,2 µmol/mol	0,009 µmol/mol	-0,13 µmol/mol	0 µmol/mol	0,5 µmol/mol	0,1 µmol/mol	0,5 µmol/mol

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.



**Tableau 6 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de CO (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14626	Critère de performance de la norme NF EN 14626	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APMA 370	48i	M300E	CO11M	CO 12M	CO 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/B Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21207124/B Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°257/96 1996	Rapport TUV 936/21206773/B Février 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°269/96 1996
			Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol
Coefficient de sensibilité à la pression du gaz prélevé	8.4.7	≤ 0,7 µmol/mol/kPa	0,089 µmol/mol/kPa	0,010 µmol/mol/kPa	<i>non évalué</i>	0,1 µmol/mol/kPa (testé à 13,2 µmol/mol)	0,02 µmol/mol/kPa	0,1 µmol/mol/kPa (testé à 13,9 µmol/mol)
Coefficient de sensibilité à la température du gaz prélevé	8.4.8	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,004 µmol/mol/K	0,040 µmol/mol/K	0,01 µmol/mol/K	<i>non évalué</i>	0,015 µmol/mol/K	<i>non évalué</i>
Coefficient de sensibilité à la température environnante	8.4.9	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,077 µmol/mol/K	-0,060 µmol/mol/K	0,03 µmol/mol/K	0,06 µmol/mol/K (testé à 49 µmol/mol)	0,05 µmol/mol/K	0,06 µmol/mol/K (testé à 49 µmol/mol)
Coefficient de sensibilité à la tension électrique	8.4.10	≤ 0,3 µmol/mol/V	0,01 µmol/mol/V	0,003 µmol/mol/V <sup>(R)</sup>	0,006 µmol/mol/V <sup>(R)</sup>	<i>non évalué</i>	-0,003 µmol/mol/V <sup>(R)</sup>	<i>non évalué</i>

(R) : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 6 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de CO (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14626	Critère de performance de la norme NF EN 14626	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APMA 370	48i	M300E	CO11M	CO 12M	CO 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/B Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21207124/B Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°257/96 1996	Rapport TUV 936/21206773/B Février 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°269/96 1996
			Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol
Interférents au zéro et à la concentration (valeur limite 8h)	8.4.11							
H <sub>2</sub> O, concentration 19 mmol/mol		≤ 1 µmol/mol	A zéro : -0,009 µmol/mol A la VLH : 0,232 µmol/mol	A zéro : 0,172 µmol/mol A la VLH : -0,060 µmol/mol	A zéro : -0,14 µmol/mol A la VLH : -0,11 µmol/mol	-0,25 µmol/mol (testé à 33 µmol/mol et à 47% Hr)	A zéro : -0,04 µmol/mol A la VLH : 0,06 µmol/mol	-0,37 µmol/mol (testé à 33 µmol/mol et à 50% Hr) <sup>(R)</sup>
CO <sub>2</sub> , concentration 500 µmol/mol		≤ 0,5 µmol/mol	A zéro : 0,017 µmol/mol A la VLH : -0,163 µmol/mol	A zéro : 0,017 µmol/mol A la VLH : -0,11 µmol/mol	A zéro : 0,10 µmol/mol A la VLH : 0,07 µmol/mol	0,2 µmol/mol (testé à 40 µmol/mol et à 1990 µmol/mol de CO <sub>2</sub> )	A zéro : -0,09 µmol/mol A la VLH : -0,104 µmol/mol	-0,3 µmol/mol (testé à 40 µmol/mol et à 1990 µmol/mol de CO <sub>2</sub> )
NO, concentration 1 µmol/mol		≤ 0,5 µmol/mol	A zéro : -0,026 µmol/mol A la VLH : -0,353 µmol/mol	A zéro : -0,009 µmol/mol A la VLH : -0,009 µmol/mol	A zéro : 0,02 µmol/mol A la VLH : 0,010 µmol/mol	0 µmol/mol (testé à 40 µmol/mol et à 500 nmol/mol de NO)	A zéro : 0,02 µmol/mol A la VLH : 0,13 µmol/mol	0 µmol/mol (testé à 40 µmol/mol et à 500 nmol/mol de NO)
N <sub>2</sub> O, concentration 50 nmol/mol		≤ 0,5 µmol/mol	A zéro : -0,009 µmol/mol A la VLH : -0,163 µmol/mol	A zéro : 0,026 µmol/mol A la VLH : 0,112 µmol/mol	A zéro : -0,02 µmol/mol A la VLH : -0,02 µmol/mol	<i>non évaluée</i>	A zéro : 0,06 µmol/mol A la VLH : 0,14 µmol/mol	<i>non évaluée</i>
Erreur de moyennage	8.4.12	≤ 7%	1,25%	2,22%	0,80%	<i>non évaluée</i>	-3,9%	<i>non évaluée</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 6 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de CO (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14626	Critère de performance de la norme NF EN 14626	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APMA 370	48i	M300E	CO11M	CO 12M	CO 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/B Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21207124/B Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°257/96 1996	Rapport TUV 936/21206773/B Février 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°269/96 1996
			Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol
Écart-type de reproductibilité dans les conditions sur site	8.5.5	≤ 5% de C <sub>moy</sub> mesurée sur 3 mois	4,00%	5%	2,74%	<i>non évalué</i>	3,37%	<i>non évalué</i>
Dérive à long terme au zéro	8.5.4	≤ 0,5 µmol/mol	-0,017 µmol/mol <sup>(R)</sup>	1,64 µmol/mol (estimé à partir des graphes)	-0,83 µmol/mol <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	0,25 µmol/mol <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>
Dérive à long terme au point d'échelle	8.5.4	≤ 5% PE	-0,08 % PE <sup>(R)</sup>	0,52% PE (estimé à partir des graphes)	-0,22% PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	1,14% PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>
Temps de réponse (montée)	8.4.3	≤ 180 s	55,75 s <sup>(R)</sup>	47 s <sup>(R)</sup>	54,7 s <sup>(R)</sup>	70 s	30,5 s <sup>(R)</sup>	71 s
Temps de réponse (descente)	8.4.3	≤ 180 s	54,25 s <sup>(R)</sup>	52,5 s <sup>(R)</sup>	52,5 s <sup>(R)</sup>	76,2 s	29,75 s <sup>(R)</sup>	71,5 s
Différence relative entre temps de montée et temps de descente	8.4.3	≤ 1% ou 10s selon la plus grande des 2 valeurs	2,7% <sup>(R)</sup>	11,7% et 5,5 s <sup>(R)</sup>	4,1% <sup>(R)</sup>	8,9% et 6,2 s <sup>(R)</sup>	2,4% <sup>(R)</sup>	0,70%
Différence entre le port de prélèvement et le port étalonnage	8.4.13	≤ 1%	-	-	-0,05%	-	-0,12%	-

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 6 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de CO (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14626	Critère de performance de la norme NF EN 14626	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APMA 370	48i	M300E	CO11M	CO 12M	CO 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/B Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21207124/B Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°257/96 1996	Rapport TUV 936/21206773/B Février 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-VTA-Ygo/CC-AR-n°269/96 1996
			Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol	Gamme de certification 86 µmol/mol	Gamme de certification 0-100 µmol/mol
Période de fonctionnement sans intervention	8.5.6	3 mois ou moins selon instructions fabricant	1 mois	34 jours	4 semaines	<i>non évaluée</i>	4 semaines	<i>non évaluée</i>
Disponibilité de l'analyseur	8.5.7	> 90%	98%	98%	95,9%	<i>non évaluée</i>	98,7%	<i>non évaluée</i>
<b>Incertitude élargie calculée par l'organisme de certification</b>		15%	13,31%	14,40%	11,58% et 13,21%	<i>non calculée</i>	10,29 et 9,26%	<i>non calculée</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 7 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de O<sub>3</sub>

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14625	Critère de performance de la norme NF EN 14625	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APOA 370	49i	49C	M400E	O3 41M	O3 42M	OZ 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/B Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1035-V2-CRa Novembre 2004	Rapport TUV 936/21207124/A Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC-EQ2A-IZd-20882-99-cr156 1999	Rapport TUV 936/21205818/B Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1037-V1/Cra Novembre 2004
			Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-400 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol
Écart-type de répétabilité au zéro	8.4.5	≤ 1 nmol/mol	0,25 nmol/mol	0,1 nmol/mol	0,1 nmol/mol	0,7 nmol/mol	0,08 nmol/mol	0,4 nmol/mol	0,05 nmol/mol
Écart-type de répétabilité au niveau de la valeur limite horaire	8.4.5	≤ 3 nmol/mol	0,24 nmol/mol	0,17 nmol/mol	0,1 nmol/mol	1,1 nmol/mol	0,2 nmol/mol	1,0 nmol/mol	0,2 nmol/mol
Écart de linéarité	8.4.6								
Résidu maximal aux concentrations différentes de zéro		≤ 4% de C	0,81% de C <sup>(R)</sup>	1,15 % de C <sup>(R)</sup>	-3,37 % de C <sup>(R)</sup>	-1,42% de C <sup>(R)</sup>	3,48% de C <sup>(R)</sup>	-1,83% de C <sup>(R)</sup>	-2,93% de C <sup>(R)</sup>
Résidu au zéro		≤ 5 nmol/mol	0,45 nmol/mol	0,3 nmol/mol	-0,5 nmol/mol	0,5 nmol/mol	0,3 nmol/mol	0,1 nmol/mol	0,58 nmol/mol

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8 à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 7 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de O<sub>3</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14625	Critère de performance de la norme NF EN 14625	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APOA 370	49i	49C	M400E	O3 41M	O3 42M	OZ 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/B Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1035-V2-CRa Novembre 2004	Rapport TUV 936/21207124/A Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC-EQ2A-IZd-20882-99-cr156 1999	Rapport TUV 936/21205818/B Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1037-V1/Cra Novembre 2004
			Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-400 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol
Coefficient de sensibilité à la pression du gaz prélevé	8.4.7	≤ 2 nmol/mol/kPa	0,02 nmol/mol/kPa	0,1 nmol/mol/kPa	non évaluée	-	0,02 nmol/mol/kPa <sup>(R)</sup>	-	non évalué
Coefficient de sensibilité à la température du gaz prélevé	8.4.8	≤ 1 nmol/mol/K	0,1 nmol/mol/K	0,16 nmol/mol/K	-0,1 nmol/mol/K	0,03 nmol/mol/K	non évalué	0,04 nmol/mol/K	<0,05 nmol/mol/K
Coefficient de sensibilité à la température environnante	8.4.9	≤ 1 nmol/mol/K	0,38 nmol/mol/K	-0,16 nmol/mol/K	0,1 nmol/mol/K	0,06 nmol/mol/K	-0,34 nmol/mol/K <sup>(R)</sup>	0,065 nmol/mol/K	0,45 nmol/mol/K
Coefficient de sensibilité à la tension électrique	8.4.10	≤ 0,3 nmol/mol/V	0,003 nmol/mol/V <sup>(R)</sup>	0,02 nmol/mol/V	<0,05 nmol/mol/V	0,02 nmol/mol	non évalué	-0,045 nmol/mol	<0,05 nmol/mol

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 7 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de O<sub>3</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14625	Critère de performance de la norme NF EN 14625	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APOA 370	49i	49C	M400E	O3 41M	O3 42M	OZ 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/B Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1035-V2-CRa Novembre 2004	Rapport TUV 936/21207124/A Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC-EQ2A-IZd-20882-99-cr156 1999	Rapport TUV 936/21205818/B Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1037-V1/Cra Novembre 2004
			Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-400 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol
Interférents au zéro et à la concentration ct (seuil d'alerte horaire)	8.4.11								
H <sub>2</sub> O, concentration 19 mmol/mol		≤ 10 nmol/mol	A zéro : -0,10 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 0,26 nmol/mol	A zéro : -0,99 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : -1,64 nmol/mol	A zéro : -4,0 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 6,1 nmol/mol	A zéro : -0,8 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : -2,0 nmol/mol	À 195 nmol/mol d'O <sub>3</sub> et 18 mol/mol de H <sub>2</sub> O : 0,6 nmol/mol	A zéro : 1,0 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 1,1 nmol/mol	A zéro : 3,8 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : -5,5 nmol/mol
Toluène, concentration 0,5 µmol/mol		≤ 5 nmol/mol	A zéro : 0,06 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 0,74 nmol/mol	A zéro : 0,1 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 0,97 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,4 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 1,5 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,1 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 2,6 nmol/mol	<i>non évalué</i>
Xylène, concentration 0,5 µmol/mol		≤ 5 nmol/mol	A zéro : 0,1 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 0,84 nmol/mol	A zéro : 0,10 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 0,94 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,2 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 1,7 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : 0,4 nmol/mol Au seuil d'alerte horaire : 2,5 nmol/mol	<i>non évalué</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 7 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de O<sub>3</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14625	Critère de performance de la norme NF EN 14625	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APOA 370	49i	49C	M400E	O3 41M	O3 42M	OZ 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/B Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1035-V2-CRa Novembre 2004	Rapport TUV 936/21207124/A Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC-EQ2A-IZd-20882-99-cr156 1999	Rapport TUV 936/21205818/B Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1037-V1/Cra Novembre 2004
			Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-400 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol
Erreur de moyennage	8.4.12	≤ 7%	1,4%	4,08%	-1,3 %	3,5%	<i>non évaluée</i>	3,0%	-5,6%
Écart-type de reproductibilité dans les conditions sur site	8.5.5	≤ 5% de C <sub>mo</sub> mesurée sur 3 mois	2,1%	2,1%	3,70%	2,69%	<i>non évaluée</i>	3,24%	8,2%
Dérive à long terme au zéro	8.5.4	≤ 5 nmol/mol	-0,6 nmol/mol <sup>(R)</sup>	1,1 nmol/mol (valeurs certificat - pas de données pour recalculer la dérive)	-1,0 nmol/mol	-0,5 nmol/mol <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	0,57 nmol/mol <sup>(R)</sup>	0,4 nmol/mol
Dérive à long terme au point d'échelle	8.5.4	≤ 5% PE	-0,68% PE <sup>(R)</sup>	1% PE (2,5 nmol/mol) (valeurs certificat - pas de données pour recalculer la dérive)	4% PE	-0,56% PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	3,13% <sup>(R)</sup>	-1,1% PE

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.



**Tableau 7 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de O<sub>3</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14625	Critère de performance de la norme NF EN 14625	Horiba	Thermo Electron Corporation	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APOA 370	49i	49C	M400E	O3 41M	O3 42M	OZ 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/A Janvier 2006	Rapport TUV 936/21203248/B Janvier 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1035-V2-CRa Novembre 2004	Rapport TUV 936/21207124/A Août 2007	Rapport LCSQA/INERIS DRC-EQ2A-IZd-20882-99-cr156 1999	Rapport TUV 936/21205818/B Décembre 2006	Rapport LCSQA/INERIS DRC-04-55263-AIRE n°1037-V1/Cra Novembre 2004
			Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-400 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol	Gamme de certification 0-250 nmol/mol
Temps de réponse (montée)	8.4.3	≤ 180 s	56,5 s <sup>(R)</sup>	57,8 s <sup>(R)</sup>	28 s	66,3 s <sup>(R)</sup>	48 s	12,8 s <sup>(R)</sup>	19 s
Temps de réponse (descente)	8.4.3	≤ 180 s	63,75 s <sup>(R)</sup>	63,8 s <sup>(R)</sup>	24 s	61,5 s <sup>(R)</sup>	52 s	13,8 s <sup>(R)</sup>	24 s
Différence relative entre temps de montée et temps de descente	8.4.3	≤ 1% ou 10s selon la plus grande des 2 valeurs	12,8% et 7,25s <sup>(R)</sup>	10,4% et 6s <sup>(R)</sup>	12,6% et 4s	7,2% <sup>(R)</sup>	7,7% <sup>(R)</sup>	7,8% <sup>(R)</sup>	23% et 5s
Différence entre le port de prélèvement et le port étalonnage	8.4.13	≤ 1%	-	-	-	-	<i>non évaluée</i>	-	-
Période de fonctionnement sans intervention	8.5.6	3 mois ou moins selon instructions fabricant	1 mois	3 mois	3 mois	4 semaines	<i>non évaluée</i>	4 semaines	3 mois
Disponibilité de l'analyseur	8.5.7	> 90%	98%	98 %	99,95 %	96,5%	<i>non évaluée</i>	98,7%	100,0%
<b>Incertitude élargie calculée par l'organisme de certification</b>		15%	8,57%	9,80%	12,6%	8,93 et 8,86%	<i>non calculée</i>	9,63 et 8,99%	20,80%

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 8 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de SO<sub>2</sub>

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14212	Critère de performance de la norme NF EN 14212	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APSA 370	43i	M100E	AF21M	AF22M	SF 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21205926/B Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS 471104/91-01 1991	Rapport TUV 936/21206773/C Avril 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-Vta-Ygo/AR-n°228-2/93 1993
			Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol
Écart-type de répétabilité au zéro	8.4.5	≤ 1 nmol/mol	0,075 nmol/mol	0,015 nmol/mol	0,3 nmol/mol	0,38 nmol/mol	0	0,62 nmol/mol
Écart-type de répétabilité à la concentration ct (au niveau de la VLH)	8.4.5	≤ 3 nmol/mol	0,135 nmol/mol	0,030 nmol/mol	0,9 nmol/mol	0,5 nmol/mol	0,2 nmol/mol	0,589 nmol/mol (VLH 125 nmol/mol ; s <sub>r</sub> à 109 nmol/mol)
Écart de linéarité	8.4.6	≤ 4% de C	-1,06% de C <sup>(R)</sup>	4,28 % de C <sup>(R)</sup>	0,84% de C <sup>(R)</sup>	-2,25% de C <sup>(R)</sup>	-1,62% de C <sup>(R)</sup>	(testée entre 0 et 507 nmol/mol)
Résidu maximal aux concentrations différentes de zéro			0,42 nmol/mol	0,57 nmol/mol	0,34 nmol/mol	1,07 nmol/mol (à 5 nmol/mol)	0,3 nmol/mol	-1,2% (pour les concentrations >20% PE norme) <sup>(R)</sup>
Résidu au zéro		≤ 5 nmol/mol						2,3 nmol/mol
Coefficient de sensibilité à la pression du gaz prélevé	8.4.7	≤ 3 nmol/mol/kPa	0,02 nmol/mol/kPa	0,05 nmol/mol/kPa	0,06 nmol/mol/kPa	0,03 nmol/mol/kPa (évalué à 299 nmol/mol)	0,08 nmol/mol/kPa	non évalué
Coefficient de sensibilité à la température du gaz prélevé	8.4.8	≤ 1 nmol/mol/K	-0,09 nmol/mol/K	0,41 nmol/mol/K	0,013 nmol/mol/K	non évalué	-0,023 nmol/mol/K	non évalué

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 8 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de SO<sub>2</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14212	Critère de performance de la norme NF EN 14212	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES			
			APSA 370	43i	M100E	AF21M	AF22M	SF 2000G			
			Rapport TUV 936/21204643/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21205926/B Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS 471104/91-01 1991	Rapport TUV 936/21206773/C Avril 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-Vta-Ygo/AR-n°228-2/93 1993			
			Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol			
Coefficient de sensibilité à la température environnante	8.4.9	≤ 1 nmol/mol/K	0,25 nmol/mol/K	-0,26 nmol/mol/K	0,05 nmol/mol/K	0,66 nmol/mol/K (évalué à 322 nmol/mol) <sup>(R)</sup>	0,34 nmol/mol/K	-0,669 nmol/mol/K <sup>(R)</sup>			
Coefficient de sensibilité à la tension électrique	8.4.10	≤ 0,3 nmol/mol/V	0,02 nmol/mol/V	0,01 nmol/mol/V	0,02 nmol/mol/V	-0,04 nmol/mol/V (évalué à 590 nmol/mol)	0,009 nmol/mol/V	<i>non évalué</i>			
Interférents au zéro et à la concentration ct (seuil d'alerte horaire)	8.4.11	≤ 10 nmol/mol	A zéro : 0,07 nmol/mol A la VLH : -1,53 nmol/mol	A zéro : 0,10 nmol/mol A la VLH : -2,33 nmol/mol	A zéro : -0,4 nmol/mol A la VLH : -1,7 nmol/mol	<i>non évalué</i>	A zéro : -0,1 nmol/mol A la VLH : -2,3 nmol/mol	<i>non évalué</i>			
H <sub>2</sub> O, concentration 19 mmol/mol			≤ 5 nmol/mol	A zéro : -0,10 nmol/mol A la VLH : 0,03 nmol/mol	A zéro : -0,07 nmol/mol A la VLH : -0,67 nmol/mol		A zéro : 0,4 nmol/mol A la VLH : 0,4 nmol/mol		Évalué à 570 nmol/mol d'H <sub>2</sub> S A zéro : 5 nmol/mol A 294 nmol/mol : 9 nmol/mol <sup>(R)</sup>	A zéro : 0,0 nmol/mol A la VLH : 1,2 nmol/mol	<i>non évalué</i>
H <sub>2</sub> S, concentration 200 nmol/mol			≤ 5 nmol/mol	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : -0,40 nmol/mol	A zéro : 0,1 nmol/mol A la VLH : -0,33 nmol/mol		A zéro : 0,3 nmol/mol A la VLH : 1,1 nmol/mol		<i>non évalué</i>	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : 0,5 nmol/mol	<i>non évalué</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 8 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de SO<sub>2</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14212	Critère de performance de la norme NF EN 14212	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APSA 370	43i	M100E	AF21M	AF22M	SF 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21205926/B Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS 471104/91-01 1991	Rapport TUV 936/21206773/C Avril 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-Vta-Ygo/AR-n°228-2/93 1993
			Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol
NO, concentration 500 nmol/mol à ct		≤ 5 nmol/mol	A zéro : 3,10 nmol/mol A la VLH : 4,20 nmol/mol	A zéro : 2,8 nmol/mol A la VLH : 4,0 nmol/mol	A zéro : 0,4 nmol/mol A la VLH : 2,9 nmol/mol	Évalué à 865 nmol/mol de NO A zéro : 15 nmol/mol A 294 nmol/mol : 17 nmol/mol <sup>(R)</sup>	A zéro : 0,5 nmol/mol A la VLH : 1,9 nmol/mol	<i>non évalué</i>
NO <sub>2</sub> , concentration 200 nmol/mol à ct		≤ 5 nmol/mol	A zéro : 0,07 nmol/mol A la VLH : -0,50 nmol/mol	A zéro : 0,23 nmol/mol A la VLH : 0,67 nmol/mol	A zéro : 0,1 nmol/mol A la VLH : 0,8 nmol/mol	<i>non évaluée</i>	A zéro : 0 nmol/mol A la VLH : 0,0 nmol/mol	<i>non évalué</i>
m-xylène, concentration 1 µmol/mol à ct		≤ 10 nmol/mol	A zéro : 0,03 nmol/mol A la VLH : 0,47 nmol/mol	A zéro : 0,07 nmol/mol A la VLH : 1,0 nmol/mol	A zéro : 0,3 nmol/mol A la VLH : 0,9 nmol/mol	Évalué à 4 µmol/mol de m-xylène A zéro : 41 nmol/mol A 272 nmol/mol : 38 nmol/mol <sup>(R)</sup>	A zéro : -0,1 nmol/mol A la VLH : 0,5 nmol/mol	<i>non évalué</i>
Erreur de moyennage	8.4.12	≤ 7%	-4,3%	-3,56 %	2,4%	<i>non évaluée</i>	2,9%	<i>non évaluée</i>
Écart-type de reproductibilité dans les conditions sur site	8.5.5	≤ 5% de C <sub>moy</sub> mesurée sur 3 mois	4,2%	3,9%	4,8%	<i>non évaluée</i>	2,24%	<i>non évaluée</i>
Dérive à long terme au zéro	8.5.4	≤ 5 nmol/mol	0,49 nmol/mol (estimation à partir des graphes)	-0,4 nmol/mol (estimation à partir des graphes)	0,37 nmol/mol	<i>non évaluée</i>	-0,69 nmol/mol <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>
Dérive à long terme au point d'échelle	8.5.4	≤ 5% PE	0,09% PE (estimation à partir des graphes)	0,2% PE (estimation à partir des graphes)	1,1% PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>	1,97% PE <sup>(R)</sup>	<i>non évaluée</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.

**Tableau 8 :** Valeurs des caractéristiques métrologiques des analyseurs de SO<sub>2</sub> (suite)

Caractéristique métrologique	Paragraphe de la norme NF EN 14212	Critère de performance de la norme NF EN 14212	Horiba	Thermo Electron Corporation	Teledyne API	Environnement SA	Environnement SA	SERES
			APSA 370	43i	M100E	AF21M	AF22M	SF 2000G
			Rapport TUV 936/21204643/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21203248/D Juillet 2006	Rapport TUV 936/21205926/B Juin 2007	Rapport LCSQA/INERIS 471104/91-01 1991	Rapport TUV 936/21206773/C Avril 2008	Rapport LCSQA/INERIS MAN-Vta-Ygo/AR-n°228-2/93 1993
			Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-1000 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol	Gamme de certification 0-380 nmol/mol
Temps de réponse (montée)	8.4.3	≤ 180 s	82,3 s <sup>(R)</sup>	68,3 s <sup>(R)</sup>	76,5 s <sup>(R)</sup>	101 s	49,8 s <sup>(R)</sup>	135 s
Temps de réponse (descente)	8.4.3	≤ 180 s	85,3 s <sup>(R)</sup>	72 s <sup>(R)</sup>	78,3 s <sup>(R)</sup>	96 s	51,5 s <sup>(R)</sup>	112 s
Différence relative entre temps de montée et temps de descente	8.4.3	≤ 1% ou 10s selon la plus grande des 2 valeurs	6% <sup>(R)</sup>	5,5% <sup>(R)</sup>	2,3% <sup>(R)</sup>	5,3% <sup>(R)</sup>	3,5% <sup>(R)</sup>	1% <sup>(R)</sup>
Différence entre le port de prélèvement et le port étalonnage	8.4.13	≤ 1%	-	-	-	<i>non évaluée</i>	0,19%	<i>non évaluée</i>
Période de fonctionnement sans intervention	8.5.6	3 mois ou moins selon instructions fabricant	3 mois	3 mois	4 semaines	<i>non évaluée</i>	4 semaines	<i>non évaluée</i>
Disponibilité de l'analyseur	8.5.7	> 90%	98%	98%	98,6%	<i>non évaluée</i>	98,6%	<i>non évaluée</i>
<b>Incertitude élargie calculée par l'organisme de certification</b>		15%	11,5%	12,2%	11,74% et 11,80%	<i>non calculée</i>	7,63 et 8,97%	<i>non calculée</i>

<sup>(R)</sup> : valeur de caractéristique de performance recalculée selon les modalités définies en début de §8, à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation.