



INCERTITUDE DUES AUX ANALYSEURS, ÉVALUATION, CERTIFICATION

Séminaire technique LCSQA – AASQA
Octobre 2004

INERIS

Cécile RAVENTOS (INERIS), Pascal LAUNEY (LNE)

Dispositif National de Surveillance de la Qualité de l'Air
LCSQA
Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Estimation des incertitudes associées aux analyseurs automatiques de gaz

- Quelles données nécessaires ?
- Quelles informations apportées par la certification ?
- Comment utiliser les résultats des évaluations d 'analyseurs ?

Des systèmes de certification similaires

- En Allemagne
- En Angleterre
- En France : marque NF Instrumentation pour l'Environnement délivrée par l'ACIME



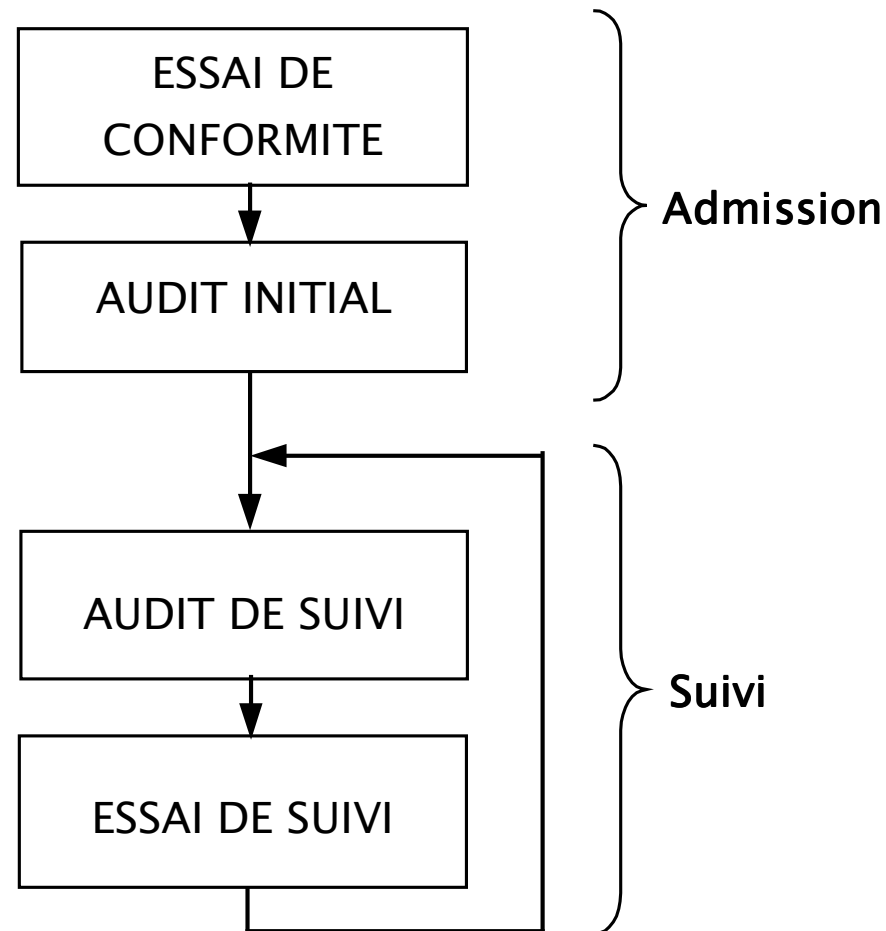
- Association pour la Certification des Instruments de Mesure pour l'Environnement créée en 2003 par :
 - AFNOR CERTIFICATION
 - INERIS
 - LNE
- Avec le soutien de l'ADEME et du MEDD

Ce qu'apporte la certification

- Garantie sur les performance des appareils :
 - adaptées à l 'usage des produits
 - conformes à un référentiel basé sur les prescriptions normatives et réglementaires
 - critères de performance
 - seuil d 'incertitude au niveau de la VL réglementaire
- Garantie d 'un contrôle qualité des appareils par le fabricant
 - exigences concernant le produit
 - exigences concernant le management de la qualité

Comment est vérifiée la conformité des analyseurs ?

Schéma de principe d'obtention de la marque NFIE et processus de surveillance des produits certifiés



Référentiels pour l'évaluation des analyseurs d'air ambiant

Référentiels :

- Avant : norme NF X 20-300 « Evaluation des caractéristiques des analyseurs sur banc d'essai »
- Aujourd'hui : futures normes européennes relatives aux méthodes de mesurage
 - O₃ (EN 14625), CO (EN 14626), NO_x (EN 14211), SO₂ (EN 14212)

Ce qui change avec les normes européennes :

- + de caractéristiques de performance testées en laboratoire
- 1 essai sur site
- mise en œuvre différente de certains essais
- des critères de performances
- 1 calcul d'incertitude

Quelles caractéristiques de performance sont évaluées ? (1 / 3)

- Des caractéristiques prises en compte dans le calcul d 'incertitude
- Des caractéristiques métrologiques seulement comparées à un critère

Quelles caractéristiques de performance sont évaluées ? (2 / 3)

– Des caractéristiques prises en compte dans le calcul d'incertitude

- Certaines caractéristiques métrologiques :
 - Ecart de linéarité
 - Dérive
 - Répétabilité / reproductibilité
 - Erreur de moyennage
 - Ecart entre voies d'injection du gaz
 - Rendement de convertisseur
- Sensibilité de l'appareil à des paramètres d'influence :
 - Physiques : T, tension électrique, P
 - Et chimiques

Quelles caractéristiques de performance sont évaluées ? (3 / 3)

- Des caractéristiques métrologiques seulement comparées à un critère
 - Temps de réponse
 - Période de fonctionnement sans intervention
 - Période de disponibilité de l'analyseur

Calcul de l'incertitude : modélisation du mesurage

La concentration du composé visé est mesurée directement.

Elle dépend :

- de la valeur C_{lue} donnée par l'analyseur
- des grandeurs ayant une influence sur la mesure

$$C = f(C_{lue}, X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$$

Le mesurage peut donc être modélisé par :

$$C = C_{lue} + \sum_{i=1}^n Correction_i$$

$\sum_{i=1}^n Correction_i$: corrections des écarts dus aux grandeurs d'influence

Calcul de l'incertitude : application de la loi de propagation des incertitudes

$$u_c^2(C) = \left(\frac{\partial C}{\partial C_{lue}} \right)^2 u^2(C_{lue}) + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial C}{\partial Correction_i} \right)^2 u^2(Correction_i)$$

Où :

$u_c(C)$: incertitude-type composée associée à la concentration du composé mesuré

$u(x_i)$: incertitude-type associée à la grandeur x_i : C_{lue} ou $Correction_i$

$\frac{\partial C}{\partial x_i}$: coefficient de sensibilité de C à la grandeur x_i

Calcul de l'incertitude : calcul des incertitudes-types

Il est nécessaire de connaître :

- les valeurs des caractéristiques métrologiques
- les valeurs de sensibilité de l'analyseur aux paramètres d'influence
- la variation de ces paramètres d'influence entre période de calibrage de l'appareil et période de mesure

Exemples de calcul d 'incertitude-type

- Incertitude-type associée à la correction de répétabilité

$$u(Corr_{répét}) = S_r$$

Où S_r : écart-type de répétabilité

- Incertitude-type associée à la correction de sensibilité à T_{amb}
 - Hypothèse : effet de T proportionnel à la valeur de ΔT donc correction aussi proportionnelle à ΔT :

$$Corr_{T_{amb}} = a \times \Delta T$$

Exemples de calcul d 'incertitude-type

- Application de la loi de propagation des incertitudes

$$u^2(Corr_{T_{amb}}) = \left(\frac{\partial Corr_{T_{amb}}}{\partial \Delta T} \right)^2 u^2(\Delta T)$$

$\frac{\partial Corr_{T_{amb}}}{\partial \Delta T}$: facteur de sensibilité à T_{amb} déterminé en évaluation

$$u(\Delta T) = \sqrt{\frac{(T_{\max} - T_{cal})^2 + (T_{\max} - T_{cal})(T_{\min} - T_{cal}) + (T_{\min} - T_{cal})^2}{3}} \quad : \text{selon ISO 14956}$$

$T_{\max} - T_{\min}$: valeurs max et min de T_{amb} pendant la période de mesure

T_{cal} : valeur de T_{amb} lors de la période de calibrage

Exemples de calcul d 'incertitude-type

- Simplifications :

- Si T_{cal} au centre de l 'intervalle $[T_{\text{max}} - T_{\text{min}}]$: $u(\Delta T) = \frac{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})}{2\sqrt{3}}$

- Si $T_{\text{cal}} = T_{\text{min}}$ ou T_{max} : $u(\Delta T) = \frac{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})}{\sqrt{3}}$

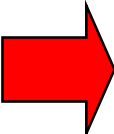
- Si enceinte climatisée et T_{amb} varie entre les T extrêmes de façon sensiblement sinusoïdale :

$$u(\Delta T) = \frac{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})}{2\sqrt{2}}$$

Plages de variation des paramètres d'influence

PARAMETRE	DOMAINE DE VARIATION CONSIDERE
INTERFERENTS CHIMIQUES : plages par défaut proposées dans la norme ISO 14956	
O ₃	0 à 250 µg/m ³
H ₂ O	30 à 90%
CO	0 à 30 mg/m ³
CO ₂	600 à 1000 mg/m ³
CH ₄	1,2 à 2,0 mg/m ³
C ₆ H ₆	0 à 30 µg/m ³
NO	0 à 100 µg/m ³ – zone circulation : 0 à 1000 µg/m ³
NO ₂	0 à 200 µg/m ³
NH ₃	0 à 20 µg/m ³
SO ₂	0 à 400 µg/m ³
H ₂ S	0 à 30 µg/m ³
GRANDEURS D'INFLUENCE PHYSIQUES	
Température ambiante	Fonction des caractéristiques de climatisation su local
Tension électrique d'alimentation	Test normes EN sur plage : ± 10%
Pression d'échantillonnage	Test normes EN sur plage : 80-110 kPa

Conclusion 1 : comment utiliser les résultats des évaluations d'analyseurs pour le calcul d'incertitude ?

 En se basant sur les valeurs des caractéristiques de performance pour établir un budget d'incertitude

A noter :

- Si le domaine de concentration sur site est $\ll$ aux concentrations d'essai : risque de surestimation des caractéristiques de performance et donc de l'incertitude
- Le calcul d'incertitude élargie est basé sur les conditions environnementales d'essai
 - Permet de qualifier l'analyseur en terme d'incertitude au niveau de la VL, dans ces conditions
 - Ne permet pas de connaître l'incertitude dans les conditions de site

Conclusion 2 : quelles informations apportées par le certification ?

Certificat = source d 'informations sur :

- le respect des critères de performance
- le niveau d 'incertitude obtenu en prenant en compte :
 - certaines caractéristiques métrologiques
 - des conditions d 'utilisation choisies de façon conventionnelle

Il appartient à chaque utilisateur d 'un appareil, d 'utiliser ces informations pour estimer l 'incertitude de mesure dans ses conditions spécifiques d'utilisation de l'appareil.

Analyseurs certifiés NF IE à ce jour



Mesure de CO

- CO 2000G – SERES

Mesure de COV

- HC 51M – ENVIRONNEMENT SA

Mesure de C₆H₆

- VOC 71 M version FID – ENVIRONNEMENT SA
- VOC 71 M version PID – ENVIRONNEMENT SA

Mesure de NO_x

- AC 32M – ENVIRONNEMENT SA

Mesure d 'O₃

- O3 42 M – ENVIRONNEMENT SA
- OZ 2000G – SERES