



Evaluation d'analyseurs multigaz portables à l'émission de dispositifs de combustion *Assessment of multigaz portable analysers for emissions of boiler rooms*

*Quels sont les points forts et les limites d'utilisation des analyseurs multigaz portables
utilisant la technique des cellules électrochimiques ?*

Jean POULLEAU (*)

RÉSUMÉ

En 1995, l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) a été chargé par le groupe de travail « Pollution de l'Air » de l'EXERA (1) d'évaluer cinq analyseurs portables multigaz, utilisant le principe des cellules électrochimiques.

Les essais de laboratoires ont montré des niveaux d'incertitudes variables dus aux erreurs de répétabilité et aux défauts de linéarité.

Les appareils ont été testés sur site dans un incinérateur d'ordures ménagères et dans une chaufferie charbon. Les résultats confirment un défaut de justesse provenant des effets croisés des gaz interférents.

Ces analyseurs ont des caractéristiques métrologiques insuffisantes pour mesurer des polluants de façon précise, mais ils sont très utiles pour régler les paramètres de combustion dans les chaufferies. Pour un coût modeste, les exploitants peuvent aisément mesurer les températures de gaz, les concentrations en CO, SO₂, O₂ et NO_x, la dépression du foyer, l'indice Baccharach et évaluer les pertes par les fumées.

ABSTRACT

In 1995, the National Institute for Industrial Environment and Hazards (INERIS) was commissioned by the Working Group « Air Pollution » to assess five multigas portable analyzers, using electrochemical cells.

Laboratory tests showed different levels of uncertainty due to repeatability errors and a lack of linearity.

The apparatus were tested on site at a waste management incinerator and a coal fired plant. The results confirmed a lack of trueness due to cross interference sensitivity.

These analyzers have insufficient performance characteristics to be used for accurate measurements of pollutants, but they are very useful measuring devices for adjusting combustion parameters in boiler rooms. At a low cost, boiler operators can easily measure gas temperatures, CO, SO₂, O₂ and NO_x concentrations, underpressure in furnaces, Baccharach index and evaluate the losses in the stack.

1. Introduction

En 1995, l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) a été chargé par le groupe de travail « Pollution de l'Air » de l'EXERA d'évaluer cinq analyseurs portables multigaz, utilisant le principe des cellules électrochimiques.

(*) Département Mesures et Analyses, INERIS, avec la collaboration du groupe de travail « Pollution de l'air » de l'INERIS.

(1) Association des exploitants d'équipement de mesure, de régulation et d'automatismes.

Ces analyseurs, appelés traditionnellement « analyseurs de combustion » ont pour vocation première le réglage des équipements de chauffe grâce à une mesure du CO et de O₂, de la température des fumées et de l'air ambiant. Ils permettent en outre de déterminer un indice de noircissement Baccharach et calculent un rendement approché de combustion. Depuis quelques années ces appareils se sont perfectionnés, intégrant dans un coffret aisément transportable, des cellules électrochimiques permettant la mesure simultanée de O₂, NO, SO₂ et CO en continu avec l'affichage des paramètres mesurés sur un écran à cristaux liquides et sur imprimante inté-

grée. Leurs nouvelles capacités alliées à une grande facilité de mise en oeuvre permettaient d'envisager des usages plus étendus que le réglage d'équipements de combustion. Le traitement des interférents par matrice ou par filtres chimiques permettait d'espérer également des mesures plus stables et plus exactes que par le passé.

Le groupe de travail souhaitant disposer de résultats objectifs et chiffrés concernant les caractéristiques métrologiques des matériels, mais également d'indications pratiques sur le comportement des matériels en utilisation industrielle, a opté pour une procédure d'évaluation comprenant à la fois des essais en laboratoire et sur site.

2. Protocole et méthode d'évaluation

Le groupe de travail de l'EXERA, chargé du suivi de l'opération a procédé tout d'abord, à la rédaction d'un protocole d'évaluation détaillé décrivant l'application visée, la liste et les conditions des essais prévus. Ce document a été soumis aux constructeurs qui ont pu ainsi proposer la configuration de chaîne d'analyse qui leur paraissait la mieux adaptée.

L'INERIS a procédé à l'évaluation de chaînes d'analyse complètes (canne de prélèvement, conditionnement d'échantillons, analyseurs de gaz), considérées pour les essais comme un ensemble indissociable.

Programme d'essai

Les *essais en laboratoire* conformes à la norme AFNOR X 20-300 avaient pour objectif de déterminer :

- le temps de réponse,
- la courbe de réponse et l'étude de linéarité (caractéristiques recontrôlées après une utilisation de 6 mois),
- les limites de détection et de quantification,
- les dérives sur 2 h (dérive avec un gaz zéro et à mi-échelle),
- les interférences liées à la présence de composés gazeux comme CO, CO₂, NO₂, SO₂, NO, O₂, HCl, NH₃, CH₄ (ce dernier pour simuler la présence d'hydrocarbures imbrûlés dans les fumées),
- l'influence de variations de pression de l'échantillon à analyser,
- l'effet d'hystérésis,
- essais de vibrations.

L'objectif évident des *essais sur site* était de connaître le fonctionnement du matériel en service réel, c'est-à-dire son aptitude à analyser des fumées corrosives, empoussiérées, humides..., de manière à éviter d'orienter le choix des utiliza-

teurs vers des matériels excellents sur le plan métrologique mais peu aptes à un service industriel. A contrario, le groupe de travail était conscient des difficultés liées à ces essais qui donnent des résultats extrêmement précieux mais difficiles à quantifier dans l'absolu parce que tributaires des conditions du site. C'est pourquoi il a été décidé de procéder à ces essais de manière comparative en installant simultanément, sur un même site, les cinq chaînes d'analyse testées en parallèle avec des analyseurs classiques (paramagnétique pour O₂, à absorption infra-rouge pour CO, SO₂, à chimiluminescence pour NO).

Pendant la durée des essais, le laboratoire devait noter les dérives, vérifier la cohérence des mesures avec celles obtenues par les méthodes classiques et bien entendu, noter les éventuels incidents.

Deux sites ont été retenus pour ces essais :

- installation de combustion de charbon :
 - température de 130-160 °C,
 - empoussièrément de l'ordre de 50 mg/m³,
 - teneur en HCl de 150 mg/m³.
- usine d'incinération d'ordures ménagères équipée d'un laveur des fumées :
 - température de 60-70 °C,
 - empoussièrément de l'ordre de 35 mg/m³,
 - teneur en HCl de 30 mg/m³.

Pour chacun des deux sites, le programme d'essai a été le suivant :

- 1^{er} jour: alternances de périodes de fonctionnement (1/2 h) et de repos (1 h).
- 2^e jour : alternances de périodes de fonctionnement (1 h) et de repos (1 h).
- 3^e jour: alternances de périodes de fonctionnement (2 h) et de repos (1 h).

3. Les matériels évalués

Chaque analyseur fait l'objet d'un rapport d'évaluation particulier :

Constructeur	Type	Rapport EXERA
MSI Elektronik GmbH	MSI 2500	E 3676
KANE MAY	Quintox KM 9006	E 3678
ANAPOL SA	M/CH Type M3	E 3675
IMR	IMR 3000 P	E 3677
TESTOTERM GmbH	Testo 33	E 3679

Chaque appareil, équipé de cellules électrochimiques CITY TECHNOLOGY mesure simultanément et en continu, les concentrations des quatre gaz suivants:

- O₂ : 0-20,9 %,
- NO : 0-1 000 ppm exprimé en équivalent NO₂,
- CO : 0-4 000 ppm,
- SO₂ : 0-4 000 ppm.

Pour l'évaluation, les constructeurs ont fourni un boîtier-analyseur et les équipements périphériques suivants :

- cannes de prélèvement
 - 3 cannes chauffées,
 - 2 cannes non chauffées.
- traitements des gaz
 - 3 modules de préparation avec séchage par effet Peltier,
 - 1 module de préparation avec séchage par perméation,
 - 1 pot à condensat seul.

Le coût de ces analyseurs équipés d'un module de traitement des gaz s'échelonne entre 60 et 100 kF H.T.

Principe de fonctionnement

Le principe de la mesure repose sur l'usage de cellules électrochimiques qui sont le siège de réactions d'oxydoréduction au passage des gaz.

Le gaz qui diffuse à travers une membrane perméable au gaz, imperméable aux liquides, s'oxyde au contact de l'électrolyte acide, sur une électrode catalytique. L'oxygène utilisé dans la réaction se réduit sur l'autre électrode.

Cette oxydoréduction crée des ions et des électrons provoquant un courant entre les deux électrodes et une migration des ions H^+ à l'intérieur du capteur. Les ions migrent lentement par rapport à la vitesse des électrons, d'où la création d'une capacité chargée qui diminue le signal observé.

Une troisième électrode de référence évite cette diminution du signal.

L'utilisation de cellules électrochimiques doit tenir compte de toute une série d'influence dues à l'environnement et de la sensibilité « transversale » des cellules vis-à-vis des autres gaz.

Dans la pratique, les filtres chimiques et les calculs de correction (matrice d'interférence établie en usine) sont les procédés utilisés pour remédier à ces interférences « croisées ».

Les sensibilités aux différents gaz étant des constantes spécifiques, les signaux de sortie constituent un système d'équations du premier degré avec autant d'inconnues que de cellules utilisées. L'inversion de la matrice du système permet d'établir une relation directe entre les différentes tensions et les concentrations effectives.

4. Résultats marquants

Les appareils ont été évalués sur une période de 11 mois. Lors des essais, nous avons fait le constat suivant :

- rien à signaler pour 3 appareils,
- cellule SO_2 remplacée car mal calibrée pour un appareil,

– un appareil remplacé car cellule CO mal calibrée.

4.1. Essais en laboratoire

Ils ont été réalisés dans une enceinte climatique.

Temps de réponse mesuré avec la ligne d'échantillonnage et le traitement des gaz fournis par le constructeur

Le temps mesuré pour atteindre 90 % de la réponse t_{90} est de :

- 25 à 56 s en montée et 20 à 55 s en descente pour O_2 ,
- 22 à 36 s en montée et 19 à 38 s en descente pour NO,
- 38 à 107 s en montée et 35 à 105 s en descente pour CO,
- 32 à 113 s en montée et 25 à 83 s en descente pour SO_2 .

A titre de comparaison, rappelons que la valeur limite du temps de réponse pour un analyseur classique est de 5 minutes.

Etude de linéarité et détermination des limites

– Réponse O_2 /air

La réponse des analyseurs est linéaire, sauf au voisinage de zéro et le coefficient directeur des droites de réponse varie de 0,87 à 0,96 (les analyseurs indiquent 8,7 à 9,6 % lorsque 10 % d' O_2 sont générés), et tend à augmenter dans le temps pour se positionner entre 0,97 et 1,03 six mois plus tard.

Les écarts de linéarité entre 0 et 20 % de l'étendue de mesure varient entre 0,3 et 6,4 %, et entre 0,4 et 4,3 % au-delà. Ces chiffres sont à rapprocher de l'incertitude de mesure plus ou moins optimiste donnée par les constructeurs : entre 0,2 et 8 % de l'étendue de mesure.

L'erreur de répétabilité donnée par l'écart-type a pour maximum une valeur limite située dans l'intervalle : 0,33 à 3,4 % de l'étendue de mesure.

Les limites de détection sont inférieures à 0,14 % absolus.

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, la valeur de la limite de détection ne doit pas dépasser 0,15 % de l'étendue de mesure soit 0,03 % absolu.

– Réponse NO/air

Les appareils ont été testés sur la gamme 0-2 000 ppm de NO par injection de NO dans de l'air. La réponse des analyseurs est linéaire, sauf au voisinage de zéro et le coefficient directeur des droites de réponse varie de 0,77 à 0,85 et tend à varier dans le temps.

Compte tenu de l'interférence de l'O₂ sur la mesure de NO, le coefficient directeur des droites de réponse à 1 000 ppm de NO dans de l'azote après correction varie de 0,92 à 1,06.

Les écarts de linéarité entre 0 et 20 % de l'étendue de mesure varient entre 0,8 et 6,4 % et entre 1,1 et 3,4 % au-delà. Ces chiffres sont à rapprocher de l'incertitude de mesure plus ou moins optimiste donnée par les constructeurs : entre 1 et 10 % de l'étendue de mesure.

L'erreur de répétabilité donnée par l'écart-type a pour maximum une valeur limite située dans l'intervalle : 0,3 à 1,8 % de mesure.

Les limites de détection se situent entre 5,9 et 11 ppm.

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, la valeur de la limite de détection ne doit pas dépasser 0,15 % de l'étendue de mesure soit 1,5 ppm absolu.

– Réponse CO/air

Les appareils ont été testés sur la gamme 0-4 000 ppm de CO. La réponse des analyseurs est linéaire, sauf au voisinage de zéro et le coefficient directeur des droites de réponse varie de 0,89 à 1,08 pour se positionner entre 0,86 et 1,0 six mois plus tard.

Les écarts de linéarité entre 0 et 20 % de l'étendue de mesure varient entre 0,02 et 1,2 %, et entre 0,85 et 1,6 % au-delà. Ces chiffres sont à rapprocher de l'incertitude de mesure donnée par les constructeurs: entre 1 et 10% de l'étendue de mesure.

L'erreur de répétabilité donnée par l'écart-type a pour maximum une valeur limite située dans l'intervalle: 0,13 à 1,1 % de l'étendue de mesure.

Les limites de détection se situent entre 5,1 et 54,3 ppm.

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, la valeur de la limite de

détection ne doit pas dépasser 0,15 % de l'étendue de mesure soit 6 ppm absolu.

– Réponse SO₂/air

L'appareil a été testé sur la gamme 0-4 000 ppm de SO₂. La réponse des analyseurs est linéaire et le coefficient directeur des droites de réponse varie de 0,75 à 1,04 et tend à varier dans le temps pour se positionner entre 0,65 et 0,98 six mois plus tard.

Les écarts de linéarité entre 0 et 20 % de l'étendue de mesure varient entre 0,01 et 1,2 %, et entre 1,4 et 10,9 % au-delà. Ces chiffres sont à rapprocher de l'incertitude de mesure plus ou moins optimiste donnée par les constructeurs : entre 1 et 10 % de l'étendue de mesure.

L'erreur de répétabilité donnée par l'écart-type a pour maximum une valeur limite située dans l'intervalle : 0,15 à 0,6 % de l'étendue de mesure.

Les limites de détection se situent entre 2,7 et 31 ppm.

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, la valeur de la limite de détection ne doit pas dépasser 0,15 % de l'étendue de mesure soit 6 ppm absolu.

Incertitude de mesure

De ces premiers résultats nous pouvons déterminer l'incertitude de mesure liée aux erreurs de répétabilité et aux écarts de linéarité (étant exclues les erreurs dues à des défauts de calibrage ou à l'influence d'interférents gazeux) (voir tableau ci-dessous).

A titre de comparaison, rappelons que la valeur limite de défaut de linéarité pour un analyseur classique est de 2 %.

Essais de dérive de sensibilité sur 2 heures

La dérive mesure la variation d'indication de l'analyseur par unité de temps lorsqu'on lui injecte

		Données constructeurs *	Incertainité réelle % de la pleine échelle
O ₂	de 0 à 20 % de la gamme	± 0,2 à 8 %	< ± 9,8 %
	de 20 à 80 % de la gamme	± 0,2 à 8 %	< ± 7,7 %
NO	de 0 à 20 % de la gamme	± 1 à 10 %	< ± 8,2 %
	de 20 à 80 % de la gamme	± 5 à 10 %	< ± 5,2 %
CO	de 0 à 20 % de la gamme	± 1 à 10 %	< ± 2,3 %
	de 20 à 80 % de la gamme	± 5 à 10 %	< ± 2,7 %
SO ₂	de 0 à 20 % de la gamme	± 1 à 10 %	< ± 1,8 %
	de 20 à 80 % de la gamme	± 5 à 10 %	< ± 11,5 %

* Les données sont très différentes d'un constructeur à l'autre, certains sous estimant ou sur estimant les capacités de leurs appareils.

te une concentration connue et stable dans le temps.

	Dérive mini	Dérive maxi	Unité	Dérive maxi sur 1 h
O ₂	0,0003	0,0597	%/min	3,6 %
NO	0,15	0,67	ppm/min	40 ppm
CO	0,019	0,86	ppm/min	52 ppm
SO ₂	0,1876	0,595	ppm/min	36 ppm

Influence de la température de fonctionnement

L'influence de la température a été déterminée sur le gaz SO₂. Les constructeurs préconisent d'utiliser l'appareil dans l'intervalle de température + 5 °C (ou + 10 °C) à + 40 °C. La mesure autour de 1 750 ppm croît de 3,7 à 7,5 ppm/°C.

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, la valeur limite pour la variation du signal est de 35 ppm de 5 à 25 °C, soit 1,75 ppm/°C.

Influence de la pression de l'échantillon

Les appareils sont peu sensibles à la pression dans le conduit à caractériser entre - 50 mmCE et + 50 mmCE.

Influence des interférents gazeux

Malgré le traitement qui est fait des interférents gazeux, les essais font généralement apparaître des interférences notables :

- du CO₂ sur SO₂ (en moyenne - 7,4 ppm/%),
- du CO₂ sur CO (environ 7 ppm/%),
- de l'O₂ sur le NO (environ - 8 ppm/%).

A titre de comparaison, rappelons que pour un analyseur classique, l'influence de chaque interférent potentiel doit être inférieure à 1% relatif de la concentration d'essai.

Les coefficients d'interférence qui servent à élaborer les matrices d'interférence, dépendent du niveau de concentration des gaz à mesurer et du gaz interférent et ne peuvent donc être déterminés à partir d'une simple injection de gaz interférent à une concentration, sans présence de gaz à mesurer comme cela est fait habituellement par les constructeurs.

Le traitement des interférences croisées par calcul à partir d'une matrice peut être satisfaisant si l'appareil est utilisé pour mesurer des effluents dont les caractéristiques varient peu et que la matrice d'interférence a été élaborée pour ce type d'effluent. Cela est rarement le cas et lorsqu'il en est ainsi, il convient de déterminer les coefficients de cette matrice en injectant effectivement les concentrations attendues de gaz à mesurer et de gaz interférent : cela ne semble pas être réalisé de façon suffisamment fine aujourd'hui.

Si l'utilisateur souhaitait utiliser son analyseur pour différents types d'effluents, il lui faudrait disposer de différents types de matrices.

Effets d'hystérésis

Après une injection de 1 % de CO pendant 5 mn, l'appareil a besoin d'un balayage d'air propre de 8 à 15 mn pour retrouver sa concentration initiale. Cette dernière est atteinte après 2 à 11 mn de mesure selon les appareils.

Effet des vibrations

La vibration des appareils à 60 Hz provoque les effets réversibles suivants :

- augmentation de la teneur en CO suivant 3 axes et détérioration de la sonde de température pour un appareil,
- panne de fonctionnement de la cellule de NO pour un second appareil,
- augmentation de la teneur en CO pour un troisième appareil suivant 2 axes,
- augmentation de la teneur en CO pour un quatrième appareil suivant un axe,
- augmentation de la teneur en CO, SO₂ et NO pour un cinquième appareil suivant trois axes.

Les variations de teneurs sont réversibles.

4.2. Essais sur site

Les appareils évalués ont été comparés avec des analyseurs dont les principes de mesure sont les suivants :

O₂ : analyseur paramagnétique,
NO : analyseur à chimiluminescence,
CO : analyseur à absorption infra-rouge,
SO₂ : analyseur à absorption infra-rouge.

Usine d'incinération d'ordures ménagères

Les rapports entre les indications des analyseurs en test et celles des analyseurs de référence sont les suivants :

- ratio O₂/réf = 1,01 à 1,11
- ratio NO/réf = 0,85 à 1,25
- ratio CO/réf = 0 à 20,9 pour des teneurs proches des limites de détection
- ratio SO₂/réf = 0,32 à 0,89.

Quatre appareils donnent des indications très proches de la référence en O₂.

Les autres ratios ne sont pas totalement en accord avec les résultats obtenus en labo ce qui peut s'expliquer par l'effet d'influence des interférents présents dans l'effluent gazeux et les conditions d'environnement du site. Des écarts conséquents et non constants lors d'une même journée de mesure apparaissent pour la mesure de SO₂.

Les concentrations mesurées en CO sont du même ordre de grandeur que les limites de détection et ne sont donc pas fiables.

Installation de combustion charbon

Les rapports entre les indications des analyseurs en test et celles des analyseurs de référence sont les suivants :

- ratio O_2 /réf = 1,00 à 1,45
- ratio NO/réf = 0,84 à 1,09
- ratio CO/réf = 0,0 à 2,57
- ratio SO_2 /réf = 0,73 à 0,89.

Les appareils donnent des indications très proches de la référence en O_2 sauf pour un appareil. Les autres ratios, sensiblement différents de ceux obtenus lors de la première campagne de mesure, ne sont pas totalement en accord avec les résultats obtenus en labo ce qui peut s'expliquer par l'effet d'influence des interférents présents dans l'effluent gazeux et les conditions d'environnement du site.

4.3. Commentaires sur l'utilisation et la construction

Construction

Le boîtier des appareils est généralement confectionné en bois recouvert de matière plastique ou d'aluminium, de dimensions moyennes : $380 \times 200 \times 500$ mm. Les appareils sont de construction soignée et pèsent de 3 à 15 kg. Les tests de choc effectués appareils fermés, n'ont pas détérioré le fonctionnement des appareils.

Les cannes de prélèvement en inox ou inconnel, chauffées ou non, sont raccordées à une ligne en silicone, néoprène ou PTFE. Les gaz sont ensuite filtrés et asséchés dans un module indépendant de l'analyseur ou font simplement l'objet d'une décantation et filtration pour déshumidification avant leur entrée dans les cellules de mesure.

Mise en service - Utilisation

Les appareils peuvent être alimentés sur secteur 220 V ou par batterie interne.

Les calibrages en sensibilité des appareils, prenant en compte les interférences croisées, ont été effectués par les constructeurs au départ de l'usine. Ce réglage ne peut être modifié ultérieurement par l'utilisateur qui pourra cependant vérifier l'indication de son appareil par l'injection d'un gaz pour étalonnage.

L'utilisation des appareils est aisée. A leur mise sous tension les appareils calibrent automatiquement leur zéro et 20,9 % d' O_2 . L'utilisateur fait ensuite le choix des paramètres de mesure grâce au menu déroulant apparaissant sur l'écran. En fonction des applications de l'utilisateur, le

constructeur ou son représentant, préconise une durée maximale d'utilisation avant de laisser les cellules de mesure « respirer » de l'air frais.

Le recalibrage en sensibilité des appareils est conseillé quelles que soient les circonstances, après 1 000 heures d'analyse ou 1 an d'utilisation même si le quota d'heures n'est pas atteint.

Les analyseurs disposent d'une imprimante thermique ou à aiguille et d'une horloge. Ils sont équipés, pour la plupart, d'une interface série V24 (RS 232) et plus rarement d'une sortie analogique.

L'intervalle de température généralement préconisé pour le stockage est $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour les mesures.

Certains appareils disposent d'un programme de test intégré contrôlant les fonctions de l'appareil et les paramètres des cellules. En cas d'anomalie un message apparaît sur l'écran.

Commentaires sur la documentation

Les documents fournis par les constructeurs disposent d'une table des matières et de rubriques décrivant notamment :

- les instructions générales de fonctionnement, la mise en œuvre et la programmation de la configuration,
- la description des différentes parties de l'appareil,
- les consignes d'entretien,
- les prescriptions et limites d'utilisation (températures, autonomie, incertitude de mesure),
- les caractéristiques techniques,
- les options possibles et pièces détachées...

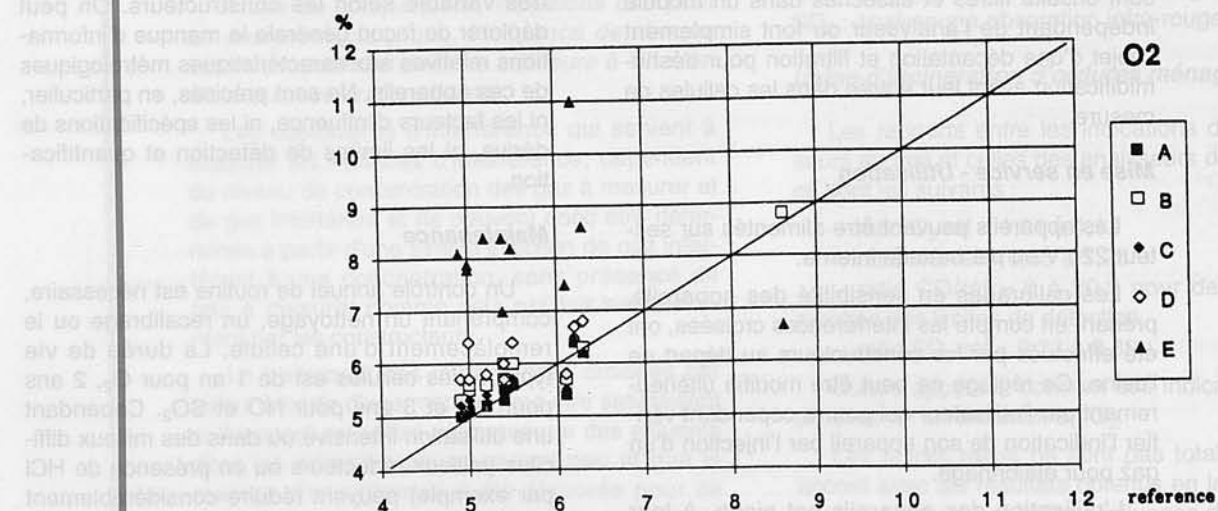
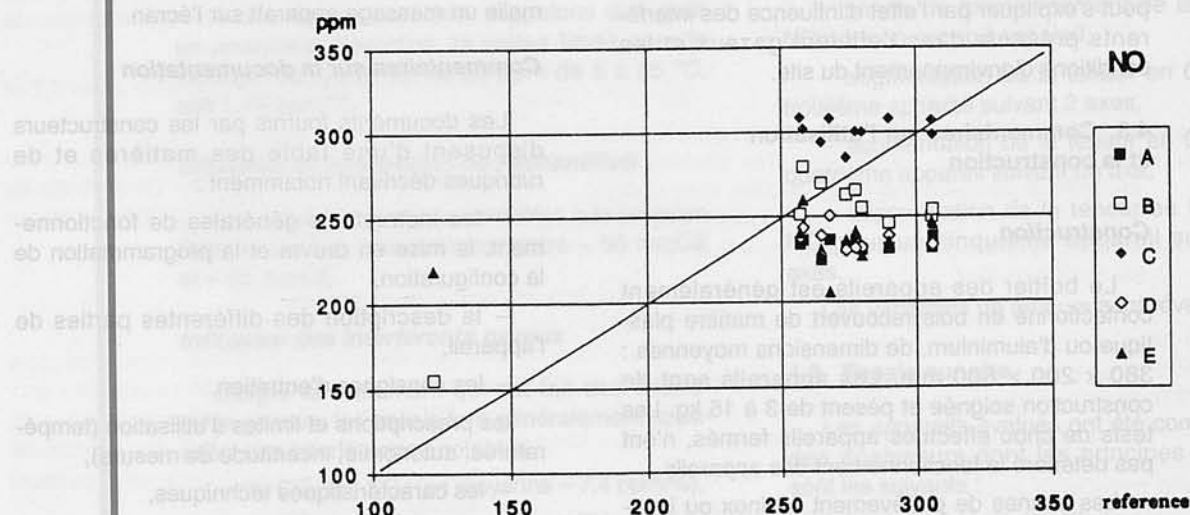
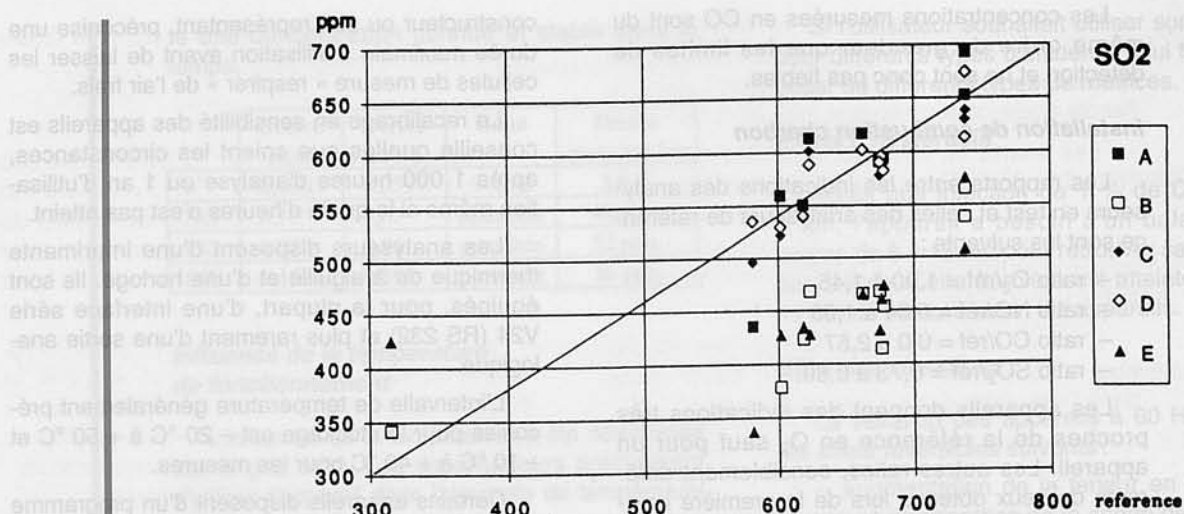
La qualité du contenu de ces documents est très variable selon les constructeurs. On peut déplorer de façon générale le manque d'informations relatives aux caractéristiques métrologiques de ces appareils. Ne sont précisés, en particulier, ni les facteurs d'influence, ni les spécifications de dérive, ni les limites de détection et quantification.

Maintenance

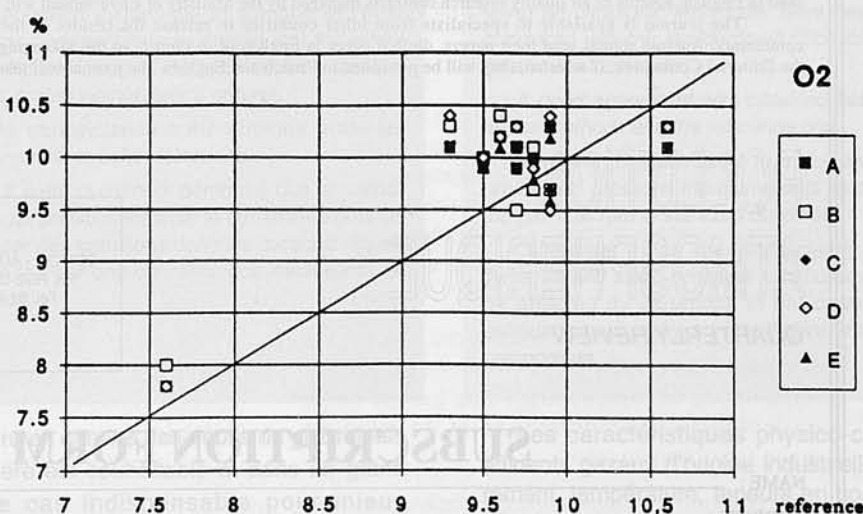
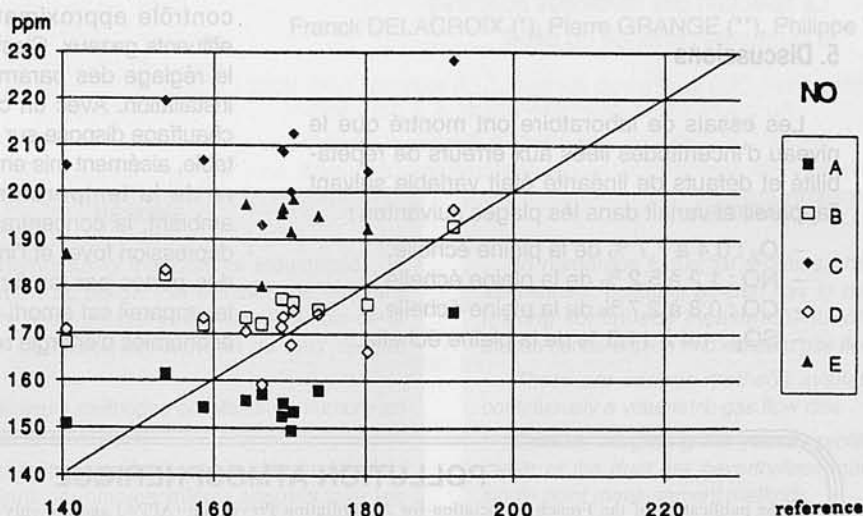
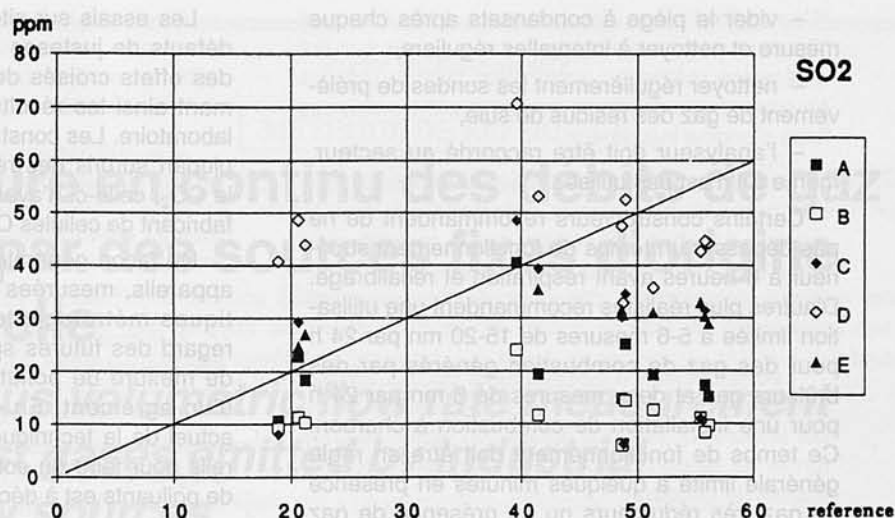
Un contrôle annuel de routine est nécessaire, comprenant un nettoyage, un recalibrage ou le remplacement d'une cellule. La durée de vie typique des cellules est de 1 an pour O_2 , 2 ans pour CO et 3 ans pour NO et SO_2 . Cependant une utilisation intensive ou dans des milieux difficiles (milieux réducteurs ou en présence de HCl par exemple) peuvent réduire considérablement ces durées.

Quelques opérations d'entretien sont décrites dans les manuels d'utilisation :

- changer le filtre dès qu'il est visiblement encrassé,



Comparaison des valeurs moyennes par rapport aux analyseurs de référence à l'installation de combustion de charbon.
Average values compared with reference values in a coal burning furnace.



Comparaison des valeurs moyennes par rapport aux analyseurs de référence
à l'usine d'incinération d'ordures ménagères.
Average values compared with reference values in a household waste incinerator plant.

- vider le piège à condensats après chaque mesure et nettoyer à intervalles réguliers,
- nettoyer régulièrement les sondes de prélèvement de gaz des résidus de suie,
- l'analyseur doit être raccordé au secteur, même s'il n'est pas utilisé.

Certains constructeurs recommandent de ne pas dépasser un temps de fonctionnement supérieur à 6 heures avant respiration et recalibrage. D'autres plus réalistes recommandent une utilisation limitée à 5-6 mesures de 15-20 mn par 24 h pour des gaz de combustion générés par des brûleurs gaz et deux mesures de 5 mn par 24 h pour une installation de combustion à charbon. Ce temps de fonctionnement doit être en règle générale limité à quelques minutes en présence de gaz très réducteurs ou en présence de gaz très corrosifs.

5. Discussions

Les essais de laboratoire ont montré que le niveau d'incertitudes liées aux erreurs de répétabilité et défauts de linéarité était variable suivant l'appareil et variait dans les plages suivantes :

- O_2 : 0,4 à 7,7 % de la pleine échelle,
- NO : 1,2 à 5,2 % de la pleine échelle,
- CO : 0,8 à 2,7 % de la pleine échelle,
- SO_2 : 1,4 à 11,5 % de la pleine échelle.

Les essais sur site ont mis en évidence des défauts de justesse provenant essentiellement des effets croisés des gaz interférents, confirmant ainsi les résultats des essais réalisés en laboratoire. Les constructeurs se sont dits pour la plupart surpris des résultats d'interférence avec le CO_2 , celle-ci n'ayant pas été signalée par leur fabricant de cellules City Technology.

De façon générale, les performances de ces appareils, mesurées à travers leurs caractéristiques métrologiques, sont insuffisantes en regard des futures spécifications des appareils de mesure de pollution permettant l'obtention d'un agrément. En conséquence, dans l'état actuel de la technique, l'utilisation de tels appareils pour faire du contrôle précis des émissions de polluants est à déconseiller.

En conclusion, il convient d'utiliser ces appareils uniquement comme outils permettant un contrôle approximatif de la composition des effluents gazeux. C'est le cas, principalement pour le réglage des paramètres de combustion d'une installation. Avec un coût modeste, l'exploitant de chauffage dispose sur le site d'un appareillage portable, aisément mis en œuvre, permettant la mesure de la température des fumées et de l'air ambiant, la concentration en CO , SO_2 , NO_x ..., la dépression foyer et l'indice Baccarach, et calculant des pertes par les fumées. L'investissement d'un tel appareil est amorti à très court terme grâce aux économies d'énergie réalisées.

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

is the publication of the French Association for Air Pollution Prevention (APPA) and the only French journal dedicated to air pollution. The papers of all the principal researches in the field are published in its pages.

Wishing to interest readers who do not speak French, titles, summaries and captions of tables and figures will now also be published in English. Results of air quality research contracts managed by the Ministry of Environment will also be published in English.

The journal is available to specialists from other countries to release the results of their work to the French speaking community. Authors should send their papers, drafted either in English or in French, to the Managing Editor, who will submit them to the Editorial Committee. If selected, they will be published in French and English. The journal will take care of translation.

POLLUTION
ATMOSPHERIQUE

QUARTERLY REVIEW

EDITOR - ADMINISTRATION - ADVERTISING
58, RUE DU ROCHER F. - 75008 PARIS
Tél. 01 42 93 62 07 - 01 42 93 69 30
Fax 01 42 93 41 99

SUBSCRIPTION FORM

NAME : _____

ADDRESS : _____

wishes to take out a one year subscription to POLLUTION ATMOSPHERIQUE.

Attached is a cheque for F. : _____ (Payment in French Francs only).

Date _____

Subscription 1997 (4 issues) = 695 F.F. Signature _____

For the Union European Enterprises, please to indicate your VAT number.