



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



EXPERTISE TECHNIQUE DES SYSTEMES DE MESURE MULTIPOLLUANT INTEGRES (« MICRO STATIONS »)

François MATHE

Novembre 2008

Version finale





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 des Préventions des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Énergie, de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire 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.

ECOLE DES MINES DE DOUAI

DEPARTEMENT CHIMIE ET ENVIRONNEMENT

**Expertise technique des systèmes de mesure
multipolluant intégrés (« micro stations »)**

CONVENTION : 000 11 90

**François MATHE
Novembre 2008**

SOMMAIRE

Résumé de l'étude EMD 2008	2
I. Introduction	4
II. Présentation des différents appareillages recensés	4
II.1 La microstation de mesures multiparamètres modèle MMS d'Environnement SA.....	4
II.2 L'analyseur multiparamètres AIR POINTER de la société RECORDUM.....	11
II.3 La mini-station multiparamètres Envicontroler d'Envitec	22
II.4 Autres appareillages potentiellement intéressants	30
III. Conclusion	34
ANNEXES.....	35

Expertise technique des systèmes de mesure multipolluant intégrés (« micro stations »)

François MATHE

mathe@ensm-douai.fr ☎ 03 27 71 26 10

1. Présentation des travaux

La surveillance de la qualité de l'air ambiant en France est en train d'évoluer suite à la parution en milieu de l'année 2008 de la nouvelle Directive européenne n°2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et aux travaux du Grenelle de l'Environnement. Ainsi la mesure spécifique des PM_{2.5}, les critères d'installation de sites de mesure fixe et les règles d'assurance-qualité (en lien avec la notion d'homologation de matériel) vont amener les AASQA à repenser leur stratégie de mesure et leur implantation de matériel. Un des grands problèmes de la mesure de la qualité de l'air en milieu urbain est celui de l'espace d'accueil suffisant pour la station de mesure, avec notamment le dispositif de prélèvement, les matériels de mesure, le système d'acquisition.... Ce problème est encore plus délicat lorsque le point de mesure est en situation de proximité du trafic, aspect mis en exergue dans la réglementation européenne. Ainsi des critères tels que la facilité d'accès, la sécurité des personnes et du matériel, la disponibilité d'une puissance électrique suffisante ou d'une ligne de communication rentreront en ligne de compte lors de la création d'une station.

Or, les systèmes traditionnels actuels (abris autonomes dits « shelters » ou « portakabins ») ont une taille rendant délicate leur intégration dans le paysage urbain, dans ces zones où les niveaux de pollution sont élevés (rue « canyon ») ou à des faibles distances de la voie de circulation.

En réponse à ce problème, des constructeurs proposent de nouveaux systèmes compacts basés sur le principe de mesure des méthodes de référence automatiques, permettant aux AASQA d'effectuer leurs missions de surveillance, tout en réduisant les contraintes d'espace et avec un coût d'investissement moindre en comparaison avec la station fixe traditionnelle.

L'objectif de cette étude est de recenser ces nouveaux systèmes intégrés de surveillance de la qualité de l'air et de donner un avis technique.

2. Principaux résultats obtenus

3 constructeurs (1 français et 2 étrangers) ont mis au point des stations de mesure compactes, pour la mesure des polluants tels que SO₂, NO/NO_x, O₃, CO, particules..., permettant de répondre aux contraintes d'espace restreint avec des exigences météorologiques correspondant aux référentiels normatifs européens en vigueur.

Il s'agit de :

- Environnement SA avec le concept MMS (Micro Monitoring Station)
- Recordum (représenté en France par la distributeur Ecomesure) avec l'analyseur multiparamètres compact Airpointer
- Envitec avec l'intégration des appareils API en mini-station Envicontroller

Dans la majorité des cas, les appareils de mesure sont basés sur les techniques de mesure décrites dans les référentiels normatifs européens (Fluorescence UV, Chimiluminescence IR, Absorption UV...) et ayant le statut de méthode de référence dans la nouvelle Directive européenne. Ces appareils reprennent l'électronique des marques testées dans le cadre de l'approbation de type. Certains bénéficient même de comparaison sur site avec des analyseurs traditionnels, avec des résultats assez probants. Cependant, les constructeurs n'annoncent pas (*au moment de la rédaction du rapport*) à court terme une demande de certification de leur matériel au même titre que les analyseurs classiques^(*). L'utilisation de ce type d'appareil comme moyen de mesure fixe destiné à répondre à l'objectif réglementaire européen associé n'est donc pas recommandé dans la mesure où il ne sera pas possible de vérifier que l'objectif de qualité des données est respecté. Il serait souhaitable que les constructeurs constituent un dossier technique à présenter auprès du laboratoire ayant effectué les tests d'approbation de type. Dans la mesure où les microstations sont basées sur les appareils homologués, ce dossier, rassemblant les principales modifications et différences entre les systèmes ainsi que des résultats de comparaison, pourrait servir d'argumentaire aux constructeurs pour définir une reconnaissance^(*) de ces nouveaux appareillages moins lourde qu'une approbation de type complète (longue et coûteuse). Cette approche correspond à celle préconisée dans le Guide de Démonstration de l'Equivalence des Méthodes de Mesure dans l'air ambiant : « Si la méthode candidate est une modification d'un appareil approuvé par type existant, seules les caractéristiques de performance (évaluées lors des tests de laboratoire, mentionnées dans la norme EN correspondante) qui sont affectées par la modification doivent être testées et les incertitudes-types associées doivent être déterminées ». Cette expertise technique initiale doit être effectuée par le laboratoire ayant effectué les tests initiaux.

D'autres appareillages correspondant à l'appellation « micro-stations » sont trouvables sur le marché mais ils n'offrent pas les mêmes garanties sur le plan métrologique et souffrent d'une absence de distribution sur le territoire français. Dans un premier temps, ils nécessiteraient d'être comparés avec la méthode de référence avant une utilisation éventuelle dans un cadre réglementaire, qui devrait se limiter à l'estimation objective.

En conclusion, à ce jour, une utilisation de ce type de matériel dans un cadre de mesure indicative ou pour des études spécifiques (campagnes ponctuelles) semble possible. Pour la mesure indicative, compte tenu des caractéristiques techniques de ces systèmes intégrés, il ne devrait pas y avoir trop de soucis pour SO₂, NO, CO (incertitude exigée $\leq \pm 25\%$) & O₃ (incertitude exigée $\leq \pm 30\%$). Le plus délicat reste le NO₂ (incertitude exigée $\leq \pm 25\%$ à $\pm 30\%$ selon le cas de figure).

L'étude dresse un bilan de ces diverses solutions disponibles sur le marché (description technique, spécifications annoncées par le fabricant, résultats de tests préliminaires le cas échéant, coûts d'investissement...) et donne un avis technique sur la pertinence de tels produits (avantages & inconvénients, adaptation du produit en fonction de l'objectif recherché). L'avantage principal de ce type de système est financier dans la mesure où le coût de l'appareillage sera moins élevé qu'un ensemble d'appareils séparés dans un abri autonome et que l'exploitation sera facile. Dans certains cas, la compacité est telle qu'il est envisageable d'utiliser ce concept dans le cadre de la mesure de la qualité de l'air intérieur, avec cependant l'inconvénient du poids dans le cas de déplacements fréquents et en se limitant au contexte des espaces publics larges et ouverts tels que les halls de gare ou les allées de centre commercial..

(*) l'appareil AIRPOINTER a depuis obtenu la certification TÜV pour SO₂, NO/NO_x/NO₂, CO et O₃ (TÜV report n° 936/21209700/A)

I. Introduction

Les systèmes de mesure multipolluant intégrés (communément appelés «micro stations») suscitent à l'heure actuelle un intérêt de la part des AASQA pour assurer leur mission de surveillance de la Qualité de l'air. Un des grands problèmes de la mesure de la qualité de l'air en milieu urbain est celui de l'espace d'accueil suffisant dans la station de mesure, pour notamment le dispositif de prélèvement, les matériels de mesure, le système d'acquisition.... Les règles de conception d'une station ¹ représentative de la pollution du site, émises au niveau national, recommandent pour les différentes catégories de stations la caractéristique « multiparamètres » (critère obligatoire pour l'utilisation des données en vue du calcul de l'indice ATMO, c'est à dire procéder en un même point à la mesure de l'ensemble des quatre polluants de l'indice).

La nouvelle Directive européenne n° 2008/50/CE va entre autres entraîner la création de sites de mesure en proximité du trafic. Or l'intégration de sites de mesure fixes dans le paysage urbain, dans les zones où les niveaux de pollution sont élevés (ex : rue «canyon») ou à des faibles distances à la voie de circulation (ex : pas à plus de 10 m de la bordure du trottoir) peut s'avérer délicate.

Des constructeurs proposent donc de nouveaux systèmes compacts, basés sur le principe de mesure des méthodes de référence automatiques (donc a priori pouvant répondre aux exigences des Directives en matière d'incertitude au niveau de la valeur limite), réduisant les contraintes d'espace avec un coût d'investissement moindre par rapport aux analyseurs traditionnels. 3 fabricants ont été identifiés :

- Environnement SA avec le concept MMS (Micro Monitoring Station)
- Recordum (représenté en France par le distributeur Ecomesure) avec l'analyseur multigaz compact Airpointer
- Envitec avec l'intégration des appareils API en mini-station Envicontroller

Les caractéristiques des produits proposés sont détaillées ci-après.

II. Présentation des différents appareillages recensés

II.1 La microstation de mesures multiparamètres modèle MMS d'Environnement SA

La Micro Station de Mesure (MMS) rassemble 3 modules de mesure de la série 2M dans un même coffret d'indice de protection IP54. Cet indice est un standard international de la Commission électrotechnique internationale indiquant le niveau de protection qu'offre un matériel aux intrusions de corps solides et liquides. Le format de l'indice, donné par la norme CEI 60529, est IP XX, où les lettres XX sont deux chiffres marquant la conformité avec des conditions spécifiques (ici 5 correspond aux poussières et 4 aux projections d'eau de toutes directions).

Les 3 paramètres de base sont les NO_x, l'O₃ et le CO (auxquels peuvent être ajoutés le SO₂ et le prélèvement des particules). Un groupe de pompage unique avec un manifold assure l'alimentation en air échantillonné des analyseurs.

Ce dispositif est disponible en version fixe (type armoire extérieure incluant la climatisation) ou transportable (sur châssis mobile pour uniquement la mesure des gaz), permettant de répondre à plusieurs objectifs tels que la surveillance de la qualité de l'air ambiant extérieur, les campagnes de mesure mobiles, voire la surveillance de la qualité de l'air intérieur tel que l'air des lieux de travail. La figure 1 présente les configurations possibles

¹ « Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air » - ADEME Éditions, référence 4307 - Paris (2002)

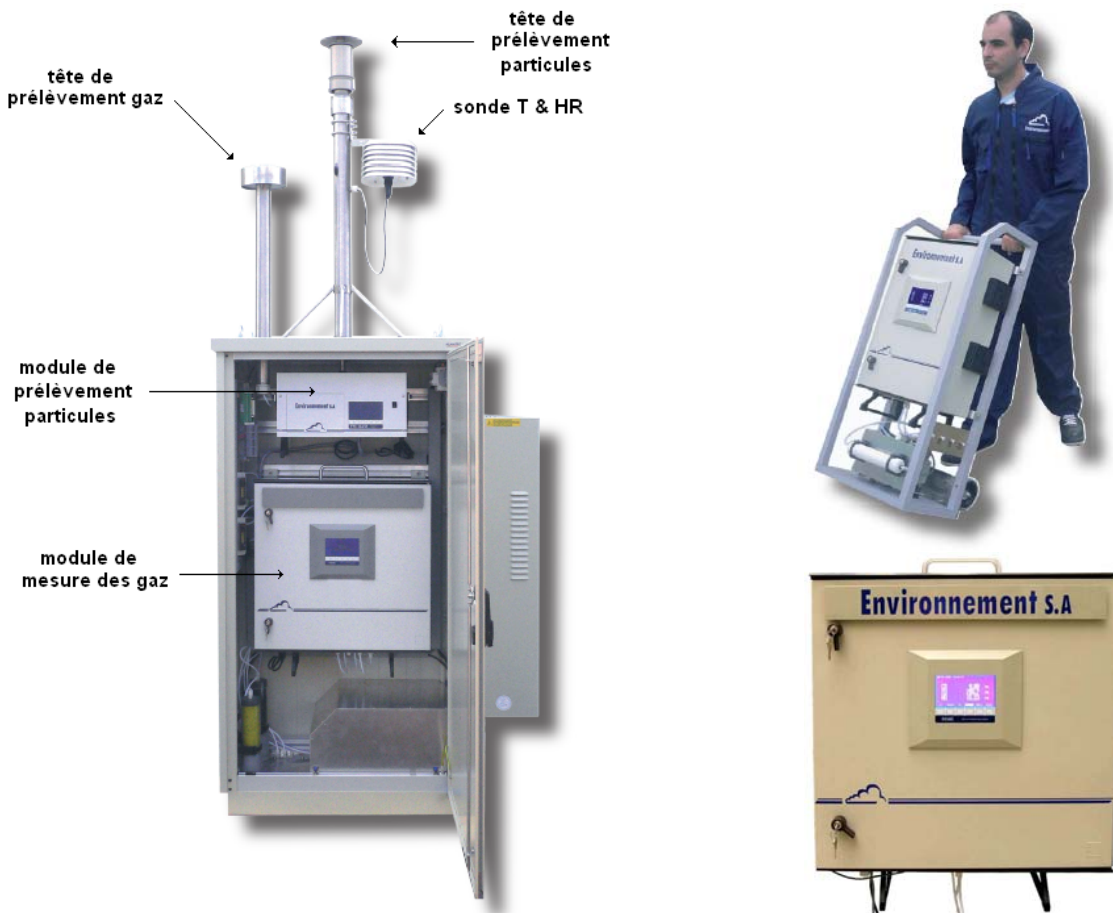


Figure 1 : Dispositif MMS en version fixe extérieure (à gauche) et version transportable (à droite)

Le tableau I résume les caractéristiques générales du dispositif:

Tableau I : caractéristiques générales de la MMS

Configuration de la MMS	Caractéristique
Version fixe (hors armoire)	Dimensions (L x H x P en cm): 60 x 60 x 20
	Poids (kg): 30
Version fixe (avec armoire, incluant la climatisation latérale mais sans les têtes de prélèvement)	Dimensions (L x H x P en cm): 104 x 160 x 48
	Poids (kg): 140
Version transportable : (sans / avec châssis mobile)	Dimensions (L x H x P en cm): 40 x 60 x 20 / 48 x 106 x 28
	Poids (kg): 35 / 45
Alimentation	220 / 50 Hz
Consommation	Environ 370 W
Température d'utilisation : - version armoire climatisée - version transportable	De - 20 à + 45° De + 5 à + 40°

La mesure des gaz se fait selon le principe de mesure de la méthode de référence (Chimiluminescence pour les NO_x , absorption UV pour O_3 , absorption IR à corrélation par filtre gazeux (avec possibilité de mesurer aussi le CO_2) et fluorescence UV pour le SO_2). Les modules électroniques utilisés sont identiques à ceux de la série 2M qui est approuvée par type selon les normes EN en vigueur.

La figure 2 montre la disposition intérieure des différents modules d'analyse de gaz à l'intérieur de la MMS en version portable :

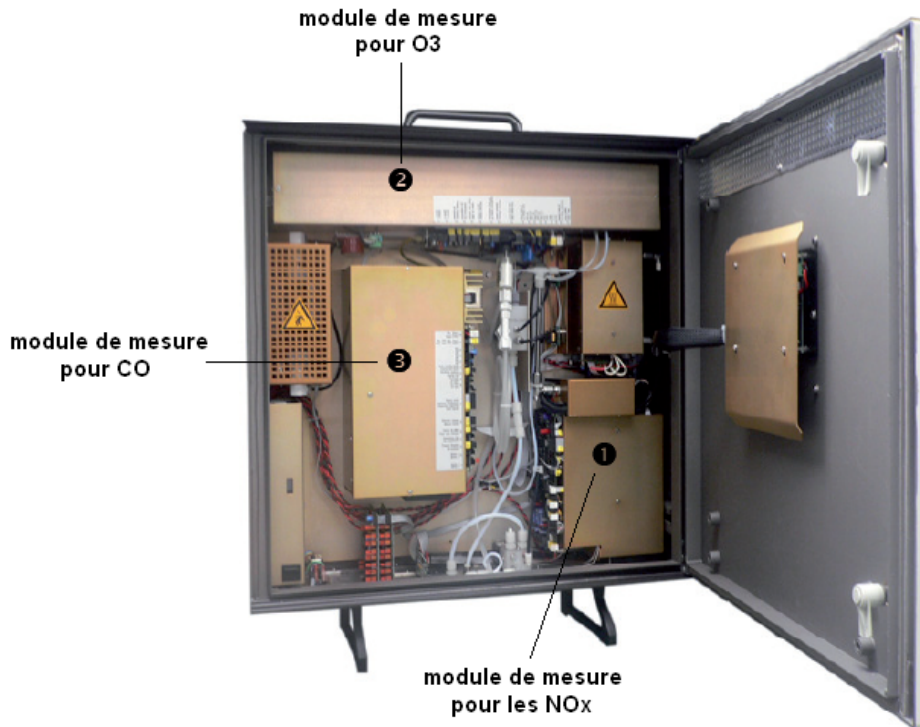


Figure 2 : Vue intérieure de la MMS

La version en armoire extérieure climatisée peut accepter des gaz étalons en mélange gazeux comprimé pour le contrôle d'étalonnage automatique télécommandable à distance (cf. figure 3) :



Figure 3 : MMS en version extérieure avec contrôle d'étalonnage automatique

Un sécheur d'échantillon externe est disponible, permettant d'avoir la configuration correspondant à celle de l'analyseur d'oxydes d'azote AC32M approuvé par type. La protection contre les particules est assurée par un ensemble de filtration commun externe. Si besoin est, un filtre chauffé comportant du palladium sur alumine permet une vérification du zéro pour l'analyseur de CO. Enfin, il est possible d'avoir un générateur d'ozone externe pour la vérification de l'étalonnage de l'analyseur.

La visualisation des données et des différents modes de fonctionnement de l'appareil se fait à l'aide de l'écran LCD et de l'environnement logiciel identiques à ceux de la série 2M (ex : affichage du synoptique en temps réel de l'appareil, des informations de maintenance et des alarmes). De plus, le logiciel multi-tâches permet d'avoir une centrale d'acquisition de données venant de capteurs additionnels externes (ex : capteurs météorologiques), avec une large autonomie de stockage (plus de 2 mois en données ¼ horaires). Une consultation à distance de la MMS est possible par télé émulation. La récupération des données peut se faire sans avoir à ouvrir la MMS via les connectivités USB (extraction de données et mise à jour du logiciel par application flash EPROM) à l'aide d'une clé USB) ou à distance via Internet grâce aux ports Ethernet TCPIP.

Il est possible de compléter la mesure des polluants gazeux avec des appareils de mesure de particules connus (le préleveur séquentiel de particules PM162M (étude LCSQA-EMD n°1, partie 2 (2003) « *Etude de nouveaux appareils de mesure des particules en suspension dans l'air ambiant: présentation du préleveur séquentiel sur filtres Environnement SA PM 162M-PM₁₀* ») ou la jauge radiométrique MP101M-RST (étude LCSQA-EMD n°5 (2004) « *Test du nouvel analyseur de particules en suspension PM10 par radiométrie Beta MP101M d'Environnement SA* »).

Une idée de l'encombrement global de l'appareil est donnée par la figure suivante :



Figure 4 : MMS en version extérieure

Tableau II : caractéristiques métrologiques de la MMS et de l'analyseur de la série 2M correspondant

Polluant	Caractéristique MMS	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil série 2 M correspondant
NO – NO _x	<u>8 gammes de mesure (en pbb, ajustable par l'utilisateur):</u> de 0 -10 à 0 – 20000	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)
	<u>Temps de réponse :</u> 30 s minimum	<u>Temps de réponse :</u> ≤ 180 s	<u>Temps de réponse :</u> de 23 à 27 s
	<u>Limite de détection :</u> 0,4 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> De 0,61 à 0,64 ppb
O ₃	<u>7 gammes de mesure (en pbb, ajustable par l'utilisateur):</u> de 0 -10 à 0 – 10000	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)
	<u>Temps de réponse :</u> 20 s minimum	<u>Temps de réponse :</u> ≤ 180 s	<u>Temps de réponse :</u> de 14 à 15 s
	<u>Limite de détection :</u> 0,4 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,4 ppb
CO (*)	<u>5 gammes de mesure (en ppm, ajustable par l'utilisateur):</u> de 0 -10 à 0 - 200	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 100 mg.m ⁻³ (0 – 86 ppm)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 100 mg.m ⁻³ (0 – 86 ppm)
	<u>Temps de réponse :</u> 30 s minimum	<u>Temps de réponse :</u> ≤ 180 s	<u>Temps de réponse :</u> de 31 à 32 s
	<u>Limite de détection :</u> 0,05 ppm	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> ≤ 1 ppm	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> De 0,0 à 0,2 ppm
SO ₂	<u>8 gammes de mesure (en pbb, ajustable par l'utilisateur):</u> de 0 -10 à 0 - 20000	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)
	<u>Temps de réponse :</u> 30 s minimum	<u>Temps de réponse :</u> ≤ 180 s	<u>Temps de réponse :</u> de 49 à 52 s
	<u>Limite de détection :</u> 0,4 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,0 ppb

(*) : pour CO₂, la gamme de mesure est 0-1000 ppm, avec un temps de réponse de 30 s minimum et une limite de détection de 2 ppm

Les coûts associés à l'appareil dépendent de la configuration choisie. Le tableau suivant rassemble les prix associés pour une mesure de CO et de NO_x:

Tableau III : coûts associés à la microstation MMS

Description	Prix (€HT)
Coffret standard (avec bloc de mesure pour composés CO et NO _x) de dimensions H x L x P = 600 x 400 x 200 mm inclus dans une armoire climatisée de dimensions H x L x P = 1200 x 1200 x 400 mm, avec tête d'échantillonnage en PTFE dans une protection inox, avec cablage électrique et circuit fluide	29025
préleveur PM162M complet équipé de sa tête de prélèvement et de sa pompe	14815
jauge radiométrique MP101M-RST complète équipée de sa tête de prélèvement et de sa pompe	19623
système d'acquisition spécifique intégré à l'armoire (comprenant le logiciel, l'ordinateur portable, le modem GSM et les connectiques associées)	10238

Le coût d'investissement (d'un total de 39238 € HT pour une mesure de CO et de NO_x) peut être considéré comme intéressant par rapport à l'achat d'appareils indépendants à installer ensuite dans un local fixe type shelter, assujéti à des coûts ou difficultés annexes liés à la demande d'autorisation d'implantation, l'installation en elle même (avec la mise en place de l'alimentation électrique et d'une ligne téléphonique, la climatisation, l'intégration des appareils, l'assurance...)

Le tableau suivant résume les avantages et inconvénients de la MMS :

Tableau IV : avantages & inconvénients de la MMS

Avantages	Inconvénients
électronique éprouvée et reconnue (donc performances métrologiques supposées)	Poids (configuration armoire)
Faible encombrement (pour toutes les configurations), facilité de manipulation (pour la version transportable)	consommation en gaz étalon (ligne d'échantillonnage commune pour les analyseurs de gaz)
Modularité (plusieurs options possibles)	Faible protection en cas de forte pluie lors d'intervention nécessitant l'ouverture de la MMS
Facilité de communication	Appareil non couvert par une approbation de type
Coût d'investissement raisonnable (en comparaison avec la station fixe)	Pas de résultat de tests de comparaison sur site (pour le moment)

La MMS présente des avantages indéniables:

- l'électronique de mesure étant celle de la série 2M, les performances métrologiques devraient être conservées. Le constructeur devrait d'ailleurs compléter sa documentation technique par des résultats de comparaison sur site entre la MMS et des analyseurs homologués. En se basant sur la fiche technique et les résultats des rapports d'approbation de type des analyseurs de la série 2M, le tableau résume certaines caractéristiques métrologiques pour les gaz ainsi que les critères correspondants des référentiels normatifs EN le cas échéant. Les performances semblent comparables (sous réserve que les méthodologies de détermination de ces paramètres soient similaires). Il conviendrait cependant d'avoir une comparaison dans des conditions de terrain pour confirmer ceci.
- l'encombrement de la MMS est réduit par rapport aux stations de mesure actuelles (le plus souvent sous la forme d'abri autonome dit « shelter » ou « portakabin ») dont la taille minimale de 2,5 x 2,5 x 2 (m) pénalise l'intégration dans le paysage urbain. En version transportable, la MMS est adaptée aux espaces intérieurs larges et ouverts (type hall de gare, galerie de centre commercial ou quai de métro) et se déplace facilement.
- la modularité est assez grande, offrant différentes configurations de mesure de 4 gaz maximum et de mesure ou prélèvement de particules.
- la facilité de communication, à distance via Internet ou sur place via les accès USB, permet de limiter les ouvertures de ce système intégré

On pourra cependant reprocher à la MMS les aspects suivants:

- le poids reste important en dépit du faible encombrement, ce qui peut être gênant lors de déplacements fréquents. En version transportable, il semble peu probable que la MMS puisse être utilisée dans un contexte de mesure d'air intérieur (type habitat particulier)
- le principe d'une ligne d'échantillonnage commune induira une consommation de gaz étalon importante. Il conviendra d'adapter les moyens associés (ex : bouteille multi composés basse concentration à usage direct ou haute concentration associée à un système de dilution). Ces moyens restent des dispositifs de contrôle de l'étalonnage.
- même si l'investissement est moins lourd que pour une station fixe traditionnelle, le coût reste plus élevé par rapport à la concurrence (cf. paragraphes II.2 et II.3).
- Si une intervention technique nécessitant l'ouverture de la MMS a lieu sous des conditions météorologiques délicates (ex : forte pluie), le système n'offre pas une grande protection
- La MMS n'est actuellement pas approuvée par type. Cependant, cet aspect est tout à fait envisageable, dans la mesure où la MMS est une modification d'appareil approuvé par type existant. Une démonstration d'équivalence est donc possible selon l'approche suivante donnée dans le Guide de Démonstration de l'Equivalence des Méthodes de Mesure dans l'air ambiant : si un nouveau dispositif est une modification d'un appareil approuvé par type existant, seules les caractéristiques de performance (évaluées lors des tests de laboratoire, mentionnées dans la norme EN correspondante) qui sont affectées par les changements apportés doivent être testées et les incertitudes-types associées doivent être déterminées. Dans la mesure du possible, cette expertise technique doit être effectuée par le laboratoire ayant effectué les tests de l'appareil initial. Dans la mesure où les différences principales entre la MMS et l'appareil approuvé par type concernent le prélèvement et l'environnement de l'électronique, on peut estimer que les tests nécessaires à l'approbation de type de la MMS seraient uniquement ceux concernant les temps de réponse, l'influence des paramètres physiques (pression et température de gaz prélevé, température environnante, tension électrique). Une comparaison sur site entre appareils effectuée au préalable par le constructeur confirmerait la non-nécessité de refaire la totalité des tests requis par l'approbation de type.

II.2 L'analyseur multiparamètres AIRPOINTER de la société RECORDUM

L'AIRPOINTER est un analyseur multiparamètres fabriqué en Europe par la société autrichienne RECORDUM et distribué en France par la société ECOMESURE. L'appareil consiste en un boîtier en inox avec des sous ensembles compartimentés accueillant les unités de mesure (cf. figure 5) :

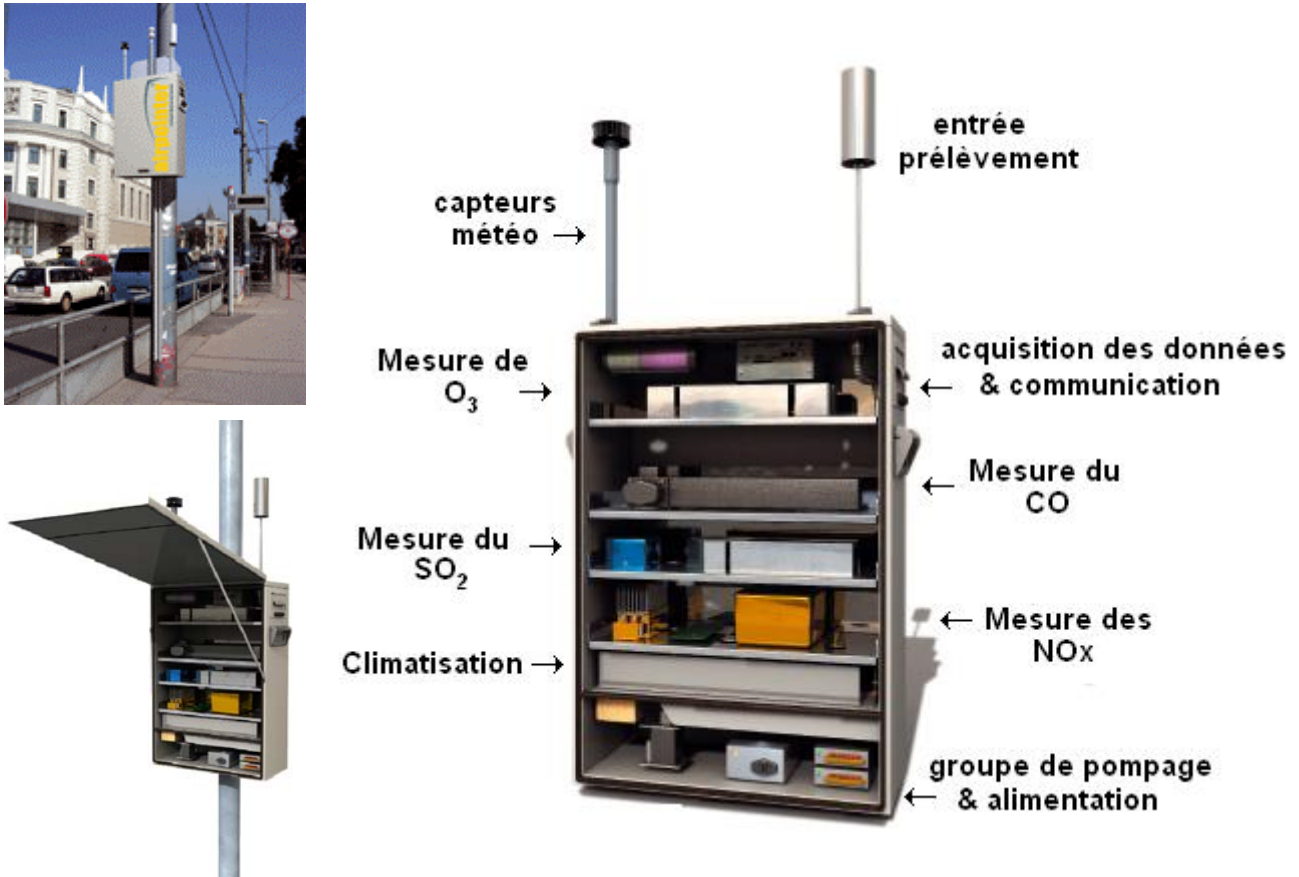


Figure 5 : l'appareil AIRPOINTER

4 paramètres de base sont proposés : le SO_2 , les $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_x$, l' O_3 et le CO . Comme pour la MMS, l'AIRPOINTER est doté d'un groupe de pompe unique pour l'alimentation des analyseurs en air échantillonné.

La mesure de ces gaz se fait selon le principe de mesure de la méthode de référence correspondante à l'aide des modules électroniques correspondant à la série i des appareils Thermo qui sont approuvés par type selon les normes EN en vigueur.

D'autres paramètres tels que NH_3 ou H_2S (nécessitant un convertisseur spécifique sur les cellules de mesure NO_x ou SO_2), les COV non méthaniques en global (par détection PID) ou les particules (par méthode optique - néphélométrie) sont également disponibles. Pour une application spécifique en air intérieur, la mesure du CO_2 et du formaldéhyde est également possible. La configuration maximale est de 5 gaz et 1 mesure de particules. La consultation de l'appareil peut se faire à distance par GSM, ligne téléphonique / internet ou directement sur site par PC.

Ce dispositif est conçu sur la logique de la « microstation » transportable permettant une implantation rapide sur site et une exploitation facile sans ouverture systématique de l'appareil. Une telle configuration permet une intégration facile dans le paysage urbain ou en espace intérieur ouvert (ex : centre commercial) comme le montre la figure 6.



Figure 6 : exemples d'implantation d'appareil AIRPOINTER

Le tableau V résume les caractéristiques générales du dispositif:

Tableau V : caractéristiques générales de l'appareil AIRPOINTER

Caractéristique	Valeur
Débit de prélèvement	< 3 L/min
Dimensions (H x L x P)	<u>Coffret standard (2 composés):</u> 831 x 736 x 351 (mm) <u>Coffret agrandi (4 composés) :</u> 1067 x 736 x 351 (mm)
Poids	De 72 à 110 kg selon la configuration
Alimentation	220 / 50 Hz
Consommation	Environ 350 W
Température d'utilisation	- 20 à + 40°

Compte tenu de la compacité du système, le contrôle de l'étalonnage des unités de mesure est possible avec des moyens intégrés en option aux appareils (ex : générateur interne d'ozone). Un générateur d'air de zéro est disponible ainsi qu'une protection commune contre les particules après la tête de prélèvement. La visualisation des données et des différents modes de fonctionnement de l'appareil se fait à l'aide d'un logiciel spécifique et des capteurs additionnels externes (ex : capteurs météorologiques, comptage automobile) peuvent compléter les mesures de polluants. La centrale d'acquisition est constituée d'une unité centrale de PC (processeur 32 bits avec 256 Mo de RAM, un disque dur de 60 Go avec connexion Ethernet).

Les performances métrologiques pour SO₂, NO/NO_x, O₃ et CO annoncées par le constructeur sont décrites dans les tableaux suivants. A titre de comparaison, les performances associées des analyseurs Thermo de la série i sont mentionnées:

Tableau VI : caractéristiques métrologiques de l'AIRPONTER et de l'analyseur de la série i correspondante

Polluant	Caractéristique AIRPONTER	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil Thermo série i correspondant
NO – NO _x	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) :</u> De 0 à 10000 ppb maxi	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)
	<u>Limite de détection :</u> < 2 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,21 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> -0,4 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> < 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> 1 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 24h) :</u> < 1% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 6 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h) :</u> 0,5 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> < 2 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 50 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> 2,4 ppb

Polluant	Caractéristique AIRPONTER	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil Thermo série i correspondant
O ₃	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) :</u> De 0 à 10000 ppb maxi	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)
	<u>Limite de détection :</u> < 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,1 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> -0,08 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> 1,1 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> < 1 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 12,5 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> 2,5 ppb

Polluant	Caractéristique AIRPONTER	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil Thermo série i correspondant
CO	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) : de 0 à 1000 ppm maxi</u>	<u>Echelle de certification : 0 – 100 mg.m⁻³ (0 – 86 ppm)</u>	<u>Echelle de certification : 0 – 100 mg.m⁻³ (0 – 86 ppm)</u>
	<u>Limite de détection : < 0,08 ppm</u>	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro : ≤ 1 ppm</u>	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro : 0,08 ppm</u>
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) : < 0,2 ppm</u>	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) : ≤ 0,1 ppm</u>	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) : 0 ppm</u>
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) : < 0,4 ppm</u>	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) : ≤ 0,5 ppm</u>	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) : 0,5 ppm</u>
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) : < 2 % de la valeur</u>	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) : ≤ 4,3 ppm</u>	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) : 2,2 ppm</u>

Polluant	Caractéristique AIRPONTER	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil Thermo série i correspondant
SO ₂	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) : de 0 à 20000 ppb maxi</u>	<u>Echelle de certification</u> : 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)	<u>Echelle de certification</u> : 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)
	<u>Limite de détection</u> : < 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro</u> : ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro</u> : 0,15 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h)</u> : < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h)</u> : ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h)</u> : 0,02 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j)</u> : < 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max)</u> : ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max)</u> : 0,04 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 24h)</u> : < 1% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h)</u> : ≤ 6 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h)</u> : -0,08 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j)</u> : < 2 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max)</u> : ≤ 19 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max)</u> : 0,15 ppb

Les coûts associés à l'appareil dépendent de la configuration choisie (standard ou plus de 2 composés). Le tableau suivant rassemble les prix associés :

Tableau VII : coûts associés à l'appareil AIR POINTER

Description	Prix (€HT)
Coffret standard (2 analyseurs) avec climatiseur, tête d'échantillonnage, générateur d'air zéro, pompe à vide, filtre d'entrée	12600
Coffret agrandi (4 composés)	13650
Serrures (pour la porte principale et la trappe de maintenance)	105
Poignées de transport fixées sur la plate forme	520
Kit de fixation sur mur	95
Kit de fixation sur mât	De 105 à 520 (selon le diamètre de mât)
unité de mesure Ozone	4830
Générateur d'ozone interne	2200
unité de mesure Oxydes d'azote	8450
Banc à perméation NO ₂ interne (tube en sus)	1680
unité de mesure Monoxyde de carbone	8450
Mélange gazeux comprimé intégré	2200
Kit de remplissage du moyen intégré	525
unité de mesure Dioxyde de soufre	7460
Banc à perméation SO ₂ interne (tube en sus)	1680
unité de mesure Hydrogène sulfuré	12900
unité de mesure Ammoniac	12750
Unité de mesure COV non méthaniques	4300
Unité de mesure optique des Particules	8190
Tête PM ₁₀	525
Tête PM _{2.5}	1040
Anémomètre girouette (à fil chaud)	1100
Anémomètre girouette (à ultrasons)	1470
Thermo-hygromètre	840
Baromètre	630
Modem GPRS	410
Préinstallation pour Modem	260
Carte d'acquisition analogique (0-20 mA ou 0-10V)	252
Kit de mesure CO ₂ – T – HR pour air intérieur	1365
Kit de mesure formaldéhyde pour air intérieur	1565
Kit anémomètre fil chaud pour air intérieur	1105

Ainsi, un appareil AIR POINTER en coffret standard pour la mesure de CO et de NO/NO₂/NO_x seule, à fixer sur un mur ou un poteau électrique standard revient à 30230 € HT.

L'appareil AIRPOINTER présente des avantages similaires à la MMS:

- l'électronique de mesure est celle des analyseurs Thermo de la série i. les performances métrologiques devraient être similaires. En se basant sur la fiche technique et les résultats des rapports d'approbation de type des analyseurs Thermo de la série i le tableau résume certaines caractéristiques métrologiques pour les gaz ainsi que les critères correspondants des référentiels normatifs EN le cas échéant. Là encore, les performances semblent comparables sous réserve que les méthodologies de détermination de ces paramètres soient similaires.
- Plus encore que pour la MMS, le faible encombrement de l'appareil AIRPOINTER facilite son implantation, que ce soit en ville ou dans un contexte intérieur.
- la modularité offre différentes configurations de mesure, de 1 à 5 gaz maximum, complétée éventuellement par une mesure de particules par méthode optique.
- la communication à distance ou sur place est possible

Ce type d'appareil est malheureusement pénalisé par:

- un poids pouvant être important pour un dimensionnement réduit, ce qui peut être pénalisant lors de déplacements fréquents. La mesure en habitat particulier avec l'AIRPOINTER semble moins discret en comparaison avec une mesure en lieu ouvert large tel qu'un centre commercial.
- les moyens de contrôle d'étalonnage intégré permettent le contrôle à distance de tout phénomène de dérive du zéro et au point d'échelle. La ligne d'échantillonnage commune induira comme pour la MMS une consommation de gaz étalon importante lors du contrôle sur site périodique.
- Par rapport à la MMS, la protection de l'intérieur du coffret contre les intempéries lors d'intervention technique nécessitant l'ouverture de l'appareil semble un peu meilleure.
- l'absence d'approbation de type. L'AIRPOINTER est cependant basé sur l'électronique des appareils Thermo série i qui eux sont homologués, on peut donc considérer que l'AIRPOINTER est une modification d'appareil approuvé par type existant. Une identification claire de ces modifications permettra de déterminer quelles caractéristiques de performance nécessiteraient d'être réévaluées. A priori, comme pour la MMS, il s'agirait des temps de réponse et de l'influence des paramètres physiques (pression et température de gaz prélevé, température environnante, tension électrique).

L'AIRPOINTER a l'avantage de bénéficier de tests de comparaison effectués sur site en Allemagne pour les polluants gazeux. Ces tests ont été menés sur 15 jours en site de proximité automobile et en site urbain de fond (cf. figure 7) :



Figure 7 : Comparaison sur sites entre l'appareil AIRPOINTER et les analyseurs classiques

Les graphes suivants montrent les résultats obtenus en O₃ et SO₂ (site de fond) et en NO₂ et CO (site trafic):

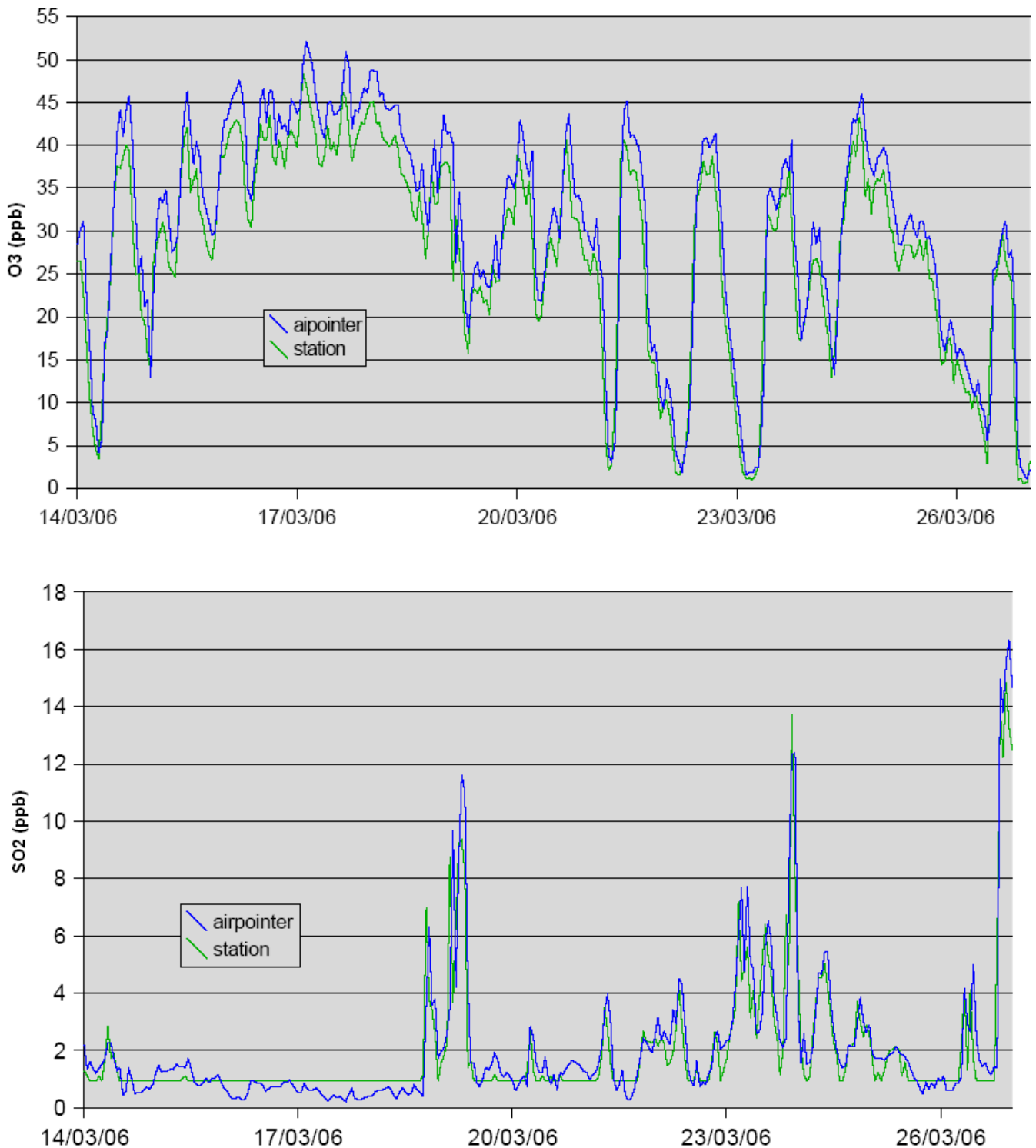


Figure 8 : Comparaison sur site de fond entre l'AIRPOINTER et des analyseurs classiques (O₃ & SO₂)

Les appareils sont bien en phase, même pour des valeurs très faibles. Dans le cas du SO₂, l'AIRPOINTER continue de fournir des valeurs alors que l'analyseur classique est bloqué à sa limite de détection. Dans le cas de l'ozone, l'AIRPOINTER semble donner des valeurs un peu plus élevées que l'analyseur en station lorsque les niveaux augmentent.

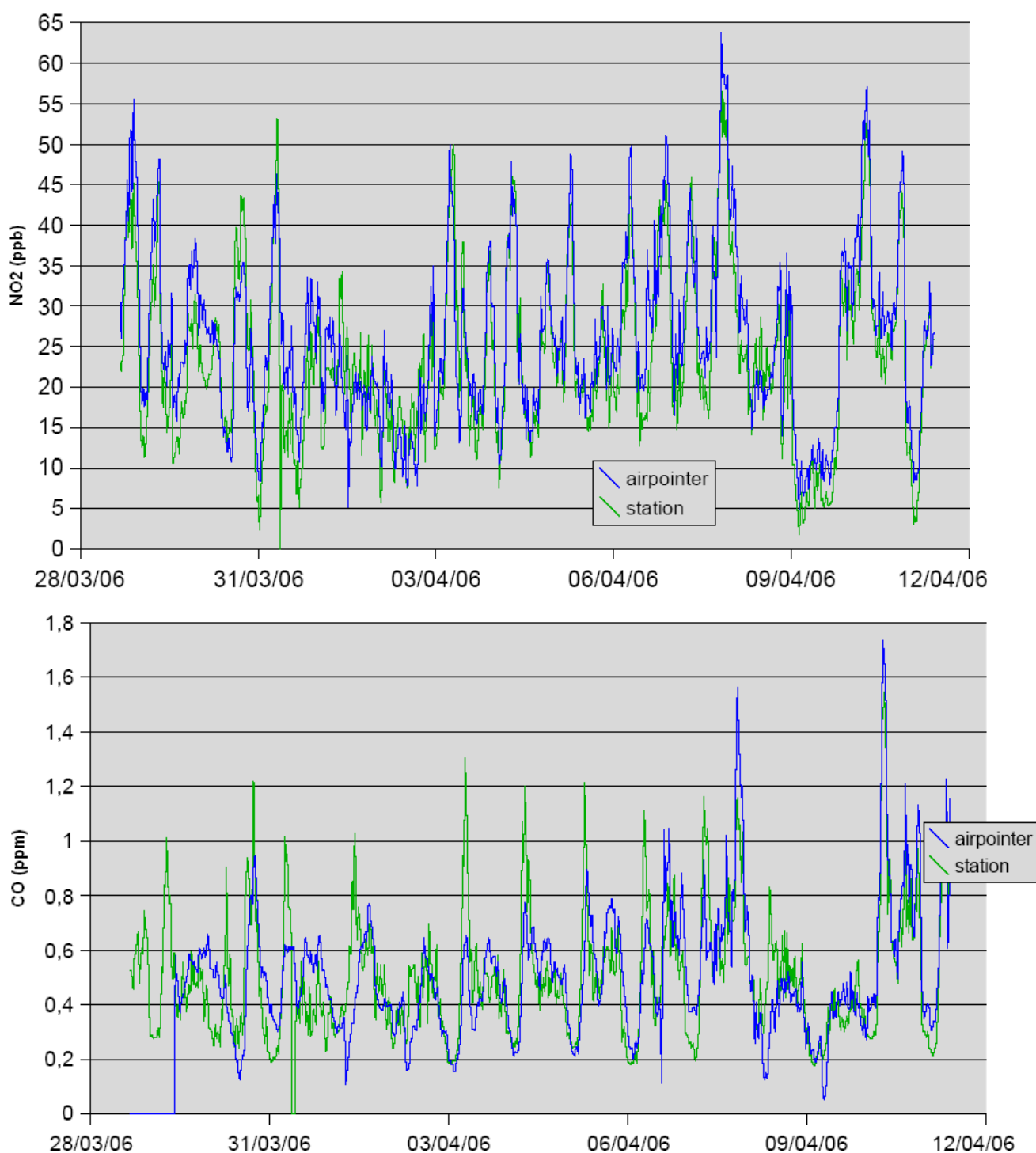


Figure 9 : Comparaison sur site trafic entre l'AIRPOINTER et des analyseurs classiques (CO & NO₂)

Si les mesures en NO₂ sont en bonne accord entre l'AIRPOINTER et l'analyseur classique, dans le cas du CO, l'AIRPOINTER semble moins sensible dans les faibles valeurs (< 1 ppm) mais correspond mieux avec l'analyseur en station pour des teneurs plus importantes.

En conclusion, pour les mesures de gaz, le comportement de l'AIRPOINTER paraît satisfaisant au vu de ces résultats.

S'agissant des particules, le constructeur donne des résultats d'une comparaison effectuée par lui entre l'AIRPOINTER (avec son module de mesure de particules PM₁₀ par néphélométrie), le SHARP 5030 (appareil de mesure de PM₁₀ également par néphélométrie calée en continu par rapport à une mesure simultanée par radiométrie bêta) et le TEOM-FDMS PM₁₀.

La figure suivante donne les profils chronologiques, montrant la bonne correspondance entre les différents appareils :

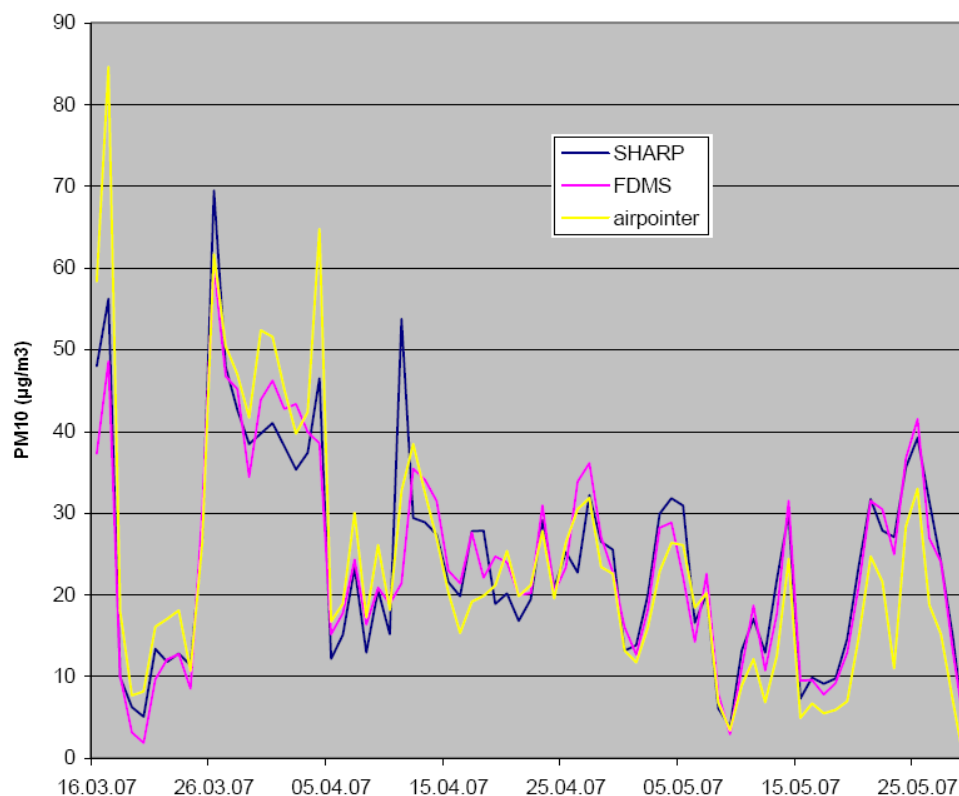


Figure 10 : Comparaison en PM₁₀ entre l'AIRPOINTER, le SHARP 5030 et le TEOM-FDMS

Le tableau suivant résume les avantages et inconvénients de l'appareil AIRPOINTER:

Tableau VIII : avantages & inconvénients de l'AIRPOINTER

Avantages	Inconvénients
électronique éprouvée et reconnue (donc performances métrologiques conservées)	Poids (en cas de transfert fréquent)
Faible encombrement, conception spécifique pour le transport et l'exploitation sur le terrain	consommation en gaz étalon (ligne d'échantillonnage commune pour les analyseurs de gaz)
Modularité (nombreuses options possibles)	Faible protection en cas de forte pluie lors d'intervention nécessitant l'ouverture de la MMS
Facilité de communication	Appareil non couvert par une approbation de type
Comparaison sur le terrain, dans des situations différentes, ayant donné des résultats intéressants pour les gaz inorganiques et les particules.	Coût d'investissement pouvant être important pour une configuration complète.

II.3 La mini-station multiparamètres Envicontroler d'Envitec

La mini-station multiparamètres Envicontroler est un système compact destiné à la surveillance de la qualité de l'air développé par la société belge Envitec. Cette société bénéficie de longues années d'expérience dans la maintenance de stations de mesure dans les réseaux belges et a conçu cette mini-station selon la même logique qu'une société d'assemblage de matériel informatique, à savoir intégrer du matériel éprouvé et reconnu (pas forcément du même constructeur) dans un environnement commun et conçu pour une autonomie et une facilité d'exploitation sur le terrain.

Le dispositif a donc été conçu afin de répondre aux besoins suivants :

- utilisation de méthodes de mesure conformes (ou équivalentes) aux méthodes de référence
- compacité alliant robustesse et discrétion
- minimum d'aménagement du site pour une installation
- facilité d'usage et d'entretien (autonomie pour le contrôle de l'étalonnage, communication à distance)

L'Envicontroler est un coffret modulaire et évolutif pouvant accueillir de 1 à 4 analyseurs à part entière (en non pas seulement la partie électronique des appareils). Les paramètres proposés sont le SO_2 , les NO_x , O_3 , CO , le benzène et les particules PM_{10} ou $\text{PM}_{2.5}$.

Pour les gaz inorganiques, les appareils utilisés sont les analyseurs de marque API série E (tous approuvés par type). S'agissant du benzène, il s'agit de l'analyseur série Delta type PID développé à l'origine pour la sécurité en milieu industriel. Cet appareil reprend la technologie du GC955 de la marque Synspec, en plus compact et avec une consommation en diazote réduite. Enfin, pour les particules, il est proposé la radiométrie bêta (analyseur E-BAM de la marque Met One) ou un simple indicateur optique par néphélogétrie (appareil E-sampler de la marque Met One)

L'appareil consiste en un boîtier en inox de dimensions variables selon le nombre de paramètres mesurés (cf. figure 11 et tableau IX) :



Figure 11 : la mini-station Envicontroler

Tableau IX : caractéristiques générales de l'appareil Envicontroller

Caractéristique	Valeur
Débit de prélèvement	Entre 0,5 et 3 L/min
Dimensions (H x L x P)	<u>Coffret standard (jusqu'à 2 composés):</u> 950 x 1080 x 545 (mm) <u>Coffret large (jusqu'à 4 composés) :</u> 1200 x 1080 x 540 (mm)
Poids	De 35 à 80 kg selon la configuration
Alimentation	220 / 50 Hz
Consommation	Environ 370 W
Température d'utilisation	- 20 à + 40°

Comme les dispositifs décrits précédemment, l'EnviController est doté d'un groupe de pompage unique en PTFE pour l'alimentation des analyseurs en air échantillonné.

La mesure de ces gaz se fait selon le principe de mesure de la méthode de référence correspondante à l'aide des appareils API série E qui sont approuvés par type selon les normes EN en vigueur. La température à l'intérieur de l'Envicontroller est stabilisée à l'aide d'un climatiseur

La mesure des paramètres météorologiques est possible avec des capteurs additionnels. La mesure du CO₂ est également proposée. La configuration maximale est de 4 composés. La consultation de l'appareil peut se faire à distance par GSM, ligne téléphonique / internet ou directement sur site par PC. Le recours à un afficheur LCD est donc facultatif.

Ce dispositif est conçu sur la logique de la « microstation » transportable permettant une implantation rapide sur site et une exploitation facile sans ouverture systématique de l'appareil. Afin de s'intégrer facilement dans le paysage urbain, il est même proposé différentes couleurs pour mieux se fondre dans l'ambiance.

Afin de répondre au besoin d'autonomie, le contrôle de l'étalonnage (zéro & point d'échelle) des appareils est possible avec des moyens intégrés aux appareils (ex : banc à perméation interne) ou avec des bouteilles de mélanges comprimés à usage direct (avec mano-détendeur et électrovanne). La communication avec les appareils se fait à l'aide d'un système d'acquisition de données dont la compatibilité avec un des systèmes français (ISEO) est annoncée. Le dispositif est garanti 2 ans.

Les performances métrologiques pour SO₂, NO/NO_x, O₃ et CO annoncées par Envitec sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau X : caractéristiques métrologiques de l'Envicontroller

Polluant	Caractéristique Envicontroller	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil API série E correspondant
NO – NO _x	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) :</u> de 0 à 20000 ppb maxi	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)	<u>Echelle de certification en NO :</u> 0 – 1200 µg.m ⁻³ (0 – 962 ppb)
	<u>Limite de détection :</u> < 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,94 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> -0,7 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> < 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> -0,84 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 24h) :</u> < 1% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 6 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h) :</u> -1,4 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> < 2 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 5% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> 1,03 %

Polluant	Caractéristique Envicontroler	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil API série E correspondant
O ₃	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) :</u> de 0 à 10000 ppb maxi	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 500 µg.m ⁻³ (0 – 250 ppb)
	<u>Limite de détection :</u> < 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro:</u> ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,38 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> 0 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> -0,1 ppb/mois
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> < 1 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 12,5 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> -1,4 ppb/mois

Polluant	Caractéristique Envicontroler	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil API série E correspondant
CO	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur) : de 0 à 1000 ppm maxi</u>	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 100 mg.m ⁻³ (0 – 86 ppm)	<u>Echelle de certification :</u> 0 – 100 mg.m ⁻³ (0 – 86 ppm)
	<u>Limite de détection : < 0,08 ppm</u>	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> ≤ 1 ppm	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro :</u> 0,04 ppm
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h) :</u> < 0,2 ppm	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> ≤ 0,1 ppm	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h) :</u> 0 ppm
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> < 0,4 ppm	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 0,5 ppm	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max) :</u> -0,25 ppm/mois
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> < 2 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> ≤ 4,3 ppm	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max) :</u> -0,25 ppm/mois

Polluant	Caractéristique Envicontroller	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil API série E correspondant
SO ₂	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'usager) : de 0 à 20000 ppb maxi</u>	<u>Echelle de certification</u> : 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)	<u>Echelle de certification</u> : 0 – 1000 µg.m ⁻³ (0 – 376 ppb)
	<u>Limite de détection</u> : < 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro</u> : ≤ 1 ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à zéro</u> : 0,3 ppb
	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 24h)</u> : < 1 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h)</u> : ≤ 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à court terme sur 12h)</u> : 0,4 ppb
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j)</u> : < 2 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max)</u> : ≤ 5 ppb	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 3 mois max)</u> : 1,35 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 24h)</u> : < 1% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h)</u> : ≤ 6 ppb	<u>Dérive au point d'étalonnage (à court terme sur 12h)</u> : -1,4 ppb
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j)</u> : < 2 % de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max)</u> : ≤ 5% de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 3 mois max)</u> : 1,6% ppb

Polluant	Caractéristique Enviconroller	Critère de la norme EN correspondante	Caractéristique appareil Syntec GC955 correspondant
Benzène	<u>Gamme de mesure (ajustable par l'utilisateur):</u> de 5 à 5000 ppb ou de 10 à 10000 ppb	<u>Echelle de certification :</u> 0,5 – 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (0,15 – 15,4 ppb)	<u>Echelle de certification :</u> 0,5 – 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (0,15 – 15,4 ppb)
	<u>Limite de détection :</u> $\leq 0,15$ ppb	<u>Ecart-type de répétabilité à 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:</u> $< \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,09 ppb)	<u>Ecart-type de répétabilité à 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$:</u> $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,06 ppb)
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> $< 1\%$		
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> $< 5\%$ de la valeur	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 14j) :</u> $\leq \pm 10\%$	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 14j) :</u> 4,8%
CO₂	<u>Gamme de mesure:</u> de 0 à 2000 ppm maxi		
	<u>Limite de détection :</u> $< 0,4$ ppm		
	<u>Dérive du zéro (à long terme sur 7j) :</u> $< 0,25\%$		
	<u>Dérive au point d'étalonnage (à long terme sur 7j) :</u> $< 0,5\%$ de la valeur		
Particules (PM₁₀ & PM_{2,5})	<u>Gamme de mesure:</u> de 0 à 10 mg/m^3 maxi	de 1 à 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ maxi (sur 24h)	
	<u>Limite de détection :</u> 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur 24h)	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur 24h)	
Vitesse & Direction de vent	<u>Gamme de mesure:</u> de 0 à 60 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ / 0 à 360°		
	<u>Limite de détection :</u> 0,1 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ / 0,02 °		

Les coûts associés varient en fonction de la configuration choisie. Le tableau suivant rassemble les tarifs annoncés :

Tableau XI : coûts associés à l'appareil Envicontroller

Description	Prix (€HT)
Coffret standard (2 composés) avec câblage électrique, climatiseur, tête d'échantillonnage, groupe de pompage en PTFE, support de filtre et système d'acquisition	16500
Coffret agrandi (4 composés) cf. config. précédente	17500
Modem GSM (sans carte SIM)	900
Analyseur SO ₂ seul	10376
Analyseur NO _x seul	9521
Analyseur CO seul	8165
Analyseur CO ₂ seul	8022
Analyseur O ₃ seul	7271
Ecran d'analyseur (1 par appareil)	1015
Analyseur SO ₂ avec contrôle zéro / point échelle intégré	12454
Analyseur NO _x avec contrôle zéro / point échelle intégré	13020
Analyseur CO avec contrôle zéro interne & mélange gazeux comprimé externe (avec détendeur + électrovanne)	11067
Analyseur O ₃ avec contrôle zéro / point échelle intégré	9272
Analyseur SO ₂ avec contrôle zéro interne & mélange gazeux comprimé externe (avec détendeur + électrovanne)	11715
Analyseur NO _x avec contrôle zéro interne & mélange gazeux comprimé externe (avec détendeur + électrovanne)	12281
Analyseur Benzène avec contrôle zéro interne & mélange gazeux comprimé externe (avec détendeur + électrovanne)	17062
Analyseur de particules par absorption bêta (PM ₁₀ ou PM _{2,5})	14382
Analyseur de particules par néphélométrie	7625

Ainsi, une mini-station Envicontroller en coffret standard pour la mesure de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote seule revient à 34186 € HT.

II.4 Autres appareillages potentiellement intéressants

La mesure mobile de la qualité de l'air est un secteur métrologique en plein développement. La recherche de l'aire de représentativité des sites de mesure fixes, la spécificité de l'environnement microlocal dans des contextes de mesure particuliers (proximité de trafic automobile, air intérieur) ont amené les constructeurs à proposer des solutions faciles à mettre en œuvre et adaptées à ces besoins. Certains fabricants déjà engagés dans la fourniture de « micro-stations » ont dans leur catalogue d'autres produits. Ainsi, la société RECORDUM propose le ROADPOINTER développé spécifiquement pour la mesure en proximité automobile (cf. figure 12). Cette mini-baie transportable accueille un analyseur de NO_x modèle 42i de marque Thermo et une jauge radiométrique SHARP modèle 5030 (appareils respectivement conformes et équivalents à la méthode de référence), avec les compléments obligatoires (système d'acquisition, mini-climatiseur). Ce produit n'est pour le moment pas commercialisé en France.



Figure 12 : l'appareil ROADPOINTER de la société RECORDUM

D'autres constructeurs proposent des produits similaires à la mini-station Envicontroler ou à l'appareil AIRPOINTER. Dans le 1^{er} cas, la société anglaise CASELLA fournit la microstation ROMON 300 qui suit selon la même logique que l'Envicontroler, à savoir l'intégration dans un coffret compact d'appareils complets et pas uniquement de la partie électronique (cf. figure 13) :



Ce système compact en acier inox a les dimensions suivantes (en mm) : H x L x P = 1456 x 1290 x 600.

Il peut accueillir ainsi jusqu'à 2 analyseurs classiques (de la marque Monitor Europe, approuvés par l'organisme de certification anglais MCERTS) avec leur moyen de contrôle d'étalonnage externe (mélanges gazeux comprimés) ainsi qu'une microbalance Thermo TEOM 1400AB. Il est équipé d'un climatiseur de 1600W.

Cependant ce produit n'est pas commercialisé en France pour le moment. De plus, malgré la reconnaissance au Royaume-Uni, aucun rapport d'approbation de type avec affichage des résultats des tests n'est disponible, rendant impossible toute évaluation de l'incertitude de mesure.

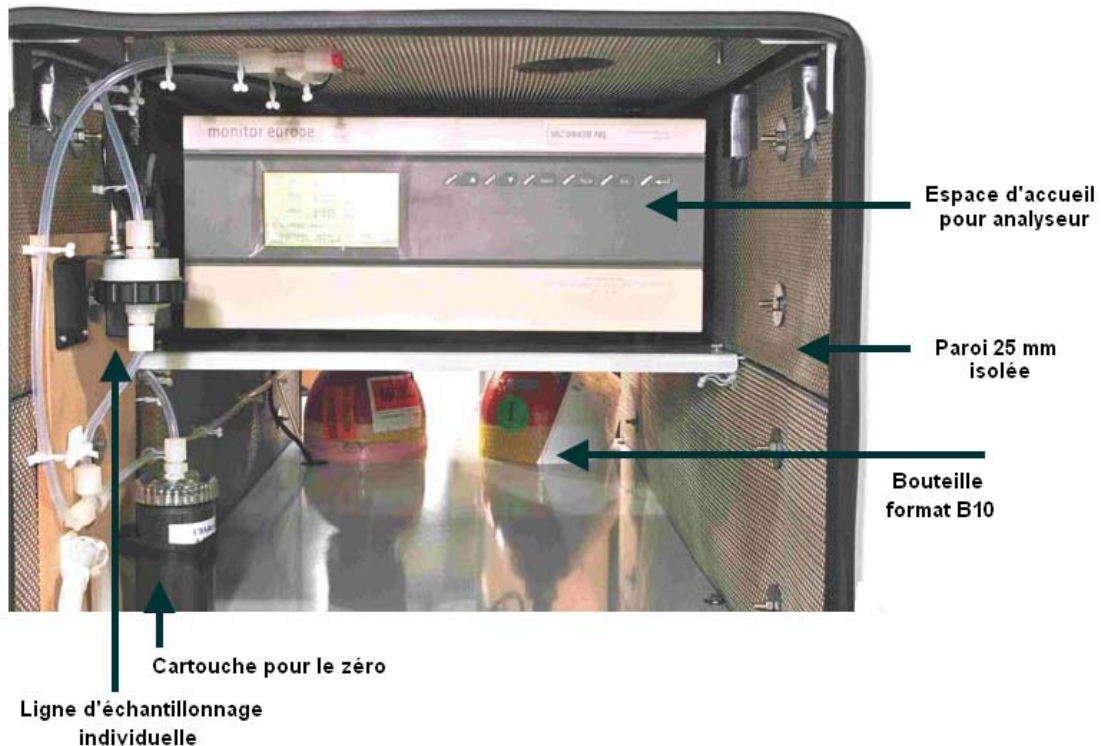


Figure 13 : la ministration ROMON 300 de la société CASELLA

La société anglaise Enviro Technology propose le système intégré TrafficBox (cf. figure 13) consistant en un coffret en polycarbonate de dimension et poids réduits (H x L x P = 514 x 415 x 230 en mm, pour un total de 15 à 20 kg) offrant la mesure jusqu'à 6 composés gazeux et 2 paramètres environnementaux (température et humidité ambiantes).

La compacité du système s'explique par le choix de la technique de mesure de gaz par détection à l'aide de semi-conducteurs composés d'oxydes de métaux supportés sur alumine, la variation de résistance étant fonction de la concentration du gaz associé. Cette technique est souvent désignée par la terminologie « GSS technology » (pour Gas Sensitive Semiconductor). Le principal inconvénient réside dans l'étalonnage de ce type de capteur, de la sélectivité et de la tenue dans le temps des caractéristiques métrologiques et de la durée de vie du capteur. On peut donc s'attendre à des incertitudes élevées, limitant l'usage de cette technique à l'estimation objective.



Figure 14 : le système multigaz TrafficBox de la société Enviro Technology

Le tableau XII rassemble les principales caractéristiques annoncées par le fabricant :

Tableau XII : caractéristiques métrologiques de l'appareil TrafficBox

Composé	Gamme de mesure	Limite de détection	Résolution
O ₃	0 – 150 ppb	1 ppb	1 ppb
NO ₂	0 – 200 ppb	1 ppb	1 ppb
NO	0 – 2 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm
CO	0 – 100 ppm	0,5 ppm	0,1 ppm
CO ₂	0 – 2000 ppm	6 ppm	10 ppm
SO ₂	0 – 10 ppm	0,2 ppm	0,01 ppm
H ₂ S	0 – 10 ppm	0,01 ppm	0,01 ppm
HCnm	0 – 25 ppm	0,1 ppm	0,1 ppm
T _{ambiante}	-20°C à 100°C	Sensibilité = 0,01 °C	0,01 °C
HR _{ambiante}	0 - 100 %RH	Sensibilité = 1 %RH	1 % RH

Les microcapteurs à cellule électrochimique (basé sur le principe d'une mesure de courant entre une électrode de référence et une électrode spécifique baignant dans un électrolyte ²) sont également utilisés dans le secteur de la « mini-station ». La StreetBox de la société anglaise Signal AmbiTech permet de mesurer simultanément jusqu'à 3 gaz avec un encombrement minimal (cf. figure 15). Elle fonctionne sur batteries et allie la simplicité d'implantation des tubes passifs aux caractéristiques de communication et d'exploitation des analyseurs traditionnels (temps de réponse court, facilité de communication). Les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau XIII. Il est à noter qu'aucune limite de détection ou sensibilité est annoncée. Par contre la mesure du bruit est possible (dans la gamme de 50 à 100 dB).



Figure 15 : la StreetBox de la société Signal Ambitech

Tableau XIII : caractéristiques métrologiques de l'appareil TrafficBox

Composé	Gamme de mesure	Résolution
NO ₂	0 – 10 ppm	20 ppb
NO	0 – 100 ppm	0,5 ppm
CO	0 – 100 ppm	0,1 ppm
SO ₂	0 – 40 ppm	25 ppb
H ₂ S	0 – 10 ppm	0,1 ppm
Vitesse de vent	0 à 78 m/s	0,1 m/s
Direction de vent	0 - 360 °	1°

Comme pour les capteurs par semi-conducteurs, ce type d'appareils va être pénalisé par l'étalonnage, les interférents potentiels et la durée de vie des cellules électrochimiques qui dépendra fortement des niveaux mesurés et des conditions ambiantes. Le constructeur annonce cependant une durée pouvant aller jusqu'à 2 ans.

Il existe donc un fort pannel d'appareils compacts multiparamètres mais ils ne sont pas pour le moment distribués sur le territoire français.

² Dräger Review 85 (April 2000) – H. Kiesele, M. H. Wittich "Electrochemical gas sensors for use under extreme climatic conditions"

III. Conclusion

La Directive européenne n°2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, sortie en milieu de l'année 2008 va provoquer une évolution de la surveillance de la qualité de l'air ambiant en France, notamment en ce qui concerne la stratégie de mesure et l'implantation du matériel associé, que ce soit sur le plan local ou national. L'installation de points de mesure dans un espace restreint va s'avérer difficile, surtout si on désire respecter des exigences techniques particulières. La mesure en proximité du trafic automobile, mise en avant dans la nouvelle réglementation européenne, est un exemple. L'utilisation de la configuration classique (abris autonomes dits « shelters » ou « portakabins ») pouvant être problématique, les systèmes de mesure intégrés (communément appelés « micro-stations ») sont une solution intéressante, sous réserve de performances météorologiques suffisantes. La garantie de telles performances n'est à l'heure actuelle possible que pour des dispositifs compacts basés sur le principe de mesure des méthodes de référence automatiques, permettant ainsi aux utilisateurs d'assurer la mission de surveillance réglementaire, tout en réduisant les contraintes d'espace, avec un coût d'investissement moindre et une exploitation a priori moins contraignante en comparaison avec la station fixe traditionnelle.

3 systèmes ont été identifiés, pour la mesure des polluants tels que SO₂, NO/NO_x, O₃, CO, particules....

Dans tous les cas, les appareils de mesure sont basés sur les techniques de mesure décrites dans les référentiels normatifs européens (Fluorescence UV, Chimiluminescence IR, Absorption UV...) et ayant le statut de méthode de référence dans la nouvelle Directive européenne. Ces appareils reprennent l'électronique des marques testées dans le cadre de l'approbation de type. Certains bénéficient même de comparaison sur site avec des analyseurs traditionnels, avec des résultats assez probants. L'avantage principal de ce type de système est financier dans la mesure où le coût de l'appareillage est moins élevé qu'un ensemble d'appareils séparés dans un abri autonome et où l'exploitation est plus aisée. Dans certains cas, la compacité est telle qu'il est envisageable d'utiliser ce concept dans le cadre de la mesure de la qualité de l'air intérieur qui devrait s'intensifier à moyen terme suite aux conclusions du Grenelle de l'Environnement. Cependant le poids peut s'avérer gênant dans le cas de déplacements fréquents et ce type d'appareillage semble plus adapté aux espaces publics larges et ouverts tels que les halls de gare ou les allées de centre commercial.

Enfin, étant donné que ces systèmes ne bénéficient pas de l'homologation de type, l'utilisation de ce type d'appareil comme moyen de mesure fixe destiné à répondre à l'objectif réglementaire européen associé n'est donc pas possible pour le moment. La situation pourrait évoluer si les constructeurs se lancent dans la démarche d'approbation de type. Dans la mesure où ces microstations sont basées sur des appareils homologués, la reconnaissance de ces nouveaux appareillages pourrait s'avérer moins lourde qu'une approbation de type complète (longue et coûteuse). Une expertise technique initiale par le laboratoire ayant effectué les tests initiaux (en l'occurrence le TÜV) est suggérée.

D'autres appareillages correspondant à l'appellation « micro-stations » sont trouvables sur le marché mais ils n'offrent pas les mêmes garanties sur le plan météorologique et souffrent d'une absence de distribution sur le territoire français. Dans un premier temps, ils nécessiteraient d'être comparés avec la méthode de référence avant une utilisation éventuelle dans un cadre réglementaire, qui devrait se limiter à l'estimation objective.

En conclusion, à ce jour, ce type de matériel est pour le moment à limiter au cadre de mesure indicative ou à des études spécifiques telles que les campagnes ponctuelles.

ANNEXES

Annexe n°1 : Document de référence de l'étude

THEME 2 : METROLOGIE - ETUDE DES PERFORMANCES DES APPAREILS DE MESURE

Etude n° 12 : Expertise technique des systèmes de mesure multipolluant intégrés (« micro stations »)

Responsable de l'étude : EMD

Objectif

L'objectif de cette étude est de donner un avis technique sur les nouveaux systèmes intégrés développés par les constructeurs pour la surveillance de la qualité de l'air.

Ces nouveaux systèmes compacts basés sur le principe de mesure des méthodes de référence automatiques sont destinés aux utilisateurs d'analyseurs automatiques et visent à leur permettre d'effectuer leurs missions de surveillance, tout en réduisant les contraintes d'espace qu'en répondant aux exigences des Directives en matière d'incertitude au niveau de la valeur limite, ceci avec un coût d'investissement moindre.

Contexte

La station multipolluant est à l'heure actuelle l'outil incontournable des AASQA pour assurer leur mission de surveillance de la Qualité de l'air. Outre le fait d'être représentative de la pollution du site, la caractéristique « multiparamètre » est un critère obligatoire pour l'utilisation des données en vue du calcul de l'indice ATMO (c'est à dire procéder en un même point à la mesure de l'ensemble des quatre polluants de l'indice). Un des grands problèmes de la mesure de la qualité de l'air en milieu urbain est celui de l'espace d'accueil suffisant pour la station de mesure, avec notamment le dispositif de prélèvement, les matériels de mesure, le système d'acquisition....

A cela s'ajoutent des critères tels que la facilité d'accès, la sécurité des personnes et du matériel, la disponibilité d'une puissance électrique suffisante ou d'une ligne de communication.... Or, les systèmes traditionnels actuels (abris autonomes dits « shelters » ou « portakabins ») ont une taille minimale de 2,5 x 2,5 x 2 (m), rendant délicate leur intégration dans le paysage urbain, dans les zones où les niveaux de pollution sont élevés (rue « canyon ») ou à des faibles distances à la voie de circulation. En outre, les AASQA vont utiliser de plus en plus des outils mobiles permettant de déplacer cycliquement le point de mesure. Enfin, l'aspect multiparamètre a un impact financier non négligeable.

Des constructeurs (français et étrangers) ont mis au point des stations de mesure compactes, pour la mesure des polluants tels que SO₂, NO/NO_x, O₃, CO, particules..., permettant de répondre aux contraintes d'espace restreint. Dans certains cas, la compacité est telle qu'il est envisageable d'utiliser ce concept dans le cadre de la mesure de la qualité de l'air intérieur.

Dans la majorité des cas, les appareils de mesure sont basés sur les techniques de mesure décrites dans les référentiels normatifs européens (Fluorescence UV, Chimiluminescence IR, Absorption UV...) et reprennent l'électronique testée dans le cadre de l'approbation de type.

L'objectif de l'étude est donc de faire un bilan de ces diverses solutions disponibles sur le marché (description technique, spécifications annoncées par le fabricant, résultats de tests préliminaires, retour d'expérience d'utilisateur, avantage financier...) afin de donner un avis technique sur la pertinence de tels produits (avantages & inconvénients, adaptation du produit en fonction de l'objectif recherché).

Travaux proposés pour 2008

➤ Identification et contact des constructeurs présents sur le marché français proposant ce type de solution

3 constructeurs ont à ce jour été identifiés.

Il s'agit de :

- Environnement SA avec le concept MMS (Micro Monitoring Station)
- Recordum (représenté en France par Ecomesure) avec l'analyseur multigaz compact AIRPOINTER
- Envitec avec l'intégration des appareils API en mini-station

➤ Constitution d'un dossier technique par constructeur en vue d'un bilan comparatif des caractéristiques

Ce dossier portera notamment sur la praticité de conception, les performances analytiques (gamme de mesure, limite de détection, dérives...) en fonction des composés proposés, les coûts associés. Sur le plan technique, les critères de performance fixés dans les normes EN seront pris comme base de comparaison.

Le cas échéant, le retour d'expériences d'utilisateurs (français ou étrangers) et un bilan des tests comparatifs existants (basés le plus souvent sur la comparaison avec des appareils classiques) seront effectués.

Ces informations permettront de mieux identifier à quel type de besoin réglementaire est adapté ce type d'appareillage (mesure fixe ? mesure indicative ? estimation objective ?) et le cas échéant de voir avec le fournisseur si des tests complémentaires sont nécessaires en vue de répondre au cahier des charges défini dans les référentiels normatifs.

Renseignements synthétiques

Titre de l'étude	Expertise technique des systèmes de mesure multipolluants intégrés («micro stations»)		
Personne responsable de l'étude	F. MATHE		
Travaux	Annuel (nouveau – année 2008)		
Durée des travaux pluriannuels			
Collaboration AASQA			
Heures d'ingénieur	EMD : 150	INERIS :	LNE :
Heures de technicien	EMD : 200	INERIS :	LNE :
Document de sortie attendu	rapport		
Lien avec le tableau de suivi CPT	Thème 2 : Métrologie – travaux sur les appareils		
Lien avec un groupe de travail	non		
Matériel acquis pour l'étude			