



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

Etude des instruments à long trajet optique « DOAS »

Laboratoire Central de Surveillance de la
Qualité de l'Air

Convention 41/2000

Emeric FREJAFON - Nathalie BOCQUET - Amandine FIEVET

Unité Qualité de l'Air – Direction des Risques Chroniques

Décembre 2001

Etude des instruments à long trajet optique « DOAS »

Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité
de l'Air

Convention 41/2000

DECEMBRE 2001

personnes ayant participé à l'étude

Emeric FREJAFON - *Nathalie BOCQUET* - *Amandine FIEVET*

Ce document comporte 17 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Emeric FREJAFON	Rémi PERRET	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur Unité AIRE	Responsable Unité AIRE	Responsable LCSQA
Visa			

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	3
RÉSUMÉ.....	5
SYNTHESE GENERALE DES TRAVAUX REALISES EN 2001.....	7
1. Essais de réception des APPAREILS DOAS SANOA des réseaux Air Normand et Champagne Ardenne (rapports finaux envoyés le 7 juin 2001)	7
2. Essais de réception de l'appareil Thermo Environment DOAS 2000 du réseau COPARLY.....	8
3. calibrage sur site des instruments DOAS	9
3.1 Calibrateur d'ozone haute concentration.....	9
3.2 Mise en circulation des cellules de calibrage scellées.....	9
3.3 Programme de calibrage proposé.....	9
4. compte rendu du premier meeting international sur les DOAS (heidelberg 2001)	11
4.1 Avancées technologiques des doas.....	11
4.2 DOAS en versions commerciales.....	12
4.3 Campagnes de mesures utilisant des DOAS commerciaux	12
5. Etude d'une modulation d'émissions par technique DOAS : campagne du tunnel du Mont Blanc ..	14
6. Compte rendu des reunions du groupe de travail CEN WG GT 18 sur les intruments a long trajet optique « LIDAR, DOAS et FTIR ».....	14
ANNEXE 1: RÉCEPTION DU SANOA DE AIR NORMAND.....	19
ANNEXE 2: RÉCEPTION DU SANOA DE CHAMPAGNE ARDENNE	21
ANNEXE 3: RÉCEPTION DU DOAS 2000 DE COPARLY.....	23
ANNEXE 4: RAPPORT DOAS ROTTERDAM.....	25

RESUME

Pour faire suite aux demandes du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, puis de l'ADEME et des AASQA, l'INERIS a conduit depuis 1996 un programme d'étude sur les appareils de mesure à long trajet optique de type DOAS. Les principaux travaux réalisés au cours de ces années ont été les suivants :

- de mettre en évidence les bonnes performances des appareils existants, sur les polluants classiques (SO₂, NO₂ et ozone), et de déterminer un intervalle de confiance externe de l'ordre de 10% sur les valeurs moyennes horaires mesurées par ces appareils,
- de montrer que la mesure des polluants tels que le benzène et le toluène ne pouvait être réalisée que d'une manière indicative, dans l'état actuel de développement des techniques,
- de préciser les bonnes pratiques d'utilisation de ces appareils en réseau de mesure (mise en œuvre, calibrage, contrôles qualité...).

En 2001, l'INERIS a réalisé tout d'abord une assistance aux AASQA acquérant ou détenant un appareil de type UV-DOAS, en particulier en effectuant des essais de réception dans sa galerie souterraine. 3 essais ont été réalisés depuis le début de l'année 2001 :

- SANOVA ENV. SA du réseau AIR NORMAND (Rapport diffusé le 7 juin 2001)
- SANOVA ENV. SA du réseau Champagne Ardenne (Rapport diffusé le 7 juin 2001)
- DOAS 2000 MEGATEC du réseau COPARLY (Rapport diffusé le 15 janvier 2002)

De même, le travail de synthèse réalisé, sur la problématique du calibrage des DOAS sur site, a montré les limitations techniques actuelles des calibrateurs d'ozone et l'impossibilité d'effectuer une circulation de cellules scellées. Un protocole de calibrage est donc proposé, au vu de cette synthèse.

Par ailleurs, l'INERIS participe activement aux travaux du CEN TC 264/GT 18 sur les appareils de mesure à long trajet optique (FTIR, DOAS et LIDAR). Lors des deux dernières réunions qui se sont déroulées en 2001, l'INERIS a insisté sur la nécessité d'accéder rapidement à un projet de norme DOAS qui ait une forte teneur applicative en répondant aux demandes des utilisateurs. De même, l'INERIS a insisté sur la nécessité de posséder rapidement d'un retour d'expérience des utilisateurs au niveau international, qui servirait de base au projet de norme DOAS.

L'INERIS a participé au premier séminaire international sur les DOAS (Heidelberg 2001) qui a permis de souligner les avancées technologiques des DOAS, mais qui a montré également le nombre croissant de constructeurs de DOAS ainsi que les nombreuses applications réalisées avec des DOAS commerciaux.

Enfin, l'INERIS réalise actuellement une campagne de mesure DOAS sur la vallée de Chamonix, visant à effectuer une étude de modulation de trafic, liée à la réouverture du tunnel du Mont Blanc. Un rapport détaillé sera diffusé en fin de campagne.

SYNTHESE GENERALE DES TRAVAUX REALISES EN 2001

1. ESSAIS DE RECEPTION DES APPAREILS DOAS SANOA DES RESEAUX AIR NORMAND ET CHAMPAGNE ARDENNE (RAPPORTS FINAUX ENVOYES LE 7 JUIN 2001)

Les essais réalisés sur les appareils SANOA pour le compte d'Air Normand puis de Champagne Ardenne n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement de l'appareil. En particulier, la procédure de calibrage utilisant la cellule intégrée à l'appareil est équivalente à celle mise en œuvre par l'INERIS (cellules de 2 mètres de longueur) concernant le NO₂ et le SO₂. Il n'a pas été possible de travailler sur l'ozone, du fait de la défaillance du constructeur de notre système de calibrage (LN Industrie). En effet, ce dernier ne peut réaliser un calibrateur d'ozone, en respectant le cahier de charges de l'INERIS : générer une concentration stable sur la gamme 0-2 000 ppm, contrôlée précisément en permanence par un analyseur d'ozone haute concentration. Or, le système de génération actuellement à l'INERIS ne permet pas d'obtenir des concentrations supérieures à 200 ppm. De plus, les outils actuellement en notre possession, ne permettent pas de contrôler cette concentration générée, paramètre nécessaire à la réalisation de l'essai.

Pour le benzène et le toluène, les facteurs de réponse obtenus sont respectivement de 0,91 et 0,14 pour des niveaux de base de 25,4 et 106,6 µg/m³. Les écart-types expérimentaux au niveau du zéro sont de l'ordre de 3 µg/m³ et interdisent une utilisation de l'appareil pour la détection de ces composés à des niveaux de concentration inférieurs à 10 µg/m³. Ces résultats, valables en galerie souterraine, pourront toutefois être approfondis après l'installation de l'appareil sur son site d'implantation, en réalisant des comparaisons avec une méthode de référence.

Les droites de calibrage obtenues à l'INERIS ne sont valables que dans les conditions d'essais de la galerie souterraine de l'INERIS et ne pourraient être extrapolées à l'appareil sur son site final d'implantation.

Au cours de l'installation sur site du SANOA du réseau Champagne Ardenne, il conviendra de vérifier que l'appareil n'invalide pas les données de mesure en NO₂ lorsque les concentrations de ce composé sont faibles. Il conviendra également de vérifier les ordonnées à l'origine pour NO₂ et le SO₂, qui étaient significativement différentes de zéro pour les essais réalisés en galerie (respectivement de -10 et de 5 µg.m⁻³).

2. ESSAIS DE RECEPTION DE L'APPAREIL THERMO ENVIRONNEMENT DOAS 2000 DU RESEAU COPARLY

.Nous avons effectué, à deux reprises, des essais de réception sur l'appareil Thermo Environnemental DOAS 2000 du réseau de surveillance de la région lyonnaise COPARLY. Cet instrument, commercialisé par le représentant français MEGATEC, est de type monostatique, à la différence de tous les DOAS précédemment évalués qui étaient bistatiques. En effet, cet appareil, utilisant un rétro réflecteur, permet de positionner l'émetteur et le récepteur de manière colinéaire, en un même point, le rétro réflecteur jouant le rôle d'un miroir distant. De ce fait, l'installation se trouve simplifiée, car seul un site nécessite une servitude électrique et un accès constant. De plus, ce type de système permet de multiplier les directions de mesure par l'acquisition d'autres rétro réflecteurs à un faible coût.

Ce type d'instrument tant à se développer fortement et de nombreux autres constructeurs le propose en version commerciale (cf. paragraphe traitant du premier meeting DOAS qui c'est tenu à Heidelberg).

L'INERIS a réalisé du 4 décembre au 14 décembre 2001, pour le compte de COPARLY, des essais visant à vérifier le bon état de marche et les performances métrologiques d'un analyseur DOAS 2000 de THERMOENVIRONNEMENT INC. commercialisé en France par la société MEGATEC. Une première évaluation de cet instrument avait eu lieu du 12 au 14 juin 2001. Des résultats non concluants avaient été obtenus (cf. annexe I du rapport de réception) tels que notamment de très fortes variabilités des mesures, tous polluants confondus. En réponse à ces mauvais résultats et suite à de nombreuses discussions avec l'Ecole Polytechnique de Lausanne (EPFL) utilisant un instrument du même type, il a été décidé, d'un commun accord entre COPARLY, THERMOENVIRONNEMENT, MEGATEC et l'INERIS de reporter les tests en décembre 2002 et de laisser à THERMOENVIRONNEMENT le temps de modifier le DOAS 2000.

Ainsi le spectromètre présentant vraisemblablement des dysfonctionnements a été changé, une cellule de 50 cm pouvant être montée sur l'appareil fut conçue et enfin les logiciels de traitements de données furent modifiés, afin notamment de prendre en compte le décalage spectral engendré par l'utilisation d'un moyen mécanique de balayage spectral.

Les essais réalisés en décembre 2001 ont mis en évidence de très bonnes performances de l'appareil pour les polluants SO₂ et NO₂ :

- Linéarité SO₂ : $C_{DOAS} = 0,9 * C_{Analyseur} + 1,0$
- Limite de détection SO₂ : 2,0 ppb
- Linéarité NO₂ : $C_{DOAS} = 0,9 * C_{Analyseur} + 0,8$
- Limite de détection NO₂ : 3,0 ppb

Ces essais ont en revanche été moins concluants sur l'ozone car une très large variabilité des mesures a été constatée :

- Linéarité O₃ : $C_{DOAS} = 1,0 * C_{Analyseur} - 8,1$
- Limite de détection O₃ avec cellule: 22,6 ppb

Cette variabilité a pu être fortement réduite par le retrait des cellules qui n'autorisaient qu'une faible restitution lumineuse. Sans ces dernières, la limite de détection est devenue :

- Limite de détection O₃ sans cellule: 10,3 ppb

Les essais réalisés sur l'appareil DOAS 2000 pour le compte de COPARLY ont donc mis en évidence un dysfonctionnement de l'appareil au niveau de ses cellules de calibration qui ne sont pas adaptées, entraînant une forte variabilité de la mesure. Elles devront donc être modifiées : cellule de diamètre supérieur au faisceau émis et fixée à demeure sur le système d'émission/réception.

3. CALIBRAGE SUR SITE DES INSTRUMENTS DOAS

Ces essais d'évaluation, ainsi que l'état de l'art en matière de génération d'ozone haute concentration de manière précise, nous ont permis d'établir les constatations suivantes :

3.1 CALIBRATEUR D'OZONE HAUTE CONCENTRATION

La société LN Industrie, malgré un délai supplémentaire de un an et demi, ne peut pas fournir un calibrateur d'ozone haute concentration, respectant le cahier des charges établi : bonne stabilité de l'ozone générée, sur la gamme 0-2 000 ppm, associée à un contrôle précis des teneurs générées. De ce fait, nous avons donc dû annuler la commande. Plusieurs autres constructeurs ont été contactés et travaillent sur ce sujet. Ainsi, MEGATEC pourrait fournir un analyseur d'ozone haute concentration précis, intégrant une unité de référence de type étalon de transfert, sans pour autant posséder à l'heure actuelle de générateur d'ozone haute concentration stable.

3.2 MISE EN CIRCULATION DES CELLULES DE CALIBRAGE SCHELLES

L'essai de réception du DOAS 2000, a montré l'importance des cellules dans le calibrage de l'instrument. Ainsi, on a pu constater que la suppression des cellules sur un instrument ayant été calibré avec la présence de ces dernières, entraîne la nécessité d'effectuer un recalibrage de l'appareil. De ce fait, l'utilisation de cellules scellées mise en circulation dans les réseaux ne peut pas être correcte. En effet, placer une cellule scellée pour effectuer le calibrage, impose de la retirer ensuite, afin d'effectuer la mesure. Or dans ce cas un recalibrage est nécessaire car les faces d'entrée et de sortie de la cellule sont intervenues dans le calibrage de l'appareil.

On ne peut donc concevoir que des cellules présentes constamment sur le trajet du faisceau, et donc un calibrage par bouteilles étalons mises en circulation dans les réseaux. Des tests sont néanmoins à effectuer afin d'évaluer la possibilité de posséder deux cellules totalement identiques, l'une contenant du gaz étalon utilisé lors du calibrage, l'autre contenant du gaz zéro étant alors utilisée lors des mesures.

3.3 PROGRAMME DE CALIBRAGE PROPOSE

Les constatations émises ci-dessus, nous ont amené à établir le programme suivant.

3.3.1 Calibrage Ozone des DOAS

Dans l'attente d'une solution intégrée dans un module pouvant être mis en circulation dans les réseaux (un calibrateur d'ozone), nous proposons d'effectuer un calibrage sur site, utilisant l'instrumentation suivante :

Générateur d'ozone haute concentration

Il devra fournir au minimum 10 concentrations sur la gamme 0-1 000 ppm, avec une très bonne stabilité. Cela permettrait de couvrir une gamme de calibrage de l'ordre de 0 à 200 ppb, comme le montre la formule ci-dessous

$$c_r (ppb) = c_m (ppm) \times 1000 \times \frac{l_{cellule}}{D_{Trajet_optique}} \times N_{Passage_cellule}$$

Ce type d'instrument seraient disponibles en version commerciale, auprès de constructeurs tels que LNI ou NEREIDES, permettant la génération d'une concentration d'ozone stable, mais sans aucune répétabilité de cette génération. Ainsi il est nécessaire d'effectuer un réel suivi de la concentration générée. L'INERIS possède un générateur de ce type mais qui ne permet d'accéder qu'à la gamme 0-200 ppm

Analyseur d'ozone haute concentration

Il devra permettre la mesure de l'ozone sur la gamme 0-1000 ppm, et posséder son propre raccordement par cellule photométrique pour une valeur située à 75% de la gamme utilisée. En effet, l'utilisation de Scrubber comme moyen de référence ne peut être effectuée à haute concentration car cela entraînerait une dégradation prématurée de ce filtre. En revanche, il est possible d'obtenir une cellule photométrique de type étalon garantissant une référence précise de l'appareil. Cela garantira une très bonne précision de mesure sur cette gamme et donc un suivi précis de la concentration générée.

Malheureusement, nous n'avons pas encore pu nous procurer cet instrument en version commerciale. Néanmoins, des instruments existent sur une gamme plus réduite (200 ppm), permettant de calibrer les DOAS jusqu'à environ 50 ppb en utilisant une cellule de 5 cm. Ainsi par exemple, MEGATEC peut fournir ce type d'instrument, possédant sa propre référence par cellule photométrique étalon, mais uniquement sur la gamme 0-200 ppm.

Cellule de calibrage

La solution idéale est d'utiliser les cellules fournies par le constructeur, fixée à demeure sur le trajet du faisceau. Il serait en revanche important que les constructeurs étudient des cellules autorisant une connectique métallique et non pas verre, afin d'éviter toute détérioration prématurée de ces dernières.

De plus une cellule plus longue, de 15 cm notamment, permettrait d'utiliser un système de calibrage déjà disponible en version commerciale. En effet, dans de telles conditions, le calibrage d'ozone pourrait être effectué sur la gamme 0-150 ppb en utilisant un système haute concentration 0-200 ppm disponible en version commerciale.

En conclusion, la mise en place d'un calibrage d'ozone, compte tenu des développements effectués par les constructeurs, et compte tenu des instruments commercialisés à ce jour, devrait être le suivant :

- Cellule de 15 cm, fixée à demeure sur les DOAS, avec une connectique métallique
- Système de génération d'ozone haute concentration de gamme 0-200 ppm
- Analyseur d'ozone haute concentration de gamme 0-200 ppm, possédant non pas un Scrubber, mais une cellule photométrique étalonnée à 150 ppm.

3.3.2 Calibrage NO₂ et SO₂ des DOAS

Dans l'hypothèse où il serait possible d'installer à demeure une cellule de 15 cm, avec connectique métallique, une mise en circulation de cylindres de gaz étalon, pourrait être effectuée comme suit :

- Cylindre B10/ 200 bars avec une concentration de NO₂ de 50 ppm à ± 1%
- Cylindre B10/ 200 bars avec une concentration de NO₂ de 150 ppm à ± 1%
- Cylindre B10/ 200 bars avec une concentration de SO₂ de 50 ppm à ± 1%
- Cylindre B10/ 200 bars avec une concentration de SO₂ de 150 ppm à ± 1%
- Cylindre B10/ 300 bars contenant de l'air zéro

Cela permettrait de garantir un calibrage en 3 points pour chaque polluant, qui serait effectué tous les 6 mois environ.

Cette proposition de calibrage, fera l'objet d'une discussion et suivi d'un plan d'action, lors de la prochaine réunion des utilisateurs DOAS, prévue entre avril et juin 2002.

4. COMPTE RENDU DU PREMIER MEETING INTERNATIONAL SUR LES DOAS (HEIDELBERG 2001)

Pour la première fois, un congrès international regroupant de nombreux laboratoires de recherche, des industriels et des utilisateurs de DOAS, s'est tenu les 13 et 14 septembre 2002 à Heidelberg, Allemagne.

Cette conférence, qui s'est tenue sous la présidence de U. Platt (un des principaux initiateurs de la technique DOAS), a regroupé environ 200 participants, européens, mais également des Etats Unis, de Russie ou encore de Chine.

De nombreux thèmes ont été abordés, aussi bien sur des domaines de recherches, sur des développements commerciaux, que sur des applications réalisées. Nous présentons ici un résumé des thèmes intéressant directement les AASQA.

4.1 AVANCEES TECHNOLOGIQUES DES DOAS

Les laboratoires de recherche, principalement allemands, ont développé de nouveaux DOAS permettant de mesurer certains polluants spécifiques. Ainsi on a pu observer les résultats d'expériences ayant porté sur le suivi de polluants à l'état de trace tels que le radical NO₃, le NH₃ ou bien encore le HONO et le formaldéhyde. Il s'agit d'instruments commerciaux ayant été spécialement adaptés, pour ce type de mesure et n'autorisant donc pas le suivi en simultané de polluants plus classiques. En effet le spectromètre de ces instruments a été modifié de manière à être optimisé pour un type de mesure. Néanmoins, ils ont démontré la faisabilité d'un mesurage de polluants plus spécifiques, moyennant certaines modifications internes d'un instrument commercial.

Parallèlement à ceci, une large discussion s'est engagée sur le choix entre un spectromètre associé à un détecteur (OPSIS par exemple) ou associé à une barrette CCD (SANOVA). De nombreux points, ont été mis en évidence, sur les limitations de l'utilisation d'une barrette CCD, pourtant beaucoup plus aisée d'utilisation. En effet, si l'avantage majeur d'un type CCD est de fournir un instrument très aisé d'utilisation et nécessitant des réglages mineurs, néanmoins il pose certains problèmes tels que la non-linéarité de sa réponse et la difficulté à effectuer une mesure précise en raison de la largeur non négligeable de chaque unité élémentaire composant cette barrette. Finalement l'avis reste partagé entre un choix de simplicité et un choix privilégiant la précision de mesure de certains composés nécessitant un spectromètre précis et linéaire.

4.2 DOAS EN VERSIONS COMMERCIALES

Ce séminaire a également montré le nombre croissant d'entreprises fournissant des DOAS en version commerciale :

- France : Environnement SA commercialise un DOAS bi-statique multi-polluants dont le NO et les BTX (SANOVA). Il est présent dans de nombreux réseaux ainsi que chez des industriels ou implanté sur des aéroports.
- France : NEREIDES (importateur pour le compte d'OPSIS, société suédoise) commercialisant un instrument bi-statique multi-polluants dont le NO et les BTX. Il est présent dans de nombreux réseaux ainsi que chez des industriels ou implanté sur des aéroports. Une version mono-statique peut également être proposée.
- France : MEGATEC (importateur pour le compte de Thermo Environment, société américaine) commercialise un DOAS mono-statique (DOAS 2000) multi-polluants dont le NO et les BTX. L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne possède ce type d'instrument et participe à son développement, au travers d'une collaboration avec le constructeur. Enfin, le réseau COPARLY vient de faire l'acquisition de ce type d'instrument (cf. synthèse de réception et rapport en annexe).
- Allemagne : HOFFMANN HTM commercialise un DOAS mono-statique multi-polluants dont BTX, sauf NO. En effet, son spectromètre, couramment utilisé par les laboratoires de recherche allemands, permet la mesure précise d'un grand nombre de polluants tels que les BTX, le HONO, le NH₃, mais n'autorise pas la mesure du NO.
- L'Italie, la Russie, la Corée et la Chine : commercialisation en cours d'instruments DOAS mono-statiques. Néanmoins ces appareils restent à l'heure actuelle, fournis en quantité très limitée et fabriqués à la demande

Ainsi, nous constatons que depuis quelques années, de nombreux constructeurs sont apparus sur le marché, proposant généralement des versions commerciales d'instruments développés par des organismes de recherche. Toutes ces nouvelles compagnies proposent des DOAS mono-statiques, présentant de nombreux avantages, décrit notamment dans la synthèse de réception du DOAS 2000 MEGATEC de COPARLY.

4.3 CAMPAGNES DE MESURES UTILISANTS DES DOAS COMMERCIAUX

Des études ont été réalisées, utilisant des DOAS commerciaux, telles que notamment les deux études résumées ci-dessous.

Tomographie DOAS d'une voie routière.

- Objectif : réaliser une cartographie 2D de la spatialisation du NO₂ au-dessus d'une voie routière passante.
- Moyens utilisés : DOAS mono-statique commercial (Hoffmann HTM) associé à 10 rétro réflecteurs. Le DOAS fut positionné à 200 m d'un pont et les rétro réflecteurs furent positionnés verticalement sur les pylônes de ce pont.
- Résultats obtenus : par tomographie DOAS, une cartographie 2D représentant la spatialisation (diffusion horizontale et verticale) de la concentration en NO₂ au-dessus de cette route a pu être réalisée. Il aurait sans doute été plus judicieux d'effectuer cette tomographie directement sur le NO émis par les véhicules, plutôt que de suivre le NO₂ et d'obtenir en fait une spatialisation incluant la diffusion et la cinétique d'oxydation du NO. Mais, comme on l'a souligné précédemment, les versions commerciales des DOAS proposées par les allemands, n'autorise pas la mesure directe du NO. Cette étude a néanmoins montré la faisabilité d'une spatialisation d'une émission linéaire, par tomographie DOAS, en utilisant des DOAS mono-statiques. Ainsi COPARLY, de part son choix d'instrument, aurait la possibilité de réaliser ce type de campagne.

Surveillance d'émissions diffuses de BTX

- Objectifs : quantifier les émissions de BTX, issues des zones de stockage de produits pétroliers, de zones portuaires de déchargements des tankers maritimes et enfin de zones de stations services.
- Moyens utilisés : DOAS mono-statique commercial (OPSIS) associé à 3 rétro réflecteurs positionnés de manière à étudier les concentrations émises sous les vents dominants en amont du site, sur le site et enfin en aval du site.
- Résultats obtenus : la très bonne sensibilité de l'appareil utilisé a permis de mettre en évidence des émissions diffuses de benzène et de toluène au niveau des sites et de les quantifier. Néanmoins les résultats obtenus sont relatifs car la concentration de fond n'a pas pu être détectée.

Campagne d'étude de trafic à Rotterdam, dans le cadre du projet Heaven

- Objectifs : évaluer les teneurs en NO, NO₂, et BTX générées au niveau d'une voie à grande circulation
- Moyens utilisés : DOAS mono-statique commercial (SANOVA) de l'INERIS, associé à des analyseurs ponctuels.

- Résultats obtenus : cette étude a permis de constater la faisabilité d'un suivi des concentrations en NO par DOAS sur une distance courte (90 m). En revanche, elle a montré la difficulté d'effectuer des mesures de benzène et de toluène à l'air ambiant, mais aussi en zone de fort trafic, lorsque la longueur d'intégration spatiale est inférieure à 150 m. Enfin, la comparaison des mesures de NO₂ et NO_x effectuées par DOAS et par un analyseur ponctuel, ont montré la très bonne cohérence des résultats. En revanche, des différences ont été constatées sur la mesure du NO, soulignant l'inhomogénéité de la concentration au niveau de cette voie à grande circulation et la très forte réactivité de ce polluant. Finalement cette étude a montré la faisabilité d'un suivi des polluants NO et NO₂ par DOAS, ainsi que sa capacité à fournir une information représentative du trafic contrairement à un analyseur ponctuel qui est soumis à de fortes inhomogénéités de la concentration dans ce type d'étude (cf. rapport DOAS Rotterdam en annexe).

5. ETUDE D'UNE MODULATION D'EMISSIONS PAR TECHNIQUE DOAS : CAMPAGNE DU TUNNEL DU MONT BLANC

Dans le cadre du programme LCSQA sur le DOAS, il avait été convenu cette année, de préciser les conditions d'utilisation des appareils DOAS en site "trafic", en développant des coopérations avec des centres techniques de l'équipement, des sociétés autoroutières etc.... Suite à la non-réalisation de l'étude de Lille en collaboration avec le CETE, nous avons décidé de profiter de la réouverture du tunnel du Mont Blanc, pour effectuer une étude de modulation de trafic, par technique DOAS.

Nous avons donc instrumenté la vallée de Chamonix d'un DOAS SANOVA, afin de quantifier l'impact d'une telle modulation de trafic sur la qualité de l'air environnante.

Malheureusement, les très nombreux retards pris sur la date de réouverture du tunnel, ne nous ont pas permis d'achever cette étude à l'heure actuelle. L'ouverture étant programmée pour fin janvier 2002, la campagne devrait donc se terminer fin février ou mi-mars 2002. Un rapport détaillé sera rédigé à la fin de la campagne.

6. COMPTE RENDU DES REUNIONS DU GROUPE DE TRAVAIL CEN WG GT 18 SUR LES INSTRUMENTS A LONG TRAJET OPTIQUE « LIDAR, DOAS ET FTIR »

L'INERIS participe activement aux travaux du CEN TC 264/GT 18 sur les appareils de mesure à long trajet optique (FTIR, DOAS et LIDAR).

Lors de la réunion qui s'est déroulée les 25-26 avril 2001 à Düsseldorf, l'INERIS a notamment insisté sur la nécessité de concevoir un projet de norme DOAS qui se fasse en parallèle de la norme FTIR, afin de répondre rapidement aux nombreuses interrogations des utilisateurs d'appareils DOAS.

L'INERIS a d'autre part insisté sur l'importance de rédiger un projet de norme qui soit en cohérence avec les recommandations européennes (annexe C du Doc. Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods qui décrit le schéma directeur que doit adopter une directive européenne et sa structure). Cela permettrait de concevoir une norme qui s'oriente vers « un guide aux utilisateurs désirant effectuer des mesures de références ». Ces points ont été adoptés par l'ensemble du GT18.

Lors de la réunion qui s'est déroulée les 15-16 novembre 2001 dans les locaux de l'INERIS, la mise en place de la norme DOAS fut engagée et des demandes de contributions ont été formulées. Ainsi par exemple, deux points nécessaires à la réalisation de cette norme ont été soulignés :

- Les différents participants du groupe doivent fournir lors de la prochaine réunion qui se tiendra en avril 2002 à Düsseldorf, une synthèse des principales caractéristiques des DOAS proposés en version commerciale, incluant leur mode de fonctionnement et leurs spécifications utilisateurs. Pour ce faire, une demande de retour d'expérience de tous les utilisateurs de DOAS, sous la forme d'une enquête, sera formulée prochainement. Elle inclura bien entendu les AASQA, les organismes tels que l'INERIS, JRC et le NPL, mais également les constructeurs ainsi que différents autres utilisateurs privés, tels que les aéroports ou les industriels.
- Un point important a été souligné, relatif au mode de calibrage des instruments à long trajet optiques de type DOAS, FTIR et à terme LIDAR. Certains groupes et notamment les allemands, proposent un calibrage utilisant non pas des cellules associées à un gaz étalon, mais un spectre de référence corrélé par la fonction de l'appareil. En résumant, ils proposent de calibrer les instruments en insérant un spectre de référence de type NIST et en paramétrant le logiciel de traitement de manière à calibrer le DOAS sur cet étalon informatique. L'INERIS dans le cadre du LCSQA, a signifié lors de cette réunion, qu'elle ne souhaitait pas utiliser ce type de calibrage pour de multiples raisons qu'elle devra synthétiser et exposer lors de la prochaine réunion prévue en avril 2002. Une confrontation entre les arguments proposés par les différents partenaires, sera donc effectuée, dans le but d'arriver rapidement à un consensus sur le mode de calibrage devant figurer dans la norme. Il est à noter que ce point ne concerne pas la procédure de réception des DOAS, qui devra en tout état de cause être faite en utilisant un gaz étalon.

Finalement, le groupe de travail devrait réaliser un projet de norme DOAS rapidement, en se fondant sur celui du FTIR, déjà très avancé.

Liste des annexes

Repère	Désignation précise	Nb pages
1	Réception du SANOA de Air Normand	
2	Réception du SANOA de Champagne Ardenne	
3	Réception du DOAS 2000 MEGATEC de COPARLY	
4	Rapport Final de l'étude de trafic de Rotterdam	

ANNEXE 1

Annexe 1: Réception du SANOA de Air Normand
(Rapport Final envoyé le 7 juin 2001)

ANNEXE 2

Annexe 2: Réception du SANOA de Champagne Ardenne

(Rapport Final envoyé le 7 juin 2001)

ANNEXE 3

Annexe 3: Réception du DOAS 2000 de COPARLY
(Rapport Final envoyé le 15 janvier 2002)

ANNEXE 4

Annexe 4: Rapport DOAS Rotterdam

