

Note technique

Travaux financés par le ministère chargé de l'environnement

MISE EN CIRCULATION DE MELANGE GAZEUX D'H₂S

Retour d'expérience sur la cohérence des mesures en AASQA

Marie VERRIELE, Sabine CRUNAIRE (Mines Douai)

SYNTHESE

Les mesures de concentrations en H₂S effectuées au niveau national par les AASQA sont de deux types : soit des mesures en continu à proximité de sources industrielles ou naturelles : dégradation d'algues vertes (littoral breton) ou d'algues sargasses (Martinique, Guyane), soit pour des campagnes ponctuelles de plus courtes durées à proximité de sources d'émissions anthropiques : traitement ou stockage de déchets, station d'épuration des eaux usées, industries, etc. Pour les mesures en continu, les analyseurs automatiques par conversion catalytique H₂S-SO₂ sont utilisés. Les fabricants sont généralement les mêmes que ceux des analyseurs utilisés pour les polluants gazeux réglementés. Pour les campagnes ponctuelles, les préleveurs passifs sont plus généralement utilisés et ont fait l'objet d'essais LCSQA en laboratoire pour évaluer les possibilités d'utilisation dans différentes gammes de teneurs et en présence d'interférents. De plus, ces dernières années les technologies micro-capteurs commencent à faire leur apparition notamment en vue de renseigner plus précisément la dynamique temporelle des concentrations.

Néanmoins, le manque de chaîne d'étalonnage pour le H₂S est souvent relevé par les AASQA qui effectuent ces mesures et ne facilite pas la comparaison des mesures faites au niveau national. C'est dans cette optique, qu'il a été décidé de mettre à disposition des AASQA en 2016 un mélange H₂S/azote à « haute teneur » pour constituer un premier retour d'expérience sur la comparabilité des mesures et évaluer plus justement les besoins en matière de chaîne d'étalonnage.

En 2016, deux AASQA ont sollicité le LCSQA pour une mise à disposition du cylindre haute teneur (4,09 ppm), de son manomètre et de sa ligne en Sulfinert®. C'est ainsi presque une dizaine d'appareils qui ont été testés à différents niveaux de concentration après dilution. Les résultats obtenus montrent que les essais nécessitent des temps de stabilisation important (de l'ordre de l'heure) et qu'il serait plus judicieux de pouvoir disposer soit d'un système de dilution dédié en complément soit d'une bouteille basse teneur (100 ppb par exemple). En revanche, l'utilisation du cylindre a permis de mettre en avant des dysfonctionnements sur certains bancs optiques d'analyseurs ou des pertes d'efficacité des convertisseurs catalytiques H_2S - SO_2 .

1. CONTEXTE

Le sulfure d'hydrogène ou hydrogène sulfuré (H_2S) fait partie des polluants non réglementés dans l'air ambiant extérieur. On le surveille cependant autour de certains sites industriels car en fonction de son niveau de concentrations, il peut être source de nuisances olfactives (odeur caractéristique d'œuf pourri à faibles concentrations) et/ou représenter un danger pour les êtres vivants.

Il a des origines aussi bien naturelles qu'anthropiques. Naturellement présent dans le pétrole, le gaz naturel, les gaz volcaniques et certaines sources chaudes (geysers). Les décompositions bactériennes de la matière organique, de marécages, de la surface des océans génèrent de l'hydrogène sulfuré. Il est également produit par des activités industrielles comme la transformation de produits alimentaires, le traitement des eaux usées, le traitement des déchets, les hauts fourneaux, les papeteries, les tanneries et les raffineries.

2. SULFURE D'HYDROGENE - GENERALITES

2.1 Caractéristiques et origine

À température ambiante et pression atmosphérique, le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore, plus lourd que l'air, d'odeur fétide caractéristique (« œuf pourri »). Les sources primaires d' H_2S dans l'atmosphère sont la fermentation anaérobie des sulfates et des composés organiques soufrés. Ainsi les sources peuvent être les marais, les tourbières et les marécages. L' H_2S est également émis naturellement par les sources chaudes et/ou volcaniques. Annuellement ce sont entre 100 et 324 millions de tonnes d' H_2S qui sont émises par les sources naturelles, approximativement en égale répartition entre les sources océaniques et les sources terrestres (Pouliquen *et al.*, 1989). Les sources anthropiques sont les procédés industriels utilisés dans les secteurs du pétrole et de l'extraction de charbon, les usines de pâtes et papiers, les aciéries et les installations en lien avec la mise en décharge et le traitement des déchets, les activités d'élevage agricole ou encore par les activités de traitement et d'épuration des eaux usées (Svendsen, 2001 ; Sittig, 2002).

Le seuil de perception olfactive de l'H₂S varie entre 0,7 et 200 µg/m³, dépendant de la sensibilité de chaque individu (Ruth, 1986 ; Guidotti, 1994). La sensation olfactive n'augmente pas avec la concentration du gaz dans l'air. Il peut même arriver que l'odeur décelable à de très faibles concentrations s'atténue ou disparaisse à fortes concentrations à cause d'une paralysie du nerf olfactif.

Il n'existe pas de valeurs limites pour l'air ambiant mais l'Organisation Mondiale de la Santé donne des valeurs guides pour l'air ambiant : 150 µg/m³ pour une exposition cumulée de 24h et 7 µg/m³ pour éviter les gênes olfactives (voisinage). Au niveau international et notamment aux Etats-Unis, d'autres valeurs de recommandations existent et sont comprises entre 2 et 100 µg/m³ en moyenne sur des périodes allant de 14 jours à la vie entière (Armstrong et al., 2004). Par ailleurs, en France, il est commun que des arrêtés préfectoraux relatifs à des installations classées pour la protection de l'environnement donnent des valeurs limites pour les émissions d'H₂S canalisées voire des valeurs limites à ne pas dépasser en bordure du site pendant un nombre maximal d'heures par an pour les émissions diffuses (<http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr>). Des études ont montré que les concentrations en air ambiant d'H₂S sont généralement inférieures à 0,1 ppb en atmosphères rurales éloignées des sources et inférieures à 2 ppb en atmosphères urbaines (Chou *et al.*, 2006). En revanche, à proximité des sources d'émission les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de ppm dans certains cas (décomposition d'algues sargasse dans les Département d'Outre-mer, bassins de stations d'épuration des eaux usées, etc.).

2.2 Impacts sur la santé et l'environnement

Le niveau de concentration en H₂S dans l'air considéré comme constituant une nuisance olfactive réelle est fixé par l'OMS à 7 µg/m³. L'exposition à ce polluant peut provoquer des irritations des yeux, de la gorge, un souffle court et affecter les poumons. Cependant, en cas de fortes concentrations, le sulfure d'hydrogène est considéré comme un poison et peut entraîner une perte de connaissance ou la mort. Les valeurs limites pour l'exposition du personnel sont égales à 14 mg/m³ sur 15 minutes et à 7 mg/m³ sur 8 heures (INRS, 2014).

Le sulfure d'hydrogène n'a pas d'effet comme tel sur l'environnement, exception faite des odeurs. Par contre, à des concentrations beaucoup plus élevées que celles mesurées habituellement dans l'air ambiant, le H₂S peut avoir un effet corrosif. Relativement stable dans l'air, ce composé est éliminé de l'atmosphère au bout de quelques jours, soit par oxydation (ozone ou radical hydroxyle), soit par dépôt sec, soit par dépôt humide par solubilisation dans les gouttes d'eau de pluie (Bottenheim et Strausz, 1980).

3. CONTEXTE DES MESURES H₂S EFFECTUEES EN AASQA

Les mesures de concentrations en H₂S effectuées au niveau national par les AASQA sont de deux types : soit des mesures en continu à proximité de sources industrielles ou naturelles : dégradation d'algues vertes (littoral breton) ou d'algues sargasses (Martinique, Guyane), soit pour des campagnes ponctuelles de plus courtes durées à proximité de sources d'émission anthropiques : traitement ou stockage de déchets, station d'épuration des eaux usées, industries, etc. (Guiridec et al., 2009 ; Besseyre, 2010 ; <https://www.martinique.ars.sante.fr/point-journalier-sur-les-mesures-dhydrogene-sulfure>).

Pour les mesures en continu, les analyseurs automatiques par conversion catalytique H₂S-SO₂ sont utilisés. Les fabricants sont généralement les mêmes que ceux des analyseurs utilisés pour les polluants gazeux réglementés (i.e. : Teledyne API, Environnement SA). Pour les campagnes ponctuelles, les préleveurs passifs Radiello sont plus généralement utilisés et ont fait l'objet d'essais LCSQA en laboratoire pour évaluer les possibilités d'utilisation dans différentes gammes de teneurs et en présence d'interférents (Crunaire *et al.*, 2013 ; Crunaire *et al.*, 2014). Néanmoins, ces dernières années les technologies micro-capteurs commencent à faire leur apparition notamment en vue de renseigner plus précisément la dynamique temporelle des concentrations. A ce titre, les deux systèmes commerciaux qui semblent être les plus adaptés à une surveillance air ambiant sont le CairSens H₂S/CH₃SH de Cairpol et le Tracer de Compur Monitors (Besrest, 2010). Le CairSens est utilisé par plusieurs AASQA, notamment pour des problématiques en lien avec les activités industrielles (Air Normand, Air Pays de la Loire) ou en lien avec la dégradation des algues sur les littoraux (Madininair).

Néanmoins, le manque de chaîne d'étalonnage pour le H₂S est souvent relevé par les AASQA qui effectuent ces mesures et ne facilite pas la comparaison des mesures faites au niveau national. C'est dans cette optique, qu'il a été décidé de mettre à disposition des AASQA en 2016 un mélange H₂S/azote à « haute teneur » pour constituer un premier retour d'expérience sur la comparabilité des mesures et évaluer plus justement les besoins en matière de chaîne d'étalonnage. Il est à noter que dans un premier temps la concentration haute a été préférée pour éviter d'avoir différents cylindres de fabrication différente. En revanche, il a été décidé de mettre le cylindre en circulation accompagné de son manomètre-détendeur à double étage et de sa ligne traitée en Sulfinert® (voir Annexe A) pour minimiser les effets qui pourraient être induits par des pertes aux parois ou une mauvaise passivation.

4. PRESENTATION DU SYSTEME DE GENERATION ET DE MESURE D'H₂S

Le mélange gazeux mis en circulation est un étalon contenant du H₂S à une concentration de 4,09 ppm (± 5 % ; réf. : PRAXAIR n°BX13259F). Cette concentration étant trop élevée au regard des teneurs ambiantes généralement mesurées, il faut procéder à une dilution avec de l'air zéro. Lors des essais menés au LCSQA/Mines Douai, c'est un diluteur CGM 2000 de marque MCZ qui est utilisé pour des dilutions d'un facteur compris entre 40 et 800 (soit une gamme de concentrations comprises entre 5 et 100 ppb). Pour le suivi des teneurs de la bouteille entre 2 mises en circulation, un analyseur de marque Teledyne-API, modèle T101 (voir Annexe 2) est utilisé. Il fonctionne sur le principe de la conversion catalytique à 315°C

du H₂S en SO₂ puis de la mesure du SO₂ généré par une mesure d'émission de fluorescence dans le domaine de l'UV. Cet analyseur prélève à un débit de l'ordre de 650 mL.min⁻¹. La précision de la mesure pour des teneurs en H₂S inférieures à 50 ppb est de l'ordre de 0,2 ppb. Dans le cas présent, les données sont moyennées sur un pas de temps d'une minute. Au préalable de l'étude (octobre 2015), l'analyseur a subi un étalonnage à partir d'un étalon certifié NIST ($\pm 2,0$ %).

5. BILAN 2016 DES CIRCULATIONS AASQA

Entre fin 2015 et fin 2016, ce sont 4 mises à disposition du cylindre H₂S qui ont été réalisées à destination de deux AASQA : Air Normand et Air PACA.

5.1 Bilan des mises en circulation vers Air Normand

La première mise en circulation s'est déroulée fin 2015. Les dilutions ont été effectuées avec le système de dilution utilisé au laboratoire par le LCSQA-Mine Douai pour s'affranchir de l'incertitude à un autre système de dilution. Les teneurs générées étaient égales à 20 et 50 ppb. Les mesures ont été effectuées sur deux analyseurs différents qui avaient été au préalable ajustés sur un autre étalon à une valeur de 10 ppb (tube à perméation et VE3M d'Environnement SA) :

- CTRS-AF21M d'Environnement SA. Il s'agit d'un analyseur qui mesure le SO₂ par fluorescence, l'H₂S par conversion catalytique à 300°C et la somme des composés soufrés réduits par conversion catalytique à 800°C ;
- T101 de Teledyne-API (voir Annexe 2).

Les résultats obtenus sur une durée d'environ un mois sont présentés sur la Figure 1 ci-dessous :

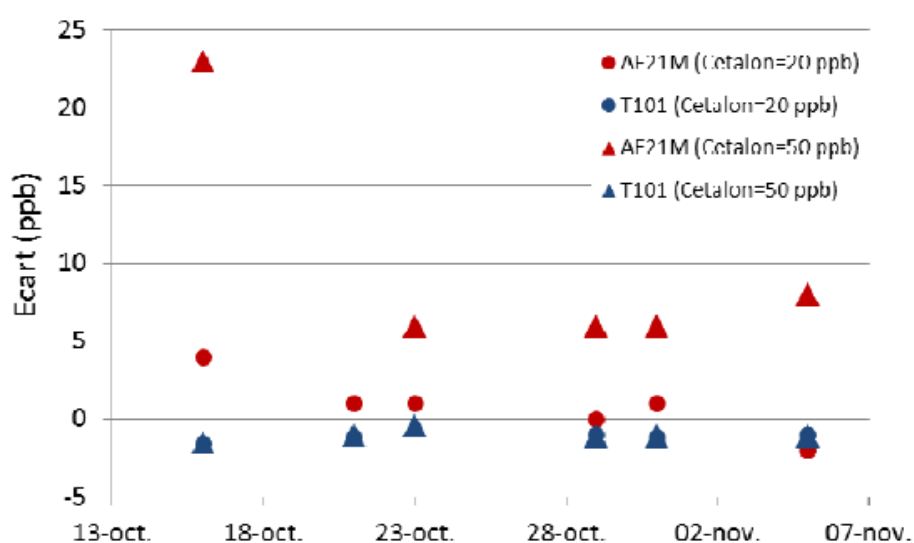


Figure 1 : Ecart en ppb entre les teneurs en H₂S mesurées par un analyseur CTRS-AF21M (points rouge) et un analyseur T101 (points bleus) et les teneurs générées à partir d'une dilution bouteille « haute teneur » LCSQA

Il est à noter que l'analyseur CTRS-AF21M qui a présenté un fort écart en comparaison de l'analyseur T101 au démarrage de la série de mesure, a été ajusté une nouvelle fois. Les écarts observés par la suite ont été plus restreints mais néanmoins de l'ordre de 5 à 10% par rapport aux concentrations générées. Concernant le T101, les écarts se sont montrés plus restreints (< 5%) et ce pour les 2 concentrations.

La seconde mise en circulation a été faite fin 2016 et a concerné uniquement l'analyseur T101 qui avait été au préalable réglé à 100 ppb (tube à perméation et valise de dilution VE3M). De la même façon, la dilution a été opérée avec le système de dilution du LCSQA-Mines Douai. Les teneurs générées étaient de 7 et 30 ppb. Les écarts observés étaient un peu plus importants que la première fois avec un écart maximal de 13% pour la concentration la plus haute et ce malgré une durée de stabilisation de plus de 20 minutes (voir Figure 2).

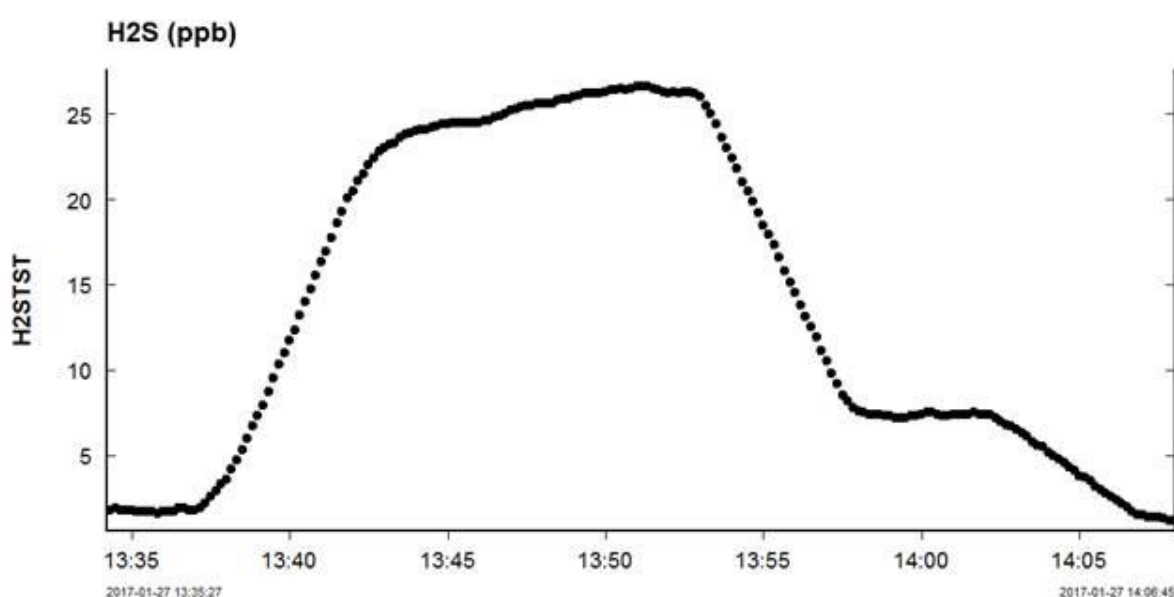


Figure 2 : Concentrations en H₂S mesurées par un analyseur T101 pour des concentrations de 30 et 7 ppb générées à partir d'une dilution bouteille « haute teneur » LCSQA

5.2 Bilan des mises en circulation vers Air PACA

Air PACA a mis en œuvre son propre système de dilution : Sonimix 3022 (modèle GasMix n°08-011), système également utilisé en routine par l'AASQA pour vérifier la linéarité des analyseurs d'H₂S de son parc instrumental et les ajuster à une concentration de 6 ppb par dilution d'un étalon avec de l'air zéro épuré et séché (laboratoire de métrologie niveau 2). Les concentrations en H₂S générées à partir du système de dilution et de la bouteille étalon du LCSQA-MD étaient comprises entre 6,9 et 155 ppb.

Les instruments sur lesquels les essais ont été effectués sont 3 analyseurs équipés de module pour la conversion catalytique H₂S-SO₂, modèle AF21M d'Environnement SA (n°1557-96 ; 2084-76 ; 1903-97).

Avant les essais, les analyseurs ont été réglés en SO₂ puis en SO₂ mais avec ajout du module de conversion selon le protocole donné ci-dessous (Figure 3).

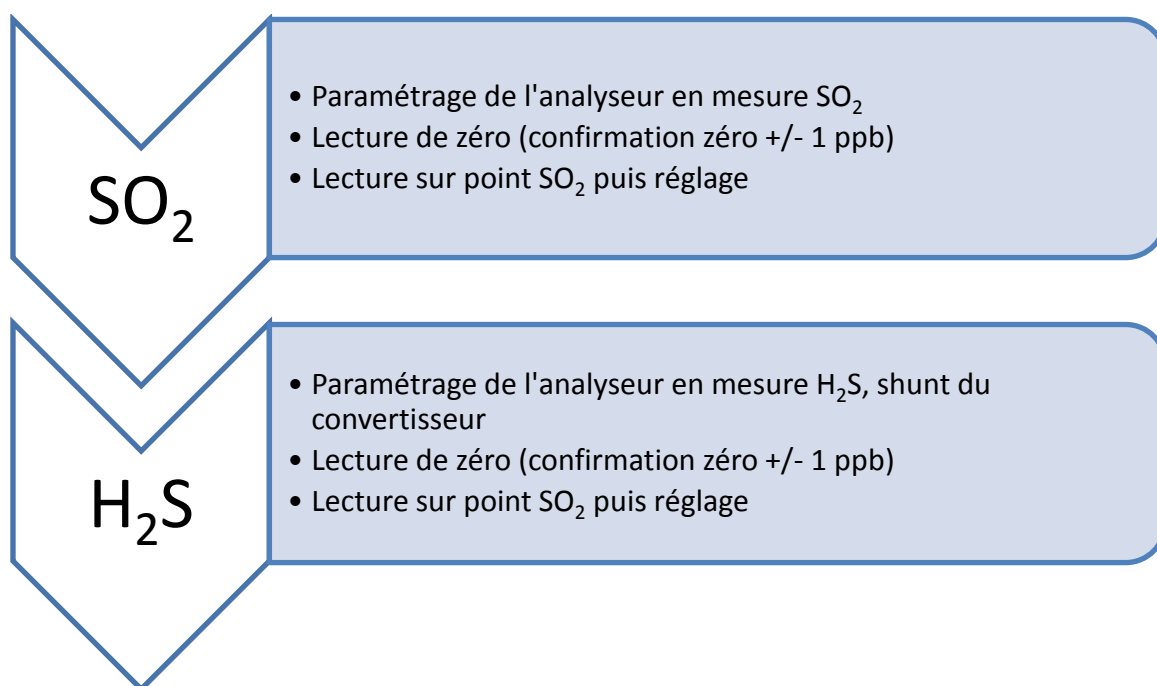


Figure 3 : Méthodologie utilisée par Air PACA pour le réglage des analyseurs H₂S-SO₂ par conversion catalytique

Les résultats obtenus en appliquant sur cette procédure sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Bilan des essais de vérification-réglage des analyseurs H₂S-SO₂ d'Air PACA par l'application de la procédure interne (voir Figure 1)

Analyseur	Module de conversion H ₂ S-SO ₂	Erreur sur voie SO ₂	Erreur sur voie H ₂ S	Dérive du zéro après injection polluant
AF21M n°1557	N°96	+ 3%	+ 3%	- 4 ppb
AF21M n°2084	N°76	Pas de réponse → module de conversion hors service		
AF21M n°2084	N°96	< 3%	< 3%	0 ppb
AF21M n°1903	N°97	+ 3%	+ 150 %	0 ppb

Au regard de ces résultats, il a été décidé de n'utiliser que les couples convertisseur-analyseur suivants :

- AF21M n°2084 + module n°96 car ils présentent des résultats optimaux pour chacun des 3 paramètres testés, ces modules appariés serviront ainsi de référence
- AF21M n° 1903 + module n° 97 car ils présentent des résultats en SO₂ conformes aux attentes mais une erreur relative sur la voie H₂S.

Les résultats obtenus en linéarité pour ces 2 systèmes sont présentés sur la Figure 4.

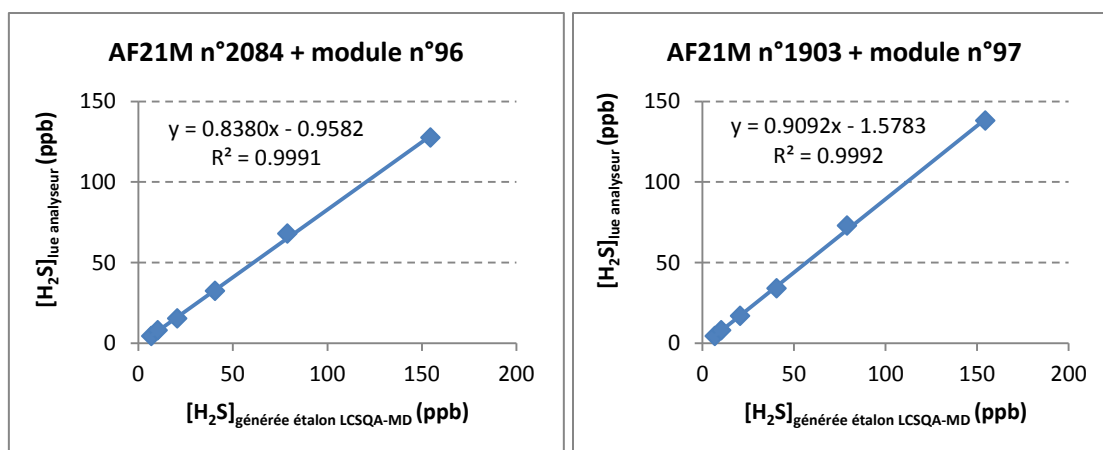


Figure 4 : Graphiques de linéarité des systèmes (analyseur-module de conversion $\text{H}_2\text{S-SO}_2$) testés par Air PACA à partir de dilution de la bouteille étalon H_2S « haute teneur » du LCSQA-MD

L'erreur des analyseurs est relativement constante sur la plage 10 ppb à 155 ppb. Cependant, il semblerait que la linéarité entre 0 et 10 ppb ne soit pas identique à celle constatée sur la plage de 10-155 ppb.

6. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

En 2016, deux AASQA ont sollicité le LCSQA pour une mise à disposition du cylindre haute teneur (4,09 ppm), de son manomètre et de sa ligne en Sulfinert®. C'est ainsi presque une dizaine d'appareils qui ont été testés à différents niveaux de concentration après dilution. Les résultats obtenus montrent que les essais nécessitent des temps de stabilisation important (de l'ordre de l'heure) et qu'il serait plus judicieux de pouvoir disposer soit d'un système de dilution dédié en complément soit d'une bouteille basse teneur (100 ppb par exemple). En revanche, l'utilisation du cylindre a permis de mettre en avant des dysfonctionnements sur certains bancs optiques d'analyseurs ou des pertes d'efficacité des convertisseurs catalytiques $\text{H}_2\text{S-SO}_2$.

7. BIBLIOGRAPHIE

Armstrong S.R., M.R. Ames, L.C. Green "Is ambient hydrogen sulfide a risk to human health?" WEF/A&WMA Odors and Air Emissions 2004 conference, avril 2004.

Besrest S. "DéTECTEURS portables H_2S : La sécurité dépend de la maintenance des appareils", Hydroplus 200, novembre 2010, pp. 63-69, 2010.

Besseyre C., J. Grall, V. Esneault, M. Corron "Campagne de mesure de la qualité de l'air autour de la plateforme de traitement des algues vertes du SMICTOM des Châtelets", Rapport d'étude Air Breizh, 33 p., 2010.

Bottenheim J.W., O.P. Strausz "Gas-phase chemistry of clean air at 55 degrees N latitude", Environmental Science and Technology, vol. 14, pp. 709-718, 1980.

Chou S., M. Fay, S. Keith, L. Ingerman, L. Chappell "Toxicological profile for hydrogen sulfide services", U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2006.

Crunaire S., M. Verrielle, K. Clarke, F. Descamps "Mesure de l'ammoniac et des composés soufrés - nuisances olfactives", Rapport LCSQA, 40 p., 2013

Crunaire S., M. Verrielle, C. Merlen "Mesure de l'ammoniac et des composés soufrés - nuisances olfactives", Rapport LCSQA, 66 p., 2014

Guidotti T.L. "Hydrogen sulphide", Occupational Medicine, vol. 46, pp. 367-371, 1996.

Guiriec B., J. Grall, V. Esneault, M. Corron "Algues vertes et qualité de l'air : Campagne de mesures sur la plage de la Grandville à Hillion", Rapport d'étude Air Breizh, 23 p., 2009.

INRS "Sulfure d'hydrogène", Fiche toxicologique n°32, <http://www.inrs.fr/fichetox>, 8 p., 2014.

Pouliquen F., C. Blanc, E. Arretz, et al. "Hydrogen sulfide", Edition Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry, vol. A13: High-performance fibers to imidazole and derivatives, Deerfield Beach, FL: VCH Publishers, pp. 467-485, 1989.

Ruth J.H. "Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: A review", American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 47, pp. 142-151, 1986.

Sittig M., "Handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens", Park Ridge, NJ: Noyes Publications, pp. 914-916, 2002.

Svendsen K. "Hydrogen sulphide", Arbete Och Halsa, vol. 127, pp. 1-310, 2001.



Always use Sulfinert™-coated components when peak performance is required for your sulfur analyses.

What is Sulfinert™ Treatment?

The Sulfinert™ coating is the leading passivation technique for the storage and transfer of low-level, organo-sulfur-containing samples.

The Sulfinert™ coating is ideal for use in environmental, petrochemical, polymeric, high- and low-pressure environments. The Sulfinert™ layer is stable in a wide variety of pH ranges. Unlike fused silica coatings which can dissolve in a caustic environment, the Sulfinert™ coating is stable when sampling caustic amines as well as acidic sulfur compounds.



Lit. Cat. # 59318A

© Copyright 2002, Restek Corporation

Sulfinert™ Coatings

For Sampling, Transfer, and Analysis of Sulfur Compounds to less than 20ppb

Restek is proud to offer Sulfinert™ coatings—the next generation of metal passivation coatings for low-level sulfur storage and transfer. Restek has been a pioneer in the development and the application of passive coatings since 1987, beginning with the introduction of our Silcosteel® treatment. Recently, new sulfur regulations and low detection limits have created a demand for an even more inert surface, so we created Sulfinert™ coatings.

Features & Benefits

Feature	Benefit
Inert	No adsorption of sulfur compounds.
Durable and flexible	Will not crack or flake.
Stable in a wide pH range	Sample amines and sulfur compounds without compromising compound stability.
Thermally stable	Usable to 600°C.
Non-polymeric	No memory effects as seen with Teflon®-coated parts.
Readily available	Treated tubing and fittings are in stock for immediate delivery.

Commonly Asked Questions

How is Sulfinert™ coating different from Silcosteel® coating?

Sulfinert™ coating has been proven to hold organo-sulfur compounds at lower concentrations than Silcosteel® coating under static sampling conditions. Sulfinert™ coating was developed specifically to sample or transfer organo-sulfur compounds at concentrations to less than 20ppb.

Why does Sulfinert™ coating work so well for sulfur compounds?

The Sulfinert™ layer is applied to the stainless steel surface and is completely inert to organo-sulfur compounds. Typically stainless steel will adsorb or react with sulfur compounds such as hydrogen sulfide and mercaptans. The Sulfinert™ layer will prevent sulfur compounds from contacting the reactive stainless surface.

Why use Sulfinert™ coatings instead of fused silica linings?

The Sulfinert™ coating can be used in a wide variety of pH ranges. Fused silica linings will become active when amines or other basic compounds are sampled because of a chemical reaction with the Si-O bond.

Is custom coating service available?

Restek offers custom service for parts in your sulfur analysis systems such as manifolds and valves. Combining this service with the stock Sulfinert™-treated parts offered by Restek will permit your entire sulfur system to be inert. Contact our technical service department at 800-356-1688 or 814-353-1300, ext. 4, to inquire about our custom Sulfinert™ service.





US006444326B1

(12) **United States Patent
Smith**(10) **Patent No.: US 6,444,326 B1**
(45) **Date of Patent: Sep. 3, 2002**(54) **SURFACE MODIFICATION OF SOLID
SUPPORTS THROUGH THE THERMAL
DECOMPOSITION AND
FUNCTIONALIZATION OF SILANES**(75) Inventor: **David Abbott Smith**, State College, PA
(US)(73) Assignee: **Restek Corporation**, Bellefonte, PA
(US)(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this
patent is extended or adjusted under 35
U.S.C. 154(b) by 0 days.(21) Appl. No.: **09/388,868**(22) Filed: **Sep. 2, 1999****Related U.S. Application Data**(60) Provisional application No. 60/122,990, filed on Mar. 5,
1999.(51) Int. Cl.⁷ **B32B 9/04**; C23C 16/24(52) U.S. Cl. **428/448**; 428/446; 428/447;
428/450; 428/428; 428/429; 427/255.11;
427/255.15; 427/255.18; 427/255.26; 427/255.27;
427/255.7; 427/387; 427/541(58) Field of Search 428/446, 447,
428/448, 450, 428, 429; 427/541, 387,
255.11, 255.15, 255.18, 255.26, 255.27,
255.7(56) **References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**4,473,597 A * 9/1984 Pankove et al. 427/39
4,741,964 A * 5/1988 Haller 428/446
5,017,540 A * 5/1991 Sandoval et al. 502/158
5,326,738 A * 7/1994 Sandoval et al. 502/401
5,505,989 A * 4/1996 Jenkinson 427/166
5,723,034 A * 3/1998 Ohmi 204/192.23**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

JP 01229265 A * 9/1989

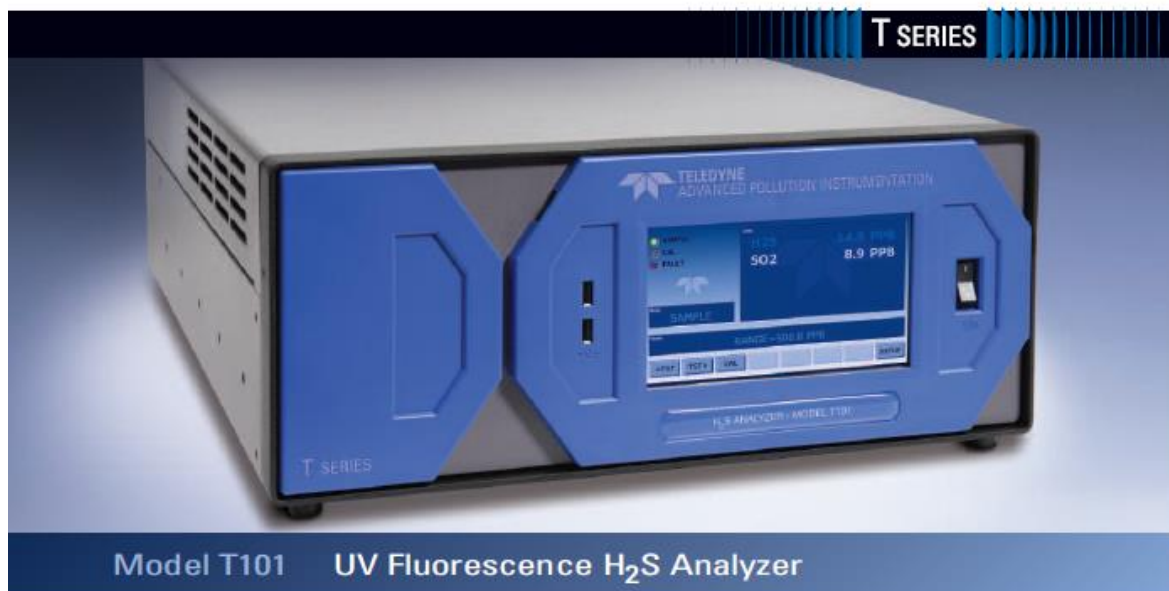
* cited by examiner

Primary Examiner—Robert Dawson*Assistant Examiner*—Jeffrey B. Robertson(74) *Attorney, Agent, or Firm*—John F.A. Earley; John F.A.
Earley III; Harding, Earley, Follmer, & Frailey(57) **ABSTRACT**

Method of modifying the surface properties of a substrate by depositing a coating of hydrogenated amorphous silicon on the surface of the substrate and functionalizing the coated substrate by exposing the substrate to a binding reagent having at least one unsaturated hydrocarbon group under pressure and elevated temperature for an effective length of time. The hydrogenated amorphous silicon coating is deposited by exposing the substrate to silicon hydride gas under pressure and elevated temperature for an effective length of time.

26 Claims, 1 Drawing Sheet

9. ANNEXE B : DOCUMENTATION TECHNIQUE ANALYSEUR T101 DE TELEDYNE-API



The Model T101 H₂S analyzer uses the proven UV fluorescence principle to measure hydrogen sulfide at levels commonly required for ambient air monitoring.

The Model T101 is equipped with an internally mounted catalytic converter set at 315°C to convert H₂S to SO₂. A switching mode alternately measures H₂S and SO₂ while showing both readings concurrently on the front display.

All T Series instruments offer an advanced color display, capacitive touch screen, intuitive user interface, flexible I/O, and built-in data acquisition capability. All instrument set up, control and access to stored data and diagnostic information is available through the front panel, or via RS232, Ethernet, or USB com ports either locally or by remote connection using the included APIcom™ software.

- » Ranges: 0-50 ppb to 0-10 ppm H₂S and up to 20 ppm SO₂, user selectable
- » Independent ranges and auto ranging
- » Large, vivid, and durable color graphics display with touch screen interface
- » Ethernet, RS-232, and (optional) USB com ports
- » Front panel USB connections for peripheral devices and firmware upgrades
- » 8 analog inputs (optional)
- » Adaptive signal filtering optimizes response time
- » Temperature & pressure compensation
- » Auto zero system
- » Comprehensive internal data logging with programmable averaging periods
- » Ability to log virtually any operating parameter
- » Two-year warranty

Free Customer Support by telephone and email for the life of the instrument

Model T101 UV Fluorescence H₂S Analyzer

Specifications

General

Ranges:	H ₂ S Min: 0-50 ppb Full scale Max: 0-10 ppm Full scale SO ₂ Up to 0-20 ppm Full scale (selectable, independent ranges and auto ranging supported)
Measurement Units:	ppb, ppm, µg/m ³ , mg/m ³ (selectable)
Zero Noise:	< 0.2 ppb (RMS)
Span Noise:	< 0.5% of reading (RMS) above 50 ppb
Lower Detectable Limit:	0.4 ppb
Zero Drift:	< 0.5 ppb/24 hours
Span Drift:	< 0.5% of full scale/24 hours
Lag Time:	20 seconds
Rise and Fall Time:	< 120 seconds to 95%
Linearity:	1% of full scale
Precision:	0.5% of reading above 50 ppb
Sample Flow Rate:	650 cm ³ /min ±10%

Electrical Specifications

Power Requirements:	100V-120V, 220V-240V, 50/60 Hz
Analog Output Ranges:	10V, 5V, 1V, 0.1V, (selectable)
Recorder Offset:	±10%

Communication Specifications

Included I/O:	1 x Ethernet: 10/100Base-T 2 x RS232 (300-115,200 baud) 2 x USB device ports 8 x opto-isolated digital outputs 6 x opto-isolated digital inputs 4 x analog outputs
Optional I/O:	1 x USB com port 1 x RS485 8 x analog inputs (0-10V, 12-bit) 4 x digital alarm outputs Multidrop RS232 3 x 4-20mA current outputs

Physical Specifications

Operating Temperature Range:	5 - 40°C
Dimensions (HxWxD):	7" x 17" x 23.5" (178 x 432 x 597 mm)
Weight:	41 lbs (18.3 kg)

The values expressed above are in accordance with EPA definitions.
All error specifications are based on constant conditions.
Specifications subject to change without notice.
Printed documents are uncontrolled. SAL000042A (DCN5815) T101/11.18.10



TELEDYNE
ADVANCED POLLUTION INSTRUMENTATION
A Teledyne Technologies Company

9480 Carroll Park Drive ■ San Diego, CA 92121-5201
Ph. 858-657-9800 Fax 858-657-9816
Email: api-sales@teledyne.com

For more information about the Teledyne API family of monitoring instrumentation products, call us or visit our website at

www.teledyne-api.com

© 2010 Teledyne - Advanced Pollution Instrumentation, Inc.



How to Order

Model T101 includes:

- ☐ Two year warranty
- ☐ Internal pump or external pump (optional)
- ☐ Independent ranges and auto ranging
- ☐ 47mm diameter particulate filter
- ☐ 8 isolated digital outputs
- ☐ 6 isolated digital inputs
- ☐ RS-232 ports
- ☐ Ethernet port
- ☐ USB ports for peripheral devices
- ☐ APIcom™ remote control software
- ☐ Select AC input voltage
 - ☐ 100V - 120V ☐ 50Hz
 - ☐ 220V - 240V ☐ 60Hz
- ☐ Select DC output voltage
 - ☐ 10V ☐ 5V
 - ☐ 1V ☐ 0.1V

Calibration Options:

- ☐ Ambient zero and ambient span
- ☐ Zero scrubber and internal span source (ZSS)

Mounting Options:

- ☐ Rack mount brackets with chassis slides
- ☐ Rack mount brackets only
- ☐ Handle

I/O Options:

- ☐ 4-20mA outputs (up to three channels)
- ☐ USB com port
- ☐ 8 Analog inputs
- ☐ Multi-drop RS232
- ☐ RS485

Other Options:

- ☐ NO optical filter (Recommended for high NO_x applications.)
- ☐ Concentration alarm relays
- ☐ Expendables kit