



Premier  
fournisseur  
mondial



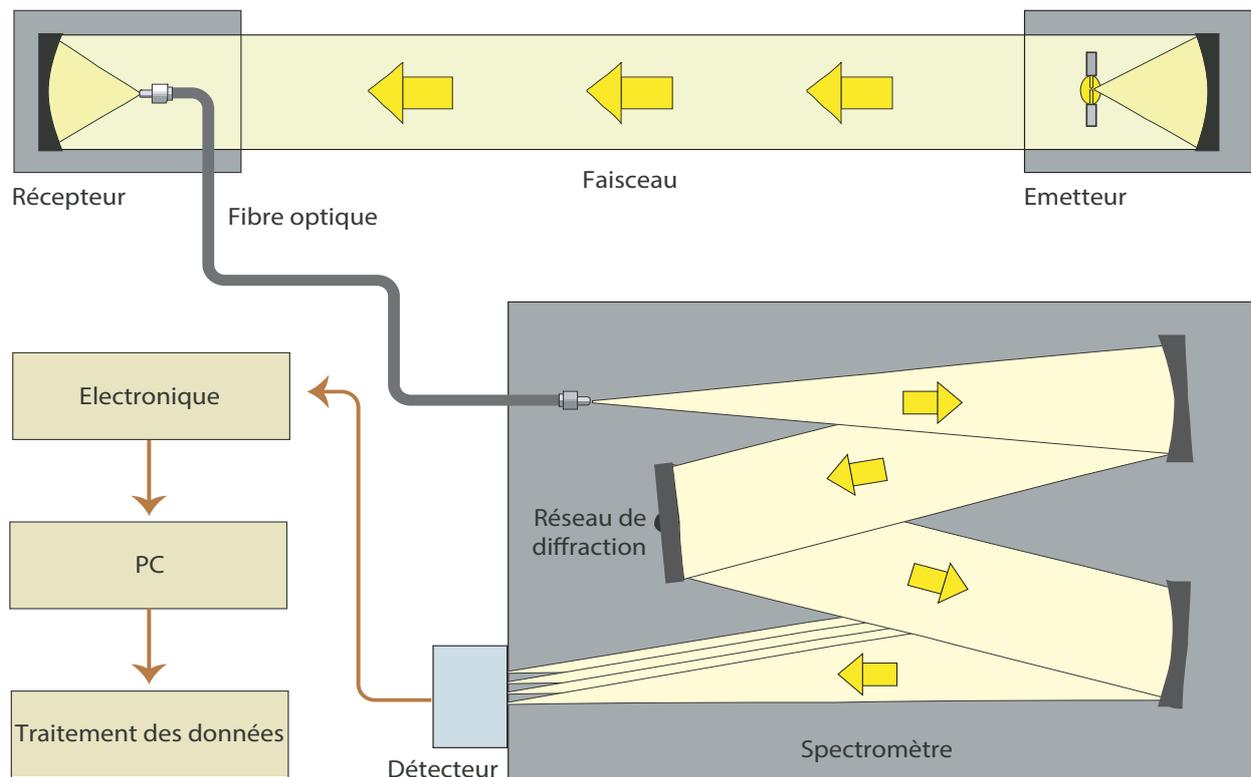
Solution  
globale pour la  
surveillance  
environnementale



UV DOAS • FTIR DOAS • TDL

# La Technique OPSIS

# Principe de la méthode de mesure UV DOAS



Le principe utilisé par OPSIS pour mesurer les concentrations de différents gaz est scientifiquement reconnu: il s'agit de la méthode DOAS, Spectroscopie d'Absorption Optique Différentielle, qui s'appuie sur la loi d'absorption de Beer Lambert. Cette loi établit une relation entre la quantité de lumière absorbée par les molécules et le nombre de molécules présent dans le champ lumineux.

Comme chaque type de molécule et chaque gaz dispose de sa propre signature spectrale d'absorption optique, sorte d'empreinte digitale, il est possible d'identifier simultanément différents gaz et de déterminer leur concentration.

La méthode DOAS consiste à émettre un faisceau lumineux grâce à une source spécifique (lampe au Xénon haute pression) le long d'un chemin de mesure défini, puis à effectuer une série de calculs mathématiques pour analyser et évaluer les pertes lumineuses dues à l'absorption des molécules le long du chemin. La lumière issue de la lampe au Xénon, d'une grande intensité, couvre un spectre très large, de l'infrarouge à l'ultraviolet.

La lumière est focalisée dans un récepteur par le biais de fibres optiques qui transmettent le signal lumineux vers un analyseur. L'utilisation d'une telle fibre permet d'installer les analyseurs loin de tout environnement agressif ou nuisible.

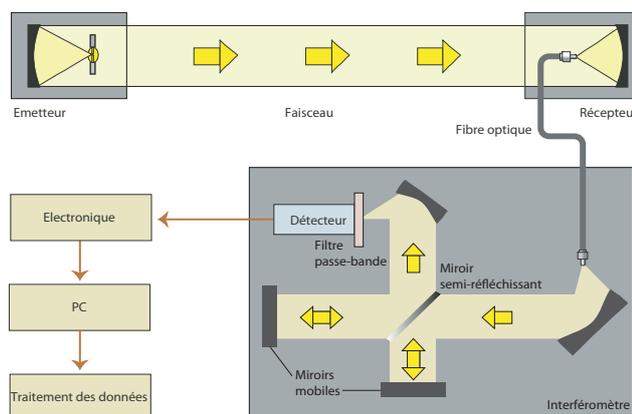
L'analyseur est composé d'un spectromètre de haute qualité, d'un ordinateur et de cartes de contrôle du spectromètre. Le spectre sépare la lumière en étroites bandes grâce à un réseau de diffraction. Cette séparation est optimisée afin de procéder à la mesure du gaz dans la fenêtre spectrale la mieux adaptée.

La lumière est ensuite transformée en signal électrique. Une roue dotée de très fines fentes balaie devant le détecteur à grande vitesse et permet d'obtenir un grand nombre de valeurs instantanées qui serviront à reconstituer une image du spectre dans la gamme des longueurs d'ondes appropriées. Ce balayage est répété cent fois par seconde. Les spectres sont mémorisés jusqu'à l'analyse finale.

L'analyse est faite pour une seule gamme de longueurs d'ondes à la fois. Elle est obtenue en comparant la courbe du spectre d'absorption enregistré sur le chemin lumineux avec celle du spectre calculé par informatique. Cette dernière courbe est constituée à partir d'une somme équilibrée de spectres de références de l'analyse concernée.

L'ordinateur va alors ajuster l'amplitude de chaque spectre de référence jusqu'à obtenir la meilleure adéquation possible avec le spectre mesuré. Les différentes concentrations gazeuses peuvent alors être calculées avec une grande précision.

## Principe de la méthode de mesure IR DOAS



OP SIS a développé un analyseur pour mesurer les composés spécifiques présents dans la gamme de longueurs d'ondes infrarouges (IR). La technique pour identifier et mesurer les concentrations des différents composants est la même que celle utilisée en spectrométrie (voir page précédente).

La lumière est focalisée dans un récepteur par le biais de fibres optiques qui transmettent le signal lumineux vers un analyseur.

L'analyseur est composé d'un interféromètre, d'un ordinateur et des cartes de contrôle de l'interféromètre.

L'interféromètre dispose d'un miroir semi-réfléchissant qui sépare le faisceau incident en deux faisceaux qui sont alors dirigés vers des miroirs mobiles. En faisant varier la position de ces miroirs, l'interféromètre construit un interférogramme. L'interférogramme permet de reconstituer, par de puissants calculs mathématiques, le spectre de la lumière ayant subi l'absorption du gaz.

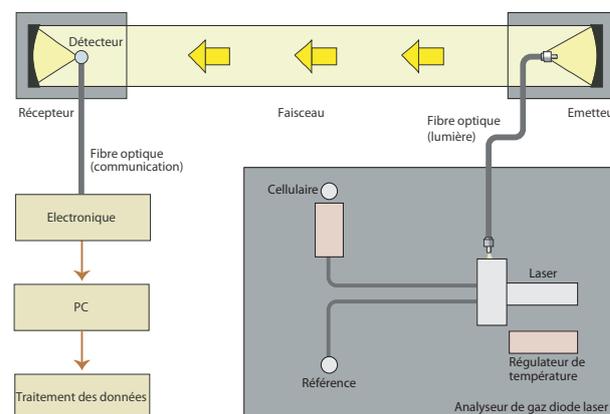
Un filtre permet de limiter la zone spectrale étudiée et facilite ainsi l'analyse du spectre.

L'interféromètre permet d'obtenir une meilleure résolution spectrale que le spectromètre dans la gamme de longueurs d'ondes infrarouges.

L'analyse est obtenue, comme pour le spectromètre UV, pour une bande spectrale à la fois, et par comparaison entre les courbes de spectres d'absorption de référence et les courbes de spectres mesurés.

L'ordinateur ajuste également l'amplitude de chaque spectre de référence jusqu'à atteindre la meilleure adéquation possible avec le spectre mesuré. A partir de ces résultats, les différentes concentrations gazeuses peuvent être calculées avec une grande précision.

## Principe de la méthode de mesure OPSIS TDL



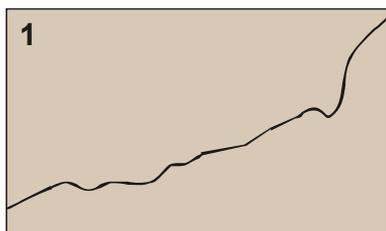
La méthode de mesure "Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy" (TDL) utilise les propriétés uniques des diodes laser ajustables pour analyser des gaz par spectroscopie. L'analyseur LD500 d'OP SIS émet une lumière laser dans le proche infrarouge. La mesure est effectuée en faisant rapidement varier la longueur d'onde.

La diode laser fonctionne en continu. Elle est réglable, sa longueur d'onde d'émission peut être légèrement modifiée en y appliquant une tension électrique. La tension appliquée est contrôlée avec précision, et varie selon une fonction de rampe lors de l'analyse.

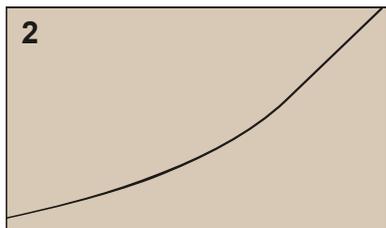
Une mesure est le résultat de moyennes sur une grande quantité de scans. L'intervalle de mesure est de l'ordre de 1-20 secondes et la vitesse de balayage est de l'ordre du kilohertz.

A la fin de l'intervalle de mesure, le spectre est interprété: il est comparé par une méthode des moindres carrés avec le spectre d'absorption de référence du gaz. L'absorption mesurée est proportionnelle à la quantité de gaz dans le volume traversé par le faisceau. Connaissant la longueur du chemin de mesure, la concentration du gaz est ensuite évaluée.

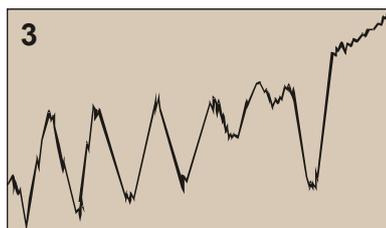
## Procédés de calcul analytique



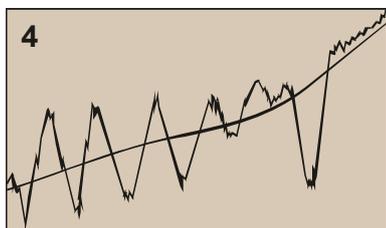
1. Une fois les signaux collectés, un spectre brut est enregistré dans la mémoire centrale.



2. Le spectre brut est tout d'abord comparé avec un spectre d'air zéro (sans aucune absorption gazeuse), préalablement enregistré et utilisé comme référence.

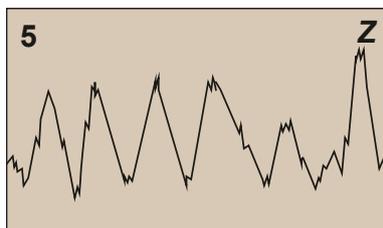


3. En divisant le spectre brut par le spectre d'air zéro, on obtient le spectre absorbé entre l'émetteur et le récepteur. Le spectre obtenu est le résultat non seulement de l'absorption de lumière par les molécules gazeuses, mais aussi de l'absorption de lumière par les poussières, les vitres de protection, les miroirs. Il s'agit alors de séparer l'absorption lumineuse des gaz de toute autre influence.

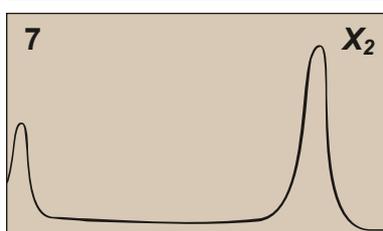
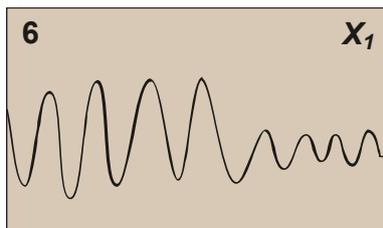


4. Pour cela, le système utilise les rapides variations dans l'absorption spectrale

que seules les molécules gazeuses engendrent. Les variations lentes, qui augmentent l'inclinaison de la courbe d'absorption résultent d'un grand nombre d'autres facteurs connus et inconnus. Leur influence est éliminée mathématiquement.



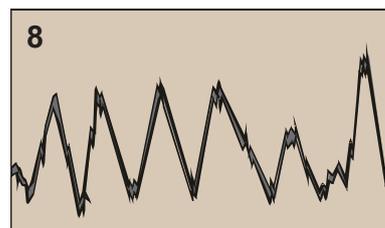
5. Le spectre gazeux résultant ne tient compte que des variations rapides, donc uniquement de l'absorption de lumière par les gaz présents. Cette courbe est inversée en prenant son logarithme. Un spectre d'absorption différentiel, dans l'exemple appelé Z, est ainsi obtenu. Il représente l'absorption de tous les gaz présents entre l'émetteur et le récepteur.



6-7. Les gaz qui absorbent la lumière dans la gamme de longueur d'ondes considérée sont déjà connus et un spectre de référence pré enregistré pour chaque gaz est stocké dans la mémoire centrale. Dans l'exemple suivant, il y a deux gaz, appelés  $X_1$  et  $X_2$ . L'analyse consiste alors à déterminer les proportions de  $X_1$  et de  $X_2$  qui se combinent pour donner le meilleur résultat pour Z. Le calculateur crée très rapidement une nouvelle courbe avec la somme des deux

spectres de références, en variant les proportions de chacun jusqu'à ce que la meilleure correspondance soit obtenue.

L'équation utilisée par l'ordinateur peut être exprimée comme  $C_1X_1 + C_2X_2 = Z$ , où  $C_1$  et  $C_2$  constituent les proportions de chaque gaz. A partir de  $C_1$  et  $C_2$ , il est alors possible de calculer les concentrations réelles.



8. Finalement, le résultat est vérifié en déterminant la différence entre les courbes mesurées et calculées (voir la zone grisée de notre schéma). Chaque résultat de mesure peut être établi avec une certaine précision.

Plus il y a de courbes de référence mémorisées dans la mémoire centrale, plus les résultats des calculs seront précis. Même en présence d'interférents inconnus (c'est à dire lorsque les mesures sont affectées par un gaz dont le spectre de référence n'est pas mémorisé dans l'ordinateur), celui-ci analyse tout de même les gaz pour lesquels il a été programmé.

L'influence de gaz inconnu sera alors présentée dans les résultats comme une baisse de la précision de la donnée de mesure.