

Moniteur Vaisala Optimus™ DGA

Dans une sous-station, les transformateurs de puissance représentent les actifs les plus chers, soit 60 % du montant total investi. Ils sont également essentiels pour sécuriser l'approvisionnement en électricité sur tout le réseau électrique, de la génération à la distribution. Dans les installations électriques, la surveillance en ligne et l'évaluation automatique des conditions occupent une place de plus en plus prépondérante dans les stratégies de maintenance modernes à base de conditions. Des moniteurs DGA fiables sont essentiels pour fournir des données précises sur la condition du ou des transformateurs. Toutefois, la gamme de moniteurs DGA disponibles est large et il est parfois difficile de trouver des différences entre les appareils des différents fabricants. Cette note technique aborde les dernières évolutions dans le domaine des moniteurs DGA et comment ils peuvent réduire considérablement les incertitudes associées aux technologies de mesure utilisées dans les moniteurs des générations précédentes, en particulier pour l'extraction de gaz à partir d'huile et pour la sensibilité croisée dans la détection de gaz par infrarouge.

Extraction de gaz à partir d'huile

Grâce au moniteur Vaisala Optimus DGA, les gaz sont extraits de l'huile du transformateur sous vide partiel, c.-à-d. une pression absolue très faible à une température contrôlée. L'extraction sous vide offre une séparation des gaz plus aboutie qu'avec un réservoir de fermentation traditionnel ou des méthodes de séparation par membrane. Par conséquent, elle dépend beaucoup moins de la solubilité des gaz dans les valeurs d'huile (loi de dilution d'Ostwald) et est plus précise sur une large gamme d'huiles.

La loi de dilution d'Ostwald est nécessaire dans la méthode d'extraction avec réservoir de fermentation traditionnel pour calculer les concentrations en gaz dans l'huile à partir de gaz partiellement extraits. Les coefficients varient selon les gaz et dépendent de la température, de la qualité de l'huile et du type d'huile de base (naphténique ou paraffinique, par exemple). Grâce à l'extraction sous vide partielle du moniteur Vaisala Optimus DGA, il est possible de réduire d'un tiers l'incertitude de mesure associée aux différences dans les coefficients par rapport à la méthode avec réservoir de fermentation.

A la place d'une pompe sous vide, le moniteur Optimus DGA utilise une méthode brevetée qui se sert du volume d'huile comme d'un piston dans le cylindre, ce qui crée le vide au-dessus du volume de niveau d'huile en déplaçant l'huile à l'aide d'une pompe à engrenages magnétique. L'échantillon d'huile est ensuite pulvérisé à travers le vide pour en extraire les gaz (Figure 1).

En utilisant un vide, la séparation des gaz est plus aboutie, ce qui améliore la fiabilité des mesures même lorsque la pression de tous les gaz dissouts dans l'huile du transformateur est bien en dessous de la saturation. Ceci peut se produire avec les transformateurs scellés, par exemple, ou après le dégazage d'un transformateur où la pression totale du gaz peut être bien inférieure à 100 mbar.

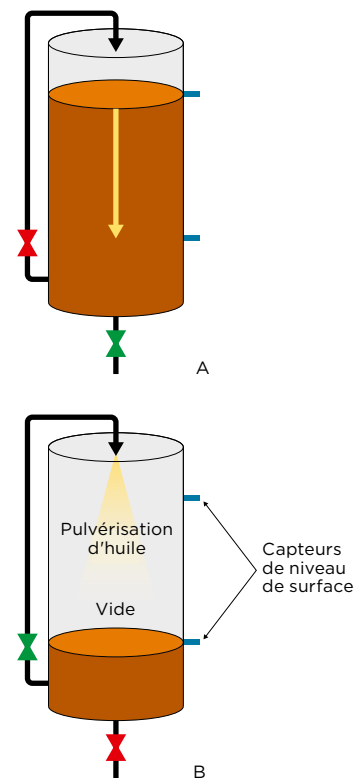


Figure 1. Application d'un vide au-dessus du niveau d'huile en extrayant l'huile à l'aide d'une vanne fermée située en haut du cylindre (A). Le gaz est extrait en pulvérisant l'huile à travers le vide (B).

Détection de gaz par infrarouge

Lorsque les molécules de gaz extraites sont exposées à l'infrarouge non dispersif (NDIR), elles absorbent de l'énergie lorsqu'elles basculent vers un état excité (Figure 2). Les longueurs d'onde absorbées sont uniques à chaque gaz et constituent une « empreinte » unique qui peut servir à identifier les composants du gaz dans le mélange gazeux extrait (Figure 3). L'intensité d'absorption dépend des concentrations en gaz, la quantité de chaque gaz présent peut donc être vérifiée.



Figure 2. Schéma de l'absorption de lumière IR provoquée par les molécules qui basculent vers un état excité.

La mesure IR est une méthode d'analyse des gaz fondamentale où les longueurs d'onde d'absorption de chaque gaz et les facteurs d'absorption des gaz de défaut ne changent pas dans le temps. Elle permet un fonctionnement sans étalonnage sur une longue période ; d'autres mécanismes de dérive possibles sont connus et compensés avec le moniteur DGA.

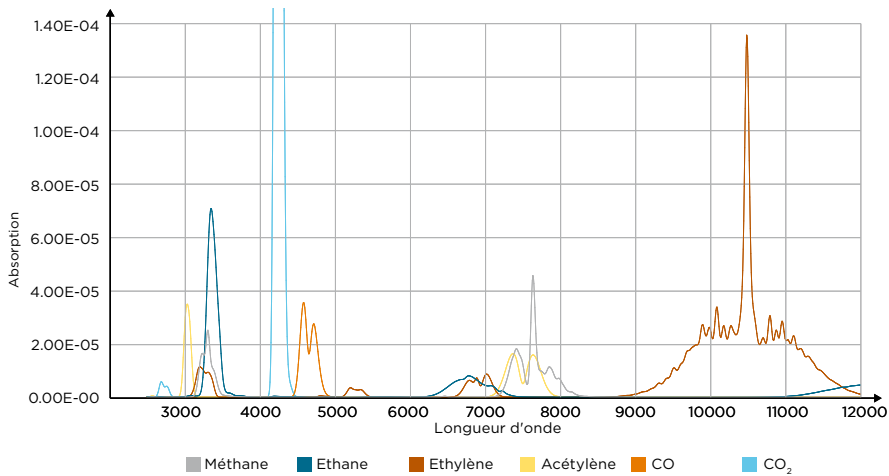


Figure 3. Absorption de lumière IR du CO₂, du CO, de l'acétylène, de l'éthane et du méthane.

Le module IR à température contrôlée du moniteur Optimus DGA est composé de sources de lumière, de filtres passe-bande, d'une cellule gazeuse, d'un miroir et de détecteurs (Figure 4). Les longueurs d'onde mesurées sont sélectionnées par les filtres passe-bande, qui acceptent uniquement le passage d'une bande donnée de longueurs d'onde. Des filtres réglables offrent une gamme plus large de balayage IR, permettant de révéler la forme des régions d'absorption en plus des valeurs de crête. Le module analyse l'absorption IR et la forme des crêtes d'absorption pour offrir une bonne sélectivité pour les différents gaz détectés et leurs concentrations. L'analyse gazeuse finale est basée sur les signaux collectés à l'aide d'une gamme large de longueurs d'onde.

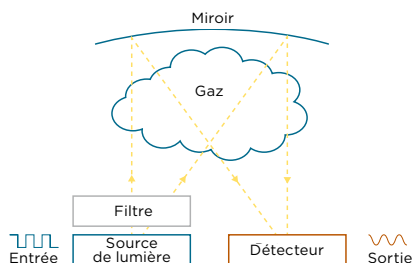


Figure 4. Schéma du module IR du moniteur Optimus DGA.

Tous les éléments du capteur IR, dont les sources de lumière micro-rayonnantes, les filtres et les détecteurs, sont des systèmes MEMS (microsystèmes électromécaniques) fabriqués à partir de tranches de silicium monocristallin. Ces éléments sont conçus et optimisés pour le moniteur Optimus DGA, et sont fabriqués dans les salles blanches de Vaisala. Pour une fiabilité accrue, le module de mesure optique ne contient aucun élément mobile.

Suppression de la dérive

Même si l'analyse infrarouge est une méthode fondamentale où les caractéristiques d'absorption des gaz de défaut ne changent pas dans le temps, d'autres facteurs peuvent malgré tout avoir un impact sur les signaux de mesure. Les moniteurs DGA doivent compenser ou supprimer ces effets de dérive.

Dans les technologies IR, les mécanismes de dérive habituels incluent la contamination ou le vieillissement des composants du capteur tels que les sources de lumière et les détecteurs. Ces mécanismes doivent être supprimés afin d'obtenir des mesures stables sur le long terme, ce qui est primordial puisque les tendances de gaz constituent l'une des sources d'information les plus importantes pour révéler la condition d'un transformateur.

Vaisala a développé et a fait breveter beaucoup de méthodes uniques pour venir à bout de la dérive et garantir des mesures stables sans recourir à l'étalonnage du moniteur. Avec le moniteur Optimus DGA, l'extraction de gaz interne et les mécanismes de traitement de l'huile sont conçus et contrôlés de telle sorte que les composants contaminants de l'huile ne peuvent pas s'agglutiner sur les surfaces optiques et provoquer une dérive à long terme. Toute contamination externe est supprimée avec une structure mécanique hermétique, autrement dit, tout composant dans l'air ambiant ne peut atteindre les parties optiques et avoir un impact sur la mesure.

Fourniture d'une mesure de référence

Le moniteur Optimus DGA utilise une nouvelle méthode où le vide appliqué lors du balayage d'absorption IR peut servir de mesure de référence. Lors de chaque cycle d'échantillonnage de l'huile, le balayage des plages de longueurs d'onde prédéfinies est mesuré à la fois à l'aide des gaz extraits présents, puis, sous vide lorsque les gaz sont extraits du module optique, la dernière mesure servant de référence. Le rapport entre ces deux signaux de balayage définit les absorptions réelles et donc les concentrations en gaz.

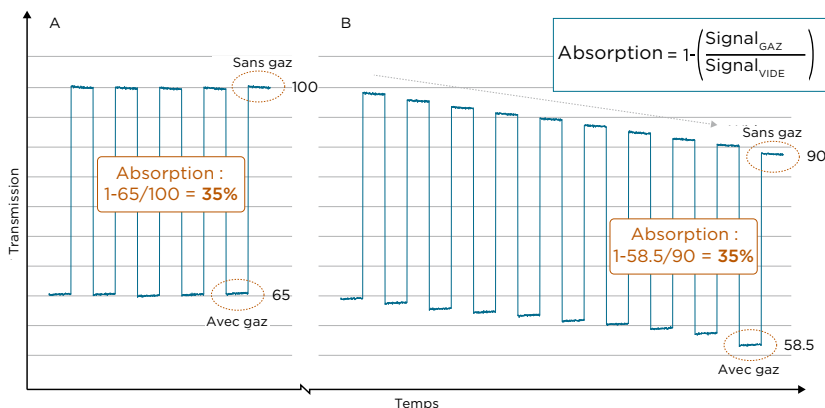


Figure 5. Principe de fonctionnement du signal de référence IR lors de la phase de vide dans les parties optiques. A) Mesure stable, B) Dérive de 10 % dans l'intensité de la source de lumière.

Ainsi, chaque cycle de mesure compense la dérive possible entre les composants optiques, qu'ils soient liés au vieillissement ou à la contamination. La figure 5 donne un exemple de signaux de transmission IR, lorsque le gaz est présent et sous vide (absence de gaz) à la fois au cours de la mesure stable et si l'intensité de la source de lumière connaît une dérive de 10 %.

Auto-étalonnage pour des performances à long terme

Les huiles du transformateur en service ont une composition chimique très complexe, y compris les gaz de défaut clés utilisés pour les diagnostics du transformateur et les gaz d'hydrocarbure plus lourds, et les autres composés organiques volatils (COV). La bande d'absorption IR des gaz d'hydrocarbure et des COV (les gaz interférents) peuvent coïncider avec les gaz de défaut, provoquant une interférence dans le signal d'absorption et donc dans l'analyse gazeuse également.

Toutefois, ces composants ont des caractéristiques physiques différentes quand on les compare aux gaz de défaut clés. Cette divergence physique des différents gaz est utilisée dans la technologie du moniteur Optimus DGA. Lorsque des gaz sont extraits dans différentes conditions, on extrait une quantité significativement moindre de gaz d'hydrocarbure plus lourds. La réduction des gaz interférents est détectée à chaque étape de l'extraction avec l'absorption IR (Figure 6). Grâce à cette méthode, la proportion relative de gaz interférents peut être calculée et soustraite des signaux de mesure réels.

Cette fonctionnalité s'appelle l'auto-étalonnage. Elle est exécutée pour la première fois après l'installation afin que le moniteur apprenne le mélange de gaz d'hydrocarbure et de COV présents dans l'huile. Quand le moniteur Optimus DGA fonctionne normalement, la fonction d'auto-étalonnage s'exécute régulièrement de manière à détecter les changements dans la composition des COV et à les compenser, pour garantir des performances à long terme.

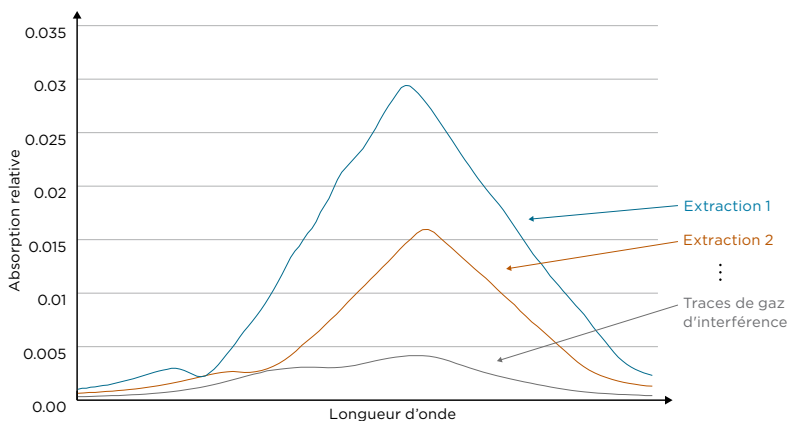


Figure 6. L'extraction de gaz dans différentes conditions réduit la proportion de gaz interférents dans le balayage d'absorption.

Le moniteur Vaisala Optimus DGA unique peut créer des conditions de vide de manière très simple, en utilisant simplement une pompe à huile et des vannes magnétiques. En matière de précision des mesures et de stabilité, les avantages sont doubles :

- L'efficacité d'extraction des gaz est bien supérieure aux moniteurs traditionnels qui utilisent un échantillonnage à base de membrane ou avec réservoir de fermentation. De plus, la puissante méthode de mesure de référence du vide permet de compenser tous les principaux mécanismes de dérive observés dans les technologies de mesure IR.
- En outre, les mécanismes de traitement de l'huile et des gaz sont totalement hermétiques, le risque d'une fuite d'huile est donc négligeable et toute contamination d'huile par l'oxygène et l'humidité ambiante est évitée.

Ces avantages viennent s'ajouter à la fonctionnalité d'auto-étalonnage du moniteur Optimus DGA pour garantir de nombreuses années de fonctionnement précis, fiable et sans maintenance.

VAISALA

Veuillez nous contacter
à l'adresse suivante
www.vaisala.com/contactus



Scanner le code
pour obtenir plus
d'informations

Réf. B211813FR-A ©Vaisala 2019

Ce matériel est soumis à la protection du droit d'auteur. Tous les droits d'auteur sont retenus par Vaisala et ses différents partenaires. Tous droits réservés. Tous les logos et/ou noms de produits sont des marques déposées de Vaisala ou de ses partenaires. Il est strictement interdit de reproduire, transférer, distribuer ou stocker les informations contenues dans la présente brochure, sous quelque forme que ce soit, sans le consentement écrit préalable de Vaisala. Toutes les spécifications - y compris techniques - peuvent faire l'objet de modifications sans préavis.

www.vaisala.com