

Moniteur DGA Vaisala Optimus™ OPT100



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.

Pour assurer le fonctionnement sur le long terme de ces installations, la surveillance en ligne et l’évaluation automatique des conditions occupent une place de plus en plus prépondérante dans les stratégies de maintenance modernes des services publics d’électricité basées sur les conditions. Des moniteurs DGA fiables sont devenus des outils essentiels pour fournir des données exactes sur l’état des transformateurs. Toutefois, il existe un certain nombre de moniteurs DGA sur le marché et il est parfois difficile de trouver des différences entre les appareils de toute marque.

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. avec 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 (« headspace ») traditionnel ou des méthodes de séparation par membrane. Par conséquent, elle dépend beaucoup moins de la solubilité des gaz dans l’huile (loi de dilution d’Ostwald) et est plus précise sur une large gamme d’huiles.

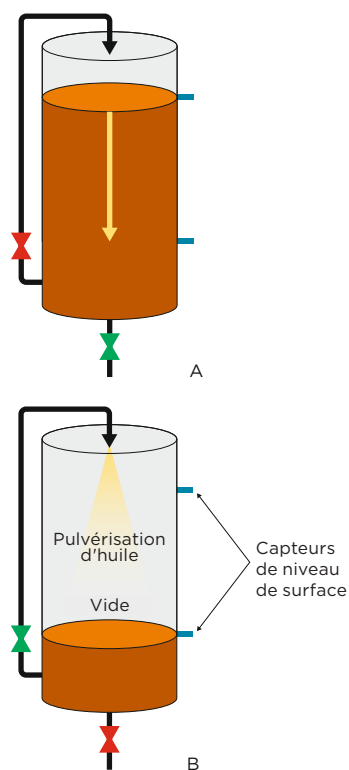


Figure 1. Application d’un vide au-dessus du niveau d’huile en extrayant l’huile à l’aide d’une vanne fermée située en haut du cylindre (A). Le gaz est extrait en pulvérisant l’huile à travers le vide (B).

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.

Pour générer un vide, le moniteur Optimus™ DGA n'utilise pas de pompe à vide. Par contre, il utilise une méthode brevetée consistant à utiliser le volume d'huile comme piston dans le cylindre afin de créer un vide au-dessus de ce volume par translation au moyen 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 une extraction sous vide, la séparation des gaz est plus aboutie, ce qui améliore la fiabilité des mesures même lorsque la pression de tous les gaz dissous dans l'huile du transformateur est très basse. 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.

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

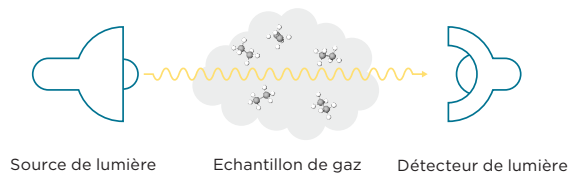


Figure 2. Schéma de l'absorption de lumière IR causée par les molécules qui passent à un état excité.

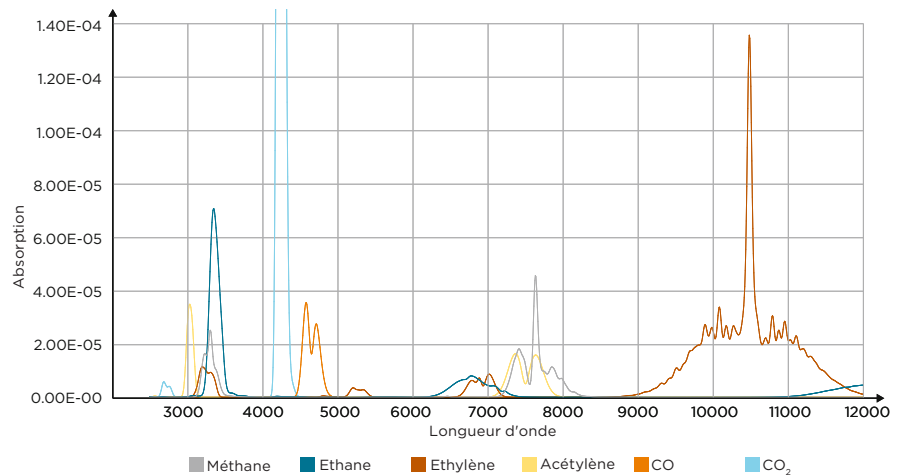


Figure 3. Bandes d'absorption IR de CO₂, de CO, d'acétylène, d'éthylène, d'éthane et de méthane.

donc être vérifiée en mesurant l'intensité lumineuse.

L'un des avantages clés de la mesure IR est qu'il s'agit d'une méthode d'analyse des gaz fondamentale caractérisée par des longueurs d'onde d'absorption de chaque gaz et des facteurs d'absorption des gaz de défaut inchangés. Elle permet un fonctionnement sans étalonnage sur une longue période ; d'autres mécanismes de dérive possibles sont connus et compensés avec le moniteur DGA.

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. Les filtres ajustables, qui permettent une plus large gamme de balayage IR, révélant la forme des zones d'absorption et les pics, constituent un élément clé de ce module. Comme le module analyse

l'absorption IR et la forme des pics d'absorption, il permet de déterminer avec exactitude les différents gaz détectés et leurs concentrations. Ainsi, l'analyse finale du gaz repose sur les signaux collectés à l'aide d'une grande plage de longueurs d'onde.

Tous les éléments de mesure IR, y compris les sources de lumière micro-rayonnantes, les filtres et les détecteurs, sont des systèmes MEMS (microsystèmes électromécaniques) fabriqués à partir de plaquettes de silicium monocristallin. Ces éléments sont conçus et optimisés pour le moniteur Optimus™ DGA, et fabriqués dans nos propres salles blanches. Pour

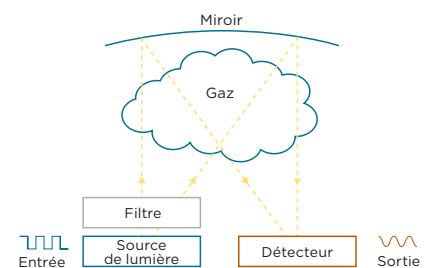


Figure 4. Schéma du module IR du moniteur Optimus™ DGA.

optimiser la fiabilité, le module de mesure optique ne comprend aucun élément mobile.

Suppression de la dérive

Même si les caractéristiques d'absorption des gaz de défaut restent stables lors de l'analyse infrarouge, d'autres facteurs peuvent malgré tout avoir un impact sur les signaux de mesure. C'est pourquoi, un moniteur DGA devrait compenser ou supprimer ces effets de dérive.

Dans les technologies IR, les facteurs de dérive habituels sont entre autres la contamination ou le vieillissement des composants du capteur comme les sources de lumière et les détecteurs. Les systèmes DGA devraient disposer des moyens nécessaires pour compenser ces mécanismes et obtenir des mesures stables sur le long terme. Ceci est crucial car les tendances du gaz sont l'une des sources d'informations les plus importantes pour révéler l'état d'un transformateur.

Vaisala a développé et a fait breveter de nombreuses méthodes uniques pour venir à bout de la dérive et assurer des mesures stables sans ré-étalonnage. Sur le moniteur Optimus™ DGA, l'extraction de gaz interne et les mécanismes de manipulation de l'huile sont conçus et contrôlés de telle sorte que les composés contaminants de l'huile ne peuvent pas s'agglutiner sur les surfaces optiques et provoquer une dérive à long terme. Par ailleurs, toute contamination externe est évitée en utilisant une structure mécanique parfaitement hermétique, autrement dit, aucun composé provenant de 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 crée une mesure de référence pour l'étalonnage interne à l'aide d'un système breveté, lors de chaque cycle d'échantillonnage

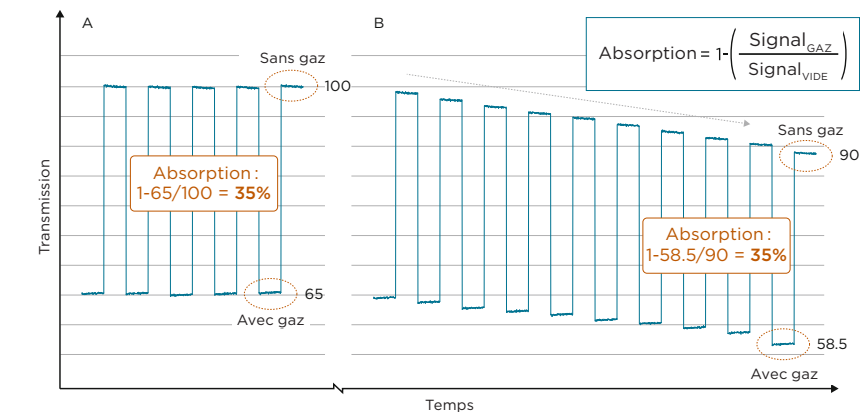


Figure 5. Principe de fonctionnement du signal de référence IR lors de la phase de vide dans les parties optiques. A) Mesure stable, B) Dérive de 10 % dans l'intensité de la source de lumière.

d'huile. Le balayage et la mesure de gammes de longueurs d'onde prédéfinies sont réalisés à la fois avec les gaz extraits présents, puis sous vide, après le retrait des gaz du module optique. Cette dernière mesure sert alors de référence. Le rapport entre ces deux signaux de balayage définit les absorptions réelles et donc les concentrations en gaz.

Ceci permet au système de compenser la dérive possible dans les composants optiques, due au vieillissement ou à la contamination. La figure 5 présente un exemple de signaux de transmission IR, en présence de gaz et sous vide (absence de gaz), à la fois au cours de la mesure stable et si l'intensité de la source de lumière affiche une dérive de 10 %.

Étalonnage automatique sur l'huile - performances à long terme et élimination de la dérive

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, tout comme les autres composés organiques volatils (COV). Les bandes 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 du gaz, sauf si ces facteurs ont été auparavant identifiés et compensés.

Toutefois, ces composants ont des caractéristiques physiques différentes quand on les compare aux gaz de défaut clés. Le moniteur Optimus™ DGA utilise cette différence physique entre les COV et les gaz de défaut clés pour compenser les COV. 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 la mesure d'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 est appelée étalonnage automatique dans l'huile. L'Optimus™ DGA l'exécute lors des premiers cycles de mesure après l'installation, afin que le moniteur puisse identifier et « apprendre » le mélange de gaz d'hydrocarbures et les COV présents dans l'huile. En mode de fonctionnement normal, la fonction d'étalonnage automatique sur l'huile s'exécute selon un programme régulier, à raison d'environ une fois par mois. Elle réexécute les calculs pour vérifier son aptitude à compenser efficacement les changements de composition de l'huile, garantissant ainsi des performances à long terme.

Pression de gaz totale

Comme le moniteur DGA en ligne OPT100 exploite le vide partiel pour extraire les gaz de l'huile de transformateur, il peut mesurer la pression totale de tous les gaz dissous avec son capteur de pression intégré. Cette pression de gaz totale (TGP) est la somme des pressions partielles de tous les gaz dissous dans l'huile.

L'augmentation de la pression est une indication précoce d'une fuite d'air dans le réservoir scellé du transformateur. En cas d'infiltration d'air dans le réservoir d'un transformateur, la majeure partie des gaz mesurés seraient de l'azote et de l'oxygène. Parce qu'ils sont peu solubles, ils peuvent être complètement extraits de l'huile. Par ailleurs, le pourcentage de gaz de défaut dans la pression totale est négligeable.

Même si tout l'oxygène est consommé, la valeur de pression donne malgré tout une indication fiable de la fuite. Une fuite peut être identifiée car l'azote est dominant et augmente progressivement au fil du temps car ce gaz n'est ni formé, ni consommé par le transformateur.

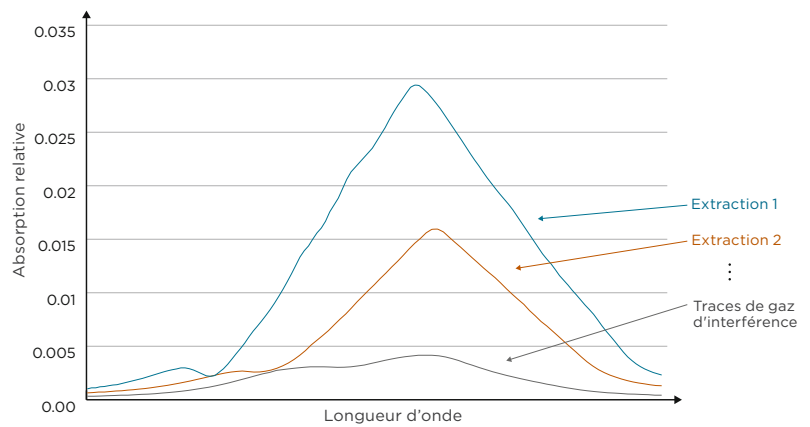


Figure 6. L'extraction de gaz dans différentes conditions réduit la proportion de gaz interférents dans le balayage d'absorption.

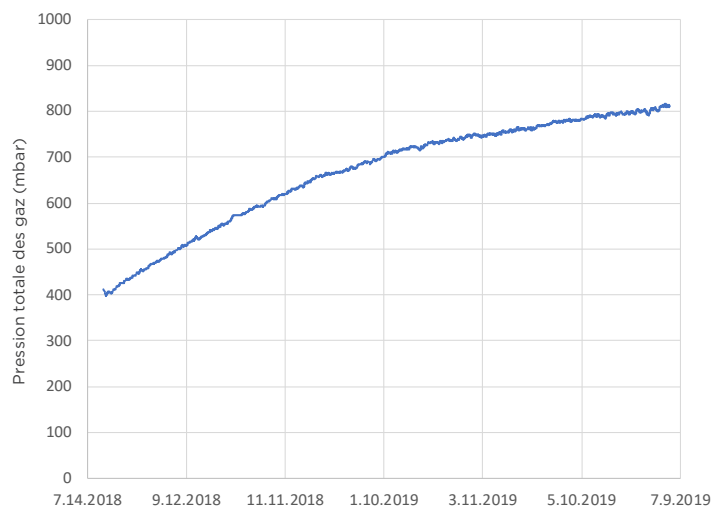


Figure 7. Pression totale des gaz dissous dans l'huile d'isolation d'un transformateur de puissance, mesurée avec un moniteur DGA en ligne OPT100 de Vaisala.

Le moniteur Vaisala Optimus™ DGA unique sur le marché, génère des conditions de vide très aisément en utilisant tout 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.
- Les mécanismes de traitement de l'huile et des gaz sont totalement fermés, le risque de fuite d'huile est donc négligeable et la contamination d'huile par l'oxygène et l'humidité ambiante, quasi impossible.

Ces avantages viennent s'ajouter à l'étalonnage automatique de l'huile du moniteur Optimus™ DGA pour assurer de nombreuses années de fonctionnement précis, fiable et sans maintenance.

VAISALA

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



Scanner le code
pour obtenir plus
d'informations

Réf. B211813FR-B ©Vaisala 2022

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.fr