# Transmission à haute tension - sûre et sans interruption avec les moniteurs de densité Trafag

Dans les appareils Trafag, la densité du gaz isolant est surveillée selon les principes de la chambre de référence ou de la fourche vibrante à quartz. Ces deux méthodes se caractérisent par une fiabilité et une précision maximales. En outre, les appareils peuvent parfaitement fonctionner dans des chambres à température et à pression variables. Les systèmes peuvent être exploités en toute sécurité et sans interruption, même pendant les travaux de maintenance et d'inspection. Et Trafag se prépare déjà à relever d'autres défis techniques : les réglementations environnementales plus strictes et l'utilisation de gaz neutres pour le climat.

Appareillage compact et isolé au gaz : Grâce aux contrôleurs de densité Trafag, les volumes des différentes chambres de pression peuvent être minimisés.

Le développement des appareillages de commutation à haute tension isolés par air (AIS), qui sont passés de la taille d'un terrain de football à ceux qui ne nécessitent plus que dix pour cent de l'espace occupé auparavant, s'est fait par étapes de plus en plus importantes à partir des années 1980, notamment grâce aux moniteurs de densité innovants de Trafag AG : la base en est que les composants à haute tension sont installés dans des chambres de pression dans lesquelles un gaz isolant hautement comprimé et efficace empêche ou éteint les défauts d'arc et les courts-circuits.

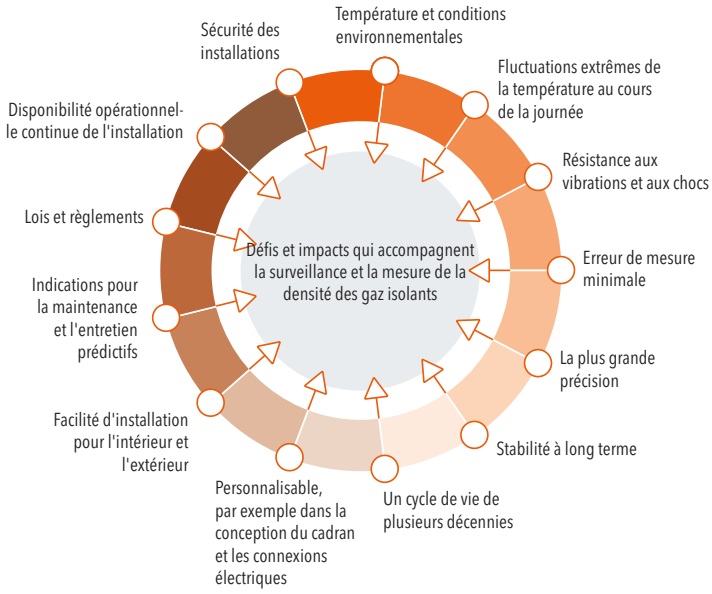
L'hexafluorure de soufre gazeux ($SF_6$) possède le meilleur effet isolant et extincteur à haute et très haute tension (66 à >1000 kV). Cependant, le $SF_6$ dépasse l'effet de serre du $CO_2$par un facteur de 23 500. Par conséquent, aucun gaz ne doit s'échapper des appareils de commutation. Les régulateurs de tous les pays imposent des exigences élevées en matière de surveillance du gaz $SF_6$. En coopération avec les fabricants d'appareils de commutation renommés, Trafag AG a développé dans les années 1980 le système de chambre de référence pour la surveillance de la densité du gaz, qui offre une plus grande précision que les principes conventionnels de manomètre et évite les fausses alarmes évitables.

Aujourd'hui, les exploitants d'installations de commutation à haute tension sont confrontés à de nouveaux défis. D'une part, les compagnies d'électricité s'efforcent d'exploiter leurs installations en permanence, sans interruption. À cette fin, l'industrie mise de plus en plus sur la mesure électronique continue de la densité et sur la maintenance prédictive, au lieu de se fier exclusivement aux mécanismes d'avertissement et d'arrêt comme par le passé. D'autre part, la taille des installations doit encore être réduite, ce qui se traduit par des diamètres et des surfaces d'isolation plus petits. Enfin, des mélanges de substitution de gaz isolants plus respectueux du climat prennent visiblement la place du $SF_6$. Et une fois de plus, c'est Trafag AG qui propose dès aujourd'hui les bonnes solutions.

## La chute de pression et donc les pertes de densité du gaz mettent en danger la sécurité de l'installation

La fiabilité et la sécurité de fonctionnement des systèmes haute tension à isolation gazeuse ne peuvent être garanties que si la densité

de gaz isolant requise est maintenue à l'intérieur des compartiments sous pression. Une fuite mettrait en danger la fonctionnalité et la sécurité de l'appareillage et violerait en même temps les réglementations environnementales. Les exigences réglementaires stipulent donc une surveillance permanente du compartiment sous pression. Les systèmes doivent rester étanches à tout moment et les contrôleurs de densité doivent fonctionner avec la précision spécifiée.




Surveillance et mesure précises - et donc également sûres - de la densité du gaz isolant dans la technologie haute tension : influences environnementales, sécurité opérationnelle ou maintenance efficace, réglementations - ce ne sont là que quelques-uns des défis auxquels sont confrontés les exploitants d'appareillages de commutation haute tension.

Tant qu'il n'y a pas de fuite dans la chambre de pression isolée au gaz, le nombre de molécules de gaz dans l'espace fermé reste le même. Le nombre de molécules (densité), la pression et la température interagissent physiquement, sur la base de ce que l'on appelle des isochores. Plus la température est élevée dans un espace fermé rempli de gaz, plus la pression est élevée. Les systèmes isolés au gaz sont également installés à l'extérieur, où les températures peuvent varier de -40°C à +60°C. Il est donc impératif que l'ensemble du système soit compensé en température, car sinon l'affichage de la densité montrerait des valeurs plus élevées lorsqu'il est exposé à la lumière du soleil et des valeurs plus faibles lorsqu'il est exposé au gel - même si le même nombre de molécules se trouve dans le système.

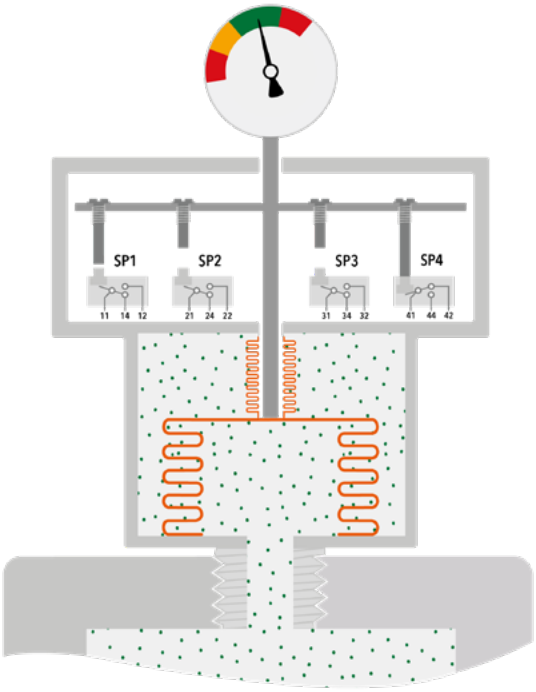
## Les manomètres à compensation de température sont trop imprécis

Les manomètres étaient autrefois la norme pour les systèmes de surveillance. En raison de leur conception mécanique simple avec un tube de Bourdon et une compensation bimétallique de la température, ils sont généralement moins chers, mais moins précis en raison de leur conception. Les mesures avec un tube de Bourdon doivent être compensées en température dans chaque cas afin que les valeurs de densité réelles puissent être vérifiées. Les éléments bimétalliques utilisés pour la compensation de la température doivent être spécifiquement adaptés au gaz isolant respectif. En cas de grandes fluctuations de température, ce mécanisme conduit à des inexactitudes de mesure plus élevées. À des températures particulièrement élevées ou basses, le changement de précision avec de tels manomètres à compensation bimétallique est disproportionné. Il en résulte des fausses alarmes évitables.

Étant donné que les dispositifs de surveillance de la densité des gaz d'isolation sont exposés à des conditions climatiques difficiles et qu'ils doivent fonctionner sans interruption même en cas de températures extrêmes et de fluctuations, la compensation de la température est d'une grande importance dans la mesure de la densité des gaz d'isolation. De même, les dispositifs de surveillance doivent fonctionner correctement et de manière fiable à différentes pressions, comme celles qui prévalent à différents endroits ou altitudes.

## Une plus grande précision grâce au principe de la chambre de référence

Pour contrer les imprécisions des densimètres classiques, Trafag a développé le principe de la chambre de référence basé sur la technologie des pressostats .
Le principe de Trafag est simple - mais ingénieux : dans les contrôleurs de densité de gaz, un gaz de référence est utilisé dans la chambre de référence qui a les mêmes propriétés que le gaz d'isolation dans les composants de l'appareillage de commutation. Le gaz de référence et le gaz d'isolation sont couplés thermiquement et à la même température, de sorte que les fluctuations de pression dues aux changements de température sont éliminées. Par conséquent, les contrôleurs sont entièrement compensés en température par conception et atteignent donc une précision plus élevée que les manomètres compensés en température.




Principe de la chambre de référence simplifié. Intégrées aux produits Trafag, elles permettent aux exploitants d'appareillages de commutation à haute tension d'assurer un fonctionnement ininterrompu et sûr

Aujourd'hui, la quatrième génération d'instruments est déjà sur le marché. Chaque instrument a une durée de vie de plus de 25 ans. De plus, ces instruments sont eux-mêmes sans entretien.
Si la chambre de pression à surveiller perd effectivement du gaz d'isolation, c'est-à-dire que la pression s'échappe, le système de chambre de référence actionne mécaniquement des points de commutation via des microcontacts. Dès le premier niveau d'alarme, le gaz d'isolation doit être rempli à nouveau. Seule une chute rapide de la pression entraîne l'arrêt du système, qui est déclenché par la commutation appropriée et fiable d'autres microcontacts.

## Le contrôle précis de la densité permet d'obtenir des installations plus compactes

Trafag a fixé les exigences de qualité et de précision des contrôleurs de densité de manière à ce que les points d'alarme soient limités à

L'appareillage de commutation isolé par air (AIS) (photo ci-dessus) a cédé la place à un appareillage de commutation isolé par gaz (GIS) très compact dans les endroits où l'espace est limité (photo ci-dessous)

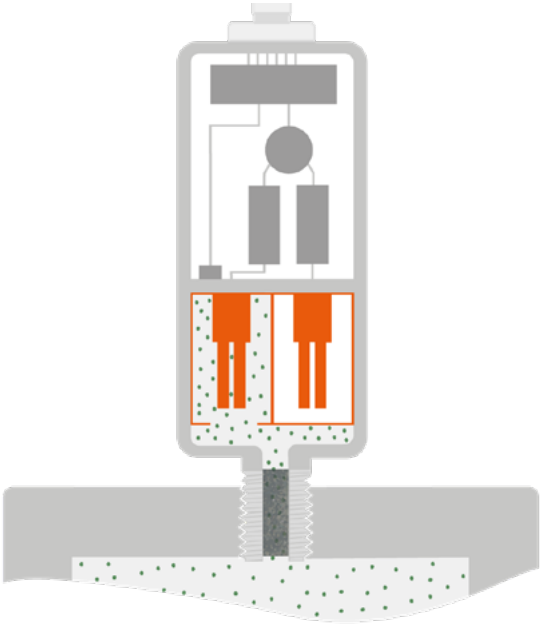
une plage étroite. Plus la fiabilité et la précision des systèmes sont élevées, plus les tolérances dans lesquelles l'installation peut être utilisée sont réduites. Les distances d'isolation peuvent ainsi être réduites, l'installation complète peut être optimisée pour répondre aux exigences et sa taille peut être réduite : la surface du site requise pour les appareillages de commutation diminue. Une mesure de densité inexacte nécessite des volumes plus importants, tandis qu'une mesure de densité précise permet d'obtenir des tailles d'installation sur mesure et des zones compactes.

## Gaz alternatifs neutres pour le climat au lieu du $SF_6$

On attribue au gaz isolant $SF_6$, qui est principalement utilisé aujourd'hui, une part de 0,5 % dans le réchauffement de la planète. De nombreux exploitants s'efforcent donc d'équiper dès le départ les nouvelles installations de gaz alternatifs neutres pour le climat. Les installations existantes, dont des centaines de milliers sont en service dans le monde, sont également partiellement modernisées. Avec les gaz alternatifs, seuls le type et le nombre de molécules utilisées pour l'isolation électrique changent. Trafag AG peut fournir les instruments appropriés pour tous les gaz alternatifs utilisés aujourd'hui, qui sont conformes aux normes existantes. Les instruments Trafag sont ajustés en usine pour le gaz spécifique et la pression de remplissage spécifique. Les instruments sont ensuite scellés et prêts à être utilisés.

## Mesure continue de la densité basée sur des quartz oscillants

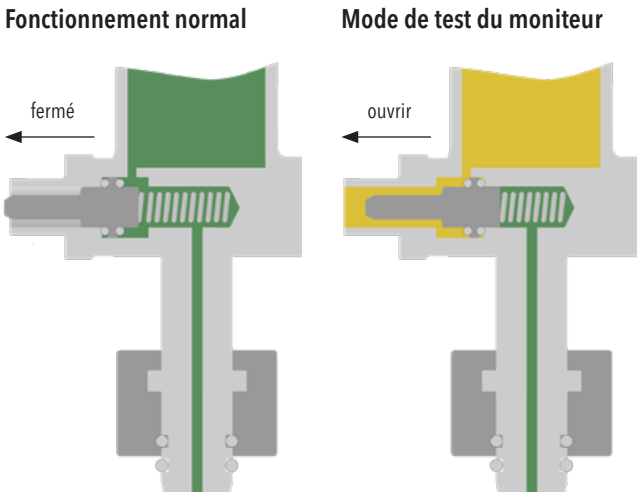
Ces dernières années, l'industrie de la distribution d'énergie a connu une demande croissante pour la mesure continue de la densité, qui fournit des informations en temps réel sur la quantité de gaz réellement perdue et sur le moment où les valeurs critiques sont atteintes, de sorte que des mesures immédiates peuvent être prises. Les problèmes généraux dans l'installation peuvent être détectés plus tôt et le remplissage ou, par exemple, le remplacement des joints toriques peut être initié à temps dans le sens de la maintenance prédictive.
La méthode conventionnelle de mesure de la densité consiste en une mesure de pression combinée à un capteur de température intégré afin de pouvoir corriger la pression en fonction de la température. Trafag a révolutionné ce principe en reprenant les fourchettes à quartz oscillantes de la technologie horlogère et en les incorporant dans des capteurs. L'oscillation d'un quartz dans un gaz est amortie par le nombre de molécules. Le degré d'amortissement est directement proportionnel à la densité. Cette forme de mesure continue de la densité est nettement plus stable et précise que la mesure de la pression compensée en température.
Entre-temps, chaque quatrième contrôleur de densité comprend un capteur sans entretien pour la mesure continue de la densité du gaz. Le signal de mesure est transmis par un signal de courant ou le système de capteurs dispose d'une sortie numérique Modbus. Le système de contrôle de l'opérateur calcule ensuite, à partir des valeurs transmises, la quantité de gaz actuellement présente dans le système et analyse les actions nécessaires, le cas échéant.



Principe simplifié de la comparaison du diapason à quartz. Le principe de mesure détermine l'amortissement de l'oscillation du quartz par la quantité de molécules (densité)

## Fonctionnement ininterrompu - grâce aux valves de remplissage et de test

L'inspection régulière des appareillages de commutation isolés au gaz est régie par diverses réglementations nationales, en Europe, par exemple, par le règlement F-Gas. Selon celui-ci, le contrôleur de densité doit être contrôlé tous les six ans pour les installations mises en service à partir de 2017 et contenant plus de 22 kilogrammes de gaz $SF_6$. De nombreux exploitants d'installations sont déjà passés d'eux-mêmes à la réalisation de l'inspection tous les deux à quatre ans. Pour ce faire, il fallait auparavant mettre hors tension la partie concernée de l'installation et capturer le gaz isolant. Le contrôleur de densité du gaz est démonté et relié à un appareil de contrôle séparé. Trafag est le premier fournisseur à développer une vanne intégrée qui permet de tester le moniteur pendant le fonctionnement sans avoir à arrêter le système. Le moniteur de densité de gaz est combiné à une vanne de remplissage et de test et soudé de manière étanche, ce qui rend le système étanche. Grâce à la vanne, il est possible de vérifier le fonctionnement de l'unité pendant le fonctionnement et de remplir le gaz si nécessaire sans avoir à arrêter le système.




En fonctionnement normal, la connexion de test est hermétiquement fermée de l'extérieur. Si un instrument de test est connecté, une connexion directe est établie entre l'instrument de test et la chambre de référence du contrôleur de densité.

# Gamme de produits de Trafag

## Dispositifs de surveillance et de mesure

La gamme de densimètres de Trafag est divisée en trois groupes de produits différents : le densimètre à fonctionnement mécanique, le capteur de densité de gaz électronique et le densimètre hybride, qui surveille à la fois mécaniquement et électroniquement. Ces trois types ont une chose en commun : ils conviennent au $SF_6$ et à la gamme complète des gaz isolants alternatifs.

### Moniteurs de densité de gaz

**Surveillance de la densité absolue du $SF_6$ et des gaz d'isolation alternatifs sur la base d'une comparaison des gaz de référence**

Le contrôleur de densité de gaz est basé sur le principe de la comparaison des gaz de référence et ne nécessite donc aucun élément supplémentaire de compensation de la température. Il fonctionne de manière électromécanique et est donc indépendant de l'alimentation électrique. Comme aucun recalibrage des points de commutation n'est nécessaire, il fonctionne en permanence sans entretien. La température de fonctionnement s'étend de -60°C à +80°C.

- Type 87x6 mécanique, à action automatique
- Type 87x8 pour les environnements arctiques

### Capteurs de densité de gaz

**Mesure électronique et absolue de la densité du gaz pour le $SF_6$ et les autres gaz isolants grâce au principe breveté de la fourchette à quartz**

Le capteur de densité de gaz utilise un diapason en quartz pour mesurer directement la densité du gaz - une technologie unique brevetée par Trafag. En fournissant des signaux de sortie continus (analogiques ou numériques) à partir de ce capteur fonctionnant électroniquement, Trafag ouvre de nouvelles voies pour l'industrie de la distribution d'énergie. Une analyse complète de la tendance de la densité des compartiments pressurisés est mise en œuvre facilement.

- Type 8774 avec sortie de courant ou sortie de modulation de largeur d'impulsion
- Type 8775 avec sortie numérique RS485/Modbus

### Moniteurs hybrides de densité de gaz

**Surveillance mécanique et mesure électronique combinées du $SF_6$ et des gaz isolants alternatifs**

Le moniteur de densité de gaz hybride combine les avantages du moniteur mécanique et du capteur de densité de gaz électronique en un seul appareil multifonction compact. Avec sa sortie de mesure continue, il est idéal pour une utilisation dans les systèmes de gestion et de suivi des gaz, mais il dispose également d'un affichage local et de contacts d'alarme robustes.

- Type 878x avec sortie de courant
- Type 879x avec sortie numérique RS485/Modbus

Remarque : La désignation du type "x" (par exemple 87x6) correspond à la configuration individuelle des points de commutation.
Par exemple, le moniteur de type 8736 contient x = trois (3) microcontacts.



trafag sensors controls

## Trafag AG - l'entreprise de capteurs high-tech

Trafag, dont le siège social se trouve en Suisse, a été fondée en 1942 et dispose d'un large réseau de vente et de service dans plus de 40 pays dans le monde. Trafag développe, fabrique et distribue des instruments de mesure précis, robustes et sans entretien pour la surveillance du $SF_6$ et des gaz isolants alternatifs dans les appareillages de commutation à haute et moyenne tension. Trafag garantit des instruments extrêmement précis, très résistants aux chocs, avec la plus large plage de température disponible sur le marché. En outre, Trafag dispose d'un large portefeuille de produits dans le domaine de la surveillance de la pression et de la température. Grâce à la possibilité de développer et de fabriquer tous les principaux composants en interne, Trafag est en mesure de produire à la fois une production de masse et de petites séries. Une gestion stricte de la qualité selon ISO 9001, des installations de production de pointe dans des conditions de salle blanche et des processus de production strictement surveillés garantissent que les produits Trafag répondent aux normes de qualité les plus élevées.

**Les bons instruments pour vos besoins**

Les moniteurs et capteurs de densité de gaz de Trafag sont synonymes de durabilité et de fiabilité selon les normes de qualité suisses, mais aussi d'innovations orientées vers les besoins actuels des exploitants de réseaux électriques. En conséquence, nous vous proposons des services de conseil et d'ingénierie et vous aidons à sélectionner les instruments les plus adaptés à vos besoins.
Contactez-nous directement pour une consultation.

Trafag AG
Industriestrasse 11, 8608 Bubikon (Suisse)
Téléphone +41 44 922 32 32
trafag@trafag.com | www.trafag.com



trafag sensors controls