

# Les analyses d'huile les plus courantes

- **Le PACK 2N** est une analyse qui permet de connaître l'état de santé du fluide ainsi que l'état intérieur du transformateur et ses dysfonctionnements pour la prévention de l'incident électrique. C'est l'analyse la plus courante pour un transformateur qui n'a pas eu de problèmes particuliers. Cette analyse comprend :
  - La tension de claquage (Rigidité diélectrique), qui permet de connaître le pouvoir isolant de l'huile :
  - Indicateur d'éléments contaminants tel que l'eau ou des particules
  - **La teneur en eau**, qui permet de connaître la concentration d'eau dans le diélectrique
  - Dégradation des composants internes comme les papiers ou le fluide lui-même.
  - Influences externe tel que la migration d'humidité atmosphérique.
  - L'indice de neutralisation (Indice d'acidité) qui permet de mesurer les constituants ou les agents contaminants acides présents dans l'huile. Les acides ont un impact sur la dégradation des matériaux de cellulose et peuvent également être responsables de la corrosion des parties métalliques d'un transformateur :
    - Formation de produits d'oxydation acides
    - Un indice de neutralisation important met en évidence un changement de couleur de l'huile dû à des micro- amorçages
  - **La spectrométrie ICP** (Détection traces des métaux dans l'huile), qui permet de quantifier les métaux et les composants inorganiques :
    - Détérioration, corrosion, fusion des éléments internes au transformateur.
    - Influences extérieures tel que migration des poussières, présence de composants siliconés, ..).
    - Si un arc électrique ou une décharge partielle se produit au niveau des enroulements du transformateur alors il est possible de retrouver dans l'huile des particules de cuivre ou d'aluminium. Des particules de métal au niveau de l'huile laisse apparaître une détérioration des enroulements
  - **L'aspect** qui permet de mettre en évidence la turbidité ou la présence de dépôts dans l'huile :
    - Présence d'eau libre, de boues insolubles, de particules de carbone, de fibres, de poussières ou d'autres contaminants.
  - **Le dosage des gaz dissous** (Chromatographie en phase gazeuse), qui détermine la nature et la concentration de tous les gaz de défaut (hydrogène, monoxyde et dioxyde de carbone, acétylène, hydrocarbures ayant au plus 3 atomes de carbone,). Elle permet :
    - D'analyser les incidents électriques.
    - D'analyser et de caractériser la nature des défauts internes (échauffement local ou généralisé, décharges partielles, décharges de faible et forte énergie, défauts thermiques,).
    - D'estimer l'état de l'isolation solide.
      - D'estimer l'état de santé des parties actives.
- **Le PACK 4N** est réservé aux transformateurs critiques dont un problème a déjà été identifié. C'est une analyse complète afin d'effectuer un « check up » complet et détaillé sur l'état du transformateur. Cette analyse donne un état détaillé sur :
  - Les parties actives du transformateur (parties électriques et isolation cellulosique).

- Le fluide diélectrique du transformateur (rôle isolant et caloporteur du diélectrique).

Cette analyse regroupe les PACKS suivants :

- **PACK 2N** : Tension de claquage (Rigidité diélectrique) - Teneur en eau - Indice de neutralisation (Indice d'acidité) - Spectrométrie ICP (Dosage des métaux dans l'huile) -Aspect - Dosage des gaz dissous. (Chromatographie).

- **PACK 9N** : Dérivés furaniques

- **PACK 10N** : Pesée gravimétrique - Gravimétrie adaptée.

- **PACK 17N** : Conductivité

- **PACK 18N** : Viscosité à 40°C.

IR pour oxydation c'est l'analyse de l'oxydation de l'huile par la méthode de spectre d'analyse.

- **Le PACK 5N** est une analyse des PCB par chromatographie. (Recherche de PCB dans l'huile). Cette analyse permet d'avoir l'assurance de non-contamination ou de connaître la teneur en PCB du transformateur. Cette analyse est à faire impérativement en cas de doute sur la quantité de PCB contenu dans votre transformateur (Cas d'un recyclage ou d'un complément d'huile) ou si la date de fabrication de votre transformateur est antérieure au 18 Juin 1994
- **Le PACK 7N : Le dosage des gaz dissous** (Chromatographie en phase gazeuse), qui détermine la nature et la concentration de tous les gaz de défaut (hydrogène, monoxyde et dioxyde de carbone, acétylène, hydrocarbures ayant au plus 3 atomes de carbone,). Elle permet :
  - D'analyser les incidents électriques
  - D'analyser et de caractériser la nature des défauts internes (échauffement local ou généralisé, décharges partielles, décharges de faible et forte énergie, défauts thermiques,).
  - D'estimer l'état de l'isolation solide.
  - D'estimer l'état de santé des parties actives.
- **Le PACK 8N : Viscosité à 20°C** permet d'avoir une information sur le vieillissement et l'état d'oxydation de l'huile. La viscosité influe sur le transfert de chaleur et, par conséquent, sur l'échauffement de l'appareil. Plus la viscosité est basse, mieux l'huile circule et donc améliore l'évacuation de chaleur. La viscosité est, dans ce cas, mesurée à 20°C.
- **Le PACK 9N** permet d'avoir une information sur le niveau de dégradation des isolants. Cette analyse comprend :
  - **Le dosage des dérivés furaniques** qui permet de diagnostiquer la dégradation éventuelle des isolants cellulosiques (particulièrement les papiers des enroulements) :
    - Dégradation homogène du papier liée à un vieillissement de l'appareil.
    - Dégradation localisée par défaut thermique.
    - Cette analyse est réalisée généralement sur les appareils de plus de 20 ans ou ceux pour lesquels, d'autres résultats d'analyses font présumer une éventuelle dégradation.

- **Le PACK 10N** (Pesée Gravimétrique – Gravimétrie adaptée Spectrométrie ICP ou dosage des métaux) permet de détecter et quantifier les métaux et les composants inorganiques présents dans le diélectrique et qui peuvent influencer sur le rôle d'isolant du diélectrique. La présence de métaux donne également une indication sur la partie électrique du transformateur lié à un défaut interne d'origine thermique ou électrique.
- **Le PACK 11N** : Cette analyse comprend :
  - **Le Comptage des particules** permet de déterminer la classe de pollution particulière de l'huile pouvant expliquer une dégradation des composants internes (papiers, métaux, etc...) et une perte des qualités isolantes (influences extérieures telle que migration des poussières).
  - **La Viscosité à 40°C** permet d'avoir une information sur le vieillissement et l'état d'oxydation de l'huile.
  - La viscosité influe sur le transfert de chaleur et, par conséquent, sur l'échauffement de l'appareil. Plus la viscosité est basse, mieux l'huile circule et donc améliore l'évacuation de chaleur.
  - La viscosité est, dans ce cas, mesurée à 40°C.
- **Le PACK 12N** (Corrosivité et sulfate de cuivre) concerne les transformateurs dont la date de fabrication est entre 1994 et 2007 et dont un défaut thermique de haute température a déjà été détecté. Cette analyse permet de tester la valeur corrosive de l'huile en réalisant un test DBDS et d'évaluer le risque de formation du sulfure de cuivre. Cette analyse permet également d'évaluer le risque de corrosion du cuivre, et la formation de sels conducteurs dans le papier. Cela permet de rechercher les molécules présentes dans l'huile qui seraient hautement corrosive. La présence dans l'huile de composés soufrés (comme le DBDS par exemple) n'est pas recommandée. Ces composés soufrés, sont très corrosifs vis-à-vis des surfaces métalliques, en particulier vis à vis de l'acier et du cuivre. Ces composés sont responsables du phénomène de corrosion du cuivre nu présent dans tous les transformateurs, même si les enroulements peuvent être en aluminium (barres de connexion, commutateur hors tension, enroulements guipés...etc.). Cette corrosion se caractérise par la formation de sulfure de cuivre qui altère la qualité des conducteurs provoquant des échauffements anormaux. Ce sulfure de cuivre peut également se détacher et libérer des particules conductrices dans l'huile ou se former à travers les papiers, altérant les qualités diélectriques des isolants et pouvant entraîner des amorçages (entre plots au commutateur, court-circuit entre spires...).

Un test du Soufre Corrosif caractérise le niveau de corrosivité de l'huile. Un dosage du DBDS qualifie la présence de molécules à caractère très corrosif et permet d'évaluer le risque de formation de sulfure de cuivre.

Un dosage du DBDS qualifie la présence de molécules à caractère très corrosif et permet d'évaluer le risque de formation de sulfure de cuivre.

**DBDS** : Additif (composé soufré) qui était ajouté aux huiles pour améliorer leur stabilité à l'oxydation suite à leur affaiblissement provoqué sur ce plan par la phase de raffinage.

- **Le PACK 13N** (Tension Interfaciale TIF) permet de déceler les agents contaminants polaires solubles et les produits de dégradation. Cette caractéristique évolue assez rapidement au cours des premiers stades du vieillissement, puis se stabilise alors que la dégradation est encore modérée. La vitesse de diminution de la TIF est fortement influencée par le type d'huile. Une diminution rapide de la TIF peut également être une indication de problèmes de compatibilité entre l'huile et certains matériaux présents dans les transformateurs (verniss,

joints d'étanchéité), ou d'une contamination accidentelle de l'huile lors de leur remplissage. Dans les transformateurs en surcharge, la détérioration des matériaux est rapide et la tension interfaciale est un outil pour la détection de détérioration.

- **Le PACK 14N:** Cette analyse comprend :
  - **La teneur en eau** permet de connaître la concentration d'eau dans le diélectrique :
    - Dégradation des composants internes comme les papiers, le fluide lui-même.
    - Influences externe tel que la migration d'humidité atmosphérique.
  - **Le Point éclair en vase ouvert** permet d'évaluer la présence de substances volatiles dans le fluide (pollution par substances volatiles ou création de substances volatiles par une dégradation du fluide). Un claquage de l'huile provoqué par des décharges partielles ou l'exposition prolongée de l'huile à de hautes températures peut produire des quantités d'hydrocarbures de faible masse moléculaire suffisantes pour abaisser le point d'éclair de l'huile. Un point d'éclair bas peut être un indice de la présence de substances volatiles combustibles dans l'huile. Cela peut résulter d'une contamination par un solvant mais, dans certains cas, la cause observée est la présence de décharges avec étincelles importantes.
  
- **Le PACK 15N** (Masse volumique à 15°C ou densité) peut être important pour évaluer l'aptitude à l'emploi d'une huile dans les climats froids. En climat froid, la densité d'une huile doit être assez basse pour que la glace formée par congélation d'eau libre ne puisse flotter à la surface de l'huile, et éventuellement conduire à des conditions de défaut comme un amorçage entre conducteurs. Cependant, la masse volumique n'est pas un critère significatif pour comparer la qualité de différents échantillons d'huiles. Il n'existe aucune preuve que la densité soit affectée par la dégradation normale de l'huile. La masse volumique peut être utile pour distinguer une huile isolante minérale d'autres types de fluides.
  
- **Le PACK 16N** (Couleur) est un indicateur de la qualité d'un fluide isolant, lié à l'état d'oxydation. Cette analyse est exprimée par un nombre obtenu par comparaison avec une série de couleurs normalisées. Il ne s'agit pas d'une propriété critique, mais elle peut être très utile pour une évaluation comparative. Un indice de couleur élevé ou évoluant rapidement peut indiquer une dégradation (vernis, peinture,) ou une contamination de l'huile.
  
- **Le PACK 17N** (Conductivité) appelé aussi Facteur de Dissipation Diélectrique (FFD) – Résistivité – Permittivité - Conductivité ou la mesure de Tangente delta. Cette analyse permet de déterminer précisément l'état physico-chimique du diélectrique dans ses rôles premiers : rôle de caloportage et rôle d'isolant. Cette analyse apporte des informations sur le vieillissement du fluide par la présence d'impuretés ionisables et sur la pollution polaire massive. La technique de mesure est plus précise que le test de rigidité diélectrique.
  
- **Le PACK 18N : La Viscosité à 40°C** permet d'avoir une information sur le vieillissement et l'état d'oxydation de l'huile. La viscosité influe sur le transfert de chaleur et, par conséquent, sur

l'échauffement de l'appareil. Plus la viscosité est basse, mieux l'huile circule et donc améliore l'évacuation de chaleur. La viscosité est, dans ce cas, mesurée à 40°C.

- **Le PACK 19N** (Spectrométrie ICP après minéra – Gravimétrie/graisse par minéra ou étude gravimétrique des dépôts) consiste à évaluer la masse des dépôts et sédiments par unité de volume du fluide (gravimétrie). La présence de dépôts et/ou de boues peut diminuer les propriétés électriques de l'huile. De plus, les dépôts et boues précipitées peuvent entraver les échanges thermiques, favorisant ainsi la dégradation thermique des matériaux isolants.