



# DOCUMENT TECHNIQUE

CHOISIR LE BON FLUIDE POUR TURBINE  
EMPLOYER LES MEILLEURES MÉTHODES DE TEST  
POUR DRESSER UN PORTRAIT GLOBAL



Au-delà des normes d'aujourd'hui.

# RÉSUMÉ

L'utilisation d'huiles de base du groupe II a permis d'améliorer la stabilité oxydative et thermique des préparations de fluides pour turbines à gaz. Cependant, ce changement s'est effectué au prix d'une réduction de la solubilité et d'une augmentation de la formation de vernis dont les effets secondaires sont néfastes.

Plus que jamais, les exploitants doivent faire le bon choix en matière de fluide pour turbine afin de prévenir l'accumulation de vernis. Pour les aider, l'industrie doit mettre à jour ses méthodes d'essai des fluides, car le seul recours au test d'oxydation dans un appareil à pression rotatif (RPVOT) s'avère inefficace pour comparer différents fluides pour turbine. En se fondant sur des informations erronées, les exploitants risquent de choisir un fluide moins efficace pour leurs turbines à gaz.

Ce document technique a pour but de donner de l'information sur les changements apportés aux fluides pour turbine, les raisons pour lesquelles certaines méthodes d'essai en isolation ne sont pas efficaces pour prévoir le rendement et les essais qui produisent des résultats plus précis pour mesurer le potentiel de formation de vernis.

## Formation de vernis : les défis

Pour les exploitants de turbines à gaz naturel et les directeurs du service de l'entretien, la formation de vernis constitue un problème permanent. Elle nuit à l'efficacité opérationnelle ainsi qu'aux performances mécaniques en contribuant à :

- Restreindre la circulation
- Accroître l'usure et la corrosion
- Provoquer des pannes d'équipement et, par ricochet, des temps d'arrêt

Les turbines utilisées en service de pointe sont particulièrement vulnérables à la formation de vernis en raison des cycles de réchauffement et de refroidissement auxquels elles sont soumises.

Le problème de formation de vernis dans la machinerie n'est pas nouveau, mais il est devenu récemment plus difficile à gérer.

La principale raison de l'accroissement notable de la formation de vernis est l'abandon des huiles de base du groupe I, utilisées dans les lubrifiants traditionnels, au profit des huiles de base plus raffinées du groupe II, utilisées dans la plupart des nouveaux fluides pour turbine. Pour les fabricants, ce changement comporte plusieurs avantages, notamment la possibilité d'ajouter des agents antioxydants plus efficaces et complexes qui confèrent au produit une meilleure stabilité à l'oxydation et à la chaleur que celle des huiles du groupe I.

Les capacités de performance accrues sont essentielles dans le cas des turbines à gaz qui représentent l'application la plus exigeante pour ces huiles. Dans le domaine de la production d'électricité, les turbines à gaz constituent la filière dont la croissance est la plus forte en Amérique du Nord, ce qui souligne l'importance de cette catégorie d'huile.

La contrepartie désavantageuse de la résistance naturelle à l'oxydation des huiles de base du groupe II est une réduction de la solubilité. En effet, les composés qui autrement contribuent à la solubilité de l'huile sont retirés lors de l'hydrocraquage, le procédé utilisé pour produire ces huiles de base (et qui aide à améliorer leurs propriétés antioxydantes).

C'est pourquoi les entreprises qui produisent des additifs ont été encouragées à adapter leurs formules chimiques pour garder ces composés solubles.

L'accroissement des problèmes de vernis est aussi imputable au fait que les fluides pour turbine doivent remplir davantage de fonctions dans des milieux toujours plus difficiles.

L'efficacité et la température de service des turbines à gaz augmentent au fur et à mesure que progresse la science des matériaux. Dans certaines turbines industrielles, le même fluide est utilisé simultanément pour lubrifier les paliers de la turbine et ceux de la génératrice, des compresseurs d'air d'atomisation, des systèmes hydrauliques de levage et de déclenchement, du système de joint d'étanchéité à l'huile pour l'hydrogène de la génératrice, des engrenages de la charge et d'une multitude de servovannes dans le circuit hydraulique.

Bien que les génératrices profitent de l'amélioration de l'efficacité des turbines et de leur puissance accrue, les pressions exercées sur les huiles pour turbine et les exigences qu'elles doivent satisfaire ont tendance à augmenter. Les constructeurs n'ont d'autre choix que d'exiger des performances supérieures des fluides pour turbine puisque les températures plus élevées accélèrent l'oxydation qui est responsable de nombreux problèmes relatifs aux lubrifiants comme l'accroissement de la viscosité, la formation de vernis et de boues, l'épuisement des additifs, la dégradation de l'huile de base, le colmatage des filtres, la perte de contrôle du moussage, la hausse de l'indice d'acidité, la formation de rouille et la corrosion.

« Les fabricants n'ont d'autre choix que d'exiger des performances supérieures des fluides pour turbine puisque les températures plus élevées accélèrent l'oxydation qui est responsable de nombreux problèmes relatifs aux lubrifiants. »

## Obtenez le bon fluide en changeant la façon dont vous évaluez la performance

On ne saurait trop insister sur l'importance de sélectionner soigneusement un fluide. Rien n'indique que les fabricants d'équipement d'origine reviendront aux huiles du groupe I. Au contraire, la probabilité qu'ils passent à des huiles encore plus raffinées, comme celles des groupes III et IV, devrait augmenter avec le temps. De la même façon, les exigences imposées aux turbines et les conditions d'exploitation nécessaires pour les respecter ne disparaîtront pas.

C'est pourquoi la gestion du vernis demeurera sans doute une priorité pour les exploitants de turbines à gaz au moment de la sélection d'un fluide. Compte tenu de ce qui précède, il est intéressant de voir comment les exploitants sélectionnent leur fluide pour vérifier si leurs méthodes s'alignent sur les plus récentes préparations offertes sur le marché.

« [...] il est intéressant de voir comment les utilisateurs sélectionnent leur fluide pour s'assurer que leurs méthodes s'alignent sur les plus récentes préparations offertes sur le marché. »

Actuellement, les exploitants se fient aux essais et aux cotes de performance, souvent spécifiés par les fabricants d'équipement d'origine, pour choisir un fluide pour turbine qui protège contre l'oxydation et résiste à la formation de vernis. De toute évidence, la méthode la plus logique pour prendre une décision consiste à fonder celle-ci sur les données, de même que sur un essai sur le terrain. Les exploitants et les directeurs du service de l'entretien doivent avoir l'assurance que leur investissement permettra d'atténuer le risque de panne.

Le problème réside non seulement dans l'approche décisionnelle, mais aussi dans ce que l'industrie accepte toujours comme essai de base pour déterminer le rendement d'un fluide.

Par exemple, bien qu'il soit encore un outil de référence précieux, l'essai d'oxydation dans un appareil à pression rotatif (RPVOT), en particulier, n'est pas si utile pour déterminer le rendement réel en service des plus récents fluides pour turbine à gaz. Il demeure toutefois d'une grande utilité pour comparer des résultats particuliers sur une certaine période.

## Réévaluation du RPVOT en fonction des turbines à gaz naturel

L'essai d'oxydation dans un appareil à pression rotatif (RPVOT) constitue un essai de vieillissement accéléré conçu pour déterminer la stabilité à l'oxydation de lubrifiants neufs et en service dont la composition est la même. Devenu une norme de l'ASTM dans les années 1960, il est maintenant systématiquement utilisé pour aider les utilisateurs finaux à déterminer la durée de vie restante des fluides pour turbine.

L'essai consiste à placer le lubrifiant, de l'eau et un catalyseur à base de cuivre dans un récipient sous pression muni d'un manomètre. Le récipient est pressurisé avec de l'oxygène à 620 kPa (90 psi) et déposé dans un bain d'huile à 150 °C ou dans un four à 150 °C, puis on lui imprime un mouvement de rotation axiale de 100 tours par minute. On mesure alors le temps nécessaire pour que la pression baisse de 175 kPa (25,4 psi) à partir de la pression maximale. La chute de pression indique que de l'oxygène a été consommé par réaction avec les composants du lubrifiant. C'est le temps nécessaire pour que la pression chute au niveau visé qui détermine la stabilité à l'oxydation du lubrifiant.

Dans le cas de la technologie antérieure, c'est-à-dire les fluides pour turbine contenant des huiles de base du groupe I, cette méthode d'essai était utile pour déterminer les performances du lubrifiant. Cependant, les fluides pour turbine de nouvelle génération se dégradent à des taux non linéaires et imprévisibles en raison des agents antioxydants particuliers utilisés et des propriétés antioxydantes naturelles des huiles de base du groupe II. Par conséquent, le RPVOT n'offre que peu ou pas d'indications sur le moment où le lubrifiant commence à se dégrader et à causer l'accumulation de dépôts dans le système. C'est pourquoi on effectue différents essais sur une certaine période en tentant de déceler les tendances pour obtenir une vue d'ensemble de la situation. Plusieurs facteurs permettent d'expliquer cette situation. En voici deux :

1. Certains des antioxydants qui obtiennent des résultats très élevés à l'essai RPVOT pourraient aussi, en s'épuisant, produire des niveaux élevés de matières insolubles, ce qui témoignerait d'un lien direct avec la formation de vernis dans le système de lubrification. Par conséquent, dans certains cas, les produits chimiques qui obtiennent des résultats très élevés à l'essai RPVOT auraient contribué à accroître la production de vernis dans les turbines à gaz.
2. L'ajout de certains inhibiteurs de corrosion et d'agents de passivation des métaux peut influencer grandement sur les résultats à l'essai RPVOT. Ces additifs peuvent neutraliser les effets du catalyseur principal utilisé dans l'essai RPVOT, une bobine de fil de cuivre, et améliorer ainsi les résultats de l'essai de manière à refléter une fausse image des propriétés antioxydantes du fluide. C'est pourquoi d'autres essais d'oxydation sont effectués. Les inhibiteurs de corrosion s'épuisent assez rapidement en général dans les fluides pour turbine après leur mise en service parce qu'il s'agit de composés polaires conçus pour assurer un film protecteur sur les surfaces de métal. Il n'est pas inhabituel, dans le cas de certains fluides pour turbine, de voir les mesures RPVOT chuter au cours de la première année de service en raison de l'épuisement des inhibiteurs de corrosion. La conservation des mesures RPVOT constitue un bien meilleur indice de la performance de l'huile pour turbine que les résultats initiaux de l'essai<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Livingstone, G., Amey, J., et Thompson, B. (2010). « Rethinking Condition Monitoring Strategies for Today's Turbine Oils ». », *Machinery Lubrication*.



Soyons clairs, le RPVOT ne doit pas être éliminé. Ses résultats permettent de comparer la qualité de différents lots d'un même produit. Les exploitants peuvent (et devraient) l'utiliser pour évaluer les propriétés de base du fluide au début de son utilisation et, par la suite, pour suivre les effets de l'oxydation sur ces propriétés. De plus, si vous avez un réservoir contenant un mélange de fluides pour turbine de différentes marques ou préparations, il est recommandé d'effectuer l'essai RPVOT dans le cadre d'un ensemble complet d'essais visant à évaluer l'état du fluide. Les résultats de l'essai RPVOT peuvent aussi être utilisés dans le cadre d'un programme général d'analyse des huiles de même composition en service.

Cependant, au-delà d'un certain point, l'essai RPVOT n'est plus efficace pour déterminer la longévité relative des différentes préparations d'huiles pour turbine à gaz. C'est pourquoi l'essai RPVOT ne devrait jamais être le seul test utilisé pour comparer les lubrifiants concurrents.

« Soyons clairs, le RPVOT ne doit pas être éliminé. Ses résultats permettent de comparer la qualité de différents lots d'un même produit. »

À titre informatif, l'essai RPVOT n'a jamais été destiné à comparer la performance d'huiles de différentes préparations. En fait, il est clairement indiqué dans la méthode qu'il n'est pas conseillé d'utiliser l'essai pour comparer des huiles de différentes compositions. Selon la norme ASTM D2272 portant sur la méthode d'essai de la stabilité à l'oxydation des huiles pour turbine à vapeur au moyen de récipient sous pression en rotation :

« L'estimation de stabilité à l'oxydation [tirée de cet essai] est utile pour contrôler la durabilité de cette propriété aux fins d'acceptation d'un lot provenant de la même source. Cette méthode ne doit pas se substituer à la méthode d'essai ASTM D943 ou être utilisée pour comparer la durée de vie utile d'huiles neuves de différentes compositions. Cette méthode d'essai est aussi utilisée pour déterminer la durée restante de conformité aux exigences de stabilité à l'oxydation d'une huile en service. »

Il est légitime de souhaiter une formule qui affiche un résultat élevé au RPVOT, mais pas au prix de l'accumulation de vernis, qui tend à être bien plus dommageable pour le système de turbine. De nos jours, les spécialistes s'entendent sur le fait qu'il est plus avantageux de choisir une formule qui a tendance à produire très peu de vernis et de boues.

## De meilleurs essais pour établir la performance des fluides préparés à partir d'huiles de base du groupe I

Comme il a été déterminé que les résultats obtenus à l'essai RPVOT ne constituaient pas une base idéale pour choisir un fluide pour turbine à gaz naturel, il faut donc se tourner vers d'autres méthodes d'évaluations. Plusieurs essais se sont révélés efficaces au fil des ans, et les spécialistes recommandent d'utiliser une combinaison de nouveaux essais et d'essais traditionnels pour sélectionner le fluide pour turbine approprié.

**Essai ASTM D7843 – Mesure par colorimétrie sur membrane des corps de couleur insolubles produits par des huiles provenant de turbines en service**  
*Permet de mesurer la concentration dans l'huile de produits de dégradation insolubles*

Il s'agit d'une méthode relativement nouvelle permettant d'extraire, en laboratoire et au moyen d'une pièce de membrane, les contaminants insolubles d'un échantillon d'huile provenant d'une turbine en service. La couleur de la pièce de membrane est analysée à l'aide d'un spectrophotomètre.

Cet essai peut servir de guide sur l'accumulation de dépôts insolubles provenant du lubrifiant. On le considère comme très fiable et très précis lorsqu'il s'agit de détecter des changements subtils dans les niveaux de matières insolubles. De plus, il permet de prévoir la formation de vernis. Les résultats doivent servir à établir une tendance dans le cadre de la surveillance d'un paramètre.

**ASTM D6971 – Mesure de la baisse de la teneur en antioxydants (phénols et amines aromatiques) dans des huiles pour turbine sans zinc par voltampérométrie à balayage linéaire, ou méthode RULER<sup>MD</sup>**  
*Permet de mesurer la baisse de la teneur en antioxydants (phénols et amines aromatiques) dans les lubrifiants*

La voltampérométrie constitue souvent la technique de choix pour mesurer la teneur en antioxydants étant donné qu'elle permet de déterminer l'état de l'huile en service et non en laboratoire. Les antioxydants sont les premières substances d'une huile pour turbine à subir les effets de la chaleur, de l'oxydation et des tensions mécaniques. Ils représentent le signe avant-coureur d'un début de défaillance du lubrifiant. En comparant la teneur en antioxydants du lubrifiant en service à celle de l'huile neuve, on peut en déterminer la durée de vie restante en matière de résistance à l'oxydation.

Des essais ont été mis au point pour mesurer la réserve de résistance à l'oxydation (la protection restante) et le niveau d'oxydation atteint (l'oxydation qui s'est déjà produite). Les deux méthodes d'essai comportent des avantages et leur efficacité dépend de l'utilisation qui est faite du fluide en service. L'analyse du phénomène d'oxydation dans le fluide pourrait appuyer les efforts visant à régler le problème à la source. Les spécialistes des lubrifiants devraient connaître les

outils de mesure disponibles et savoir comment en interpréter les résultats. Il est donc possible de s'attaquer au problème de l'oxydation du fluide afin d'en limiter l'incidence.

### Essai à l'ultracentrifugeuse

*Excellent indicateur du potentiel de formation de vernis*

Pour cet essai, un échantillon de lubrifiant est placé dans une ultracentrifugeuse (UC) où il est soumis à des forces d'accélération qui permettent de séparer les contaminants insolubles, habituellement révélateurs de la présence de vernis, d'une huile dégradée. Les contaminants insolubles ont tendance à avoir une masse volumique plus élevée et à se déposer durant l'essai. Cette substance agglomérée est placée sur une échelle d'évaluation pour obtenir un indice UC (de 1 à 8).

### Essai ASTM D445 – Viscosité cinématique de liquides transparents et opaques

*Permet de mesurer la résistance interne de l'huile à la circulation à une certaine température (souvent en cSt à 40 °C)*

Cette méthode éprouvée demeure indispensable. La viscosité constitue l'une des plus importantes propriétés de l'huile. En effet, l'épaisseur du film d'huile dans des conditions de lubrification hydrodynamique dépend essentiellement des caractéristiques de viscosité de l'huile.

### ISO 4406 – Méthode de quantification du niveau de contamination par des particules solides (propreté)

*Permet de mesurer le niveau de contamination des fluides en particules par millilitre*

Il s'agit d'un essai important à effectuer et à étendre à tous les fluides pour turbine. Il permet de déterminer la propreté globale du fluide.

### ASTM D943 – Caractéristiques d'oxydation des huiles minérales inhibées (essai de stabilité de l'huile pour turbine – TOST)

*Permet d'évaluer la stabilité à l'oxydation du lubrifiant en vérifiant ses propriétés d'huile pour turbine neuve*

Cet essai sert à prévoir la durée de vie et la performance d'une huile pour turbine en la soumettant à un stress oxydatif. L'huile est ainsi exposée à de l'oxygène, à des températures élevées, à l'eau et à des catalyseurs à base de métaux; tous ces facteurs étant susceptibles d'en augmenter l'acidité et de favoriser l'accumulation de boues. Étant donné qu'il est impossible de reproduire en laboratoire les conditions réelles sur le terrain, il est difficile d'établir une correspondance exacte entre les résultats à l'essai et le rendement réel sur le terrain. C'est pourquoi la plupart des constructeurs de turbines utilisent

l'essai TOST dans leurs spécifications pour éliminer les fluides pour turbine qui présentent un risque élevé. À noter aussi que cet essai ne tient pas compte d'autres signes de détérioration comme la formation de boues ou la corrosion de la bobine de catalyseur. On utilise l'essai ASTM D4310 pour mesurer l'accumulation de boues.

### FTM-791-3462 – Tendance à la cokéfaction des huiles lubrifiantes

*Permet d'évaluer la stabilité thermique et la stabilité à l'oxydation d'une huile pour turbine neuve sur des surfaces chaudes*

L'essai s'effectue à une température définie et à un débit constant. Sa durée est également prédéterminée. Lors du test, l'échantillon du lubrifiant est égoutté sur une plaque chauffante. Les boues et le vernis s'accumulent sur la plaque. À la fin du test, il sera possible de faire une comparaison visuelle et déterminer le poids du vernis ou des dépôts accumulés.

### ASTM D3427 – Propriétés d'évacuation de l'air des huiles à base d'hydrocarbures

*Permet d'évaluer la capacité des fluides pour turbine à éliminer l'air entraîné*

Certains constructeurs de turbines établissent des exigences d'évacuation d'air pour les huiles neuves. Il s'agit en fait du temps nécessaire pour que le pourcentage d'air entraîné dans le fluide tombe à 0,2 % dans les conditions de l'essai et à une température donnée. Dans les turbines munies d'un petit réservoir où le temps de passage est minimal, du fluide avec de l'air entraîné peut être envoyé aux paliers et à des éléments de commandes hydrauliques critiques et causer des problèmes de rupture de film d'huile, de perte de contrôle et d'accroissement du taux d'oxydation.

En plus de consulter les résultats des essais ci-dessus pour comparer et sélectionner des fluides pour turbine, les exploitants devraient adopter certains de ces essais dans le cadre de leur programme d'inspection courante des huiles. Bien que les méthodes traditionnelles de surveillance du niveau d'oxydation des fluides pour turbine en service – viscosité, indice d'acidité et RPVOT – demeurent pertinentes, des méthodes d'essais comme la colorimétrie sur membrane et la voltampérométrie à balayage linéaire sont plus susceptibles de signaler à un stade plus précoce la dégradation de l'huile et de déterminer les tendances en matière d'accumulation de dépôts.



# CONCLUSION

Le vernis est une source de préoccupation pour l'ensemble de l'industrie et les exploitants de turbines à gaz naturel doivent disposer de l'information appropriée afin de choisir le bon fluide pour turbine de façon à contrer efficacement la formation de vernis. Pour s'assurer que les exploitants sont bien informés, l'industrie doit réévaluer les vieilles méthodes d'essai au profit de nouvelles approches plus précises pour déterminer les performances, comme les essais ASTM D7843 et D6971 fondés respectivement sur la colorimétrie sur membrane et la voltampérométrie à balayage linéaire.

Le RPVOT ne doit pas disparaître puisqu'il demeure très utile pour comparer des lots ou les tendances d'un même produit. Il n'est cependant pas utile pour déterminer la durée de vie de l'huile ou pour comparer différents fluides.