



## Mesure de l'oxygène dissous dans les centrales électriques

### Introduction

L'oxygène dissous est l'un des principaux facteurs de corrosion dans les cycles de vapeur des centrales électriques. Il est soumis à de nombreux paramètres chimiques et de conception. Ces paramètres comprennent notamment : fonctionnement par cycle ou par charge de base, utilisation d'un tambour ou d'une chaudière à passage unique, métallurgie du système d'alimentation en eau, traitement phosphate ou tout volatil et pressions de fonctionnement. Ce rapport d'application décrit les principaux emplacements de mesure de l'oxygène dissous en combinaison avec les différents régimes chimiques de l'eau dans les boucles d'eau.

### Traitement chimique de l'eau et oxygène dissous

Comme le recommandent les organisations telles que la VGB (association technique européenne pour la production d'électricité et de chaleur) et l'EPRI (institut américain de recherche sur l'électricité), l'évaluation des concentrations en oxygène doit être faite en combinaison avec le pH et la pureté du système d'eau. Une pureté élevée de l'eau permet une augmentation des concentrations en oxygène et une diminution du pH, ce qui favorise la protection des tuyaux en acier. Cette amélioration est générée par l'oxydation de la couche protectrice de magnétite en hématite. L'hématite se caractérise par une solubilité plus faible et une structure cristalline beaucoup plus fine, qui rend hermétique la structure poreuse de la magnétite.

S'il n'est pas possible d'atteindre un degré élevé de pureté de l'eau, la protection repose sur un pH plus élevé à des niveaux de concentration en oxygène plus faibles. Cependant, une très faible concentration en oxygène ne peut être atteinte qu'en ajoutant de puissants réducteurs d'oxygène, qui doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Selon le traitement chimique de l'eau appliqué dans la centrale, l'oxygène doit être maintenu à des niveaux de concentration faibles (AVT) ou dans une plage spécifique (OT).

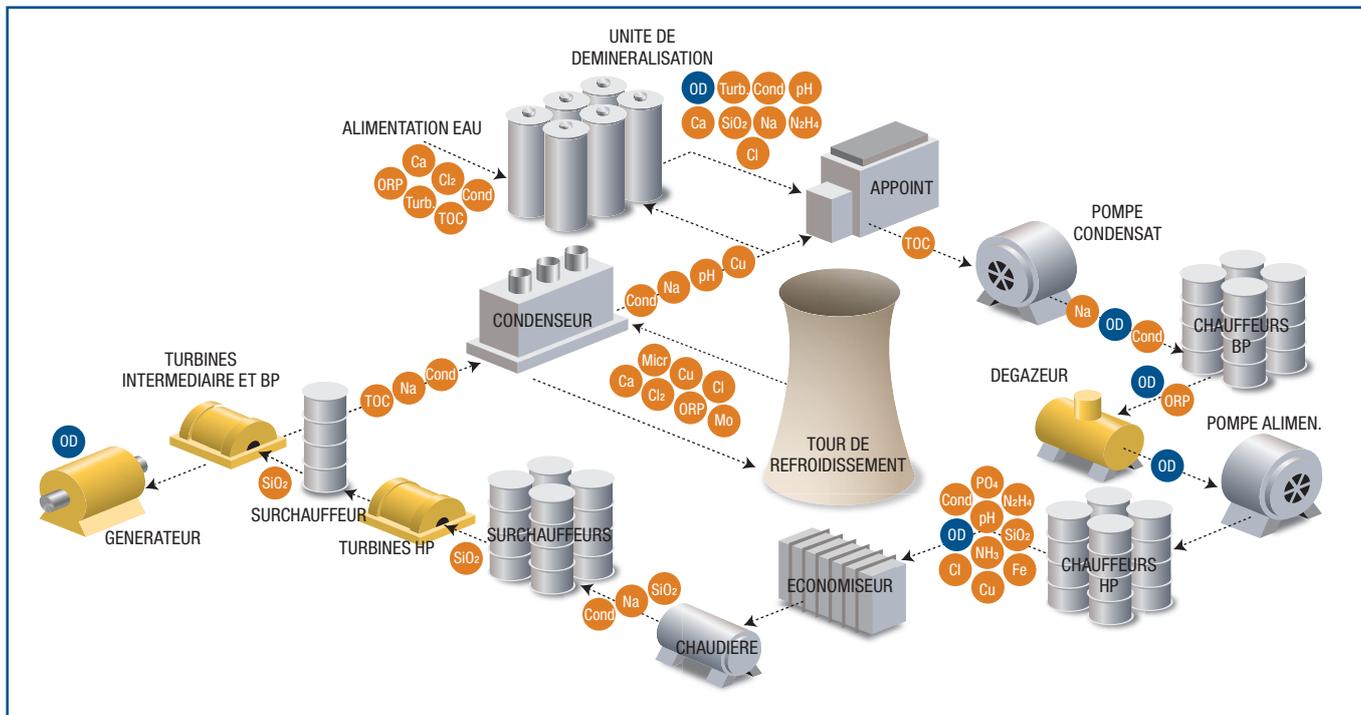
Les centrales qui utilisent un traitement par oxygénation (oxygenated treatment, OT) fonctionnent généralement avec des concentrations d'oxygène dans l'eau d'alimentation des chaudières qui sont situées entre 50 et 200 ppb. C'est pourquoi les instruments doivent être sélectionnés de façon à offrir une durée de vie prolongée. Dans cette situation, la nouvelle technologie de capteur d'oxygène à luminescence (LDO) satisfait entièrement cette exigence car elle permet un fonctionnement continu pendant environ un an sans nécessiter d'entretien.

D'autre part, les centrales appliquant un traitement chimique de l'eau tout volatil (AVT) avec des cycles de vapeur à haute pression maintiennent généralement des concentrations en oxygène dissous inférieures à 5 ppb dans l'eau d'alimentation des chaudières et des concentrations en condensat inférieures à 20 ppb.

C'est pourquoi les instruments de mesure de l'oxygène nécessitent une sensibilité élevée. Dans ce scénario, les capteurs de type LDO peuvent être utilisés dans la plupart des cas, mais les capteurs électrochimiques restent la référence pour les concentrations en oxygène inférieures à 1 ppb.

Les différents régimes de traitement chimique de l'eau et leurs acronymes :

- ▶ **AVT** : Régime de traitement dans lequel seuls des agents alcalinisants volatils sont ajoutés à l'eau d'alimentation.
- ▶ **AVT(R)** : Conditions de réduction (un réducteur est ajouté) recommandées pour les unités comprenant des alliages de cuivre.
- ▶ **AVT(O)** : Conditions d'oxydation (oxygène résiduel présent). Applicable uniquement pour les unités entièrement en fer.
- ▶ **OT** : Régime de traitement dans lequel seuls des agents alcalinisants et de l'oxygène sont ajoutés à l'eau d'alimentation. Il convient uniquement aux unités entièrement en fer et dont l'eau d'alimentation est très pure.



### Emplacements pour la mesure de l'oxygène dissous

Une analyse continue de l'oxygène dissous est normalement effectuée au niveau de l'eau d'alimentation de la chaudière, de la sortie du dégaiseur et de la décharge des condensats.



Capteurs d'oxygène montés sur un panneau dans le cycle eau-vapeur

## Mesure de l'oxygène dissous dans le refroidissement du stator du générateur

Le traitement chimique de l'eau dans le refroidissement du stator est différent de celui appliqué dans la boucle d'eau principale car la première cause de problèmes dans les systèmes de refroidissement de stator n'est pas la corrosion elle-même mais plutôt l'accumulation de dépôts dans les zones critiques.

L'oxygène dissous et le pH entraînent différents régimes de traitement de l'eau, avec différents effets sur la génération et la libération d'oxyde de cuivre.

Concentration en oxygène faible (< 10 ppb) et pH neutre	Concentration en oxygène élevée (> 2 000 ppb) et pH neutre
Concentration en oxygène faible (< 10 ppb) et pH alcalin (8-9)	Concentration en oxygène élevée (> 2 000 ppb) et pH alcalin (8-9)

Seulement trois options sur quatre sont viables pour le traitement de l'eau de refroidissement du stator. (M&M Engineering)

Quatre options de traitement de l'eau de refroidissement du stator :

- Option à faible concentration en oxygène et pH neutre.**  
 Ce traitement est utilisé dans environ 50 % des systèmes de refroidissement de stator. Une fine couche d'oxyde de cuivre passive protège les tubes en cuivre.
- Option à faible concentration en oxygène et pH élevé.**  
 L'augmentation du pH de l'eau du stator jusqu'à 8-9 réduit considérablement l'action corrosive lors des transitions de l'oxygène.
- Option à forte concentration en oxygène et pH neutre.**  
 L'objectif est de maintenir un niveau élevé d'oxygène dissous dans l'eau de refroidissement en permanence. On estime que 40 % des systèmes de refroidissement à base d'eau fonctionnent avec ces paramètres. Dans ce régime, du CuO se forme sur le cuivre et adhère fortement à la surface, créant une couche passive sur le métal. Cette couche tend à être plus épaisse que le Cu<sub>2</sub>O qui se forme à un niveau d'oxygène faible.
- Option à forte concentration en oxygène et pH élevé.**  
 Non recommandée car elle augmente le risque de corrosion du clip de mesure.

## Installation typique



Panneau d'échantillonnage ORBISPHERE

L'image ci-dessus illustre un panneau ORBISPHERE standard. L'échantillon pénètre au centre de la chambre de circulation via une vanne à trois voies. Cette vanne permet d'interrompre la circulation de l'échantillon, mais également de purger la conduite d'admission. Toutes les conduites sont connectées par des raccords Swagelok® afin d'éviter tout risque d'entrée d'air. Un débitmètre avec vanne de régulation est placé après la chambre de circulation. Cette configuration est appliquée pour plusieurs raisons :

- ▶ Si l'échantillon d'eau montre une concentration élevée d'un autre gaz dissous, par exemple de l'hydrogène ( $H_2$ ), dans l'eau de refroidissement du réacteur à eau sous pression, cette configuration permet de maintenir la pression de l'échantillon et empêche le dégazage avant la mesure.
- ▶ De plus, elle permet d'éviter tout risque de contamination de l'air provoquée par le vieillissement du débitmètre, et en particulier par l'usure du joint de la vanne de régulation.

Le capteur doit être monté verticalement au-dessus de la vanne d'admission et de la chambre de circulation, comme indiqué dans l'illustration. Dans cette position, les éventuelles bulles de gaz entrant dans la chambre sont rapidement envoyées au-delà du capteur pour être expulsées par le port de sortie.

En accordant une attention particulière à la conception du système d'échantillonnage, les problèmes d'échantillonnage courants peuvent être évités. Un désaccord entre l'analyseur en ligne et un appareil portable est un problème d'échantillonnage courant.

Ce problème est souvent généré par une fuite de la conduite d'échantillon, qui « dose » les lignes avec des quantités continues d'oxygène. Généralement, cela se traduit par une diminution de la concentration en oxygène lors de l'augmentation du débit de l'échantillon.

## Étalonnage et validation en ligne des appareils de mesure de l'oxygène en ligne

Les appareils portables modernes tels que l'analyseur d'oxygène ORBISPHERE 3100 peuvent être utilisés comme des outils d'étalonnage ou de validation en ligne. L'appareil portable est d'abord étalonné en fonction d'une référence traçable en laboratoire, puis utilisé comme une référence mobile dans toute la centrale. Dans la mesure où les analyseurs en ligne disposent de fonctions d'étalonnage direct, l'étalonnage nécessite seulement quelques secondes avec l'appareil portable connecté au même lieu d'échantillonnage. Dans ce scénario, la traçabilité et la liaison vers les références officielles externes sont entièrement assurées.

La technologie LDO pour la mesure de l'oxygène dissous offre l'avantage de la stabilité à long terme, même lorsque l'appareil de mesure est en mode veille. Plusieurs semaines, voire plusieurs mois d'interruption n'affectent pas les propriétés métrologiques de cette référence de travail.

De plus, l'analyseur d'oxygène portable ORBISPHERE 3655, équipé d'un capteur électrochimique, est la référence absolue pour les niveaux inférieurs à 5 ppb grâce à une précision extrêmement élevée (0,1 ppb).



Analyseur portable d'oxygène ORBISPHERE 3100 et 3655

## Capteur ORBISPHERE K1100 : la solution de HACH LANGE

### Un étalonnage par an

Les capteurs électrochimiques traditionnels présentent une dérive significative après seulement quelques mois, nécessitant un étalonnage régulier et fastidieux pour l'opérateur. Grâce à sa technologie luminescente, le capteur ORBISPHERE K1100 est conçu pour n'afficher qu'une dérive minimale, ce qui en fait le capteur le plus stable du marché, avec les périodicités d'étalonnage les plus espacées.

### Absence de membranes = 2 minutes d'entretien

Le fait de ne pas devoir remplacer de membranes, remplir un réservoir de solution d'électrolyte ou utiliser des produits chimiques dangereux font du capteur K1100 un dispositif nécessitant très peu d'entretien : deux minutes par an suffisent.

### Un faible coût d'adaptation à l'équipement existant

Le capteur K1100 est compatible avec les chambres de circulation ORBISPHERE 28 mm précédemment utilisées avec des capteurs électrochimiques, ce qui élimine la nécessité de procéder à des modifications techniques telles que la soudure, l'ajout ou le test de nouvelles connexions. Le capteur K1100 s'adapte parfaitement à votre environnement.

### Un nouveau niveau de confiance

Aucun temps de préchauffage n'est nécessaire pour le capteur LDO, ce qui représente un solide avantage pour les centrales lors des pointes de charge, pointes nécessitant un temps de réponse rapide de la part de toute l'instrumentation. La fréquence de mesure configurable élimine la nécessité d'effectuer un étalonnage pendant des périodes extrêmement longues.



Capteur d'oxygène en ligne ORBISPHERE K1100 et contrôleur ORBISPHERE 410

### Références

- [1] Dooley, R. B. Power Plant Chemistry 2002, 4(6), 320.
- [2] David G. Daniels, Forgotten water: Stator cooling water chemistry, M&M Engineering, Power, 15 décembre 2007.
- [3] Dunand, F. et al.; LDO sensor to monitor power plant water and team cycles – PPChem 2006, 8(10).
- [4] Optische Sauerstoffmessung in Kraftwerken, VGB Powertech, p119-124, 9, 2012

## Assurez-vous un fonctionnement sans faille grâce aux contrats de service flexibles



Que votre centrale électrique fonctionne 24 h sur 24 et 7 jours sur 7 ou uniquement lors des pics de demande, la surveillance de la qualité de l'eau du cycle de vapeur et des eaux usées dans votre établissement comprend de nombreux défis à relever.

HACH LANGE Service peut vous aider à relever ces défis et à effectuer vos opérations de maintenance pour un fonctionnement sans faille de vos équipements et des résultats fiables.

HACH LANGE propose des contrats de service flexibles qui s'adaptent à vos besoins et proposent des extensions de garantie jusqu'à 5 ans !