

AnHydre.
Bleu Passionnément ...

Le HandBook de l'oxygène dissous

Un guide pratique pour les mesures d'oxygène dissous

YSI.com/weknowDO



Copyright YSI 2009 - AnHydre 2009 pour la traduction

AnHydre. Sarl au capital de 9000 €

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN – France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012 APE 3320C www.anhydre.eu anhydre@anhydre.com

Introduction

Capteurs d'oxygène dissous

Capteurs optiques d'oxygène dissous

Capteur optique YSI d'oxygène dissous

Élément sensible optique

Comment mesure un capteur optique d'oxygène dissous

Capteurs électrochimiques d'oxygène dissous

Capteurs électrochimiques YSI d'oxygène dissous

Membranes électrochimiques

Comment mesure un capteur électrochimique d'oxygène dissous

Avancées sur les capteurs électrochimiques d'oxygène dissous

Comparer les capteurs monolithiques polarographiques et galvaniques

Comparer les techniques optiques et électrochimiques

Précision de la mesure

Méthodologie agréée

Temps de réponse

Dépendance à l'écoulement

Durée de préchauffage

Fréquence de la calibration

Interférences de mesure

Exigences en maintenance

Consommation électrique

Résumé

Mesurer l'oxygène dissous avec ces types de capteurs

Variables qui affectent les mesures d'oxygène dissous

Température

Salinité

Correction de salinité

Pression barométrique

Utiliser la pression barométrique pour la calibration O2d

Mesures O2d% local

Calibration

Fréquence de la calibration

Méthodes de calibration

Calibration avec titration Winkler

Calibration en eau saturée d'air

Calibration en air saturé d'eau

Calibration en deux points

Les devoirs en calibration

Les devoirs en calibration d'un capteur électrochimique

Les devoirs en calibration d'un capteur optique

Erreurs durant la calibration

Fichier GLP (Good Laboratory Practice)

Prendre des mesures

Mesures de DBO

Précautions en mesure et interférences

Biofouling – développement biologique

Matériaux encrassants

Liquides attaquant la sonde

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Gaz interférents
Intégrité de la membrane et de l'élément sensible

Précautions et maintenance de la sonde

Précautions et maintenance de la sonde électrochimique

Changer la membrane

Maintenance de l'électrode

Précautions et maintenance de la sonde optique

Stockage

Le mot de la fin

Annexe 1 – Table de solubilité de l'oxygène

Annexe 2 – Valeurs de calibration pour différentes pressions atmosphériques et altitudes

Annexe C – Formules de conversion utiles

Références

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

INTRODUCTION

YSI a une longue histoire dans le développement et la fabrication de capteurs mesurant l'oxygène dissous dans des solutions aqueuses et s'est trouvée de nombreuses fois en première position au fil de ces années, y compris par l'invention et la commercialisation du premier instrument portable d'oxygène dissous en 1963. Cet instrument utilisait un capteur polarographique de Clark à membrane, développé en 1956 par le Dr. Leland Clark (Figure 1), un chercheur à l'Antioch College qui travaillait en collaboration avec les scientifiques d'YSI. Avant l'introduction de l'électrode de Clark, les méthodes de mesure de l'oxygène dissous étaient laborieuses, exigeantes en temps et fortement soumises à des interférences. De nos jours le monde continue à bénéficier de l'invention du Dr Clark car son électrode est toujours utilisée par de nombreux constructeurs et plusieurs instruments YSI. En complément à la variété des électrodes de Clark proposées, YSI fabrique également des capteurs optiques d'oxygène dissous pour les applications au laboratoire, sur le terrain et pour la surveillance à long terme. Voir la Figure 2 pour un bref rappel des pierres angulaires des techniques YSI de mesure d'oxygène dissous au fil de ses 60 années d'histoire.

Cette brochure décrit en détail les différents types de technique disponibles mesurant l'oxygène dissous. Elle couvre également, en termes généraux, les méthodes de calibration recommandées, les procédures de maintenance routinière qui peuvent être pratiquées par l'utilisateur et comment prendre une mesure de manière à obtenir des données précises. Pour les recommandations et les instructions spécifiques à un instrument, toujours se référer au manuel d'utilisation de cet instrument.

YSI propose des séminaires sur le sujet des techniques de mesure d'oxygène dissous, dans une optique de formation continue.

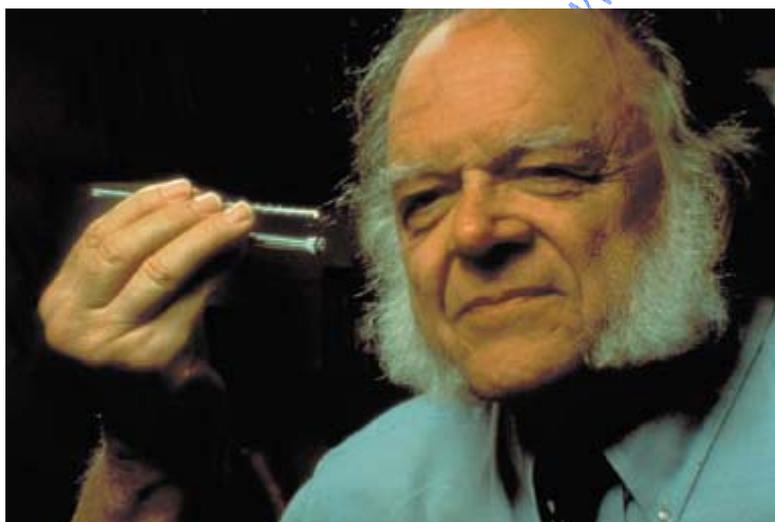


Figure 1 - Dr Leland Clark, inventeur de l'électrode polarographique de Clark.

Evènements notables au fil de l'histoire d'YSI dans le développement des techniques de mesure de l'oxygène dissous

1956 – Dr Leland Clark invente l'électrode polarographique recouverte d'une membrane durant sa collaboration avec les scientifiques d'YSI.

1965 – YSI développe le premier moniteur d'oxygène dissous biologique. Considéré comme une percée en médecine et chirurgie moderne, cet instrument a permis aux physiciens de pratiquer la chirurgie à cœur ouvert parce que les mesures immédiates d'oxygène dissous dans le sang pouvaient être prises en temps réel dans la salle d'opération à la place d'avoir une prise d'échantillon emporté pour analyse au laboratoire.

1993 – YSI dépose le brevet du premier capteur d'oxygène dissous sans agitation (RapidPulse™) pour la mesure in situ et à long terme, et l'intègre sur des instruments multi paramètres.

1993 – YSI dépose le brevet du premier capteur sans agitation par micro électrode (Micro Electrode Array ou MEA) pour les applications d'échantillonnage ponctuel.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



2002 – YSI propose les membranes polyéthylène destinées aux capteurs polarographiques d'oxygène dissous. Cette avancée sur le matériau des membranes abaisse la dépendance à l'agitation et écourte le temps de réponse du capteur par rapport aux traditionnelles membranes Téflon®.

2006 – YSI lance le capteur optique d'oxygène dissous ROX®. Ce système est équipé d'un racleur intégré dédié pour les applications de surveillance à long terme sur les sondes multi paramètres.

2007 – YSI propose un capteur galvanique électro chimique pour utilisation sur les instruments portables de la famille Pro.

2008 – YSI lance l'instrument optique ProODO® pour l'oxygène dissous sur les applications en échantillonnage ponctuel et au laboratoire.

Figure 2 – YSI au fil du temps

Capteurs d'oxygène dissous

Il y a deux types principaux de technique pour la détection de l'oxygène dissous : la méthode sur base optique, communément référée comme la luminescence, et l'électrode électro chimique de Clark ou électrode à membrane. A l'intérieur de ces deux techniques on trouve de légères variations. Par exemple, il y a deux types de capteurs optiques. Ces deux types de capteurs optiques mesurent la luminescence telle qu'elle est affectée par la présence de l'oxygène, l'un mesurant la durée de la luminescence et l'autre l'intensité de la luminescence.

Les deux types de capteurs électro chimiques de Clark disponibles sont polarographique et galvanique. Par ailleurs, YSI fabrique deux types de capteurs polarographiques : monolithique et RapidPulse. Se référer à la Figure 3 pour un diagramme des différents types de capteurs.

Capteurs d'oxygène dissous							
Capteurs optiques d'oxygène dissous				Capteurs électrochimiques d'oxygène dissous			
Capteurs optiques sur base durée de luminescence		Capteurs optique sur base intensité de luminescence		Capteurs électrochimiques polarographiques		Capteurs électrochimiques galvaniques	
ROX – pour sondes YSI série 6	YSI Pro ODO			RapidPulse – pour sondes YSI série 6	Monolithique – sur instruments YSI modèles ProPlus, Pro20, 550A, DO200, 5100, 5200, 556MPS, etc.		YSI Pro20, ProPlus

Figure 2 – Diagramme des capteurs d'oxygène dissous

CAPTEURS OPTIQUES D'OXYGENE DISSOUS

Les méthodes de mesure optique par durée ou intensité de luminescence détectent l'oxygène dissous sur la base de la durée et de l'intensité de l'extinction de la luminescence associée à des colorants soigneusement choisis. Lorsqu'aucun oxygène n'est présent, la durée et l'intensité du signal sont à leur maximum. Lorsque l'oxygène est introduit dans l'élément sensible, la durée et l'intensité de la luminescence diminuent. Ainsi, la durée et l'intensité de la luminescence sont inversement proportionnelles à la quantité d'oxygène présent. La relation entre la pression d'oxygène disponible à l'extérieur du capteur et la durée ou l'intensité de la luminescence dans la couche de colorant de l'élément sensible peut généralement être quantifiée avec l'équation de Stern Volmer (Figure 4).

Cette équation implique toutefois une relation inverse non linéaire qui n'est pas strictement vraie, particulièrement aux fortes teneurs en oxygène, en conséquence, YSI emploie un polynôme du troisième ordre pour corriger la non linéarité et pour obtenir la gamme souhaitée pour les mesures d'oxygène dissous.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

L'équation de Stern-Volmer:

$$I_0/I = 1 + k_q t_0 \cdot O_2$$

Où:

I_0 = Intensité ou durée de la luminescence sans la molécule d'« extincteur » (O_2).

I = Intensité ou durée de la luminescence avec la molécule d'« extincteur » (O_2).

k_q = Le coefficient du taux de l'« extincteur »

t_0 = La durée de la luminescence du composé chimique (colorant) à « éteindre »

O_2 = La concentration en oxygène.

Figure 4 – L'équation de Stern Volmer

Etant donné que les éléments sensibles des deux types de capteur optique sont identiques, le principal avantage de la méthode par durée sur la méthode par intensité, est sa meilleure stabilité à long terme. Ceci parce que la dégradation du colorant dans l'élément sensible a un moindre effet sur la mesure par la durée que sur la mesure par l'intensité. Par ailleurs, la méthode par l'intensité requiert de plus fréquentes calibrations – particulièrement à zéro oxygène.

Les instruments YSI optiques d'oxygène dissous

YSI propose deux capteurs optiques d'oxygène dissous : l'instrument d'échantillonnage ProODO® (Figure 5) et le capteur ROX™ 6150 (Figure 4) utilisable sur la plupart des sondes série 6 disposant d'un port optique. En complément, un capteur optique de style DBO utilisable sur le ProODO® vient compléter ces choix.



Figure 5 – Le ProODO® est un instrument portable compact, conçu pour résister aux conditions les plus rudes du terrain tout en étant suffisamment précis pour travailler au laboratoire.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Figure 6 – Le racleur et les accessoires anti-fouling dédiés au capteur ROX™ aident à prolonger les durées de déploiement tout en protégeant l'intégrité des données ce qui le rend idéal pour les applications à distance de la surveillance non supervisée.

L'élément sensible optique

Les deux capteurs optiques YSI d'oxygène dissous utilisent des éléments sensibles similaires en fonction mais légèrement différents en conception. L'élément sensible du ProODO® est appelé capuchon de sonde car il est conçu comme un capuchon à visser (Figure 7). L'élément sensible ROX™ est appelé membrane ROX™ (Figure 8) et il est maintenu en place par 3 vis.



Figure 7 – Capuchon de la sonde Pro ODO®



Figure 8 – membrane ROX™

Chaque élément sensible a deux couches. La couche externe est une peinture qui agit comme une couche de diffusion perméable à l'oxygène laissant passer les molécules d'oxygène tout en protégeant la couche de colorant. La couche sensible est une couche de colorant en polystyrène immobilisé qui émet une luminescence lorsqu'excité par une lumière à une longueur d'onde appropriée. (Figure 9) La dégradation de cette couche de colorant au fil du temps est à l'origine du remplacement périodique du capuchon sensible et tous les capteurs par durée de luminescence exigent ce remplacement périodique. Les éléments sensibles YSI sont garantis 12 mois mais peuvent durer nettement plus longtemps. La durée de vie utile d'un élément sensible peut être prolongée en le conservant propre et stocké correctement entre les utilisations. Voir la section **Précautions et maintenance de la sonde** dans cette brochure pour plus d'information sur le nettoyage et le stockage.

Les éléments sensibles sont calibrés en usine YSI et un code de calibration spécifique est déterminé individuellement pour chaque élément durant le processus de fabrication. Le code de calibration consiste en coefficients qui sont pré-chargés en usine dans la sonde neuve afin d'augmenter la précision de la mesure. Les éléments en remplacement sont fournis avec leurs codes uniques de calibration qui vont être facilement entrés dans l'instrument et sonde sans requérir un retour en usine.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Les codes uniques et les instructions pour les entrer dans l'instrument peuvent être trouvés sur la fiche d'instructions qui accompagne l'élément sensible neuf de remplacement.

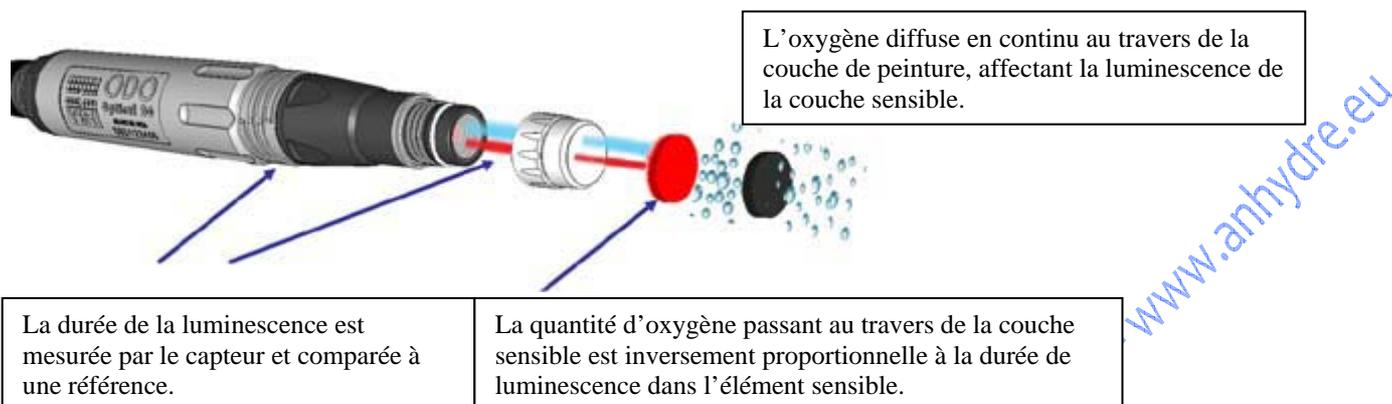


Figure 9 – Illustration du principe de la mesure d'oxygène par un capteur optique YSI

Comment un capteur optique mesure l'oxygène dissous

Le capteur mesure l'oxygène dissous en émettant une lumière bleue à une longueur d'onde appropriée pour provoquer une luminescence ou brillance rouge du colorant dans l'élément sensible. L'oxygène dissous dans l'échantillon passe en continu au travers de la couche de diffusion vers la couche de colorant, affectant la luminescence en intensité et en durée. Le capteur YSI mesure la durée de luminescence du colorant, affectée par la présence de l'oxygène, par une photodiode (détecteur de lumière) ans le capteur et compare cette lecture avec une référence (Figure 9).

Pour augmenter la stabilité et la précision de la mesure, le capteur émet également une lumière rouge qui est réfléchiée par la couche de colorant vers la photodiode. Le capteur mesure la lumière réfléchiée et utilise cette mesure comme valeur de référence à comparer avec la valeur de la mesure précédente de durée de luminescence. La durée de luminescence produite avec l'excitation en bleu est comparée à la valeur de référence (lumière rouge) et une valeur de concentration stable en oxygène est calculée par la sonde.

Même si la précision de la mesure d'un capteur optique ne dépend pas de l'écoulement, elle dépend de la température. Cette dépendance à la température est supprimée par des algorithmes propriétaires dans le logiciel du système. Comme pour toute sonde d'oxygène, la concentration en mg/l est calculée à partir des lectures en % saturation (compensées en température), de la température, de la salinité après calibration du système en utilisant la pression barométrique. Les effets de ces facteurs sur les lectures d'oxygène dissous sont décrits dans la section **Mesure d'oxygène dissous avec les deux types de sonde** de cette brochure.

Capteurs électrochimiques d'oxygène dissous

YSI propose trois types de capteurs électrochimiques aguerris au terrain : galvanique monolithique, polarographique monolithique et polarographique RapidPulse™ (Figure 3). En complément à plusieurs de ces sondes de terrain, YSI propose une sonde polarographique en présentation DBO en laboratoire avec agitateur intégré.

Dr Leland Clark a inventé en premier l'électrode polarographique en 1956 et des variantes de cette électrode sont encore utilisées par de nombreux fabricants de nos jours. La Figure 10 montre une photographie d'un capteur YSI 5739 qui est encore proposé par YSI et est similaire à l'électrode originale de Clark.

AnHydre, Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Figure 10 – Capteur polarographique modèle YSI 5739

Les instruments électrochimiques YSI

YSI propose de nombreux instruments qui utilisent un capteur électrochimique. Plus notablement le multi-paramètre YSI ProPlus et l'oxymètre YSI Pro20 (Figures 11 & 12). Ces deux modèles sont les instruments YSI d'oxygène dissous les plus versatiles car ils peuvent utiliser un capteur polarographique comme galvanique. Le choix entre polarographique et galvanique dépend de l'application et de la préférence de l'utilisateur. Voir la section **Comparer les capteurs monolithiques polarographiques et galvaniques** pour en comprendre les avantages et inconvénients dans leurs utilisations.

Les ProPlus et Pro20 comme d'autres instruments YSI peuvent être équipés d'une sonde de terrain ou de DBO en laboratoire (Figure 11). Cette flexibilité procure un côté pratique et économique de n'avoir qu'un instrument pour les deux applications. De plus, ces deux instruments utilisent une membrane capuchon à visser qui rend le changement de membrane simple et facile à faire. Le troisième type de capteur électrochimique, le RapidPulse™, peut être utilisé sur plusieurs sondes multi-paramètres YSI série 6



Figure 11 – L'instrument multi-paramètres YSI ProPlus avec une sonde de présentation DBO.

Les ProPlus peuvent être combinés avec plusieurs câbles mono et multi-paramètres, y compris le Quatro qui mesure oxygène dissous, température, conductivité et deux électrodes ISE parmi pH, redox, nitrates, ammonium et chlorures, en même temps et sur le même câble.



Figure 12 – Le Pro20 comme le ProPlus peut être combiné avec une sonde polarographique ou galvanique.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Figure 13 – Capteur polarographique RapidPulse pour installation sur les sondes YSI série 6

Membranes électrochimiques

Une membrane électrochimique est un matériau fin semi perméable, étiré par-dessus le capteur et qui isole les électrodes de leur environnement tout en permettant l'entrée de gaz. YSI propose plusieurs types de membranes pour l'oxygène dissous avec différents matériaux, épaisseurs et conception.

Les deux types de conception des membranes comprennent la membrane traditionnelle étirée en feuille « de papier cigarette » qui est maintenue en place par un joint torique et la membrane capuchon à visser avec une membrane étirée pré installée en usine.

Le matériau de la membrane et son épaisseur affectent la dépendance à l'écoulement et le temps de réponse. Le tableau en Figure 12 montre différents matériaux et épaisseurs proposés par YSI et leurs temps de réponse, dépendance à l'écoulement et débits requis respectifs. Pour des conseils sur comment surpasser la dépendance à l'écoulement

Table de comparaison des membranes

Capteur	Matériau membrane	Temps de réponse 100 à 0% (T-95)	Dépendance à l'écoulement après 4 minutes	Débit requis
Optique	Couche diffusion et élément sensible	40 secondes	0 (zéro) ne consomme pas d'oxygène	0 (zéro)
Polarographique ou galvanique monolithique	Capuchon Noir Téflon 1mil	18 secondes	45%	304mm/s
Polarographique ou galvanique monolithique	Capuchon Jaune PE, 1,25mil	8 secondes	25%	152mm/s
Polarographique ou galvanique monolithique	Capuchon bleu PE, 2mil	17 secondes	18%	76mm/s

Figure 14 – Les nouvelles membranes capuchons utilisent le polyéthylène noté PE dans cette table. Le temps de réponse est listé à T-95 ce qui est la quantité de temps requise par le capteur pour atteindre 95% de la lecture désirée lorsque passé d'un environnement en échantillon saturé à 100% vers un environnement à zéro oxygène.

- Les études YSI ont montré que l'agitation sur un capteur optique peut abaisser son temps de réponse. Utiliser par exemple un agitateur magnétique ou intégré à la sonde peut résulter en un temps de réponse de 22 secondes ou moins pour T-95.

Le type de membrane qui peut être utilisé avec un instrument est dicté par le type de capteur utilisé et par le microprocesseur de l'instrument. Utiliser un type de membrane incorrect résulte en lectures erronées aussi prendre garde au moment du renouvellement des membranes de rechange. Se référer à la Figure 15 comme à un guide de commande de la membrane appropriée en fonction de l'instrument spécifique et de son capteur.

Guide de sélection de membrane

Code membrane	Type épaisseur, matériau	Instrument et capteurs compatibles
5680 (060745)	Membrane feuille, 2mil Téflon	Capteurs 5719, 5739, 5750 sur YSI 58 uniquement
5775 (098094)	Membrane feuille, 1mil Téflon	Instrument : YSI 55 – Capteurs 5719, 5739, 5750 et RapidPulse
5776 (098095)	Membrane feuille, 0,5mil Téflon	Capteurs 5719, 5739, 5750 sur YSI 58 uniquement
5906 (059880)	Membrane capuchon, noir, 1mil PE	Instrument : 85, 550, 556MPS, ProPlus polarographique
5908 (059881)	Membrane capuchon, jaune, 1,25mil PE	Instrument : DO200, 550A, 556MPS, séries Pro polarographique

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

5909 (059882)	Membrane capuchon, bleu, 2mil PE	Instrument : 556MPS, séries Pro polarographique
5912 (605912)	Membrane capuchon, noir, 1mil Téflon	Instrument : séries Pro galvanique
5913 (605913)	Membrane capuchon jaune, 1,25mil PE	Instrument : séries Pro galvanique
5914 (605914)	Membrane capuchon, bleu, 2mil PE	Instrument : séries Pro galvanique

Figure 15 – Les nouvelles membranes capuchons sont en polyéthylène et notées PE dans la table.

Comment un capteur électrochimique mesure l'oxygène dissous

Les capteurs électrochimiques, polarographiques et galvaniques, consistent en une anode et une cathode confinées dans une solution d'électrolyte par une membrane perméable à l'oxygène. Les molécules d'oxygène dissoutes dans l'échantillon diffusent au travers de la membrane vers le capteur à un taux proportionnel à la différence de pression aux parois de la membrane. Les molécules d'oxygène sont ensuite réduites sur la cathode en produisant un signal électrique qui se déplace de la cathode vers l'anode puis vers l'instrument. Comme l'oxygène est rapidement réduit ou consommé sur la cathode, il peut être présumé que la pression d'oxygène diffusant au travers de la membrane est zéro. En conséquence, la quantité d'oxygène diffusant au travers de la membrane est proportionnelle à la pression partielle d'oxygène l'extérieur de la membrane.

Par exemple ; en eau saturée d'air au niveau de l'amer, la pression partielle d'oxygène est approximativement 160mmHg (21% de 760mmHg) et la pression sous la membrane est zéro. Cette différence en pressions d'oxygène produit le courant lu par l'instrument. Quand la pression d'oxygène varie, la diffusion de l'oxygène au travers de la membrane varie également ce qui provoque une variation proportionnelle du courant de la sonde. La Figure 16 est une dissection d'une électrode de Clark qui illustre comment un capteur électrochimique fonctionne, polarographique ou galvanique.

Il est important de reconnaître que l'oxygène dissous dans l'échantillon est consommé durant la mesure par un capteur monolithique électrochimique. Ceci résulte en une mesure qui est dépendante de l'écoulement. Il est ainsi essentiel que l'échantillon soit agité en continu au niveau de l'extrémité du capteur. Si une stagnation se produit, les lectures se trouvent artificiellement faibles. La dépendance à l'agitation et en conséquence le taux d'agitation requis pour une mesure précise varient selon la membrane, voir la Figure 14. Les sujets de la dépendance à l'écoulement et du temps de réponse sont discutés plus en profondeur dans la section **Comparer les techniques optiques et électrochimiques** de cette brochure.

Les mesures électrochimiques d'oxygène dissous sont aussi affectées par la pression barométrique, la température et la salinité de l'échantillon. Ces facteurs et comment ils affectent les lectures d'oxygène dissous sont décrits en détails dans la section **Mesurer l'oxygène dissous avec tous les types de sonde.**

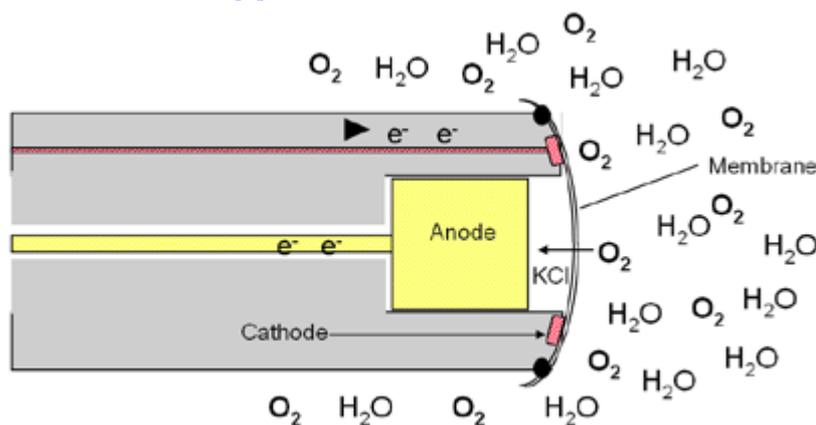


Figure 16 – Une illustration du capteur électrochimique.

Capteurs monolithiques polarographiques

Dans un capteur polarographique, la cathode est en or et l'anode en argent. Le système est complété par un circuit dans l'instrument qui applique une tension constante de 0,8V à la sonde afin de polariser les deux électrodes, et d'un lecteur qui traduit la réponse du capteur en oxygène dissous.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

L'électrolyte maintenu sous la membrane permet au signal électrique de passer de la cathode vers l'anode. Le signal continue vers le lecteur comme montré sur le schéma de principe en Figure 17. Le capteur polarographique opère par détection d'une variation du courant provoquée par la pression variable d'oxygène pendant que le potentiel est maintenu constant à 0,8V. Plus d'oxygène passe au travers de la membrane et se trouve réduit sur la cathode, plus grand est le signal électrique (courant) lu par le capteur. Si l'oxygène augmente, le signal augmente aussi et à l'inverse, si l'oxygène diminue, le signal diminue aussi. Ceci est décrit chimiquement par l'oxydation de l'argent et la réduction de l'oxygène sur la cathode d'or comme ceci :

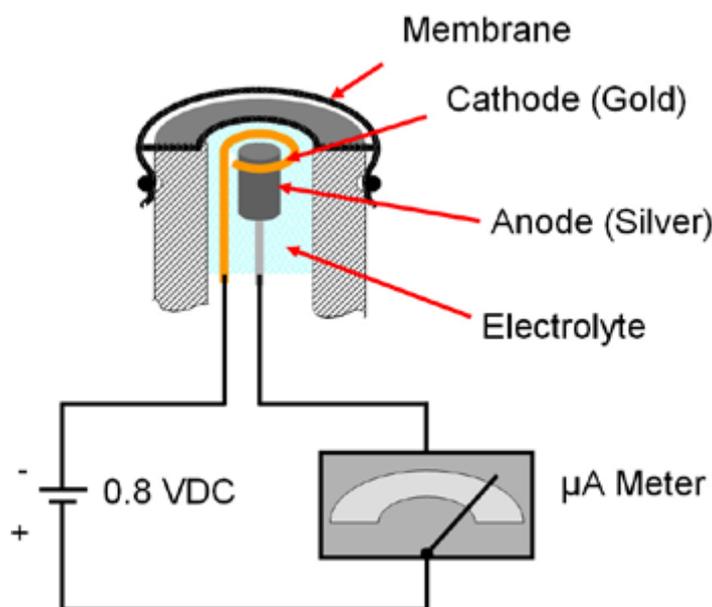
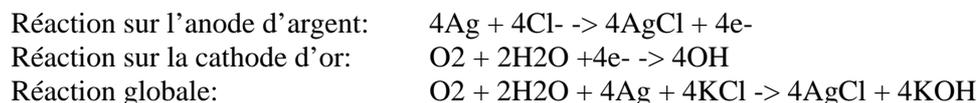


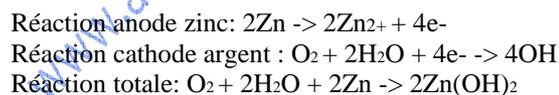
Figure 17 – Un schéma simplifié d'un capteur polarographique et de son circuit

Capteurs monolithiques galvaniques

Dans le capteur galvanique YSI, la cathode est d'argent et l'anode de zinc. L'anode peut être d'un matériau différent comme le plomb sur des capteurs d'autres fabricants. La Figure 18 est une illustration d'un capteur galvanique.

Un circuit complète la mesure mais contrairement au capteur polarographique, ce capteur galvanique n'a pas ou n'a pas besoin d'une tension constante appliquée à ses bornes. Dans le capteur galvanique, les électrodes sont suffisamment dissimilaires pour s'auto-polariser et réduire les molécules d'oxygène sans tension appliquée. Il est similaire en fonctionnement à une pile.

Un système par capteur galvanique d'oxygène dissous utilise un lecteur pour traduire le signal électrique provenant de la sonde et ce signal est proportionnel à la quantité d'oxygène passant au travers de la membrane. L'oxygène passant au travers de la membrane et se trouvant réduit sur la cathode augmente le signal électrique (courant) déjà lu par le capteur. Si l'oxygène augmente le signal augmente aussi et si l'oxygène diminue, le signal diminue aussi. Ceci est décrit chimiquement comme l'oxydation du zinc et la réduction de l'oxygène sur la cathode d'argent comme suit :



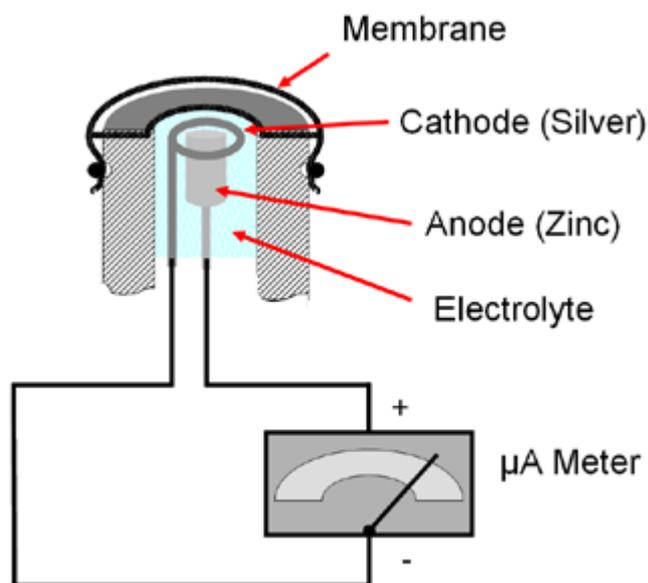


Figure 18 – Un schéma simplifié du capteur galvanique et de son circuit

Capteurs polarographiques RapidPulse™

Le troisième type de capteur électrochimique proposé par YSI est le capteur polarographique breveté RapidPulse™. Ce capteur est comme le capteur monolithique polarographique en ce qu'il utilise une cathode d'or et une anode d'argent, de la solution d'électrolyte maintenu en place par une membrane perméable à l'oxygène. De même et comme pour le capteur traditionnel polarographique, une tension de 1V est appliquée aux électrodes et l'oxygène passant au travers de la membrane est réduit sur la cathode. Cette réduction provoque un changement dans le signal électrique lu par l'instrument. La quantité d'oxygène passant au travers de la membrane et réduite sur la cathode est directement proportionnelle au signal électrique renvoyé vers l'instrument.

Le capteur RapidPulse™ est différent d'un capteur monolithique en ce qu'il travaille en impulsions durant la mesure se qui permet à l'oxygène de se « refaire » en surface de la membrane. La tension n'est appliquée que sur 40 millisecondes, il est ensuite mis hors tension durant 3 960 millisecondes pour un cycle total de mesure de 4 secondes. Ceci résulte en un capteur avec une dépendance quasi nulle à l'écoulement et qui en conséquence ne demande pas d'agitation ou de mouvement d'échantillonnage afin d'obtenir des lectures précises d'oxygène dissous. Il utilise aussi des électroniques numériques pour traiter les données en opposition aux circuits analogiques des deux capteurs monolithiques électrochimiques dont nous avons parlé plus haut.

Le capteur RapidPulse™ est aussi unique dans le fait qu'il utilise une troisième électrode, voir en Figure 19. La troisième électrode est une référence en argent qui est séparée de l'anode argent en opposition aux capteurs monolithiques polarographiques et galvaniques où l'électrode de référence est combinée à l'anode. La configuration trois électrodes est requise pour polariser et dépolariser les électrodes avec consistance et sur une période de temps très courte, la caractéristique du capteur RapidPulse™ qui rend celui-ci indépendant à l'écoulement.



Figure 19 – Illustration des trois électrodes du capteur RapidPulse™

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Avancées en capteurs électrochimiques monolithiques

La conception des capteurs électrochimiques a apporté de nombreuses avancées au fil des ans. La première avancée d'YSI en capteurs électrochimiques a été le redéveloppement des électrodes et des membranes pour permettre de les pré-étirer sur support (capuchon) en usine pour simplifier la mise en place par l'utilisateur. La plupart des capteurs électrochimiques fabriqués de nos jours utilisent cette conception de la membrane capuchon à visser. Depuis que la membrane est pré-étirée sur capuchon en usine, il n'est plus nécessaire de se tresser sur une membrane trop ou pas assez étirée lors de son installation sur un capteur. De plus, le capuchon est rempli d'électrolyte puis vissé sur le capteur, à l'opposé du remplissage du capteur puis de l'étirement de la membrane sur la solution. Cette conception minimise les chances de capture d'une bulle d'air sous la membrane et qui provoquerait des lectures imprécises. Voir la section **Précautions et maintenance du capteur** pour plus d'information sur le remplacement d'une membrane.

L'avancée suivante sur le capteur monolithique a été la membrane polyéthylène en 2002. Ce nouveau matériau de membrane abaisse la dépendance à l'écoulement et réduit le temps de réponse d'un capteur en comparaison avec les traditionnelles membranes Téflon®. Ceci a résulté en une mesure d'oxygène dissous plus précise et plus rapide.

En complément, le capteur d'oxygène dissous et le câble ont été fabriqués pour être déconnectables pour un remplacement du capteur sans affecter le câble, réduisant le coût global d'utilisation. De plus, aucun outil n'est requis pour changer les capteurs sur les instruments YSI comme le Pro20 et le ProPlus, les capteurs sont réellement remplaçables sur le terrain. Les instruments les plus récents intègrent également des diagnostics de capteur et des messages d'erreur pour aider l'opérateur à déterminer quand changer une membrane ou reconditionner les électrodes, voir la section Fichier GLP (Good Laboratory Practice) pour plus d'information sur les diagnostics des capteurs.

Comparer les capteurs monolithiques galvaniques et polarographiques

En termes de configuration physique et de performances générales, les capteurs YSI galvaniques sont très similaires aux capteurs polarographiques qu'YSI a vulgarisés et vendus depuis 40 ans. Le principal avantage dans l'utilisation de capteurs galvanique est le côté pratique. Les capteurs galvaniques produisent une mise en marche instantanée sans temps de préchauffage mais ce facteur affecte également la durée de vie du capteur. Les capteurs polarographiques durent plus longtemps et ont une garantie plus longue. Mais requièrent un temps de préchauffage de 5-15 minutes avant utilisation et calibration. Cette section décrit les similarités et les différences entre les deux techniques. Ces points sont aussi résumés dans la Figure 20.

Similarités

En premier les capteurs polarographiques et galvaniques sont tous les deux « monolithiques ». Ceci signifie que lorsque l'instrument est mis sous tension dans le cas du polarographique ou dans le cas du galvanique sans que l'instrument soit sous tension, les électrodes sont polarisées en permanence ou en « état stable ».

Second point, les deux types de capteurs réduisent ou consomment l'oxygène sur la cathode et en conséquence sont dépendants de l'écoulement sur leur extrémité. La dépendance à l'écoulement est provoquée par la réduction de l'oxygène sur la cathode qui soutire l'oxygène en surface de la membrane dans l'échantillon. Le soutirage d'oxygène en surface de la membrane résulte en un besoin d'un mouvement de l'échantillon sur la membrane de manière à obtenir des mesures précises d'oxygène dissous. Si un mouvement suffisant de l'échantillon ne se produit pas au niveau de la membrane par l'écoulement naturel du milieu, une agitation manuelle du capteur par l'opérateur, une agitation mécanique ou par la combinaison de ces facteurs, le capteur va continuer de soutirer l'oxygène en surface de la membrane ce qui va résulter en des lectures anormalement basses de l'oxygène. La dépendance à l'agitation est dictée par la membrane utilisée. La dépendance à l'agitation et le débit requis pour chaque type de membrane sont listés en Figure 14. Les sujets de la dépendance à l'agitation et du temps de réponse sont discutés en section **Comparer les techniques optiques et électrochimiques**. Des conseils sur comment dépasser la dépendance à l'écoulement pour obtenir des lectures précises peuvent être trouvés en section **Prendre des mesures**.

Enfin, les deux capteurs utilisent une solution d'électrolyte qui permet au courant électrique de circuler entre la cathode et l'anode, elle est confinée par la membrane perméable à l'oxygène.

Différences

Une différence majeure entre les capteurs polarographiques et galvaniques est que le capteur galvanique ne requiert pas de tension de polarisation pour réduire l'oxygène qui passe au travers de la membrane. A la place, les matériaux des électrodes du capteur galvanique ont été choisis pour que leurs potentiels d'électrode soient suffisamment différents pour réduire l'oxygène sans application d'une tension.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



En conséquence, la cathode et l'anode du capteur galvanique sont faites en argent et zinc (un métal fortement réducteur), respectivement la cathode et l'anode du capteur polarographique étant respectivement faites en or et argent (un métal moins réducteur).

Etant donné que le capteur galvanique ne requiert pas de tension externe pour sa polarisation, il ne requiert pas en conséquence le temps de polarisation de « préchauffage » comme le capteur polarographique, l'instrument est prêt à mesurer lorsqu'il est mis sous tension et en conséquence les utilisateurs ne doivent pas attendre pour calibrer ou prendre des mesures quand ils utilisent un capteur galvanique. A l'opposé, lorsqu'un instrument avec capteur polarographique est mis sous tension, le potentiel de polarisation est appliqué au capteur et une période de préchauffage substantielle est requise avant que le capteur soit suffisamment stable pour la calibration et les mesures. La durée de la polarisation pour un capteur polarographique est de 5-15 minutes en fonction de son âge et de l'état des électrodes. Ainsi, il y a un avantage des capteurs galvaniques sur les polarographiques en termes de praticité d'utilisation.

Une autre différence entre les deux types est l'oxydation de leurs anodes. Pour équilibrer la réaction de réduction associée à l'oxygène sur la cathode, il y a une réaction correspondante d'oxydation sur l'anode, qui convertit le zinc en hydroxyde de zinc (sur les capteurs galvaniques) et l'argent en chlorures d'argent (sur les capteurs polarographiques). La différence pratique entre ces deux types d'oxydation d'anode est que les chlorures d'argent reste collé sur l'anode d'un capteur polarographique, la majeure partie de l'hydroxyde de zinc se détache de l'anode du capteur galvanique et forme une suspension solide blanche dans l'électrolyte. Ainsi, l'inspection visuelle de l'électrolyte au bout du capteur galvanique va certainement montrer la présence d'un solide blanc, l'électrolyte du capteur polarographique va rester clair. La quantité de solide visible dans l'électrolyte du capteur galvanique et attachée à l'anode du capteur polarographique est directement proportionnelle au courant total provenant de la réduction d'oxygène. En conséquence, la formation de matériau oxydé sur l'anode, soit sur l'anode du capteur polarographique ou dans l'électrolyte du capteur galvanique, provoque une dégradation des performances du capteur. Cette dégradation est généralement indiquée par une sortie faible du capteur et/ou des lectures instables. Lorsque ces symptômes se manifestent l'utilisateur doit déposer l'ancienne membrane, nettoyer l'anode si nécessaire et installer une membrane neuve et de l'électrolyte neuf pour restaurer les performances du capteur. La présence de solides dans les capteurs galvaniques requiert normalement un remplacement plus fréquent de la membrane et de l'électrolyte que sur les capteurs polarographiques du fait de la dégradation globale de performance du système, ceci donne un avantage au capteur polarographique dans cette zone. Toutefois il doit être noté que a) YSI a démontré 2-3 mois de bonne performance du capteur galvanique même en présence d'une quantité considérable de solide dans l'électrolyte et b) le remplacement de membrane / électrolyte est très simple et relativement peu coûteux. En conséquence, l'avantage « polarographique » est plutôt mineur. Voir en section Précautions et maintenance pour plus d'information sur la maintenance routinière des capteurs électrochimiques et sur les intervalles recommandés pour pratiquer ces actions.

La dernière principale différence entre ces deux capteurs est leur durée de vie théorique. Parce que les électrodes du capteur galvanique sont polarisées en permanence, il est toujours « ON » même quand l'instrument n'est plus sous tension. Ceci résulte en une dégradation de l'anode consommable et donc en une durée de vie théoriquement plus courte. Comme le capteur polarographique n'est pas auto polarisé, le capteur est désactivé quand l'instrument est hors tension et en conséquence l'anode consommable n'est pas dégradée en continu et donc la vie théorique est plus longue. En conséquence, théoriquement, le capteur polarographique a un avantage sur le capteur galvanique sur la durée de vie globale du système. En termes pratiques, l'anode du capteur galvanique YSI doit tenir plusieurs années aussi l'avantage reste mineur, la garantie YSI sur le capteur galvanique est de 6 mois et de 12 mois sur le polarographique.

Comparaison des capteurs monolithiques galvaniques et polarographiques

Similarités :

- Les deux sont monolithiques et « prêts »
- Les deux réduisent l'oxygène ce qui implique un besoin d'agitation ou un mouvement de l'échantillon pour des lectures précises
- Les deux utilisent un électrolyte qui est contenu par une membrane perméable à l'oxygène

Comparaison des capteurs monolithiques galvaniques et polarographiques

Différences :

- Les capteurs galvaniques ne requièrent pas de temps de préchauffage et sont prêts pour une utilisation immédiate
- Les capteurs polarographiques exigent un temps de préchauffage avant leur utilisation

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

- Les capteurs galvaniques consomment en continu leur anode, même quand l'instrument n'est plus sous tension. En conséquence ils ont une durée de vie théorique plus courte et ne sont garantis que 6 mois.
- La consommation sur les capteurs polarographiques stoppe dès que l'instrument est mis hors tension. En conséquence ils ont une durée de vie plus longue et sont garantis 12 mois.

Figure 20

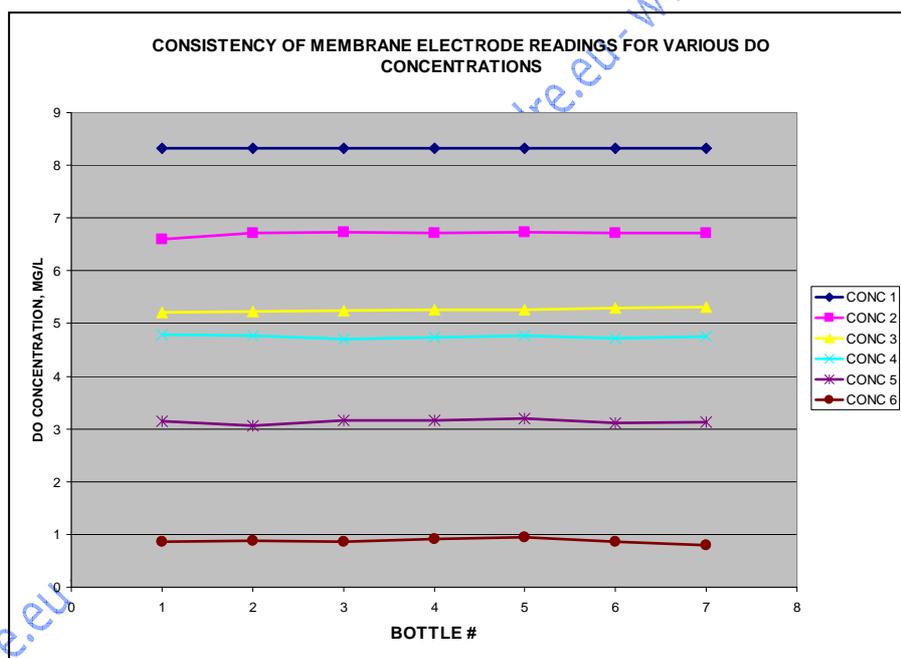
Comparaison des techniques optiques et électrochimiques

Il y a de nombreux avantages et désavantages associés à chaque technique de capteur et ceux-ci doivent être pris en compte lors du choix d'un instrument. Cette section décrit comment les deux techniques se comparent en précision, agrément pour les applications de conformité et en utilisation générale.

Précision de la mesure

Les techniques d'oxygène dissous électrochimiques et optiques produisent des résultats quasi identiques sur une large plage de mesure tant que vous produisez un mouvement suffisant de l'échantillon pour le capteur monolithique électrochimique.

En référence aux graphes de la Figure 21, le graphe du haut représente les mesures d'oxygène dissous provenant d'un capteur électrochimique avec agitation sur six concentrations différentes d'oxygène dissous. Le graphe du bas représente des mesures des mêmes échantillons prises à l'aide d'un capteur optique par durée de luminescence. Chaque concentration a été mesurée par chaque capteur sept fois. Comme montré par les données des graphes, les deux techniques mesurent d'une manière équivalente l'oxygène dissous sur la large plage de mesure.



AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

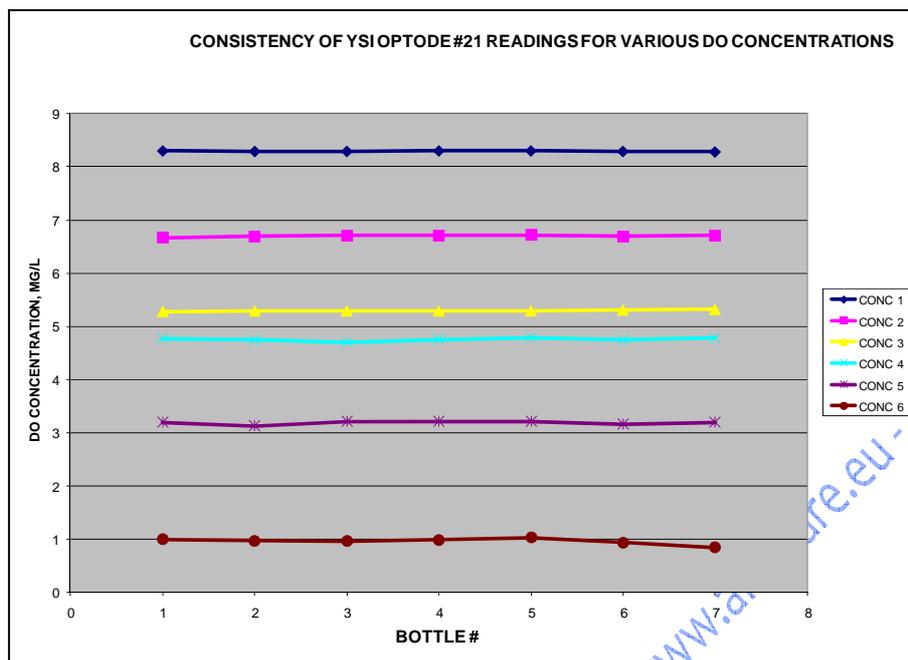
Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Figures 21 – Etudes pratiquées par les scientifiques d’YSI pour le panneau de révision des méthodes standards

La Figure 22 illustre plus encore que les deux techniques montrent des performances équivalentes. Dans cet exemple, un capteur optique ROX™ et un capteur polarographique RapidPulse™ avec membrane Téflon® ont été déployés en continu sur 52 jours. Comme c’est un capteur RapidPulse™ qui était utilisé, l’agitation ou le mouvement de l’échantillon n’étaient pas requis. Les deux capteurs étaient équipés d’un racleur de nettoyage automatique afin de minimiser l’effet du bio-fouling. Les données entre les deux capteurs (cercles bleus pour le RapidPulse™ et rouges pour le ROX™) concordent avec consistance l’un entre eux, même durant un évènement à faible oxygène. Une vérification ponctuelle manuelle d el’O2d était pratiquée périodiquement durant ce test et est représentée par les triangles noirs sur le graphe.

Il y a quelques dissonances sur les mesures manuelles qui peuvent provenir d’une agitation insuffisante ou d’une calibration incorrecte de l’instrument utilisé pour prendre ces lectures manuelles. En général, les trois types de mesure concordent bien.

Comparison of Polarographic vs. Optical DO Sensors in Microbial BioFloc Shrimp Raceway

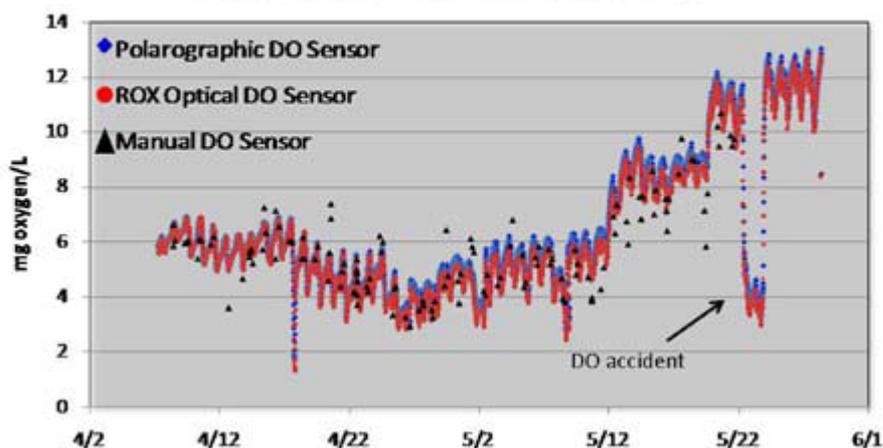


Figure 22 – Source : South Calcolnia Department of natural resources – Waddell mariculture center ; recherche financée par le National institute of standards and technology (1)

AnHydre, Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l’égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Même si les deux techniques ont des performances équivalentes sur le terrain, les capteurs optiques sont légèrement plus précis que les capteurs électrochimiques sous conditions contrôlées sur la plage 0-20mg/l comme montré dans les spécifications publiées par YSI, voir en Figure 23.

Optique	Gamme	Résolution	Précision
O2d % saturation	0-500%	0,1%	<u>0-200%</u> : +/-1% de la lecture ou 1% saturation, la valeur la plus grande <u>200-500%</u> : +/-15% de la lecture
O2d mg/l	0-50mg/l	0,01mg/l	<u>0-20mg/l</u> : +/-0,1mg/l ou 1% de la lecture, la valeur la plus grande <u>20mg/l-50mg/l</u> : +/-15% de la lecture
Electrochimique			
O2d % saturation	0-500%		<u>0-200%</u> : +/-2% de la lecture ou 2% saturation, la valeur la plus grande <u>200-500%</u> : +/-6% de la lecture
O2d mg/l	0-50mg/l		<u>0-20mg/l</u> : +/-0,2mg/l ou 2% de la lecture, la valeur la plus grande <u>20mg/l-50mg/l</u> : +/-6% de la lecture

Figure 23 -

Méthode approuvée

Au moment de cette publication, la méthode par senseur optique n'est pas nationalement agréée par l'US-EPA pour la surveillance et le rapportage de conformité. Elle a gagné un agrément local intérimaire dans certaines régions EPA mais l'agence locale doit être contactée pour un agrément individuel. Soumettre une application est typiquement tout ce qui est requis mais dans certains cas vous devrez aussi soumettre des données de manière à obtenir l'agrément d'utilisation de cette méthode pour rapporter une conformité. AST International a agréé la méthode optique pour la mesure de l'oxygène dissous dans l'eau, méthode D888-05 mais elle n'est pas encore agréée par les méthodes standards d'examen des eaux et eaux usées. Une méthode standard sera certainement agréée dans un futur proche.

La méthode électrochimique a été utilisée sur des décades et c'est donc une technique agréée prouvée. Elle est agréée pour la surveillance et le rapportage de conformité par l'US-EPA et peut être utilisée sans contacter l'agence locale. Ce facteur lui donne un léger avantage sur la méthode optique.

Temps de réponse

Le temps de réponse d'un capteur doit être pris en considération lors du choix d'un instrument car cette caractéristique va dicter le temps requis pour conduire une session d'échantillonnage. Un capteur avec un temps de réponse plus court économise le temps de terrain et donc vos finances s'il est utilisé à la place d'un capteur plus lent.

La table en Figure 21 montre le temps de réponse typique des capteurs optiques et électrochimiques monolithiques. La table illustre aussi le temps de réponse d'un capteur électrochimique lorsqu'il est utilisé avec différents types de membranes. Le temps de réponse est exprimé sur T-95 qui est la durée nécessaire pour atteindre 95% de la lecture finale (vraie) lorsqu'un capteur est transféré depuis un échantillon totalement saturé vers un environnement à zéro oxygène. Comme montré, le temps de réponse d'un capteur optique, est environ deux fois plus long que celui d'un capteur électrochimique à membrane Téflon® et cinq fois plus long que celui d'un capteur électrochimique avec membrane polyéthylène (PE). Les temps de réponse variés des capteurs sont également montrés en Figure 25 où vous pouvez voir que le capteur électrochimique à membrane polyéthylène répond nettement plus vite que les deux autres.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Même si 40 secondes représentent un temps relativement court pour prendre une lecture, la table de la Figure 26 illustre combien plus long serait le temps requis pour prendre 500 échantillons O2d avec un capteur optique par rapport aux capteurs électrochimiques à membranes polyéthylène ou Téflon™. Si l'on utilise un capteur électrochimique avec membrane polyéthylène, 500 échantillons sont mesurés en environ 1 heure contre plus de 5 heures avec un capteur optique sans agitation. Il faut noter que les études YSI ont montré que l'agitation d'un capteur optique peut réduire son temps de réponse. Par exemple, utiliser un agitateur magnétique ou intégré peut résulter en une réponse optique de 22 secondes ou moins pour T-95. En conséquence, lire 500 échantillons avec un capteur DBO optique agité (ODBO) va prendre environ 3 heures.

Type de capteur	Matériau de la membrane	Temps de réponse 100% à 0% (T-95)
Optique	Elément sensible avec couche de diffusion	40 secondes**
Galvanique ou polarographique	Téflon® 1mil (capuchon noir)	18 secondes
Galvanique ou polarographique	Polyéthylène® 1,25mil (capuchon jaune)	8 secondes
Galvanique ou polarographique	Téflon® 2mil (capuchon bleu)	17 secondes

Figure 24 – Table définissant le temps de réponse de différents capteurs et membranes

** Les études YSI ont montré qu'une agitation avec un capteur optique peut abaisser son temps de réponse. Par exemple, utiliser un agitateur magnétique ou intégré peut résulter en un temps de réponse de 22 secondes ou moins pour T-95.

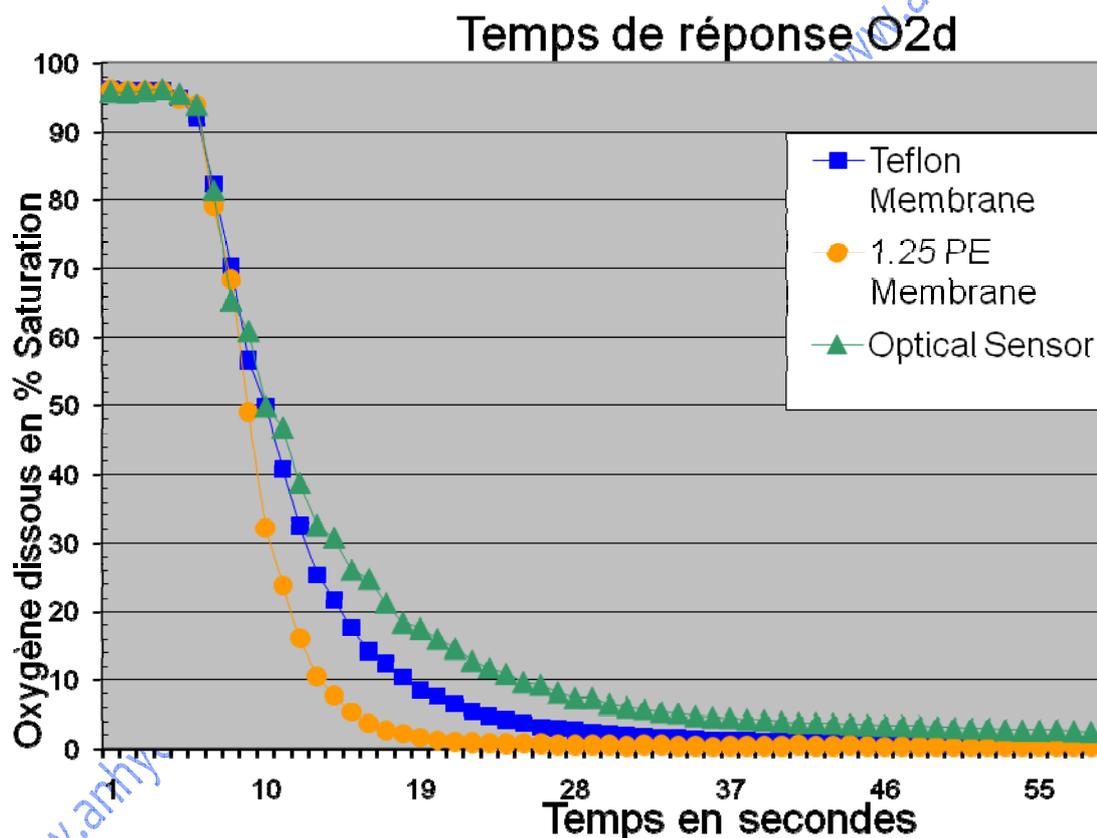


Figure 25 – Un graphe affichant les mesures O2d au fil du temps pour trois capteurs qui ont été transférés depuis une eau saturée à 100% vers un environnement sans oxygène.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Type de capteur	Nombre d'échantillons	Réponse T-95 en secondes	Temps total en heures
Polarographique avec membrane Téflon® 1mil	500	18	2,5
Polarographique avec membrane PE 1,25mil	500	8	1,1
Optique	500	40	5,6

Figure 26 – Les données de la table montrent la quantité de temps nécessaire pour mesurer 500 échantillons avec trois types de capteurs.

DEPENDANCE A L'AGITATION

Comme déjà mentionné, les capteurs électrochimiques monolithiques consomment de l'oxygène durant la mesure et en conséquence requièrent un mouvement de l'échantillon sinon les lectures se trouvent artificiellement basses. Ceci est appelé communément la dépendance à l'écoulement car le capteur est dépendant de l'écoulement ou du mouvement de l'eau sur la membrane pour obtenir des lectures précises. Les capteurs optiques utilisent une méthode non consommatrice d'oxygène pour leurs mesures d'oxygène dissous ce qui résulte en une méthode de détection sans dépendance à l'écoulement ou exigence d'agitation du milieu.

Les graphes des Figures 27 & 28 illustrent cet avantage du capteur optique. La Figure 27 est un graphe de données mesurées avec un capteur électrochimique monolithique en échantillon d'eau saturée d'air dans lequel une agitation adéquate a été créée par un agitateur mécanique. Lorsque le mécanisme d'agitation est mis hors service, les lectures commencent à tomber, résultant en mesures artificiellement basses de l'oxygène dissous. La Figure 28 est un graphe de données mesurées avec un capteur optique dans le même échantillon d'eau saturée en air où l'agitation est fournie par un agitateur mécanique.

Lorsque l'agitateur est mis hors service pour les mesures optiques les lectures restent constantes et précises montrant que le capteur optique n'est pas dépendant de l'écoulement. Ceci est un avantage considérable du capteur optique particulièrement sur les écoulements à faible débit ou les applications où l'agitation du capteur ou le mouvement de l'échantillon est difficile comme en fond de forage.

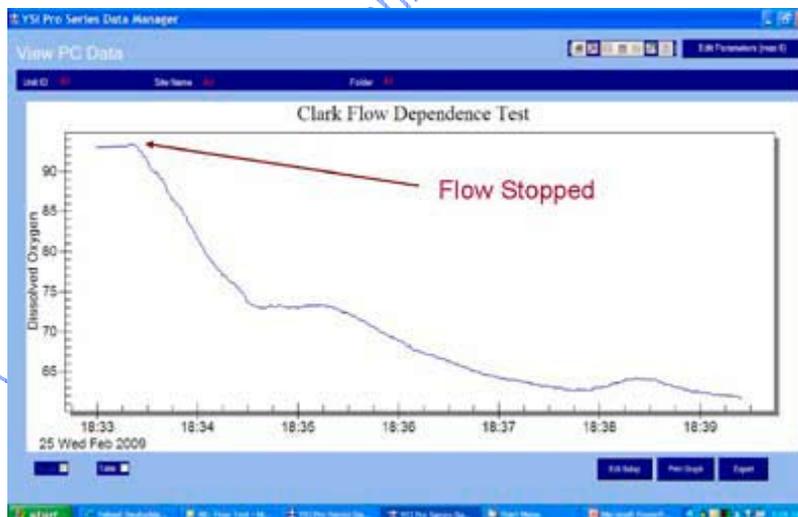


Figure 27 – Un graphe créé par le logiciel YSI DataManager illustre la dépendance à l'écoulement d'un capteur électrochimique monolithique

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Figure 28 – Un graphe créé avec le logiciel YSI DataManager illustrant l'indépendance à l'écoulement d'un capteur optique.

Pour les capteurs électrochimiques monolithiques le matériau et l'épaisseur de la membrane dictent le degré de dépendance à l'écoulement du capteur. Par exemple, les membranes polyéthylène souvent abrégées en PE requièrent moins de mouvement ou de débit que les traditionnelles membranes Téflon® comme illustré par le graphe en Figure 29. Dans ce graphe, trois capteurs différents ont été placés en eau totalement aérée avec un agitateur. Une fois l'agitateur mis hors service, les lectures électrochimiques monolithiques commencent à tomber. Remarquer comment le capteur à membrane Téflon® tombe plus bas et plus rapidement que le capteur couvert PE. La dépendance à l'écoulement de chaque type de capteur et de membrane, en parallèle aux taux d'agitation recommandés sont listés en Figure 14. Pour des conseils sur comment surpasser la dépendance à l'écoulement voir la section **Prendre des mesures**.

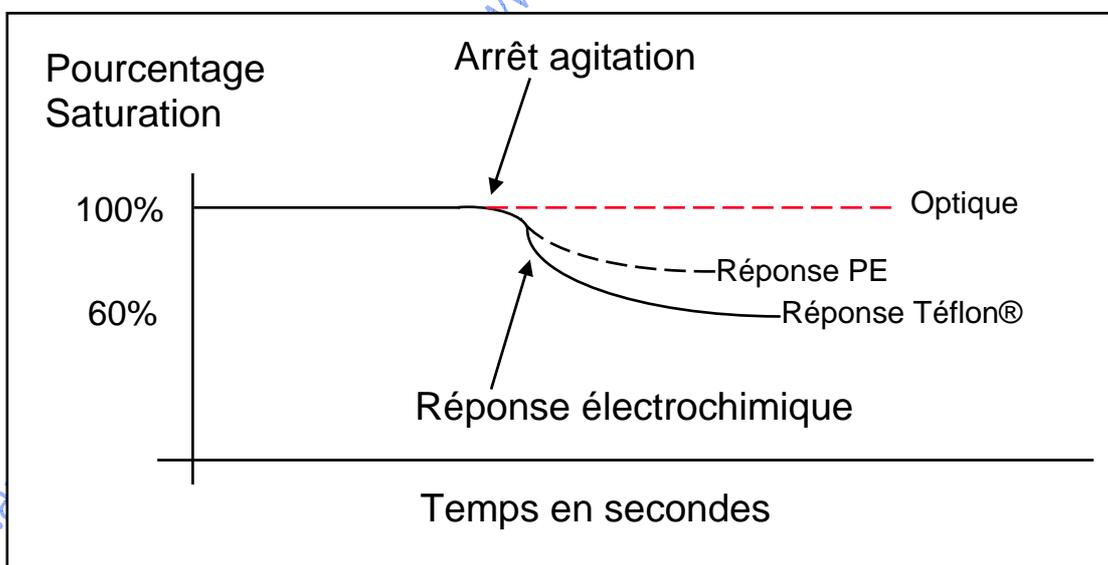


Figure 29 – Graphe de comparaison de la dépendance à l'agitation.

Durée du préchauffage

Un avantage clé du capteur optique pour les applications d'échantillonnage est qu'il ne demande pas de temps de préchauffage parce qu'il n'a pas d'électrodes à polariser.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Ainsi similairement à un capteur galvanique, un capteur optique peut être calibré et utilisé immédiatement après sa mise sous tension. Un capteur polarographique requiert toutefois 5-15 minutes pour la polarisation des électrodes avant qu'une calibration ou qu'une mesure soit possible.

Fréquence de la calibration

La méthode de mesure optique montre une très faible dérive de calibration en comparaison aux capteurs électrochimiques et cet avantage résulte en calibrations moins fréquentes. En fait, les capteurs optiques sont si stables qu'ils peuvent tenir leur calibration sur de nombreux mois, YSI vous recommande quand même de vérifier la calibration sur une base régulière afin de vous garantir la plus haute précision possible pour vos données. Les capteurs électrochimiques requièrent une calibration chaque jour d'utilisation sur application de mesure ponctuelle. Même si ceci peut être considéré comme un désavantage pour la méthode électrochimique, il doit être noté que la calibration en oxygène dissous est simple et pratique à exécuter. Voir la section de **Calibration** pour une information complémentaire.

Interférences de mesure

Certains gaz, hydrogène sulfuré compris, peuvent passer au travers de la membrane d'un capteur électrochimique et interfèrent sur les électrodes et les lectures. Une liste de ces gaz eut être trouvée en section **Précautions de mesure et interférences**. Les capteurs optiques de leur côté ne sont pas affectés par la présence d'hydrogène sulfuré et autres gaz qui interfèrent sur la méthode traditionnelle électrochimique. Ceci donne au capteur optique une capacité de mesure dans des environnements avec hydrogène sulfuré comme les eaux usées, les fonds des lacs et les marais.

Exigences en maintenance

Le capteur optique requiert nettement moins de maintenance que les capteurs traditionnels électrochimiques. Sur le capteur optique, l'élément sensible n'a besoin d'être remplacé qu'environ une fois l'an, là où le capteur traditionnelle électrochimique requiert généralement un remplacement de membrane toutes les 2-8 semaines. De plus, il n'y a pas besoin de nettoyer ou régénérer les électrodes comme sur le capteur électrochimique. Pour plus d'information sur les tâches routinières de maintenance voir en section **Précautions et maintenance du capteur**.

Résumé

Comme vous pouvez le voir, il y a plusieurs avantages et désavantages associés avec chaque technique de détection et ces facteurs ainsi que d'autres points complémentaires sont résumés en Figure 30. Il est important d'analyser votre application spécifique pour aider à déterminer quel capteur sera le meilleur pour cette application spécifique. Voir en Figure 31 une table qui présente les meilleures applications pour chaque élément sensible.

Capteurs électrochimiques	
<i>Avantages</i>	<i>Désavantages</i>
Technique prouvée. Agréée par l'US-EPA et autres organismes pour la surveillance et le rapportage de conformité	Capteurs monolithiques « prêts » dépendant de l'écoulement et donc exigeant un mouvement de l'échantillon pour une mesure précise
Temps de réponse plus rapide qu'un capteur optique	Requiert des calibrations plus fréquentes qu'un capteur optique
Consommation moindre en énergie qu'un capteur optique	La mesure est susceptible aux interférences de gaz comme l'hydrogène sulfuré
Coût initial d'acquisition moindre qu'un capteur optique	Les électrodes requièrent une maintenance périodique
	La membrane requiert un remplacement régulier

AnHydre, Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Capteur optique	
<i>Avantages</i>	<i>Désavantages</i>
Instantanément actif – pas de temps de préchauffage	Non approuvé pour la surveillance et le rapportage de conformité par l'US-EPA et d'autres organismes
Montre une dérive de calibration très faible et peut conserver une calibration sur des mois	Coût initial d'acquisition plus élevé
Non susceptible aux interférences par des gaz comme l'hydrogène sulfuré	Temps de réponse plus long que les capteurs traditionnels électrochimiques
Méthode sans consommation d'oxygène – pas d'exigence d'agitation ou de créer un mouvement de l'échantillon	Consommation d'énergie supérieure aux capteurs traditionnels électrochimiques
Maintenance moindre que les capteurs traditionnels électrochimiques	

Figure 30 – Résumé des avantages et désavantages associés avec chaque type de capteur.

Meilleures applications pour chaque type de capteur d'oxygène dissous		
<i>Type de capteur</i>	<i>Matériau de la membrane</i>	<i>Meilleure application (en général)</i>
Optique	Elément sensible et couche de diffusion	<ul style="list-style-type: none"> • Profil en profondeur • Eau peu profonde quand l'agitation n'est pas facile • Applications à faible vitesse d'écoulement • Petits volumes d'échantillon • Échantillons avec hydrogène sulfuré • Déploiements en continu sur le long terme (capteur ROX™)
Galvanique ou polarographique	PE 1,25mil	Applications d'échantillonnage requérant une temps de réponse le plus court
Galvanique ou polarographique	PE 2mil	Applications d'échantillonnage requérant une dépendance réduite à l'écoulement

Figure 31 – Meilleures applications par type de capteur.

Mesurer l'oxygène dissous avec les deux types de capteur

Les capteurs d'oxygène dissous, électrochimiques comme optiques, ne mesurent pas la concentration en oxygène dissous en mg/l ou en ppm (parties par million, équivalent à mg/l). Ces capteurs mesurent en fait la pression d'oxygène qui est dissous dans l'échantillon. Pour simplifier les lectures affichées par un instrument, la pression d'oxygène dissous est exprimée en O₂d % saturation. L'instrument convertit la valeur de pression d'oxygène dissous provenant du capteur en % saturation en divisant la sortie du capteur en mm Hg par 160*** (la pression d'oxygène dans l'air à 760mm Hg) puis en multipliant par 100. Ainsi, une pression mesurée d'oxygène de 150mm Hg doit être affichée par un instrument YSI comme 93,8% saturation (150/160*100).

Le fait que le capteur mesure la pression d'oxygène et non la concentration en oxygène dissous est connu pour être vrai parce qu'un échantillon d'eau douce peut dissoudre plus d'oxygène qu'un échantillon d'eau de mer à la même température et à la même altitude (ou sous la même pression barométrique), toutefois le signal en sortie du capteur est identique dans les deux échantillons tant que la pression d'oxygène est identique dans les deux milieux. Voir en Figure 32 pour un exemple de ce concept.

*** La pression d'oxygène au niveau de la mer est 160mm HG parce que l'oxygène est à environ 21% dans l'atmosphère terrestre et 21% de 760 (pression barométrique moyenne au niveau de la mer) est environ 1600mm Hg.

Les capteurs O₂D mesurent en % saturation

Si 2 échantillons, 1 d'eau douce et 1 d'eau de mer, sont totalement saturés en oxygène la concentration en oxygène dissous sera :

Eau douce à 25°C = 8,26mg/l

Eau de mer (36ppt- parties pour mille) à 25°C = 6,27mg/l

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Toutefois, la sortie du signal pour les deux capteurs est identique dans les deux échantillons. Parce que les deux sont saturés à 100%, % saturation (pour la pression d'oxygène) est ce que les deux capteurs mesurent.

Figure 32 – Les capteurs O2d mesurent en % saturation

Les variables qui affectent les mesures d'oxygène dissous

Il y a plusieurs variables qui affectent la mesure d'oxygène dissous. Ces variables comprennent la température, la salinité, la dépendance à l'écoulement et la pression barométrique.

Température et salinité sont compensées durant la calibration de l'instrument et sur le terrain par l'utilisation de capteurs complémentaires et/ou de réglages du logiciel de l'instrument. L'effet de la dépendance à l'écoulement a été surpassé par les avancées en technique de mesure. Le plus récent, le capteur optique d'oxygène dissous n'a pas de dépendance à l'écoulement. Pour les capteurs électrochimiques, les utilisateurs doivent fournir un mouvement d'échantillon pour dépasser la dépendance à l'écoulement sinon les mesures se trouveront artificiellement sous estimées. La dépendance à l'agitation et les taux d'agitation recommandés pour chaque type de capteur et de type de membrane sont listés en Figure 14. Pour des conseils sur comment dépasser la dépendance à l'agitation, voir en section **Prendre des mesures**.

La pression barométrique affecte principalement la calibration des capteurs d'oxygène dissous car elle définit la pression d'oxygène dans l'environnement de la calibration. Généralement, il n'y a pas besoin d'être concerné par des changements en pression barométrique prenant place après la calibration, excepté dans le cas de l'utilisation de l'O2d « local », mode disponible sur certains instruments comme l'YSI 556-MPS ou un terminal de terrain YSI 650-MDS, comme expliqué dans la section **Baromètre**.

Température

La variable la plus significative pour les mesures d'oxygène dissous est la température, en conséquence, il est important de s'assurer que le capteur de température de l'instrument mesure avec précision. La température affecte les mesures O2d de deux manières.

En premier, du fait de l'augmentation ou de la diminution de l'activité moléculaire, la diffusion de l'oxygène au travers de la membrane d'un capteur électrochimique ou d'un élément sensible d'un capteur optique, change avec la température. Le changement dans le taux de diffusion sur la base de la température peut aller jusqu'à environ 4% par degré C en fonction du matériau de la membrane pour les capteurs électrochimiques monolithiques, 1% par degré C pour les capteurs RapidPulse™ et environ 1,5% par degré C pour les capteurs optiques. Par exemple, si la température d'un échantillon change de 20°C à 15°C, le signal du capteur doit diminuer dans des taux dépendant du capteur utilisé, donnant une lecture O2d % saturation plus basse, même si la valeur % saturation de l'eau n'a pas changé. En conséquence, le signal du capteur doit être compensé pour les variations de température. Ceci est fait au moyen d'une thermistance dans le circuit pour les appareils analogiques les plus anciens. Pour les plus récents instruments numériques, le logiciel compense les variations de la température en utilisant des algorithmes propriétaires qui utilisent les lectures de température provenant d'une thermistance dans le capteur.

L'ajustement décrit jusqu'à maintenant ne compense que l'effet de la température sur le taux de diffusion de l'oxygène au travers d'une membrane ou d'un élément sensible. En complément à cet effet, la température affecte également la capacité de l'eau à dissoudre l'oxygène. C'est un fait scientifique que la solubilité de l'oxygène dans l'eau est directement proportionnelle à la température, voir la table de Solubilité de l'oxygène en **Annexe A**. Une eau plus chaude ne peut pas dissoudre autant d'oxygène qu'une eau plus froide. Par exemple, dans un échantillon d'eau saturé en oxygène au niveau de la mer (exposé à une pression barométrique de 760mm Hg), la valeur % saturation est 100%, quelle que soit la température, parce qu'elle est totalement saturée. Toutefois, la concentration en oxygène dissous en mg/l va changer avec la température parce que la solubilité de l'oxygène dans l'eau change avec la température. Par exemple, à 15°C l'eau peut dissoudre 10,08mg/l et à 30°C l'eau ne peut plus dissoudre que 7,56mg/l d'oxygène, même si la valeur % saturation est 100% dans les deux cas. En conséquence, nous devons compenser la lecture de concentration en mg/l pour la température de l'échantillon.

Ces deux effets de la température sont factorisés dans la conversion du signal de la sonde en concentration mg/l. Pour les appareils les plus récents, le logiciel compense ces deux facteurs relatifs à la température après la calibration de l'instrument et durant les lectures.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

La compensation en température pour la lecture en % saturation est dérivée empiriquement, la conversion depuis % saturation, température et salinité en concentration mg/l est automatiquement pratiquée par le logiciel de l'instrument en utilisant une formule disponible dans les méthodes standards d'examen des eaux et eaux usées (2). Le calcul de conversion de % saturation en mg/l et un exemple sont produits en Figure 33.

Salinité

La seconde variable qui affecte la concentration O₂d est la salinité de l'échantillon d'eau. Si la lecture % saturation n'est pas une fonction de la salinité (ou du contenu en solides dissous) de l'eau, la concentration mg/l change de manière significative avec la salinité. Lorsque la salinité de l'eau augmente, sa capacité à dissoudre l'oxygène diminue. Par exemple, de l'eau douce saturée en oxygène à salinité 0 à 25°C contient 8,26mg/l d'oxygène, de l'eau de mer (36ppt) aux mêmes températures et pressions ne contient que 6,72mg/l d'oxygène dissous.

La salinité (et la température) doit être factorisée dans le calcul de l'instrument en mg/l. Ce calcul est basé sur les lectures % saturation, température et la valeur entrée ou mesurée de salinité en utilisant la formule trouvée dans les méthodes standards d'examen des eaux et eaux usées (2). Le calcul de conversion % en mg/l et un exemple est montré en Figure 33.

Détermination O₂d mg/l à partir de % saturation

Voici l'explication de comment convertir depuis % saturation en concentration mg/l (ou ppm). Pour pouvoir pratiquer cette conversion, la température et la salinité de l'échantillon doivent être connues.

Etape 1 : Déterminer % saturation, température et salinité de l'échantillon

Etape 2 : Multiplier la lecture % saturation par la valeur dans la colonne appropriée (dépendant de la salinité) et la ligne appropriée (dépendant de la température) de la table de solubilité de l'oxygène en Annexe I

Exemple :

Etape 1 : L'échantillon est mesuré à 80% saturation, salinité 0, température 20°C

Etape 2 : Multiplier 0,80 (lecture O₂d % sat.) par 9,09 (valeur de la table de solubilité à salinité 0 et 20°C) = 7,27mg/l

Résultat : 7,27mg/l est la valeur qui correspond à une lecture de 80% saturation dans un échantillon à salinité 0 et température 20°C.

Figure 33 – Calculer mg/l depuis % saturation, température et salinité

Correction de salinité

La valeur de salinité utilisée par l'instrument dans le calcul de mg/l est obtenue par l'une des deux manières, en fonction du type d'instrument utilisé. Pour les instruments YSI en oxygène dissous qui mesurent également la conductivité, la valeur de salinité mesurée par le capteur de conductivité est utilisée pour le calcul en mg/l. En conséquence, il est important de s'assurer que le capteur de conductivité est calibré et lit avec précision afin d'obtenir une valeur précise en O₂d mg/l.

Pour les instruments YSI en oxygène dissous qui n'intègrent pas de capteur de conductivité, la valeur de salinité de l'échantillon doit être entrée manuellement par l'opérateur. Voir le guide de salinité en Figure 34 pour une liste des valeurs typiques de salinité dans différents types d'eau.

Guide de salinité – salinité moyenne par type d'eau (3)

Type d'eau	Salinité moyenne
Eau douce	<0,5ppt****
Eau saumâtre	0,5 à 30ppt
Eau de mer	33 à 37ppt
Eau saline	30 à 50ppt
Saumure	>50ppt

Figure 34- Salinité moyenne de différents types d'eau

**** La salinité est une mesure sans unité déterminée à partir des lectures de conductivité et de température en accord avec l'échelle pratique de salinité PSS qui peut être trouvée dans les méthodes standards d'examen des eaux et eaux usées (2).

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Historiquement, les valeurs de salinité déterminées via l'échelle PSS se sont vues attribuer la désignation « ppt » (parties par millier) parce que ces valeurs étaient très proches de celles déterminées avec la méthode précédente où la masse des sels dissous dans une masse donnée d'eau (parties par milliers) était rapportée. De nos jours, « ppt » est communément remplacé par « psu » (Practical Salinity Unit) comme l'unité préférée pour décrire la salinité calculée par l'échelle pratique de salinité PSS, toutefois ces valeurs sont équivalentes car elles sont déterminées par la même méthode.

Lorsque l'on échantillonne une eau avec une salinité variable, par exemple en eau saumâtre comme les estuaires ou les marais côtiers, il est recommandé d'utiliser un instrument qui mesure également la conductivité pour la plus haute précision sur les mesures. Un instrument d'oxygène dissous qui a aussi un capteur de conductivité va utiliser les lectures de conductivité pour chaque calcul de concentration mg/l. Ceci simplifie l'échantillonnage car il n'est plus nécessaire de changer manuellement le facteur de correction sur chaque nouveau site d'échantillonnage.

Pression barométrique

Le facteur final en regard de la calibration de l'oxygène dissous et de la mesure, est la pression barométrique. La pression barométrique affecte la pression d'oxygène dans un échantillon d'eau ou d'air. Par exemple, le pourcentage d'oxygène dans l'air est toujours 21%, mais la pression d'oxygène varie avec les changements de pression barométrique. Au niveau de la mer, la pression d'oxygène est 160mm Hg (0,21 x 760mm Hg). Dans un échantillon totalement aéré, sous ces conditions, le % saturation mesuré par un capteur doit être 100% (160 / 160 x 100%), voir la section **Mesurer l'oxygène dissous avec les deux types de capteur**. Si la température de l'échantillon est 25°C, l'instrument va calculer la concentration de l'oxygène dissous comme 8,26mg/l sur la base de la table de solubilité de l'oxygène. Si l'échantillon est déplacé en altitude et conservé totalement aéré, la pression barométrique doit diminuer et aussi la pression d'oxygène dans l'échantillon. A une élévation de 1126 pieds (environ 343 mètres), la pression d'oxygène doit être 153mm Hg (0,21 x 730mm Hg) et le % saturation relatif au niveau de la mer lu par la sonde doit être 95,6% (153 x 160 x 100%) dans l'échantillon totalement aéré. Si la température d'échantillon est 25°C, l'instrument doit calculer une concentration d'oxygène dissous de 7,92mg/l ou 96% de 8,26 sur la base de la table de solubilité de l'oxygène.

L'effet de la pression barométrique est surpassé par une calibration appropriée du capteur. La pression barométrique est utilisée dans la majorité des calibrations des capteurs d'oxygène dissous comme décrit dans la section **Calibration** parce qu'elle détermine la pression absolue d'oxygène dans un échantillon d'air ou d'eau au moment de la calibration et que c'est cette pression qui est mesurée par tous les capteurs d'oxygène. Lors de la calibration de capteurs d'oxygène, la sortie du capteur est réglée sur cette pression connue d'oxygène. Si la sortie du capteur change après la calibration, alors l'instrument doit calculer une % saturation basée sur un calcul simple de régression linéaire. Ainsi, tant que le système ne dérive pas, la sortie du capteur peut toujours être utilisée pour définir la pression d'oxygène dans n'importe quel milieu après avoir pratiqué une calibration appropriée et l'utilisation de la pression barométrique (ou altitude) au moment de la calibration est le facteur clé du réglage du coefficient approprié de calibration. En conséquence, il n'est pas nécessaire de corriger les variations de pression barométrique après avoir pratiqué une calibration appropriée afin d'obtenir des lectures de terrain précises.

En résumé, si la pression barométrique change du fait d'un changement d'altitude ou d'un front météorologique, la pression d'oxygène change. Il n'y a toutefois pas de raison de compenser ce changement si une calibration appropriée a déjà été faite et que le capteur n'a pas dérivé.

Note : Si l'on mesure avec une sonde YSI série 6 ou un YSI 556-MPS en mode O2d local, il peut être nécessaire de calibrer à nouveau l'instrument après d'extrêmes changements de pression barométrique ou en altitude de manière à maintenir la valeur O2d local aussi proche que possible de 100% en un environnement totalement saturé. Ce n'est pas une exigence si seulement les valeurs mg/l sont enregistrées car ces valeurs restent précises sans nouvelle calibration O2d local. Si l'on rapporte en O2d local avec les plus récents appareils comme l'YSI ProPlus, l'YSI ProODO ou l'YSI Pro20, il n'est pas nécessaire de calibrer à nouveau après un changement significatif de pression barométrique pour obtenir des valeurs précises O2d local parce que ces instruments ont un baromètre intégré qui est lu en permanence par l'instrument. Voir la section **Mesure en O2d local** pour plus d'information sur cette option de rapportage.

Utiliser la pression barométrique pour la calibration O2d

La méthode de calibration des capteurs d'oxygène dissous utilisant la pression barométrique locale dépend de l'instrument utilisé et de la technique de calibration.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Si l'on pratique une calibration air % saturation sur les instruments les plus récents, comme l'YSI Pro20 et YSI ProODO, un baromètre est intégré dans l'instrument et la lecture de ce baromètre est utilisée pour définir la pression d'oxygène durant la calibration. Parce que cette valeur détermine la précision des futures lectures O2d sur le terrain, il est recommandé de périodiquement vérifier les lectures du baromètre et de calibrer le baromètre sur la « vraie » pression barométrique locale au besoin. Voir la Figure 35 pour une information sur comment obtenir la pression barométrique « vraie » locale.

Lorsque l'on pratique une calibration air % saturation sur des instruments sans baromètre interne, l'opérateur entre soit la « vraie » pression barométrique locale ou l'altitude locale dans l'instrument durant le processus de calibration. L'altitude locale est utilisée sur certains instruments YSI plus anciens et la pression barométrique est utilisée sur les instruments les plus récents. Même si entrer l'altitude en comparaison avec entrer la pression barométrique est légèrement moins précis (jusqu'à 0,1mg/l), elle fournit une précision suffisante sur la majorité des applications. Dans les deux cas la calibration de l'instrument en % saturation est prise en charge automatiquement par le logiciel du système ou par le microprocesseur sur la base de la lecture du baromètre interne ou de l'entrée de valeur par l'utilisateur au moment de la calibration.

Une troisième méthode de calibration O2d avec la pression barométrique est utilisée sur les instruments les plus anciens en style boîte radio qui ne rapportent qu'en mg/l et non en % saturation. Dans cette méthode, l'opérateur place la sonde soit en eau saturée d'air soit en air saturé d'eau et il ajuste manuellement la correction de pression barométrique en calculant la concentration mg/l d'oxygène dissous ajustée en pression puis en entrant cette valeur dans l'appareil. Cette valeur est calculée à partir de la table de solubilité d'oxygène et de la table de correction de calibration en pression barométrique trouvée au dos des instruments les plus anciens ou dans le manuel de l'instrument. (**Annexe A & B**).

Pression barométrique « vraie »

Lorsque l'on entre la pression barométrique locale ou en calibrant un baromètre interne d'un instrument, il faut être certain d'utiliser la pression barométrique « vraie » et non une lecture d'un baromètre qui est corrigé au niveau de la mer. Les lectures de baromètre de laboratoire sont généralement des valeurs « vraies » (non corrigées) de la pression d'air et peuvent alors être utilisées comme telles pour les calibrations O2d et pour calibrer le baromètre interne d'un instrument YSI. Les lectures des services de météorologie sont généralement « fausses » c'est-à-dire corrigées au niveau de la mer et en conséquence ne pouvant pas être utilisées sans être « dé-corrigées ». Une formule approximative pour cette « dé-corrrection » se trouve ci après :

$PB \text{ « vraie »} = [PB \text{ corrigée mmHg}] - [2,5 * (\text{altitude locale en pieds au dessus de la mer}) / 100]$
Un mètre = 0,03048 x altitude en pieds

Figure 35 – Information sur la pression barométrique « vraie »

Mesures O2d local

Lorsque l'on pratique une calibration d'un instrument YSI en O2d % saturation, l'instrument compense la pression barométrique locale ou l'altitude et calibre la lecture O2d % sat sur une valeur correspondant à la pression barométrique actuelle (altitude). En conséquence, la valeur de calibration n'est 100% qu'à la pression barométrique (niveau de la mer). Pour déterminer la valeur de calibration O2d % sat pour d'autres valeurs de pression barométrique et altitudes, se référer à la table en Annexe B ou diviser la lecture du baromètre par 760 puis multiplier ce nombre par 100 :

Exemple : $750 / 760 = 0,9868 \times 100 = 98,68\%$

Certains utilisateurs peuvent souhaiter rapporter en « O2d local » où la valeur de calibration est 100%, quelle que soit la pression barométrique au moment de la calibration. La valeur de calibration 100% pour cette convention reflète le fait que l'environnement de calibration est à 100% pression d'oxygène pour cet emplacement spécifique. Il y a plusieurs instruments YSI capables de rapporter en O2d local comme le Pro20, le ProPlus et le ProODO pour en nommer quelques uns. Ces trois instruments calculent l'effet de la pression barométrique sur chaque lecture O2d % local et mg/l lors de la mesure sur le terrain ou au laboratoire.

Calibration

La chose la plus importante qui puisse être faite pour obtenir des lectures d'oxygène dissous précises est de pratiquer une calibration précise. En règle générale, les données collectées ne sont aussi précises que la calibration qui a été faite avant la collecte des données aussi des précautions doivent être prises pour garantir que la calibration est pratiquée correctement. Cette section décrit comment calibrer un capteur d'oxygène dissous en terme généraux. Pour des instructions spécifiques à votre instrument, consultez le manuel de cet instrument.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Fréquence de la calibration

Les capteurs électrochimiques requièrent une calibration plus fréquente que les capteurs optiques. Les capteurs monolithiques galvaniques et polarographiques doivent être calibrés chaque jour d'utilisation sur application d'échantillonnage ponctuel. En général, il vaut mieux calibrer fréquemment au début puis l'expérience dictera si vous pouvez espacer les calibrations.

Les capteurs optiques ont une plus grande stabilité et sont moins sujets à une dérive que les capteurs traditionnels électrochimiques. Les expériences et les études scientifiques ont montré que les capteurs optiques peuvent garder leur calibration sur de nombreux mois. Toutefois, pour la meilleure précision des données, YSI recommande de vérifier périodiquement la calibration des capteurs optiques sur une base régulière. Pour vérifier la calibration de l'instrument, placer le capteur dans son environnement de calibration et vérifier pour voir si la lecture O2d % sat de l'instrument concorde avec la valeur de calibration basée sur la pression barométrique. Se référer en **Annexe B** pour les valeurs de calibration O2d % sat sur la base de la pression barométrique et de l'altitude.

NOTE : il peut être utile de vérifier la calibration O2d avant et après une étude de surveillance non supervisée afin de garantir la qualité des données.

Lorsque l'on calibre l'O2d % saturation en pression barométrique / altitude, il n'est pas nécessaire de calibrer à nouveau l'instrument à la suite d'un changement d'altitude ou de pression barométrique parce que les lectures O2d % sat et O2d mg/l vont rester précises. Toutefois, si l'O2d local est rapporté avec un YSI 556 ou 650 il peut être souhaitable de calibrer après un changement significatif d'altitude ou de pression barométrique de manière à conserver la valeur % saturation à 100% dans l'environnement de calibration. Ceci n'est pas une exigence si seulement les valeurs mg/l sont enregistrées parce que ces valeurs vont rester précises sans nouvelle calibration en O2d local. Il n'est également pas requis de calibrer à nouveau des instruments qui ont un baromètre intégré, comme le proODO et le ProPlus, pour des lectures précises en O2d local, parce que le baromètre va automatiquement s'assurer que la valeur O2d local reste à 100% dans l'échantillon totalement saturé. Pour plus d'information sur O2d local, se référer à la section **Mesurer en O2d local** dans cette brochure.

Méthodes de calibration

En général, la calibration consiste en une exposition du capteur à un échantillon avec un contenu connu en oxygène et une calibration de l'instrument pour qu'il lise cette valeur. Il y a trois méthodes principales pour la calibration d'un instrument d'oxygène dissous :

- * Titration Winkler
- * Eau saturée d'air
- * Air saturé d'eau

La méthode par la titration Winkler calibre la valeur de concentration mg/l et les méthodes air saturé d'eau comme eau saturée d'air calibrent la lecture en % saturation.

L'environnement de calibration dans lequel est placé le capteur pour la calibration diffère avec chaque méthode. Les trois méthodes sont fiables et sont décrites dans cette brochure en termes généraux. Pour sa meilleure précision et son côté pratique, YSI recommande la méthode en air saturé d'eau. Toutefois, si l'on conduit une surveillance à long terme non supervisée comme avec un capteur ROX™ sur une sonde YSI série 6, YSI suggère de calibrer en eau saturée d'air pour une meilleure précision.

Note : Il n'est nécessaire que de pratiquer un type de calibration. Comme la valeur mg/l est calculée à partir de la valeur % saturation, calibrer en % saturation calibre automatiquement la lecture mg/l et vice versa. En conséquence, il n'est nécessaire que de calibrer avec une méthode, quel que soit ce que vous allez mesurer sur le terrain.

Calibration par titration Winkler

Si l'on calibre en mg/l, il est nécessaire de calibrer en une solution avec un contenu connu en oxygène dissous. La seule manière de déterminer la concentration en oxygène dissous d'un échantillon sans utiliser un capteur est de pratiquer une titration Winkler. La méthode de titration Winkler a été développée par Lajos Winkler en 1888 (4). En général, cette méthode est exigeante en temps et lourde.

Pour calibrer avec une titration Winkler, un échantillon d'eau doit être divisé en quatre parts. Si l'instrument à calibrer n'a pas de capteur de conductivité ou d'option de correction de salinité, l'échantillon d'eau doit être de la même salinité que l'eau à tester par la suite. Titrer trois des échantillons. Si l'une des valeurs de ces échantillons varie de +/-0,5mg/l elle doit être écartée. Les résultats restants sont ensuite moyennés. Ensuite le capteur est placé dans le quatrième échantillon et on laisse se stabiliser les lectures de température et d'oxygène dissous. Un mouvement d'échantillon adéquat doit être fourni si l'on utilise un capteur avec dépendance à l'écoulement. Ensuite entrer la valeur mg/l moyennée dans le menu de calibration de l'instrument.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Le succès de cette méthode dépend de comment les échantillons sont manipulés et il est hautement susceptible à l'erreur humaine. A toutes les étapes de la titration des précautions doivent être prises afin de s'assurer que l'oxygène ne s'introduit jamais ni n'est perdu dans l'échantillon. De plus, l'échantillon d'eau doit être libre de tous solutés qui puissent oxyder les ions d'iode ou réduire l'iode. Pour ces raisons, YSI ne recommande pas de calibrer avec une titration Winkler.

Calibration en eau saturée d'air

La seconde technique de calibration est l'eau saturée d'air. La méthode en eau saturée d'air est la méthode préférée pour la calibration des capteurs O2d ROX™ pour les études à long terme. Comme la méthode Winkler, cette méthode est également exigeante en temps et peut introduire une erreur si elle n'est pas bien conduite. Pour calibrer un instrument en eau saturée d'air, utiliser une pompe d'air pour aquarium avec une pierre pour aérer un échantillon d'eau propre durant une heure. Ensuite placer le capteur dans l'échantillon et laisser les lectures de température et d'oxygène dissous s'équilibrer. Si l'on utilise un capteur dépendant à l'agitation, s'assurer qu'un mouvement suffisant est présent. Ensuite sélectionner O2d % sat comme méthode de calibration, puis entrer l'altitude locale ou la pression barométrique « vraie » en fonction du type d'instrument utilisé. Se référer à la Figure 35 pour l'information sur comment obtenir la pression barométrique « vraie ». Ensuite, si l'on utilise un instrument sans capteur de conductivité, entrer la valeur de salinité de l'eau qui va être testée puis appuyer sur Entrée pour confirmer la calibration.

A moins d'avoir activé O2d local dans l'instrument, la valeur de calibration % saturation ne sera à 100% qu'au niveau de la mer ou à 760mm Hg. Pour déterminer la valeur de calibration sur altitude ou pression barométrique, se référer à l'Annexe B ou simplifier diviser la pression barométrique locale en mm Hg par 760 puis multiplier par 100. Par exemple, si la pression barométrique locale vraie est 700mm Hg, la valeur de calibration % sera $700/760 \times 100 = 92\%$. Pour plus d'information sur l'O2d local se référer à la section **Mesure en O2d % local** de cette brochure.

Calibration en air saturé d'eau

En résumé, les deux techniques de calibration décrites plus haut ont certains défauts. Les titrations Winkler sont lourdes et exigeantes en temps. La troisième technique, l'air saturé d'eau, surpasse ces défauts et en général c'est la procédure de calibration recommandée par YSI. Comme remarqué précédemment, si l'on conduit des études à long terme avec un capteur ROX™ sur une sonde Série 6, YSI recommande une calibration en eau saturée d'air.

En fonction du capteur et de la méthode de stockage utilisée, cette procédure peut ne prendre que quelques minutes à exécuter. En premier, sécher l'élément sensible ou membrane et le capteur de température en le tapotant avec un tissu sans peluches ou en secourant pour chasser les gouttes d'eau en excès. Ensuite placer le capteur dans un environnement d'air saturé d'eau (air à 100% d'humidité). Le capteur doit être ventilé à l'atmosphère tout en étant dans son environnement de calibration afin de garantir un environnement d'air saturé à 100%. S'assurer que les capteurs d'oxygène dissous et de température ne sont qu'en air saturé d'eau et non immergés dans de l'eau ! L'environnement de calibration peut être obtenu de plusieurs façons en fonction du style de capteur. Voir en Figure 36 la table des options d'environnement de calibration.

Exemples d'environnements de calibration pour la calibration en air saturé d'eau.

Environnement de calibration	Description & conseils
<p>Exemple 1 : coupelle claire de stockage des anciens capteurs YSI</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Humidifier l'éponge dans la coupelle claire de stockage avec de l'eau claire • La chambre doit être ventilée à l'atmosphère sans plus de préparation • S'assurer que l'éponge est propre du fait d'un éventuel développement bactérien consommateur d'oxygène qui en conséquence affecterait la calibration • Ne pas laisser la lumière solaire chauffer la chambre de calibration car la membrane et la thermistance pourraient ne pas atteindre un équilibre thermique

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

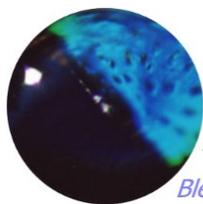
Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



AnHydre.
Bleu Passionnément ...

Environnement de calibration	Description & conseils
<p>Exemple 2 : Eponge mouillée dans le capuchon gris de calibration/stockage. Fourni avec certains instruments de la série Pro.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Le capuchon est ventilé à l'atmosphère sans plus de préparation• S'assurer d'utiliser de l'eau propre• Ne pas laisser la lumière solaire chauffer la chambre de calibration car la membrane et la thermistance pourraient ne pas atteindre un équilibre thermique
<p>Exemple 3 : Eponge propre et humide dans la chambre de stockage – calibration intégrée au boîtier de certains instruments</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Les chambres intégrées sont ventilées à l'atmosphère sans autre préparation• S'assurer d'utiliser une eau propre• Ne pas laisser la lumière solaire chauffer la chambre de calibration car la membrane et la thermistance pourraient ne pas atteindre un équilibre thermique
<p>Exemple 4 : Flacon standard pour DBO/BOD</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Placer une petite quantité (3mm) d'eau propre dans un flacon pour DBO, si l'on utilise une sonde pour mesurer la DBO• Ce montage est ventilé à l'atmosphère sans plus de préparation• Ne pas laisser la lumière solaire chauffer la chambre de calibration car la membrane et la thermistance pourraient ne pas atteindre un équilibre thermique

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

<p>Exemple 5 : Coupelle de stockage & calibration</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Placer une petite quantité d'eau propre dans la coupelle de calibration puis l'installer sur la sonde • S'assurer de n'engager que un ou deux filets de manière à ce que la coupelle reste ventilée à l'atmosphère • Ne pas serrer à fond la coupelle de calibration sur la sonde ! • Ne pas laisser la lumière solaire chauffer la chambre de calibration car la membrane et la thermistance pourraient ne pas atteindre un équilibre thermique • Petite quantité d'eau = 3mm pour les petites coupelles & 25mm pour les grandes coupelles • Les capteurs O2d et température ne doivent pas baigner dans l'eau !
<p>Exemple 6 : Serviette humide enroulée autour de l'embout de protection</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer d'utiliser de l'eau propre pour mouiller la serviette • Installer l'embout de protection des capteurs puis enrouler la serviette autour de l'embout de protection

Figure 36 – Exemples d'environnements de calibration en air saturé d'eau

Après avoir placé la sonde dans l'environnement de calibration, mettre l'instrument sous tension puis attendre 10 minutes pour que la chambre de calibration soit totalement saturée. Ensuite, s'assurer que les lectures des capteurs de température et d'oxygène dissous se sont bien stabilisées. Contrairement aux deux méthodes précédentes il n'est pas nécessaire de créer un mouvement de l'échantillon pour les capteurs dépendants de l'écoulement.

Entrer dans le menu calibration % sat de l'instrument puis entrer ou confirmer à la demande, la pression barométrique locale vraie ou l'altitude. Pour les instruments YSI qui se calibrent en altitude locale, entrer votre altitude aux plus proches 30 mètres (100 pieds). Ensuite, si vous utilisez un instrument sans capteur de conductivité, entrer la valeur de salinité de l'eau qui va être testée puis appuyer sur Enter pour confirmer la calibration.

A moins d'avoir sélectionné O2d % local sur cet instrument, la valeur de calibration % saturation ne sera 100% qu'au niveau de la mer ou 760mm Hg. Pour déterminer la valeur de calibration sur la base de l'altitude ou de la pression barométrique, se référer en **Annexe B** ou diviser simplement la pression barométrique locale vraie par 760mm Hg puis multiplier par 100. Par exemple, si la pression barométrique locale vraie est 700mm Hg, la valeur de calibration % saturation sera $700/760 \times 100 = 92\%$. Pour plus d'information sur l'O2d local se référer à la section **Mesure O2d % local** de cette brochure.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Validité de la calibration en air saturé d'eau

C'est un fait bien documenté que la pression d'oxygène en air saturé d'eau est la même qu'en eau saturé d'air. Par exemple, l'eau saturée d'air et l'air saturé d'eau au niveau de la mer ont tout deux une pression d'oxygène de 160mm Hg, voir en Figure 37. En conséquence on peut attendre d'un capteur d'oxygène qu'il délivre la même valeur dans les deux milieux. Comme il est valide de calibrer en eau saturée d'air parce qu'elle contient une quantité connue d'oxygène, il doit être également valide de calibrer en air saturé d'eau. Dans le cas de la calibration en eau saturé d'air, le problème est sur l'eau, saturée totalement ou pas totalement saturée en air. Comme l'air est par définition saturé en oxygène, cette incertitude a disparu.



Figure 37 – La pression d'oxygène en air saturé d'eau et en eau saturée d'air est 160mm Hg au niveau de la mer.

Calibration en deux points

De nombreux instruments récents permettent à leur utilisateur de pratiquer une calibration sur deux points avec un point à zéro et le second à pleine saturation.

YSI vous recommande de pratiquer une calibration deux points 1) si vous pensez prendre des lectures en environnement à faible oxygène et si vous êtes certain que le capteur n'atteint pas vos critères de précision aux faibles valeurs O₂ ou 2) pour vérifier le fonctionnement de votre instrument sur la totalité de sa gamme de mesure.

Une solution zéro oxygène peut être faite par dissolution d'environ 2 grammes de sulfite de sodium (Na₂SO₃) dans un litre d'eau du robinet ou dé-ionisée. En option ajouter une trace de chlorure de cobalt (CoCl₂) dans la solution pour accélérer la réaction. Mélanger la solution avec soin puis attendre que la solution soit sans oxygène ce qui peut prendre jusqu'à 60 minutes. Une autre méthode pour créer un environnement sans oxygène est de dissoudre 5-7 grammes de levure sèche active dans 350ml d'eau distillée puis de laisser le temps à la levure de consommer l'oxygène ce qui va prendre environ 15 minutes. Une troisième méthode est de placer le capteur dans un gaz inerte comme l'azote.

Après avoir créé un environnement sans oxygène, placer le capteur dans le milieu sans oxygène et laisser les lectures se stabiliser. Pensez à l'agitation si le capteur est placé dans un liquide et si ce capteur est dépendant de l'agitation.

Sélectionner la méthode de calibration ne deux points dans le menu de l'instrument puis entrer zéro pour le premier point de calibration. Après avoir terminé le point de calibration à zéro, rincer soigneusement le capteur de la solution zéro oxygène puis le placer dans un environnement humide de manière à pouvoir enchaîner sur le second point à pleine saturation.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Note : Si vous avez calibré un capteur ROX™ dans une solution zéro oxygène, démontez le racleur de nettoyage automatique afin d'éviter une contamination de l'élément sensible dans l'environnement saturé.

Les devoirs de la calibration

Quel que soit le type de calibration pratiquée, il y a plusieurs exigences communes à ces trois options. La liste qui suit résume les points importants à avoir à l'esprit durant l'exécution d'une calibration. Comme déjà dit plus haut, vos données seront aussi bonnes que votre calibration.

Les devoirs en calibration des capteurs électrochimiques

- 1 – Inspecter la surface de la membrane et la solution d'électrolyte. Si des bulles sont présentes sous la membrane, si la membrane est sale ou endommagée, si la solution d'électrolyte semble contaminée, remplacer la membrane et la solution avant la calibration.
- 2 – Si vous calibrez en air, supprimer les gouttelettes d'eau sur la membrane et la thermistance en agitant la sonde avant de l'insérer dans l'environnement de calibration.
- 3 – Si vous utilisez un capteur polarographique monolithique, mettez l'instrument sous tension et laissez le se stabiliser 5 – 15 minutes avant de calibrer. Ceci permet aux électrodes du capteur polarographique de se polariser. Noter que les capteurs galvaniques et optiques n'exigent pas de temps de préchauffage pour la polarisation.
- 4 – Laisser la température se stabiliser complètement dans l'environnement de calibration.
- 5 – S'assurer de fournir une agitation de l'échantillon suffisante si l'on calibre en environnement liquide.
- 6 – Si l'on calibre en mode % saturation, en air comme en eau, entrer l'altitude ou la pression barométrique locale vraie comme demandé.
- 7 – Ensuite entrer la valeur de salinité de l'eau à tester dans le logiciel de votre instrument, si vous utilisez un instrument qui ne mesure pas la conductivité.
- 8 – Pour les capteurs électrochimiques en applications de mesure ponctuelle, il vous faut calibrer chaque jour mais pas entre chaque échantillon.

Les devoirs en calibration des capteurs optiques

- 1 – Inspecter visuellement le capuchon de la sonde en cherchant un encrassement biologique ou de larges rayures sur la surface peinte. Le bio fouling consomme ou produit de l'oxygène ce qui affecte la calibration. De larges rayures sur la surface peinte peuvent aussi affecter la calibration.
- 2 – Vérifier que le capuchon est correctement hydraté et qu'il n'a pas été laissé sécher.
- 3 – Vérifier qu'il n'y ait pas de goutte d'eau sur l'élément sensible ou la thermistance si l'on calibre en air saturé d'eau.
- 4 – Laisser la température se stabiliser dans l'environnement de calibration.
- 5 – Si l'on calibre en mode % saturation, en air comme en eau, entrer l'altitude ou la pression barométrique à la demande.
- 6 – Entrer la valeur de salinité de l'eau qui va être testée dans le logiciel de l'instrument si vous utilisez un instrument qui ne mesure pas la conductivité.
- 7 – Enfin, les capteurs optiques ont montré qu'ils conservent le sur calibration sur de nombreux mois. YSI vous recommande toutefois de vérifier cette calibration sur une base régulière.

Erreurs durant la calibration

Si un message d'erreur se manifeste durant la procédure de calibration comme « hors gamme » ou « résultats questionnables », ne pas accepter ou procéder la calibration. A la place, annuler ou abandonner la calibration et essayer de déterminer ce qui provoque cette erreur. Une liste des sources potentielles d'erreur et des remèdes est trouvée en Figure 38. Pour les recommandations spécifiques aux instruments se reporter au manuel de cet instrument.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Source d'erreur	Recommandation
Membrane électrochimique mauvaise	Inspecter la membrane en recherchant une contamination, nettoyer avec un détergent léger si besoin. En cas de dommages ou de présence de bulles d'air sous la membrane, la remplacer.
Electrodes sales sur capteurs monolithiques polarographiques et galvaniques	Si une membrane neuve ne résout pas le problème, inspecter le ternissement des électrodes et si nécessaire pratiquer le nettoyage en respectant les instructions spécifiques au type de capteur de la section Précautions et maintenance des capteurs de cette brochure. Le ternissement des électrodes est le résultat naturel de la réaction chimique qui prend place sous la membrane, une maintenance occasionnelle des électrodes est requise pour supprimer cette accumulation.
« Rodage » non pratiqué sur une membrane RapidPulse™	Pour les capteurs RapidPulse™ pratiquer le « rodage » approprié comme décrit dans la section Conseils de calibrations séries 6 de ce document.
Charge O2d élevée (valeur de diagnostic du capteur) pour un capteur RapidPulse™	Re-surfacer les électrodes et installer une membrane neuve suivant les instructions pour le RapidPulse™ dans la section Précautions et maintenance des capteurs de cette brochure ou dans le manuel d'utilisation des sondes série 6
Charge O2d faible (valeur de diagnostic du capteur) pour un capteur RapidPulse™	Manque d'électrolyte sous la membrane, bulle d'air sous la membrane, membrane percée. Remplacer la membrane et l'électrolyte.
Elément sensible optique déficient	Inspecter l'élément sensible en cherchant une contamination, nettoyer au besoin avec un détergent léger. Si l'élément sensible est endommagé
Elément sensible optique sec	Si l'élément sensible a été laissé sécher, essayer de pratiquer la procédure de réhydratation décrite dans le manuel de l'instrument
Mauvaise lecture de température	Vérifier si la température est lue avec précision. Si elle est erronée, contacter votre centre technique régional.
Mauvaise entrée de calibration	S'assurer que les valeurs entrées durant le processus de calibration sont précises, ex. : la pression barométrique « vraie », la valeur de salinité, la valeur de concentration O2d d'échantillon par titration, etc.

Figure 38

Fichier GLP (Good Laboratory Practices - bonnes pratiques du laboratoire)

Les instruments YSI les plus récents contiennent un fichier GLP (bonnes pratiques du laboratoire) qui enregistre chaque calibration dans la mémoire non volatile de l'instrument. En général, l'enregistrement de la calibration contient date & heure à laquelle la calibration a été faite, la valeur du capteur et si la calibration a été ou pas couronnée de succès. Voir la valeur du capteur dans le fichier GLP peut être utile pour vérifier la précision de la calibration et la condition du capteur peut aider au diagnostic. Par exemple, une valeur de capteur qui est hors de la gamme désirée peut indiquer qu'il est temps de changer la membrane ou de reconditionner les électrodes. Pour une information sur la valeur capteur et sur sa plage optimale, voir le manuel spécifique de cet instrument.

Prendre des mesures

Pour prendre une mesure, placer le capteur dans l'échantillon à mesurer.

Si l'on utilise un capteur monolithique électrochimique, s'assurer qu'il y a un mouvement suffisant de l'échantillon pour dépasser la dépendance à l'écoulement. Comme mentionné, le débit requis varie par type de membrane est listé en Figure 14. L'exigence en écoulement peut être satisfaite par la vitesse de l'échantillon lui-même par l'agitation de la sonde dans l'échantillon, une combinaison des deux ou en utilisant un agitateur mécanique.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Une bonne règle à suivre est d'agiter la sonde à la cadence que vous pensez requise. Ensuite augmenter ce mouvement. Si les lectures augmentent quand la cadence augmente alors vous ne deviez pas fournir assez de mouvement d'échantillon. Si les lectures n'augmentent plus alors le mouvement est suffisant. Continuez ce processus jusqu'à obtenir qu'une augmentation de mouvement ne se traduit plus par une augmentation de lecture O₂d. Si vous utilisez un capteur optique ou RapidPulse™ alors vous n'avez pas besoin de créer ce mouvement ni d'agiter.

Lorsque vous êtes certain qu'il y a un mouvement d'échantillon suffisant pour dépasser la dépendance à l'agitation, attendez la stabilisation des lectures de température et d'oxygène dissous. Le temps de réponse ou le temps de stabilisation, varie avec le capteur et le type de matériau de la membrane comme montré en Figure 14. Il est important de maintenir l'agitation pendant l'attente de stabilisation. Une fois les lectures stabilisées, vous pouvez enregistrer ou sauvegarder votre lecture.

Si vous prenez vos lectures dans un bassin d'aération ou autre milieu comportant une grande quantité de bulles, vous pouvez suspendre votre sonde à l'envers afin de permettre l'écoulement des bulles sur la sonde comme montré en Figure 39. De grandes bulles peuvent être un problème si elles éclatent contre la surface de la membrane car ceci est détecté comme une saturation 100%. Inverser la sonde comme illustré en Figure 39 va éloigner les bulles pour qu'elles n'éclatent pas en surface de la membrane et aider à éviter des erreurs de mesure.



Figure 39 – Sonde O₂d inversée afin d'éviter l'éclatement des bulles en surface de la membrane

Mesure de DBO

Le test de DBO (Demande biochimique en oxygène) consiste en la prise d'une mesure initiale d'oxygène dissous dans un échantillon puis de le mettre en incubation dans une bouteille pleine et étanche à l'air dans le noir à 20°C durant 3 ou 5 jours en fonction du protocole d'essai. L'échantillon est mesuré à nouveau après la période d'incubation, la DBO est calculée avec la différence entre les deux mesures combinée aux facteurs de dilution et d'ensemencement. Comme la majorité des eaux usées contiennent plus de matière friable d'oxygène que la quantité disponible dans l'eau saturée en air, les échantillons des tests de DBO sont dilués afin d'équilibrer la demande en oxygène et la fourniture. Parce que le développement des bactéries requiert des nutriments comme l'azote, le phosphore et des traces de métaux, ceux-ci sont ajoutés comme ensemencement de l'eau de dilution, laquelle est également tamponnée à un pH compatible.

Une variété de stratégies est employée dans le but de gérer des types spécifiques d'échantillons. Celles-ci comprennent des dilutions variables et l'ensemencement du diluant. Il est souvent désirable de distinguer la demande d'origine carbonée et d'origine azotée et dans les deux cas un inhibiteur de nitrification est employé. Les échantillons chlorés et toxiques nécessitent une manipulation spéciale. L'opérateur doit être familier des méthodes standards et de la littérature technique sur ce sujet.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Lorsqu'il est utilisé correctement, le test de DBO produit une caractérisation fiable de l'eau usée. On peut s'attendre à ce qu'il soit un standard pour les agences de conformité pour de nombreuses années même si son utilisation comme outil de contrôle est limité par les 3 ou 5 jours requis pour ce test. Différentes méthodes (basées sur la surveillance à court terme et l'extrapolation) d'une estimation des résultats probables du test de DBO sur un échantillon ont été discutés et le lecteur intéressé est renvoyé vers la littérature appropriée.

Précautions de mesure et interférences

Il n'y a que quelques interférences potentielles à prendre en considération lors de la prise de mesure de manière à obtenir les meilleures données possibles.

Bio-fouling

Une petite partie des interférences potentielles devant être prises en considération concernent principalement le maintien propre de la zone de détection. Toujours maintenir le capteur libre du bio-fouling comme le développement des bactéries et des algues. Ces organismes ne vont pas seulement empêcher la perméation de l'oxygène au travers de la membrane mais aussi générer ou consommer de l'oxygène, résultant en des lectures erronées sur les capteurs optiques comme électrochimiques.

Si le bio-fouling est un problème sur votre application, essayez de rincer la sonde entre les lectures de manière à conserver le capteur propre. Le meilleur conseil si la mesure ne peut être évitée dans ces types d'environnement est de rincer fréquemment la sonde. Si nécessaire, nettoyer périodiquement la membrane avec un détergeant doux afin de supprimer les résidus. Il peut aussi être nécessaire d'augmenter la fréquence des remplacements de membrane.

Liquides attaquant la sonde

Il y a quelques substances qui peuvent aggraver les matériaux de la sonde et peuvent provoquer des dommages permanents. Si l'on utilise un capteur optique, éviter d'exposer la sonde à de l'alcool et d'autres solvants organiques. L'alcool peut détériorer la couche de peinture qui protège la couche de colorant, d'autres solvants organiques peuvent détériorer la couche de colorant. Une liste des solvants qui peuvent endommager une sonde optique est trouvée en Figure 40. A l'évidence, la concentration de la substance est aussi un facteur déterminant si des dommages se produiront ou pas sur la sonde.

Liquides attaquant la sonde optique

Ceux-ci vont supprimer la couche de peinture sur l'élément sensible :

Les alcools

Ceux-ci vont supprimer la couche de peinture et la couche de colorant du capuchon sensible, attaquer le corps de la sonde :

Toluène

Benzène

Tétra chlorure de carbone

Chloroforme

Chlorure de méthylène

Acétone

Méthyle éthyle cétone

Autres solvants organiques

Figure 40 – Substances qui peuvent endommager un élément sensible optique

Gaz interférents

Certains gaz, s'ils sont dissous dans l'eau, peuvent provoquer une interférence sur les capteurs galvaniques et polarographiques s'ils sont en concentrations suffisantes. La lecture d'un capteur optique n'est toutefois en général pas affectée par la présence de ces gaz. Les gaz qui peuvent provoquer des interférences avec la mesure d'oxygène dissous comprennent : sulfure d'hydrogène, dioxyde de soufre, halogènes, néon, oxydes nitreux et nitriques. Certains de ces gaz et d'autres ont été testés par YSI et la réponse en oxygène apparent est listée ci-dessous :

100% monoxyde de carbone : inférieure à 1%

100% dioxyde de carbone : inférieure à 1%

100% hydrogène : inférieure à 1%

100% chlore : 2/3 réponse O₂

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



100% Hélium : aucune
100% Oxyde nitreux : 1/3 réponse O2
100% Ethylène : aucune
100 Oxyde nitrique : 1/3 réponse O2

Intégrité de la membrane et de l'élément sensible

S'il est important de détecter un dépôt ou un encrassement sur la membrane ou le capuchon sensible, il est aussi important de contrôler l'intégrité de la membrane et du capuchon sensible par une inspection visuelle. Pour une membrane électrochimique, vérifier si la membrane est encore étirée correctement et s'il n'y a pas de bulles captives dessous. Pour un élément sensible, recherchez la présence de larges rayures. Si de petites rayures dans la couche de peinture ne vont pas affecter les lectures, de grandes rayures le peuvent et vous devez remplacer ce capuchon si vous voyez de grandes rayures et avez des problèmes lors de la calibration. De même, assurez-vous de conserver vos membranes électrochimiques et élément sensible optique hydratés.

Précautions et maintenance des capteurs

Une compréhension de la mesure d'oxygène dissous ne serait pas complète sans discuter des précautions et de la maintenance du capteur qui est pour la plupart entre les mains de l'opérateur.

Précautions et maintenance des capteurs électrochimiques

Cette section décrit les recommandations générales en termes de précautions et de maintenance des capteurs électrochimiques. Pour des instructions plus détaillées spécifiques à votre instrument, se référer au manuel de cet instrument.

Changer une membrane

Le remplacement de la membrane est de loin la tâche la plus commune sur les capteurs électrochimiques. En général, les membranes doivent être changées toutes les 2-8 semaines en fonction de l'application. Si l'on mesure dans un environnement très encrassant ou en eau avec un fort contenu en hydrogène sulfuré, il peut être nécessaire de changer la membrane toutes les deux semaines.

Comme déjà discuté, les capteurs YSI ont l'un des deux styles de membranes, feuille étirée ou capuchon à visser. Les capteurs le plus anciens utilisent une membrane en feuille qui est étirée par-dessus l'extrémité du capteur et maintenue en place par un joint torique. Ce montage est appelé la membrane étirée.

La Figure 41 montre des dessins en séquence montrant comment de type de membrane est changé.

Après avoir déposé l'ancienne membrane, rincer l'électrode avec de l'eau distillée ou dé-ionisée puis la sécher. Ensuite bloquer une membrane entre votre pouce et le corps du capteur. Ajouter l'électrolyte de manière à avoir un grand ménisque couvrant la totalité de la cathode en or. Manipuler le matériau de la membrane avec soin et ne le toucher qu'à ses extrémités. Avec le pouce et l'index de l'autre main, agrippez le bout libre de la membrane. Avec un mouvement continu étirer la membrane par-dessus l'extrémité du capteur puis de l'autre côté du corps. Etirer la membrane lui fait épouser la forme de l'extrémité du capteur. Bloquer l'extrémité de la membrane sous votre index tout en continuant à tenir le capteur. Rouler le joint torique sur l'extrémité du capteur en prenant soin de ne pas toucher la surface de la membrane.

Elle doit alors être en place sans plis ni bulles d'air captives. Couper l'excès de membrane avec des ciseaux ou un couteau affûté. Agiter pour supprimer tout excès d'électrolyte puis rincer le capteur à l'eau propre.

AnHydre, Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

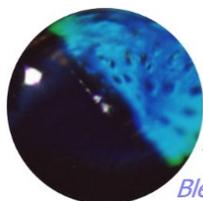
Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



AnHydre.
Bleu Passionnément ...

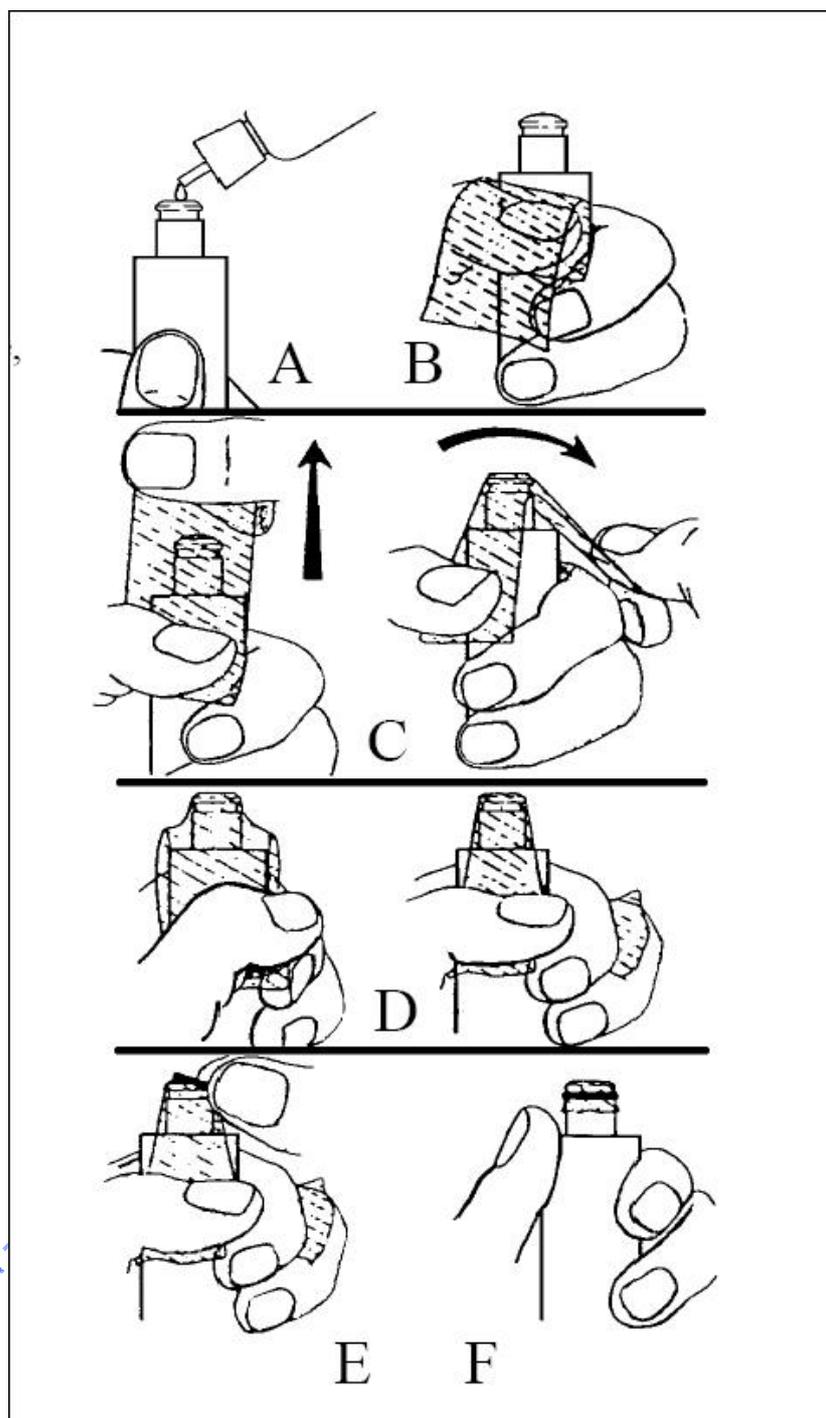


Figure 41- Séquence en dessins démontrant l'installation d'une membrane étirée.

Les plus récentes membranes capuchons sont nettement plus simples à changer comme montré par une série de dessins en Figure 42. Après dépose de l'ancienne membrane, rincer les électrodes avec de l'eau distillée ou dé-ionisée puis les sécher. Ensuite remplir une membrane capuchon avec de l'électrolyte neuf. Ensuite avec la sonde orientée face vers le bas, insérer le capteur dans la membrane capuchon, un peu d'électrolyte va sortir, ceci est normal. Continuer en vissant le capuchon sur le capteur.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Secouer l'excès d'électrolyte puis rincer le capteur à l'eau propre. Si vous désirez voir une vidéo de cette procédure, visitez le canal YSI sur YouTube : www.youtube.com/YSIInc

NOTE : toujours calibrer l'instrument après un remplacement de la membrane.

Entre les changements de membrane, vérifier l'intégrité de la membrane régulièrement afin d'être certain quelle est encore bien étirée, pas sale et sans bulles captives. Une membrane desserrée ou plissée va introduire des erreurs de mesure, rendre la calibration difficile et provoquer une maintenance plus fréquente des électrodes.

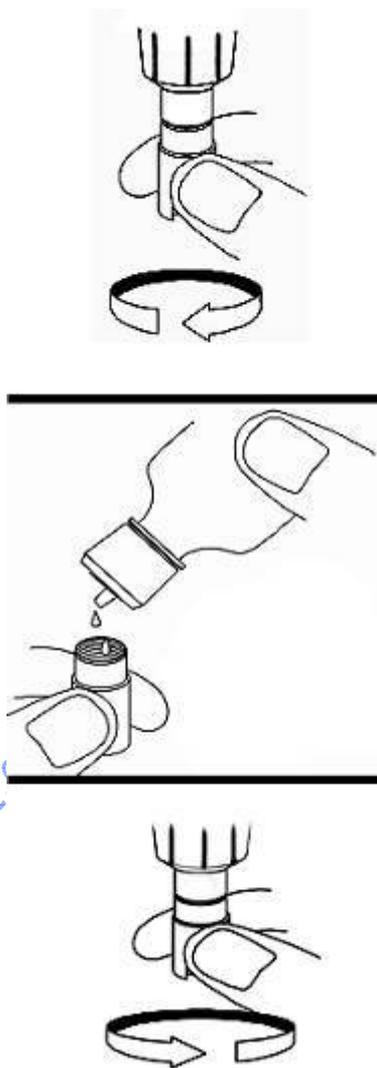


Figure 42 – Séquence de dessins montrant le remplacement d'une membrane capuchon.

Maintenance des électrodes

Requérant nettement moins d'attention que la membrane on trouve les électrodes du capteur électrochimique ou plus spécifiquement l'anode et la cathode. Il est important de noter que le ternissement des électrodes est un sous produit naturel de la réaction prenant place sous la membrane par la présence de l'oxygène. En d'autres termes il est inévitable. Si l'on utilise un capteur électrochimique, il peut requérir éventuellement un nettoyage. La fréquence du nettoyage dépend de l'utilisation et du type de capteur. En général, la maintenance de l'électrode ne doit être nécessaire qu'environ une fois l'an pour les capteurs polarographiques monolithiques et environ tous les trois mois pour les capteurs monolithiques galvaniques. Ne pratiquer les procédures qui suivent que si l'instrument ne se calibre pas ou si les lectures sont instables et qu'un remplacement régulier de la membrane ne corrige pas ces problèmes.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Maintenance de l'anode du capteur polarographique

Une anode d'argent polarographique ternie peut être nettoyée en baignant le capteur dans un nettoyant ménager à base d'ammoniaque durant une nuit. En variante l'électrode peut être baignée dans d'hydroxyde d'ammonium à 14% durant 2 à 3 minutes. Après avoir baigné le capteur, le rincer soigneusement à l'eau propre. Ceci va nettoyer l'anode qui va briller à nouveau. Si vous utilisez le style d'électrode qui utilise une membrane capuchon vous pouvez passer un papier abrasif finesse 400 mouillé sur l'anode après le bain en ammoniaque. Ceci peut être fait en frottant le disque de papier abrasif autour sur l'anode en tournant comme montré en Figure 43. Ensuite rincer à l'eau propre.



Figure 43.

Toujours installer une membrane neuve avec de l'électrolyte neuf après un entretien des électrodes et laisser le capteur se stabiliser avant la calibration.

NOTE : Ne pas utiliser le bain en ammoniaque avec les capteurs galvaniques et polarographiques RadpiPulse™.

Maintenance de la cathode du capteur polarographique

La cathode de la plupart des capteurs YSI peut être restaurée sur son polissage normal en passant l'abrasif mouillé sur l'électrode. Si un dépôt important est présent cette procédure va mieux après un bain en ammoniaque comme décrit plus haut. Pour passer l'abrasif sur la cathode, placer un disque feuille finesse 400, sèche ou mouillée, face vers le haut dans la paume de votre main. Ensuite poser la cathode sur la feuille puis tourner le capteur, voir en Figure 44. Après l'abrasion, rincer l'électrode à l'eau propre.



Figure 44

Toujours installer une membrane neuve avec de l'électrolyte neuf après un entretien des électrodes et laisser le capteur se stabiliser avant la calibration.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

Maintenance galvanique

Pour supprimer les dépôts blancs des électrodes galvaniques, utiliser la procédure d'abrasion avec une feuille finesse 400 sur l'anode et la cathode. Après avoir déposé la membrane rincer les électrodes à l'eau claire. Ensuite enrouler le disque abrasif autour de l'anode et tourner comme montré en Figure 43. Pour la cathode, placer le disque abrasif orienté vers le haut dans votre paume. Ensuite poser la cathode sur le disque abrasif et tourner le capteur comme montré en Figure 44. Après l'abrasion, rincer les électrodes à l'eau propre. Toujours installer une membrane neuve avec de l'électrolyte neuf après un entretien des électrodes et laisser le capteur se stabiliser avant la calibration. Ne pas baigner le capteur galvanique à l'ammoniaque.

Maintenance RapidPulse™

Les électrodes du capteur RapidPulse™ peuvent être entretenues avec une procédure d'abrasion au papier mouillé finesse 2400. Pour cette procédure, placer le disque de papier entre votre pouce et votre index puis pratiquez l'abrasion en parallèle aux électrodes 10-15 fois comme pour frotter une allumette. Ensuite rincer les électrodes à l'eau propre puis installer une membrane neuve avec de l'électrolyte neuf. Ne pas pratiquer la procédure avec le bain en ammoniacale ou utiliser un abrasif finesse 400 sur un capteur RapidPulse™.



Figure 45

Précautions et maintenance des capteurs optiques

Les exigences en maintenance d'un capteur optique sont moins laborieuses que celles des capteurs électrochimiques.

Pour nettoyer le capteur et son élément sensible, les rincer à l'eau claire et utiliser un tissu sans peluches. Si nécessaire utiliser un détergent doux. Ne pas utiliser d'alcools ou autres solvants organiques qui peuvent détériorer l'élément sensible.

L'élément sensible doit être remplacé environ une fois l'an mais il peut tenir plus longtemps. Il doit aussi être remplacé s'il est craquelé ou endommagé. En changeant l'élément sensible, rincer les optiques à l'eau propre puis les essuyer avec un tissu sans peluches ou un tissu pour lentilles optiques. La fiche d'instructions qui accompagne un élément sensible neuf, porte les coefficients de calibration spécifiques à cet élément. Ces coefficients doivent être entrés dans la sonde pour la meilleure précision en suivant les instructions fournies. Voir le manuel de cet instrument pour des instructions détaillées sur comment changer l'élément sensible.

Stockage

Pour le court terme, les capteurs électrochimiques doivent être stockés en un environnement humide qui protège la membrane contre la déshydratation et évite le remplacement qui en résulterait. Ne pas stocker le capteur directement dans l'eau car ceci peut encourager un développement biologique comme les algues sur la sonde. Pour le stockage à long terme, déposer la membrane, rincer et sécher l'électrode puis installer une membrane à sec afin de protéger le capteur de la poussière et des saletés durant le stockage.

Le capteur RapidPulse™ est un peu différent en ce qu'il ne doit pas être stocké à sec car ceci peut réduire sa durée de vie. Conserver plutôt la membrane en place sur le capteur RapidPulse™ et le stocker en environnement humide pour le stockage à court comme à long terme.

Les capteurs optiques ne doivent pas être laissés se déshydrater. Pour le stockage conserver l'élément sensible en place et mettre le capteur en environnement humide, pas directement en eau car ceci peut encourager un développement biologique sur le capteur. Si vient à se déshydrater, suivre les instructions pour la réhydratation trouvées dans le manuel spécifique de l'instrument.

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Pour stocker l'instrument sur de longues périodes, sortir les piles. Nettoyer le boîtier et le câble avec un détergent doux si besoin. Ensuite stocker l'appareil en un endroit propre, frais et sec.

Le mot de la fin

YSI fabrique et vend des capteurs d'oxygène dissous depuis plus de 40 ans, elle a l'expérience qui en a fait une société de pointe dans les techniques de mesure de l'oxygène dissous. Pour plus d'information sur la mesure d'oxygène dissous, y compris une information la plus récente sur l'état de l'accréditation de la méthode optique, visiter le site www.y.si.com/weknowndo. Cette page est libre et sert de centre de ressource pour ceux qui s'intéressent à en apprendre plus sur l'oxygène dissous.

YSI propose différents instruments d'oxygène dissous pour répondre à une variété d'exigences d'application depuis l'échantillonnage ponctuel jusqu'à la surveillance permanente, depuis le mono paramètre de terrain et de laboratoire jusqu'aux sondes multi-paramètres. L'équipe de support technique est prête à vous épauler dans le choix d'un instrument bien adapté à votre application.

www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

ANNEXE A – Table de solubilité de l’oxygène

Solubilité de l’oxygène en mg/l dans l’eau exposée à de l’air saturé en eau à la pression de 760mm Hg (3)

Salinité = Mesure de la quantité de sels dissous dans l’eau.

Chlorinité = Mesure du contenu en chlorures, en masse, dans l’eau.

$S(^{0}/_{00}) = 1,80655 \times \text{chlorinité } (^{0}/_{00})$

Ppt = partie pour mille

Temp. °C	Chlorinité 0 Salinité: 0	5.0 ppt 9.0 ppt	10.0 ppt 18.1 ppt	15.0 ppt 27.1 ppt	20.0 ppt 36.1 ppt	25.0 ppt 45.2 ppt
0.0	14.62	13.73	12.89	12.10	11.36	10.66
1.0	14.22	13.36	12.55	11.78	11.07	10.39
2.0	13.83	13.00	12.22	11.48	10.79	10.14
3.0	13.46	12.66	11.91	11.20	10.53	9.90
4.0	13.11	12.34	11.61	10.92	10.27	9.66
5.0	12.77	12.02	11.32	10.66	10.03	9.44
6.0	12.45	11.73	11.05	10.40	9.80	9.23
7.0	12.14	11.44	10.78	10.16	9.58	9.02
8.0	11.84	11.17	10.53	9.93	9.36	8.83
9.0	11.56	10.91	10.29	9.71	9.16	8.64
10.0	11.29	10.66	10.06	9.49	8.96	8.45
11.0	11.03	10.42	9.84	9.29	8.77	8.28
12.0	10.78	10.18	9.62	9.09	8.59	8.11
13.0	10.54	9.96	9.42	8.90	8.41	7.95
14.0	10.31	9.75	9.22	8.72	8.24	7.79
15.0	10.08	9.54	9.03	8.54	8.08	7.64
16.0	9.87	9.34	8.84	8.37	7.92	7.50
17.0	9.67	9.15	8.67	8.21	7.77	7.36
18.0	9.47	8.97	8.50	8.05	7.62	7.22
τ						τ

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l’égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

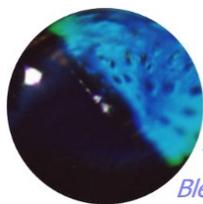
Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



AnHydre.
Bleu Passionnément ...

τ						τ
19.0	9.28	8.79	8.33	7.90	7.48	7.09
20.0	9.09	8.62	8.17	7.75	7.35	6.96
21.0	8.92	8.46	8.02	7.61	7.21	6.84
22.0	8.74	8.30	7.87	7.47	7.09	6.72
23.0	8.58	8.14	7.73	7.34	6.96	6.61
24.0	8.42	7.99	7.59	7.21	6.84	6.50
25.0	8.26	7.85	7.46	7.08	6.72	6.39
26.0	8.11	7.71	7.33	6.96	6.62	6.28
27.0	7.97	7.58	7.20	6.85	6.51	6.18
28.0	7.83	7.44	7.08	6.73	6.40	6.09
29.0	7.69	7.32	6.96	6.62	6.30	5.99
30.0	7.56	7.19	6.85	6.51	6.20	5.90
31.0	7.43	7.07	6.73	6.41	6.10	5.81
32.0	7.31	6.96	6.62	6.31	6.01	5.72
33.0	7.18	6.84	6.52	6.21	5.91	5.63
34.0	7.07	6.73	6.42	6.11	5.82	5.55
35.0	6.95	6.62	6.31	6.02	5.73	5.46
36.0	6.84	6.52	6.22	5.93	5.65	5.38
37.0	6.73	6.42	6.12	5.84	5.56	5.31
38.0	6.62	6.32	6.03	5.75	5.48	5.23
39.0	6.52	6.22	5.98	5.66	5.40	5.15
40.0	6.41	6.12	5.84	5.58	5.32	5.08
41.0	6.31	6.03	5.75	5.49	5.24	5.01
42.0	6.21	5.93	5.67	5.41	5.17	4.93
43.0	6.12	5.84	5.58	5.33	5.09	4.86
44.0	6.02	5.75	5.50	5.25	5.02	4.79
45.0	5.93	5.67	5.41	5.17	4.94	4.72

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

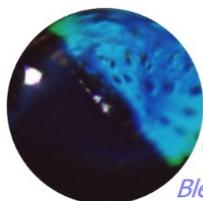
Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



AnHydre.
Bleu Passionnément ...

τ						τ
46.0	5.835	5.578	5.333	5.097	4.872	4.656
47.0	5.744	5.493	5.252	5.021	4.801	4.589
48.0	5.654	5.408	5.172	4.947	4.730	4.523
49.0	5.565	5.324	5.094	4.872	4.660	4.457
50.0	5.477	5.242	5.016	4.799	4.591	4.392

www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

ANNEXE B – Valeurs de calibration pour différentes pressions atmosphériques et altitudes

PRESSION			ALTITUDE		VALEUR DE CALIBRATION
Inches Hg	mm Hg	Millibars	Feet	Mètres	Pourcentage Saturation
30.23	768	1023	-276	-84	101
29.92	760	1013	0	0	100
29.61	752	1003	278	85	99
29.33	745	993	558	170	98
29.02	737	983	841	256	97
28.74	730	973	1126	343	96
28.43	722	963	1413	431	95
28.11	714	952	1703	519	94
27.83	707	942	1995	608	93
27.52	699	932	2290	698	92
27.24	692	922	2587	789	91
26.93	684	912	2887	880	90
26.61	676	902	3190	972	89
26.34	669	892	3496	1066	88
26.02	661	882	3804	1160	87
25.75	654	871	4115	1254	86
25.43	646	861	4430	1350	85
25.12	638	851	4747	1447	84
24.84	631	841	5067	1544	83
24.53	623	831	5391	1643	82
24.25	616	821	5717	1743	81
23.94	608	811	6047	1843	80
23.62	600	800	6381	1945	79
23.35	593	790	6717	2047	78
23.03	585	780	7058	2151	77
22.76	578	770	7401	2256	76
22.44	570	760	7749	2362	75
22.13	562	750	8100	2469	74
21.85	555	740	8455	2577	73
21.54	547	730	8815	2687	72
21.26	540	719	9178	2797	71
20.94	532	709	9545	2909	70
20.63	524	699	9917	3023	69
20.35	517	689	10293	3137	68
20.04	509	679	10673	3253	67
19.76	502	669	11058	3371	66

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com

ANNEXE C – Formules de conversions utiles

Pour convertir de	en	équation
Feet	Mètres	Multiplier par 0,305
Mètres	Feet	Multiplier par 3,28
Degrés Celsius	Degrés Fahrenheit	$5/9 \times (^{\circ}\text{F} - 32)$
Degrés Fahrenheit	Degrés Celsius	$9/5 \times (^{\circ}\text{C}) + 32$
Milligrammes par litre (mg/l)	Parties par million (ppm)	Multiplier par 1

	kilo Pascals	mm Hg	millibars	inches H ₂ O	PSI	inches Hg
1 atm	101.325	760.000	1013.25	406.795	14.6960	29.921
1 kiloPascal	1.00000	7.50062	10.0000	4.01475	0.145038	0.2953
1 mmHg	0.133322	1.00000	1.33322	0.535257	0.0193368	0.03937
1 millibar	0.100000	0.750062	1.00000	0.401475	0.0145038	0.02953
1 inch H₂O	0.249081	1.86826	2.49081	1.00000	.0361	0.07355
1 PSI	6.89473	51.7148	68.9473	27.6807	1.00000	2.0360
1 inch Hg	3.38642	25.4002	33.8642	13.5956	0.49116	1.00000
1 hectoPascal	0.100000	0.75006	1.00000	0.401475	0.0145038	0.02953
1 cm H₂O	0.09806	0.7355	9.8×10^{-7}	0.3937	0.014223	0.02896

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com



Références

- (1) South Carolina Department of Natural Resources – Waddell Mariculture Center; Research funded by National Institute of Standards and Technology.
- (2) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998), 20th Edition. Published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington, D.C.
- (3) *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. (2009, September 1).
Wikimedia Foundation, Inc. Retrieved September 17, 2009, from <http://en.wikipedia.org/wiki/Freshwater> .
- (4) Winkler, L.W. (1888). Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 21, page 2843.

www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu - www.anhydre.eu

AnHydre. Sarl au capital de 9000 Euros

11 Rue de l'égalité 08320 VIREUX MOLHAIN - France

Tel : +333 24 40 11 07 – Fax : +333 24 41 11 57

Vente France : 0811 60 08 08 – SAV France : 0825 66 30 40

SIRET 434 917 274 00012

APE 3320C

www.anhydre.eu

anhydre@anhydre.com