

# PROTOCOLES D'ÉVALUATION DE LA CONTRIBUTION DES PARAMÈTRES IMPACTANT LA MESURE *IN SITU* PAR SONDES MULTIPARAMÈTRES EN EAUX SALINES, POUR LA MESURE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUE

Thème E : Améliorer la qualité des données

F. Salvetat, N. Guigues  
Février 2014

Programme scientifique et technique  
Année 2013

Rapport d'étape

En partenariat avec





## Contexte de programmation et de réalisation

---

Ce rapport a été réalisé dans le cadre du programme d'activité AQUAREF pour l'année 2013.

Auteur (s) :

*Florence Salvetat*  
*Ifremer*  
*florence.salvetat@ifremer.fr*

*Nathalie Guigues*  
*LNE*  
*Nathalie.guigues@lne.fr*

---

Vérification du document :

*Catherine Berho*  
*BRGM*  
*c.berho@brgm.fr*

## Les correspondants

---

Onema : Isabelle Barthe-Franquin, [isabelle.barthe-franquin@onema.fr](mailto:isabelle.barthe-franquin@onema.fr)

Ifremer : Philippe Nicolas

Référence du document : Florence Salvetat - Protocoles d'évaluation de la contribution des paramètres impactant la mesure *in situ* par sondes multiparamètres en eaux salines, pour la mesure des paramètres physico-chimiques - Rapport AQUAREF 2013 - 20 p.

<b>Droits d'usage :</b>	<i>Accès libre</i>
Couverture géographique :	<i>International</i>
Niveau géographique :	<i>National</i>
Niveau de lecture :	<i>Professionnels, experts</i>
Nature de la ressource :	<i>Document</i>

## Table des matières

1. Introduction .....	5
1.1 Contexte .....	5
1.2 Objectif de l'étude .....	5
2. Choix des capteurs.....	6
2.1. Sondes Hydrolab OTT .....	6
2.2. Sondes NKE .....	6
2.3. Optode Aanderaa .....	7
2.4. Sonde Seabird .....	7
3. Moyens d'essais .....	8
3.1. Moyens d'étalonnage pour les capteurs de conductivité .....	8
3.2. Moyens d'étalonnage pour les capteurs d'oxygène dissous .....	9
4. Choix des types d'expérimentation .....	10
4.1. Protocoles de la norme prEN 16479-2 :.....	10
4.1.2. Temps de réponse .....	10
4.1.3. Justesse, linéarité et répétabilité (et hystérésis) .....	11
4.1.6. Dérive .....	12
4.1.7. Impédance de sortie .....	12
4.1.8. Tension d'alimentation .....	13
4.1.9. Température et humidité relative ambiante .....	13
4.1.10. Température de l'échantillon .....	13
4.1.11. Débit de l'échantillon .....	13
4.1.12. Pression de l'échantillon .....	13
4.1.13. En résumé, sur les protocoles de la norme prEN 16479-2 .....	14
4.2. Autres expérimentations .....	14
4.2.1. Effet de l'environnement d'étalonnage sur les capteurs d'oxygène dissous.....	14
4.2.2. Effet de la présence de chlore sur la réponse des capteurs d'oxygène dissous.....	15
5. Description des expérimentations .....	16
5.1. Temps de réponse .....	16
5.2. Justesse, linéarité et répétabilité (et hystérésis), Effets de matrice de l'échantillon et Température d'échantillon.....	16
5.3. Effet de l'environnement d'étalonnage sur les capteurs d'oxygène dissous	18
5.4. Effet de la présence de chlore sur la réponse des capteurs d'oxygène dissous .....	18
5.5. Dérive .....	19
5.6. Test de lumière incidente .....	19
5. Conclusions .....	20

# 1. Introduction

## 1.1 Contexte

Cette étude s'inscrit dans un contexte où la garantie de la qualité des mesures océanographiques se fait de plus en plus pressante.

En effet, avec l'arrivée il y a une quinzaine d'année, des stations de surveillance continue des paramètres physico-chimique des eaux marines, et l'engouement scientifique pour ces appareillages de mesure haute-fréquence, le milieu océanographique a connu une augmentation importante du nombre d'appareillage utilisés.

Cette augmentation des parcs instrumentaux s'est couplée avec une évolution technologique des capteurs, amenant une diversité accrue des technologies employées et par la même une nécessité de comparabilité des résultats obtenus.

Enfin, l'acquisition de données haute-fréquence a également nécessité la mise en place de bancarisation des données au sein de base de données et d'engagement sur la qualité métrologique de ces données.

C'est pourquoi l'Ifremer a souhaité s'investir dans la mise en place d'un programme de métrologie pour caractériser au mieux la qualité des données acquises.

Disposant d'un laboratoire de métrologie depuis sa création dans les années 70, l'Ifremer dispose d'un savoir-faire et d'une expérience importante dans le domaine de la métrologie. Cette expérience est également le fruit de plus de 20 ans d'accréditation Cofrac Etalonnage dans les paramètres Température et Pression.

L'étude proposée dans ce document a donc pour but de faire avancer les connaissances dans le domaine de la métrologie des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer, de faire profiter aux autres acteurs de la mesure en eau, des moyens d'essais et des connaissances acquises au sein d'Ifremer et d'échanger avec ces acteurs sur les recommandations et pratiques du milieu océanographique.

Enfin, nous rappelons que la finalité du projet proposé au sein d'Aquaref et dont dépend cette étude, est d'établir des recommandations de métrologie (procédures, formations, éventuellement normes) pour les laboratoires réalisant l'étalonnage ou utilisant les instruments de mesures physico-chimiques. Il répond ainsi, au plan national, à la demande des différents réseaux de mesures et aux exigences du COFRAC.

## 1.2 Objectif de l'étude

L'objet de ce document est d'établir des protocoles de caractérisation des paramètres d'influence des capteurs utilisés en milieu marin côtier (et hauturier pour certains d'entre eux), en se concentrant sur les paramètres conductivité/salinité et oxygène dissous.

Les expérimentations proposées seront menés sur différents capteurs détaillés dans le premier chapitre de ce document.

Les expérimentations seront battis en réunissant l'expérience terrain et laboratoire déjà acquise par l'Ifremer et le LNE sur différents capteurs ainsi que les recommandations en cours de rédaction pour l'élaboration de la norme prEN 16479-2 du groupe CEN/TC 230 WG4.

La description des moyens d'essais existants à Ifremer et qui serviront à la réalisation des expérimentations est fournie aux chapitre 2.

Enfin, le choix des essais à mener sera indiqué dans le chapitre 3. Dans un premier temps, nous balayerons les protocoles de la norme prEN 16479-2 afin d'en retenir les expériences pertinentes pour cette étude, puis, dans un second temps, nous y ajouterons des expériences additionnelles issues de l'expérience terrain et laboratoire acquise par Ifremer pour le milieu marin.

## 2. Choix des capteurs

Les capteurs testés sont des capteurs côtiers et hauturiers. Ils correspondent aux équipements disponibles à l'Ifremer et dont la traçabilité d'utilisation est disponible. Ils font également partie des principaux capteurs utilisés au sein de la communauté océanographique en France.

### 2.1. Sondes Hydrolab OTT

Deux sondes sont en possession du laboratoire de métrologie : une sonde MS5 et une sonde DS5X. Les capteurs de conductivité et d'oxygène dissous (capteur optique) présents sur les sondes sont identiques. Cette redondance permettra d'établir des éléments de comparaison.



Figure 1 : Sondes hydronaut

### 2.2. Sondes NKE

Il s'agit d'une sonde MP6.



Figure 2 : Sonde MP6 NKE

Il est à noter que le capteur d'oxygène dissous est un capteur Aanderaa et le capteur de conductivité/température est un capteur WTW.

### 2.3. Optode Aanderaa

Le choix des capteurs d'oxygène dissous s'oriente vers les capteurs optiques car il s'agit de la technologie la plus prisée aujourd'hui dans le milieu marin.

1 optode Aanderaa 3830 sera testée et, en fonction de sa disponibilité, une optode Aanderaa 4330 le sera également.



Figure 3 : Optode Aanderaa 3830



Figure 4 : Optode Aanderaa 4330

### 2.4. Sonde Seabird

Seabird est un constructeur américain d'équipement de mesure océanographique très réputé. Ses capteurs les plus performants sont à destination hauturière.

Le laboratoire dispose d'une sonde Sbe37.



Figure 5 : Sonde Seabird Sbe37

*Remarque concernant l'étude :* en matière de capteurs conductivité, nous effectuerons uniquement des mesures de conductivité à température réelle et non corrigé à 25°C.

### 3. Moyens d'essais

L'Ifremer dispose d'un laboratoire de métrologie dans lequel sont réalisés les étalonnages de différents types de capteurs dont des capteurs de conductivité et d'oxygène dissous.

#### 3.1. Moyens d'étalonnage pour les capteurs de conductivité

Les moyens d'étalonnage de température, conductivité et salinité sont les suivants :

- Un ensemble d'équipements de mesure de référence de la température permettant de mesurer les températures avec une incertitude allant de  $\pm 0,004^{\circ}\text{C}$  à  $\pm 0,007^{\circ}\text{C}$ .



Figure 6 : Thermomètre à résistance de Platine Etalon Rosemount 162CE



Figure 7 : Pont de mesure de résistance Measurement International 6010B

- Différents bains thermostatés allant de 100 à 800 litres.



Figure 8 : Bain Hart 7015 (100 litres)



Figure 9 : Bain Ifremer (800 litres)

Chacun des bains peut être rempli indifféremment d'eau douce ou d'eau de mer naturelle (disponible en réseau sur l'Ifremer).

- Un salinomètre de référence



Figure 10 : Salinomètre Autosal Guildline



Figure 11 : Flacons de prélèvement de salinité

### 3.2. Moyens d'étalonnage pour les capteurs d'oxygène dissous

Le banc d'oxygène dissous se compose d'un bain thermostaté pouvant être rempli en eau douce ou eau de mer. Ce bain est d'une capacité de 100 litres environ.

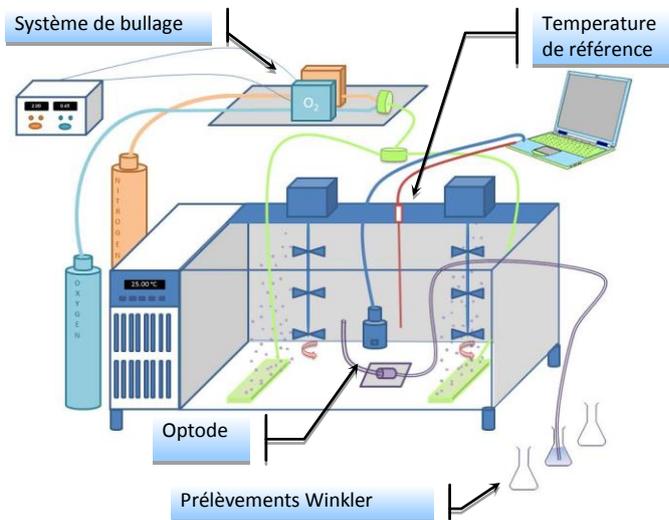


Figure 12 : Schéma du banc d'oxygène dissous

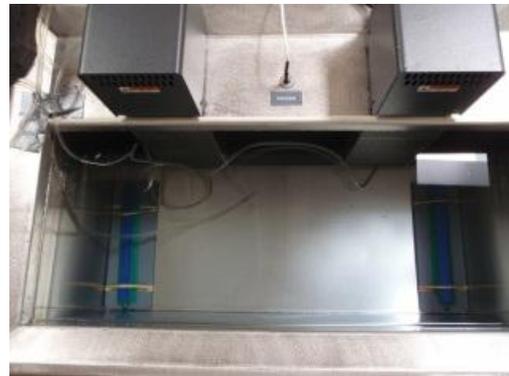


Figure 13 : Photo du banc d'oxygène dissous

Les mesures de référence d'oxygène dissous sont effectuées par méthode Winkler. Les incertitudes récemment établies sur nos équipements d'analyse aboutissent à des valeurs d'environ  $\pm 4 \mu\text{mol/l}$  pour des niveaux de  $440 \mu\text{mol/l}$  (soit  $\pm 0,15 \text{mg/l}$  pour  $14 \text{mg/l}$ ).



Figure 14 : Titreur Metrohm



Figure 15 : Prélèvements Winkler



Figure 16 : Flacons de prélèvements d'O<sub>2</sub>

## **4. Choix des types d'expérimentation**

### **4.1. Protocoles de la norme prEN 16479-2 :**

Les protocoles de la norme prEN 16479-2 regroupent dans le paragraphe « Tests de performance », les différents tests à mettre en œuvre en laboratoire pour qualifier les capteurs. Ces tests sont mentionnés ci-dessous :

1. Perte d'alimentation électrique
2. Temps de réponse
3. Justesse, linéarité et répétabilité
4. Effets de matrice de l'échantillon
5. Test de lumière incidente
6. Dérive
7. Impédance de sortie
8. Tension d'alimentation
9. Température et humidité relative ambiante
10. Température de l'échantillon
11. Débit de l'échantillon
12. Pression de l'échantillon

Lors de notre étude, nous nous concentrerons seulement sur une partie de ces tests. En effet, compte tenu du nombre d'essais à réaliser, nous souhaitons prioriser la réalisation des essais amenant des informations nouvelles et non réalisables par d'autres laboratoires. Nous nous concentrerons donc par exemple plus sur la caractérisation des paramètres d'influence que sur les performances liées à l'alimentation du capteur. Enfin, sur les essais que nous souhaitons réaliser, nous proposons de donner 3 niveaux de priorisation P1, P2, P3 (du plus important au moins important).

Enfin, pour des aspects pratiques et pour des raisons de rentabilité, nous serons également amenés à adapter ou coupler certains tests proposés.

#### **4.1.1. Perte d'alimentation électrique**

Le test n°1 concernant la perte d'alimentation du capteur concerne la capacité du capteur à sauvegarder des informations mémorisées (coefficients, paramétrages, ...). Bien que cet essai ait un impact évident sur la qualité métrologique des données collectées, il ne nous semble pas opportun de réaliser ce test dans notre étude. En effet, cet essai étant réalisable par tout utilisateur, il ne nous semble pas requérir les moyens spécifiques du laboratoire de métrologie de l'Ifremer.

#### **4.1.2. Temps de réponse**

Ce test consiste à calculer le temps de réponse du capteur soumis à une variation du mesurande d'au moins 50 % de l'étendue de mesure.

Ce test est utile pour la caractérisation de capteurs utilisés sur des campagnes ponctuelles.

Toutefois, il ne nous apparaît pas pertinent pour les applications de surveillance continue où le mesurande varie progressivement ou pour les applications de profil de mesure où le mesurande varie soit progressivement, soit par saut mais d'une quantité moindre que les 50% proposés par le projet de norme.

C'est pourquoi il serait nécessaire de compléter ce test par un autre type d'essai pour les applications de mesure en continu. Il pourrait s'agir, par exemple, d'essai de « dynamique de mesure » où l'on suivrait la réponse du capteur à une évolution maîtrisée du mesurande, évolution qui serait représentative des observations réalisées sur le terrain. Bien que nécessaire, ce type de test est encore aujourd'hui inexistant. La raison en est notamment la difficulté technique de maîtrise de l'évolution du mesurande et d'établissement d'une mesure de référence à laquelle comparer la dynamique du capteur.

L'évaluation du temps de réponse tel que décrit dans la norme prEN 16479-2, sera effectuée sur les capteurs de notre étude. La priorité associée est P2.

#### **4.1.3. Justesse, linéarité et répétabilité (et hystérésis)**

Cet essai consiste à vérifier la justesse, la linéarité et la répétabilité du capteur en effectuant des cycles de mesure (montée puis descente du mesurande) à l'instar des programmes d'étalonnage réalisés sur les capteurs de pression. Cet essai peut donc également aboutir à la détermination de l'hystérésis du capteur, selon la capacité à réaliser plus ou moins rapidement les différents points de mesure.

Ce test sera réalisé pour les capteurs de conductivité et d'oxygène dissous. Toutefois :

- Pour les capteurs de conductivité, la réalisation de mesures croissantes puis décroissantes n'amènera pas d'information supplémentaire compte tenu des technologies utilisées ; l'ordonnement des points sera donc modifié afin de faciliter l'efficacité et la mise en œuvre des essais.
- Pour les capteurs d'oxygène dissous, le temps d'obtention d'un palier stable d'oxygène dissous (2 à 4 heures en bain thermostaté régulé en oxygène dissous) est incompatible avec la recherche d'un effet d'hystérésis. De plus, des essais préliminaires ont déjà été menés et n'ont pas permis de mettre en évidence une hystérésis avec le pas de temps imposé par le moyen d'essai.

Enfin, cet essai pourra être couplé avec les essais proposés dans le cadre de la détermination des effets matrice présentés ci-dessous.

Ces essais sont classés en priorité P1.

#### **4.1.4. Effets de matrice de l'échantillon**

En milieu océanographique, la matrice de mesure est amenée à varier en fonction de la valeur de salinité et de la composition de l'eau de mer. De plus, en fonction de l'environnement de mesure (grand fond océanographique, côtier, etc, ...), différents interférents peuvent être présents dans l'eau de mer.

Toutefois, il est difficile de contrôler l'impact de la matrice sur les mesures de conductivité et d'oxygène dissous puisque la matrice influe sur les valeurs des grandeurs elles-mêmes. Les protocoles proposés par la norme prEN 16479-2 ne sont donc pas forcément applicables. En effet, ils proposent de comparer l'évolution des mesures du capteur en absence et en présence d'interférents. Or, dans nos applications la grandeur mesurée évolue, rendant la comparaison impossible en l'absence de mesure de référence de la grandeur.

Nous proposons donc de modifier les essais de la manière suivante :

##### Capteurs de conductivité :

Pour ce qui concerne les capteurs de conductivité, nous proposons de comparer la réponse du capteur à différentes salinités. Toutes les mesures seront comparées en termes d'erreur de justesse,

c'est-à-dire par rapport à des valeurs de référence. Il sera donc nécessaire de vérifier au préalable l'effet ou non de l'interfèrent sur la mesure de référence.

Enfin, pour reproduire des valeurs de conductivité similaires, il faudra modifier conjointement la salinité et la température. Ce protocole ne permettra donc pas de dissocier les effets de température des effets de salinité (donc de la matrice).

*Remarque* : Ce protocole répond également en partie à l'essai n°10 « Température d'échantillon ».

#### Capteurs d'oxygène dissous :

L'Ifremer disposant d'un banc d'oxygène dissous permettant d'assurer une concentration d'oxygène dissous stable quelque soient la température et la salinité, nous utiliserons ce moyen pour réaliser les essais d'effets de matrice. Ces essais serviront également au contrôle n°10 « Température d'échantillon ». Toutes les mesures seront à comparer en termes d'erreur de justesse, c'est-à-dire par rapport à des valeurs de référence. Il sera donc nécessaire de vérifier au préalable l'effet ou non de l'interfèrent sur la mesure de référence.

En résumé, parmi les tests d'effet de matrice retenus, nous vérifierons :

- L'impact de la salinité sur la réponse des capteurs de conductivité.
- L'impact de la salinité sur la réponse de capteurs d'oxygène dissous.

Ces essais sont retenus en priorité P1.

#### **4.1.5. Test de lumière incidente**

Ce test est nécessaire lors de l'utilisation de capteurs optiques.

#### Capteurs de conductivité :

Il n'a pas lieu d'être pour les capteurs de conductivité.

#### Capteurs d'oxygène dissous :

Ce test sera mené sur les capteurs optiques d'oxygène dissous. Toutefois, l'effet étant notoire, une grande partie des constructeurs ont pris les précautions nécessaires en revêtant par exemple les fenêtres optiques d'écrans. De plus, compte tenu du matériel nécessaire (non disponible dans l'immédiat à Ifremer), nous donnons une priorité P3 à cet essai.

#### **4.1.6. Dérive**

Les protocoles figurant dans la norme prEN 16479-2 recommandent de réaliser ce test sur une période de temps d'une semaine ou équivalente à la période entre deux maintenances du capteur (la plus courte des deux).

Toutefois, ce protocole ne semble pas approprié pour les capteurs d'oxygène dissous et de conductivité. En effet, il est notoire qu'en l'absence de défaut majeur, les capteurs ne dérivent pas sur de si courtes périodes. De plus, la dérive des capteurs est principalement due à leur exposition aux conditions de terrain (biofouling, ...) et à leur utilisation en continu. Le test fait état de mesures répétées sur une période de temps mais non continu. Il est donc peu probable de voir apparaître une dérive dans ces conditions de « laboratoire » qui sont des conditions de fonctionnement privilégiées. Au final, la durée des essais de linéarité présentés en 4.1.3 étant supérieure à une semaine, nous aurons des moyens de recouvrements des données permettant de détecter une éventuelle dérive. Nous optons donc pour une étude de la dérive au travers des essais de linéarité. Cet essai est assorti d'une priorité P3.

#### **4.1.7. Impédance de sortie**

Les capteurs concernés par l'étude délivrent des valeurs numérisées. Cet essai est donc inopportun.

#### **4.1.8. Tension d'alimentation**

Les capteurs de conductivité et d'oxygène dissous inclus dans l'étude ont majoritairement une alimentation autonome. Seule l'optode Aanderaa dispose d'une possibilité d'alimentation externe mais cette pratique concerne essentiellement les essais en laboratoire.

Pour les mêmes raisons que celles invoquées au paragraphe 4.1.1., nous n'avons pas retenu ce test au cours de notre étude.

#### **4.1.9. Température et humidité relative ambiante**

Les capteurs concernés par l'étude sont complètement immergés en eau. Cet essai est donc inopportun.

#### **4.1.10. Température de l'échantillon**

Cet essai vise à évaluer l'impact de la température de mesure.

##### Capteurs de conductivité :

Dans le cas des capteurs de conductivité, la température du milieu influe directement sur la valeur du mesurande. Toutefois, il est possible d'effectuer le test à des valeurs de conductivité de 0mS/cm. Ces essais à 0mS/cm seront couplés aux essais de « justesse, linéarité et répétabilité ».

##### Capteurs d'oxygène dissous :

Dans le cas des capteurs d'oxygène dissous, la température influe sur la concentration de saturation en oxygène dissous des eaux. Toutefois, l'Ifremer disposant d'un banc d'oxygène dissous permettant d'assurer une concentration d'oxygène dissous stable en eau quelque soient la température et la salinité, nous utiliserons ce moyen pour réaliser les essais de température. De plus, il sera également possible d'effectuer le test en température pour des valeurs de saturation de 0% réalisé en solution de bisulfite.

Les essais de température d'échantillon sont classés avec une priorité P1.

#### **4.1.11. Débit de l'échantillon**

Cet essai n'est adapté qu'aux capteurs inclus dans une chambre de mesure où le débit peut être maîtrisé. Ce n'est pas notre cas.

#### **4.1.12. Pression de l'échantillon**

Cet essai vise à évaluer l'impact de la pression du milieu sur la mesure.

Dans le cas des capteurs de conductivité, la pression du milieu influe directement sur la valeur du mesurande. Seuls des essais à 0ms/sm seraient éventuellement réalisables.

Dans le cas des capteurs d'oxygène dissous, la pression influe sur la concentration de saturation en oxygène dissous des eaux. Toutefois, avec des équipements de tests adéquats, il serait possible d'effectuer le test à des valeurs de saturation de 0%.

Ne possédant pas de tels moyens, nous n'effectuerons pas ces tests.

#### 4.1.13. En résumé, sur les protocoles de la norme prEN 16479-2

	Capteurs de conductivité	Capteurs d'oxygène dissous
Justesse, linéarité et répétabilité	P1	P1
Effet de matrice de l'échantillon	P1	P1
Température d'échantillon	P1	P1
Temps de réponse	P2	P2
Test de lumière incidente	P3	P3
Dérive	P3	P3
Impédance de sortie	-	-
Tension d'alimentation	-	-
Température et humidité relative ambiantes	Sans objet	Sans objet
Perte d'alimentation électrique	-	-
Débit d'échantillon	Sans objet	Sans objet
Pression d'échantillon	-	-

## 4.2. Autres expérimentations

D'autres essais issus de l'expérience déjà acquise par le laboratoire de métrologie de l'Ifremer sont intégrés à cette étude.

### 4.2.1. Effet de l'environnement d'étalonnage sur les capteurs d'oxygène dissous

Au cours d'essais précédents, il a été constaté des réponses différentes des capteurs d'oxygène dissous optique lors de leur étalonnage dans différents environnements d'étalonnage. Ainsi des étalonnages à 100% de saturation, ont conclu à des erreurs de justesse différentes selon que les capteurs étaient plongés dans différents bains thermostatés ou pas, faits de plastique ou de métal et avec des agitations différentes. Il n'a pas été possible d'identifier jusque-là la cause de ces différences de mesures : température, couplage électrique, agitation, lumière incidente, ...

Des essais seront donc réalisés afin de mettre en évidence la cause probable de perturbation.

Cet essai est classé en P1.

#### **4.2.2. Effet de la présence de chlore sur la réponse des capteurs d'oxygène dissous**

Cet essai est similaire aux essais d'effets de matrice. Toutefois, l'interfèrent que nous souhaitons tester est le chlore qui n'est généralement pas présent en eau de mer. Or pour certaines applications (protection de capteurs par chloration, recettes de profileurs en bassin d'essai), nous pouvons être amenés à réaliser des essais en eaux marines en présence de chlore.

Lors de précédentes expérimentations au sein d'Ifremer, nous avons noté un impact non négligeable ( $\approx 20\mu\text{mol/l}$ ) de la présence de chlore sur la réponse du capteur sans toutefois être en mesure de mettre en évidence le facteur influant.

Nous souhaitons aujourd'hui approfondir les essais en s'inspirant des protocoles de la norme prEN 16479-2 pour les effets de matrice d'échantillon.

Cet essai est classé en P1.

## 5. Description des expérimentations

Les essais sont présentés en fonction de leur ordre de priorité

Les points expérimentaux présentés avec un fond grisé correspondent aux points de mesure à faire *a minima*.

### 5.1. Temps de réponse

Capteurs de conductivité :

Un pas de conductivité de 0 (air à température ambiante d'environ 20°C) à 47 mS/cm (bain thermostaté à salinité 34 et 20°C) sera réalisé. La manipulation se déroulera à 20°C pour minimiser les écarts de température entre les deux mesures.

Température °C	Conductivité	
	de : mS/cm	à : mS/cm
20	0 (en air)	environ 47

Capteurs d'oxygène dissous :

Un pas d'oxygène dissous de 0% (bain thermostaté à 20°C et environ 0% d'O<sub>2</sub>) à 100% (bain brassé à température ambiante d'environ 20°C) sera réalisé. La manipulation se déroulera à 20°C pour minimiser les écarts de température entre les deux mesures.

Salinité	Température °C	Oxygène	
		de : %sat	à : %sat
0	20	0% (bisulfite)	100

### 5.2. Justesse, linéarité et répétabilité (et hystérésis), Effets de matrice de l'échantillon et Température d'échantillon

Capteurs de conductivité :

Tout ou partie des essais suivants seront réalisés pour vérifier l'influence de la température, les effets de matrice, la justesse, la répétabilité et la linéarité des capteurs.

Température °C	Salinité	Conductivité mS/cm
0	0*	0.0
	8	7.5
	17	14.9
	25	21.4
	34	28.3
6	0*	0.0
	8	8.9
	17	17.8
	25	25.3
	34	33.5
12	0*	0.0
	8	10.4
	17	20.8
	25	29.5
	34	39.0
18	0*	0.0
	8	11.9
	17	23.9
	25	33.9
	34	44.7
25	0*	0.0
	8	13.9
	17	27.7
	25	39.3
	34	51.7

\* = Effet température seul

#### Capteurs d'oxygène dissous :

L'essai " Justesse, linéarité et répétabilité " se déroulera de la manière suivante. Les points seront répétés 6 fois sans ordonnancement des points. La mesure de référence sera le Winkler. Les conditions de température et salinité sont choisies de manière à ce que les points réalisés soient conformes aux préconisations de la norme prEN 16479-2.

Salinité	Température °C	Oxygène	
		%sat	mg/l
0	20	0%	0
		35%	3.1815
		70%	6.363
		105%	9.5445
		140%	12.726

L'essai "Température d'échantillon" se déroulera de la manière suivante. La mesure de référence sera le Winkler. La comparaison des données s'effectuera sur la justesse du capteur afin de pallier aux probables difficultés de reproduction des concentrations d'oxygène dissous. Les points réalisés seront conformes aux préconisations de la norme prEN 16479-2 :

Salinité	Température °C	Oxygène	
		mg/l	%sat
0	0	10	68.40%
	6	10	80.32%
	12	10	92.76%
	18	10	105.60%
	25	10	121.07%

L'essai "Effets de matrice d'échantillon" se déroulera de la manière suivante. La mesure de référence sera le Winkler. La comparaison des données s'effectuera sur la justesse du capteur afin de pallier aux probables difficultés de reproduction des concentrations d'oxygène dissous. Les points réalisés seront conformes aux préconisations de la norme prEN 16479-2 :

Température °C	Salinité	Oxygène		Moyens
		mg/l	%sat	
20	0	0	0.00%	Bisulfite de sodium
	17	0	0.00%	
	34	0	0.00%	
20	0	3.1	34.10%	banc O2
	17	3.1	37.71%	
	34	3.1	41.67%	
20	0	9.5	104.51%	banc O2
	17	9.5	115.57%	
	34	9.5	127.69%	

### ***5.3. Effet de l'environnement d'étalonnage sur les capteurs d'oxygène dissous***

Ce test sera mené en comparant différents milieux d'étalonnage (bains inox, bain plastique, avec agitation variable, avec et sans couvercle) et en mesurant ou contrôlant les paramètres de température, vitesse d'agitation, lumière incidente.

Les essais seront amenés à évoluer en fonction des résultats obtenus.

### ***5.4. Effet de la présence de chlore sur la réponse des capteurs d'oxygène dissous***

Ce test sera mené en suivant les recommandations de la norme prEN 16479-2 pour la quantification des effets de matrice.

Toutefois, compte tenu de la difficulté à maintenir un niveau stable de bullage, il sera mené à 100% de saturation en bullage et si possible à 20%.

Salinité	Température °C	Oxygène %sat	Niveau de chlore %
35	20	100% (bullage)	0
35	20	100% (bullage)	50
35	20	100% (bullage)	100
35	20	20% (bullage)	0
35	20	20% (bullage)	50
35	20	20% (bullage)	100

### ***5.5. Dérive***

Compte tenu des éléments soulevés au paragraphe 4.1.6, nous avons opté pour une étude de la dérive au travers des essais de linéarité.

### ***5.6. Test de lumière incidente***

Ce test ne sera effectué que sur les capteurs d'oxygène.

Il sera conduit conformément aux préconisations de la norme prEN 16479-2.

Salinité	Température °C	Oxygène	
		%sat	mg/l
0	20	100%	9.09

## **5. Conclusions**

L'ensemble des essais décrits dans ce document seront réalisés au cours de l'année 2014 en les priorisant ainsi qu'il a été proposé.