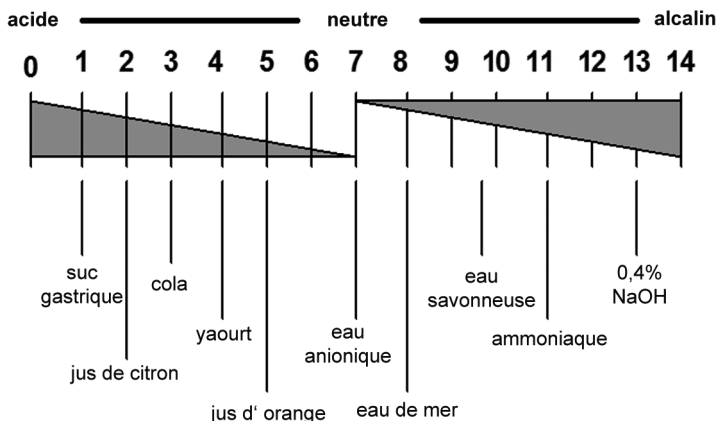


3.9 Les sondes physico-chimiques

3.9.1 Sondes pH et Redox

3.9.1.1 Mesure de pH

La valeur de pH est une mesure logarithmique de la concentration en ions H^+ d'une solution aqueuse et indique ainsi par des valeurs chiffrées si celle-ci réagit de manière acide, neutre ou basique (alcaline). L'échelle pH va de pH 0 à pH 14, pH 7 étant neutre. Voici quelques exemples de valeurs de pH de composés habituels:



3

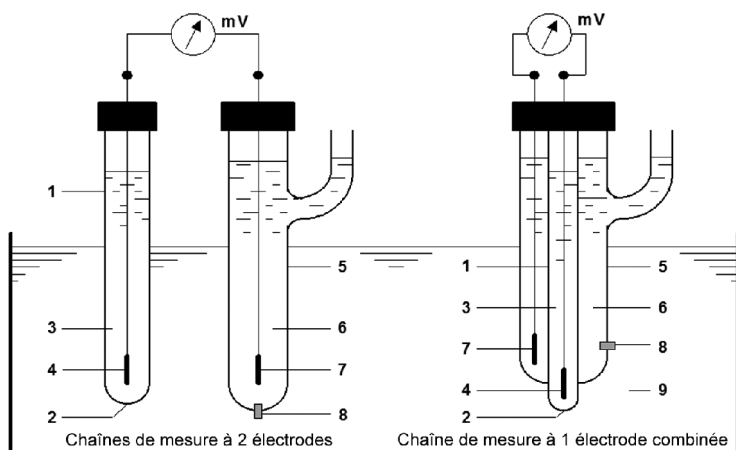
Lors de la mesure de la valeur de pH et du potentiel Redox, on détermine par mesure potentiométrique la tension de chaîne entre deux électrodes.

Chaînes de mesure de pH

Une chaîne de mesure de pH est toujours constituée d'une électrode en verre (1) et d'une électrode de référence (5), soit sous forme d'une chaîne de mesure à deux cannes (deux électrodes individuelles), soit sous forme de la chaîne de mesure à une électrode combinée, plus facile à manipuler.

La partie effective du capteur sensible au pH est la membrane de verre (2) de l'électrode en verre. Une différence de potentiel apparaissant ici correspond à la différence de valeur de pH entre la face interne et la face externe.

A l'intérieur de l'électrode de verre se trouve l'électrolyte interne tamponnée à pH7 (3), ainsi que la partie interne (4). L'électrode de référence est constituée d'un électrolyte de référence (6), de la partie externe (7) et d'un diaphragme (8), lequel représente la liaison conductrice électrolytique entre l'électrolyte de référence (6) et la solution de mesure (9).

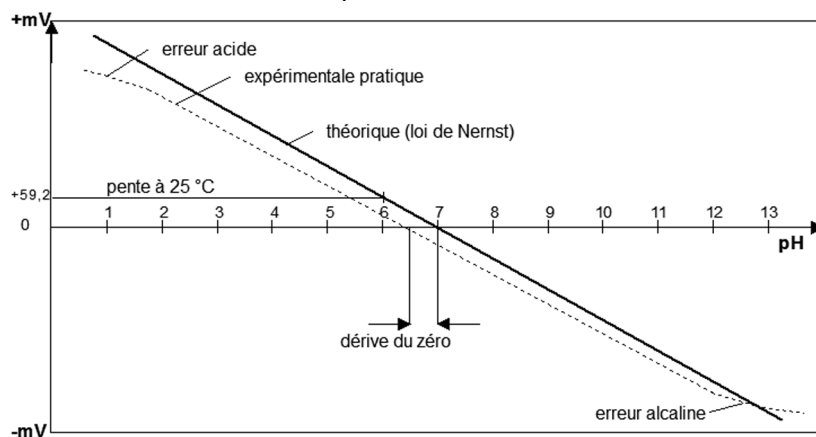


Chaînes de mesure de pH :

1 électrode en verre	5 électrode de référence
2 membrane en verre	6 électrolyte de référence
3 électrolyte interne	7 partie externe
4 partie interne	8 diaphragme
	9 Solution de mesure

Signal de mesure

Le signal pH de mesure d'une chaîne pH a son zéro théorique à pH 7 et varie à 25°C de 59.2 mV lorsque la valeur de pH de la solution mesurée varie de un pH. Pour les solutions acides (pH0 à pH7), la tension est positive et pour celles alcalines (pH7 à pH14) négative. La pente croît de 0.2 mV/K à température croissante et inversement à température décroissante.



Dans la pratique, le signal de mesure d'une chaîne de pH s'écarte plus ou moins de ce que l'on appelle la loi de Nernst:

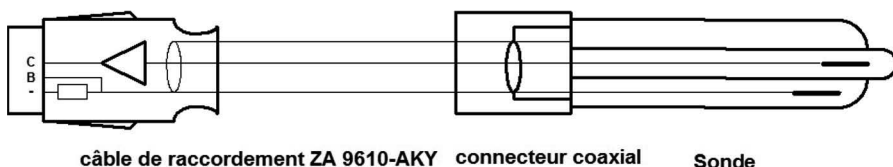
1. le zéro réel est légèrement décalé par rapport au pH7 théorique.
2. la pente peut, par les effets du vieillissement, être plus faible que la valeur théorique.
3. pour les très fortes valeurs de pH, la pente peut diminuer. Ceci est généralement caractérisé comme l'erreur alcaline et dépend de la nature du verre de la membrane.
4. pour les très faibles valeurs de pH, il peut apparaître ce que l'on appelle l'erreur acide, c.-à-d. que là aussi la pente diminue légèrement.
5. le signal de mesure peut, selon les conditions d'emploi, être encore faussé par beaucoup d'autres facteurs comme le vieillissement, la pénétration de solution de mesure dans l'électrode de référence ou des dépôts sur la membrane de verre.



Du fait des tolérances de fabrication et de la diversité des incidences possibles, chaque chaîne de mesure doit être calibrée à l'aide de solutions tampon à valeurs de pH définie, aux températures indiquées.

Système ALMEMO® de mesure de pH

Pour que l'appareil de mesure ne fausse pas le signal de mesure, il faut utiliser dans les chaînes pH un amplificateur d'instrumentation à très grande résistance (>500 GW). Pour raccorder toutes les chaînes de mesure courantes à tête à encliqueter S7, SN6 sur les appareils ALMEMO®, il existe un câble spécial de raccordement (ZA9610-AKY4W Câble avec connecteur ALMEMO surmoulé) qui intègre dans le connecteur ALMEMO®, l'amplificateur d'instrumentation nécessaire. Par conversion d'impédance et mesure différentielle, on peut également réaliser l'acquisition de plusieurs sondes à potentiels différents et les transmettre sans perturbations sur de grandes distances.



La mesure s'effectue sur la plage 2.6000 V, de sorte qu'il faille procéder, pour représenter la valeur pH avec deux décimales conformément à l'équation de Nernst, à la configuration suivante du connecteur.

Les câbles ZA 9610-AKY4 sont configurés ainsi en standard:

Plage:	d2600	
Unité:	PH	
Correction de pente:	-0.1689	100 (1.00pH) : 592 (59.2mV)
Base:	- 7.00	
Exposant:	2	
Mode verrouillage:	5	

Raccordement des sondes de pH



En raison du signal à haute impédance, veuillez lors du vissage de la sonde de pH dans la tête de raccordement à ce qu'aucune humidité ne puisse parvenir dans la liaison par connecteur.

Au branchement de sondes pH (unité 'PH'), on peut activer les fonctions suivantes par la touche F2 de l'appareil portable:

- Correction du zéro (CZ)
- Correction de la pente (CP)
- Compensation en température (CT).

On peut à l'aide de ces fonctions, calibrer les capteurs en zéro et en pente individuellement avec des solutions tampon. Si le milieu à mesurer présente une autre température que la solution tampon, on peut en outre compenser en température. Ces paramètres sont comme pour tous les capteurs ALMEMO®, placés dans le connecteur de sorte à pouvoir interchanger même des sondes pH différentes avec leur propre câble sans nouvel étalonnage.

Étalonnage

Après avoir branché le connecteur ALMEMO® dans l'appareil de mesure, le système est prêt à l'emploi. Cependant, selon les conditions d'utilisation il faut recalibrer la sonde à intervalles réguliers. Pour l'étalonnage des sondes pH, nous proposons dans nos accessoires trois solutions tampon. La précision de la mesure est définie en pratique par la précision et la pureté de celles-ci.

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| 1. ZB 98PH-PL4: | pH 4 (± 0.05 pH à 25°C) |
| 2. ZB 98PH-PL7: | pH 7 (± 0.05 pH à 25°C) |
| 3. ZB 98PH-PL10: | pH 10 (± 0.05 pH à 25°C) |

Sur les capteurs avec l'unité 'PH' ou 'pH' il existe non seulement la possibilité d'une correction automatique du zéro, mais aussi d'une correction automatique de pente. Lors de l'étalonnage, le mode de verrouillage pour les valeurs de correction ne doit pas être réglé à plus de 3. Sur certains appareils, l'utilisation manuelle nécessite en outre d'activer les fonctions ZÉRO et PENTE.

Afin d'obtenir facilement ce mode de compensation et d'effectuer la compensation, il existe différentes combinaisons de touches sur chacun des appareils (voir la notice d'utilisation de l'appareil au chapitre "Compensation de capteur").



Le réglage du zéro s'effectue toujours d'abord, avec la solution tampon à pH7

Correction du zéro:

1. Tenir la sonde pH dans la solution tampon pH 7.
2. Attendre la stabilisation de la mesure.
3. Effectuer un réglage du zéro (cf. Notice d'utilisation de l'appareil). La déviation résiduelle est sauvegardée automatiquement dans le connecteur. L'appareil indique exactement " 7.00 PH".
4. Rincer la sonde si possible à l'eau distillée.
5. Essuyer la sonde à l'aide d'un papier doux ne peluchant pas.



NE PAS frotter la sonde! Cela pourrait conduire sinon à des charges électrostatiques et donc à des mesures faussées.

Correction de pente:

1. Tenir la sonde pH dans la solution tampon pH4 pour les mesures de solutions acides ou pH10 pour celles basiques.
2. Attendre la stabilisation de la mesure.
3. En cas d'écart par rapport à la consigne, lancer de nouveau la procédure "Compensation du zéro". (cf. Notice d'utilisation de l'appareil). La pente est recalculée puis mémorisée, la sonde est maintenant exactement ajustée.
4. Rincer la sonde et l'essuyer (cf. ci-dessus).



Si vous utilisez de mauvaises solutions tampon ou des sondes usées, il est possible que l'ajustage ne donne plus de bonnes valeurs de correction. Vous pouvez dans ce cas rétablir les valeurs par défaut (correction de pente -0.1689, base -7.00) à l'aide de la fonction 'Mise à zéro de la mesure' (cf. Notice d'utilisation de l'appareil).

3

Mesure

1. Plonger la sonde dans la solution de mesure et remuer un peu.
L'électrode doit plonger de manière à ce qu'au moins le diaphragme soit recouvert par la solution à mesurer.
2. Lorsqu'une mesure stable est atteinte, lire la valeur et l'enregistrer.
3. Rincer la sonde et la stocker humide dans une solution KCL.

Compensation en température

Le calcul de la valeur de pH se base sur la pente de l'électrode à 25°C ou après un étalonnage, sur la pente à la température de la solution tampon. Si la température du milieu de mesure s'écarte sensiblement de la température de référence, vous pouvez alors sur tout appareil ALMEMO® effectuer une compensation en température. A l'aide du canal de référence vous pouvez également utiliser n'importe quel autre capteur de température d'une résolution 0.01°C (CTN ou P204) pour la compensation (cf. 6.3.4). Pour les mesures permanentes cependant, il faut s'assurer par une scrutation des points de mesure (cyclique ou en continu), que la mesure de température soit mise à jour tout le temps.

Sur la plupart des appareils, il est également possible de saisir manuellement la température de compensation (cf. notice d'utilisation de l'appareil). La valeur de pH est alors compensée avec la température saisie. La programmation est décrite dans la notice d'utilisation de chaque appareil.

3.9.1.2 Mesure rédox

Le niveau du potentiel redox (mesuré en mV) indique le pouvoir oxydant ou réducteur de la solution de mesure. On peut ainsi surveiller quantité de processus chimiques (p. ex. oxydation cyanure ou réduction chromate). L'élimination de microorganismes (désinfection) étant en relation directe avec le pouvoir oxydant (p. ex. du chlore), on utilise avec succès le potentiel redox pour surveiller les procédés de désinfection.

La mesure consiste à acquérir le potentiel d'une électrode en métal précieux (platine ou or) par rapport à une électrode de référence. Au lieu des chaînes de mesure à deux électrodes, on utilise la plupart du temps celles à une électrode combinée, plus simples à manipuler.

Système ALMEMO® de mesure redox

Entre les sondes redox (p. ex. FY96RXEK) et les appareils ALMEMO®, il faut également utiliser le câble de raccordement ZA 9610-AKY5 comme convertisseur de mesure. Comme on ne mesure que des tensions dans la plage ± 1000 mV, la configuration des connecteurs est relativement simple:

Plage:	d2600
Unité:	mV
Exposant:	3
Mode verrouillage:	5

Mesure

Après avoir raccordé la sonde sur l'appareil de mesure, on plonge celle-ci dans une solution tampon redox, p. ex. 220 mV (réf. art.: ZB 98RXPL2). Dans les 30 secondes max., la valeur de la solution tampon doit être atteinte ou dépassée. Si la valeur évolue avec beaucoup d'inertie ou qu'il manque plus de 20 mV, il faut nettoyer la sonde (cf. 3.8.1.3). Si vous n'avez ensuite pas plus de succès, il faut remplacer la sonde.

3.9.1.3 Manipulation des sondes de pH et redox

Stockage des sondes de pH et redox

Les chaînes de mesure pH et redox à électrode combinée doivent être stockées exclusivement humides. Verser pour cela un peu de solution KCl trimolaire dans les bouchons de protection et les remettre en place sur la sonde.

Durée de vie

Les sondes de mesure subissent un vieillissement naturel, même en les manipulant correctement. Selon l'objet de leur emploi, on peut indiquer une durée de vie comprise entre six mois et trois ans au maximum. Dans certains cas, en particulier dans des conditions extrêmes d'utilisation, la durée de vie peut se réduire à quelques jours.

Nettoyage et entretien

Soumettez régulièrement (environ une fois par mois) les sondes de mesure à un contrôle visuel et le cas échéant, les nettoyer. Si les impuretés sur la membrane de verre ne peuvent être enlevées par un linge humide, vous pouvez utiliser les agents de nettoyage suivants:

Nature du dépôt

Dépôts généraux
tartre ou hydroxydes de métal
Huiles, graisses
Dépôts biologiques

Produit nettoyant/durée d'action

nettoyant ménager non abrasif
acide chlorhydr. dilué (env. 0.1%-3%) / 1-5 min.
solvant comme l'alcool ou l'acétone
Solution d'acide chlorhydrique dilué et
de pepsine / quelques heures

3



Il faut systématiquement rincer suffisamment après chaque nettoyage.

Les surfaces métalliques des sondes rédox peuvent de plus être nettoyées par ponçage et polissage. Si le diaphragme céramique monté latéralement du système de référence devait être bloqué, il est possible de nettoyer celui-ci comme la membrane de verre en grattant en plus soigneusement avec un ongle, une lame de rasoir ou une fine lime.



La membrane de verre ne doit pas être rayée lors du nettoyage.

Aperçu des produits

Réf. art.

Electrode pH remplie de gel non rechargeable, à tige plastique, diaphragme en fibres de verre
Applications typiques: Mesures manuelles p. ex. en piscine, eau potable

FY96PHEK

Electrode pH remplie de polymère non rechargeable, avec tige de verre
Diaphragme : en anneau, en PTFE; Vissage : PG 13,5
Applications typiques: Eaux d'épuration communales et industrielles, eaux potables et non potables

FY96PHER

Electrode pH rechargeable en KCl avec tige de verre, buse de remplissage, diaphragme céramique
Applications typiques: Mesures manuelles au laboratoire

FY96PHEN

Electrode pH à piquer de rechargeable en KCl, tige de verre, diaphragme céramique
Applications typiques: aliments comme la viande, le fromage

FY96PHEE

Electrode rédox non rechargeable, à tige plastique, diaphragme en fibres de verre
Applications typiques:
Mesures manuelles p. ex. en piscine, eau potable

FY96RXEK

Solution KCl trimolaire
Solution tampon pH 4.0
Solution tampon pH 7.0
Solution tampon pH 10.0
Solution tampon redox 220 mV contre Pt-Ag/AgCl

ZB98PH-NL
ZB98PH-PL4
ZB98PH-PL7
ZB8PH-PL10
ZB98RX-PL2

Câble de raccordement ALMEMO® à convertisseur de mesure

pour sondes à tête à enficher S7, SN6
configuré pour les mesures pH
configuré pour les sondes redox
configuré pour les mesures pH

ZA9610-AKY4W
ZA9610-AKY5W

Caractéristiques techniques du convertisseur

Résistance d'entrée:	> 1000 GΩ
Gain:	1
Potentiel de l'électrode de référence / masse:	< 2 V
Consommation:	< 1 mA
Longueur du conducteur:	< 100 m

3.9.2 Sonde de conductivité

Notions fondamentales

La conductivité (unité S/m = Siemens / mètre) est une mesure de la concentration ionique d'une solution de mesure. Elle est d'autant plus grande que la solution contient plus de sel, d'acide ou de base. Les eaux pures ont une conductivité d'environ $0.05 \mu\text{S/cm}$ (à 25°C), les eaux naturelles environ 100 à $1000 \mu\text{S/cm}$, quelques bases (par ex. les solutions d'hydroxyde de potassium) dépassent tout juste 1200 mS/cm .

Le diagramme de gauche montre d'autres exemples de solutions aqueuses significatives en la matière.

Normalisation

La détermination de la conductivité électrique de l'eau est régie par la norme DIN EN 27 888.

Compensation en température

La conductivité est une grandeur dépendante de la température. Pour la plupart des solutions salines aqueuses diluées et des eaux naturelles, dans une plage de température limitée, la dépendance de la conductivité à la température T est à peu près linéaire:

$$\kappa_T = \kappa_{25} \left(1 + \alpha \frac{(T - 25^\circ\text{C})}{100} \right)$$

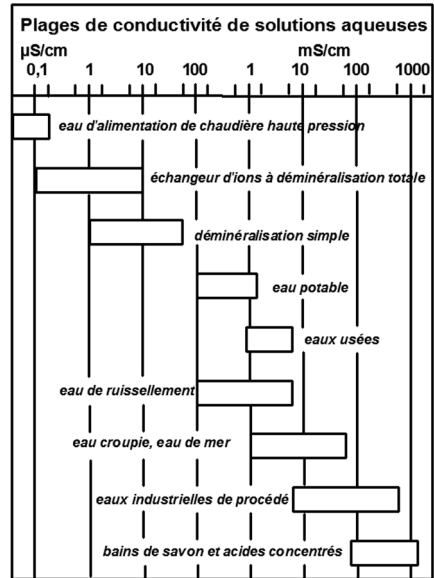
La conductivité κ_{25} , à 25°C , se calcule de la façon suivante:

$$\kappa_{25} = \frac{\kappa_T}{1 + \alpha \frac{(T - 25)}{100}}$$

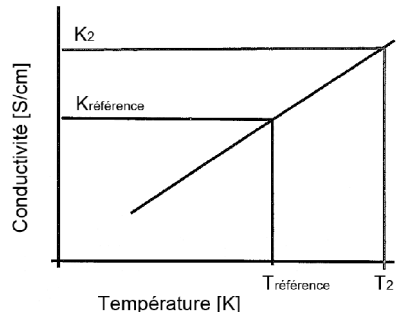
Le coefficient de température décrit ici la variation relative de la conductivité en cas de changement de la température par rapport à la température de référence de 25°C

Définition de α [%/K]:

- Variation de la conductivité en % sur augmentation de la température de 1K , par rapport à la température de référence de 25°C .



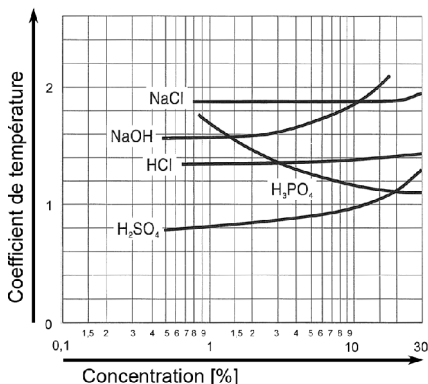
3



$$\alpha = \left(\frac{\kappa_T - \kappa_{25}}{T - 25} \right) \frac{1}{\kappa_{25}} * 100 \%$$

Le coefficient de température dépend lui-même de:

- la composition chimique de la solution
- la concentration de l'électrolyte
- la température, notamment pour les conductivités < 1 µS et une conductivité très élevée



Si le coefficient de température d'un échantillon n'est pas connu, une détermination expérimentale peut vous aider. Ceci permet de déterminer les valeurs de conductivité électrique à (25±0,1) °C et à une température connue T2 ± 0,1) °C et de les insérer dans l'équation ci-dessus. Si la mesure est effectuée sans compensation de température, la conductivité mesurée à température connue peut être convertie à 25 °C par un facteur de correction.

Principe de mesure

La mesure de la conductivité en électrolytes s'effectue par une mesure de la résistance électrochimique à l'aide d'une cellule de mesure à 2 ou à 4 électrodes. Sur les électrodes de mesure, on applique une tension sinusoïdale d'une fréquence d'env. 1 kHz. Le courant passant à travers l'objet de mesure est transformé en une tension. Celle-ci est redressée en synchronisation de phase, lissée, puis affichée sous forme de valeur de mesure.

Exécution de la sonde de conductivité ALMEMO®

Pour mesurer la conductivité dans les électrolytes, le programme des capteurs ALMEMO® comporte 5 capteurs de conductivité à capteur de température CTN intégrés, pour un total de 4 plages de mesure 0...200.0 µS/cm (FYA641-LFP2/LFL2), 0...10.00 mS/cm (FY A641-LFL1), 0...20.00 mS/cm (FY A641-LFP1) et 0...200.0 mS/cm (FY A641-LFP3).

Pour les deux grandeurs de mesure Température et Conductivité, deux canaux sont programmés sur chaque connecteur:

Capteur	Can	Grandeur	Etendue	Résol.	Unit	Plage	Facteur	Exp.
FYA641LFP1 FYA641LFL1	1	Température T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0
FYA641LFP1	2	Conductivité κ	0.0..20.00 mS	0.01	mS	LF	0.1	1

Capteur	Can	Grandeur	Etendue	Résol.	Unit	Plage	Facteur	Exp.
FYA641LFL1			0.0...10.00 mS	0.01	mS	LF	0.1	1
FYA641LFP2	1	Température T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0
FYA641LFP2 FYA641LFL2	2	Conductivité κ	0.0...200.0 μS	0.1	μS	LF	0.1	2
FYA641LFP3	1	Température T	-5...70 °C	0.01	°C	Ntc	-	0
FYA641LFP3	2	Conductivité κ	0.0...200.0 mS	0.1	mS	LF	0.1	2



L'unité et l'exposant ne doivent pas être modifiés sur le connecteur ALMEMO® puisqu'ils sont utilisés comme repère pour des fonctions de calcul internes à l'appareil !

3

A la livraison, le capteur est entièrement compensé. Lors de la mesure, il doit plonger dans au moins 30 mm pour que les électrodes baignent complètement dans le liquide.

Sur les sondes FY A641-LFL1 avec plage de mesure 0...10.00 mS/cm, FY A641-LFP1 avec plage de mesure 0...20.00 mS/cm et FYA641-LFP2/LFL2 avec plage de mesure 0...200.0 μS/cm, la température du fluide T mesurée en permanence permet de calculer et d'afficher la conductivité κ₂₅ à la température de référence 25°C.

Pour les sondes FY A641-LFP1/LFL1 et FYA641LFP2/LFL2, le coefficient de température interne à l'appareil α₂₅ = 1.9% /K.

Sur la sonde FY A641-LFP3 à plage de mesure 0...200.0 mS, la compensation de température n'est pas effectuée car pour les grandes conductivités, le coefficient de température peut être très différent (voir notions fondamentales).

Important !



Peu importe le type de compensation en température appliqué lors de la mesure de la conductivité électrique à une température non conforme aux conditions standard, le résultat devient plus imprécis que celui mesuré effectivement à la température de référence de 25°C.

En cas de travaux de routine sur place, il n'est éventuellement pas nécessaire de transposer à 25 °C les valeurs mesurées à la température régnante. De telles valeurs de mesure doivent cependant être interprétées sous réserve et la comparaison avec d'autres valeurs est difficile voire impossible !

Entretien et maintenance

De faibles salissures peuvent s'enlever à l'aide d'une brosse douce. Lors d'un nettoyage intensif d'électrodes très crasseuses, les distances entre les électrodes peuvent varier faiblement et influencer le résultat de la mesure.

Contrôle

Un contrôle de la sonde semble raisonnable:

- en cas de modification de la géométrie (distance entre les électrodes)
- après une utilisation dans des conditions extrêmes (par ex. températures élevées)
- en cas de résultats de mesure pas plausibles

Ajustage des capteurs de conductivité



Lors de l'ajustage, la température de la solution doit être maintenue constante à $(\pm 0,1) ^\circ\text{C}$!

Ajustage des capteurs de conductivité compensés en température

(FYA641LFP1/LFL1, FYA641LFP2/LFL2)

L'ajustage automatique de la sonde de conductivité s'effectue sur deux points de mesure:

1. à 0 mS/cm à l'état sec,
2. à 2.77 mS/cm - solution de référence KCl 0.02 mol à $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$ ou à 147 mS/cm - solution de référence KCl 0.001 mol à $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$

La correction est effectuée sur les deux points (zéro et pente) à l'aide de la même procédure "Compensation du capteur" (voir notice d'utilisation de l'appareil, chapitre "Compensation du capteur" ou manuel 6.3.10)

Ajustage des capteurs de conductivité non compensés en température

(FYA641LFP3)

L'ajustage de la sonde de conductivité s'effectue sur deux points de mesure:

1. à 0 mS/cm à l'état sec,
2. à 111.8 mS/cm - solution de référence KCl 1 mol à $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$.

A des conditions normales $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$, la correction s'effectue sur les deux points à l'aide de la même procédure "Compensation du capteur" (voir notice d'utilisation de l'appareil, chapitre "Compensation du capteur" ou manuel 6.3.10)



En cas d'utilisation de l'ajustage automatique, respectez les conditions normales $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$!

L'ajustage de cette sonde peut également être effectué en dehors des conditions normalisées de $(25\pm 0,1) ^\circ\text{C}$:

La compensation du zéro s'effectue comme pour l'ajustement automatique.

Si la température de la solution est connue (voir tableau 1) lors de la compensation de la pente, la valeur de la solution de référence est comparée à la valeur différente déterminée sur place et saisie manuellement en tant que valeur de correction sous "Correction de pente (CP)" sur le connecteur ALMEMO®. (voir notice d'utilisation de l'appareil, Chapitre "Valeurs de correction" ou manuel 6.3.10)

Exemple d'étalonnage de la sonde FYA641LFP3 à une solution de référence KCl de 1 mol à une température de solution mesurée de 20,0 °C :

Valeur solution de référence à une température de solution de 20,0 °C : 102,09 mS/cm (tableau1)

Valeur mesurée à une température de solution de 20,0 °C : 98,72 mS/cm

$$SK = \frac{\text{Valeur solution de référence à une températ. de solution de 20,0 °C}}{\text{Valeur mesurée à une températ. de solution de 20,0 °C}} = \frac{102,09}{98,72} = 1,034$$

Tableau 1:

Conductivité électrique κ en mS/cm des solutions standard KCL en fonction de la température t et de la concentration:

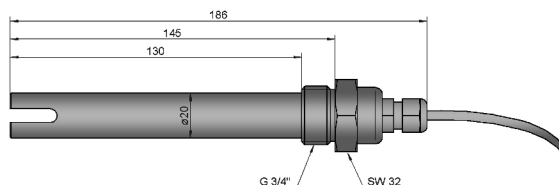
t en °C	κ en mS/cm 0,001 mol/l	κ en mS/cm 0,01 mol/l	κ en mS/cm 0,02 mol/l	κ en mS/cm 1,00 mol/l
0		0,776	1,521	65,41
1		0,800	1,566	67,13
5		0,896	1,752	74,14
10		1,020	1,994	83,19
15		1,147	2,243	92,52
16		1,173	2,294	94,41
17		1,199	2,345	96,31
18	0,127	1,225	2,397	98,24
19	0,130	1,251	2,449	100,16
20	0,133	1,278	2,501	102,09
21	0,136	1,305	2,553	104,02
22	0,138	1,332	2,606	105,54
23	0,141	1,358	2,659	107,89
24	0,144	1,386	2,712	109,84
25	0,147	1,413	2,765	111,8

3

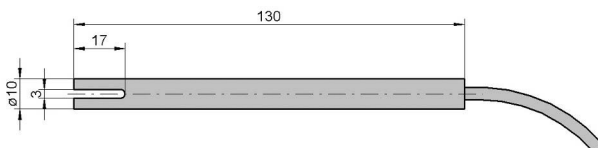
Les solutions de référence sont disponibles en tant qu'accessoire de la sonde de conductivité respective (voir catalogue Ahlborn - pages 16.06 et 16.07)

Dimensions

FYA641LFP1,
FYA641LFP2,
FYA641LFP3



FYA641LFL1,
FYA641LFL2



Caractéristiques techniques FYA641LFP1/LFL1, FYA641LFP2/LFL2

Sonde:	FYA641LFL1	FYA641LFP1	FYA641LFP2/ LFL2
Plage de mesure :	0.01 à 10 mS/cm	0.01 à 20 mS/cm	1 à 200 µS/cm
Compensation en température	0 à +70 °C, automatique		
Coefficient de compensation	1.9 % /K linéaire		
Constante cellulaire	env. 1 cm ⁻¹		
Matériau de l'électrode	charbon spécial		
Précision	0.01 à 5 mS/cm: ± 1% de lect. ± 0.05 mS	± 2% de lect. ± 0.5 µS	
	5 à 20 mS/cm: ± 2% de lect. ± 0.05 mS		
Température nominale	25 °C ± 3 °C -5 à 70 °C 30 mm PVC - C		
Température d'utilisation			
Pénétration minimum			
Matériau de la tige			
Longueur de tige / Diamètre de tige :	LFPx: 130 mm / 20 mm LFLx: 130 mm / 10 mm		
Longueur de montage / filetage	uniquement LFPx: 145 mm / G3/4"		
Pression max. :	LFPx: 16 bar à 25°C LFLx: sans pression		
Longueur de câble :	1.5 m		
Alimentation :	6 à 12 V depuis l'appareil		
Consommation :	env. 3 mA		

Caractéristiques techniques FYA641LFP3

Sonde:	FY A641 LFP3
Plage de mesure :	1 à 200 mS/cm
Précision :	1 mS / cm ±1,5% de lect.
Electrode de service :	4 électrodes en charbon spécial
Plage de température :	0 à +70 °C
Profondeur minimale de pénétration :	30 mm
Alimentation :	6 à 12 V depuis l'appareil
Consommation :	env. 15 mA
Capteur de température :	NTC type N 10k à 25 °C
Matériau de la tige :	PVC-C
Dimensions :	130 mm de long, 20 mm Ø
Longueur de montage / filetage :	145 mm / G3/4"
Pression max. :	16 bar à 25°C
Longueur de câble :	1.5 m

3.9.3 Sonde de gaz C₂H₄O-/Cl₂-/CO-/H₂S-/NH₃-/NO₂-/NO-/SO₂

Notions fondamentales des capteurs électrochimiques

Les processus appelés rédox sont importants pour le fonctionnement des capteurs électrochimiques. Lors de la réaction chimique de deux substances, des électrons sont échangés le plus souvent entre ces substances. Un partenaire de réaction est oxydé, il émet des électrons, l'autre est réduit, il reçoit des électrons. Si l'on parvient à séparer spatialement l'oxydation et la réduction en demi-cellules (anode, cathode) de façon à ce que l'échange d'électrons n'ait pas lieu directement entre les molécules, mais à travers un circuit électrique extérieur, le flux des électrons peut être utilisé comme mesure de l'intensité de la réaction. Techniquement, ceci est réalisé de telle façon que les procédés se déroulent sur des électrodes plongées dans un électrolyte à travers lequel un échange d'ions est possible.

Pour une meilleure compréhension, citons en référence les réactions des électrodes d'un capteur CO et d'un capteur H₂S

Réaction	Capteur H ₂ S (hydrogène sulfuré)	Capteur CO (monoxyde de carbone)
Oxydation - anode	$\text{H}_2\text{S} + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^-$	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
Réduction - cathode	$2\text{O}_2 + 8\text{H}^+ + 8\text{e}^- \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Unités de concentration physiques

L'unité la plus importante lors de la mesure des gaz est la part volumique en pour cent ou en parties par million, abrégée "ppm". En fait, la dénomination "ppm" ne correspond plus aux normes en vigueur. Pour être exacts, elles devraient s'appeler "ml/m³" ou "mg/kg", ce qui, en principe, veut dire la même chose. La part des gaz à déterminer dans l'air ambiant pour les différentes unités de concentration est illustrée par le tableau suivant :

1 pour cent (%) est une partie parmi cent parties	10 gramme	par kilogramme	10 g/kg
1 pour mille (‰) est une partie parmi mille parties	1 gramme	par kilogramme	1g/kg
1 partie par million (ppm) est une part de un million	1 milligramme	par kilogramme	0,001g/kg
1 part per billion (ppb) est une part d'un milliard	1 microgramme	par kilogramme	0,000 001g/kg
1 part per trillion (ppt) est une part d'un million de million	1 nanogramme	par kilogramme	0,000 000 001g/kg
1 part per quadrillion (ppq) est une part d'un million de milliard	1 picogramme	par kilogramme	0,000 000 000 001g/kg

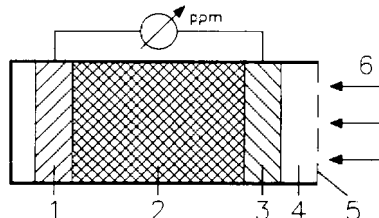
Principe de mesure

Un capteur électrochimique se compose la plupart du temps d'un boîtier nommé cellule de mesure, dont les faces frontales sont fermées par des membranes perméables au gaz. Le boîtier comporte un électrolyte, l'électrode de mesure et la contre-électrode. L'électrolyte proprement dit peut être liquide ou sous forme de gel, ou une substance solide poreuse en est imbibée. Il se compose d'une solution fortement basique ou acide dont les composants existent sous forme ionisée.

L'air à mesurer se diffuse dans la cellule de mesure et sur l'électrode, les ions H⁺ qui se libèrent et les électrons sont "consommés" en une réaction sur la cathode. Le courant ainsi généré entre l'anode et la cathode est directement proportionnel à la concentration de gaz contenu dans l'air à mesurer..

Structure schématique d'un capteur électrochimique

- | | |
|----------------|----------------------|
| 1- Cathode | 4- Voie de diffusion |
| 2- Electrolyte | 5- Membrane |
| 3- Anode | 6- Air à mesurer |



Utilisation

Les capteurs de gaz ALMEMO® trouvent de multiples utilisations possibles dans l'industrie et l'environnement :

1. Contrôle du poste de travail
 - Contrôle de l'air ambiant en vue des valeurs CMP (Concentration Maximale au Poste de travail)
 - Contrôle des laboratoires et bancs d'essai moteur
2. Mesure des émissions/immissions
 - Mesure, commande et avertissement par ex. dans des garages en sous-sol
 - Centrales électriques
 - Contrôle de l'air extérieur ou de l'air de protection dans les espaces protégés domestiques ou publics
3. Contrôle de procédé
 - Bioréacteurs
 - Industrie chimique

Chacune de ces applications de mesure pose des exigences spécifiques aux appareils et capteurs utilisés. Les mesures sur le lieu de travail nécessitent souvent des temps de mesure longs avec une totalisation et évaluation des valeurs de mesure pour estimation des risques de santé. De nombreuses substances étant nocives pour l'organisme humain dès les faibles concentrations, les capteurs doivent détecter les concentrations faibles aussi exactement que possible.

Exemple Monoxyde de carbone (CO) :

Le CO naît de la combustion incomplète du carbone (carburant). Il est très dangereux pour l'homme car il est fortement toxique, mais invisible et inodore. Les causes de son apparition lors des processus de combustion sont les suivantes :

- manque d'air
- apport d'air trop important
- refroidissement trop précoce de la flamme

Effet du CO de l'air ambiant sur le corps humain:

Concentration CO		Durée d'inhalation et conséquences
30 ppm	0,0003%	Valeur CMT (ou MAK, concentration maximum au poste de travail sur 8 heures de travail) en RFA
200 ppm	0,02%	Léger mal de tête dans les 2 à 3 heures
400 ppm	0,04%	Maux de tête dans la zone frontale dans les 1 à 2 heures et se diffusant dans toute la tête
800 ppm	0,08%	Vertiges, nausée et tremblement des membres au bout de 45 minutes, pertes de connaissances dans les 2 heures
1600 ppm	0,16%	Maux de tête, nausée et vertiges au bout de 20 minutes, mort dans les 2 heures
3200 ppm	0,32%	Maux de tête, nausée et vertiges au bout de 5 à 10 minutes, mort dans les 30 minutes
6400 ppm	0,64%	Maux de tête et vertiges au bout de 1 à 2 minutes, mort dans les 10 à 15 minutes
12800 ppm	1,28%	Mort au bout de 1 à 3 minutes

3

Exécution capteur ALMEMO® CO

Le capteur de gaz monoxyde de carbone FY A600 CO Bx se prête à la mesure continue de la concentration de monoxyde de carbone dans l'air dans la plage de 0-150 ppm jusqu'à 0-5 %vol.

Le courant du capteur est amplifié et édité par une interface 4-20mA à 2 fils située sur le capteur. Sur le connecteur ALMEMO® du câble de raccordement, des paramètres importants comme la plage de mesure et la mise à l'échelle sont déjà mémorisés, de sorte que la valeur de mesure s'affiche en ppm CO.

Version capteur ALMEMO® C₂H₄O-/Cl₂-/H₂S-/NH₃-/NO₂-/NO-/SO₂

Les capteurs de mesure de gaz ALMEMO® FYA600 Axxxxxxx sont adaptés à la mesure continue de concentrations de gaz toxiques dans l'air dans les plages de 0...20 ppm à 0...250 ppm. Différents types d'éléments capteur électrochimiques sont disponibles :

Type / Référence	Gaz	Etendue
FYA600ANH3	Ammoniaque NH ₃	0...250 ppm
FYA600ANO2	Dioxyde d'azote NO ₂	0..0,30 ppm
FYA600ANO	Oxyde d'azote NO	0..0,50 ppm
FYA600ACL2	Chlore gazeux Cl ₂	0..0,50 ppm
FYA600ASO2B1	Dioxyde de soufre SO ₂	0..0,20 ppm
FYA600ASO2B2	Dioxyde de soufre SO ₂	0..0,50 ppm
FYA600ASO2B3	Dioxyde de soufre SO ₂	0...250 ppm
FYA600AH2SB2	Acide sulfhydrique H ₂ S	0..0,50 ppm
FYA600AH2SB3	Acide sulfhydrique H ₂ S	0...250 ppm
FYA600AC2H4OB1	Oxyde d'éthylène C ₂ H ₄ O	0..0,20 ppm
FYA600AC2H4OB2	Oxyde d'éthylène C ₂ H ₄ O	0..0,50 ppm
FYA600AC2H4OB4	Oxyde d'éthylène C ₂ H ₄ O	0...250 ppm

Le courant du capteur est amplifié et édité par une interface 4-20mA à 2 fils située sur le capteur. Sur le connecteur ALMEMO® du câble de raccordement, des paramètres importants comme la plage de mesure et la mise à l'échelle sont déjà mémorisés, de sorte à afficher en ppm la valeur de mesure du gaz respectif à mesurer.

Prise en main et consignes de sécurité

En raison des composants fortement basiques ou acides de l'électrolyte, une précaution particulière est nécessaire lors de la manipulation de cellules de mesure non étanches, pour éviter des brûlures de la peau et des muqueuses.



Impossible de faire fonctionner l'appareil en mode VEILLE !

Caractéristiques techniques

Gaz	CO	C ₂ H ₄ O / Cl ₂ - / H ₂ S / NH ₃ - / NO ₂ - / NO / SO ₂
Principe de mesure :	réaction électrochimique	
Plage de mesure :	0-150 ppm, 0-300 ppm, 0-5000 ppm 0 à 5,000 % vol.	0 à 250 ppm selon l'exécution
Erreur de zéro :	< 10 ppm de CO	
Instabilité de valeur de seuil :	< 3 ppm de CO	
Erreur de mesure :	±3% de la pleine échelle	
Dérive du zéro :	< 2 % (1 an)	
Répétabilité :	< 2 % (1 an)	
Linéarité :	< 2 % de la pleine échelle	
Temps de réponse t ₉₀ :	< 60s	
Sensibilité transversale :	< 2 % grâce au filtre intégré	
Sortie :	4-20 mA sur connecteur ALMEMO®	
Tension d'alimentation :	via l'appareil ALMEMO®	
Température ambiante :	-10 à +40°C Capteur compensé en température dans la plage	
Humidité de l'air :	0 à 90% sans condensation	
Durée de vie de la cellule de mesure :	env. 2 ans en standard	
Dimensions de la tête de mesure :	Diamètre 80 mm, hauteur 80 mm	
Masse :	600g	
Câble de raccordement :	1,5 m avec connecteur ALMEMO®	

3.9.4 Sonde CO₂ pour les gaz

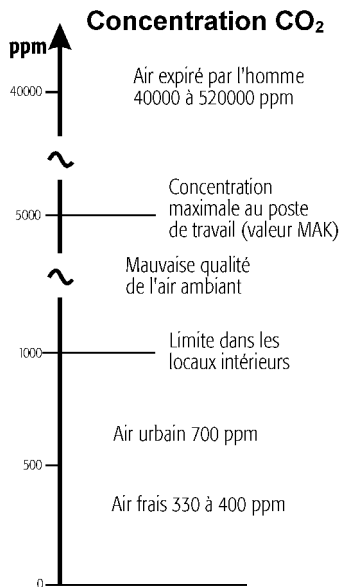
Généralités sur la mesure de CO₂:

Afin de juger de la qualité de l'air d'un local, on privilégie la concentration de CO₂ - comme indicateur. Une trop forte concentration de CO₂ dans l'air du local (limite 1000 ppm) sera ressentie comme "air vicié ou usé".

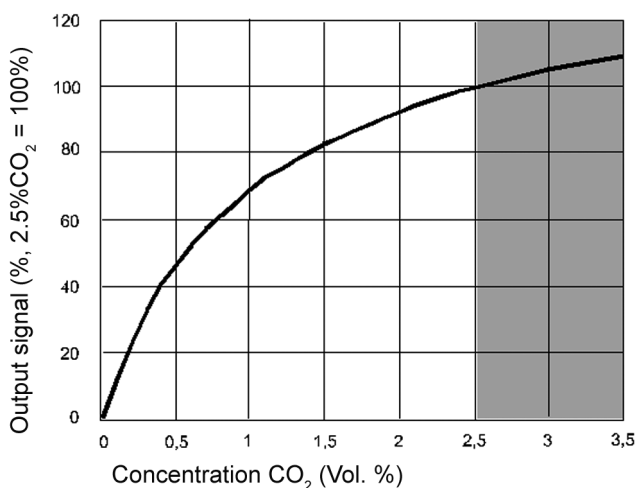
Principe de mesure

Le module capteur de gaz dioxyde de carbone FY A600-CO2 fonctionne en optique infrarouge et utilise l'absorption de lumière du CO₂ dans une étroite bande de longueurs d'onde du rayonnement infrarouge.

La relation entre le signal de sortie du module et la concentration en CO₂ est définie principalement par la loi d'absorption de Lambert-Beer. D'autres incidences font que la relation n'est pas simplement logarithmique. L'apport de gaz s'effectue surtout dans le domaine de la climatisation, par convection libre. Le capteur n'utilise aucune pièce mécanique mobile.



3



3.9.4.1 Sonde portable ALMEMO® de dioxyde de carbone FYA600CO₂H

Le capteur fonctionne selon le principe d'absorption infrarouge à 2 canaux et est adapté au système ALMEMO® grâce à une interface numérique.



Prise en main:

Avant toute mise en service noter les points suivants:

- Respecter la plage opérationnelle des capteurs ! Une surchauffe détruira le capteur !
- En cas de variation de la température ambiante (changement du lieu de mesure intérieur-extérieur), l'appareil nécessite une phase d'adaptation de quelques minutes
- Le capteur de CO₂ renferme des éléments optiques sensibles. Veuillez manipuler le capteur comme votre appareil photo. De fortes secousses changent le réglage de la sonde. Contrôler les valeurs mesurées à l'air frais 350 à 450 ppm (air urbain jusqu'à 700 ppm).
- Eviter la condensation sur le capteur, sinon la stabilité de long terme peut en être affectée.
- Toute manipulation incorrecte met fin à la garantie!

Mise en service:

- Raccorder le capteur sur l'appareil ALMEMO. Pour une mesure sûre, nous vous conseillons de faire fonctionner l'appareil ALMEMO sur alimentation secteur (grande consommation du capteur !)
- Mettre l'appareil sous tension.
- A la mise sous tension, la sonde se réchauffe pendant env. 30 s.
- L'appareil est ensuite prêt à l'emploi.
- La concentration de CO₂ dans la sonde nécessite env. 60 s pour s'adapter à l'environnement.
- Le temps d'adaptation se réduit en remuant légèrement le capteur.
- Un capteur embué peut donner des mesures trop élevées..

Afin d'éviter les effets de l'air respiré, tenir le capteur aussi loin que possible du corps !



Le fonctionnement en mode VEILLE de l'appareil n'est pas possible!
Si vous exploitez plus d'une sonde CO₂ sur un même appareil AL-
MEMO®, une alimentation externe sera nécessaire pour les sondes
de CO₂ ! En fonction de votre montage de mesure particulier, nous
proposons différentes alimentations sur demande.

Caractéristiques techniques:

Capteur:	Méthode d'absorption infrarouge bicanal
Plage:	0 à 10 000 ppm (0 à 1 Vol% CO ₂)
Précision: aux conditions nominales	0 à 5000 ppm $\pm(50 \text{ ppm} + 2\% \text{ de la mes.})$ 5000 à 10000 ppm $\pm(100 \text{ ppm} + 3\% \text{ de mes.})$
Résolution:	1 ppm ou 0.001 Vol %
Conditions nominales:	22°C ± 2 °C / 50 % hr ± 10 % hr
Température ambiante:	0 à +50 °C
Température de stockage:	-20 à +50 °C
Humidité de l'air ambiant:	0 à 90 % hr (sans condensation)
Coefficient de température	0.4% de la mes. / °C
Programmation du connecteur:	Plage: DIGI Commande RS232: B55
Tension d'alimentation:	6.5 à 12 VCC de l'appareil ALMEMO L'utilisation sur bloc alimentation secteur est recommandée !
Consommation:	efficace env. 40 mA, max. env. 80 mA
Cordon de raccordement:	1.5 m

3

3.9.4.2 Capteur ALMEMO® FYA600CO2

Le capteur FYA600-CO₂ délivre le signal de sortie sous forme de tension de 0 Volt (signal en l'absence de CO₂) à 2 Volt (valeur finale calibrée). Il est conçu pour adapter de manière variable la plage de mesure de 0.5% à 25% de CO₂ et s'emploie ainsi dans tous les domaines. Le signal de sortie est dans la présente version du capteur, compensé en température en standard.

**Manipulation**

Les sondes de gaz sont des dispositifs très sensibles.

⤞ Veillez à ce que les capteurs de gaz ne soient soumis à aucun choc ou mouvements saccadés. Une contrainte mécanique pourrait conduire à un "dérèglement" du capteur.

Un "dérèglement" du capteur concerne souvent le zéro (le caractère de la courbe est conservé) Un nouvel étalonnage est dans ce cas nécessaire. Le temps de stabilisation se détermine essentiellement par le débit/balayage de l'intérieur du capteur. Le gaz CO₂ possède une masse spécifique plus importante que l'air, de sorte qu'il repose "au sol". C'est pourquoi la position de montage du capteur est debout (verticale).



*Le fonctionnement en mode VEILLE de l'appareil n'est pas possible !
Si vous exploitez plus d'une sonde CO₂ sur un même appareil AL-
MEMO®, une alimentation externe sera nécessaire pour les sondes
de CO₂ !*

*En fonction de votre montage de mesure particulier, nous proposons
différentes alimentations sur demande.*

Contrôle du zéro à l'air ambiant

Le contrôle du zéro peut s'effectuer avec une précision suffisante à l'air ambiant. Le taux de CO₂ d'un air ambiant non chargé vaut en moyenne entre 330 et 370 ppm (env. 0,03%). Mais localement, p. ex. en zone urbaine ou industrielle, cette valeur peut aussi être dépassée.

Étalonnage et ajustage

Le module capteur de CO₂ est étalonné d'usine sur la plage adéquate et donc immédiatement opérationnel.

Tout nouvel étalonnage s'effectue sur le module capteur de CO₂ par le réglage du zéro (décalage) et du gain (SPAN). Il faut pour cela employer de l'air synthétique (sans CO₂ !) ainsi qu'un gaz de test à concentration de CO₂ définie. Il faut régler un débit volumique d'au moins 1l/min.

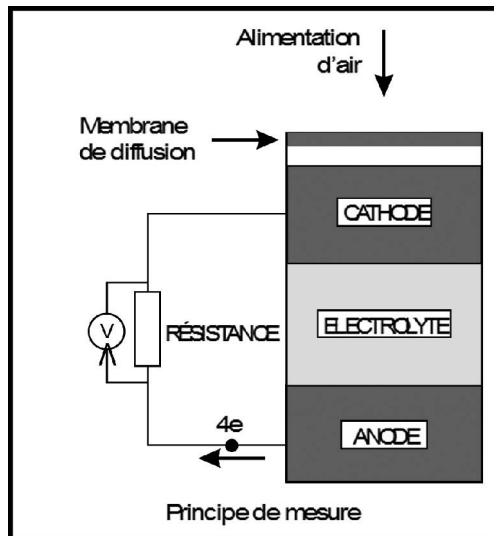
Caractéristiques techniques

Gaz:	CO ₂
Principe de mesure	optique à IR
Plages de mesure en nom. (%CO ₂):	0...0.500%, 0...2.5%, 0...10%, 0...25%
Précision:	±2 % de la valeur finale
Reproductibilité:	±1 % de la valeur finale
Résolution (fcn. de la plage):	50-100 ppm à 5000 ppm <200 ppm à 2.5%
Sortie tension:	0 à 2V pour la plage de mesure sélectionnée
Tension d'alimentation:	de 6.5 à 12V CC depuis l'appareil ALMEMO®, fonctionnement sur secteur recommandé
Courant efficace consommé:	50 mA
Courant consommé maximal:	70 mA
Temps de stabilisation t ₉₀ :	< 60s
Coefficient de température:	typiquement -0.4 % signal/K
Plage de température:	5 à +40°C
Humidité relative:	0 à 95%
Dimensions:	L 96 x H 36 x P 64 mm
Masse:	241 g
Câble de raccordement:	longueur 1.5 m av. connecteur ALMEMO®

3.9.5 Sonde O₂ pour les gaz

Principe de mesure

La cellule de mesure d'oxygène comporte une cellule au plomb/oxygène, une anode au plomb et une cathode à l'or utilisant un électrolyte oxydant spécial. Les molécules d'oxygène du mélange gazeux s'écoulent au travers d'une membrane non poreuse vers la cellule électrochimique et sont capturées par l'électrode en or.



3

Les processus chimiques sont décrits par les équations de réaction suivantes:

Réduction O₂ à la cathode: $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

Oxydation sur l'anode au plomb: $2Pb + 4OH^- \rightarrow 2PbO + 2H_2O + 4e^-$

Réaction dans la cellule de mesure: $2Pb + O_2 \rightarrow 2PbO$

Capteur d'oxygène ALMEMO®

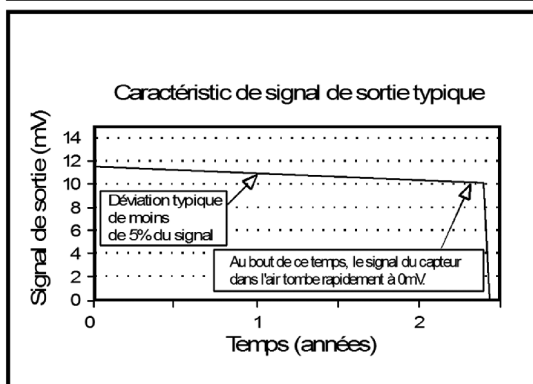
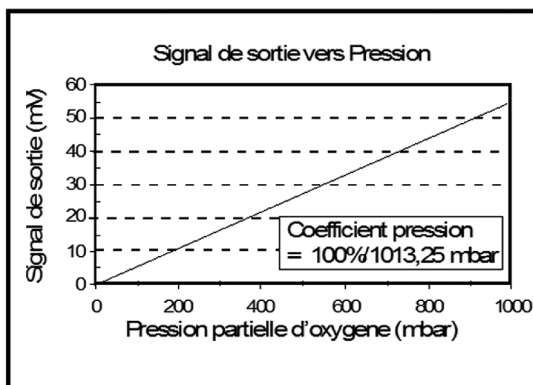
Le capteur d'oxygène FY9600-O2 est adapté p. ex. pour les mesures en climatisation, les purificateurs d'air, les redresseurs à oxygène, les serres, les couveuses à oxygène. Ce capteur à oxygène est en particulier reconnu par le PTB et pour les tests d'échappement dans l'industrie automobile.

Le capteur O₂ renferme une petite platine sur laquelle se trouve la résistance de mesure ainsi que l'électronique de compensation en température.

Le comportement réactif du capteur est optimisé par une sonde auxiliaire de compensation. Afin de contrer le vieillissement naturel des sondes, on peut placer dans le connecteur de raccordement ALMEMO® une valeur de correction de sorte qu'une caractéristique optimale de la sortie soit assurée sur la durée totale d'exploitation. Le raccordement de la sonde aux appareils de mesure ALMEMO® s'effectue par une prise standard type douille jack (3.5 mm) à l'aide du câble d'adaptation ZA9600-AKO2.

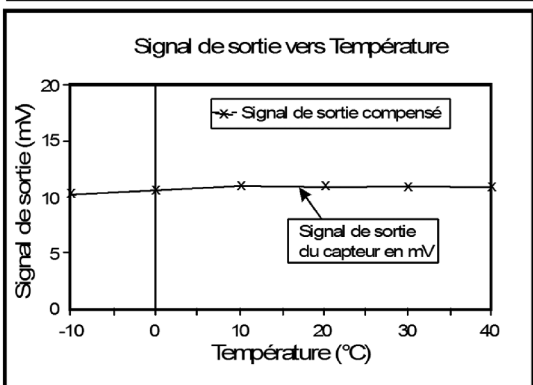
Signal de sortie

Le courant entre les électrodes est proportionnel à la concentration en oxygène du mélange gazeux à mesurer. Les signaux sont mesurés comme chute de tension aux bornes de la résistance et de la CTN de compensation en température. La variation de la tension de sortie est proportionnelle à la concentration en oxygène tant que sa pénétration dans le capteur est limitée par la seule diffusion. Le signal du capteur est déterminé par mesure du taux de diffusion de l'oxygène par la membrane de diffusion. La membrane de diffusion est matérialisée par un film plastique. Aux pressions de gaz plus élevées, le taux de diffusion de la molécule augmente également. Le signal de sortie est ainsi directement proportionnel à la pression partielle d'oxygène, une réponse linéaire étant assurée pour toutes les concentrations.



Durée d'exploitation

La durée de vie du capteur dépend de la masse de plomb disponible pour la réaction d'oxygène et de sa vitesse d'oxydation. Des pressions partielles d'oxygène élevées et de hautes températures augmentent le signal de sortie du capteur et raccourcissent ainsi le temps d'exploitation. Au bout de ce temps, le signal du capteur dans l'air tombe rapidement à 0 mV.



En vissant l'embout de protection en cas de non utilisation, vous évitez l'oxydation et augmentez ainsi la durée de vie !

Comportement en température

La compensation intégrée de la température (CTN à proximité de l'électrode) stabilise le signal de sortie du capteur et agit dans la plage -10°C à 40°C.

Vérification et étalonnage

Les sondes de mesure subissent un vieillissement naturel en raison des processus électrochimiques. C'est pourquoi il faudrait contrôler la consigne avant chaque mesure ou à intervalles réguliers, et la corriger si nécessaire. Dans l'air frais, le capteur doit afficher 20.9% O₂. Si la mesure s'écarte de cette consigne, il faut réajuster le capteur en programmant un facteur de correction.

Sur la plupart des appareils ALMEMO® à afficheur, une programmation automatique de la consigne est également prévue. En saisissant la pleine échelle de la consigne, le facteur de correction est calculé automatiquement et placé comme FACTEUR dans l'EEPROM du connect.

Sur tous les nouveaux appareils, la compensation par touches est décrite dans la notice d'utilisation respective sous l'intitulé "Saisie de la consigne", la compensation via l'interface dans le manuel en 6.4.2. Le mode de verrouillage doit être réglé sur 4!

3

La séquence suivante doit alors systématiquement être exécutée :

1. Mettre le capteur à l'air frais.
2. Régler le connecteur sur le mode de verrouillage 4.
3. Saisir la consigne 20,9 % et la compenser

Le facteur de correction est sauvegardé comme FACTEUR
et la mesure indique maintenant 20,9 %

4. Régler le connecteur sur mode de verrouillage 5.

Sur les appareils sans saisie de consigne, on peut calculer et programmer le facteur (consigne/mesure) soi-même (cf. 6.3.11).

Sensibilité transversale

Dans de nombreuses applications, la mesure d'oxygène doit être particulièrement précise. C'est pourquoi nos sondes à oxygène répondent aux contraintes de l'OIML R99 et du PTB. Dans les mélanges typiques de gaz n'apparaissent que de faibles sensibilités transversales:

Mélange gazeux

Equilibre 16% CO₂ / N₂
Equilibre 5% H₂ / N₂
Equilibre 2000ppm n-hexane / N₂
Equilibre 6% CO / N₂
Equilibre 3000 ppm NO / N₂

Signal de sortie

<0.01% O₂
<0.001% O₂
<0.01% O₂
<0.002% O₂
<0.002% O₂

Même si le capteur est utilisé sur de longues périodes dans de tels mélanges, cela n'a pas d'incidence sur sa caractéristique de sortie:

Mélange gazeux

Equilibre 14.4% CO₂ / 3.6% CO / 2050ppm propane / N₂

Equilibre 8% CO₂ / 10% O₂ / N₂

Equilibre 50% CO₂ / 10% O₂ / N₂

Durée

16 semaines

72 heures

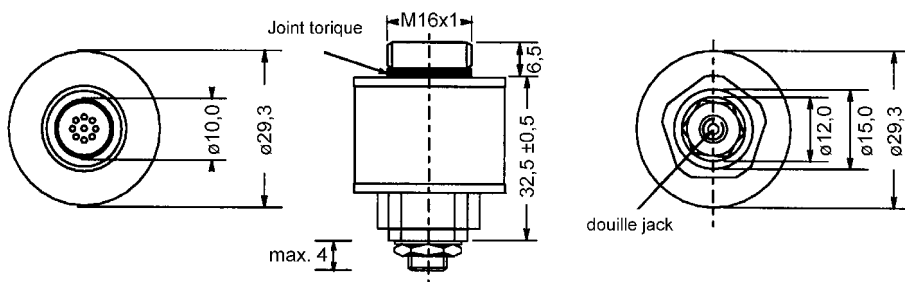
18 heures

Bien que la mesure de concentration repose sur une membrane de diffusion capillaire, cela n'engendre ni une augmentation du flux massique de CO₂, ni un effet de gaz porteur. Cela signifie que le signal de sortie du capteur d'oxygène n'est fonction que de la seule pression partielle d'oxygène.

Caractéristiques techniques

Gaz:	O ₂
Principe de mesure	cellule électrochimique
Plage:	1 à 100% O ₂ , linéaire
Précision:	1% O ₂
Résolution:	0.01% O ₂
Temps de réponse:	< 40s
Dérive du signal:	< 2% signal/mois (typique <5% sur la durée de vie)
Tension de décalage à 20°C:	< 20µV
Durée de vie:	2 ans, en fonctionnant à 20.9% O ₂
Conditions nominales:	20°C, 50% hr, 1013mbar
Plage de température:	-20 à +50°C
Compensation en température:	active dans la plage -10 à +40 °C
Plage de pression:	pression atmosphérique ±10%
Humidité relative:	0 à 99 % sans condensation
Câble de raccordement:	Câble adaptateur longueur 1.5m avec fiche jack sur connecteur ALMEMO (ZA 9600-AKO2)

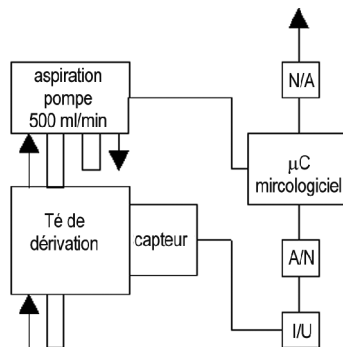
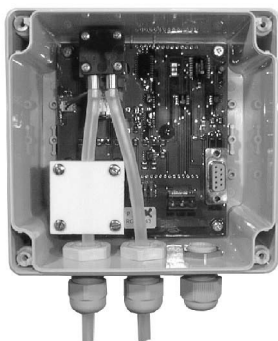
Dimensions:



3.9.6 Sonde O₃ pour les gaz

Principe de mesure

Le convertisseur de mesure d'ozone FY 9600-O3 repose sur un capteur électrochimique à trois électrodes. Une pompe à membrane intégrée dans le boîtier du capteur, d'un débit typique de 500 ml/min assure la prise des échantillons. Afin d'augmenter la durée de vie de la pompe, l'air extérieur est pompé par intervalle puis mesuré à la deuxième moitié de la phase de pompage.



3

Capteur d'ozone ALMEMO®

Le convertisseur de mesure d'ozone FY 9600-O3 est prévu pour de nombreuses applications pour lesquelles les mesures d'ozone étaient jusqu'alors trop chères. Chaque capteur d'ozone est livré avec un diagramme d'étalonnage. Du fait de la grande stabilité de long terme, les frais d'entretien sont très réduits.

Formule de calcul

Avec les formules suivantes, la conversion de la mesure de O₃ de ppb en µg/m³ s'effectue en fonction de la pression atmosphérique actuelle et de la

température.

$$\text{ozone}(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{0,57 * \text{pression atm}}{\text{température}} * \text{ozone (ppb)}$$

Exemple: 20°C et 1013 hPa = facteur 2

ozone(µg/m³) = 2 x ozone (ppb)

C'est la valeur nominale de conversion de ppb en µg/m³.

Mesures

Contrairement à la température, l'ozone se répand sous forme de nuages, c.-à-d. que la répartition est fortement locale et temporelle. De plus, la mesure est effectuée par intervalles. C'est pourquoi il est possible que les valeurs d'ozone varient jusqu'à 50% en très peu de temps.



Nous vous conseillons de ne pas utiliser de filtre en amont, car dans la pratique, ceux-ci sont vite "encrassés" (p. ex. par du pollen) et entraînent des résultats de mesure faussés.

Domaines d'utilisation

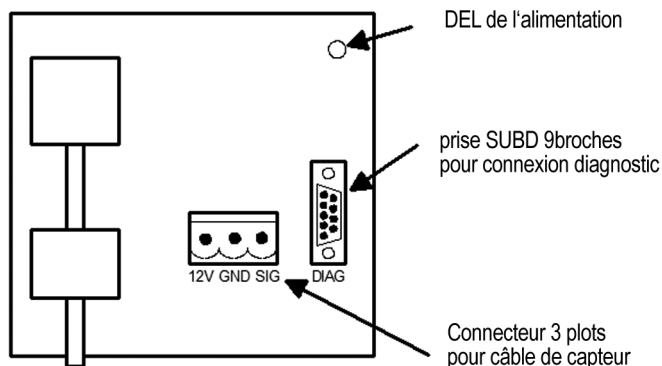
L'ozone est un gaz poison en traces, pouvant provoquer chez l'homme de graves irritations de la muqueuse s'il est inhalé à hautes concentrations. C'est pourquoi dans de nombreux domaines, il est nécessaire d'effectuer des mesures de contrôle du taux d'ozone de l'air, p. ex.:

- pour les contrôles de fuite dans l'industrie,
- dans la protection du travail,
- dans les mesures mobiles de qualité de l'air,
- comme informations environnementales pour les panneaux d'affichage etc...

Conseils d'installation

1. Vous obtiendrez la plus grande précision de mesure à une température ambiante constante d'env. 20°C. Nous vous conseillons de monter le convertisseur de mesure d'ozone dans le bâtiment à au moins 3 m de hauteur avec un tube d'aspiration relié à l'extérieur (tuyau en téflon).
2. L'ouverture du tube d'aspiration doit être distante d'au moins 20 cm des murs ou des autres obstacles et également pointer vers le bas.
3. Si le montage en intérieur n'est pas possible, montez le capteur d'ozone en un lieu à 24 heures d'ombre (face nord). Du fait des plus grandes variations de température, il faut cependant s'attendre à une précision de mesure plus faible. En montage à l'extérieur, installez le capteur d'ozone à l'abrit des précipitations, p. ex. sur un balcon, sous une avancée de toiture ou un capot de protection.
4. Installez le capteur d'ozone afin qu'il reste accessible à l'entretien courant.
5. Installez le capteur d'ozone à un endroit correctement ventilé, de manière à ce que l'ozone ne se décompose pas par manque de convection.

Branchements



Entretien

Pour les mesures en extérieur, l'entretien doit être effectué annuellement au printemps, de manière à offrir la plus grande précision de mesure à la saison de l'ozone. Pour les mesures indépendantes de la saison, nous vous conseillons un entretien tous les 24 mois. Lot d'entretien ZB9600O3S: cellule de mesure électrochimique neuve, remplacement de la pompe, réétalonnage avec certificat de conformité.



Les conditions climatiques exceptionnelles, comme un été chaud et sec, une forte vague de pollen ou des matières polluantes (p. ex. des laques), conduisent à une dégradation prématurée des caractéristiques du capteur. Une durée plus courte entre deux entretiens sera nécessaire le cas échéant.

3

Caractéristiques techniques

Gaz :	O ₃ (ozone)
Principe de mesure :	capteur électrochimique à trois électrodes
Plage :	0 à 300 ppb
Seuil de vérification :	20 ppb
Précision :	typique 5 % de la pleine éch. aux conditions nominales (pour marche en intervalles)
Précision de long terme :	après 12 mois aux conditions nominales typique 5% de la pleine éch. (par intervalles)
Temps d'exposition :	jusqu'à obtention de la spécification au moins 2 h (à 200 ppb) ; l'appareil se trouvait sur une longue période en ambiance sans ozone
Intervalle de mesure :	marche pompe : 5 min / arrêt pompe : 10 min en option : pompe O ₃ OY9600 en marche constante (réglage d'usine)
Débit de pompage :	500 ml/min
Signal de sortie :	0 à 2 V, résistance de charge > 100 kΩ
Tension d'alimentation :	6 à 14 V, stable
Consommation :	marche pompe : 50 mA typ. Pompe arrêtée : 25 mA typ. Pompe bloquée : 180 mA typ.
Surcharge adm.	1 ppm
Espérance de vie :	capteur en typique 24 mois (à 20 °C) Pompe typ. 6000 h
Conditions nominales :	20 °C, 30 %hr, 1013 mbar sans encrassement des surfaces de contact
Plage d'utilisation :	-20 à +40°C / 30 à 80 % h. r.
Températ. de stockage :	0 à 20°C, à entre 30 et 80 % h.r. sans condens.
Dimensions	longueur:180mm, largeur:125mm, hauteur:90mm
Câble de raccordement :	longueur 1.5 m avec connecteur ALMEMO® programmé en ppbb

3.9.7 Sonde O₂ pour l'eau

Notions fondamentales de la mesure d'oxygène dans l'eau

L'oxygène n'est pas seulement un composant de l'air, il apparaît également dans l'eau sous forme dissoute. Il est ici d'une importance capitale pour les animaux et organismes vivants dans l'eau ainsi que pour l'épuration biologique des eaux usées communales et industrielles. La part dissoute croît avec la pression atmosphérique et lorsque la température chute.

Entre l'air et l'eau s'établit un équilibre pour l'oxygène. L'état de saturation (eau saturée en air) est atteint lorsque la pression partielle de l'oxygène physiquement dilué dans l'eau [**pO₂(eau)**] équivaut à celle de l'oxygène dans l'air [**pO₂(air)**].

$$p_{O_2}(\text{eau}) = p_{O_2}(\text{air})$$

Etant donné que dans l'air on trouve outre l'oxygène (20.9%) mais aussi de l'azote (78.1 %), des gaz rares (0.96%), du dioxyde de carbone (0.03 %) et de la vapeur d'eau (air humide), la pression partielle d'oxygène dans l'air saturé en vapeur d'eau [**p'O₂ (air)**] est régie par l'équation suivante:

$$p'O_2(\text{air}) = X_{O_2} (p_L - p_W)$$

X_{O_2} = fraction molaire de l'oxygène dans l'air (0.2095)

p_L = pression atmosphérique p_W = pression de vapeur d'eau



La pression partielle d'oxygène dans l'air saturé en vapeur d'eau correspond à l'équilibre à la pression partielle d'oxygène dans l'eau saturée en air.

Ceci a une conséquence pratique en particulier lors de l'étalonnage des capteurs d'oxygène.

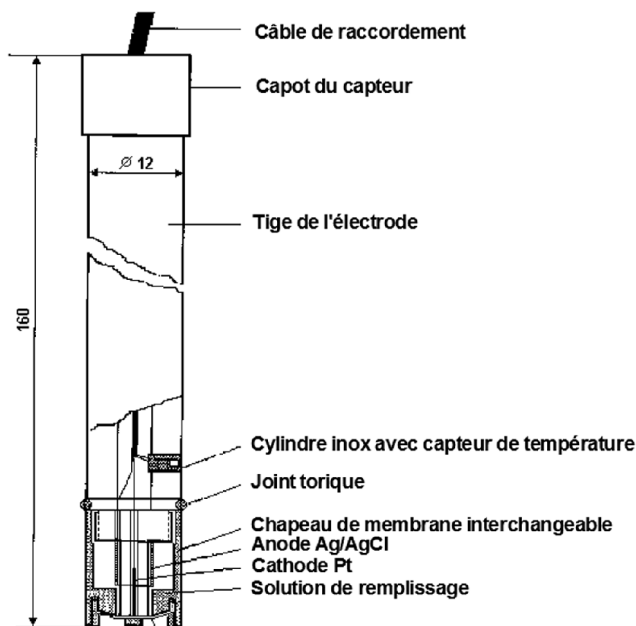
Pour juger de l'état de saturation en oxygène, il est habituel de déterminer au lieu de la pression partielle d'oxygène la saturation en oxygène O₂S en % ou la concentration directe O₂C en mg/l. La valeur O₂S en % renseigne de l'importance de la concentration en oxygène dissout O₂C dans l'eau en pourcentage de la valeur de saturation O₂C_s.

$$O_2S = \frac{O_2C}{O_2C_s} * 100\%$$

Principe de mesure

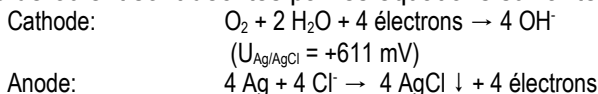
Pour déterminer l'oxygène dissout, les capteurs ampèremétriques recouverts d'une membrane et fonctionnant selon le principe de Clark se sont imposés dans les laboratoires et dans le contrôle des procédés. Ces capteurs fonctionnent sur le principe de la polarographie. En simplifiant, on applique sur deux électrodes une tension de polarisation constante et l'on mesure le courant qui apparaît. Celui-ci est proportionnel à la concentration de l'ion de mesure respectif. La sélectivité de chaque réaction dépend des potentiels de demi-niveau des concurrents présents. En appliquant une tension définie, on peut ainsi mesurer de manière sélective différents composés.

Dans le cas de la détermination de l'oxygène dissout à l'aide de la cellule de Clark recouverte d'une membrane Clark, l'électrode de travail agissant comme cathode est en platine et la contre-électrode ou électrode de référence, est en argent/chlorure d'argent. Les deux électrodes plongent dans une solution électrolytique au chlorure, laquelle est séparée de la solution de mesure par une membrane au téflon perméable à l'O₂. La fine membrane de téflon laisse passer l'oxygène gazeux dissout mais pas les ions dissous ou d'autres corps étrangers.



Dans ce procédé de mesure de l'oxygène, l'oxygène dissout dans l'eau diffuse au travers de la membrane en téflon, à la surface d'une électrode de platine très lisse (polie) agissant comme collecteur, et est réduit par effet électrochimique en ions OH (base). Sur la contre-électrode argent montée en anode, les électrons sont libérés de façon équivalente et les ions argent qui en résultent réagissent avec les ions chlorure de l'électrolyte de remplissage en chlorure

d'argent, lequel se dépose sur l'électrode d'argent. Les réactions individuelles qui se déroulent sont décrites par les équations suivantes:



Ces réactions ne se déroulent pas spontanément, elles doivent être forcées par application d'une tension de polarisation d'au moins +611 mV sur la cathode au platine et l'anode à l'argent. On mesure le courant ainsi généré, lequel donne une mesure de la concentration de l'oxygène déchargé.

Afin qu'aucune autre réaction ne se produise, la tension de polarisation doit être maintenue relativement constante. On applique ainsi sur l'électrode d'oxygène une tension de polarisation de + 650 mV.

Les produits de la réaction sur l'électrode d'oxygène en action sont du chlorure d'argent difficilement soluble, sur l'anode d'argent, et une base (ions OH) dans l'électrolyte interne. Après avoir longtemps utilisé les électrodes d'oxygène (plusieurs mois), il faut enlever le sel d'argent au moyen de thiosulfate de sodium ou d'une solution à l'ammoniaque ou bien mécaniquement, et changer l'électrolyte utilisé.

Mesur d'oxygène ALMEMO®

Pour mesurer l'O₂ dans des solutions aqueuses, la sonde O₂ ALMEMO FYA640-O2 contient une cellule Clark à amplificateur d'instrumentation et un capteur de température CTN. A l'aide de trois canaux de mesure, on peut lire les grandeurs température, saturation en O₂ et concentration en O₂:

Voie	Grandeur mes.	Plage de mesure	Résol.	Unité	Plage
1.	Température	-5 ... 50 °C	0.01	°C	Ntc
2.	Saturation O ₂	0 ... 260 %	1	%	O2-S
3.	Concentration O ₂	0.0... 40.0 mg/l	0.1	mg	O2-C

La saturation en oxygène est dépendante de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. C'est pourquoi il faut tenir compte de ces deux paramètres dans le calcul du degré de saturation. Le capteur pour la compensation de température est intégré dans la sonde. On peut y adjoindre un capteur de pression atmosphérique. Dans des conditions constantes, on peut également saisir la pression atmosphérique. Le point de référence est de 1013 mbar (pression normale).

La concentration en oxygène est calculée à partir de la saturation et de la température par les tableaux de Wagner. Elle ne dépend pas de la pression atmosphérique.

Formules de calcul:

A l'aide des formules suivantes, l'appareil de mesure calcul sur la base de la mesure de O₂ et de la température, le degré de saturation et la quantité absolue d'oxygène en mg/l.

Saturation O ₂ corrigée:	O ₂ S[%]	= O ₂ m SK Tk(Tm) Pn/Pm
Signal de mesure:	O ₂ m	= saturation O ₂ mesurée
Correction de pente:	CP	= 100 / (O ₂ c Tk(Tc) Pn/Pc)
	O ₂ c	= saturation O ₂ à l'étalonnage
	Tc	= température à l'étalonnage
	Pc	= Pression atmosph. à l'étalonnage

Compensation en températ.: Tk(T) (dans la plage 5 à 50 °C)		= exp(k1/(Tm+T0))/k0 k0=4840, k1=2530, T0=273.15
	Tm	= température mesurée

Compens. de press. atm.	Pn	= pression atm. normale 1013 mbar
	Pc	= pression atm. lors de la mesure

Concentration O ₂ :	O ₂ C[mg/l]	= O ₂ m CP/100 Tk(Tm) O ₂ CS(Tm)
	O ₂ CS	= concentr. de saturat. O ₂ selon Wagner

Compens. de press. atm:

La compensation de pression atmosphérique peut s'effectuer de trois manières différentes:

1. Saisie manuelle en fonction mb
2. Saisie interface par la commande: g 0xxxx [mbar] (cf. 6.2.6)
3. Mesure avec capteur de pression atm. supplém. FDA612SA (cf. 6.7.2)

Etalonnage

Pour obtenir des mesures les plus précises possibles, on peut étalonner la sonde oxygène en zéro et en pente. Avant l'étalonnage, veuillez polariser suffisamment l'électrode. Raccorder pour cela l'électrode à l'appareil de mesure et mettre celui-ci sous tension. En particulier lorsque l'électrode n'a pas servi pendant longtemps, le temps de polarisation peut aller jusqu'à 30 min. Une électrode intacte et suffisamment polarisée indique une valeur mesurée stable, ne dérivant pas.

Les électrodes d'oxygène sont calibrées à 0 % de saturation en oxygène (point d'étalonnage 1) et 101 % de saturation oxygène (point d'étalonnage 2).

Fabrication d'une solution nulle point le point d'étalonnage 1:

On utilise comme liquide sans oxygène (saturation 0 %) une solution saline au sulfite de sodium ("solution nulle"). Celle-ci est fabriquée par dissolution de sulfite de sodium (Na_2SO_3) dans l'eau (accessoire ZB 9640-NS). On peut au choix prendre de l'eau distillée (désionisée) ou de l'eau du robinet. La quantité nécessaire de sulfite de sodium dépend de l'eau utilisée. L'eau distillée ou même l'eau ayant reposé contient généralement moins d'oxygène dissout que l'eau fraîche du robinet, le besoin en sulfite de sodium est inférieur d'autant. On peut comme valeur indicative, prendre 1 g de sulfite de sodium pour 100 ml d'eau.



En cas de stockage prolongé, la solution nulle gagne à nouveau un peu d'oxygène de l'air.

Contrôlez-donc la solution nulle régulièrement avant de commencer l'étalonnage.

Si avec votre appareil de mesure dans la solution nulle, vous mesurez des valeurs de saturation $> 0 \%$, veuillez d'abord rajouter un peu de sulfite de sodium dans la solution. L'oxygène dissout sera fixé et la mesure de saturation en oxygène diminuera. C'est seulement lorsque l'ajout de sels ne fait plus décroître la valeur de saturation (mesure stable), que vous disposez d'une réelle "solution nulle" et vous pouvez alors commencer l'étalonnage.

Ajustage du point d'étalonnage 1:

1. Plongez le capteur d'oxygène dans la solution nulle jusqu'à ce que le capteur de température intégré (emploi d'inox dans la canne) se trouve assurément dans la solution.
2. Attendez un temps de stabilisation d'env. 2 à 3 min (affichage < 50).
3. Sélectionner la fonction MODE VERROUILLAGE.
4. Déverrouiller le connecteur (si possible seulement momentanément, cf. notice de l'appareil)
5. Sélectionner la fonction VALEUR MESURÉE.
6. Régler le zéro.
(cf. notice d'utilisation de l'appareil).
7. Rincer ensuite abondamment le capteur à l'eau afin d'éliminer tous les résidus de la solution de sulfite de sodium.
8. Essuyer soigneusement le capuchon de membrane pour le sécher (p. ex. avec un tissu cellulosique), avant de commencer l'étalonnage à l'air saturé en vapeur d'eau.



Des gouttes d'eau sur la membrane peuvent amener à fausser l'étalonnage.

Préparation du point d'étalonnage 2:

Au lieu d'utiliser de l'eau saturée en air, on utilise de l'air saturé en vapeur d'eau. On place pour cela une éponge humidifiée dans un tube d'étalonnage (accessoire ZB 9640-AS). Au bout d'env. 5 à 10 minutes, l'air qui y est contenu est saturé de vapeur d'eau. Lors de l'étalonnage avec de l'air saturé de vapeur d'eau, même à saturation suffisante de vapeur d'eau du fait des propriétés de la membrane, les différences existantes sont minimales (quelques 2 %) par rapport aux capteurs dans de l'eau saturée en air. Malgré le débit, il reste dans l'eau une couche de diffusion intacte, qui conduit à une minoration de la valeur de mesure. C'est pour cette raison que les appareils de mesure ALMEMO®, afin de mesurer correctement la valeur de saturation dans l'eau, sont réglés sur la valeur de 101 % lors de l'étalonnage au point 2.

Ajustage du point d'étalonnage 2:

1. Mettre le capteur soigneusement nettoyé puis séché dans le tube d'étalonnage contenant de l'air saturé en vapeur d'eau (101 % O₂).
2. Verser environ 2 ml d'eau dans le tube et contrôler la bonne position du tube d'aspiration dans le tube (marquage). L'électrode ne doit pas reposer sur la mousse saturée d'eau, il faut assurer un espace > 1 cm.
3. Attendre quelques minutes le réglage de l'équilibre (affichage stable). Sélectionner la fonction VALEUR MESURÉE.
4. Effectuer l'ajustage de la pente comme celui du zéro.
5. Rétablir le verrouillage (pas nécessaire en cas de déverrouillage momentané)

Entretien**Stockage:**

Afin d'éviter l'évaporation de l'électrolyte et aussi de protéger la membrane, il faut entreposer la sonde à oxygène toujours avec le capot de protection mis en place.

Nettoyage de l'électrode:

Pour le nettoyage lors d'une utilisation quotidienne, veuillez seulement rincer l'électrode et l'essuyer avec précaution, évitez d'abîmer la membrane.

Remplacement de la charge d'électrolyte:

Si dans la chambre de l'électrolyte de grosses bulles d'air se sont formées par évaporation ou que la chambre n'est plus remplie qu'à 80 %, il faut remplacer la charge d'électrolyte:

1. Mettre l'électrode à la verticale.
2. Dévisser en bas le capuchon de membrane.
3. Vider le capuchon de la membrane et le remplir jusqu'au bord avec de l'électrolyte.
4. Visser le capuchon de membrane sur l'électrode placée verticalement de sorte à n'enfermer si possible aucune bulle d'air.

Remplacement du capuchon de membrane:

Si la membrane au téflon est endommagée, il faut changer tout le capuchon de membrane.

Des fuites de la membrane se reconnaissent à la formation de petites gouttes d'eau à la surface de la membrane ainsi qu'au "dépassement" des valeurs mesurées. L'échange de capuchon s'effectue de la même manière que pour le remplacement de l'électrolyte.

Nettoyage des surfaces de l'électrode:

Si après plusieurs mois d'utilisation l'anode à l'argent est noircie, il faut nettoyer les surfaces de l'électrode.

1. Dévisser le capuchon avec la membrane perméable aux gaz.
2. Plonger le capteur sur environ 2 cm de profondeur dans une solution de nettoyage au thiosulfate de sodium pendant env. 30 minutes.
3. Bien rincer la tête de sonde à l'eau distillée.
4. Nettoyer énergiquement l'anode à l'argent avec de la cellulose ou de la toile de polissage.
5. Remplir le bouchon d'électrode avec de la nouvelle solution de remplissage et le revisser sur l'électrode à oxygène.
6. Environ 30 minutes après la mise sous tension (temps de polarisation), l'électrode est à nouveau prête à l'emploi.

Caractéristiques techniques

Plages de mesure:

Plage de température:	-5.0 à 50 °C
Saturation O ₂ :	Saturation 0 à 260 %
Concentration O ₂ :	0.0 à 40 mg/l (5 à 40°C)

Principe de mesure

Clark

Electrode de service (cathode):

Pt

Electrode de référence (contre-électrode):

Ag/AgCl

Membrane:

téflon

Temps de réponse (t₉₀%):

env. 10 à 15 s

Courant zéro à 0% de saturation:

< 5 nA

Courant de mesure à 100% de saturation:

env. 700 nA

Précision mesure d'oxygène:

< ± 1 % de la mesure

Vitesse d'écoulement:

env. 10 cm/s

Température de stockage:

-10 à 50 °C

Profondeur de plongée:

40 mm

Volume de remplissage (électrolyte):

0.6 ml

Capteur de température:

CTN type N (10 k à 25°C)

Précision mesure de température:

-20 à 0°C: ±0.4°C,

(aux conditions nominales)

0 à 70°C: ±0.1°C

Conditions nominales:

25°C ±3°C/1013 mbar

Matière de la canne:

PVC, noir

Chapeau de membrane:

remplaçable (pièce de rechange)

Dimensions:

Diamètre 12 mm, longueur 145 mm

Câble de raccordement:

longueur 1.5m avec connecteur ALMEMO®

Tension de polarisation:

650 mV

Vie utile (avec une charge d'électrolyte):

plusieurs mois

Vie utile totale (longévité):

plusieurs années

Accessoires

Kit d'ajustage:

25 g de sulfite de sodium en flacon PE de 20 ml pour fabriquer
la solution nulle, récipient d'étalonnage de la saturation

réf. art. ZB 9640 AS

25 g de sulfite de sodium en flacon PE de 20 ml

réf. art. ZB 9640 NS

20 ml de solution recharge en flacon PE pour sonde O₂

réf. art. ZB 9640 NL

Capuchon membrane recharge av. protection (2 unités)

réf. art. ZB 9640 EM