

Information technique

Memosens CPS77E

Capteur ISFET pour mesure de pH

Numérique avec technologie Memosens 2.0



Domaine d'application

- Applications hygiéniques et stériles
- Industries agroalimentaire et pharmaceutique
- Biotechnologie

Avec les agréments suivants pour un usage en atmosphère explosible de Zone 0, Zone 1 et Zone 2 : ATEX, IECEx, CSA C/US, NEPSI, JPN Ex, INMETRO, UKCA et Corea Ex.

Principaux avantages

- Résistant à la rupture
- Biocompatibilité testée avec succès en ce qui concerne la bioréactivité in vitro (cytotoxicité) et in vivo conformément à USP <87> et USP <88> Cl. VI (121 °C (250 °F))
- Stérilisable et autoclavable
- Intervalles d'étalonnage plus longs qu'avec des électrodes de pH en verre
 - Hystérésis plus courte en cas de variation de température
 - Erreurs de mesure plus faibles suite à une exposition à des températures élevées
 - Pratiquement pas d'erreurs à l'acidité et à la basicité
- Sonde de température Pt1000 intégrée pour une compensation en température efficace

Autres avantages fournis par la technologie Memosens

- Sécurité de process maximale grâce à une transmission de signal inductive sans contact
- Sécurité des données grâce à une transmission numérique
- Manipulation simple grâce à la mémorisation dans le capteur des données spécifiques au capteur
- La maintenance prédictive est possible en enregistrant dans le capteur les données de fonctionnement du capteur

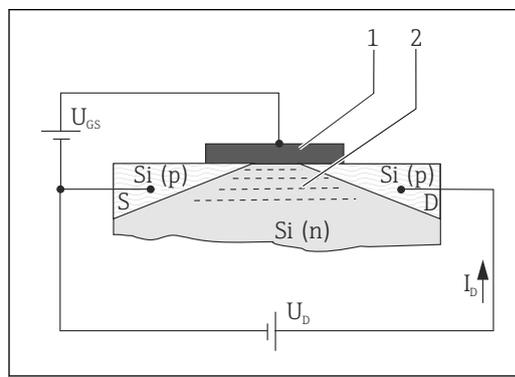
Principe de fonctionnement et construction du système

Principe de mesure

Les transistors à effet de champ à **sélectivité ionique**, ou plus généralement à **sensibilité ionique**, (ISFET) ont été développés dans les années 1970 comme alternative aux électrodes en verre pour la mesure de pH.

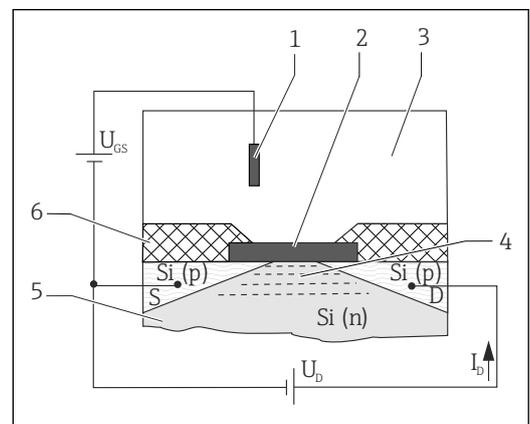
Capteurs ISFET avec mesure du pH

Les transistors à effet de champ à sélectivité ionique ont la disposition des transistors MOS¹⁾ →  1,  2, mais sans la grille métallique (pos. 1) comme électrode de commande. Dans le capteur ISFET, le produit (pos. 3) →  2,  2 est en contact direct avec la couche isolante de la grille (pos. 2). Deux zones fortement conductrices de type p sont diffusées dans le substrat conducteur de type n (pos. 5) du semi-conducteur (Si). Elles agissent comme électrode émettrice ("Source", S) et réceptrice ("Drain", D). L'électrode formant la grille métallique (dans le cas d'un MOSFET), ou le produit (dans le cas d'un ISFET), forme un condensateur avec le substrat sous-jacent. Une différence de potentiel (tension) entre la grille et le substrat (U_{GS}) engendre une augmentation de la densité d'électrons dans la zone entre "Source" et "Drain". Il se forme un canal conducteur →  2,  2 (pos. 4), qui permet le passage d'un courant I_D lorsqu'une tension U_D est appliquée.



 1 Principe MOSFET

- 1 Grille métallique
- 2 Canal conducteur (N)



 2 Principe ISFET

- 1 Électrode de référence
- 2 Couche isolante de la grille
- 3 Produit
- 4 Canal conducteur (N)
- 5 Substrat silicium dopé N
- 6 Corps du capteur

Dans le cas des ISFET, les ions présents dans le produit et situés dans la couche limite entre le produit et la couche isolante de la grille créent le champ électrique (potentiel de grille). L'effet décrit engendre la formation d'un canal conducteur dans le substrat semi-conducteur en silicium entre la "Source" et le "Drain", et induit un courant entre la "Source" et le "Drain".

Des circuits de capteur appropriés se servent de la dépendance du potentiel de grille à certains ions pour produire un signal de sortie proportionnel à la concentration de ces ions.

ISFET sensible au pH

La couche isolante de la grille sert de couche sélective pour les ions H^+ . Cette couche est également imperméable à ces ions (effet isolant), mais autorise des réactions de surface réversibles avec les ions H^+ . Selon que les solutions sont acides ou basiques, les groupes fonctionnels de la surface isolante acceptent ou libèrent des ions H^+ (caractère amphotère des groupes fonctionnels). Cela provoque un chargement positif (acceptation d'ions H^+ en produit acide) ou négatif (libération d'ions H^+ en produit basique) de la surface de la couche isolante. Selon le pH, un chargement défini de la surface peut être utilisé pour contrôler l'effet de champ dans le canal entre la "Source" et le "Drain". Les processus qui mènent à la création d'un potentiel de charge et donc à une tension de commande U_{GS} entre la "Grille" et la "Source" sont décrits à l'aide de l'équation de Nernst :

$$U_{GS} = U_0 + \frac{2,3 \cdot RT}{NF} \lg a_{ion}$$

1) Semi-conducteur à oxyde métallique

U_{GS}	Potential entre la grille et la source	F	Constante de Faraday (26,803 Ah)
U_0	Tension offset	a_{ion}	Activité du type d'ion (H^+)
R	Constante des gaz parfaits (8,3143 J/molK)	$2,3 \cdot RT$	Facteur de Nernst
T	Température [K]	nF	
n	Valence (1/mol)		

A 25 °C (77 °F), le facteur de Nernst de la mesure du pH a la valeur -59,16 mV/pH.

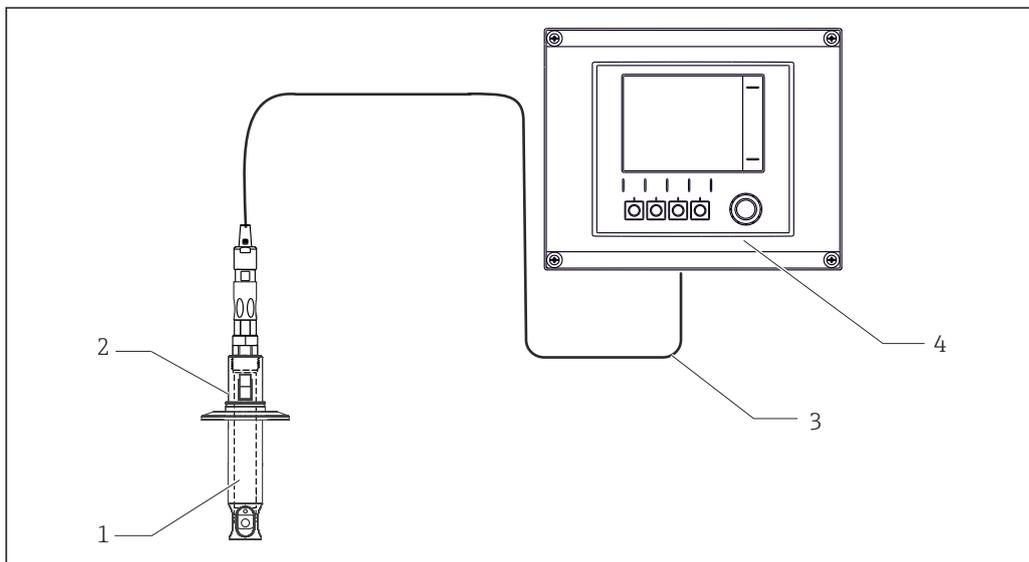
Ensemble de mesure

Un ensemble de mesure complet comprend au moins :

- Capteur ISFET
- Câble de données Memosens CYK10
- Transmetteur, p. ex. Liquiline CM44x, Liquiline CM42
- Sonde
 - Sonde à immersion, p. ex. Dipfit CPA111
 - Chambre de passage, p. ex. Flowfit CPA250
 - Sonde rétractable, p. ex. Cleanfit CPA875
 - Sonde fixe, p. ex. Unifit CPA842

Des options supplémentaires sont disponibles selon l'application :

Système automatique de nettoyage et d'étalonnage, p.ex. Liquiline Control CDC90



A0036026

3 Exemple d'un ensemble de mesure

- 1 Capteur ISFET
- 2 Sonde intégrée Unifit CPA842
- 3 Câble de données Memosens CYK10
- 4 Transmetteur Liquiline CM42

Communication et traitement des données

Communication avec le transmetteur

 Toujours raccorder les capteurs numériques avec technologie Memosens à un transmetteur avec technologie Memosens. La transmission de données à un transmetteur pour capteurs analogiques n'est pas possible.

Les capteurs numériques permettent de mémoriser les données de l'ensemble de mesure dans le capteur. Ceci inclut les données suivantes :

- Données du fabricant
 - Numéro de série
 - Caractéristique de commande
 - Date de fabrication
- Données d'étalonnage
 - Date d'étalonnage
 - Pente à 25 °C (77 °F)
 - Point de fonctionnement à 25 °C (77 °F)
 - Offset de la sonde de température intégrée
 - Nombre d'étalonnages
 - Historique des étalonnages
 - Numéro de série du transmetteur utilisé pour réaliser le dernier étalonnage ou ajustage
- Données de service
 - Gamme de température
 - Gamme de pH
 - Date de la première mise en service
 - Valeur de température maximale
 - Heures de fonctionnement sous des conditions extrêmes
 - Nombre de stérilisations
 - Compteur NEP
 - Charge du capteur

Les données listées ci-dessus peuvent être affichées avec le Liquiline CM42, CM44x, et le Memobase Plus CYZ71D.

Sécurité de fonctionnement

Fiabilité

Manipulation simple

Les capteurs avec technologie Memosens ont une électronique intégrée qui mémorise les données d'étalonnage et d'autres informations (p.ex. total des heures de fonctionnement ou les heures de fonctionnement dans des conditions de mesure extrêmes). Lorsque le capteur est connecté, les données d'étalonnage sont automatiquement transmises au transmetteur et utilisées pour calculer la valeur mesurée actuelle. La sauvegarde des données d'étalonnage permet d'étalonner le capteur à l'écart du point de mesure. Résultat :

- Les capteurs de pH peuvent être étalonnés en laboratoire sous des conditions extérieures optimales, ce qui permet une meilleure qualité de l'étalonnage.
- La disponibilité du point de mesure est considérablement améliorée grâce au remplacement rapide et facile de capteurs préétalonnés.
- Grâce à la disponibilité des données du capteur, les intervalles de maintenance peuvent être définis avec précision et la maintenance prédictive est possible.
- L'historique du capteur peut être documenté sur des supports de données externes et dans des programmes d'analyse.
- Les données d'application enregistrées du capteur peuvent être utilisées pour déterminer l'utilisation continue du capteur de manière ciblée.

Intégrité

Sécurité des données grâce à la transmission numérique

La technologie Memosens numérise les valeurs mesurées dans le capteur et les transmet par connexion sans contact ni risque d'interférences au transmetteur. Résultat :

- En cas de défaillance du capteur ou de coupure de connexion entre le capteur et le transmetteur, celle-ci est détectée et signalée de manière fiable.
- La disponibilité du point de mesure est détectée et signalée de manière fiable.

Sécurité

Sécurité de process maximale

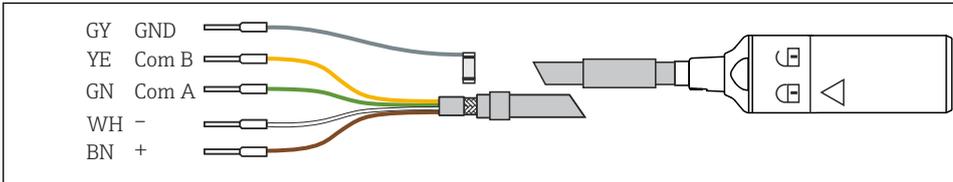
Grâce à la transmission inductive et sans contact de la valeur mesurée, Memosens garantit une sécurité de process maximale et présente les avantages suivants :

- Tous les problèmes causés par l'humidité sont éliminés :
 - Pas de corrosion au niveau de la connexion
 - Les valeurs mesurées ne peuvent pas être faussées par l'humidité
- Le transmetteur est découplé galvaniquement du milieu. Les problématiques concernant le raccordement "symétrique" ou "asymétrique" en haute impédance ou le type de convertisseur d'impédance ne sont plus d'actualité.
- La compatibilité électromagnétique (CEM) est garantie par le blindage des câbles de transmission numérique des valeurs mesurées.
- Électronique à sécurité intrinsèque pour un fonctionnement sans problème en zone explosible. Flexibilité totale grâce à des agréments Ex individuels pour tous les composants, tels que les capteurs, les câbles et les transmetteurs.

Entrée

Grandeur de mesure	Valeur pH Température
Gamme de mesure	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH : 0 ... 14 ▪ Température : -15 ... 135 °C (5 ... 275 °F) <p> Tenir compte des conditions d'utilisation dans le process.</p>

Alimentation électrique

Raccordement électrique	
--------------------------------	--

 4 Câble de mesure CYK10 ou CYK20

- ▶ Raccorder le câble de mesure Memosens, p. ex. CYK10 ou CYK20 au capteur.

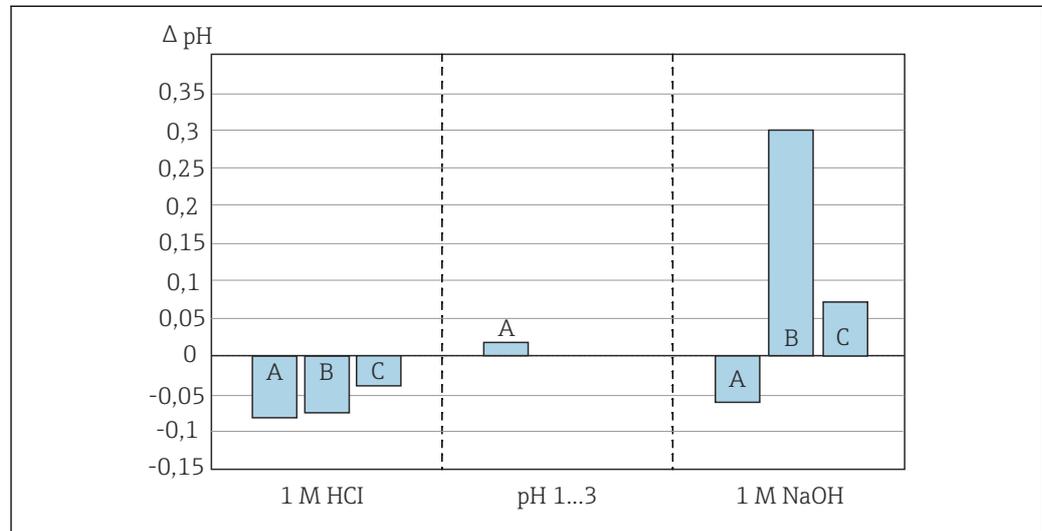
 Pour plus d'informations sur le câble CYK10, voir BA00118C

Performances

Conditions de référence	Température de référence : 25 °C (77 °F) Pression de référence : 1013 hPa (15 psi)
Système de référence	Système de référence Ag/AgCl, pont électrolytique : KCl liquide, 3M, sans AgCl
Hystérésis	Un autre avantage important par rapport aux électrodes de pH en verre est la faible erreur à l'acidité ou à la basicité dans des gammes de pH extrêmes. Contrairement aux électrodes de pH en verre, les

ions étrangers ne peuvent pas s'accumuler sur la grille de l'ISFET. Entre pH 1 et pH 13, l'écart de mesure est d'en moyenne $\Delta \text{pH } 0,02$ (à 25 °C (77 °F)) et se trouve donc dans la limite de détection.

Le graphique ci-dessous montre l'écart de mesure moyen du capteur ISFET dans la gamme pH 1 à 13 et par rapport à deux électrodes de pH en verre (deux verres de pH différents) à des valeurs extrêmes de pH 0,09 (1 M HCl) et 13,86 (1 M NaOH).



5 Écarts de mesure du capteur ISFET par rapport à différents capteurs de pH

- A ISFET CPSx7D
- B Verre de type A
- C Verre de type B

Répétabilité ± 0,01 pH

Temps de réponse Un circuit de régulation est créé chaque fois que le système de mesure est mis sous tension. La valeur mesurée ajuste la valeur réelle pendant cette durée.

Le temps de stabilisation dépend du type et de la durée de l'interruption :

- Interruption de la tension, le capteur reste dans le produit : env. 3-5 minutes
- Interruption du film de liquide entre l'ISFET et la référence : env. 5-8 minutes
- Stockage à sec du capteur pendant une période prolongée : jusqu'à 30 minutes

Temps de réponse Les temps de réponse du capteur sont extrêmement courts sur l'ensemble de la gamme de température. Il n'y a pas d'équilibre (dépendant de la température) à atteindre. Grâce à cela, il est également possible d'utiliser le capteur à basse température sans diminution du temps de réponse.

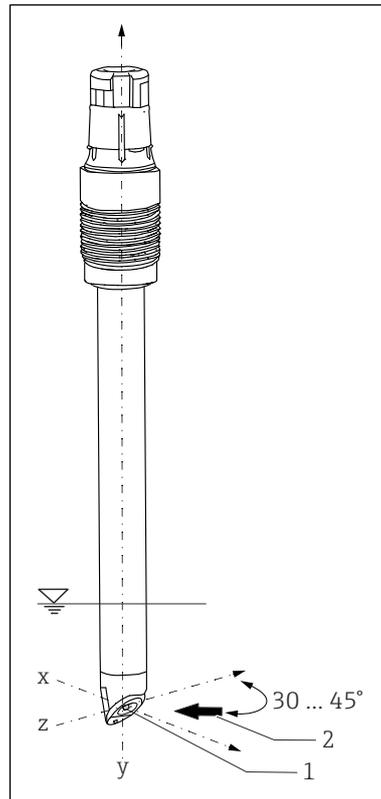
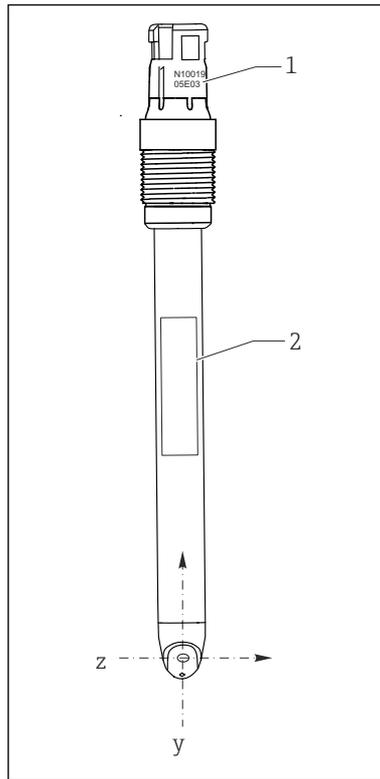
Temps de réponse t_{90}

$t < 5$ secondes, pour un changement de tampon de pH 4 à pH 7 et dans les conditions de référence

i La réponse de la sonde de température intégrée peut être plus lente en cas de variations de température extrêmes. Dans ce cas, réguler la température du capteur avant un étalonnage ou une mesure.

Montage

- Position de montage**
1. Tenir compte du sens d'écoulement du produit lors de l'installation du capteur.
 2. Positionner la puce ISFET de sorte qu'elle fasse un angle d'env. 30 ... 45 ° par rapport au sens d'écoulement (pos. 2) → 7, 7. Pour cela, utiliser la tête de raccordement orientable.



6 Orientation du capteur, vue de face

- 1 Numéro de série
- 2 Plaque signalétique

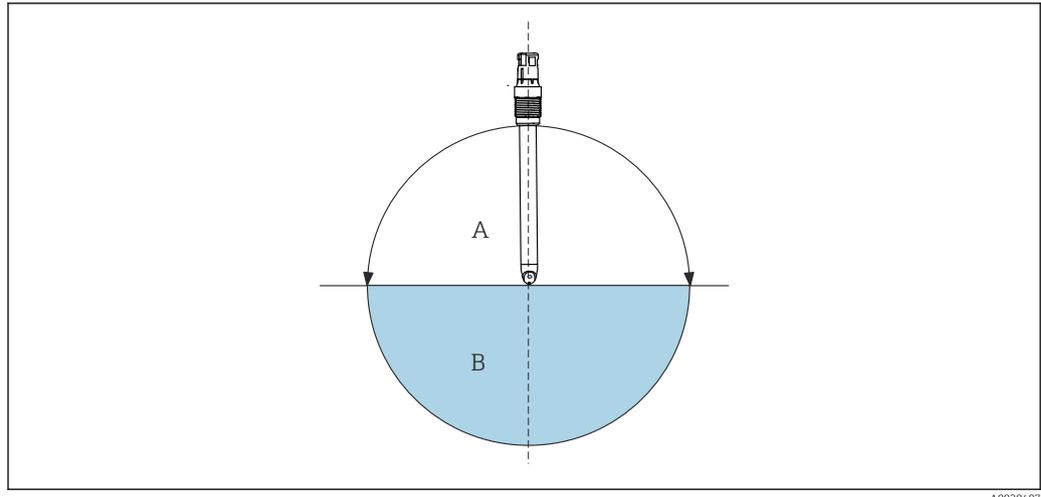
7 Orientation du capteur, vue 3D

- 1 Puce ISFET
- 2 Sens d'écoulement du produit

Lors du montage du capteur dans une sonde, le numéro de série gravé sur la tête de raccordement peut être utilisé comme repère pour ajuster la position du capteur → 6, 7. La gravure est toujours sur le même plan que la puce ISFET et que la plaque signalétique (direction z-y).

i Les capteurs ISFET ne sont pas conçus pour être utilisés dans des produits abrasifs. S'ils sont néanmoins utilisés dans de telles applications, éviter que le produit ne s'écoule directement sur la puce. Cela permet de prolonger la durée de vie du capteur et limite sa dérive. L'inconvénient est que la valeur de pH affichée n'est pas stable.

Les capteurs ISFET peuvent être installés dans n'importe quelle position car il n'y a pas de conducteur interne liquide. Cependant, s'ils sont installés la tête en bas, il n'est pas possible d'exclure le risque de coupure du contact électrique entre le produit et la jonction en raison d'une bulle d'air dans le système de référence.



8 Angle de montage

A Recommandé

B Autorisé, tenir compte des conditions de base → 7

Conditions de base : à la livraison, le capteur est exempt de bulles d'air. Cependant, des bulles d'air se forment en cas de fonctionnement avec une dépression, p. ex. lors de la vidange d'une cuve.

i Ne pas laisser à l'air libre pendant plus de 6 heures le capteur installé (valable également pour un montage la tête en bas).

Instructions de montage

i Pour les instructions de montage détaillées pour le support : voir le manuel de mise en service du support utilisé.

1. Avant de visser le capteur, s'assurer que le filetage du support, les joints toriques et la portée de joint sont propres et intacts et que le filetage n'est pas grippé.
2. Visser le capteur et le serrer à la main avec un couple de serrage de 3 Nm (2,21 lbf ft) (les spécifications ne sont valables qu'en cas de montage dans des supports Endress+Hauser).

Pour des informations détaillées sur le retrait du capuchon d'humidification, voir BA02154C

Exigences hygiéniques

Les appareils utilisés pour des applications hygiéniques sont soumis à des exigences spécifiques en matière de montage. Celles-ci doivent être prises en compte pour garantir un fonctionnement hygiénique sans risque de contamination du produit utilisé pour le process.

i Documentation spéciale pour les applications hygiéniques, SD02751C

Pour un montage conforme 3-A ou EHEDG et permettant un nettoyage facile, respecter les consignes suivantes :

- Utiliser une sonde de process certifiée
- Utiliser une sonde de process avec une cage de protection autour du capteur
- Le montage doit être auto-vidangeant
- Les zones mortes doivent être évitées

i Il est recommandé de changer le capteur après 20 cycles NEP.

Environnement

Gamme de température atmosphérique

AVIS

Risque de dommages par le gel !

- ▶ Ne pas utiliser le capteur à des températures inférieures à .

Température de stockage 0 ... 50 °C (32 ... 122 °F)

Sensibilité à la lumière

AVIS

Exposition directe au soleil lors de l'étalonnage et du fonctionnement

Fluctuations de la valeur mesurée !

- ▶ Éviter l'exposition directe au soleil lors de l'étalonnage et du fonctionnement.

Comme tous les composants semi-conducteurs, la puce ISFET est sensible à la lumière. La lumière ambiante normale n'a pas d'effet significatif sur la mesure.

Indice de protection

IP 68 (colonne d'eau 10 m (33 ft), 25 °C (77 °F), 45 jours, jusqu'à 135 °C (275 °F)), autoclavable

Compatibilité électromagnétique (CEM)

Emissivité et immunité aux interférences selon

- EN 61326-1: 2013
- EN 61326-2-3:2013
- NAMUR NE21: 2012

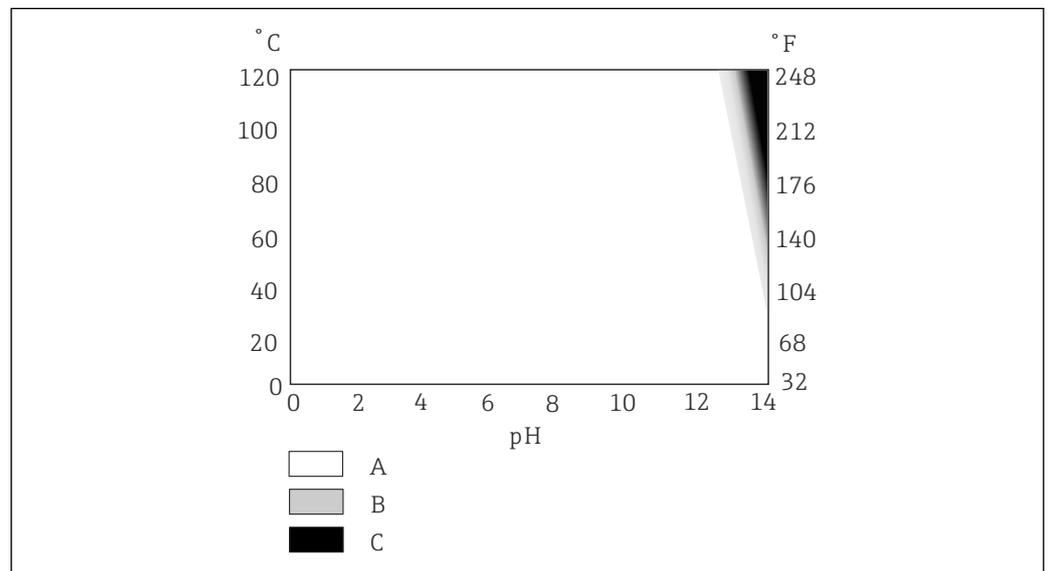
Process

Gamme de température de process

-15 ... 135 °C (5 ... 275 °F)

Température du produit en fonction de la valeur de pH

A haute température sur une longue durée, les produits alcalins détruisent de façon irréversible l'oxyde isolant de la grille. Le capteur peut être utilisé dans la plage grisée (→ ☒ 9, ☒ 9) aux dépens de sa durée de vie. Si le capteur exposé en permanence à 1 mole de NaOH à des températures supérieures à 65 °C (149 °F), sa durée de vie est réduite à un tel point que le fonctionnement permanent dans cette gamme n'est pas recommandé.



☒ 9 *Domaine d'application en fonction de la température et de la valeur de pH*

- A *Peut être utilisé sans problème*
- B *Durée de vie réduite*
- C *Utilisation non recommandée*

Gamme de pression de process

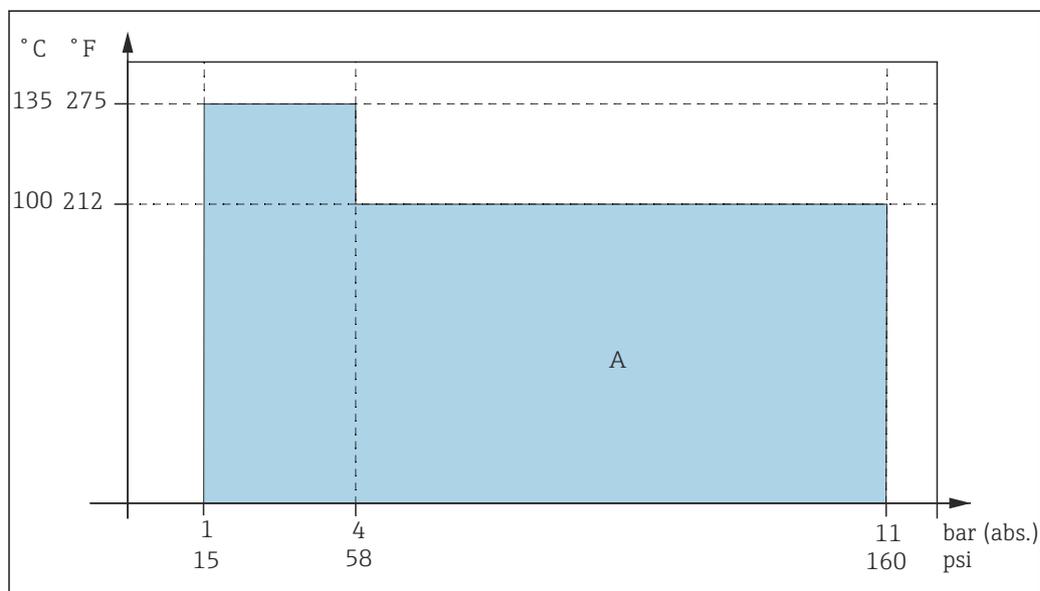
0,8 ... 11 bar (11,6 ... 159,5 psi) (absolus)

ConductivitéConductivité minimale²⁾ : 50 µS/cm**Courbe pression/
température****AVIS****Risque d'endommagement du capteur !**

- ▶ Ne jamais utiliser le capteur en dehors des spécifications listées.

Maximum 11 bar (160 psi) (abs.) / 100 °C (212 °F)

Stérilisable : 4 bar (58 psi) (abs.) / 135 °C (275 °F), 1 h



A0044851

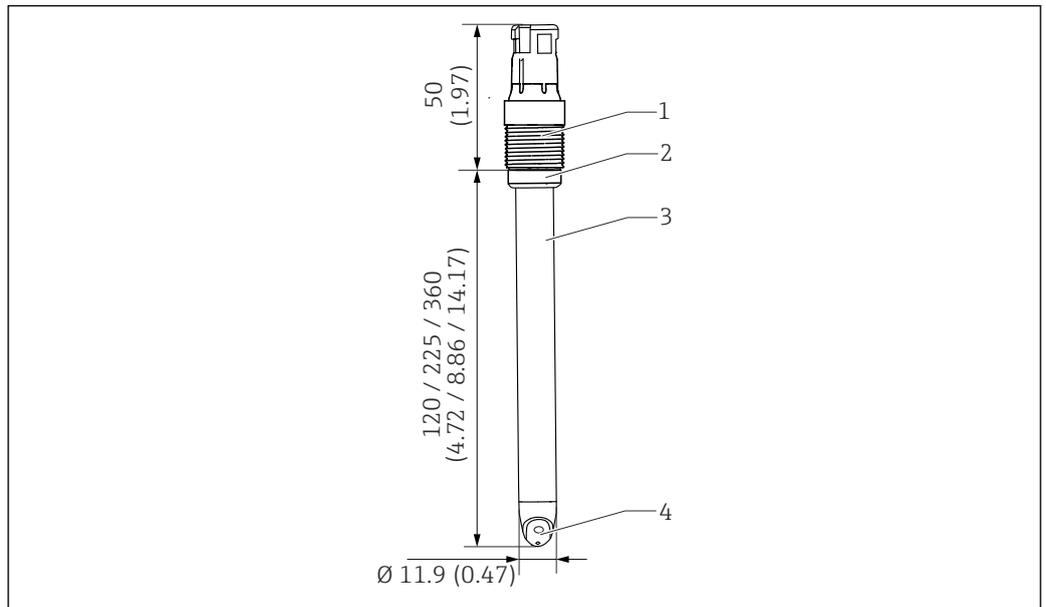
10 Courbe pression/température

A Gamme de service

2) Conditions de référence : eau déminéralisée comme produit de mesure dont la conductivité a été ajustée au moyen de NaOH, KCl ou HCl ; température ambiante ; fonctionnement sans pression du capteur ; changement entre produit stationnaire et produit écoulement du produit vers le capteur avec vitesse d'écoulement de 2 m/s (6,6 ft/s) et écoulement latéral du produit en direction de la puce ISFET ; la valeur de conductivité indiquée est la valeur déterminée lorsque les variations de la valeur mesurée sont inférieures à 0,2 pH dans tous les produits entre les produits stationnaires et les produits s'écoulant.

Construction mécanique

Construction, dimensions



A0046470

11 Capteur avec tête de raccordement Memosens. Unité de mesure : mm (in)

- 1 Tête de raccordement Memosens avec raccord process
- 2 Joint torique avec bague de serrage
- 3 Corps du capteur
- 4 Puce ISFET

Poids

Longueur montée	120 mm (4,72 in)	225 mm (8,86 in)	360 mm (14,17 in)
Poids	35 g (1,2 oz)	50 g (1,8 oz)	66 g (2,3 oz)

Matériaux

Corps du capteur	PEEK
Joints	FFKM
Conducteur	Ag/AgCl
Joint torique sur la bague de serrage	FKM
Jonction ou jonction ouverte	Jonction céramique, dioxyde de zirconium
Raccord process	PPS renforcé de fibres de verre
Plaque signalétique	Oxyde métallique céramique

Résistance à la rupture

La résistance à la rupture est la caractéristique externe principale du capteur. Toute la technologie du capteur est intégrée dans un corps en PEEK. Seules la puce ISFET hautement résistante et la référence ont un contact direct avec le produit.

Sonde de température

Pt1000 (classe A selon DIN IEC 60751)

Tête de raccordement

Tête de raccordement Memosens pour transmission de données numérique, sans contact, résistance à la pression 16 bar (232 psi) (relative)

Raccords process

Pg 13,5

Rugosité de surface

$R_a < 0,76 \mu\text{m}$ (30 μin)

Certificats et agréments

Les certificats et agréments relatifs au produit sont disponibles via le Configurateur de produit sur www.endress.com.

1. Sélectionner le produit à l'aide des filtres et du champ de recherche.
2. Ouvrir la page produit.

Le bouton **Configuration** ouvre le Configurateur de produit.

Informations à fournir à la commande

Contenu de la livraison

La livraison comprend :

- Capteur dans la version commandée
- Manuel de mise en service
- Conseils de sécurité pour la zone explosible (pour les capteurs avec agrément Ex)

Page produit

www.endress.com/cps77e

Configurateur de produit

Sur la page produit, vous trouverez le bouton **Configurer**.

1. Cliquez sur ce bouton.
 - ↳ Le configurateur s'ouvre dans une nouvelle fenêtre.
2. Sélectionnez toutes les options nécessaires à la configuration de l'appareil en fonction de vos besoins.
 - ↳ Vous obtenez ainsi une référence de commande valide et complète pour votre appareil.
3. Exportez la référence de commande dans un fichier PDF ou Excel. Pour cela, cliquez sur le bouton correspondant à droite au-dessus de la fenêtre de sélection.

 Pour beaucoup de produits, vous avez également la possibilité de télécharger des schémas CAO ou 2D de la version de produit sélectionnée. Pour cela, cliquez sur l'onglet **CAO** et sélectionnez le type de fichier souhaité dans la liste déroulante.

Accessoires

Vous trouverez ci-dessous les principaux accessoires disponibles à la date d'édition de la présente documentation.

- ▶ Pour les accessoires non mentionnés ici, adressez-vous à notre SAV ou agence commerciale.

Accessoires spécifiques à l'appareil

Sondes

Unifit CPA842

- Support intégré pour les industries agroalimentaire et pharmaceutique et les biotechnologies
- Avec certificat EHEDG et 3A
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpa842

 Information technique TI00306C

Cleanfit CPA875

- Support de process rétractable pour des applications stériles et hygiéniques
- Pour une mesure en ligne avec des capteurs standard de diamètre 12 mm, par ex. pour le pH, le redox, l'oxygène
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpa875

 Information technique TI01168C

Dipfit CPA111

- Sonde à immersion et intégrée en plastique pour cuves ouvertes ou fermées
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpa111

 Information technique TI00112C

Cleanfit CPA871

- Support de process rétractable flexible pour l'eau, les eaux usées et l'industrie chimique
- Pour les applications avec capteurs standard de diamètre 12 mm
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpa871

 Information technique TI01191C

Cleanfit CPA450

- Support rétractable à actionnement manuel pour le montage de capteurs de diamètre 12 mm et une longueur de 120 mm dans des cuves et des conduites
- Configurateur de produit sur la page produit : www.endress.com/cpa450

 Information technique TI00183C

Flowfit CPA250

- Chambre de passage pour la mesure de pH/redox
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpa250

 Information technique TI00041C

Système de nettoyage et d'étalonnage

Liquiline Control CDC90

- Système de nettoyage et d'étalonnage entièrement automatique pour les points de mesure de pH et de redox dans toutes les industries
- Nettoyé, validé, étalonné et ajusté
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cdc90

 Information technique TI01340C

Solutions tampons

Solutions tampons Endress+Hauser de qualité - CPY20

Les solutions tampons secondaires sont des solutions ramenées selon DIN 19266 par un laboratoire accrédité DakkS (organisme d'accréditation allemand) au matériel de référence primaire du PTB (office fédéral physicochimique allemand) ou au matériel de référence standard du NIST (National Institute of Standards and Technology).

Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/cpy20

Câble de mesure

Câble de données Memosens CYK10

- Pour capteurs numériques avec technologie Memosens
- Configurateur de produit sur la page produit : www.endress.com/cyk10

 Information technique TI00118C

Câble laboratoire Memosens CYK20

- Pour capteurs numériques avec technologie Memosens
- Configurateur de produit sur la page produit : www.endress.com/cyk20

Appareil de mesure portable

Liquiline Mobile CML18

- Appareil mobile multiparamètre pour le laboratoire et le terrain
- Transmetteur fiable avec affichage et connexion via App
- Configurateur de produit sur la page produit : www.fr.endress.com/CML18

 Manuel de mise en service BA02002C



71541514

www.addresses.endress.com
