

# Électrodes MetroSensor



La précision n'est pas le fruit du hasard,  
elle est l'œuvre du savoir-faire !



# Sommaire

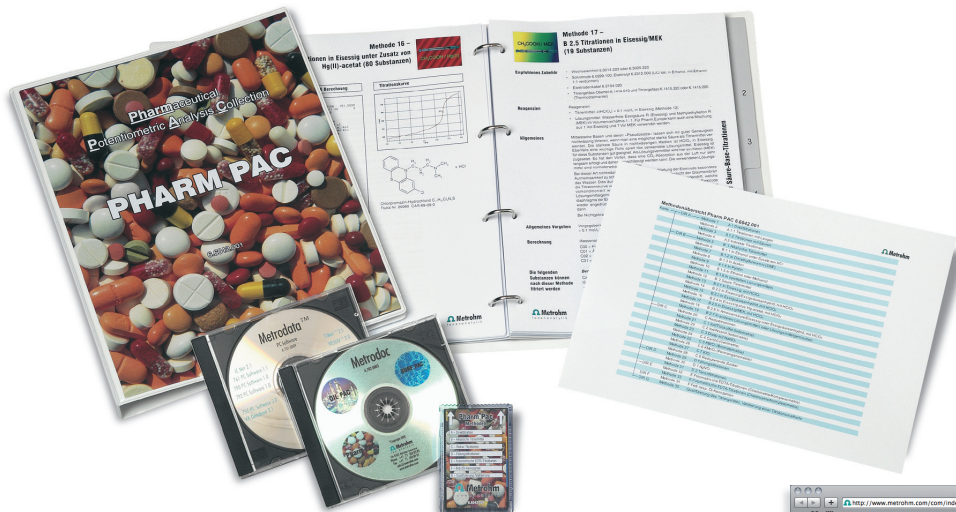
<b>Quelle électrode pour quelles applications ?</b>	<b>6-7</b>	<b>Accessoires</b>	<b>88-94</b>
Électrodes pour mesure du pH	6	Accessoires pour Metrosensor	88-89
Électrodes pour titrage	7	Étalons ioniques, solutions tampons, électrolytes	90-91
		Raccordements électriques	92-94
<b>Catalogue d'électrodes</b>	<b>8-85</b>	<b>Comment sont fabriqués les Metrosensor ?</b>	<b>95-96</b>
dTrodes – Électrodes numériques pour la plateforme OMNIS	8-9	<b>Principales notions théoriques</b>	<b>97-118</b>
iTrodes – Électrodes intelligentes pour la génération Titrando	10	1. Principales notions de potentiométrie	97-112
Unitrode et Solvotrode <i>easyClean</i> – Le nettoyage des diaphragmes sur simple pression d'un bouton	11	1.1. Principe de mesure	97
Électrodes en verre séparées pour pH	14-15	1.2. Du potentiel mesuré à la concentration ionique	97-98
Électrodes pour mesure de pH	16-19	1.3. Électrodes de mesure	99-107
Électrodes pour titrage de pH	20-23	1.3.1. Électrodes pH en verre	99-103
Électrodes spéciales pour mesure / titrage de pH	24-27	1.3.2. Électrodes en métal	103-105
Électrodes pour titrage de pH en présence de HF	28-29	1.3.3. Électrodes ioniques spécifiques	105-107
Électrodes métalliques séparées	32-33	1.4. Électrodes de référence	107-112
Titrodes – Les électrodes en métal sans entretien	34-35	1.4.1. Système de référence argent / chlorure d'argent	107
Électrodes en métal combinées	36-37	1.4.2. Système de référence Metrosensor « Long Life »	108
Électrodes pour titrage Karl Fischer	38-39	1.4.3. Diaphragmes	108-111
Électrodes ioniques spécifiques	42-45	1.4.4. Électrolytes de référence et électrolytes intermédiaires	112
Électrodes de titrage des tensio-actifs	46-49	2. Principales notions de conductimétrie	113-117
Électrodes de référence	52-55	2.1. Généralités	113-116
Électrodes pour l'analyse de traces et la CVS	58-59	2.2. Mesure de conductivité selon USP et Pharm. Europe (EP)	116-117
Électrodes de référence et électrodes auxiliaires pour l'analyse de traces et la CVS	60-61	3. Mesure de la température	118
Électrodes pour RDE et RRDE Metrohm Autolab	62-63	<b>Annexe</b>	<b>120-130</b>
Microélectrodes	64-65	Spécifications techniques	120-130
Électrodes pour la microbalance électrochimique à quartz (EQCM)	66-67		
Électrodes screen-printed	68-69		
Électrodes et microélectrodes interdigitées	70		
Cellules de mesure de conductivité pour Conductimètres 912/914	74-75		
Cellules de mesure de conductivité pour le 856 Conductivity Module	76-77		
Cellules de mesure de conductivité	78-81		
Capteurs de température	82-83		
Capteurs photométriques	84-85		

Metrohm possède une longue expérience dans l'analyse des ions. Pourquoi vous torturer l'esprit alors que nous avons déjà tout imaginé pour vous ?

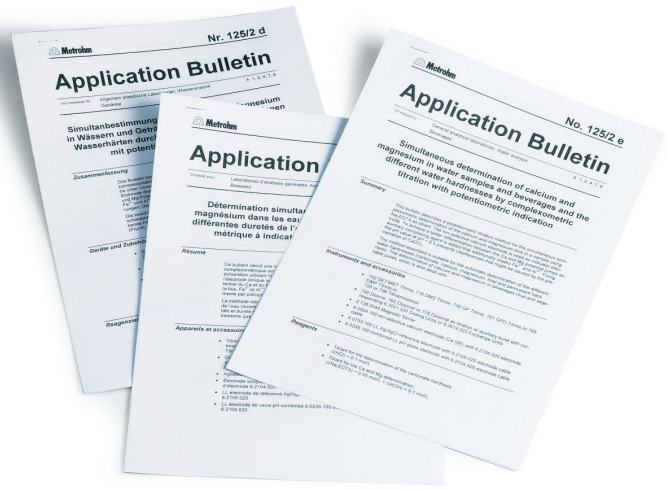
**Bulletins d'application Metrohm** – des instructions à suivre pour un travail réussi.

**Les PAC (Potentiometric Analysis Collections) de Metrohm** – contiennent les méthodes prêtes à l'emploi les plus récentes et respectent toujours les normes et la législation de votre pays.

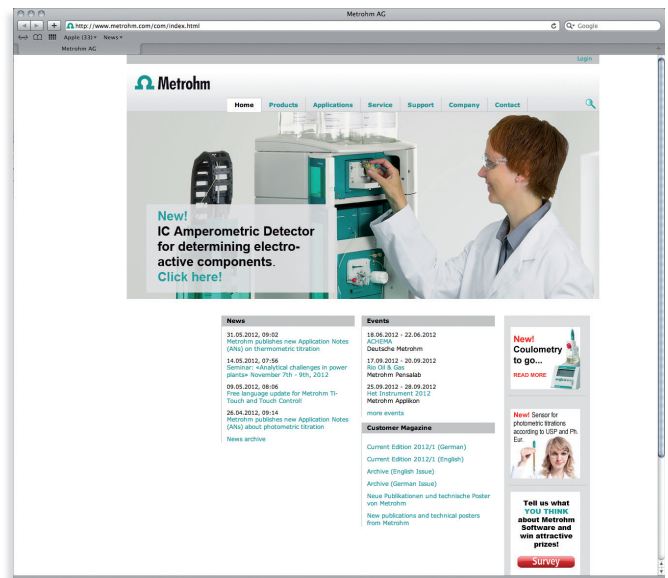
- **Surf PAC** – les méthodes indispensables à l'analyse des agents tensio-actifs.
- **Oil PAC** – les méthodes indispensables à l'analyse des produits pétroliers.



Développez votre savoir-faire avec le leader du marché !  
[www.metrohm.com](http://www.metrohm.com)



- **Pharm PAC** – les méthodes indispensables à la détermination des ingrédients pharmaceutiques selon les Pharmacopées Européenne et Américaine.
- **Wine PAC** – les méthodes indispensables à l'analyse œnologique.
- **Plate PAC** – les méthodes indispensables à l'analyse des bains galvaniques.
- **Food PAC** – les méthodes indispensables à l'analyse des produits alimentaires.



# Catalogue d'électrodes

Sauf indication contraire, les articles sont représentés à taille réelle.

Sauf indication contraire, toutes les électrodes de mesure de pH combinées sont remplies d'électrolyte de référence  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$  (référence 6.2308.020).

L'abréviation « système de référence LL » renvoie au système de référence « Long Life » Metrosensor. Pour de plus amples informations sur ce système, reportez-vous à la partie théorique, chapitre 1.4.2.

« DJ » signifie « Double jonction ». Ces électrodes sont équipées d'une chambre à électrolyte intermédiaire. L'électrolyte intermédiaire peut être remplacé, autrement dit, il peut être adapté à l'échantillon.

L'annexe « Spécifications techniques » fournit des informations détaillées sur les spécifications techniques. Les paramètres électrochimiques sont spécifiés pour  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , les débits de diffusion pour une pression hydrostatique d'une colonne d'eau de 10 cm de eau. « Longueur de la tige » se rapporte à la longueur de la base de l'électrode jusqu'au bas de la tête enfichable de l'électrode. La longueur utile est la longueur de la base de l'électrode jusqu'à l'extrémité supérieure du rodage normalisé. Si les douilles avec rodage normalisé sont réglables, cela correspond à la longueur jusqu'à l'orifice de remplissage de l'électrolyte. Toutes les douilles flexibles avec rodage normalisé ont un rodage normalisé standard de 14/15.

## Abréviations des noms de matériaux :

EP	Époxide
EVA	Éthylène-acétate de vinyle
PBT	Polytéréphtalate de butylène
PCTFE	Polychlorotrifluoroéthylène
PE	Polyéthylène
PEEK	Polyétheréthercétone
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle
POM	Polyoxyméthylène
PP	Polypropylène
PPO	Polyphénylèneoxyde
PTFE	Polytétrafluoroéthylène
PVC	Polychlorure de vinyle

# Électrodes pour mesure du pH

6

Application	Détails	Électrode	N° de référence	Page
<b>Universel</b>	Solutions claires, aqueuses, de pH 0 à 14	Primatrode avec NTC	6.0228.010	16
	Utilisation universelle en laboratoire, pH 0 à 14	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Mesure classique d'échantillons similaires pH 1 à 11	Gel Ecotrode avec NTC	6.0221.600	16
<b>Eau</b>	Divers (eau déminéralisée, eau potable, eau de traitement, eau de mer, secteur environnemental)	Aquatrode Plus avec Pt 1000	6.0257.600	18
<b>Eaux usées</b>	Divers	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Eaux usées contenant des sulfures	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
<b>Échantillons de sols</b>	Divers (suspensions aqueuses)	Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
<b>Agriculture Horticulture Culture de plantes</b>	Engrais	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Solutions protéinées	Porotrode <sup>x</sup>	6.0235.200	24
	Purins	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Petits volumes d'échantillons, milieux de culture	Biotrode <sup>x</sup>	6.0224.100	24
	Solutions nutritives	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
<b>Denrées alimentaires Articles semi-luxueux</b>	Divers	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Denrées alimentaires protéinées, bières	Porotrode <sup>x</sup>	6.0235.200	24
	Pain, viande, fromage, pâte (mesure d'échantillons semi-solides)	Électrode à aiguille <sup>x</sup>	6.0226.100	24
	Jus de fruits et de légumes, vins, spiritueux	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Eau potable	Aquatrode Plus avec Pt 1000	6.0257.600	18
<b>Produits pharmaceutiques Échantillons biologiques</b>	Crèmes, formulations liquides, sirops médicaux, solutions pour rinçage buccal, contrôles des matières premières selon les pharmacopées	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
	Solutés de dialyse, urine	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Solutions protéinées	Porotrode <sup>x</sup>	6.0235.200	24
	Solutions administrables par perfusion	Aquatrode Plus avec Pt 1000	6.0257.600	18
	Petits volumes d'échantillon, sécrétions gastriques, sérum	Biotrode <sup>x</sup>	6.0224.100	24
	Mesures d'installations pilotes	Syntrode avec Pt 1000	6.0248.600	26
<b>Cosmétiques</b>	Divers (émulsions, shampooings, gels douche, savons liquides, lotions, solutions pour rinçage buccal, parfums)	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
	Peau (surfaces)	Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
	Produits de maquillage	Microélectrode <sup>*</sup>	6.0234.100	26
<b>Agents de nettoyage Détergents</b>	Divers (nettoyants, liquides pour lave-vaisselle, agents de nettoyage, solutions détergentes)	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
	Échantillons à valeur de pH >10	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Échantillons à haute viscosité	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
<b>Cuir Papier Textiles</b>	Bains blanchissants et teinture, liquide de tannage	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Solution de fontaine pour impression offset, colle	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Cuir, papier, textiles (surface)	Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
	Bains de lessive	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
<b>Couleurs Laques Solvants</b>	Teintes (bois), bains colorants, encres	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Dispensions, émulsions, résines, laques, suspensions	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Couches de peinture (surfaces)	Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
	Solvants polaires, non aqueux	EtOH-Trode <sup>x</sup>	6.0269.100	18
<b>Galvano-technique Traitement des métaux</b>	Divers (gravure, bains dégraissants et décapants, galvanisation alcaline et bains phosphatants)	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Bains de galvanisation acides	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Émulsions à base d'huiles de forage	Viscotrode <sup>x</sup>	6.0239.100	26
<b>Applications spécifiques</b>	Mesures sur échantillons semi-solides	Électrode à aiguille <sup>x</sup>	6.0226.100	24
	Solutions protéinées	Porotrode <sup>x</sup>	6.0235.200	24
	Échantillons avec valeurs pH >12 et températures entre 50 et 80 °C	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Températures comprises entre 80 et 100 °C	Unitrode avec électrolyte de référence Pt 1000 : Idrolyte	6.0258.600	18
	Solutions peu tamponnées, déficientes en ions	Aquatrode Plus avec Pt 1000	6.0257.600	22
	Petits volumes d'échantillons	Biotrode <sup>x</sup>	6.0224.100	24
		Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
	Mesures de surface	Électrode à membrane plane <sup>x</sup>	6.0256.100	24
	Bains de développement, acides concentrés	Profitrode <sup>x</sup>	6.0255.100	20
	Émulsions/suspensions	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Combustibles contenant de l'éthanol / E85	EtOH-Trode <sup>x</sup>	6.0269.100	18

<sup>x</sup> Il est recommandé d'utiliser un capteur de température externe (par ex. : 6.1114.010 ou 6.1110.100)

# Électrodes pour titrage

Application	Détails	Électrode	N° de référence	Page
<b>Titrages acide/base en milieu aqueux</b>	Divers	Ecotrode Plus	6.0262.100	20
	Mesure classique d'échantillons similaires	Gel Ecotrode	6.0221.100	20
	Échantillons alcalins, liqueurs de Bayer	Unitrode	6.0259.100	20
	Titrages à hautes températures	Unitrode avec électrolyte de référence : Idrolyte	6.0259.100	20
	Acidité des boissons alcoolisées	Unitrode avec Pt 1000	6.0258.600	18
	Titrages avec faibles volumes d'échantillons	Microélectrode*	6.0234.100	26
		Électrode à membrane plane	6.0256.100	24
	Titrages en milieux aqueux pauvres en ions	Aquatrode plus	6.0253.100	22
	Dureté carbonatée, capacité acide de l'eau, valeurs m et p	Aquatrode Plus avec Pt 1000	6.0257.600	18
	Galvanotechnique, gravure et bains phosphatants	Profitrode	6.0255.100	20
	Bains de gravure contenant du fluorure ou de l'acide fluorhydrique	Solitrode HF	6.0223.100	28
		Électrode combinée à pointe d'antimoine	6.0421.100	28
	Échantillons protéinés	Porotrode	6.0235.200	24
<b>Titrages acide/base non aqueux</b>	Titrages avec acide perchlorique, cyclohexylamine, HCl alcoolique, détermination de l'indice de basicité (TBN) des produits d'huile brute	Solvotrode easyClean avec c(LiCl) = sat. en éthanol	6.0229.010	22
	Titrages avec KOH, NaOH et TBAOH alcoolisés, méthylate de potassium, détermination de l'indice total d'acidité (TAN) des produits pétroliers, acides gras libres et indice d'hydroxyle des huiles et graisses	Solvotrode easyClean avec c(TEABr) = 0,4 mol/L dans l'éthylène glycol	6.0229.010	22
<b>Titrages Redox</b> Titants : arsénite, cersulfate de fer(III), iode, bromate de potassium nitrite de sodium acide oxalique, permanganate, thio-sulfate, titane(III), Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Titrages sans modification du pH	Titrode Pt	6.0431.100	34
	Titrages avec modification du pH	Électrode combinée annulaire Pt	6.0451.100	36
	Demande chimique en oxygène (DCO) dans les eaux	Électrode combinée annulaire Au	6.0452.100	36
	Pénicilline, ampicilline	Électrode combinée annulaire Au	6.0452.100	36
	Bromatométrie, iodométrie et cérimétrie selon les Pharm. Europe et USP	Titrode Pt	6.0431.100	34
	Titrages avec électrodes polarisables (I <sub>pol</sub> )	Électrode à double feuille de platine	6.0309.100	32
	Double électrode annulaire Au	6.00353.100	32	
<b>Titrages Karl Fischer</b>	Détermination de l'eau d'après Karl Fischer	Électrode à double fil de platine	6.0338.100	38
<b>Titrages de précipités</b> Titants : nitrate d'argent	Chlorures divers, teneur en chlorure de sodium des denrées alimentaires	Titrode Ag	6.0430.100	34
	Chlorure dans les solutions pour dialyse et perfusion	Titrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0430.100S	34
	Titrages selon les Pharm. Europe et USP	Titrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0430.100S	34
	Détermination des sulfures d'hydrogène, mercaptans, sulfures de carbonyle, sulfures	Titrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0430.100S	34
	Chlorure, bromure, iodure et cyanure dans les bains de galvanotechnique	Titrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0430.100S	34
	Fluorure / acide fluorhydrique dans les bains de gravure	Membrane cristal F-EIS	6.0502.150	42
<b>Complexométrie</b> Titants : EDTA, Complexon® III et IV	Titrage en retour de l'excédent de Ba <sup>2+</sup> avec EDTA	Combinée à membrane polymère Ca <sup>2+</sup> -EIS	6.0510.100	42
	Détermination du Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> en solutions aqueuses (selon AB 125)	Combinée à membrane polymère Ca <sup>2+</sup> -EIS	6.0510.100	42
	Détermination de Al, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Fe, Mg, Ni, Pb, Zn	Membrane cristal Cu <sup>2+</sup> -EIS	6.0502.140	42
<b>Titrages photométriques</b>	Titrages en solutions aqueuses et non aqueuses	Optrode	6.1115.000	84
<b>Tensio-actifs dans des milieux non aqueux</b> Hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, cétones, gasoline, kérosène, dichloroéthane et trichloroéthane	Titration des tensio-actifs anioniques et cationiques, titrages du chloroforme, formulations huileuses comme les liquides de refroidissement, huiles de forage et de coupe, les bains douches contenant de l'huile, pH <10	Surfactrode Resistant	6.0507.130	46
	Titration des tensio-actifs anioniques et cationiques, titrages du chloroforme, formulations huileuses comme les liquides de refroidissement, huiles de forage et de coupe, les bains douches contenant de l'huile, pH <10	Surfactrode Refill	6.0507.140	46
<b>Tensio-actifs en milieu aqueux</b>	Titration des tensio-actifs cationiques	Électrode « Cationic Surfactant »	6.0507.150	46
	Titration des tensio-actifs anioniques	Électrode « Ionic Surfactant »	6.0507.120	46
	Titration des tensio-actifs non ioniques	Électrode NIO	6.0507.010	46
	Titration des ingrédients pharmaceutiques avec tétraphényl-borate de sodium			

## dTrodes – Électrodes numériques pour la plateforme OMNIS

### dTrodes – Plus légères, tout simplement

La toute nouvelle génération d'électrodes électroniques intelligentes – les dTrodes ont été spécifiquement développées pour la plateforme OMNIS. Les dTrodes associent une électrode de mesure et un amplificateur dans un capteur robuste et élégant.

Le signal de mesure est converti en signal numérique à l'intérieur même de la tête d'électrode et retransmis par fibre optique au titreur. Le capteur est donc découplé du titreur sur le plan électrostatique, ce qui réduit les interférences et produit un signal de mesure à très faible bruit.

Toutes les données utiles du capteur, telles que le numéro d'article et de série, la date de calibrage, la durée de vie et la validité du calibrage, sont automatiquement sauvegardées sur la puce électronique de données intégrée. C'est pourquoi une dTrode peut être utilisée sur différents systèmes sans être réétalonnée, toute méprise étant exclue.

### LED d'état du capteur

Lorsque l'on branche une dTrode sur un titreur OMNIS, le logiciel OMNIS la détecte automatiquement et l'enregistre dans sa liste de capteurs. Les paramètres du capteur sont immédiatement chargés et leur validité est vérifiée. En cas de problème avec le capteur, par ex. un paramètre incorrect, l'utilisateur s'en rend compte immédiatement à la couleur de la LED d'état intégrée. Toute erreur est ainsi exclue.



### Informations de commande

dUnitrode avec Pt 1000	6.00200.300
dEcotrode plus	6.00201.300
dAquatrode plus avec Pt 1000	6.00202.300
dSolvotrode	6.00203.300
dProfitrode	6.00204.300
dTitrode Ag	6.00400.300
dTitrode Pt	6.00401.300
Électrode annulaire dAg	6.00402.300
Électrode annulaire dPt	6.00403.300
dCalcium-EIS, combinée	6.00502.300
Module de mesure numérique	6.02100.010

6.00502.300

6.00402.300

6.00204.300

6.00400.300

9



6.02100.010



## iTrodes – Électrodes intelligentes pour la génération Titrande

### Acquisition numérique simple

Les iTrodes renferment un circuit numérique qui conserve en mémoire les données pertinentes du capteur comme les numéros de référence et de série, les données de calibrage, la durée de vie et la durée de validité du calibrage.

Quand on branche une iTrode sur l'appareil de mesure, il lit ces données. Les interventions d'électrodes et les erreurs d'édition sont donc exclues et les données de traçabilité de chaque résultat d'analyse mentionnent l'électrode utilisée.

### Transmission des données numériques

Le signal de mesure analogique de l'iTrode est converti en impulsions numériques par le convertisseur analogique-numérique du 854 iConnect (2.854.0010) dans le capteur même. Ce signal numérique est insensible aux influences électrostatiques et une transmission sans interférence est assurée jusqu'à l'appareil de mesure.

Les iTrodes peuvent être utilisées avec les pH-mètres 913 et 914 pH, le 916 Ti-Touch ou le Titrande 888 et 90X.



### Informations de commande

iAquatrode Plus avec Pt 1000	6.0277.300
iUnitrode avec Pt 1000	6.0278.300
iSolvotrode	6.0279.300
iEctrode Plus	6.0280.300
iTitrode Ag	6.0470.300
iTitrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0470.300S
iTitrode Pt	6.0471.300
Électrode annulaire iAg, combinée	6.0450.300
Électrode annulaire iPt, combinée	6.0451.300
iConnect	2.854.0010

## Unitrode et Solvotrode *easyClean* – le nettoyage des diaphragmes sur simple pression d'un bouton

Nettoyage facile du diaphragme : il suffit d'appuyer une fois sur la tête de l'électrode et l'électrolyte s'écoule. De cette manière, il n'y a plus besoin de toucher le diaphragme pour le nettoyage.

11

### Points forts

- Nettoyage facile sans toucher le diaphragme
- Meilleures précision et reproductibilité du flux d'électrolyte (verre sur verre, le ressort dans la tête de l'électrode permet le retour à la position initiale exacte)
- Profondeur d'immersion plus faible grâce à la forme optimisée de la membrane



### Informations de commande :

Unitrode <i>easyClean</i> avec Pt 1000, câble fixe, fiche F	6.0260.010
Unitrode <i>easyClean</i> avec Pt 1000, câble fixe de 2 m, fiche F	6.0260.020
Solvotrode <i>easyClean</i> , câble fixe, fiche F	6.0229.010
Solvotrode <i>easyClean</i> , câble fixe de 2 m, fiche F	6.0229.020





### **Pour des mesures encore plus précises !**

Une précision extrême et une grande simplicité d'utilisation : voici les deux incroyables caractéristiques d'Unitrode et Aquatrode Plus. Le débit de diffusion constant de l'électrolyte du diaphragme à rodage fixe (totalement insensible à toute contamination) garantit un signal de mesure à faible bruit, même sur des échantillons difficiles et quelles que soient les conditions de mesure. Pour de plus amples informations sur ce système, reportez-vous à la partie théorique, page 109.

# Électrodes en verre séparées pour pH

14

## Électrode en verre pH séparée

- Isolée électriquement
- Verre en T bleu pour résultats fiables, par ex. pour la potentiométrie différentielle en milieu non aqueux
- Longueurs optimales pour les applications avec passeur d'échantillons

## Spécifications techniques

Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Longueur utile	142 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Potentiométrie différentielle

Outre l'électrode de mesure, la potentiométrie différentielle nécessite une électrode de référence et une électrode auxiliaire. La protection de l'électrode de référence doit être identique à celle de l'électrode de mesure.

Électrodes de référence pour potentiométrie différentielle (voir la section « Électrodes de référence »)

- Électrode de référence Ag/AgCl DJ, longueur 100 mm, avec tête enfichable Metrohm G  
Sans remplissage d'électrolyte, sans câble 6.0729.100
- Électrode de référence Ag/AgCl-DJ, longueur 138 mm, avec tête enfichable Metrohm G  
Sans remplissage d'électrolyte, sans câble 6.0729.110

Électrodes auxiliaires pour potentiométrie différentielle, tête enfichable Metrohm B (voir la section « Électrodes en métal séparées »)

Électrode séparée à fil de Pt	6.0301.100
Électrode séparée à tige en Pt	6.1241.040 + 6.1248.000
Électrode séparée à anneau en Pt	6.0351.100

**Informations de commande**

Électrode en verre pH séparée, sans câble

6.0150.100

# Électrodes pour mesure du pH

16

## **Primatrode avec NTC, la solution économique pour débuter dans les mesures de pH conformes aux bonnes pratiques de laboratoire**

- Pour les solutions sans précipité, sans protéines ni sulfures
- Électrode standard longue durée
- Tige en matière plastique incassable
- Protection de la membrane de verre contre les chocs
- Système de référence LL stable à long terme
- Variante 6.0228.020 avec fiche I étanche à l'eau pour utilisation avec le pH-mètre 913/914 (IP67)

### **Spécifications techniques**

#### **Primatrode**

Matériau de la tige	PP
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Capteur de température	NTC
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm

## **La Solitrode avec Pt 1000 – robuste et fiable, idéale pour un usage quotidien en laboratoire**

- Pour les solutions sans précipité, sans protéines ni sulfures
- Électrode standard longue durée
- Tige en matière plastique incassable
- Protection de la membrane de verre contre les chocs
- Système de référence LL stable à long terme

### **Spécifications techniques**

#### **Solitrode**

Matériau de la tige	PP
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Capteur de température	Pt 1000
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm

## **Gel Ecotrode, la solution sans entretien**

- Idéal pour les mesures classiques d'échantillons similaires
- La solution pour les dispersions de polymères (colorants dispersifs et colles à base d'eau, comme les esters acryliques, les styrènes, les butylacrylates)
- Sans entretien
- Indicateur de durée de vie
- Système de référence LL stable à long terme

### **Spécifications techniques**

#### **Gel Ecotrode**

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 1 à 11
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Capteur de température	NTC
Diaphragme	Twin pore
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm U

## **Comment conserver correctement vos électrodes :**

Obtenir une réponse rapide, ce n'est pas de la magie, c'est une question de conservation ! Metrohm recommande la solution de conservation brevetée (6.2323.000) pour toutes les électrodes en verre pH combinées utilisant  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$  comme électrolyte de référence. Cela évite à la membrane en verre de vieillir et garantit ainsi des temps de réponse aussi courts qu'au premier jour. Pour de plus amples informations, reportez-vous à la partie théorique, chapitre 1.3.1. « Électrodes pH en verre ».



#### Primatrode

la solution économique pour débuter dans les mesures de pH conformes aux bonnes pratiques de laboratoire



#### Solitrode

Robuste et fiable, idéale pour un usage laboratoire quotidien



#### Gel Ecotrode

La solution sans entretien



#### Informations de commande

Primatrode avec NTC, câble fixe (1,2 m) avec fiche F + 1 x B (2 mm)	6.0228.010
Primatrode avec NTC, câble fixe (1,2 m) avec fiche I (IP67) + 1 x B (2 mm)	6.0228.020
Solitrode avec Pt 1000, sans câble, tête enfichable en U	6.0228.600
Solitrode sans capteur de température, sans câble	6.0220.100
Gel Ecotrode avec NTC, sans câble, tête enfichable en U	6.0221.600
Gel Ecotrode sans capteur de température, sans câble	6.0221.100

# Électrodes pour mesure du pH

18

## Unitrode avec Pt 1000 – des performances élevées dans des échantillons difficiles et des valeurs de pH élevées

- Emploi universel, même dans les colorants, les pigments, les encres, les suspensions, les résines et les polymères
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Grande résistance à la température et très faible erreur alcaline
- Réponse rapide aux variations de température
- Idrolyte externe de l'électrolyte pour des températures de 80 à 100 °C
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### Unitrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 100 °C
Capteur de température	Pt 1000
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	25 mm

## Aquatrode Plus avec Pt 1000 – idéale pour les solutions aqueuses tamponnées

- Verre spécifique pour membrane de l'électrode : valeurs de mesure précises et délais de réponse très rapides, même sur les solutions tamponnées quotidiennement comme l'eau potable, les eaux de surface et l'eau de pluie et autres solutions à faible conduction
- Électrolyte de référence interne sans entretien (gel)
- Électrolyte intermédiaire variable pour applications spéciales
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Longueur optimisée pour les applications avec passeur d'échantillons
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### Aquatrode plus

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Capteur de température	Pt 1000
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	135 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm

## EtOH-Trode – la spécialiste de l'éthanol

- Développée pour la mesure du pHe dans l'éthanol
- Verre spécifique pour la membrane
- Diaphragme à rodage très précis
- Système à double jonction pour le libre choix des électrolytes (par ex. : 3 M KCl dans ASTM D 6423, 1 M LiCl dans EN 15490).
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### EtOH-Trode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Entretien de l'électrode

Il n'est possible de garantir des résultats de mesure fiables sur le long terme que si la membrane en verre et le diaphragme reçoivent des soins préventifs et réguliers. Le nettoyage par attaque avec des produits chimiques toxiques ou un traitement mécanique du diaphragme n'est pas seulement compliqué et cher, il provoque aussi un vieillissement prématuré de l'électrode en verre pH. Le kit d'entretien (6.2325.000, p. 91) a été mis au point pour assurer un nettoyage doux et simple des électrodes en verre pH avec un électrolyte liquide. Une application régulière peut considérablement prolonger la durée de vie du produit.



#### EtOH-Trode

Spécialiste de la mesure de pH dans l'éthanol



#### Unitrode

Hautes performances même dans des échantillons difficiles et des valeurs de pH élevées



#### Aquatrode plus

Délais de réponse rapides et une précision extrême dans les solutions faiblement tamponnées grâce au verre spécial électrodes et un diaphragme à rodage fixe



#### Informations de commande

Unitrode easyClean avec Pt 1000, câble fixe (1,2 m) avec fiche F + 1 x B (2 mm)	6.0260.010
Unitrode easyClean avec Pt 1000, câble fixe (2 m) avec fiche F + 1 x B (2 mm)	6.0260.020
Unitrode sans capteur de température, sans câble	6.0259.100
Unitrode avec Pt 1000, sans câble, tête enfichable en U	6.0258.600
iUnitrode avec Pt 1000	6.0278.300 <sup>1</sup>
dUnitrode avec Pt 1000	6.00200.300 <sup>2</sup>
Aquatrode Plus mit Pt 1000, sans câble, tête enfichable en U	6.0257.600
Aquatrode Plus sans capteur de température, sans câble	6.0253.100
iAquatrode Plus avec Pt 1000	6.0277.300 <sup>1</sup>
dAquatrode Plus avec Pt 1000	6.00202.300 <sup>2</sup>
EtOH-Trode sans capteur de température, sans câble	6.0269.100

<sup>1</sup> Pour de plus amples informations sur les iTrodes, consultez la page 10.

<sup>2</sup> Pour de plus amples informations sur les dTrodes, consultez la page 8.

# Électrodes pour titrage de pH

20

## Gel Ecotrode, la solution sans entretien

- Idéal pour les mesures classiques d'échantillons similaires
- Sans entretien
- Indicateur de durée de vie
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Gel Ecotrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 1 à 11
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Diaphragme	Twin pore
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Ecotrode Plus – une robustesse élevée pour une utilisation quotidienne à bas prix

- Pour les titrages acide-base dans divers types de solutions
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Idéale pour un usage quotidien en laboratoire
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Ecotrode Plus

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Profitrode – un travail de qualité professionnelle dans les conditions de mesure les plus difficiles

- Pour les conditions difficiles (bains galvaniques, précipités, échantillons contenant des sulfures, etc.)
- Diaphragme à rodage flexible, particulièrement facile à nettoyer
- Montage à double jonction
- Disponible en plusieurs longueurs (113/170/310 mm)
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Profitrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage flexible
Longueurs utile	113/170/ 310 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	30 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Unitrode – des performances élevées dans des échantillons difficiles et des valeurs de pH élevées

- Emploi universel, même dans les colorants, les pigments, les encres, les suspensions, les résines et les polymères
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Grande résistance à la température et très faible erreur alcaline
- Réponse rapide aux variations de température
- Idrolyte externe de l'électrolyte pour les températures de 80 à 100 °C
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Unitrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 100 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	25 mm



**Gel Electrode**  
Mesure classique  
sans entretien

**Electrode Plus**  
Une robustesse élevée pour  
une utilisation quotidienne à  
bas prix

**Profitrode**  
Un travail professionnel dans  
les matrices les plus difficiles

**Unitrode**  
Des performances élevées dans  
des échantillons difficiles et des  
valeurs de pH élevées

### Informations de commande

Gel Electrode sans capteur de température, sans câble	6.0221.100
Électrode Plus sans capteur de température, sans câble	6.0262.100
iElectrode Plus sans capteur de température	6.0280.300 <sup>1</sup>
dElectrode Plus sans capteur de température	6.00201.300 <sup>2</sup>
Profitrode, longueur 113 mm, sans câble	6.0255.100
Profitrode, longueur 170 mm, sans câble	6.0255.110
Profitrode, longueur 310 mm, sans câble	6.0255.120
dProfitrode sans capteur de température	6.00204.300 <sup>2</sup>
Unitrode easyClean avec Pt 1000, câble fixe (1,2 m) avec fiche F + 1 x B (2 mm)	6.0260.010
Unitrode easyClean avec Pt 1000, câble fixe (2 m) avec fiche F + 1 x B (2 mm)	6.0260.020
Unitrode sans capteur de température, sans câble	6.0259.100
Unitrode avec Pt 1000, sans câble, tête enfichable en U	6.0258.600
iUnitrode avec Pt 1000	6.0278.300 <sup>1</sup>
dUnitrode avec Pt 1000	6.00200.300 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pour de plus amples informations sur les iTrodes, consultez la page 10.

<sup>2</sup> Pour de plus amples informations sur les dTrodes, consultez la page 8.

# Électrodes pour titrage de pH

22

## Aquatrode Plus – idéale pour les solutions aqueuses tamponnées

- Valeurs de mesure précises et délais de réponse très rapides dans les solutions pauvres en ions ou tamponnées hebdomadairement comme l'eau potable, les eaux de surface et l'eau de pluie grâce à un verre de membrane spécial et un diaphragme à rodage fixe optimisé, insensible à la contamination
- Électrolyte de référence interne sans entretien (gel)
- Électrolyte intermédiaire variable pour applications spéciales
- Système de référence LL stable à long terme

## Solvotrode easyClean – un gain de place pour le titrage en milieu non aqueux

- Pour les titrages non aqueux dans le secteur pharmaceutique
- Pour déterminer l'indice d'acide et l'indice de base total, conformément aux normes ASTM D4739, D2896 et D664 et DIN ISO 3771 et DIN EN 12634
- Électrolyte de référence : LiCl(sat) dans l'éthanol
- Réponse rapide et valeurs de mesure stables dans les solvants organiques
- Protection contre les effets électrostatiques
- Diaphragme easyClean, particulièrement simple à nettoyer, sans contact
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### Aquatrode plus

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	135 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Spécifications techniques

#### Solvotrode easyClean

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Diaphragme	à rodage flexible
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm

## Analyse de l'eau potable – est-ce que la vitesse d'agitation lors du titrage est importante ?

Lors de l'agitation dans des solutions déficientes en ions, des potentiels de diffusion apparaissent sur les électrodes pH avec diaphragmes en céramique, ce qui fausse les valeurs de mesure. Pour les titrages SET, par exemple à une valeur de pH précise, une grosse erreur peut être produite si une valeur incorrecte est mesurée au début ou à la fin du titrage. Voir page 110 pour découvrir comment l'Aquatrode Plus vous aide à résoudre ce problème.



#### Solvotrode easyClean

Un gain de place pour le titrage en milieux non aqueux



#### Aquatrode plus

Une réponse rapide et une précision de pointe dans les solutions tamponnées hebdomadairement grâce à un verre de membrane spécial et un diaphragme à rodage fixe



#### Informations de commande

Aquatrode Plus sans capteur de température, sans câble	6.0253.100
Aquatrode Plus avec Pt 1000, sans câble, tête enfichable U	6.0257.600
iAquatrode Plus avec Pt 1000	6.0277.300 <sup>1</sup>
dAquatrode Plus avec Pt 1000	6.00202.300 <sup>2</sup>
Solvotrode easyClean, câble fixe (1,2 m), fiche F	6.0229.010
Solvotrode easyClean, câble fixe (2 m), fiche F	6.0229.020
iSolvotrode	6.0279.300 <sup>1</sup>
dSolvotrode	6.00203.300 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pour de plus amples informations sur les iTrodes, consultez la page 10.

<sup>2</sup> Pour de plus amples informations sur les dTrodes, consultez la page 8.

# Électrodes spéciales pour mesure/titrage de pH

24

## Biotrode – mesure du pH dans de petits volumes

- Très faible profondeur d'immersion et très petit diamètre de l'embout de l'électrode (3 mm) parfaitement adapté aux mesures de petits tubes
- Pour les échantillons contenant des protéines et les solutions avec composants organiques
- Très faible débit de diffusion d'électrolyte (Idrolyte)
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Biotrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 1 à 11
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Diaphragme	fil platine
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Base du diamètre de la tige	3 mm
Profondeur d'immersion minimale	7 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Électrode à aiguille – mesure de pH sur échantillons semi-solides

- Embout d'électrode robuste pour mesures sur échantillons semi-solides comme le fromage, la viande, les fruits, etc.
- Électrolyte de référence interne sans entretien (gel)
- Diaphragme facile à nettoyer
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Électrode à aiguille

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 1 à 11
Gamme de température	de 0 à 60 °C
Diaphragme	Twin pore
Longueur utile	98 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Base du diamètre de la tige	6 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Électrode à membrane plane – mesure de pH sur des surfaces et de faibles volumes d'échantillon

- Pour la mesure de pH sur des surfaces comme le papier, le textile, le cuir ou les échantillons de sol (suspensions aqueuses)
- Mesure/titrage dans de petits volumes d'échantillon
- Entièrement constituée de verre avec surface à rodage extrêmement fin
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Électrode à membrane plane

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	1 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Porotrode – mesure de pH dans les échantillons contenant des protéines

- Pour la mesure de pH dans des échantillons très contaminés, contenant des protéines ou visqueux
- Diaphragme à capillaire nécessitant peu d'entretien
- Électrolyte polymère Porolyte pour un écoulement d'électrolyte régulier
- Système de référence LL stable à long terme

## Spécifications techniques

### Porotrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	capillaires céramiques
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G



#### Informations de commande

Biotrode, sans câble	6.0224.100
Électrode à aiguille, sans câble	6.0226.100
Électrode à membrane plane, sans câble	6.0256.100
Porotrode, sans câble	6.0235.200

# Électrodes spéciales pour mesure/titrage de pH

26

## Microélectrode, un usage quotidien avec les passeurs d'échantillons et les petites fioles

- Pour des titrages acide/base aisés dans les solutions aqueuses
- Disponible en plusieurs longueurs (113/168 mm)
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### Microélectrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113/168 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	6,4 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Viscotrode, une application universelle dans les milieux visqueux

- Pour les milieux visqueux contenant des sulfures ou des protéines
- Diaphragme amovible, particulièrement facile à nettoyer
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

#### Viscotrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage flexible
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	30 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Syntrode avec Pt 1000, utilisation en synthèse et en bioréacteurs

- Faible entretien grâce au carquois pour électrolytes de référence
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Résistance à des températures élevées
- Disponible en plusieurs longueurs (288/438 mm)
- Système de référence LL stable à long terme

### Spécifications techniques

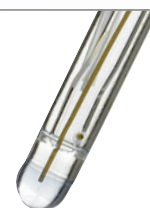
#### Syntrode

Matériau de la tige	verre
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 100 °C
Capteur de température	Pt 1000
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	288/438 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	25 mm



#### Microélectrode

Utilisation quotidienne avec  
passeurs d'échantillons et  
petites fioles



#### Viscotrode

Utilisation universelle  
en milieu visqueux



#### Syntrode avec Pt 1000

Pour une utilisation en synthèse  
et en bioréacteurs



#### Informations de commande

Microélectrode, longueur 113 mm, sans câble	6.0234.100
Microélectrode, longueur 168 mm, sans câble	6.0234.110
Viscotrode, sans câble	6.0239.100
Syntrode avec Pt 1000, longueur 288 mm, sans câble, tête enfichable en U	6.0248.600
Syntrode avec Pt 1000, longueur 438 mm, câble fixe (3 m) fiche F + 2 x B (4 mm)	6.0248.030

# Électrodes pour titrage de pH en présence de HF

28

## Solirode HF

- Capteur de pH en verre ayant une bonne résistance aux solutions contenant de l'acide fluorhydrique (HF)
- Tige en matière plastique incassable
- Temps de réponse rapide

## Spécifications techniques

### Solirode HF

Matériau de la tige	PP
Gamme de pH	de 1 à 12
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Système de référence	système LL
Électrolyte de référence	c(KCl) = 3 mol/L
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Électrode Sb combinée

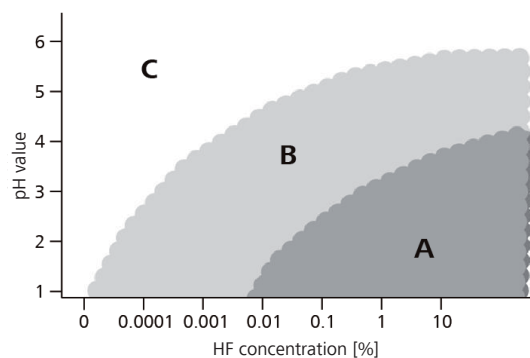
- Titrage du pH dans des matrices à teneur en acide fluorhydrique ou fortement hygroscopiques
- Tige en matière plastique incassable

## Spécifications techniques

### Électrode Sb combinée

Matériau de la tige	PP
Gamme de pH	de 2 à 11
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Système de référence	système LL
Électrolyte de référence	c(KCl) = 3 mol/L
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

Les graphiques suivants montrent les domaines d'utilisation préconisés pour les électrodes :



- A Électrode Sb
- B Solirode HF
- C Électrode pH en verre

**Informations de commande**

Solitrode HF, sans câble

6.0223.100

Électrode Sb combinée, sans câble

6.0421.100





Électrodes métalliques haute performance pour rédox et titrage de précipités, voltampérométrie et détermination de l'eau selon Karl Fischer.

# Électrodes métalliques séparées

32

## Électrode séparée avec fil Pt

- Embout de l'électrode en fil Pt (0,8 x 6 mm)
- Électrode auxiliaire pour potentiométrie différentielle

### Spécifications techniques

#### Électrode séparée avec fil Pt

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm B

## Électrode double à deux feuilles de Pt

- Pour le titrage bivoltammétrique

### Spécifications techniques

#### Électrode double à deux feuilles de Pt

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	101 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Électrodes séparées à anneaux métalliques

### Électrode annulaire Ag séparée

- Pour les titrages de précipités d'halogénures, de sulfures, d'hydrogène sulfuré, de mercaptans et de cyanures
- Disponible avec ou sans revêtement d'Ag<sub>2</sub>S (à préciser à la commande)

### Spécifications techniques

#### Électrodes séparées à anneaux métalliques

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 80 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	7 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Électrode annulaire Pt séparée

- Pour le titrages rédox standard

### Double électrode annulaire séparée Au

- Pour le titrage bivoltammétrique
- Convient bien pour la détermination de la vitamine C avec DPIP (2,6-dichlorophénolindophénol)
- Profondeur d'immersion minimale 20 mm

## Électrodes séparées à tige métallique

- Constituées d'un corps d'électrode séparé en PP et d'une tige en métal échangeable (76 mm x 2 mm) en platine, argent, or, tungstène ou carbone vitrifié

### Spécifications techniques

#### Électrodes séparées à tige métallique

Longueur totale	162 mm
Longueur utile	140 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Base du diamètre de la tige	8 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm B

Degré de pureté

Pt	99,90 %
Ag	99,99 %
Or	99,99 %
W	99,95 %



### Informations de commande

Électrode séparée avec fil Pt, sans câble, tête enfichable B	6.0301.100
Électrode double à deux feuilles de Pt, sans câble	6.0309.100
Électrode séparée à anneau en argent, sans câble	6.0350.100
Électrode séparée à anneau en Pt, sans câble	6.0351.100
Double électrode annulaire Au séparée, sans câble	6.00353.100
Tige pour électrode séparée avec tige métal, sans câble, tête enfichable B	6.1241.040
Tige d'électrode en Pt	6.1248.000
Tige d'électrode en Ag	6.1248.010
Tige d'électrode en Au	6.1248.030
Tige d'électrode en carbone vitrifié	6.1248.040
Tige d'électrode W	6.1248.050

# Titrodes, les électrodes métalliques sans entretien

34

## Titrode en platine / Microtitrode en platine

- Pour le titrage rédox à pH constant
- Pour bromatométrie, iodométrie et cérimétrie selon les Pharmacopée Europe & USP
- Système de référence sans entretien (membrane en verre pH)

## Titrode en argent / Microtitrode en argent

- Pour le titrage de précipités à pH constant
- Pour les titrages de précipités d'halogénures, de sulfures, d'hydrogène sulfuré, de mercaptans et de cyanures
- Pour le titrage selon les Pharmacopées Europe & USP
- Disponible avec ou sans revêtement d'Ag<sub>2</sub>S ou AgBr (à préciser à la commande)
- Système de référence sans entretien (membrane en verre pH)

## Microtitrode en or

- Pour ferrométrie (détermination de la demande chimique en oxygène, DCO)
- Pour la détermination de la pénicilline et de l'ampicilline
- Pour les titrages avec Hg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>
- Pour les titrages d'oxydoréduction en présence de chrome ou de fer
- Système de référence sans entretien (membrane en verre pH)
- Disponible en deux longueurs (178 mm / 308 mm)

## Spécifications techniques

### Titrodes

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Système de référence	électrode en verre pH
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Microtitrodes

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de pH	de 0 à 14
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Système de référence	électrode en verre pH
Longueur utile	178 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	6,4 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Titrodes en argent : disponibles avec ou sans revêtement

En fonction de l'utilisation (voir les listes d'applications), il est recommandé d'utiliser une titrode en argent, avec ou sans revêtement Ag<sub>2</sub>S ou AgBr. C'est avec plaisir que nous vous proposons en option, le revêtement de titrode Ag correspondant à vos applications. Merci de préciser votre choix à la commande.



#### Titrodes

Très performantes pour les titrages de précipités ou de rédox à pH constant



#### Microtitrodes

Longueur et diamètre de la partie inférieure de l'électrode optimisés pour une utilisation sur les anciens systèmes de passeurs d'échantillons Metrohm



#### Informations de commande

Titrode en argent, sans câble	6.0430.100
Titrode Ag avec couche d'Ag <sub>2</sub> S, sans câble	6.0430.100S
Titrode Ag avec couche d'AgBr, sans câble	6.0430.100Br
iTitrode Ag	6.0470.300 <sup>1</sup>
iTitrode Ag avec couche Ag <sub>2</sub> S	6.0470.300S <sup>1</sup>
dAg Titrode	6.00400.300 <sup>2</sup>
Titrode en Pt, sans câble	6.0431.100
iTitrode Pt	6.0471.300 <sup>1</sup>
dTitrode Pt	6.00401.300 <sup>2</sup>
Microtitrode en argent, sans câble	6.0433.110
Microtitrode en platine, sans câble	6.0434.110
Microtitrode Au, longueur 178 mm, sans câble	6.0435.110
Microtitrode Au, longueur 308 mm, sans câble	6.00435.120

<sup>1</sup> Pour de plus amples informations sur les iTrodes, consultez la page 10.

<sup>2</sup> Pour de plus amples informations sur les dTrodes, consultez la page 8.

## Électrodes en métal combinées

36

### Électrode combinée annulaire Ag

- Pour les titrages de précipités d'halogénures, de sulfures, de sulfures d'hydrogène, de mercaptans et de cyanures
- Disponible avec ou sans revêtement d'Ag<sub>2</sub>S ou AgBr (à préciser à la commande)

### Électrode combinée annulaire Pt

- Pour titrages rédox à pH variable

### Électrode combinée annulaire Au

- Pour ferrométrie (détermination de la demande chimique en oxygène, DCO)
- Pour la détermination de la pénicilline et de l'ampicilline

### Spécifications techniques

#### Électrode combinée annulaire Ag

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -5 à 80 °C
Système de référence	fil Ag + AgCl
Électrolyte de référence	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

#### Électrodes combinées annulaires platine/or

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -5 à 80 °C
Système de référence	système LL
Électrolyte de référence	c(KCl) = 3 mol/L
Diaphragme	tige céramique
Longueur utile	113 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G



### Électrodes combinées annulaires en métal

Très performantes pour les titrages  
de précipités ou de rédox



#### Informations de commande

Électrode combinée annulaire Ag, sans câble	6.0450.100
Électrode combinée annulaire Ag, avec couche d'Ag <sub>2</sub> S, sans câble	6.0450.100S
Électrode combinée annulaire iAg	6.0450.300 <sup>1</sup>
Électrode combinée annulaire dAg, sans câble	6.00402.300 <sup>2</sup>
Électrode combinée annulaire Pt, sans câble	6.0451.100
Électrode combinée annulaire iPt	6.0451.300 <sup>1</sup>
Électrode combinée annulaire dPt, sans câble	6.00403.300 <sup>2</sup>
Électrode combinée annulaire Au, sans câble	6.0452.100

<sup>1</sup> Pour de plus amples informations sur les iTrodes, consultez la page 10.

<sup>2</sup> Pour de plus amples informations sur les dTrodes, consultez la page 8.

# Électrodes pour titrage Karl Fischer

38

## Électrodes doubles avec fil Pt

### Électrode indicatrice pour détermination volumétrique KF

- Pour équipement KFT de la gamme Titrino, et les Titrande et Titroprocesseurs
- Pour les titrages en mode «  $I_{pol}$  » et «  $U_{pol}$  »

#### Spécifications techniques

Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	96 mm
Diamètre de la tige	8 mm
Profondeur d'immersion minimale	5 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Électrode indicatrice pour détermination KF coulométrique

- Avec rodage normalisé 14/15

#### Spécifications techniques

Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	101 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	8,75 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Électrode indicatrice pour passeurs d'échantillons KF

- Câble fixe (longueur 2 m avec fiche F)

#### Spécifications techniques

Gamme de mesure	-2000 à 2000 mV
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	103 mm
Diamètre de la tige	5,3 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm

## Électrodes génératrices

### Électrodes génératrices avec diaphragme

- Rodage normalisé 29/22 et tête enfichable Metrohm G
- Nécessite un câble 6.2104.120 pour raccordement aux coulomètres KF

#### Spécifications techniques

Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	108 mm
Diamètre de la tige	24 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm

### Électrodes génératrices sans diaphragme

- Rodage normalisé 29/22 et tête enfichable Metrohm G
- Nécessite un câble 6.2104.120 pour raccordement aux coulomètres KF

#### Spécifications techniques

Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	108 mm
Diamètre de la tige	24 mm
Profondeur d'immersion minimale	15 mm



#### Informations de commande

Électrode indicatrice pour volumétrie KF, sans câble	6.0338.100
Électrode indicatrice pour coulométrie KF, sans câble	6.0341.100
Électrode indicatrice pour passeurs d'échantillons KF, câble fixe (2 m) fiche F	6.0340.000
Électrode génératrice avec diaphragme, sans câble	6.0344.100
Électrode génératrice sans diaphragme, sans câble	6.0345.100





Électrodes pour analyse d'ions et de tensio-actifs

# Électrodes ioniques spécifiques

42

## Électrodes à membrane polymère avec pointe remplaçable pour $\text{NO}_3^-$

- Solide
- Sélectivité élevée grâce aux ionophores immobilisés dans la membrane
- Temps de préparation court après conditionnement dans une solution normalisée
- Pour solutions aqueuses

## Électrodes à membrane cristalline

- Solide
- Peuvent également être utilisées pour des tests de courte durée dans des solvants organiques
- Nettoyage et rénovation faciles de la surface de l'électrode avec le kit de polissage

## Électrodes en membrane polymère pour $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ et $\text{Ca}^{2+}$

- Solide
- Sélectivité élevée grâce aux ionophores immobilisés dans la membrane
- Temps de préparation court après conditionnement dans une solution normalisée
- Pour solutions aqueuses

## Électrode à membrane gazeuse sélective d'ammoniac

- Solide
- Temps de préparation court après conditionnement dans une solution normalisée
- La membrane perméable au gaz assure une sélectivité élevée et empêche les interférences avec la solution de mesure

### Choisissez le capteur adapté à votre application :

$\text{NH}_3$ -EIS (faible) 6.0506.100 / 6.1255.000

- Échantillons propres (par ex : eau potable, eau minérale, eau de chaudière, etc.)
- Temps de réponse plus rapide à la limite de détection
- Limites de détection plus basses
- Testé un par un et certifié
- Modules complets pour un remplacement facilité

$\text{NH}_3$ -EIS (élevé) 6.0506.150 / 6.1255.050

- Échantillons d'eaux usées
- Pour mesure et contrôle à long terme
- Délais de réponse plus rapides après mesure de concentrations élevées en ammonium
- Stabilité supérieure du signal à concentration élevée en ammonium
- Remplacement peu coûteux des membranes contaminées (par ex. : résidus huileux)





Ion	Référence de l'article.	Matériau de la membrane	Profond. min. d'im-mersion (mm)	Longueur de l'instal-lation (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Gamme de température (°C)	Gamme de mesure (mol/L)	Gamme de pH
Ag <sup>+</sup>	6.0502.180	Cristal	1	123	12	0 à 80	10 <sup>-7</sup> à 1	2 à 8
Br <sup>-</sup>	6.0502.100	Cristal	1	123	12	0 à 50	5*10 <sup>-6</sup> à 1	0 à 14
Ca <sup>2+</sup>	6.0510.100 <sup>2</sup>	Polymère <sup>2</sup>	7	110	12	0 à 40	5*10 <sup>-7</sup> à 1	2 à 12
Cl <sup>-</sup>	6.0502.120	Cristal	1	123	12	0 à 50	5*10 <sup>-5</sup> à 1	0 à 14
CN <sup>-</sup>	6.0502.130	Cristal	1	123	12	0 à 80	8*10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-2</sup>	10 à 14
Cu <sup>2+</sup>	6.0502.140	Cristal	1	123	12	0 à 80	10 <sup>-8</sup> à 10 <sup>-1</sup>	2 à 12
F <sup>-</sup>	6.0502.150	Cristal	1	123	12	0 à 80	10 <sup>-6</sup> à sat.	5 à 7
I <sup>-</sup>	6.0502.160	Cristal	1	123	12	0 à 50	5*10 <sup>-8</sup> à 1	0 à 14
K <sup>+</sup>	6.0510.110	Polymère <sup>3</sup>	10	113	12	0 à 40	10 <sup>-6</sup> à 1	2,5..11
Na <sup>+</sup>	6.0508.100	Polymère	1	123	12	0 à 40	10 <sup>-6</sup> à 1	3 à 12
NH <sup>4+</sup>	6.0506.100	Membr. de gaz	5	123	12	0 à 50	5*10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-2</sup>	11
NH <sup>4+</sup>	6.0506.150	Membr. de gaz	5	123	12	0 à 50	10 <sup>-4</sup> à 1	11
NO <sup>3-</sup>	6.0504.120	Polymère <sup>1</sup>	1	123	12	0 à 40	7*10 <sup>-6</sup> à 1	2,5 à 11
Pb <sup>2+</sup>	6.0502.170	Cristal	1	123	12	0 à 80	10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-1</sup>	4 à 7
S <sup>2-</sup>	6.0502.180	Cristal	1	123	12	0 à 80	10 <sup>-7</sup> à 1	2 à 12

<sup>1</sup> Électrode avec pointe amovible

<sup>2</sup> Capteur combiné. Diaphragme à tige en céramique, électrolyte c(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) = 1 mol/L

<sup>3</sup> Capteur combiné. Diaphragme à tige en céramique, électrolyte c(CH<sub>3</sub>COOLi) = 1 mol/L

# Accessoires pour électrodes ioniques spécifiques

44

## LL EIS référence 6.0750.100

Électrode de référence Ag/AgCl double jonction avec diaphragme à rodage fixe et longueur optimisée pour les applications avec passeur d'échantillons. Électrolyte intermédiaire standard :  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ .

## Référence LL EIS

Un potentiel de référence reproductible et stable est très important avec les concentrations ioniques faibles, les forces ioniques faibles et notamment, avec les déterminations répétées effectuées avec des systèmes de passeurs d'échantillons. Aussi Metrohm recommande-t-elle les électrodes de référence avec diaphragme à rodage fixe pour travailler avec des électrodes ioniques spécifiques. Outre un débit d'électrolyte constant d'environ 5 à 30  $\mu\text{L/h}$ , ces électrodes sont nettement moins influencées que les autres types d'électrodes de référence par la force ionique de la solution échantillonnée ou la vitesse d'agitation.

## Électrodes à membranes polymères avec pointe amovible

- 6.1241.050 Tige d'électrode pour électrodes à membranes polymère 6.0504.XXX
- 6.1205.030 Pointe pour électrode à membrane polymère  $\text{NO}_3^-$
- 6.1255.000 Kit module membrane « low » pour 6.0506.1X0, composé de 3 modules de membranes complets et certifiés + 50 mL d'électrolyte interne
- 6.1255.050 Kit module membrane « high » pour 6.0506.1X0 composé d'1 module et de 20 membranes
- 6.2316.030 Solution interne pour capteurs  $\text{NH}_3$
- 6.2328.000 Électrolyte  $c(\text{CH}_3\text{COOLi}) = 1 \text{ mol/L}$  pour  $\text{K}^+$ -EIS combinée
- 6.2327.000 Solution d'électrolyte  $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1 \text{ mol/L}$  pour Ca-EIS combinée



## Autres accessoires

- 6.2802.000 Kit de polissage pour électrodes à membrane cristalline 6.0502.1X0 (env. 2 g  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et chiffon de polissage)



## Étalons ioniques (250 mL chacun), $c(\text{Ion}) = 0,1000 \pm 0,0005 \text{ mol/L}$ (traçables jusqu'au NIST)

- KBr 6.2301.000
- NaCl 6.2301.010
- $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  6.2301.020
- NaF 6.2301.030
- KI 6.2301.040
- KCl 6.2301.060
- $\text{CaCl}_2$  6.2301.070
- $\text{KNO}_3$  6.2301.080

## Étalon ionique Pb 1,000 g/L $\pm 0,5 \%$ (50 mL)

- Pb (1,000 g/L) 6.2301.100



### Le choix d'un produit d'excellence !

Quel critère dois-je prendre en compte pour une mesure ionométrique ? La précision ? Le temps nécessaire ? Le coût ?

Quelle est la méthode la mieux adaptée à mon travail ? Titrage ? Mesure directe ? Ajout standard ?

ISA ? TISAB ? Quand sont-ils préconisés ? Quelle solution me faut-il pour mon application ? Vous trouverez les réponses à ces questions et bien d'autres conseils pour la détermination ionique avec les électrodes ioniques spécifiques Metrohm dans la partie théorique de la section 1.3.3. « Électrodes ioniques spécifiques ».

# Électrodes pour titrages de tensio-actifs

46

## Électrodes pour tensio-actifs pour titrage biphasique

### Surfactode Refill

- Électrode rechargeable pour le titrage de tensio-actifs dans des solvants non aqueux
- Surface de l'électrode renouvelable offrant une durée de vie presque illimitée
- Résistant à pratiquement tous les solvants conventionnels utilisés dans l'analyse de tensio-actifs (sauf le chloroforme)
- Particulièrement adapté au titrage de détergents et de savons

### Surfactode Resistant

- Électrode rechargeable pour le titrage à deux phases de tensio-actifs anioniques et cationiques dans des solvants non aqueux
- Nettoyage facile et entretien limité, et donc particulièrement adapté pour une utilisation avec les systèmes de passeurs d'échantillons
- Résistant au chloroforme et à tous les solvants utilisés en analyse de tensio-actifs
- Particulièrement adapté aux échantillons huileux, tels huiles de forage ou de coupe ou liquides de refroidissement

## Électrodes à membrane polymère pour titrage de tensio-actifs sans danger pour l'environnement

### Électrode « Cationic Surfactant »

- Pour le titrage de tensio-actifs cationiques et anioniques dans des matrices aqueuses
- Optimisé pour les tensio-actifs cationiques
- Excellente réponse grâce aux ionophores immobilisés dans la membrane
- Longue durée de vie pour un usage normal

### Électrode « Ionic Surfactant »

- Pour le titrage de tensio-actifs non ioniques dans des matrices aqueuses
- Excellente réponse grâce aux ionophores immobilisés dans la membrane
- Longue durée de vie pour un usage normal

### Électrode pour tensio-actifs, NIO

- Pour le titrage de tensio-actifs non ioniques dans des matrices aqueuses
- Pour le titrage de tensio-actifs basés sur des adduits de polyoxyéthylène
- Pour le titrage d'ingrédients pharmaceutiques
- Longue durée de vie pour un usage normal

### Spécifications techniques

Matériau de la tige	PEEK
Gamme de pH	de 0 à 13
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	1 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Spécifications techniques

Matériau de la tige	POM
Gamme de pH	de 0 à 10
Gamme de température	de 10 à 50 °C
Longueur utile	108 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	5 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Spécifications techniques

#### Électrode « Cationic Surfactant »

#### Électrode « Ionic Surfactant »

#### Électrode pour tensio-actifs, NIO

Matériau de la tige	PVC
Gamme de pH	de 0 à 12
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	2,5 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

**Informations de commande**

Surfactode Refill, sans câble	6.0507.140
Surfactode Resistant, sans câble	6.0507.130
Électrode pour tensio-actifs cationiques, sans câble	6.0507.150
Électrode pour tensio-actifs ioniques, sans câble	6.0507.120
Électrode pour tensio-actifs NIO, sans câble	6.0507.010

## Accessoires pour électrodes pour tensio-actifs

48

### **Kit de recharge pour Surfactrode Refill**

Pâte pour Surfactrode Refill, 3,5 g	6.2319.000
Outil de remplissage	6.2826.010

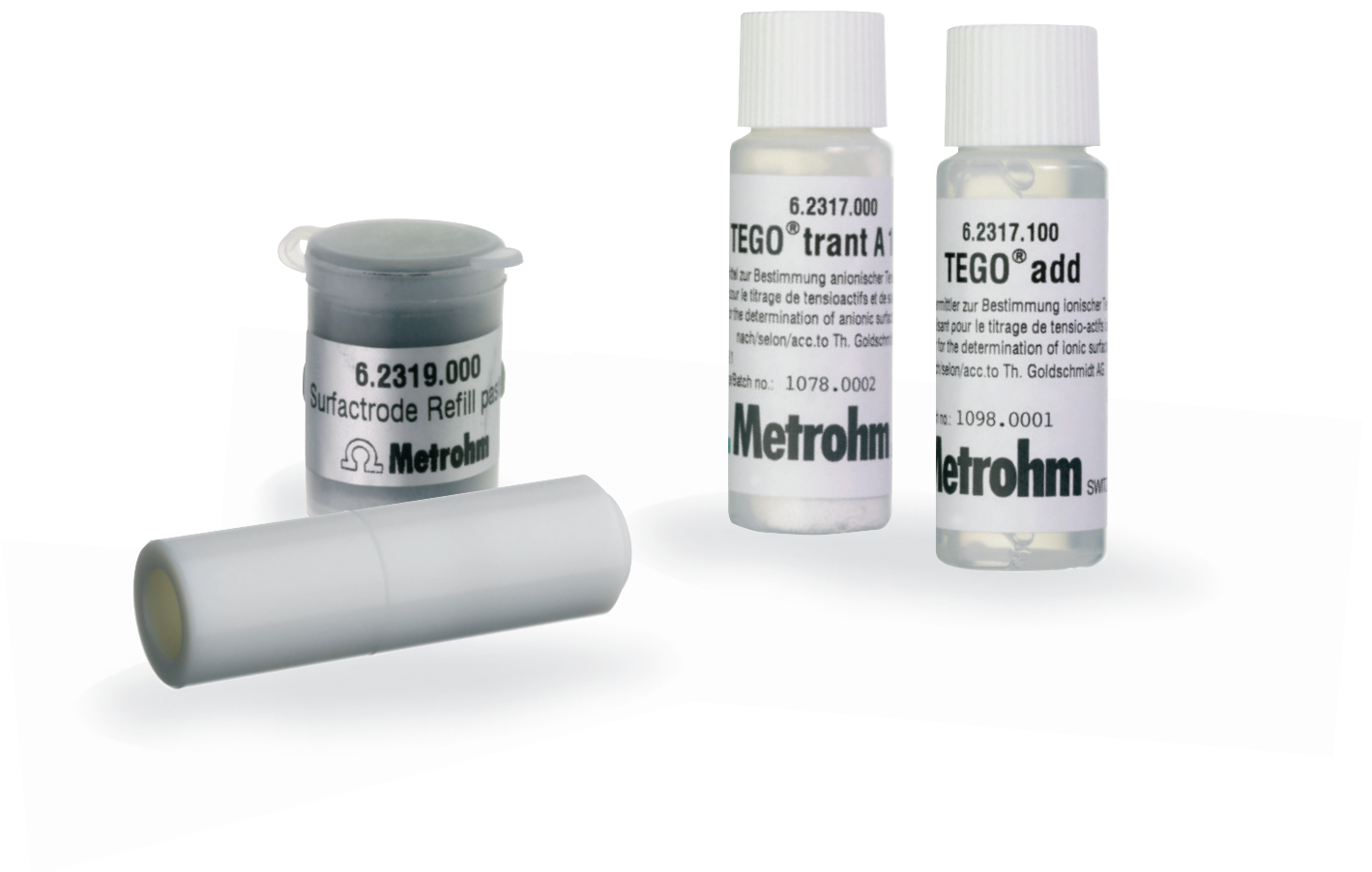
### **Réactifs pour titrage de tensio-actifs**

TEGO trant A100, titrant pour tensio-actifs anioniques

6 g	6.2317.000
60 g	6.2317.010
500 g	6.2317.020

TEGO add, additif pour titrage deux phases

50 mL	6.2317.100
500 mL	6.2317.110







Électrodes de référence, nos meilleures références

# Électrodes de référence

52

## Électrode de référence double jonction

### Électrode de référence Ag/AgCl avec tête enfichable Metrohm B

- Électrolytes de référence et intermédiaires faciles à changer
- Débit d'électrolyte variable au diaphragme à rodage flexible
- Proposée avec une longueur de tige de 125 mm ou 162 mm
- Avec rodage normalisé 14/15

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage flexible
Longueur utile	100/138 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	12/8 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Système de référence	fil Ag + AgCl
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm B

### Électrode de référence Ag/AgCl avec tête enfichable Metrohm G

- Pour potentiométrie différentielle avec titreur Metrohm
- Électrolytes de référence et intermédiaires faciles à changer
- Débit d'électrolyte variable au diaphragme à rodage flexible
- Proposée avec une longueur de tige de 125 mm ou 162 mm
- Avec rodage normalisé 14/15

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage flexible
Longueur utile	100/138 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Système de référence	fil Ag + AgCl
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

### Référence LL EIS

- Électrode de référence double jonction Ag/AgCl
- Stabilité élevée du signal grâce à un débit d'électrolyte constant et reproductible, électrode particulièrement adaptée aux applications avec passeur d'échantillons
- Diaphragme à rodage fixe insensible à la contamination
- Profondeur d'immersion minimale 1 mm

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Diaphragme	à rodage fixe
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	1 mm
Système de référence	fil Ag + AgCl
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm B



#### Informations de commande

Électrode de référence Ag/AgCl double jonction, sans câble, tête enfichable B

Longueur 100 mm, sans remplissage d'électrolyte

6.0726.100

Longueur 100 mm, remplie de  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$

6.0726.107

Longueur 138 mm, sans remplissage d'électrolyte

6.0726.110

Électrode de référence Ag/AgCl double jonction, sans câble, tête enfichable G

Longueur 100 mm, sans remplissage d'électrolyte

6.0729.100

Longueur 138 mm, sans remplissage d'électrolyte

6.0729.110

Référence EIS LL, sans câble, tête enfichable G

6.0750.100

# Électrodes de référence

54

## Système de référence modulaire

- Constitué du système de référence Ag/AgCl avec rodage normalisé 14/15 et tube d'électrolyte échangeable
- Tubes d'électrolyte sans carquois, avec diaphragme céramique, divers diamètres de diaphragme

## Spécifications techniques

### Système de référence Ag/AgCl

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de 0 à 80 °C
Longueur de la tige	50 mm
Longueur jusqu'à la tête rodage normalisé	43 mm
Diamètre de la tige en haut	12 mm
Base du diamètre de la tige	8 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Système de référence	fil Ag + AgCl
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm B

### Tubes à électrolyte sans carquois

Longueur jusqu'à la tête rodage normalisé	101 mm
Matériau de la tige	PTFE/verre
Diaphragme	tige céramique
Diamètre de la tige	3/5,5 mm
Diamètre du diaphragme	3 mm (PTFE)/ 1 mm (verre)

**Informations de commande**

Système de référence Ag/AgCl, sans câble, tête enfichable B

6.0724.140

Tube d'électrolyte en PTFE sans carquois, diaphragme diamètre 3 mm

6.1240.000

Tube d'électrolyte en verre sans carquois, diaphragme diamètre 1 mm

6.1240.020



# Électrodes pour l'électrochimie



Électrodes pour l'analyse de traces par voltampérométrie, voltampérométrie inverse ou CVS (Cyclic Voltammetric Stripping), cyclovoltampérométrie et autres méthodes électrochimiques avec les appareils VA de Metrohm ou utilisant des potentiostats Autolab ou DropSens de Metrohm.

# Électrodes de travail pour l'analyse de traces et la CVS

58

Les électrodes décrites ci-après peuvent être utilisées avec divers appareils de voltampérométrie de Metrohm : 663 VA Stand, 747 VA Stand, 757 VA Computrace, 797 VA Computrace, 884 Professional VA, et 894 Professional CVS.

## MME pro – Électrode à multi mode pro

- Électrode de travail universelle pour la polarographie et la voltampérométrie
- Détermination des ions métalliques lourds, de substances organiques, d'anions
- Gamme de détermination : ppm à ppt
- Fournie sans capillaires en verre

## Capillaires en verre pour MME pro

### Capillaires en verre non-silanisé

- Capillaire standard pour la polarographie et la voltampérométrie inverse (CVS) en solution alcaline
- Pour usage universel avec toutes les valeurs de pH des solutions aqueuses ou non

### Capillaires en verre silanisé

- Capillaires en verre silanisé pour la voltampérométrie inverse en milieu acide ou faiblement basique
- Grande durée de vie

## Informations de commande

MME pro – Électrode à multi mode pro	6.1246.120
Capillaires en verre non-silanisé, 10 pces	6.1226.030
Capillaires en verre, silanisés, 10 unités	6.1226.050



6.1246.120

## scTRACE Gold

- Microélectrode combinée à fil Au
- Détermination de l'arsenic ou du mercure

## Informations de commande

scTRACE or (jeu de 4 pces)	6.1258.000
Support pour scTRACE or	6.1241.080



6.1241.080 et  
6.1258.000

**EDT – Électrode à disque tournant**

Une EDT est constituée d'un axe de commande et d'une pointe d'électrode échangeable.

**Informations de commande**

Axe de commande pour électrode à disque tournant (EDT) :

Pour postes de mesure VA avec contact à mercure pour postes de mesure VA	6.1204.210
pour systèmes Professional-VA/CVS avec contact à mercure pour systèmes Professional-VA/CVS	6.1204.220
	6.1204.510
	6.1204.520

**Pointes d'électrode pour EDT**

N° de Référence	Pointe d'électrode	Applications	Plage de détermin.
6.1204.180	Ultra-Trace en graphite	Analyse des métaux lourds avec voltampérométrie (technique au film de mercure) et avec voltampérométrie inverse d'adsorption (sans utilisation d'un film de mercure)	ppb à ppt
6.1204.600	Carbone vitrifié, Ø 2 mm, tige en verre	Analyse des métaux lourds avec voltampérométrie anodique inverse (technique au film de mercure), études cinétiques et thermodynamiques en électrochimie	ppb à ppt
6.1204.130	Argent	Analyse des halogénures et pseudo-halogénures	ppb à ppt
6.1204.140	Or	Analyse du mercure et autres ions métalliques avec voltampérométrie anodique inverse	ppb à ppt
6.1204.170	Platine, Ø 3 mm, polie	Analyse d'additifs organiques dans les bains galvaniques par la technique de la « voltampérométrie cyclique inverse » ou CVS (Cyclic Voltammetric Stripping), investigations cinétiques et thermodynamiques en électrochimie	ppm à ppt
6.1204.190	Platine, Ø 1 mm, polie, tige en verre	Analyse d'additifs organiques dans les bains galvaniques par la technique de la « voltampérométrie cyclique inverse » ou CVS (Cyclic Voltammetric Stripping), investigations cinétiques et thermodynamiques en électrochimie	ppm à ppt
6.1204.610	Platine, Ø 2 mm, poli, tige en verre	Analyse d'additifs organiques dans les bains galvaniques par la technique de la « voltampérométrie cyclique inverse » ou CVS (Cyclic Voltammetric Stripping), investigations cinétiques et thermodynamiques en électrochimie	ppm à ppt

# Électrodes de référence et électrodes auxiliaires pour l'analyse de traces et la CVS

60

## Électrodes de référence

### Électrode de référence en plastique avec diaphragme céramique, remplie

- Électrode de référence universelle double jonction pour voltampérométrie
- Système intérieur rempli de  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$
- Solutions aqueuses, analyse de traces et ultratrace
- Faibles effets mémoire, valeurs très basses pour les blancs

### Électrode de référence en plastique avec diaphragme céramique, sans électrolyte

- Électrode de référence universelle double jonction Système de référence sans électrolyte
- Recherche dans les solvants organiques avec des solutions électrolytiques quelconques
- Faibles effets mémoire, valeurs très basses pour les blancs

### Électrode de référence LL en plastique avec diaphragme céramique, remplie

- Électrode de référence double jonction pour la recherche dans les bains galvaniques par voltampérométrie inverse (CVS)
- Système intérieur rempli de  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$
- Haute stabilité du potentiel de référence

### Électrode de référence LL en verre, remplie

- Électrode de référence double jonction pour la recherche dans les bains galvaniques par voltampérométrie inverse (CVS)
- Haute stabilité du potentiel de référence
- Sans entretien

### Électrode de référence LL en verre avec diaphragme à rodage fixe

- Électrode de référence double jonctions à système interne sec
- Convient pour les solutions aqueuses et non-aqueuses
- Électrolyte facile à remplacer, faible débit de diffusion

## Électrodes auxiliaires

### Électrode complémentaire en platine

- Électrode complémentaire universelle pour voltampérométrie
- Pour toutes les applications avec l'électrode à multimode ainsi que l'électrode à disque tournant
- Robuste, entretien facile

### Électrode complémentaire en carbone vitrifié

- Pour toutes les applications avec l'électrode à multimode ainsi que l'électrode à disque tournant
- Surface inerte, aucune contamination par le platine de la cellule mesurée

## Informations de commande

Électrode de référence Ag/AgCl-pour :	
Postes de mesure VA	6.0728.020
Systèmes Professional-VA/CVS	6.0728.120
Tube à électrolyte pour électrode de référence	6.1245.010

Électrode de référence Ag/AgCl (sans électrolyte)	6.0728.010
Tube à électrolyte pour électrode de référence	6.1245.010

Électrode de référence LL-Ag/AgCl pour :	
Postes de mesure VA	6.0728.030
Systèmes Professional-VA/CVS	6.0728.130
Électrode de référence (gel) LL-Ag/AgCl pour :	
Postes de mesure VA	6.0728.040
Systèmes Professional-VA/CVS	6.0728.140
Tube à électrolyte pour électrode de référence	6.1245.010

Électrode de référence (gel) LL-Ag/AgCl pour :	
Postes de mesure VA	6.0730.000
Systèmes Professional-VA/CVS	6.0730.100

Électrode de référence en verre Ag/AgCl (Gel)	6.0728.000
Tube à électrolyte pour électrode de référence	6.1245.000

Électrode auxiliaire platine pour :	
Postes de mesure VA	6.0343.000
Systèmes Professional-VA/CVS	6.0343.100

Porte-électrode auxiliaire pour :	
Postes de mesure VA	6.1241.020
Systèmes Professional VA/CVS	6.1241.120
Tige en carbone vitrifié	6.1247.000

6.1245.010

6.0728.010 + 6.0728.020  
+ 6.0728.120

6.0728.040  
+ 6.0728.140

6.0728.030  
+ 6.0728.130

6.0728.000

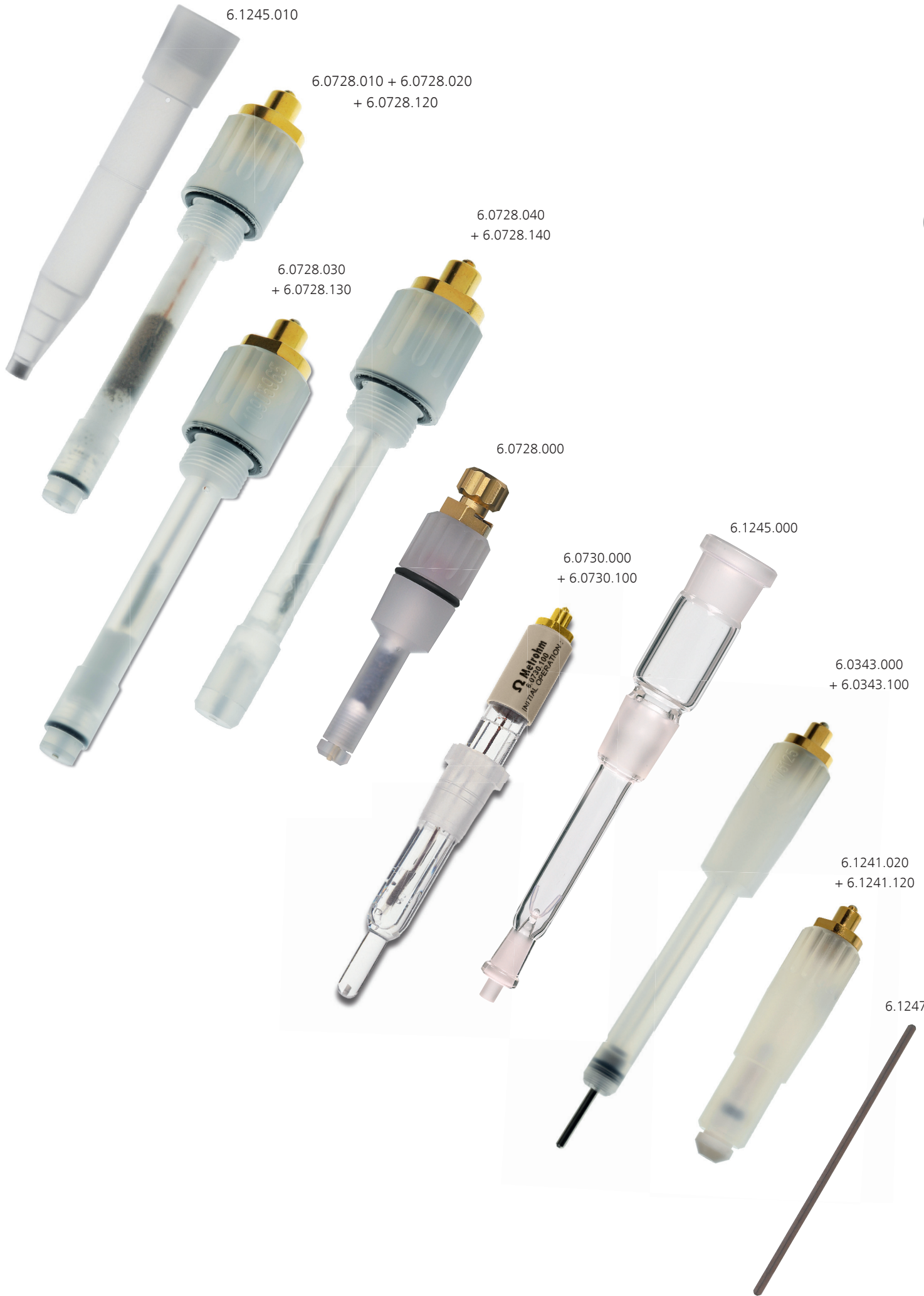
6.0730.000  
+ 6.0730.100

6.1245.000

6.0343.000  
+ 6.0343.100

6.1241.020  
+ 6.1241.120

6.1247.000



# Électrodes pour RDE et RRDE Metrohm Autolab

62

Les mesures avec électrode à disque tournant (RDE) et électrode à disque-anneau tournants (RRDE) sont des méthodes expérimentales dans lesquelles l'électrode tourne pendant son immersion dans la solution. Cela crée une traction convective bien définie vers la surface de l'électrode tant qu'un flux laminaire est présent. Dans ces conditions, le transport de masse se fait par convection et diffusion, ces deux composantes étant directement influencées par la vitesse de rotation de l'électrode.

Les mesures effectuées dans des conditions hydrodynamiques ont de gros avantages sur les mesures statiques. En raison de l'augmentation du transport de matières, le rendement relatif de la cinétique de transfert des électrons augmente. Ces expérimentations électrochimiques permettent de recueillir des informations cinétiques et mécanistiques.

## Pointes d'électrode pour RDE/RRDE

Les électrodes à disque tournant (RDE) sont constituées d'une électrode en forme de disque insérée dans une tige d'électrode. L'électrode disque-anneau tournante (RRDE) a une construction similaire avec une électrode annulaire complémentaire qui entoure le disque. L'interstice entre l'anneau et le disque est très petit.

Metrohm Autolab propose une série d'électrodes avec un grand choix de matériaux pour les mesures RDE. Un porte-électrode spécifique sans électrode est également disponible pour les mesures RDE. Les électrodes RRDE avec un anneau en Pt sont disponibles avec, au choix, différents matériaux pour le disque.

## Contre-électrode

- Contre-électrode feuille de Pt (8 x 7 mm)



## Spécifications techniques

### Pointes RDE

Matériau de la tige	PEEK
Longueur	52,5 mm
Diamètre de la tige	10 mm
Diamètre du disque	3 ou 5 mm
Matériaux du disque	Pt, Ag, Au, GC, Cu, Zn, acier inox, sans disque
Connecteur	filetage M4

### Pointes RRDE

Matériau de la tige	PEEK
Longueur	52,5 mm
Diamètre de la tige	10 mm
Diamètre du disque	5 mm
Matériaux du disque	Pt, Au, GC
Matériau de l'anneau	Pt
Connecteur	filetage M4

## Spécifications techniques

### Électrode à feuille de platine

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de -20 à 70 °C
Longueur utile	101 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm
Tête enfichable d'électrode	B (4 mm)



N° de référence	Pointe d'électrode	Applications
6.1204.300	Disque en carbone vitreux (3 mm)	Électrochimie aux interfaces
6.1204.310	Disque en platine (3 mm)	Électrochimie aux interfaces
6.1204.320	Disque en or (3 mm)	Électrochimie aux interfaces
6.1204.330	Disque en argent (3 mm)	Électrochimie aux interfaces
RRDE.PTPT	Disque en platine (5 mm) et anneau de platine	Électrocatalyse
RRDE.AUPT	Disque en or (5 mm) et anneau en platine	Électrocatalyse
RRDE.GCPT	Disque en carbone vitreux (5 mm) et anneau en platine	Électrocatalyse
RDE.AU50	Disque en or (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.AG50	Disque en argent (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.GC50	Disque en carbone vitreux (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.CU50	Disque en cuivre (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.ZN50	Disque en zinc (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.STEEL	Disque en acier inoxydable (5 mm)	Électrochimie aux interfaces
RDE.BLANK	Disque vide (5 mm)	–
RDE.PT50	Disque en platine (5 mm)	Électrochimie aux interfaces

# Microélectrodes

64

Les microélectrodes ou ultra-microélectrodes sont des électrodes dont les dimensions sont suffisamment petites pour que leurs caractéristiques soient fonction de leur taille. Ces électrodes de travail sont beaucoup plus petites que les électrodes métalliques ordinaires. Quand les dimensions atteignent 25  $\mu\text{m}$  ou moins, on préfère parler d'ultra-microélectrode. La forme la plus courante de ces électrodes est le disque.

En raison de leur très petite taille, ces électrodes ont des caractéristiques spécifiques différentes de celles des électrodes macroscopiques.

- Le transport d'espèces électroactives passe d'une diffusion linéaire à une diffusion hémisphérique (dans le cas d'électrodes à disque). Cela augmente dans les deux sens le transport de matière à la surface de l'électrode.
- Le courant mesuré sur de telles électrodes diminue avec leur surface, mais n'est pas proportionnelle à celle-ci.
- La densité de courant augmente.

En outre, ces électrodes sont moins sensibles aux interférences des courants de charge ou capacitifs, la constante RC diminuant avec le diamètre du disque. C'est pourquoi elles sont particulièrement adaptées à la recherche sur les réactions électrochimiques, en particulier celles à cinétique rapide. Ces électrodes sont également moins sensibles à la chute ohmique, ce qui facilite les mesures dans les milieux à faible conductivité.

Metrohm Autolab propose un grand choix de micro et ultra-microélectrodes de différentes tailles et utilisant différents matériaux. Sur demande, nous pouvons fabriquer des électrodes spécifiques.

## Spécifications techniques

### Microélectrodes

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Longueur	51,5 mm
Diamètre de la tige	5 mm
Diamètre du disque	8 à 1 000 $\mu\text{m}$
Matériaux du disque	Pt, Ag, Au, GC, Ir, Pd
Connecteur	B (2 mm)





N° de référence	Pointe d'électrode	Applications
PT.10	Disque en platine (10 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.20	Disque en platine (20 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.25	Disque en platine (25 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.50	Disque en platine (50 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.100	Disque en platine (100 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.200	Disque en platine (200 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.300	Disque en platine (300 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.500	Disque en platine (500 µm)	Électrochimie aux interfaces
PT.1000	Disque en platine (1000 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.10	Disque en or (10 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.25	Disque en or (25 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.40	Disque en or (40 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.50	Disque en or (50 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.100	Disque en or (100 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.200	Disque en or (200 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.300	Disque en or (300 µm)	Électrochimie aux interfaces
AU.500	Disque en or (500 µm)	Électrochimie aux interfaces
AG.25	Disque en argent (25 µm)	Électrochimie aux interfaces
AG.30	Disque en argent (30 µm)	Électrochimie aux interfaces
AG.100	Disque en argent (100 µm)	Électrochimie aux interfaces
AG.300	Disque en argent (300 µm)	Électrochimie aux interfaces
IR.75	Disque en iridium (75 µm)	Électrochimie aux interfaces
PD.25	Disque en palladium (25 µm)	Électrochimie aux interfaces
PD.100	Disque en palladium (100 µm)	Électrochimie aux interfaces
PD.300	Disque en palladium (300 µm)	Électrochimie aux interfaces
PD.500	Disque en palladium (500 µm)	Électrochimie aux interfaces
GC.08	Carbone vitreux (8 µm)	Électrochimie aux interfaces

## Électrodes pour la microbalance électrochimique à quartz (EQCM)

La microbalance électrochimique à cristaux de quartz (EQCM) est utilisée pour mesurer simultanément avec le signal électrochimique, la variation de fréquence du quartz, qui est directement liée aux changements de masse dues au dépôt, ou à l'adsorption d'une espèce, ou à la dissolution d'une espèce sur l'électrode de travail.

Le principe de fonctionnement de l'EQCM repose sur les propriétés piézo-électriques du quartz qui oscille à une fréquence déterminée lorsqu'il est soumis à un champ électrique sinusoïdal externe. La fréquence d'oscillation du cristal dépend de certains paramètres comme la taille, l'épaisseur du cristal, sa température et le milieu dans lequel il oscille.

### Cristaux de quartz

Les cristaux utilisés sur l'EQCM Autolab sont des cristaux de type AT-cut (à faible coefficient de température). Ils sont revêtus de différents métaux au-dessus d'une couche d'adhérence (par exemple des oxydes de Ti ou de Cr). Les cristaux agissent également comme électrodes de travail (WE) étant en contact avec la solution d'électrolyte, élargissant ainsi les domaines d'application de cette technique.

### Électrode de référence

- Électrode de référence à simple jonction pour EQCM

### Contre-électrode

- Contre-électrode en or en spirale pour EQCM



### Spécifications techniques

#### Cristaux de quartz

Matériau	quartz
Diamètre du quartz	13,66 mm
Épaisseur du quartz	250 µm
Diamètre de l'électrode	6,80 mm
Matériau de l'électrode	or, platine, carbone
Fréquence nominale	6 MHz

### Spécifications techniques

#### Électrode de référence

Système de référence	LL Ag/AgCl
Matériau de la tige	verre
Longueur de la tige	55 mm
Diamètre de la tige	4 mm
Diaphragme	céramique
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Connecteur	B (4 mm)

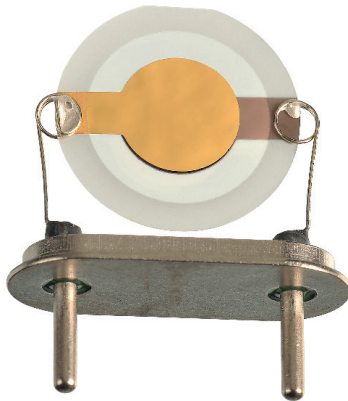
### Spécifications techniques

#### Contre-électrode

Matériau	fil en or
Diamètre du fil	1 mm
Longueur	37,5 mm
Diamètre de la spirale	8 mm



EQCM.Au



EQCM.Pt



N° de référence	Pointe d'électrode	Applications
EQCM.Au	Quartz EQCM 6 MHz Au/TiO <sub>2</sub> , poli	Électrochimie aux interfaces, électrodépôt
EQCM.Pt	Quartz EQCM 6 MHz Pt/TiO <sub>2</sub> , poli	Électrochimie aux interfaces, électrodépôt
EQCM.CE	Contre-électrode EQCM en or	Électrochimie aux interfaces, électrodépôt
EQCM.REF.EL	Électrode de référence EQCM Ag/AgCl 3 M KCl	Électrochimie aux interfaces, électrodépôt

# Électrodes screen-printed

68

Les électrodes screen-printed (ou SPE) sont des électrodes jetables économiques pour travailler avec des échantillons de quelques microlitres. Elles sont idéales pour la recherche et l'enseignement en électrochimie.

Vous trouverez ci-dessous une série d'électrodes SPE, classées par matériau d'électrode de travail (WE) et en fonction de la configuration de la cellule électrochimique. L'électrode de référence (RE) est en argent pour tous les modèles. Le matériau de l'électrode auxiliaire (AUX) est selon le modèle en carbone, en or ou en platine. Le matériau de support dépend du modèle. Il peut s'agir de céramique, de verre, de matière plastique transparente ou blanche. Sur demande du client, nous pouvons réaliser des versions spécifiques.

## Électrode de travail en carbone

- Électrode de type standard
- Électrode de type « immergée dans la solution »
- Configuration multi-analyse - double
- Configuration multi-analyse - 8 cellules électrochimiques
- Configuration multi-analyse - 96 cellules électrochimiques
- Configuration multi-analyse - 4 WE avec AUX et REF commune
- Configuration multi-analyse - 8 WE avec AUX et REF commune
- Cellule à circulation intégrée

## Électrode de travail en or

- Électrode de type standard
- Électrode de type « immergée dans la solution »
- WE de 1,6 mm
- Configuration multi-analyse - 8 cellules électrochimiques
- Configuration multi-analyse - 96 cellules électrochimiques
- Cellule à circulation intégrée

## Électrode de travail en platine

- Électrode de type standard
- Configuration multi-analyse - 8 cellules électrochimiques
- Configuration multi-analyse - 96 cellules électrochimiques
- Cellule à circulation intégrée

## Électrode de travail en argent

- WE de 1,6 mm

## Électrode de travail transparente

Matériaux : ITO, PEDOT, or

- Type standard

## Électrode de travail, modifiée par un médiateur

Matériaux : co-phthalocyanine, bleu de Meldola, bleu de Prusse, ferrocyanure

- Type standard

## Électrode de travail, biomodifiée

Streptavidine, extravidine, capteur de glucose

- Type standard
- Configuration multi-analyse - double

## Électrode de travail, nanomodifiée

Matériaux : graphène, oxyde de graphène, oxyde de graphène réduit, nanotubes de carbone multifeuillets, nanotubes de carbone monofeuillets, nanofibres de carbone, carbone mésoporeux, carbone mésoporeux ordonné, nanoparticules d'or, nanoparticules d'argent, quantum dots, core-shell quantum dots, nanoparticules graphène/or, nanotubes de carbone / nanoparticules d'or, nanofibres de carbone / nanoparticules d'or, nanoparticules d'or / streptavidine

- Type standard
- Configuration multi-analyse - double

## Autres électrodes de travail

Matériaux : oxyde de bismuth, oxyde de nickel, polyaniline

- Type standard
- Configuration multi-analyse - double

DRP-110  
Électrode de type  
standard

DRP-C220AT  
Électrode de type  
« immergée dans la solution »

DRP-C013  
WE de 1,6 mm

DRP-C1110  
Configuration  
multi-analyse -  
double

DRP-8X550  
Configuration multi-  
analyse - 8 cellules  
électrochimiques

DRP-TLFCL110  
Cellule à circulation intégrée

8W110  
Configuration multi-analyse  
- 8 WE avec AUX et REF  
commune

4W110  
Configuration multi-analyse  
- 4 WE avec AUX et REF  
commune

96X110  
Configuration multi-  
analyse - 96 cellules  
électrochimiques

### Informations de commande

Electrode screen-printed en carbone

DRP-110

Electrode screen-printed en or / encre AT / « immergée dans la solution »

DRP-C220AT

Electrode screen-printed en argent / diamètre 1,6 mm

DRP-C013

Double électrode en carbone screen-printed

DRP-C1110

8 électrodes en platine screen-printed

DRP-8X550

Cellule à circulation à couche mince, électrode en carbone screen-printed  
intégrée (Aux. : C ; Réf. : Ag)

DRP-TLFCL110

8 WE électrode en carbone screen-printed (1 AUX. : C ; 1 REF. : Ag)

DRP-8W110

4 WE, électrode en carbone screen-printed (1 AUX. : C ; 1 REF. : Ag)

DRP-4W110

96 électrode en carbone screen-printed

DRP-96X110

# Électrodes et microélectrodes interdigitées

70

Les électrodes et microélectrodes interdigitées ont plusieurs avantages comme la possibilité d'analyser des volumes d'échantillon minimes et de réduire la tâche pénible du polissage des électrodes à corps rigide. La configuration interdigitées augmente la sensibilité et les limites de détection.

Selon le modèle, le support peut être en céramique, matière plastique transparente, matière plastique blanche ou verre. Lorsqu'elles sont présentes, les électrodes auxiliaires et de référence sont en or ou en platine.

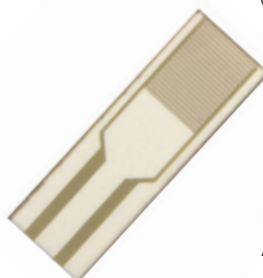
## Électrodes interdigitées : or, platine

- Version rectangulaire
- Version concentrique
- Avec électrodes auxiliaire et de référence

## Microélectrode : or, platine



DRP-G-IDECONPT10  
Version concentrique



DRP-PW-IDEAU100  
Version rectangulaire



DRP-G-IDE222  
Avec électrodes  
auxiliaire et de  
référence



DRP-G-MEA555  
Microélectrodes

### Informations de commande

Électrode en platine interdigitées, concentrique / traits et espaces de 10 microns / support en verre

DRP-G-IDECONPT10

Électrode en or interdigitées / traits et espaces de 100 microns / support en plastique

DRP-PW-IDEAU100

Électrode en or interdigitées (Aux. : Au ; Réf. : Au) / traits et espaces de 10 microns / support en verre

DRP-G-IDE222

Matrice de microélectrodes en platine, diamètre 3 mm / microperforations 10 microns / support en verre

DRP-G-MEA555







Cellules de mesure de conductivité et capteurs de température

# Cellules de mesure de conductivité pour Conductimètres 912/914

74

## Technique de mesure à quatre électrodes

De manière classique, les cellules de mesures de conductivité utilisent deux électrodes en platine platinisé (cellule Kohlrausch). Si d'autres matériaux que le platine platinisé sont utilisés, des erreurs de mesure dues à une polarisation sont probables.

Cependant, le placage du platine a d'autres inconvénients : les électrodes platinisées sont non seulement sujettes aux incrustations et aux dépôts, mais également au développement d'algues de colonies bactériennes ou fongiques, ce qui peut entraîner une modification de la constante de la cellule. En outre, la technique de mesure à deux électrodes subit des interférences par effet de champ, lesquelles peuvent altérer la valeur de la conductivité mesurée près d'une paroi.

Pour cette raison, Metrohm a introduit une technique de mesure à électrodes multiples. Une mesure à quatre pôles a été développée pour les conductimètres 912/914 (6.0917.080). Cette cellule comprend deux paires de pôles dont l'une injecte le courant générateur et l'autre enregistre la tension mesurée.

Le courant qui circule dans la solution produit une chute de potentiel. Si on connaît la tension ainsi que le courant générateur, on peut en déduire la conductance et par conséquent, calculer la conductivité.

Globalement, la technique de mesure à quatre pôles permet non seulement un enregistrement de la conductance pratiquement sans polarisation, mais également une meilleure reproductibilité des mesures effectuées. En outre, la plage de mesure est plus étendue. Un autre avantage est la tige en PEEK, qui contribue grandement à augmenter la robustesse du capteur.

## Spécifications techniques

### 6.0918.040

Matériau de la tige	acier inoxydable
Gamme de mesure idéale	0 à 300 $\mu\text{S} / \text{cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Capteur de température	Pt 1000
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	35 mm
Constante de cellule	0,1 $\text{cm}^{-1}$

## Spécifications techniques

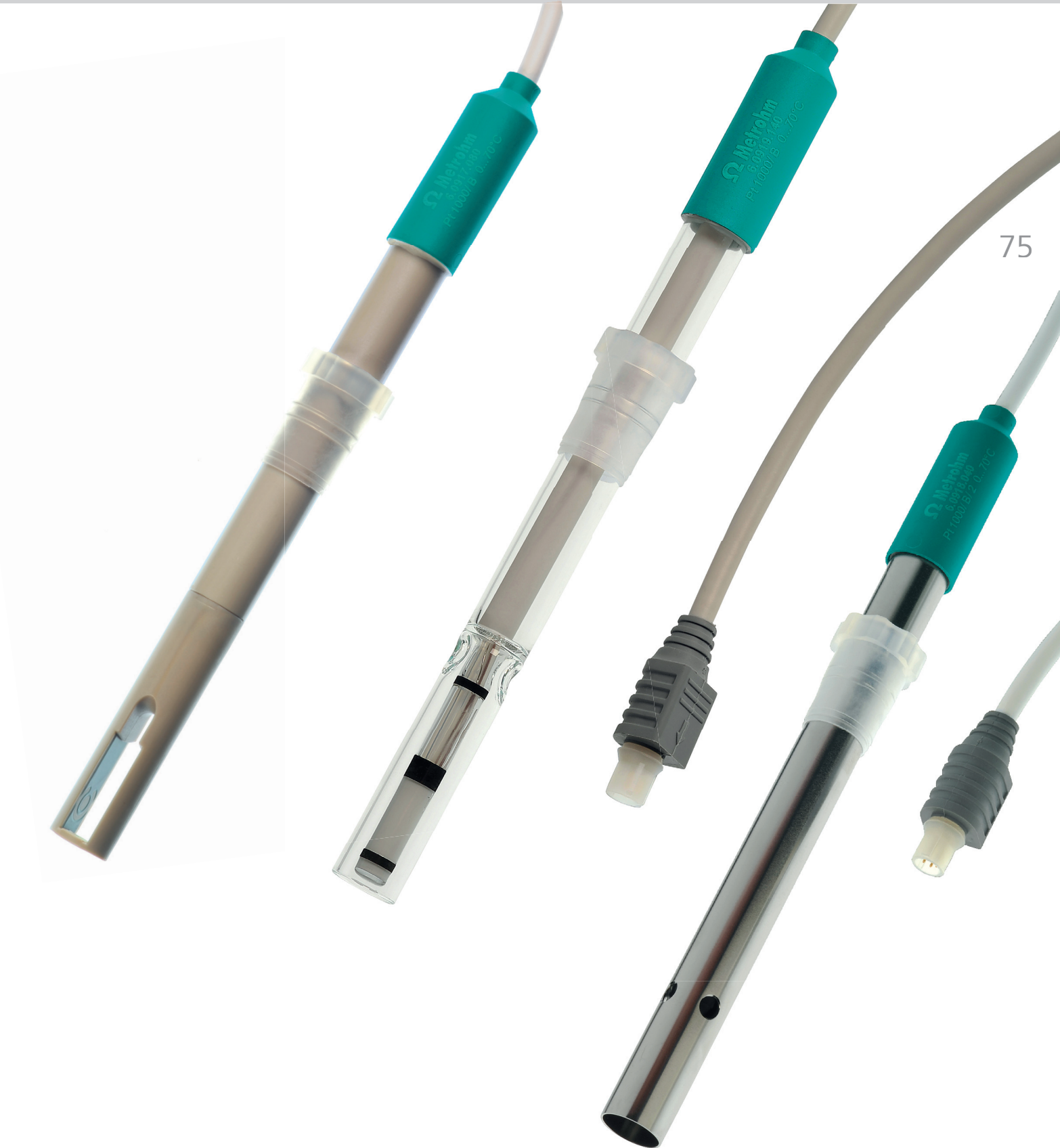
### 6.0917.080

Matériau de la tige	PEEK
Gamme de mesure idéale	15 à $2,5 \cdot 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Capteur de température	Pt 1000
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	30 mm
Constante de cellule	0,5 $\text{cm}^{-1}$

## Spécifications techniques

### 6.0919.140

Matériau de la tige	Verre
Gamme de mesure idéale	$10^2$ à $10^6 \mu\text{S}/\text{cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Capteur de température	Pt 1000
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	40 mm
Constante de cellule	1,6 $\text{cm}^{-1}$



#### Informations de commande

Cellule de mesure de conductivité (acier inox) avec Pt 1000, $c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche K	6.0918.040
Cellule de mesure de conductivité à 4 pôles, Pt 1000, $c = 0,5 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche K	6.0917.080
Cellule de mesure de conductivité à 3 pôles, Pt 1000, $c = 1,6 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche K	6.0919.140

## Cellules de mesure de conductivité pour le 856 Conductivity Module

76

### Cellule de mesure de conductivité à 5 pôles

Les nouvelles cellules de mesure de conductivité à 5 pôles ont des valeurs de linéarité plus grandes que celles des cellules de mesure de conductivité classiques et ne nécessitent aucune platinisation supplémentaire. Le courant appliqué sur l'électrode interne génère un flux de courant vers les électrodes externes à la terre afin de minimiser les influences externes et les erreurs de mesure.

Les cellules de mesure de conductivité à 5 pôles fournissent des valeurs de mesure précises, indépendamment de la position dans le bécher (effet de bord). Les interférences avec les mesures potentiométriques appartiennent maintenant au passé ; la conductivité et la valeur pH peuvent maintenant être mesurées simultanément dans le même bécher.

Les cellules de mesure sont équipées d'un câble fixe et d'une fiche N pour être directement connectées au 856 Conductivity Module.

### Spécifications techniques

#### 6.0915.100 / 6.0920.100

Matériau de la tige	PEEK
Gamme de mesure <i>idéale</i>	5 à $2 \times 10^4$ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Capteur de température	Pt 1000
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	34 mm
Constante de cellule	0,7 $\text{cm}^{-1}$

### Spécifications techniques

#### 6.0915.130 / 6.0920.130

Matériau de la tige	PEEK
Gamme de mesure <i>idéale</i>	5 à $10^5$ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Capteur de température	Pt 1000
Longueur utile	142 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	50 mm
Constante de cellule	1 $\text{cm}^{-1}$





#### Informations de commande

Cellule de mesure de conductivité à cinq pôles c = 0,7 cm <sup>-1</sup> avec Pt 1000, câble fixe (1,2 m) fiche N	6.0915.100
Cellule de mesure de conductivité à cinq pôles c = 1,0 cm <sup>-1</sup> avec Pt 1000, câble fixe (1,2 m) fiche N	6.0915.130
Cellule de mesure de conductivité à cinq pôles c = 0,7 cm <sup>-1</sup> avec Pt 1000, câble fixe (2 m) fiche N	6.0920.100
Cellule de mesure de conductivité à cinq pôles c = 1,0 cm <sup>-1</sup> avec Pt 1000, câble fixe (2 m) fiche N	6.0920.130
Cellule de mesure de conductimétrie (acier inox) avec Pt 1000, c = 0,1 cm <sup>-1</sup> , câble fixe (1,2 m) fiche N	6.0916.040

# Cellules de mesure de conductivité

78

## Cellules de mesure de conductivité avec capteur de température

### Cellule de mesure de conductimétrie avec Pt 100, $c = 0,8 \text{ cm}^{-1}$

- Platinisée

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	1 à $10^5 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 5 à 70 °C
Longueur utile	123 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	40 mm

### Cellule de mesure de conductimétrie avec Pt 1000, $c = 0,8 \text{ cm}^{-1}$

- Platinisée

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	PP
Gamme de mesure	1 à $10^5 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 5 à 70 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	35 mm

### Cellule de mesure de conductimétrie (acier inox) avec Pt 1000, $c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$

- Cellule de mesure en acier inox pour la mesure de très faible conductivité
- Idéale pour les applications selon USP 645 et EP 2.2.38

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	acier inoxydable
Gamme de mesure	0 à $300 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 0 à 70 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	35 mm

## Cellule de mesure conductimétrique pour les appareil de mesure de stabilité

### Cellule de mesure conductimétrique pour 743 Rancimat, 873 Biodiesel Rancimat, 892 Professional Rancimat, 893 Professional Biodiesel Rancimat, 763 PVC Thermomat et 895 Professional PVC Thermomat

- Constante de cellule  $c = 1,1 \text{ cm}^{-1}$

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	PP
Gamme de mesure	0 à $400 \mu\text{S/cm}$

## Accessoires pour cellules de mesure de conductivité :

Solution étalon de conductivité $\kappa = 12,87 \text{ mS/cm}$ (25 °C), 250 mL	6.2301.060
Solution étalon de conductivité $\kappa = 100 \mu\text{S/cm}$ (25 °C), 250 mL avec certificat DKD	6.2324.010
Solution étalon de conductivité $\kappa = 100 \mu\text{S/cm}$ (25 °C), 5 x 30 mL avec certificat DKD	6.2324.110



#### Informations de commande

Cellule de mesure de conductimétrie avec Pt 100, $c = 0,8 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche 4 x B (4 mm)	6.0908.110
Cellule de mesure de conductimétrie avec Pt 1000, $c = 0,8 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche 4 x B (4 mm)	6.0912.110
Cellule de mesure de conductimétrie (acier inox) avec Pt 1000, $c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1,2 m) fiche 4 x B (4 mm)	6.0914.040
Cellule de mesure de conductimétrie pour 743, 763, 873, 892, 893 et 895	6.0913.130

# Cellules de mesure de conductivité

80

## Cellules de mesure de conductivité sans capteurs de température

### Cellule de mesure conductimétrique, $c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$

- Platinisée

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	$10^{-1}$ à $10^4 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 5 à 70 °C
Longueur utile	108 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Base du diamètre de la tige	20 mm
Profondeur d'immersion minimale	50 mm

### Cellule de mesure conductimétrique, $c = 10 \text{ cm}^{-1}$

- Platinisée

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	10 à $10^6 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 5 à 70 °C
Longueur utile	125 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Base du diamètre de la tige	20 mm
Profondeur d'immersion minimale	80 mm

### Cellule de mesure conductimétrique, $c = 0,9 \text{ cm}^{-1}$

- Platinisée
- Avec rodage normalisé 14/15
- Tête enfichable Metrohm G
- Longueur optimale pour passeurs d'échantillons

#### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	1 à $10^5 \mu\text{S/cm}$
Gamme de température	de 5 à 70 °C
Longueur utile	120 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Profondeur d'immersion minimale	16 mm



**Informations de commande**

Cellule de mesure de conductimétrie, $c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1 m) fiche 2 x B (4 mm)	6.0901.040
Cellule de mesure de conductimétrie, $c = 10 \text{ cm}^{-1}$ , câble fixe (1 m) fiche 2 x B (4 mm)	6.0901.260
Cellule de mesure conductimétrie pour passeur d'échantillons, $c = 0,9 \text{ cm}^{-1}$ , sans câble	6.0910.120

# Capteur de température

82

## Capteur de température Pt 1000

- Détermination précise et rapide de la température
- Disponible en plusieurs longueurs (90/125/178 mm)

### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de -50 à 180 °C
Longueur utile	90/125/178 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	5/6,4 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm
Tête enfichable de l'électrode	tête enfichable Metrohm G

## Capteur de température Pt 1000 acier

- L'alternative au verre
- Tige en PEEK
- Pour un usage sur milieu non oxydant de pH 1 à 13
- Pour la mesure de température de matériaux semi-solides comme le fromage, sauf la viande congelée ou autre

### Spécifications techniques

Matériau de la tige	PEEK
Gamme de température	de -50 à 100 °C
Longueur utile	140 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre de la tige en bas	(75 mm) 3 mm
Profondeur d'immersion minimale	10 mm

## Capteur de température Pt 1000 pour 909 UV Digester

- Tige en verre
- Câble fixe avec fiche 2 x B (2 mm)

### Spécifications techniques

Matériau de la tige	verre
Gamme de température	de -50 à 80 °C
Longueur utile	120 mm
Diamètre de la tige	12 mm
Diamètre à la base de la tige	5 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm

## Capteur de température Pt 100 pour 711 Liquino, 743 Rancimat, 763 PVC Thermomat, 892 Professional Rancimat ou 895 Professional PVC Thermomat

- Tige en acier inoxydable
- Câble fixe avec fiche Mini DIN

### Spécifications techniques

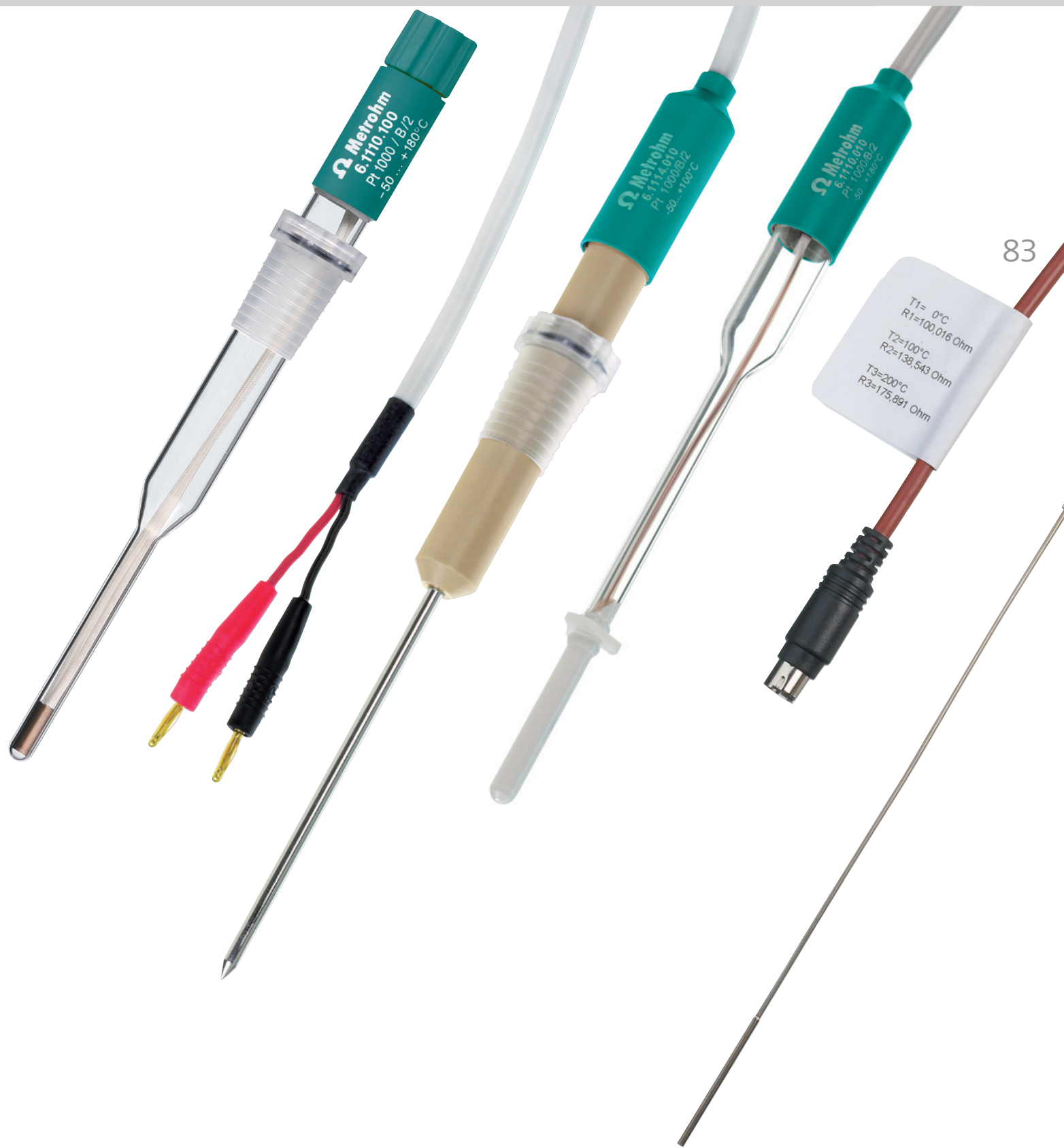
Matériau de la tige	acier inoxydable
Gamme de température	de -200 à 300 °C
Longueur utile	178 mm
Diamètre de la tige	2 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm

## Capteur de température Pt 100 pour 873 Biodiesel Rancimat ou 893 Professional Biodiesel Rancimat

- Tige en acier inoxydable
- Câble fixe avec fiche Mini DIN

### Spécifications techniques

Gamme de température	de -200 à 300 °C
Longueur utile	300 mm
Diamètre de la tige	2 mm
Profondeur d'immersion minimale	20 mm



#### Informations de commande

Capteur de température Pt 1000, longueur 125 mm, sans câble	6.1110.100
Capteur de température Pt 1000, longueur 178 mm, sans câble	6.1110.110
Capteur de température Pt 1000, longueur 90 mm, sans câble	6.1110.120
Capteur de température Pt 1000, acier, longueur 140 mm, câble fixe (1,2 m) fiche 2 x B (2 mm)	6.1114.010
Capteur de température Pt 1000 pour 909, longueur 120 mm, câble fixe (0,5 m) fiche 2 x B (2 mm)	6.1110.010
Capteur de température Pt 100 pour 711/743/763/892/895, longueur 175 mm, câble fixe	6.1111.010
Capteur de température Pt 100 pour 873/893, Longueur 300 mm, câble fixe	6.1111.020

# Capteurs photométriques

84

Le titrage avec détection photométrique fait partie intégrante de nombreuses méthodes de titrage.

L'Optrode est un capteur maniable qui s'utilise comme n'importe quel autre Metrosensor.

Les systèmes de titrage, nouveaux ou plus anciens, peuvent tous être équipés de l'Optrode. L'alimentation électrique se fait directement via l'interface USB d'un appareil Metrohm (Titrino plus, Ti-Touch, Titrand, passeur d'échantillons USB). Sur les anciens modèles qui ne disposent pas d'une interface USB, l'alimentation électrique peut également se faire via un bloc d'alimentation USB optionnel.

## Optrode

- Huit longueurs d'onde : 470, 502, 520, 574, 590, 610, 640 et 660 nm
- Résistance à 100 % aux solvants grâce à la tige en verre
- Compacité et faible encombrement
- Nettoyage très simple
- Changement facile de la longueur d'onde par un aimant ou contrôlée par le logiciel (tiamo 2.5 ou plus récent)

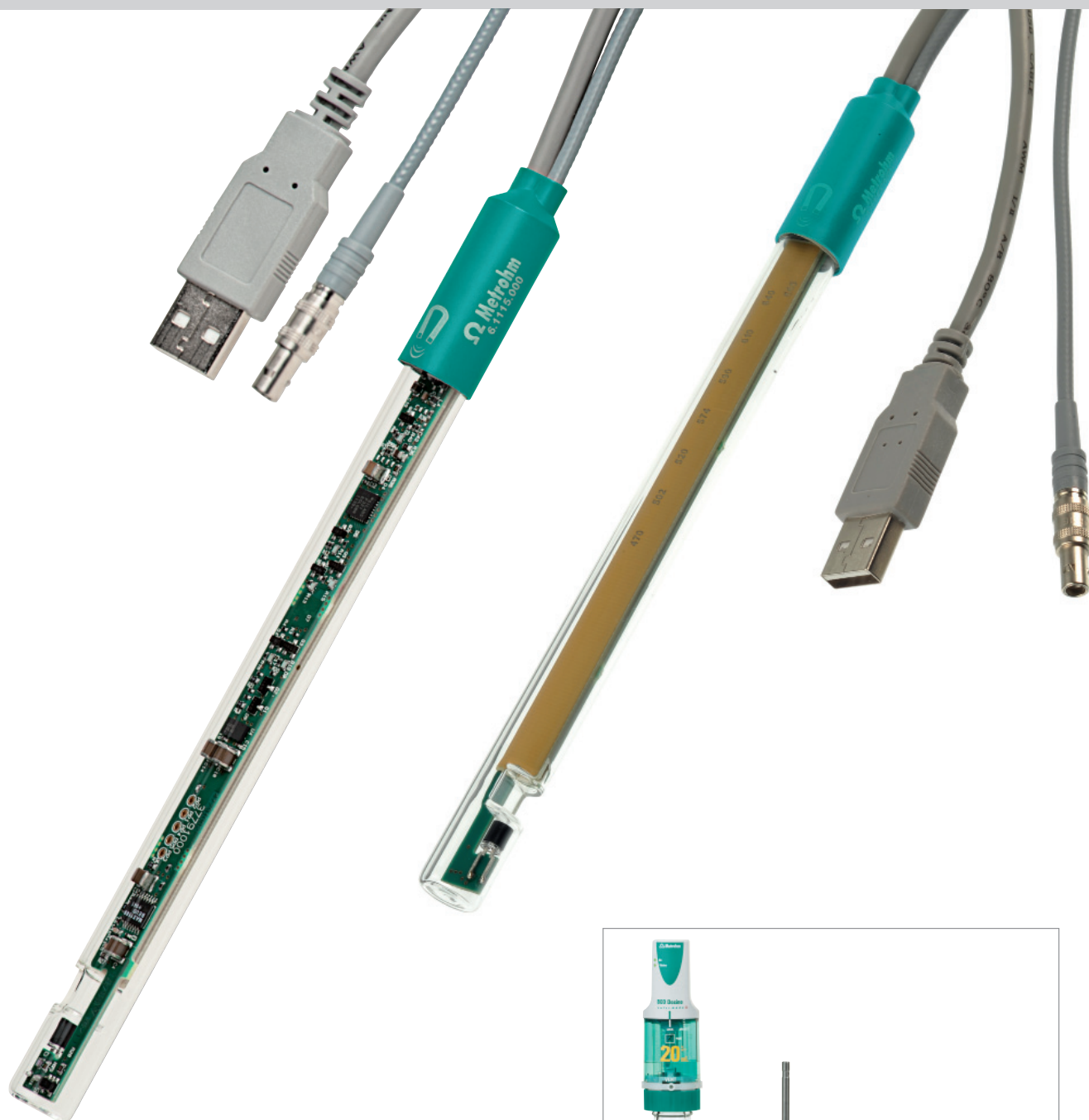
## Spécifications techniques

### Optrode

Diamètre de la tige	12 mm
Longueur utile	135 mm
Matériau de la tige	verre
Gamme de mesure	
Tension d'obscurité :	min. 0 mV
Tension d'éclairage :	max. 800 mV
Gamme de température	de 0 à 40 °C
Gamme de pH	de 0 à 14
Profondeur d'immersion minimale	30 mm

## Titrages photométriques avec Optrode, exemples :

- Titrages non aqueux selon USP et EP
- Détermination des groupes carboxyles finaux (non aqueux)
- TAN/TBN selon ASTM D974 (non aqueux)
- Chlorure dans les produits siliconés (non aqueux)
- Détermination des sulfates
- Fe, Al, Ca dans le ciment
- Dureté de l'eau (dureté totale et Ca/Mg)
- Sulfate de chondroïtine selon USP



#### Informations de commande

Optrode, câble fixe, fiche F, USB

6.1115.000

Accessoire (Option)

Adaptateur pour alimentation USB 5 V 1 A (pour titrateurs sans raccordement USB)

6.2166.000





## Accessoires pour Metrosensors

# Accessoires pour Metrosensors

88

## Douilles flexibles avec rodage normalisé pour électrodes Metrohm

- 6.1236.020 Douille avec rodage normalisé en PP, rodage normalisé 14/15 avec joint torique
- 6.1236.030 Douille avec rodage normalisé en PP, rodage normalisé 14/15 avec joint torique, pour les systèmes avec passeur d'échantillons
- 6.1236.040 Douille avec rodage normalisé en caoutchouc de silicone, rodage normalisé 14/15
- 6.1236.050 Douille avec rodage normalisé en EVA, rodage normalisé 14/15

## Autres accessoires

- 6.2008.040 Carquois d'électrode en PP  
Longueur 105 mm  
Diamètre 13 mm  
Rodage cône ou rodage normalisé 14/15



- 6.1243.020 Diaphragme rodé de rechange pour Profitrode 6.0255.1XX (manchon en verre et anneau en plastique)



- 6.1243.030 Diaphragme rodé de rechange pour électrodes de référence 6.0726.1XX et 6.0729.1XX



- 6.2615.050 Support d'électrodes pour 11 électrodes et 3 flacons de tampons de 50 ml



6.1236.020



6.1236.030



6.1236.040



6.1236.050



# Étalons ioniques, solutions tampons, électrolytes

90

## Étalons ioniques (traçables jusqu'au NIST)

Ion	Concentration	Quantité	N° de référence
KBr	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.000
NaCl	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.010
Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.020
NaF	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.030
KI	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.040
KCl	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.060
CaCl <sub>2</sub>	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.070
KNO <sub>3</sub>	0,1000 ± 0,0005 mol/L	250 mL	6.2301.080
Pb	1,000 g/L	50 mL	6.2301.100
Solution standard de conductivité	$\kappa = 12,87 \text{ mS/cm (25 °C)}$	250 mL	6.2301.060
Solution standard de conductivité Avec certificat DKD	pour USP <645> et EP 2.2.38 $\kappa = 100 \mu\text{S/cm (25 °C)}$	250 mL 5 x 30 mL (sachets)	6.2324.010 6.2324.110

## Solutions tampons et d'étalonnage (traçables jusqu'au NIST)

Articles		Quantité	N° de référence
Concentrés kit tampon	pH 4,00, 7,00, KCl 3 mol/L	50 ml chacun	6.2302.010
	pH 4,00, 7,00, 9,00	50 ml chacun	6.2304.000
	pH 4,00	3 x 50 mL	6.2305.010
	pH 7,00	3 x 50 mL	6.2305.020
	pH 9,00	3 x 50 mL	6.2305.030
Solutions tampons prêtes à l'emploi en flacons, colorés, scellés par papier	pH 4,00	500 mL	6.2307.100
	pH 7,00	500 mL	6.2307.110
	pH 9,00	500 mL	6.2307.120
Solutions tampons prêtes à l'emploi en sachet avec certificat DKD	pH 4,00	30 x 30 mL	6.2307.200
	pH 7,00	30 x 30 mL	6.2307.210
	pH 9,00	30 x 30 mL	6.2307.220
	pH 4,00, 7,00, 9,00	10 x 30 mL chacun	6.2307.230
Étalon rédox	Fonctionne avec l'électrode de référence Ag/AgCl/c(KCl) = 3 mol/L U = +250 ± 5 mV (20 °C) ; peut également servir de solution tampon pH 7	250 mL	6.2306.020



### Électrolyte, solution de conservation, kit pHit

Électrolyte		Quantité	N° de référence
KCl 3 mol/L	pour systèmes de référence Ag/AgCl	250 mL	6.2308.020
		1000 mL	6.2313.000
Gel KCl sat.	gélifié	250 mL	6.2308.030
Idrolyte	pour Biotrode 6.0224.100 ou mesure de pH >80°C avec Unitrode/Syntrode	250 mL	6.2308.040
Porolyte	pour Porotrode 6.0235.200	50 mL	6.2318.000
KNO <sub>3</sub> 1 mol/L	électrolyte de référence pour électrode Ag combinée et électrolyte intermédiaire pour système de référence Ag/AgCl	250 mL	6.2310.010
LiCl <sub>sat</sub> dans l'éthanol	électrolyte intermédiaire pour titrage dans des solutions non aqueuses et électrolytes de référence pour Solvotrode	250 mL	Contactez votre représentant Metrohm
LiCl 2 mol/L dans l'éthanol	électrolyte intermédiaire pour titrage dans des solutions non aqueuses et électrolytes de référence pour Solvotrode	250 mL	Contactez votre représentant Metrohm
Bromure de tétraéthylammonium 0,4 mol/L dans l'éthylène glycol	électrolyte intermédiaire pour titrage dans des solutions non aqueuses et électrolytes de référence pour Solvotrode	250 mL	6.2320.000
Gel KCl 3 mol/L	uniquement comme électrolyte intermédiaire pour les électrodes de référence VA	50 mL	6.2308.060
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 1 mol/L	Électrolyte de référence pour 6.0510.100 Ca-EIS combinée	50 mL	6.2327.000
CH <sub>3</sub> COOLi 1 mol/L	Électrolyte de référence pour 6.0510.110 K-EIS combinée	50 mL	6.2328.000
Électrolyte pour électrodes NH <sub>3</sub>	Électrolyte interne pour électrodes NH <sub>3</sub>	50 mL	6.2316.030
KCl sat.	conservation des électrodes gels	250 mL	6.2308.000
Solution de conservation	pour électrodes en verre pH combinées avec électrolyte de référence c(KCl) = 3 mol/L	250 mL	6.2323.000
Kit pHit	Kit d'entretien pour électrodes, contenant 50 ml de chaque solution de nettoyage, un électrolyte de référence c(KCl) = 3 mol/l, une solution de conservation et 2 carquois	50 ml chacun	6.2325.000

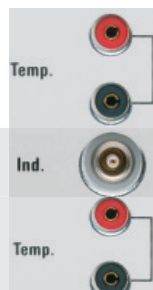


# Raccordements électriques

92

## Raccordement d'électrodes de pH, ioniques sélectives (EIS) et métalliques sur les appareils Metrohm

Tête enfichable d'électrode	Câble	N° de référence	Dispositif de mesure
Tête enfichable G	Tête enfichable G – fiche F, 1 m	6.2104.020	Pour amplificateurs de mesure pH/EIS et Ind de Titroprocesseur, Titrino et Titrandos, pH-/ion-mètre pour 691
	Tête enfichable G – fiche F, 2 m	6.2104.030	
	Tête enfichable G – fiche F, 3 m	6.2104.040	
	Tête enfichable G – fiche E (DIN 19262), 1 m	6.2104.050	Pour pH-mètre Metrohm < 691
	Tête enfichable G – fiche E (DIN 19262), 2 m	6.2104.060	
	Tête enfichable G – fiche E (DIN 19262), 3 m	6.2104.070	
		Câbles d'électrodes pour électrodes génératrices 6.0342.110, 6.0344.100 et 6.0345.100	6.2104.120
Électrodes pH avec câble fixe, fiche B (2 mm)	Adaptateur fiche B (2 mm)/4 mm	6.2103.150	Titrino (Pt 1000 uniquement) pH-mètre ≤744 (Pt 1000 uniquement)
	Adaptateur fiche B (4 mm)/2 mm (rouge) Adaptateur fiche B (4 mm)/2 mm (noir)	6.2103.130 6.2103.140	780/781/Titrandos/Ti-Touch/ 91X Meter Pt 1000 (2 mm)
Tête enfichable U	Tête enfichable U – fiche F + 2 x B (2 mm), 1 m	6.2104.600	Ind.
	Tête enfichable U – fiche F + 2 x B (2 mm), 2 m	6.2104.610	







## Raccordement de cellules de mesures conductimétriques et de sondes de température à des appareils Metrohm

Tête enfichable d'électrode	Câble	N° de référence	Dispositif de mesure
Tête enfichable G	Tête enfichable G – fiche 2 x B (4 mm), 1 m	6.2104.080	712 Conductimètre, amplificateurs de mesure Pt 100 / Pt 1000 (4 mm)
	Tête enfichable G – fiche 2 x B (4 mm), 2 m	6.2104.110	
	Tête enfichable G – fiche 2 x B (2 mm), 1 m	6.2104.140	780/781/Titrandos/Ti-Touch/ 91X Meter Pt 1000 (2 mm)
	Tête enfichable G – fiche 2 x B (2 mm), 2 m	6.2104.150	



### Connexion des électrodes de référence et métalliques séparées sur les dispositifs Metrohm

Têtes enfichables d'électrodes	Câble	N° de référence	Dispositif de mesure
Tête enfichable G (6.0729.XXX) 	Tête enfichable G – fiche F, 1 m	6.2104.020	Pour les amplificateurs de mesure « Ind II » du Titrino et le raccordement à un amplificateur différentiel Metrohm 
	Tête enfichable G – fiche F, 2 m	6.2104.030	
	Tête enfichable G – fiche F, 3 m	6.2104.040	
Tête enfichable B 	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 1 m	6.2106.020	Pour amplificateur de mesure « Réf. » 
	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 2 m	6.2106.060	
	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 3 m	6.2106.050	

### Connexion des électrodes Metrohm avec tête enfichable G aux dispositifs d'autres fournisseurs

Tête enfichable d'électrode	Câble	N° de référence	Dispositif de mesure
Tête enfichable G 	Tête enfichable G – fiche BNC, 1 m 	6.2104.090	Orion, Beckman, Corning, EDT, Fisher, Hanna, Mettler-Toledo, Jenway, Philips, Radiometer, Mitsubishi, SI Analytics, Crison, Kyoto/KEM
	Tête enfichable G – LEMO 	6.2104.160	Mettler
	Tête enfichable G – fiche E (DIN 19262), 1 m 	6.2104.050	Anciens systèmes Metrohm, WTW, Knick, SI Analytics
	Tête enfichable G – fiche de radiomètre, 1 m 	6.2104.130	Radiometer, Crison
	Tête enfichable G – fiche US, 1 m 	6.2104.010	Anciens systèmes Orion, Beckman et Fisher

## Connexion des électrodes Metrohm au module de mesure OMNIS

Tête enfichable d'électrode	Câble	N° de référence	Dispositif de mesure
Tête enfichable Q 	Tête enfichable Q - fiche P ; 0,55 m	6.02104.300	Pour un module de mesure numérique pour OMNIS
	Tête enfichable Q - fiche P ; 1,5 m	6.02104.310	
Tête enfichable G pour électrodes pH, EIS, métalliques 	Tête enfichable G - fiche P ; 0,55 m (verte)	6.02104.000	Pour entrées de mesure « INPUT 1 » et « INPUT 2 » d'un module de mesure analogique pour OMNIS
	Tête enfichable G - fiche P ; 1,5 m	6.02104.010	
Tête enfichable G pour capteur de température 	Tête enfichable G - fiche P ; 0,55 m (rouge)	6.02104.020	Pour entrées de mesure « INPUT 1 » et « INPUT 2 » d'un module de mesure analogique pour OMNIS
	Tête enfichable G - fiche P ; 1,5 m	6.02104.030	
Tête enfichable G pour électrode pour les mesures polarisées 	Tête enfichable G – fiche P ; 0,55 m (bleue)	6.02104.040	Pour entrée de mesure « INPUT 1 » d'un module de mesure analogique pour OMNIS
	Tête enfichable G – fiche P ; 1,5 m (bleue)	6.02104.050	
Tête enfichable U 	Tête enfichable U – fiche P; 0,55 m (verte/rouge)	6.02104.600	Pour entrées de mesure « INPUT 1 » et « INPUT 2 » d'un module de mesure analogique pour OMNIS
	Tête de mesure U – fiche P; 1,5 m (verte/rouge)	6.02104.610	
Tête enfichable B 	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 1 m	6.2106.020 <sup>1</sup>	Pour entrée de mesure « REF » d'un module de mesure analogique pour OMNIS
	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 2 m	6.2106.060 <sup>1</sup>	
	Tête enfichable B (4 mm) – fiche B (4 mm), 3 m	6.2106.050 <sup>1</sup>	

<sup>1</sup> Nécessite un adaptateur fiche B (4 mm) pour prise 2 mm (6.2103.140).

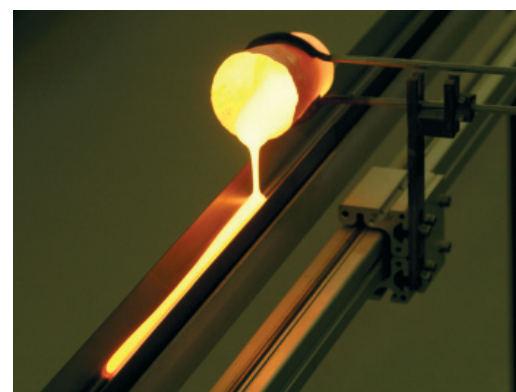
## Comment sont fabriqués les Metrosensor ?

95

### Notre précision n'est pas le fruit du hasard...

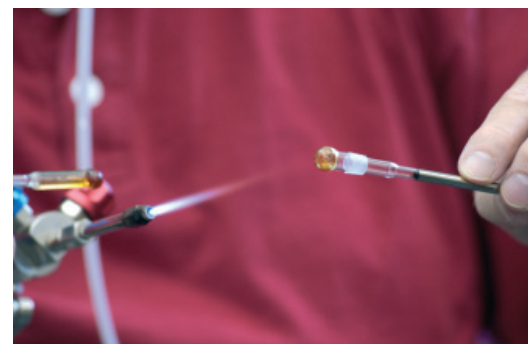
#### Gardez toujours le contrôle !

De nombreuses années d'expérience et une manipulation sûre des matières premières nous permettent de garantir une chimie toujours juste. La bonne composition du mélange de verre et une attention particulière lors du processus de fusion assurent une qualité parfaite au verre de la membrane.



### Nous savons comment faire !

Nos employés savent ce qu'ils font quand ils fusionnent le verre de la membrane sur le corps de l'électrode. Ce n'est pas qu'une question de chance et ça se voit tout de suite sur nos électrodes.





# 1. Principales notions de potentiométrie

## 1.1. Principe de mesure

En potentiométrie, le système de mesure est toujours composée de deux électrodes : l'électrode de mesure, également appelée électrode indicatrice, et l'électrode de référence. Les deux électrodes sont des demi-cellules. Lorsqu'elles sont placées ensemble dans une solution, elles produisent un certain potentiel. En fonction de la construction des demi-cellules, le potentiel produit est la somme des différents potentiels. Les transferts de charges déterminant le potentiel surviennent toujours aux limites de phase, par exemple entre la solution et la surface de l'électrode.

### Électrode de pH

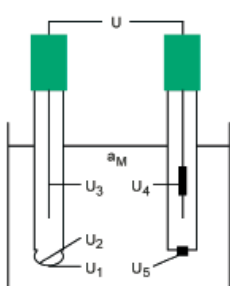


Figure 1 : Diagramme schématisé d'une électrode pH

### Électrode de mesure, électrode en verre (gauche)

$U_1$  = Potentiel galvanique entre la solution de mesure et la membrane de verre

$U_2$  = Potentiel galvanique entre la membrane de verre et l'électrolyte interne

$U_3$  = Potentiel galvanique entre l'électrolyte interne et la membrane de référence interne

### Électrode de référence, argent / chlorure d'argent (droite)

$U_4$  = Potentiel galvanique de l'électrode de référence

$U_5$  = Potentiel du diaphragme (potentiel de diffusion)

$a_M$  = Activité de l'ion mesuré dans la solution d'échantillon

Une électrode avec une fabrication adaptée peut permettre de conserver des potentiels  $U_2$ ,  $U_3$  et  $U_4$  constants. Des procédés de fabrication et un électrolyte de référence adapté garantissent un  $U_5$  aussi constant que possible. Idéalement, le potentiel mesuré doit dépendre uniquement du potentiel entre la membrane de verre et la solution. Pour des raisons pratiques, les demi-cellules de l'électrode de mesure et l'électrode de référence sont normalement contenues dans une seule électrode alors appelée électrode pH combinée.

### Électrode Rédox

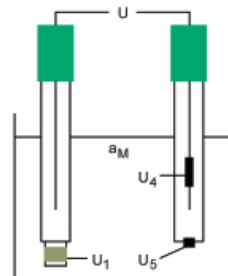


Figure 2 : Diagramme schématisé d'une électrode Rédox

### Électrode de mesure, électrode en métal (gauche)

$U_1$  = Potentiel Rédox entre la solution de mesure et la membrane de verre

### Électrode de référence, argent / chlorure d'argent (droite)

$U_4$  = Potentiel galvanique de l'électrode de référence

$U_5$  = Potentiel du diaphragme (potentiel de diffusion)

$a_M$  = Activité de l'ion mesuré dans la solution d'échantillon

Pour les électrodes métalliques, le potentiel résultant des tensions  $U_2$  et  $U_3$  des électrodes pH n'existent pas. En fonction des besoins, il est possible d'utiliser une électrode en verre pH comme électrode de référence plutôt qu'une électrode de référence en argent / chlorure d'argent. Dans les électrodes Rédox combinées et les Titrodes de Metrohm, les demi-cellules sont assemblées pour ne former qu'une seule électrode

## 1.2. Du potentiel mesuré à la concentration en ions

Chaque ion étant entouré par des ions de charge opposée, il n'est, pour faire simple, plus aussi disponible que lorsqu'il était libre (cf. loi de Debye-Hückel). Cela affecte à la fois la réactivité et la valeur des potentiels à l'électrode de mesure. L'activité de l'ion de mesure  $a_M$ , également utilisé dans l'équation de Nernst, est liée à la concentration analytique  $c_M$  via le coefficient d'activité  $\gamma$  :

$$a_M = \gamma * c_M$$

(1)

Pour des solutions diluées dont la concentration est de l'ordre de  $c_M \leq 0,001$  mol/L, le coefficient d'activité  $\gamma$  tend vers 1 et l'activité des ions correspond lors d'une première approche, à sa concentration.  $\gamma$  est fonction de la force ionique de la solution mesurée.

La relation mathématique entre l'activité  $a_M$  de l'ion à mesurer dans la solution et le potentiel mesuré entre l'électrode de référence et l'électrode de mesure est décrite par l'équation de Nernst. Cela s'applique uniquement dans le cas (idéal) où une électrode répond uniquement à un seul type d'ions. Les potentiels  $U_2$  à  $U_5$  pour les électrodes pH et  $U_4$  et  $U_5$  pour les électrodes rédox, qui sont normalement constants, apparaissent comme potentiel  $U_0$  dans l'équation de Nernst.

$$U = U_0 + \frac{2,303 * R * T}{z * F} * \log a_M$$

(équation de Nernst) (2)

- U = potentiel mesuré
- $U_0$  = potentiel standard de l'électrode dépendant de la température
- R = constante des gaz parfaits  $8,315 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- T = température en Kelvin
- z = charge ionique incluant le signe
- F = constante de Faraday  $96485,3 \text{ C mol}^{-1}$

Dans l'équation de Nernst, le terme devant le logarithme est appelé potentiel de Nernst  $U_N$  (également appelée pente de Nernst).

$$U_N = \frac{2,303 * R * T}{z * F}$$

(potentiel de Nernst) (3)

Sa valeur est de  $0,059 \text{ V}$  ( $T = 298,15 \text{ K}$  et  $z = + 1$ ). Elle représente, sous forme de facteur dans l'équation de Nernst, la pente théorique de l'électrode.  $U_N$  correspond exactement à la variation du potentiel provoquée par une variation de l'activité  $a_M$  d'une puissance de dix. On remarque ainsi grâce à cette formule que la pente des électrodes réagissant aux ions bivalents ( $z = 2$ ) ne s'élève qu'à la moitié de celle des électrodes réagissant aux ions monovalents ( $z = 1$ ). De plus, le signe des électrodes de mesure sensibles aux cations et aux anions est différent, car z prend également en considération la charge de l'ion. Le potentiel de Nernst dépend directement de la

température (voir équation 3). La température doit donc, pour toutes les mesures de potentiométrie directe, être absolument prise en compte, sinon les résultats obtenus ne sont pas corrects.

#### Valeur du pH

Dans la pratique, et plus particulièrement lors de mesures d'équilibre acide-base, on utilise souvent, à la place de l'activité  $a_M$  de l'ion à mesurer, l'expression valeur du pH, introduite déjà en 1909 par Sørensen :

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

(définition de la valeur pH) (4)

Par définition, le pH est le logarithme décimal négatif de l'activité des ions d'hydrogène en solution. L'expression « p » est souvent utilisée pour simplifier des valeurs de mesure très grandes ou très petites. De façon analogue, on peut utiliser  $\text{pNa}^+$  pour l'activité de l'ion de sodium,  $\text{pK}_A$  ou  $\text{pK}_B$  pour les constantes d'acidité ou de basicité, respectivement. C'est toujours le logarithme décimal négatif de la valeur considérée, qui est présenté de cette manière. En introduisant cette définition dans l'équation de Nernst, on obtient pour le potentiel mesuré U la formule suivante :

$$U = U_0 - \frac{2,303 * R * T}{z * F} * \text{pH}$$

(valeur pH et potentiel) (5)

#### Potentiels Rédox (électrodes de métal)

De façon analogue à l'équation de Nernst (équation 2), on obtient pour le potentiel en fonction de l'activité la formule suivante :

$$U = U_0 + \frac{2,303 * R * T}{z * F} * \log \frac{a_{\text{ox}} * a_{\text{H}^+}}{a_{\text{red}}}$$

(6)

L'équation 6 permet, la plupart du temps, de calculer le potentiel produit par un couple rédox à l'électrode de mesure. Des protons étant généralement impliqués dans la plupart des réactions rédox, le potentiel mesuré dépend du pH. Dans le cas où des réactions protoniques ne peuvent être exclues, le pH doit être déterminé simultanément ou maintenu à une valeur fixe.

### 1.3. Électrodes de mesure

#### 1.3.1. Électrode pH en verre

##### Comment fonctionne une électrode pH en verre ?

La membrane d'une électrode pH en verre se compose d'une structure basique de silicate qui contient des ions de lithium. Si une surface en verre est immergée dans une solution aqueuse, une mince couche de gel se forme à la surface, dans lequel la structure du verre est ramollie. Cela vaut pour l'intérieur aussi bien que pour l'extérieur de la membrane en verre. Puisque la concentration des protons dans le tampon intérieur de l'électrode est constante ( $\text{pH} = 7$ ), un état stationnaire s'ajuste à l'intérieur de la membrane. En revanche, si la concentration des protons change dans la solution de mesure, un échange d'ions s'effectue dans la couche de gel extérieure et provoque une modification du potentiel de la membrane en verre. Ce n'est que quand cet échange d'ions a atteint un état stationnaire que le potentiel de l'électrode en verre devient lui aussi constant. Le temps de réponse d'une électrode pH en verre dépend donc toujours aussi de l'épaisseur de la couche de gel. Étant constamment en contact avec des solutions aqueuses, la couche de gel grandit continuellement, bien que très lentement, ce qui entraîne

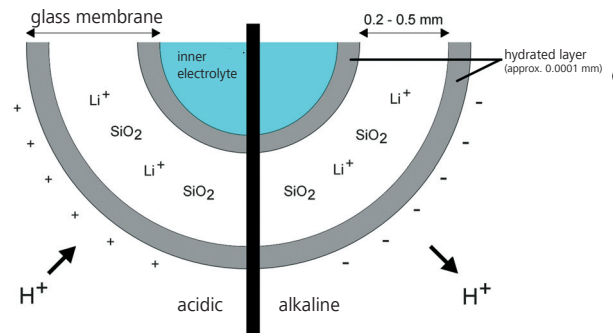


Figure 3 : La structure en silicate de la membrane de verre contient notamment des ions lithium. Pendant la formation de la couche de gel à la surface du verre, ceux-ci sont partiellement remplacés par des protons. Si la concentration de protons dans la solution change, alors les nouvelles conditions de conservation doivent à nouveau être obtenues dans la couche de gel. Cela occasionne une modification du potentiel de la membrane de verre.

de plus longs temps de réponse. Pour obtenir des résultats aussi reproductibles que possible, un conditionnement de l'électrode dans un électrolyte approprié est absolument nécessaire afin de garantir un état initial stationnaire de la couche de gel.

Tableau 1 : Aperçu des différents verres pour membranes d'électrode utilisés par Metrohm Ltd

Application	Verre U (vert)	Verre T (bleu)	Verre M (incolore)	Verre Aquatrode (jaune)	Verre E (jaune)
Gamme de pH	0 à 14	0 à 14	0 à 14	0 à 13	0 à 13
Gamme de température continue à court terme	0 à 80 °C 0 à 100 °C	0 à 80 °C	0 à 60 °C	0 à 80 °C	0 à 80 °C
Surface de la membrane	Électrodes avec large surface de membrane	Électrodes avec surface de membrane moyenne à large (mini-électrodes)	Électrodes avec petite surface de membrane (microélectrodes)	Larges surfaces	Électrodes avec surface de membrane moyenne à large
Caractéristiques spécifiques	Pour les solutions fortement alcalines, les mesures à long terme et les mesures à haute température	Mesures dans des solutions d'échantillons non aqueuses	Mesures dans des échantillons de petit volume	Réponse très rapide, particulièrement adapté aux mesures dans des solutions faiblement tamponnées ou déficientes en ions	Réponse rapide, excellente stabilité en usage continu
Résistance de la membrane ( $M\Omega$ ) Avec membrane de référence ou sphère, diamètre 10,5 mm	<500	<150	<120	<250	<250

### Pourquoi y a-t-il des types de verre différents pour les électrodes pH ?

Les exigences à satisfaire par une électrode pH en verre dépendent de l'application envisagée. Des caractéristiques différentes doivent être prises en considération pour pouvoir mettre à disposition une électrode optimale pour chaque solution d'échantillon : temps de réponse, résistance aux chocs thermiques, stabilité chimique, forme, dimensions et propriétés électriques. Afin de satisfaire à ces exigences variées, différents verres aux propriétés spécifiques sont disponibles (cf. tableau 1).

### Pourquoi faut-il calibrer une électrode pH en verre ?

Le potentiel d'une électrode de mesure peut seulement être donné par rapport à une électrode de référence. Pour rendre les systèmes comparables, on définit le point zéro de l'électrode à 0 mV pour  $\text{pH} = 7$  et 298,15 K (25 °C). La pente de l'électrode, c'est-à-dire la variation de la valeur de mesure en fonction du pH, est donnée par l'équation de Nernst et est, à 25 °C, de 0,059 V par  $\Delta\text{pH} = 1$ . Ceci correspond à l'état idéal duquel les électrodes Metrosensor ne dévient que de façon minimale. Le point zéro de l'électrode est à environ  $\pm 0,015$  V. Le point zéro et la pente de l'électrode peuvent varier lorsque la membrane de l'électrode vieillit ou lorsque le diaphragme est souillé (potentiel de diaphragme). C'est la raison pour laquelle le pH-mètre doit être adapté aux caractéristiques de l'électrode par un calibrage à intervalles réguliers, en utilisant des tampons.

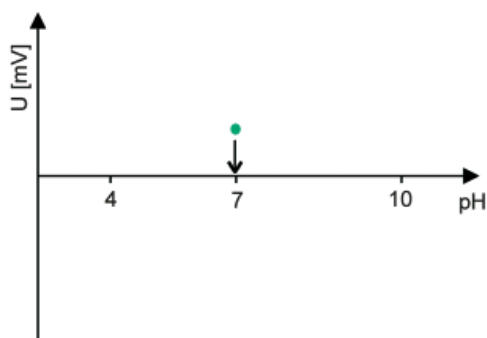


Figure 4 : Au cours de la première étape d'étalonnage avec un tampon  $\text{pH} = 7$ , la variation par rapport au point zéro de l'électrode (= potentiel d'asymétrie) est déterminée et corrigée.

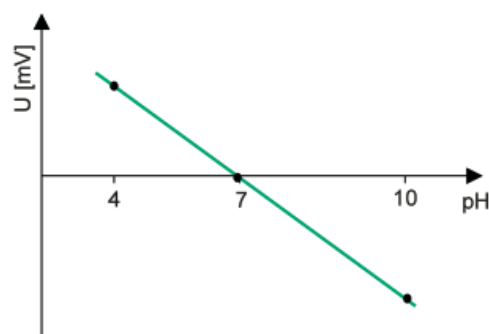


Figure 5 : Au cours de la seconde étape d'étalonnage avec une autre solution tampon, la pente est déterminée et exprimée en pourcentage de la valeur théorique de 0,059 V (à 25 °C).

Le point zéro de l'électrode est tout d'abord ajusté ( $\text{pH} = 7$  correspond à 0 mV pour les électrodes pH Metrosensor). La pente de l'électrode est déterminée en utilisant un second ou plusieurs autres tampons. La pente est exprimée en pourcentage de la valeur théorique (100 % = 0,059 V par  $\Delta\text{pH} = 1$  à 25 °C). Pour réduire au minimum les erreurs de mesure, les valeurs de mesure attendues devraient se situer dans la gamme de pH couverte par les tampons. Les pH-mètres et ionomètres modernes, tels que le pH-mètre 780 et les pH-/ionomètre 781 et 913 pH-mètre et pH-mètre/conductimètre 914, ne requièrent plus aucune entrée manuelle. Les différents tampons sont reconnus automatiquement et leur ordre de passage est sans importance.

Le calibrage comporte toujours un contrôle de l'électrode de mesure. Les tampons de calibrage ont une concentration d'acide ou de base moyenne et leur force ionique est de l'ordre des solutions de mesure courantes. Les températures de calibrage et de mesure doivent être connues préalablement, car la pente d'électrode est fonction de la température. Des indications sur l'état de l'électrode sont obtenues à travers la pente de l'électrode, son point zéro, le temps de réponse du signal et aussi, la dépendance du potentiel mesuré en fonction de l'intensité de l'agitation. Avec les appareils Metrohm pH-/ionomètre 781 et pH-mètre 780 et les Titrande (en liaison avec PC Control ou Touch Control), un test automatique des électrodes peut être exécuté donnant un rapport précis sur l'état de l'électrode, qui souvent permet de localiser la source d'une erreur.

### Valeur pH et température – un couple inséparable !

La température influe considérablement sur la valeur pH et sur la mesure du pH. Lorsqu'une électrode est calibrée à 25 °C, elle devrait donner des résultats corrects sur toute la gamme de pH et mesurer de façon linéaire. Toutefois, lorsqu'une électrode est amenée à une autre température, la pente de l'électrode varie conformément à l'équation de Nernst et le point zéro de l'électrode, lui aussi, peut changer. Le point auquel les deux droites de calibrage à différentes températures (sans correction) se coupent s'appelle point d'intersection des isothermes. Grâce au tampon interne optimisé et au système de référence LL « Long Life », il est possible de faire des mesures très précises à des températures différentes. Ce qui veut dire que le calibrage a lieu à une température, mais que les mesures peuvent ensuite être prises sur toute la gamme de température. Les électrodes MetroSensor dévient dans leurs comportements réels de  $\pm 15$  mV maximum de leurs comportements idéaux. Il est cependant toujours vrai que l'exactitude de la mesure est augmentée lorsque l'électrode est calibrée à la température où les mesures auront lieu ultérieurement. Pour  $T = 298,16$  K et  $z = 1$ , le potentiel de Nernst est de  $U_N = 59,16$  mV. Pour les autres températures, il peut être corrigé dans l'équation de Nernst à l'aide du tableau 2. Les pH-mètres actuels effectuent cette correction automatiquement lorsqu'un capteur de température est connecté. Dans le cadre des BPL/ISO, la mesure et l'archivage de la température sont généralement nécessaires pour toutes les mesures.

Il faut toutefois considérer que le pH-mètre peut seulement corriger les changements dus à la température de la chaîne de mesure, mais jamais ceux de la solution de mesure. Pour effectuer des mesures pH correctes, il est indispensable de mesurer la valeur pH à la température à laquelle l'échantillon a été prélevé. Ainsi, une solution de soude caustique à 0,001 mmol/L possède une valeur pH = 11,94 à 0 °C, de pH = 10,26 à 50 °C et de pH = 11,00 à 25 °C seulement. Ces modifications du pH surviennent du fait que le produit ionique de l'eau varie avec la température.

Dans certaines électrodes traditionnelles, le capteur de température ne se situe pas à proximité de la membrane, c'est-à-dire à la base de l'électrode. Cela signifie qu'il ne mesure pas correctement la température de la solution et que la compensation du pH est erronée, puisque la

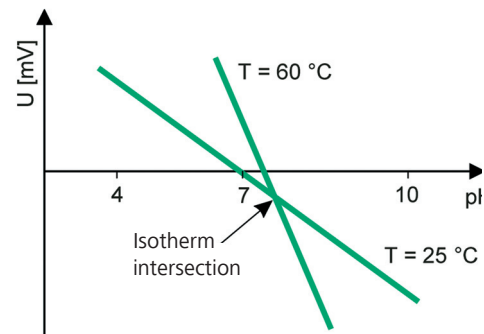


Figure 6 : Point d'intersection des isothermes

température et la valeur pH ne sont pas mesurées au même endroit. Pour ce qui est des électrodes actuelles, le capteur de température doit être situé à l'intérieur de l'électrode, tout près de la membrane de verre. C'est la seule manière de garantir une mesure pH précise. Si le capteur est placé hors de la membrane, on est confronté aux problèmes de nettoyage de l'électrode.

Tableau 2 : Dépendance du potentiel Nernst  $U_N$  vis-à-vis de la température

Température T (°C)	Pente $U_N$ (mV)	Température T (°C)	Pente $U_N$ (mV)
0	54,20	50	64,12
5	55,19	55	65,11
10	56,18	60	66,10
15	57,17	65	67,09
20	58,16	70	68,08
25	59,16	75	69,07
30	60,15	80	70,07
35	61,14	85	71,06
37	61,54	90	72,05
40	62,13	95	73,04
45	63,12	100	74,03

### Comment stocker une électrode pH en verre ?

Le gonflement de la surface en verre est indispensable pour l'utilisation du verre comme membrane d'électrodes pH en verre. Sans cette couche de gel, aucune mesure de pH ne serait possible. Les verres destinés aux électrodes pH en verre sont optimisés de façon à ce que seuls les protons puissent pénétrer dans la membrane en verre. Toutefois, en raison du gonflement très lent mais régulier du verre, il est inévitable que d'autres ions pénètrent également dans le verre, comme les ions sodium et potassium. À hautes concentrations, cela provoque ce que l'on appelle l'erreur alcaline de l'électrode en verre. Cela signifie qu'à des concentrations de protons

comparativement faibles, la valeur de mesure est faussée. Une conservation longue de l'électrode en verre dans une solution forte de potassium ou de sodium peut allonger les temps de réponse de la membrane de verre puisque les protons doivent expulser les « ions ajoutés » de la couche de gel.

L'un des électrolytes les plus utilisés pour la mesure de pH est  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ , car le KCl équitransférant n'engendre qu'un très faible potentiel de diffusion au niveau du diaphragme et est également économique. Habituellement, les électrodes pH en verre ne sont conservées dans du  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/l}$  que parce que l'on souhaite les avoir immédiatement à disposition, sans avoir à préparer le diaphragme. Toutefois, sur le long terme, la conservation dans du KCl affecte le verre puisqu'elle entraîne des temps de réponse de plus en plus longs. Le stockage dans de l'eau distillée serait optimal pour le verre de la membrane, mais le diaphragme devrait ensuite être préparé pendant plusieurs heures. La solution de conservation brevetée pour les électrodes pH en verre combinées (6.2323.000) résout précisément ce problème. Si une électrode pH en

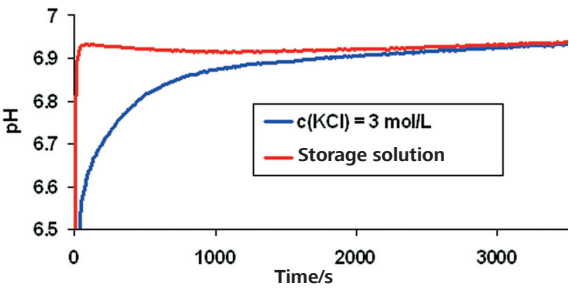


Figure 8 : Mesure du pH dans  $c(\text{NaHCO}_3) = 0,05 \text{ mmol/L}$ . Un verre d'Aquatrode conservé dans une solution de conservation montre un temps de réponse nettement plus court qu'un verre d'électrode du même type au cours de la même période en KCl.

verre combinée est conservée dans cette solution, la membrane de verre reste inaltérée en ce qui concerne le temps de réponse et l'erreur alcaline. En outre, si l'on utilise  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$  comme électrolyte de référence, la composition optimisée de la solution de conservation garde l'électrode pH en verre prête à mesurer. Aucune préparation n'est nécessaire avant la mesure du pH, peu importe depuis combien de temps l'électrode a été conservée.

Tableau 3 : Conservation correcte des électrodes pH en verre

Électrode ou électrolytes de référence	Conservation
Électrode en verre pH séparée	Eau distillée
Électrode en verre pH combinée avec $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ , Porolyte	6.2323.000 Solution de conservation
Électrode en verre pH combinée avec autre électrolyte de référence (Idrolyte, non aqueux)	Dans l'électrolyte de référence respectif
Gel (électrode à aiguille), Gel Ecotrode	$c(\text{KCl}) = \text{sat.}$ 6.2308.000

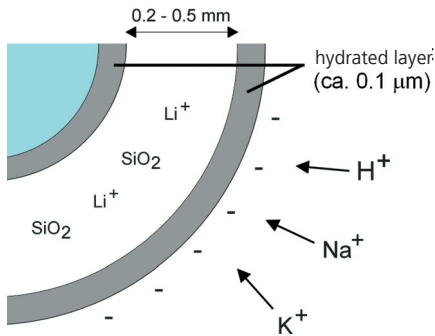


Figure 7 : Coupe transversale de la membrane en verre pH. Si plusieurs sortes de cations sont présents dans la solution de mesure, ils sont en compétition pour les espaces libres dans la couche de gel. Le potassium et le sodium notamment peuvent pénétrer dans la membrane de verre et allonger le temps de réponse.

**Résolution des problèmes**

La cause de la plupart des problèmes n'est pas l'électrode de mesure et sa membrane de verre, mais plutôt l'électrode de référence susceptible de présenter des problèmes bien plus graves au niveau de son diaphragme. Pour éviter des mesures incorrectes et augmenter la durée de vie, il convient de faire attention aux éventuelles sources d'erreur suivantes :

Tableau 4 : Possibles sources d'erreur et leurs solutions pour électrodes pH en verre

Source perturbatrice	Effets	Mesures correctives	Alternatives
Solutions contenant HF	Attaque et dissolution de la membrane de verre → potentiel de corrosion pendant la mesure / durée d'utilisation raccourcie		Utilisation de l'électrode Sb
Haute valeur pH et haute alcalinité	Erreur alcaline élevée → valeur pH mesurée trop basse		Utilisation d'électrodes avec verre U
Hautes températures	Augmentation rapide de la résistance de la membrane par vieillissement → effets de polarisation et dérive		Utilisation d'électrodes avec verre U
Mesures à basses températures	Résistance élevée de la membrane → effets de polarisation		Utilisation d'électrodes avec verre T et Idrolyte comme électrolyte de référence
Stockage à sec	Dérive du point zéro	Stockage dans l'eau pendant la nuit	Stockage dans une solution de conservation 6.2323.000 ou dans l'électrolyte de référence
Réaction d'un composant de la solution avec le verre	Temps de réponse long, dérive du point zéro, diminution de la pente d'électrode		Essayer d'autres verres d'électrodes
Milieux non aqueux	Sensibilité réduite	Stockage dans l'eau	Verre T, électrolyte non aqueux
Dépôts de solides sur la surface de la membrane	Temps de réponse long, dérive du point zéro, diminution de la pente d'électrode	Nettoyage avec solvants ou acides forts	
Charge électrostatique	Temps de réponse long	Ne pas tamponner l'électrode pour la sécher	Emplacement de l'instrument de mesure
Dépôts de protéines sur la surface de la membrane	Temps de réponse long, dérive du point zéro, diminution de la pente d'électrode	Rinçage avec 5 % de pepsine dans HCl à 0,1 mol/L	

Les sources possibles d'erreurs et les conseils d'entretien pour les problèmes de diaphragme sont données en section 1.4 pour les électrodes de référence.

### 1.3.2. Électrodes en métal

#### Comment fonctionne une électrode de métal ?

Les électrodes de métal disposent d'une surface polie. S'il y a dans la solution échantillon des ions de ce métal, un équilibre s'établit à la surface de métal en fonction de la concentration des ions métalliques (voir sous « Théorie de la double couche électrique » dans les livres traitant de l'électrochimie). Des ions métalliques sont acceptés par la surface de métal et dégagés vers la solution en même temps.



(7)

Cet équilibre dépendant de la concentration est caractérisé par un potentiel  $E^0$  (potentiel Galvani), l'équilibre  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$ , par exemple, donne lieu à un potentiel  $E^0 = 0,7999 \text{ V}$  (25 °C) à la surface d'argent. Même si aucun ion du métal correspondant n'est contenu dans la solution échantillon, des électrodes de métal peuvent former un potentiel Galvani s'il se produit une réaction rédox dans la solution échantillon.



(8)

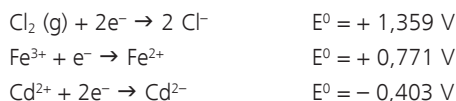
La surface de l'électrode est inerte par rapport à la réaction rédox. La surface métallique ne dégage pas d'ions, elle sert seulement comme catalyseur aux électrons. Comme elles sont pratiquement inertes, les électrodes en or ou en platine sont utilisées pour les mesures rédox. Les électrodes en argent sont exclusivement utilisées en tant qu'électrodes indicatrices dans les titrages.

### Vérification de l'électrode de métal

Afin de contrôler rapidement une électrode de métal ou une électrode rédox, on utilise des tampons rédox (6.2306.020). Cependant, comme le tampon rédox produit un potentiel très stable à l'électrode, les contaminations de celle-ci ne sont souvent pas détectées. C'est la raison pour laquelle les solutions tampons rédox sont plus appropriées pour le contrôle de l'électrode de référence. Si le potentiel est décalé, cela signifie soit que l'électrode de métal est contaminée, soit que le tampon rédox est partiellement oxydé, soit que l'électrode de référence ne fonctionne plus correctement. Dans aucun cas, on ne doit adapter ou corriger la valeur affichée à la valeur attendue.

Dans le cas de mesures dans des solutions rédox légèrement tamponnées, c'est-à-dire à potentiel instable, il est recommandé de traiter l'électrode de métal préalablement, afin d'adapter le plus possible les propriétés de la surface aux conditions de mesure (traitement abrasif : nettoyer l'électrode prudemment avec une pâte abrasive). L'électrode de référence peut être contrôlée soit par rapport à une deuxième électrode de référence, elle-même contrôlée préalablement, dans des tampons 4 et 7 (temps de réponse et potentiel de référence), soit avec l'aide d'un tampon rédox.

Dans la littérature, on trouve les potentiels standard  $E^0$  suivants :



Le point zéro de ces systèmes est défini arbitrairement par rapport à l'électrode normale à hydrogène (ENH), dont le potentiel standard a été défini à 0 mV. Lorsque des électrons sont donnés par un système rédox à l'ENH, celle-ci est réduite et le couple rédox reçoit un signe négatif. Lorsque des électrons sont acceptés, l'ENH est oxydée ; il en résulte un potentiel rédox de signe positif. L'électrode normale à hydrogène est difficile à employer. Les spécifications de cette dernière demandent l'utilisation d'un fil de platine platinisé sous atmosphère de gaz hydrogène à une pression partielle d'hydrogène de 1,0 bar. L'activité des ions hydrogène dans la solution dans laquelle le fil de platine sous atmosphère de gaz est plongé doit être exactement de 1,00 mol/L. L'alternative la plus courante est l'électrode de référence Ag/AgCl/KCl, qui a les propriétés suivantes :  $E^0 = +207,6$  mV pour  $c(\text{KCl}) = 3$  mol/L et  $T = 25$  °C. Pour contrôler les électrodes de métal séparées et combinées, on peut utiliser l'étalon rédox Metrohm (6.2306.020). Les électrodes en platine et en or livrent un potentiel de  $+250 \pm 5$  mV avec l'électrode de référence Ag/AgCl/KCl, ( $c(\text{KCl}) = 3$  mol/L et  $T = 20$  °C).

Tableau 5 : Données de mesure pour standard rédox 6.2306.020 en fonction de la température

Temp. (°C)	10	20	25	30	40	50	60	70
mV $\pm 5$	+ 265	<b>+ 250</b>	+ 243	+ 236	+ 221	+ 207	+ 183	+ 178
pH $\pm 0,05$	7,06	<b>7,02</b>	7,00	6,99	6,98	6,97	6,97	6,98

Dans le cas où l'électrode de référence Ag/AgCl/KCl,  $c(\text{KCl}) = 3$  mol/L est remplacée par l'électrode de référence Ag/AgCl/KCl,  $c(\text{KCl}) = \text{sat.}$ , il faut corriger les valeurs de +10 mV à 25 °C. Dans le cas de mesure avec l'électrode de référence au calomel Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/KCl, qui ne se trouve plus au catalogue Metrohm pour des raisons de toxicité et de protection de l'environnement, il faut corriger les valeurs de -37 mV.

Le contrôle des Titrodes doit se faire à l'aide d'un titrage standard, car il n'existe ni solution de calibrage, ni tampon adéquat. On peut, par exemple, titrer l'étalon ionique certifié  $c(\text{NaCl}) = 0,1000$  mol/L (6.2301.010) avec une solution mère de nitrate d'argent de concentration connue. On peut effectuer des tests de contrôle des électrodes métalliques comme préconisé dans le bulletin d'application (AB) 48 de Metrohm.

## Résolution des problèmes

Tableau 6 : Perturbations lors de mesures avec des électrodes de métal

Électrode	Source perturbatrice	Effets	Nettoyage	Alternatives
Ag	Poisons d'électrode tels que $S^{2-}$ , $I^-$ , $Br^-$	Passivation de la couche d'Ag → temps de réponse long	Nettoyage à l'aide d'un produit abrasif	
Pt/Au	Graisses ou huiles	Couche isolante → temps de réponse long, potentiel faussé	Nettoyage avec solvant	
	Solutions rédox peu tamponnées	Ions adsorbés à la surface (p.ex. oxydes) → temps de réponse long	Prétraitement abrasif, oxydatif (pour solutions oxydantes) ou réducteur (pour solutions réductrices)	Utilisation de Au ou Pt
	Détermination DCO	Désactivation du Pt		Utilisation de Au

### 1.3.3. Électrodes ioniques spécifiques

#### Comment fonctionne une électrode ionique spécifique ?

L'électrode ionique spécifique (EIS) peut détecter un ion dans un mélange d'ions dans une solution. Il y a différents types d'électrodes ioniques spécifiques dont les plus connus sont :

- Membrane en verre : Structure basique en verre de silicate avec interstices pour  $H^+$  et  $Na^+$
- Membrane cristalline : Structure cristalline contenant des espaces définis pour l'ion à mesurer
- Membrane polymère : Membrane polymère contenant une molécule (= ionophore) qui ne forme de liaison qu'avec l'ion à mesurer

Contrairement à des électrodes de métal, une EIS ne mesure pas de potentiel rédox. Si l'ion à mesurer est contenu dans l'échantillon, celui-ci peut pénétrer dans la membrane. Cela modifie les caractéristiques électrochimiques de la membrane, ce qui provoque une modification du potentiel. Il est très rare d'atteindre une sélectivité de cent pour cent. La plupart des électrodes ioniques spécifiques ne montrent qu'une sensibilité accrue pour un type d'ions particulier, mais réagissent aussi avec des ions ayant des propriétés chimiques semblables ou une structure similaire (voir tableau 7). Pour cette raison, il est indispensable de prendre en considération la sensibilité croisée à d'autres ions qui peuvent être dans la solution échantil-

lon, lors du choix d'une EIS. Un des exemples les plus connus de sensibilité croisée est l'erreur alcaline des électrodes pH en verre. Avec certains types de verre, la gamme linéaire ne comprend pas l'échelle entière de 0 jusqu'à 14 : à des valeurs pH élevées, on observe une déviation de la linéarité. Avec de très faibles concentrations  $H^+$ , des ions alcalins existants dans la solution (éventuellement provenant du verre du récipient) peuvent fausser la mesure. Malheureusement, seulement peu d'électrodes ioniques spécifiques ont une gamme linéaire aussi étendue que les électrodes pH en verre. Généralement, l'utilisation d'une EIS est limitée de 6 à 8 décades de concentration. Si on effectue une mesure aux limites de la gamme de linéarité d'une EIS, il faut compléter l'équation Nernst par la contribution de l'ion perturbateur respectif (voir équation (5), section 1.2) pour évaluer le potentiel mesuré :

$$U = U_0 + \frac{2,303 * R * T}{z * F} * \log (a_M + K_S * a_S)$$

(équation de Nikolski) (9)

$K_S$  est le coefficient de sélectivité de l'électrode ionique spécifique pour l'ion perturbateur S. Ce facteur décrit l'influence de l'ion perturbateur par rapport à l'ion à mesurer. Ces coefficients de sélectivité sont connus pour les ions perturbateurs les plus importants d'une électrode EIS particulière. Il est ainsi facile d'estimer si un ion perturbateur contenu dans l'échantillon influence le résultat de la mesure.

**Mesure directe ou ajouts dosés ?**

Souvent se pose la question « Quelle détermination est la mieux appropriée pour un échantillon donné ? ». En principe, il existe trois procédures différentes pour mesurer un ion avec une électrode ionique spécifique.

**Mesures directes**

La mesure directe est surtout avantageuse pour un nombre d'échantillon élevé ou avec une composition de l'échantillon connue et simple. L'électrode ionique spécifique est calibrée avant la mesure propre avec des étalons ioniques de l'ion à mesurer ; la procédure est analogue à celle pour les électrodes pH en verre et peut être utilisée ensuite pour plusieurs déterminations dans une série.

**Addition d'étalons**

L'addition d'étalons ou ajouts dosés est recommandée si une détermination ne se fait qu'occasionnellement ou si la composition de l'échantillon est inconnue. En plusieurs étapes, des volumes définis de l'étalon ionique de l'ion à mesurer sont ajoutés à l'échantillon. La concentration dans la solution initiale est alors calculée en utilisant le potentiel de départ et les potentiels mesurés après chaque addition d'étalon. L'avantage de l'addition d'étalons est que l'électrode ionique spécifique est calibrée directement dans l'échantillon, ce qui élimine les effets de matrice.

**Addition d'échantillons**

Cette technique est similaire à l'addition d'étalons sauf qu'on ajoute des volumes définis de l'échantillon à une quantité déterminée d'un étalon ionique.

Les pH-mètres et ionomètres actuels tels que le 781 de Metrohm effectuent automatiquement ces méthodes d'addition. À la pression d'une seule touche, l'addition d'échantillon ou d'étalons est automatiquement contrôlée à partir du ionomètre, puis évaluée selon l'équation de Nicolsky.

**ISA and TISAB » quand et pourquoi ?**

Le coefficient d'activité d'un ion (voir section 1.2.) est une fonction de la force ionique. Pour cette raison, il est indispensable d'effectuer des mesures ioniques spécifiques dans des solutions ayant une force ionique similaire. Pour atteindre cela, il faut ajouter à l'échantillon des solutions ISA (Ionic Strength Adjustor) ou TISAB (Total Ionic Strength Adjustment Buffer) (voir tableau 7). Il s'agit là de solutions chimiquement inertes dont la force ionique est si élevée que celle de l'échantillon peut être négligée après leur addition.

Tableau 7 : Ions perturbateurs et solutions ISA ou TISAB recommandées pour les électrodes ioniques spécifiques

Ion	Matériau de la membrane	Gamme de pH <sup>1</sup>	ISA ou TISAB <sup>2</sup>	Principaux ions perturbateurs <sup>3</sup>	Remarques
Ag <sup>+</sup>	Cristal	2 à 8	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	Hg <sup>2+</sup> , protéine	1) La gamme de pH donnée est uniquement valable pour les électrodes ioniques spécifiques Metrohm 2) Des solutions alternatives ou les compositions détaillées se trouvent dans le Mode d'emploi pour électrodes ioniques spécifiques (EIS), numéro de commande 8.109.8042 3) Vous trouverez des informations plus détaillées concernant les ions perturbateurs ou d'autres interférences dans le Mode d'emploi pour électrodes ioniques spécifiques (EIS), numéro de commande 8.109.8042
Br <sup>-</sup>	Cristal	0 à 14	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	Hg <sup>2+</sup> , Cl <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> , CN <sup>-</sup>	
Ca <sup>2+</sup>	Polymère	2 à 12	c(KCl) = 1 mol/L	Pb <sup>2+</sup> , Fe <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	
Cl <sup>-</sup>	Cristal	0 à 14	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	Hg <sup>2+</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> , S <sup>2-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , CN <sup>-</sup>	
CN <sup>-</sup>	Cristal	10 à 14	c(NaOH) = 0,1 mol/L	Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup> ,	
Cu <sup>2+</sup>	Cristal	2 à 12	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	Ag <sup>+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , S <sup>2-</sup>	
F <sup>-</sup>	Cristal	5 à 7	NaCl/HAC/CDTA	OH <sup>-</sup>	
I <sup>-</sup>	Cristal	0 à 14	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	Hg <sup>2+</sup> , S <sup>2-</sup> , S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ,	
K <sup>+</sup>	Polymère	2,5 à 11	c(NaCl) = 0,1 à 1 mol/L	TRIS <sup>+</sup> , NH <sup>4+</sup> , Cs <sup>+</sup> , H <sup>+</sup>	
Na <sup>+</sup>	Polymère	3 à 12	c(CaCl <sub>2</sub> ) = 1 mol/L	SCN <sup>-</sup> , K <sup>+</sup> , ions lipophiles	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Membrane de gaz	11	-	-	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Polymère	2,5 à 11	c((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) = 1 mol/L	Cl <sup>-</sup> , Br <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , OAC <sup>-</sup>	
Pb <sup>2+</sup>	Cristal	4 à 7	c(NaClO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O) = 1 mol/L	Ag <sup>+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup>	
S <sup>2-</sup>	Cristal	2 à 12	c(NaOH) = 2 mol/L	Hg <sup>2+</sup> , protéine	

## Résolution des problèmes

Tableau 8 : Possibles sources d'interférence et remèdes pour électrodes ioniques spécifiques

Électrode	Source perturbatrice	Effets	Mesures correctives
Électrode ionique spécifique à membrane cristalline	Processus de dissolution, processus d'oxydation	Surface rugueuse → temps de réponse long, limite de détection réduite	Polir avec un tissu de polissage
	Poisons d'électrode	Formation de sels sur la surface de l'électrode plus difficilement solubles que ceux formés avec l'ion à mesurer → décalage du point zéro, gamme de linéarité réduite	Polir avec un tissu de polissage, masquer l'ion perturbateur
Électrode ionique spécifique à membrane polymère	Processus de dissolution	Diffusion dans la membrane ou dissolution de composés de la membrane	Élimination des composés perturbateurs
NH <sub>3</sub> -Sensor	Bases volatiles (amines)	L'électrolyte est contaminé → décalage de la droite de calibrage, linéarité limitée	Changer l'électrolyte
	Tensio-actifs	Membrane mouillée → temps de réponse long	Remplacer la membrane

### 1.4. Électrodes de référence

Les électrodes de référence sont normalement des électrodes de 2<sup>e</sup> type. Dans ce type d'électrode, l'électrode de métal se trouve en contact avec un sel difficilement soluble de ce métal. Le potentiel dépend seulement de la solubilité du sel. Dans une première approche, les électrodes de 2<sup>e</sup> type ne réagissent pas avec la solution et livrent par conséquent un potentiel constant.

L'électrode de référence la plus courante est l'électrode de référence argent / chlorure d'argent (Ag/AgCl/KCl). L'électrode au calomel (Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/KCl) n'est presque plus utilisée, car la toxicité du mercure et de ses sels est très élevée ; toutes les applications peuvent être réalisées avec l'électrode de référence argent / chlorure d'argent. L'électrode normale à hydrogène ENH est, elle aussi, une électrode de 2<sup>e</sup> type. Certains titrages offrent la possibilité

d'utiliser les électrodes pH en verre en tant qu'électrodes de référence. Même dans les cas où des protons sont transférés pendant le titrage, il est généralement possible d'effectuer une détermination précise du point final.

#### 1.4.1. Électrode de référence argent / chlorure d'argent

L'élément de référence de l'électrode de référence argent / chlorure d'argent est le système argent / chlorure d'argent / chlorure de potassium : Ag/AgCl/KCl. L'électrode de référence est remplie la plupart du temps de c(KCl) = 3 mol/L ou de KCl saturé. Les potentiels de l'électrode de référence, en fonction de l'électrolyte de référence et de la température, sont donnés dans les tableaux 9 et 10. Ces valeurs ont toutes été mesurées contre l'électrode normale à hydrogène sous des conditions isothermes.

Tableau 9 : Potentiel standard rédox de l'électrode de référence argent / chlorure d'argent en fonction de la température et de la concentration

Temp. (°C)	0	+10	+20	+25	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+95
E <sup>0</sup> (mV) avec c(KCl) = 3 mol/L	+224,2	+217,4	+210,5	+207,0	+203,4	+196,1	+188,4	+180,3	+172,1	+163,1	+153,3	+148,1
E <sup>0</sup> (mV) avec c(KCl) = sat.	+220,5	+211,5	+201,9	+197,0	+191,9	+181,4	+170,7	+159,8	+148,8	+137,8	+126,9	+121,5

Tableau 10 : Potentiel standard rédox de l'électrode de référence argent / chlorure d'argent en fonction de la concentration

c(KCl) / mol/L (25 °C)	0,1	1,0	3,0	3,5	sat.
E <sup>0</sup> (mV)	+291,6	+236,3	+207,0	+203,7	+197,0

### 1.4.2. Le système de référence Metrosensor « Long Life »

Les électrodes sont, pour la plupart, équipées du système de référence argent / chlorure d'argent. Le produit de solubilité du chlorure d'argent dans l'eau est très faible ( $10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ ). Des complexes solubles de la série  $(\text{AgCl}_2)^-$ ,  $(\text{AgCl}_3)^{2-}$ ,  $(\text{AgCl}_4)^{3-}$  se forment dans l'électrolyte de référence, dont la concentration en chlorure est élevée. Cela signifie que le système de référence pose plusieurs problèmes. La concentration en chlorure est souvent plus faible à l'extérieur de l'électrode et le chlorure d'argent complexé précipite dans la zone du diaphragme (« jonction liquide »). Par conséquent, le chlorure d'argent précipité obstrue le diaphragme, les temps de réponse de l'électrode augmentent. Au bout d'un certain temps, l'électrode devient inutilisable. Un problème supplémentaire se pose parce que la solubilité de l'AgCl dépend de la température. Lorsque l'électrode est utilisée à une autre température, l'équilibre déterminant pour le potentiel de l'électrode de référence doit être ajusté. Plus la surface couverte d'AgCl solide est importante par rapport au volume de l'électrolyte, plus ce laps de temps est court. Le système de référence « Long Life » empêche l'électrolyte externe d'atteindre des concentrations de complexes d'AgCl trop importantes ; en effet, le réservoir de chlorure d'argent est relié à l'électrolyte externe par une barrière de diffusion très efficace. La concentration des complexes d'argent dans l'électrolyte de référence demeure faible. Même au bout d'une année, la concentration en chlorure d'argent atteint seulement 5 % de la valeur de saturation.

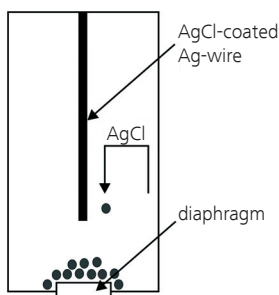


Figure 9 :  
Système de référence Ag/AgCl/KCl La concentration en chlorure en dehors de l'électrode est habituellement plus faible que dans la chambre à électrolyte. Le chlorure d'argent soluble rejette les précipités en dehors, dans la zone entourant le diaphragme, ce qui est susceptible de le bloquer.

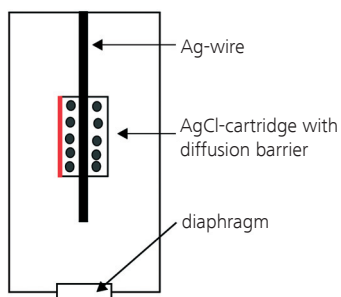


Figure 10 :  
Le système de référence Metrosensor « Long Life » L'AgCl dissous est retenu dans la cartouche AgCl et ne peut plus bloquer le diaphragme.

Aperçu des avantages du système de référence « Long Life » :

- grande durée de vie de l'électrode ;
- réponse rapide aux changements de pH ;
- réponse rapide aux changements de température ;
- moins sensible aux poisons d'électrode, par ex. :  $\text{S}^{2-}$ .

L'obstruction du diaphragme par de l'AgCl précipité affecte également le débit d'écoulement de l'électrolyte. En utilisant le système de référence « Long Life », l'écoulement de la solution de KCl à travers le diaphragme dans de l'eau déionisée ne diminue que faiblement.

Étant donné que dans le système de référence « Long Life », le chlorure d'argent est présent dans un faible volume de solution de chlorure de potassium, l'équilibre thermodynamique entre argent, chlorure d'argent (solide) et chlorure d'argent (dissous) s'établit très rapidement et le potentiel de l'électrode de référence se stabilise après un bref laps de temps.

### 1.4.3. Diaphragmes

Les erreurs de mesure, valeurs de mesure instables et temps de réponse très longs sont la plupart du temps provoqués par la « jonction liquide » entre la solution à mesurer et l'électrode de référence. Les potentiels de diffusion, d'écoulement et les potentiels de Donnan, souvent désignés par le terme général de potentiel de diaphragme, qui s'y forment sont d'origines différentes et peuvent fausser considérablement les valeurs de mesure. L'erreur de mesure peut prendre une proportion importante lorsque la mesure est effectuée :

- avec un diaphragme obstrué qui n'est plus perméable ;
- dans des solutions pauvres en ions avec un diaphragme inapproprié ;
- dans des solutions fortement acides ou alcalines avec des diaphragmes inappropriés ;
- dans des solutions colloïdales.

Dans tous ces cas, des erreurs inacceptables peuvent apparaître. Lors du choix de l'électrode et par conséquent du type optimal de diaphragme, les questions suivantes sont d'une extrême importance :

- L'électrolyte réagit-il avec la solution de mesure avec formation d'un précipité au diaphragme ?
- L'écoulement d'électrolyte change-t-il la composition de la solution de mesure de façon inacceptable ?
- Y a-t-il un risque que des composés de la solution de mesure se déposent sur le diaphragme ?
- La stabilité chimique est-elle assurée ?
- Des paramètres physiques tels qu'écoulement, pression ou température peuvent-ils conduire à des erreurs de mesure ?
- Le procédé permet-il un service/nettoyage de l'électrode à intervalles réguliers ?
- Un temps de réponse bref et/ou une reproductibilité élevés sont-ils requis ?

Grâce au bon choix de l'électrode, il est souvent possible de réduire nettement les frais de nettoyage et de service. La cause la plus fréquente des problèmes de mesure est la contamination du diaphragme. Aussi faut-il toujours, dans le cas d'électrodes pH, contrôler en premier le diaphragme, puis en deuxième la membrane. Si les méthodes existantes ne peuvent pas être utilisées pour déterminer si l'électrode indicatrice ou l'électrode de référence doit être nettoyée ou changée, il est alors préférable de traiter l'électrode de référence. Plusieurs types de diaphragme sont disponibles pour répondre aux différents besoins. Ces besoins ont déjà été pris en compte dans la rédaction des recommandations relatives aux électrodes dans les listes d'application pages 6 et 7.

### Diaphragmes en céramique

Les diaphragmes en céramique sont les plus utilisés. Ils se prêtent surtout aux échantillons de solution claires et aqueuses. En général, le diamètre de leurs pores peut atteindre jusqu'à 1 µm avec une longueur et un diamètre d'environ 1 mm. Il en résulte un débit maximum d'écoulement de l'électrolyte de 25 µL/h, selon l'état du diaphragme. Par conséquent, l'électrolyte de référence ne doit être rempli que rarement ; les électrodes dotées d'un diaphragme en céramique sont, de ce fait, particulièrement adaptées aux mesures de longue durée. Par ailleurs, en raison de leurs petits pores et de leur surface polaire

importante (>> 500 mm<sup>2</sup>), les diaphragmes en céramique ont tendance à s'obstruer et ne sont pas adaptés aux solutions contenant des précipités. L'introduction du système de référence « Long Life » a permis un progrès important en empêchant l'obstruction du diaphragme par du chlorure ou sulfure d'argent (voir la section « Le système de référence Metrosensor 'Long Life' »).

### Diaphragmes à rodage fixe ou séparé

Des électrodes dotées de ces diaphragmes sont utilisées en milieux pauvres en ions, entre autres, étant donné qu'ils produisent un signal uniforme ne dépendant que faiblement de l'écoulement. La surface du diaphragme étant importante, le risque d'obstruction par du chlorure d'argent ou des précipités formés dans la solution d'échantillon demeure faible. Les potentiels d'écoulement, qui peuvent se former lors de mesures en solutions agitées ou en circulation, demeurent négligeables. Ces qualités sont particulièrement importantes pour le titrage SET à une valeur de potentiel ou de pH définie. Un exemple : dans l'analyse de routine des eaux potables, une méthode souvent appliquée est la détermination de l'alcalinité de carbonate au moyen d'un titrage SET à pH 5,4 selon ISO 9963-2. Le titrage n'étant pas possible sans agitation, une valeur pH ou un potentiel de titrage initial incorrect mène inévitablement à un point final erroné. Les figures 11 et 12 vous indiquent la différence entre l'Aquatrode Plus (6.0253.100), développée spécialement pour cette application, et une électrode pH en verre traditionnelle avec diaphragme en céramique.

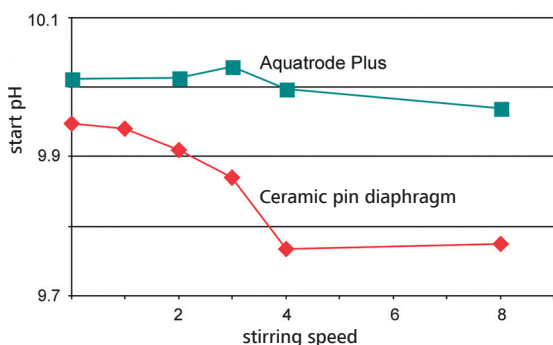


Figure 11 : pH d'une solution mesuré avec  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,14 \text{ mmol/L}$ . Même en cas de fortes agitations, l'Aquatrode Plus ne dévie que de 0,05 unité de pH (ce qui correspond à environ 3 mV) de la valeur sans agitation. Comparativement, l'électrode pH en verre avec diaphragme céramique dévie d'environ 0,2 unité de pH.

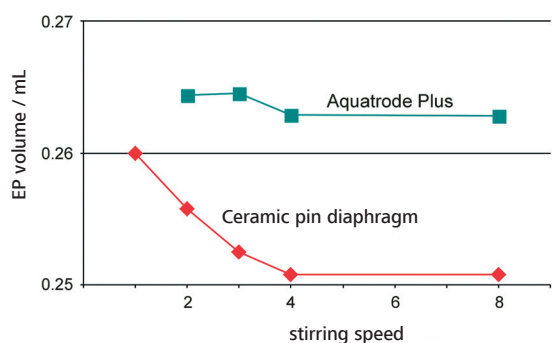


Figure 12 : Volumes finaux d'un titrage SET d'une solution avec  $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,14 \text{ mmol/L}$  avec le titrant  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,035 \text{ mol/L}$  à pH 5,4. Les points finaux de l'Aquatrode Plus sont virtuellement indépendants de la vitesse d'agitation. À des vitesses d'agitation plus élevées, la déviation de la valeur théorique de l'électrode pH avec diaphragme céramique atteint environ 5 %.

Les diaphragmes à rodage fixe ont un écoulement d'électrolyte constant et reproductible et se prêtent donc particulièrement aux applications avec passeurs d'échantillons.

Les diaphragmes à rodage séparé sont faciles à nettoyer et sont préférables dans tous les cas où la contamination du diaphragme est inévitable. L'écoulement de l'électrolyte peut atteindre  $100 \mu\text{L/h}$  ; il est donc nettement supérieur à celui d'un diaphragme en céramique ou d'un diaphragme à rodage fixe. La géométrie en forme d'anneau ainsi que la faible surface polaire du diaphragme à rodage fixe

influent positivement la mesure. L'écoulement de l'électrolyte étant important, la solution à mesurer est plus fortement influencée qu'en cas d'utilisation d'un diaphragme en céramique ; pour des mesures de longue durée, l'électrolyte de référence doit être rempli une fois par jour, en règle générale.

Le diaphragme easyClean représente une alternative. Il permet un nettoyage facile, sans contact, juste en appuyant une fois sur la tête de l'électrode. Le ressort dans la tête de l'électrode permet le retour en position initiale définie, assurant ainsi une plus grande précision et reproductibilité du flux d'électrolyte.

### Diaphragmes capillaires

Dans les mesures de pH d'échantillons difficiles, les pores très petits des diaphragmes céramiques classiques sont facilement obstrués. Le concept réalisé dans la Porotrode (6.0235.200), basé sur un capillaire double et un écoulement allant de  $15$  à  $25 \mu\text{L/h}$  permet, d'un côté, un contact sans entrave entre électrolyte de référence et solution de mesure (liquide / interface liquide) et d'un autre côté, les deux capillaires de la Porotrode sont pratiquement insensibles à la contamination. L'électrode de référence est remplie de Porolyte, spécialement conçu pour cette électrode. Le débit constant de Porolyte permet d'établir le potentiel de façon rapide et reproductible. Le débit et ainsi les intervalles de remplissage sont comparables à ceux des électrodes conventionnelles. Un entretien supplémentaire n'est donc pas nécessaire. Les mesures d'échantillons problématiques peuvent ainsi être réalisées facilement et de façon reproductibles, grâce au concept de la Porotrode. Le pH des échantillons contenant des protéines, comme le lait et la bière, peuvent maintenant être sans problème déterminés par n'importe quel diaphragme. Contrairement aux électrodes pH classiques, le Porotrode mesure correctement, même quand les tensio-actifs sont fortement concentrés.

### Diaphragme Twin pore

La mesure du pH en milieux semi-solides, tels que fromages, viandes et fruits suppose qu'une électrode réponde à des exigences très particulières. Les protéines, graisses, hydrates de carbone et autres composants semi-solides des produits alimentaires ont tendance à obstruer les pores fins diaphragmes en céramique utilisés dans la plupart des électrodes pH, car ces substances adhèrent particulièrement bien à la surface de la céramique à micropores. Le développement de l'électrode à aiguille (6.0226.100) et de l'électrolyte polymère évite ce problème avec élégance : deux diaphragmes perforés assument la fonction de « jonction liquide » entre l'échantillon et l'électrode de référence. L'électrolyte polymère stabilisé et dopé avec du chlorure de potassium situé à proximité des orifices reste largement inerte face à l'encrassement dû à des milieux protéiniques et gras. L'électrode à aiguille possède une excellente stabilité à long terme du fait de son insensibilité à l'encrassement, de sa protection efficace contre les poisons d'électrode et de son tampon intérieur optimisé. Le point zéro de l'électrode demeure constant à

long terme, même pour des utilisations en milieux difficiles. L'utilisation de l'électrolyte polymère évite le remplissage en électrolyte de référence.

Les nouvelles électrodes Ecotrode Gel (6.0221.x00) sont également équipées de ce diaphragme qui permet de réduire l'entretien.

### Fil de platine

Le diaphragme à fil plié en platine, en combinaison avec l'électrolyte de référence Idrolyte contenant de la glycérine, est très approprié pour les applications en milieux biologiques. Grâce à l'utilisation d'un électrolyte à faible concentration en KCl, la précipitation des protéines est évitée. Le système multi-capillaire (canaux entre les fils de platine) évite les effets d'encrassement et la conductivité électrique du platine diminue le temps de réponse et la résistance du diaphragme. Des interférences peuvent cependant apparaître dans des solutions rédox fortement tamponnées.

### Nettoyage et entretien des diaphragmes

Tableau 11 : Méthodes de nettoyage de diaphragmes recommandées

Type de diaphragme	Type de contamination	Nettoyage
En général	Prévention et entretien régulier	Kit pH (6.2325.000) selon instructions
	Précipités d'halogénures d'argent et de sulfures d'argent	Immerger le diaphragme pendant plusieurs heures dans une solution à 7 % de thio-urée dans 0,1 mol/L HCl.
	Protéines, polypeptides	Immerger le diaphragme pendant plusieurs heures dans une solution de pepsine à 5 % dans HCl à 0,1 mol/L.
	Suspensions, solides, résines, colles, huiles, graisses	Nettoyer l'électrode avec le solvant approprié
Rodage fixe	Tous types de contamination	Aspirer l'électrolyte de référence et immerger l'électrode dans la solution de nettoyage correspondante
Rodage séparé	Tous types de contamination	Dégager la douille du rodage (éventuellement à l'aide d'eau chaude) et nettoyer selon le type de contamination
Capillaire	Écoulement interrompu de l'électrolyte	Appliquer une contre-pression légère à l'orifice de remplissage d'électrolyte

#### 1.4.4. Électrolytes de référence et électrolytes intermédiaires

L'électrolyte de référence ou l'électrolyte intermédiaire est en contact électrique avec la solution d'échantillon via le diaphragme. La solution d'échantillon et l'électrolyte forment une interface avec différentes concentrations ioniques de chaque côté. Cette différence de concentration provoque la diffusion des ions de l'autre côté et en raison des différentes mobilités des ions, on observe ce que l'on appelle un potentiel de diffusion. Afin d'obtenir une grande exactitude de mesure, il faut choisir la composition de l'électrolyte de façon à ce que les potentiels de diffusion

soient pratiquement négligeables ; c'est le cas, pratiquement, avec  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ . D'une part, les mobilités des ions  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  sont pratiquement identiques ; de l'autre, la concentration ionique dans la solution d'échantillon est normalement très faible par rapport à  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ . C'est la raison pour laquelle l'électrolyte KCl est utilisé de façon standard dans toutes les électrodes combinées et les électrodes de référence Metrohm. Certains milieux requièrent cependant d'autres compositions d'électrolyte afin de diminuer les effets apparaissant en plus des potentiels de diffusion.

Tableau 12 : Alternatives à l'électrolyte de référence  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$

Milieu	Problèmes avec électrolytes standard $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$	Électrolyte alternatif
Ions d'argent	Réactions avec $\text{Cl}^-$ avec précipitation d' $\text{AgCl}$ → Réponse lente	$c(\text{KNO}_3) = 1 \text{ mol/L}$ (ou Titrode pour les pH plus ou moins constants)
Non aqueux	Précipitation de KCl, solutions et électrolyte non miscibles → signal instable	$c(\text{LiCl}) = 2 \text{ mol/L}$ ou LiCl sat. dans éthanol
Eaux pauvres en ions	Contamination du milieu par le sel → dérives	Solution KCl à faible concentration
Protéines/polypeptides	Précipitation des protéines, avec KCl et $\text{AgCl}$ → décalage du zéro / pente moins forte	Idrolyte <sup>1</sup>
Substances semi-solides	Encrasement du diaphragme → décalage du point zéro/temps de réponse lent	Électrolyte solide en association avec diaphragme perforé
Tensio-actifs (protéines)	Adsorption sur le diaphragme → décalage du point zéro / pente réduite	Porolyte <sup>2</sup>

<sup>1</sup> L'Idrolyte est un électrolyte à base de glycérine dont l'activité des ions chlorure correspond à celle d'une solution KCl avec  $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ . Cela signifie que cette dernière peut donc être facilement remplacée par l'Idrolyte. L'Idrolyte est excellente pour une utilisation avec des solutions contenant des protéines et des solutions aqueuses avec une fraction organique.

<sup>2</sup> Le Porolyte est une solution KCl gelée par polymérisation et utilisée dans des électrodes avec diaphragmes capillaires (Porotrode).

Tableau 13 : Débits d'électrolyte et viscosités

Électrolyte	Viscosité (25 °C) (mPas)	Débit $\mu\text{L/h}$ (colonne d'eau de 10 cm)				
		Céramique	Rodage flexible	Rodage fixe	Capillaire céramique	Fil plié en platine
$c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$	~1	Électrode standard 5 à 25 Microélectrode 5 à 15	$\varnothing 10 \text{ mm}$ : 20 à 100 $\varnothing 5 \text{ mm}$ : 5 à 30	5 à 30	–	–
$c(\text{KNO}_3) = 1 \text{ mol/L}$	~1	10 à 25	$\varnothing 10 \text{ mm}$ : 20 à 100 $\varnothing 5 \text{ mm}$ : 5 à 30	–	–	–
Idrolyte	8 à 10	–	–	–	–	3 à 25
Porolyte	1200 à 1500	–	–	–	5 à 30	–

## 2. Principales notions de conductimétrie

### 2.1. Généralités

Conductimétrie signifie mesure de conductivité. Un conductimètre mesure la conductivité électrique d'une solution ionisée. Un champ électrique est appliqué entre deux électrodes. Les ions se déplacent dans ce champ. Les anions se dirigent vers l'anode et les cations vers la cathode. Pour minimiser les transformations de matière et la formation de couches de diffusion aux électrodes (polarisation), on travaille avec une tension alternative. Selon la règle générale, la fréquence de la tension alternative doit être augmentée quand la concentration d'ions augmente.

La mobilité des ions dépend de plusieurs facteurs. La température a une influence décisive sur la viscosité de la solution et, par conséquent, sur la mobilité des ions. Lorsque la température augmente, la viscosité décroît et la conductivité augmente. Les constantes de dissociation sont, elles aussi, des grandeurs dépendant de la température. Il est important, par conséquent, d'effectuer les mesures à température constante ou de compenser les changements de température à l'aide du coefficient de température. Le coefficient de température de la plupart des solutions contenant des sels est de l'ordre de 2 %/°C ; dans les solutions fortement diluées, il dépend cependant de la température.

L'unité de mesure utilisée pour les mesures de conductimétrie est la résistance électrique de la solution. Cela signifie que la conductivité est un paramètre global qui prend en compte tous les ions en solution. La conductivité ne peut pas être utilisée pour déterminer un seul type d'ions, à moins que l'échantillon soit une solution d'un sel unique ou que les concentrations des autres ions soient connues. La valeur inverse de la résistance mesurée, la conductance  $L$ , dont l'unité est le Siemens ( $S = \Omega^{-1}$ ), est en elle-même peu pertinente, car la géométrie de la cellule de mesure doit être prise en considération. La constante de cellule  $c$  d'une cellule de mesure conductimétrique

$$c = \frac{\text{distance entre les feuilles de platine}}{\text{surface de l'électrode}} \text{ [cm}^{-1}\text{]}$$

Constante de cellule (11)

doit être connue. Le résultat de mesure est donc toujours donné pour une conductivité spécifique  $K$  avec l'unité Siemens par cm ( $S \cdot \text{cm}^{-1}$ ).

$$\kappa = L * c \text{ [S cm}^{-1}\text{]}$$

Conductivité spécifique (11)

Cela signifie qu'avant chaque détermination le conductimètre doit être calibré : on détermine la constante de cellule dans une solution de conductivité spécifique connue. La conductivité spécifique de plusieurs concentrations est donnée dans des tableaux pour de nombreux sels. La conductivité spécifique  $k$  est liée à la concentration  $c_j$  de l'ion  $i$  via la conductivité équivalente  $\Lambda_i$  dépendant de la concentration. La conductivité équivalente  $\Lambda_i$  est similaire au coefficient d'activité  $\gamma$  (voir la section 1.2.) et est également une quantité qui dépend de la concentration.  $\Lambda_i$ .

$$\kappa = \sum (\Lambda_i * z_i * c_i)$$

Conductivité spécifique et concentration (12)

À forte dilution, par ex. :  $c_j \leq 0,001$  mol/L, la conductivité équivalente  $\Lambda_i$  peut être ramenée à la conductivité équivalente affichée dans les tableaux pour dilution infinie.

Tableau 14 : Conductivité  $\kappa$  de diverses substances et solutions

Conducteur	T ( $\kappa$ )	Conductivité liée à	Conductivité $\kappa$ ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )
Cuivre métallique	273	Conduction par électrons	645'000'000'000
Solution d'hydroxyde de potassium (c = 1 mol/L)	291	Conduction ionique suite à la dissociation complète de KOH	184 000
Solution KCl (c = 0,1 mol/L)	293	Conduction ionique suite à la dissociation complète de KCl	11 660
Eaux saumâtres	273	Conduction ionique suite à la dissociation de sels et d'acide carbonique	20 000 à 1 000 000
Acide acétique (c = 1 mol/L)	291	Conduction ionique suite à la dissociation partielle de $\text{CH}_3\text{COOH}$	1 300
Eau potable	298	Conduction ionique suite à la dissociation de sels et d'acide carbonique	10 à 2 000
Graphite	273	Conduction par électrons	1 200
Eau distillée	273	Conduction ionique résultant de la contamination par des sels, dissociation de l'eau et de l'acide carbonique	0,06 à 10
Eau ultrapure	273	Conduction ionique suite à la faible dissociation de l'eau	0,056
Benzène pur	273	Conduction ionique suite à la dissociation de traces d'eau	0,00000005

La conductimétrie est utilisée pour les mesures directes et en titrage. La théorie est la même pour les deux méthodes. Alors qu'en mesure directe la valeur absolue est la grandeur décisive, lors d'un titrage, c'est la variation de la valeur de mesure qui joue un rôle important. La mesure directe est souvent utilisée pour le contrôle d'eaux de surface, services des eaux, usines de dessalement et fabrication d'eau ultrapure ; dans ces cas-là, une valeur limite ne doit pas être dépassée. La détection par conductivité est souvent utilisée lors de titrages par précipitation. Le point d'équivalence est identifié là où la conductivité a atteint sa valeur minimale. La valeur absolue ne jouant qu'un rôle secondaire.

#### Mesure de conductivité

Les instruments de mesure en potentiométrie sont standardisés (impédance d'entrée  $>10^{12} \Omega$  et point zéro à pH 7) ; ce n'est, par contre, pas le cas des conductimètres. L'influence de la capacité du câble, la fréquence de mesure, la gamme de conductivité et la constante de cellule ajustable, la méthode de mesure de la conductivité (sensible aux phases, fonction de la fréquence, pulsations bipolaires, etc.) sont différentes et dépendent du type d'appareil. Par conséquent, l'appareil doit être pris en considération lors de la résolution de problèmes d'application.

Les paramètres importants sont les suivants :

- Qualité du platinage (noir de platine)  $\rightarrow$  haute capacité en série  $C_s$
- Surface de l'électrode A  $\rightarrow$  haute capacité en série  $C_s$
- Constante de cellule c
- Fréquence de mesure f
- Capacité du câble  $C_p$
- Résistance du câble  $R_k$
- Gamme de mesure de l'appareil (gamme de résistance)

### Le choix correct de la constante de cellule

La constante de cellule  $c$  est définie pour les cellules de mesure de conductimétrie. Une cellule de mesure avec deux électrodes parallèles séparées de 1 cm avec chacune une aire de 1 cm<sup>2</sup> possède théoriquement une constante de cellule de  $c = l \cdot A^{-1} = 1 \text{ cm}^{-1}$ . La constante de cellule n'est jamais exactement  $l \cdot A^{-1}$ , car le champ électrique n'est jamais strictement homogène. Les règles pratiques présentées dans le tableau 15 permettent le choix correct de la cellule de mesure :

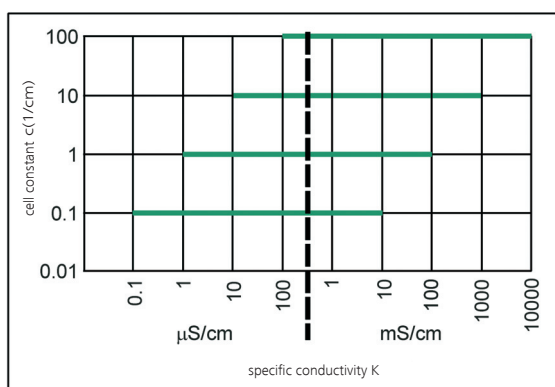


Figure 13 : Constantes de cellules et intervalles de conductivité recommandés

### Interférences, entretien

#### Cellules de mesure de conductivité avec feuilles de platine

Les cellules de conductivité possèdent une couche de noir de platine hautement poreuse pour éviter les effets de polarisation dans les milieux à haute conductivité. Toutefois, les propriétés de cette couche peuvent varier dans le temps (contamination, abrasion de la couche de platine, etc.), ce qui peut altérer la constante de la cellule. C'est pourquoi il est indispensable de calibrer la cellule de mesure de conductivité avant de procéder aux mesures, afin d'éviter les erreurs de mesure. Pour la détermination exacte des cellules avec une constante de cellule de  $< 1 \text{ cm}^{-1}$ , il est recommandé d'employer une solution avec une conductivité d'environ  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Lors de mesures dans des solutions de haute conductivité, le contrôle de l'activité de la couche de platine est conseillé, par exemple avec une solution de  $c(\text{KCl}) = 0,1 \text{ mol/L}$ . Si une conductivité spécifique inférieure est affichée, un nettoyage avec un agent oxydant ou un solvant est nécessaire.

Lors de mesures dans des eaux pauvres en ions, on peut éviter un calibrage trop fréquent, car l'activité (capacité en série) de la couche de platine a une importance réduite et les dépôts de matières hautement isolantes sont, dans ce cas-là, peu probables. Après l'étalonnage, la cellule de mesure doit être rincée abondamment afin d'éviter toutes erreurs de mesure causées par de la solution KCl adhérente.

Tableau 15 : Constantes de cellules recommandées

Constante de cellule	Échantillon
$c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$	Pour les solutions très faiblement conductrices comme l'eau distillée, l'eau déionisée ou partiellement déionisée, etc. Pour des utilisations conformes aux normes USP <645> et EP 2.2.38
$c = 1 \text{ cm}^{-1}$	Pour les solutions moyennement conductrices comme l'eau potable, les eaux de surface, les eaux usées, etc.
$c = 10 \text{ cm}^{-1}$	Pour les solutions avec bonne conductivité comme l'eau de mer, l'eau de rinçage, les solutions physiologiques, etc.
$c = 100 \text{ cm}^{-1}$	Pour les solutions avec excellente conductivité comme les bains de galvanisation, les solutions salées, etc.

### Cellule de mesure de conductivité en acier inoxydable

Elles sont généralement moins sensibles à la contamination ou à la corrosion. Toutefois, ces cellules de mesure aussi doivent être calibrées avant toute mesure afin d'obtenir

l'exactitude de mesure la plus élevée possible. Pour le nettoyage, il convient d'utiliser uniquement de l'eau et/ou de l'éthanol.

Tableau 16 : Mesure de conductivité, interférences

Source perturbatrice	Effets	Mesures
Faible conductivité avec vase ouvert	Valeurs trop hautes, dérive	Éliminer le CO <sub>2</sub> atmosphérique à l'aide d'un gaz inerte (Ar, N <sub>2</sub> ) ou utiliser une cellule à circulation. Éviter les contaminations lors de transferts de solutions salées (p.ex. calibrage trop fréquent, rinçage insuffisant)
Huiles, produits de précipitation	Couche isolante sur l'électrode → la constante de cellule augmente, gamme de mesure limitée vers des valeurs plus élevées	Nettoyage avec solvant ou agent oxydant
Température instable	Valeurs instables	Compensation de température lorsque le coefficient de température est connu, ou thermostatisation (coefficient de température généralement de l'ordre de 2 %/°C)
Conductivité dépendant de la position de l'électrode	Champs de dispersion en dehors de la tige d'électrode (surtout critique pour cellule à constante >1 cm <sup>-1</sup> ) → décalage de la valeur de mesure	Faire attention à la distance de la cellule au récipient lors du calibrage et de la mesure ou choisir une constante de cellule 1 cm <sup>-1</sup> Utilisation de cellules de mesure de conductivité à 5 anneaux
Sels étrangers	Transfert de sels résiduels lors du changement pour une solution à faible conductivité → dérive vers des valeurs plus élevées	Bon rinçage préalable de l'électrode
Bulles d'air	Bulles d'air entre les plaques de l'électrode → signal instable	Éliminer les bulles d'air en tapotant doucement

### 2.2. Mesures de conductivité dans l'eau pour usage pharmaceutique selon USP et la Pharm. Europ. (EP)

La mesure de la conductivité dans l'eau à usage pharmaceutique est soumise à des exigences spécifiques (« eau pour injections ») conformément aux normes USP <645>, EP 2.2.38 ou encore la toute dernière EP 4.8-07/2004:0169. Avec un conductimètre de précision dont la compensation de la température peut être désactivée, une cellule de mesure de la conductivité et un étalon de

conductivité doivent être utilisés pour pouvoir déterminer la constante de cellule avec une erreur de mesure maximale de 2 %. Pour éviter la montée de dioxyde de carbone, la mesure doit être effectuée en excluant l'air et/ou dans une cellule à flux continu. L'échantillon répond à la spécification si l'une des trois conditions ci-après est remplie.

## Stade 1 :

L'échantillon est mesuré directement sans prétraitement et sans compensation de la température. Si l'eau remplit les critères du tableau 17, le test est considéré comme réussi.

## Stade 2 :

Si les conditions ne sont pas remplies au stade 1, poursuivre de la façon suivante : la conductivité d'un échantillon d'environ 100 ml est mesurée sous agitation forte, à 25 °C  $\pm 1$  °C dès que la dérive provoquée par la montée de dioxyde de carbone est inférieure à 0,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour cinq minutes. Si la valeur mesurée est inférieure à 2,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , le test est considéré comme réussi.

## Stade 3 :

Toutefois, si l'échantillon ne répond pas aux critères du stade 2, un échantillon de 100 mL précis est mélangé à 0,3 ml de solution de KCl saturée. La valeur pH de cette solution est ensuite mesurée exactement à 0,1 unité de pH. Ce n'est que si la conductivité répond aux critères spécifiés dans le tableau 18 que le test est considéré comme réussi. Dans le cas contraire, l'eau ne peut pas être utilisée à des fins pharmaceutiques.

Tableau 17 : Première étape de mesure de conductivité selon USP &lt;645&gt; et EP -4.8-07/2004:0169

Température	Conductivité inférieure à ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Température	Conductivité inférieure à ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
0	0,6	55	2,1
5	0,8	60	2,2
10	0,9	65	2,4
15	1,0	70	2,5
20	1,1	75	2,7
25	1,3	80	2,7
30	1,4	85	2,7
35	1,5	90	2,7
40	1,7	95	2,9
45	1,8	100	3,1
50	1,9		

Tableau 18 : pH et critères de conductivité pour stade 3

pH	Conductivité inférieure à ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Conductivité inférieure à ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
5,0	4,7	6,1	2,4
5,1	4,1	6,2	2,5
5,2	3,6	6,3	2,4
5,3	3,3	6,4	2,3
5,4	3,0	6,5	2,2
5,5	2,8	6,6	2,1
5,6	2,6	6,7	2,6
5,7	2,5	6,8	3,1
5,8	2,4	6,9	3,8
5,9	2,4	7,0	4,6
6,0	2,4		

### 3. Mesure de la température

Seules quelques-unes des électrodes proposées sont livrées avec un capteur de température intégré. Le besoin de mesurer ou de compenser la température dépend de la précision attendue. Différents potentiels de diffusion, par exemple dans les solutions hautement concentrées ou très diluées, ou les variations du diaphragme ou du verre de la membrane peuvent provoquer des erreurs de mesure qui dépassent largement les erreurs provoquées

par l'absence de compensation de température. Dans de telles circonstances, il est possible de se passer d'un capteur de température.

Toutefois, si un degré élevé de reproductibilité des valeurs mesurées est exigé ou si les exigences GLP doivent être remplies, une mesure / compensation de la température est absolument nécessaire.

Tableau 19 : Mesure de la température ou compensation de la température : oui ou non ?

Exigences de mesure	Compensation de la température ou mesure
Des exigences BPL doivent-elles être respectées ?	Oui : mesure de la température
Une haute précision des mesures est-elle requise ?	Oui : compensation de la température (cf. Potentiel de Nernst)
Mesure directe ?	Oui : compensation de la température (cf. Potentiel de Nernst)
Titration ?	Non : mesure relative
Le pH de la solution est-il proche de 7 ?	Oui : compensation de la température non indispensable (faible influence, car le point zéro de l'électrode est à pH = 7), éventuellement mesure de la température
La valeur de pH diffère-t-elle fortement de 7 ?	Oui : compensation de la température (cf. Potentiel de Nernst)
Des mesures sont-elles effectuées à différentes températures ?	Oui : compensation/mesure de la température (potentiel de Nernst)
Le pH de la solution échantillonnée est-il fortement influencé par la température ?	Oui : mesure de la température (la température mesurée doit être mentionnée)
L'application nécessite-t-elle un diaphragme autre qu'un diaphragme céramique ?	Oui : capteur de température séparé (les électrodes avec capteur de température intégré ne sont disponibles que sur les diaphragmes céramiques et à rodage fixe)
La durée de vie de l'électrode est-elle trop courte ?	Oui : pour réduire les coûts, utiliser des capteurs de température séparés



## Spécifications techniques

120

6.01-6.02 Électrodes pH en verre	Longueur utile (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de la tige	Tête enfichable	Capteur de température	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Forme	Gamme de pH
6.0150.100	142	12	12	15	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Sphère	0 à 14
6.0220.100	113	12	12	15	PP	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0221.100	125	12	12	20	Verre	G		0 à 60	0 à 40	Hémisphère	1 à 11
6.0221.600	125	12	12	20	Verre	U	NTC	0 à 60	0 à 40	Hémisphère	1 à 11
6.0223.100	113	12	12	15	PP	G		0 à 40	0 à 40	Hémisphère	1 à 12
6.0224.100	113	12	3	7	Verre	G		0 à 60	0 à 60	Hémisphère	1 à 11
6.0226.100	98	12	6	10	Verre	G		0 à 60	0 à 40	Aiguille	1 à 11
6.0228.010	113	12	12	15	PP	Câble fixe avec fiche F	NTC (2 mm)	0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0228.020	113	12	12	15	PP	Câble fixe avec fiche I (IP67)	NTC (2 mm)	0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0228.600	113	12	12	15	PP	U	Pt 1000	0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0229.010	125	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F		0 à 70	0 à 70	Sphère	0 à 14
6.0229.020	125	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F		0 à 70	0 à 70	Sphère	0 à 14
6.0229.100	113	12	12	30	Verre	G		0 à 70	0 à 70	Sphère	0 à 14
6.0233.100	113	12	12	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0234.100	113	12	6,4	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0234.110	168	12	6,4	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0235.200	125	12	12	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0239.100	113	12	12	30	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.0248.030	438	12	12	25	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000 (4 mm)	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0248.600	288	12	12	25	Verre	U	Pt 1000	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0253.100	135	12	12	20	Verre	G		0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.0255.100	113	12	12	30	Verre	G		0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0255.110	170	12	12	30	Verre	G		0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0255.120	310	12	12	30	Verre	G		0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0256.100	125	12	12	1	Verre	G		0 à 60	0 à 60	Membrane plane	0 à 13
6.0257.000	135	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000 (4 mm)	0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.0257.020	260	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000 (4 mm)	0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.0257.600	135	12	12	20	Verre	U	Pt 1000	0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.0258.000	125	12	12	25	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000 (4 mm)	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0258.010	125	12	12	25	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000 (2 mm)	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0258.600	125	12	12	25	Verre	U	Pt 1000	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0259.100	113	12	12	25	Verre	G		0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0260.010	125	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000	0 à 100	0 à 100	Hémisphère	0 à 14
6.0260.020	125	12	12	20	Verre	Câble fixe avec fiche F	Pt 1000	0 à 100	0 à 100	Hémisphère	0 à 14
6.0262.100	125	12	12	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 13
6.0269.100	125	12	12	20	Verre	G		0 à 80	0 à 80	Sphère	0 à 13
6.0277.300	135	12	12	20	Verre	K	Pt 1000	0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.0278.300	125	12	12	25	Verre	K	Pt 1000	0 à 100	0 à 80	Cylindre	0 à 14
6.0279.300	113	12	12	30	Verre	K		0 à 70	0 à 70	Sphère	0 à 14
6.0280.300	125	12	12	20	Verre	K		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 13
6.00200.300	125	12	12	20	Verre	Q	Pt 1000	0 à 100	0 à 80	Hémisphère	0 à 14
6.00201.300	125	12	12	20	Verre	Q		0 à 80	0 à 80	Hémisphère	0 à 13
6.00202.300	125	12	12	20	Verre	Q	Pt 1000	0 à 60	0 à 60	Sphère	0 à 13
6.00203.300	125	12	12	30	Verre	Q		0 à 70	0 à 70	Sphère	0 à 14
6.00204.300	125	12	12	30	Verre	Q		0 à 100	0 à 70	Cylindre	0 à 14

Verre de la membrane	Résistance de la membrane (M $\Omega$ )	Point zéro de l'électrode (mV)	Pente de l'électrode	Potentiel d'asymétrie (mV)	Diaphragme	Électrolytes de référence	Flux d'électrolyte ( $\mu$ L/h)	Système de référence	Résistance de référence (k $\Omega$ )
T	40 à 150	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	-	-	-	-	-
T	200 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	Système LL	5
E	<400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Twin pore	Gel	0	Système LL	<20
E	<400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Twin pore	Gel	0	Système LL	<20
Spéc.	100 à 650	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	Système LL	5
Spéc.	300 à 600	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Fil de platine	Idrolyte	3 à 30	Système LL	30
Spéc.	200 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Twin pore	Gel	0	Système LL	20
T	200 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	Système LL	5
T	200 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	Système LL	5
T	200 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	Système LL	< 5
T	50 à 150	0 à 100	$>0,90$	$\pm 15$	easyClean	LiCl/EtOH	3 à 50	Système LL	<250
T	50 à 150	0 à 100	$>0,90$	$\pm 15$	easyClean	LiCl/EtOH	3 à 50	Système LL	<250
T	50 à 150	0 à 100	$>0,90$	$\pm 15$	Rodage	LiCl/EtOH	3 à 50	Système LL	<250
T	150 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	10 à 25	Système LL	5
T	200 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 15	Système LL	5
T	200 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 15	Système LL	5
T	200 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Double capillaire (céramique)	Porolyte	5 à 30	Système LL	<15
T	150 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	20 à 100	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	< 5
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	5 à 20	Système LL	50
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	20 à 100	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	20 à 100	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	20 à 100	Système LL	5
Spéc.	<2000	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	<2	Système LL	5
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	5 à 20	Système LL	50
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	5 à 20	Système LL	50
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 20	Système LL	50
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	easyClean	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 50	Système LL	< 5
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	easyClean	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 50	Système LL	< 5
E	150 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 30	Système LL	5
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 30	Système LL	10
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	Gel	5 à 20	Système LL	50
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	5
T	50 à 150	0 à 100	$>0,90$	$\pm 15$	Rodage	LiCl/EtOH	3 à 50	Système LL	<250
E	<400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 30	Système LL	<5
U	<600	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	< 5
E	150 à 400	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	< 5
A	80 à 200	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Système LL	< 5
T	40 à 150	10 à 60	$>0,90$	$\pm 15$	Rodage	c(LiCl dans EtOH)=sat.	0,4 à 1,2	Système LL	<100
U	150 à 500	$\pm 15$	$>0,97$	$\pm 15$	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	20 à 100	Système LL	< 5

## Spécifications techniques

122

6.03 Electrodes métalliques séparées	Longueur utile (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de tige	Tête enfichable	Type	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Forme	Gamme de mesure	Gamme de pH
6.0301.100	125	12	12	10	Verre	B	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Fil	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0309.100	101	12	12	10	Verre	G	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Feuille	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0338.100	96	8	8	5	Verre	G	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Fil	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0340.000	103	5,3	5,3	10	Verre	Câble fixe / Fiche F	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Fil	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0341.100	101	12	8,75	10	Verre	G	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Fil	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0343.000	86	8	8	10	Plastique	Connexion VA de la pince	Pt	0 à 80	0 à 80	Tige	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0343.100	86	8	8	10	Plastique	Contact enfichable 5,5 mm	Pt	0 à 80	0 à 80	Tige	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0344.100	108	24	24	15	Verre	G	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Réseau/tôle		0 à 14
6.0345.100	108	24	24	15	Verre	G	Pt	-20 à 70	-20 à 70	Réseau/tôle		0 à 14
6.0350.100	125	12	12	7	Verre	G	Ag	-20 à 80	-20 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.0351.100	125	12	12	7	Verre	G	Pt	-20 à 80	-20 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14
6.00353.100	125	12	6	20	Verre	G	Au	-20 à 80	-20 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14

6.04 Electrodes en métal combinées	Longueur utile (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de tige	Tête enfichable	Type	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Forme	Gamme de mesure	Gamme de pH	Diaphragme	Électrolytes de référence	Flux d'électrolyte (µL/h)	Résistance du diaphragme (kΩ)	Système de référence	Résistance de référence (kΩ)
6.0421.100	113	12	12	10	Noryl/PP	G	Tige en Sb	0 à 70	0 à 70			2 à 11	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 10	1,2 à 1,8	Système LL	5
6.0430.100	125	12	12	20	Verre	G	Ag/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	150 à 400
6.0431.100	125	12	12	20	Verre	G	Pt/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	150 à 400
6.0433.110	178	12	6,4	20	Verre	G	Ag/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	200 à 500
6.0434.110	178	12	6,4	20	Verre	G	Pt/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	200 à 500
6.0435.110	178	12	6,4	20	Verre	G	Au/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	200 à 500
6.0450.100	113	12	12	15	Verre	G	Ag	0 à 80	0 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	10 à 25	0,4 à 0,9	Système LL	5
6.0450.300	113	12	12	15	Verre	K	Ag	0 à 80	0 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	10 à 25	0,4 à 0,9	Système LL	5
6.0451.100	113	12	12	15	Verre	G	Pt	-5 à 80	-5 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	10 à 25	0,4 à 0,9	Système LL	5
6.0451.300	113	12	12	15	Verre	K	Pt	-5 à 80	-5 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	10 à 25	0,4 à 0,9	Système LL	5
6.0452.100	113	12	12	15	Verre	G	Au	-5 à 80	-5 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	10 à 25	0,4 à 0,9	Système LL	5
6.0470.300	125	12	12	20	Verre	K	Ag/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	150 à 400
6.0471.300	125	12	12	20	Verre	K	Pt/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	200 à 500
6.00400.300	125	12	12	20	Verre	Q	Ag/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14	-	-	-	-	pH	150 à 400
6.00401.300	125	12	12	20	Verre	Q	Pt/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14	-	-	-	-	pH	150 à 400
6.00402.300	125	12	12	20	Verre	Q	Ag	0 à 80	0 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KNO <sub>3</sub> ) = 1 mol/L	3 à 30	< 2	Système LL	< 5
6.00403.300	125	12	12	20	Verre	Q	Pt	-5 à 80	-5 à 80	Anneau	-2000 à 2000 mV	0 à 14	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	< 2	Système LL	< 5
6.00435.120	308	12	6,4	20	Verre	G	Au/pH	0 à 80	0 à 80	Anneau/hémisphère	-2000 à 2000 mV	0 à 14					pH	200 à 500

## Spécifications techniques

124

6.05 Electrodes ioniques spécifiques	Longueur utile (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de tige	Tête enfichable	Type	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Forme	Gamme de mesure	Gamme de pH
6.0502.100	125	12	12	1	EP	G	Cristal (Br)	0 à 50	0 à 50	Plate	5x10 <sup>-6</sup> à 1 mol/L	0 à 14
6.0502.120	125	12	12	1	EP	G	Cristal (Cl)	0 à 50	0 à 50	Plate	5x10 <sup>-5</sup> à 1 mol/L	0 à 14
6.0502.130	125	12	12	1	EP	G	Cristal (CN)	0 à 80	0 à 80	Plate	8x10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-2</sup> mol/L	10 à 14
6.0502.140	125	12	12	1	EP	G	Cristal (Cu)	0 à 80	0 à 80	Plate	1x10 <sup>-8</sup> à 0,1 mol/L	2 à 12
6.0502.150	125	12	12	1	EP	G	Cristal (F)	0 à 80	0 à 80	Plate	1x10 <sup>-6</sup> à sat. mol/L	5 à 7
6.0502.160	125	12	12	1	EP	G	Cristal (I)	0 à 50	0 à 50	Plate	5x10 <sup>-8</sup> à 1 mol/L	0 à 14
6.0502.170	125	12	12	1	EP	G	Cristal (Pb)	0 à 80	0 à 80	Plate	1x10 <sup>-6</sup> à 0,1 mol/L	4 à 7
6.0502.180	125	12	12	1	EP	G	Cristal (Ag/S)	0 à 80	0 à 80	Plate	1x10 <sup>-7</sup> à 1 mol/L	2 à 12
6.0504.120	125	12	12	1	EP/PVC	G	Polymère (NO <sub>3</sub> )	0 à 40	0 à 40	Plate	7x10 <sup>-6</sup> à 1 mol/L	2,5 à 11
6.0506.100	125	12	12	5	PEEK/POM	G	Membrane perméable au NH <sub>3</sub>	0 à 50	0 à 50	Plate	5x10 <sup>-6</sup> à 10 <sup>-2</sup> mol/L	11
6.0506.150	125	12	12	5	PEEK/POM	G	Membrane perméable au NH <sub>3</sub>	0 à 50	0 à 50	Plate	10 <sup>-4</sup> à 1 mol/L	11
6.0507.010	125	12	2,5	20	PVC	G	Tensio-actifs non ioniques	0 à 40	0 à 40	Tige	en fonction du tensio-actif	0 à 12
6.0507.120	125	12	2,5	20	PVC	G	Tensio-actifs non ioniques	0 à 40	0 à 40	Tige	en fonction du tensio-actif	0 à 12
6.0507.130	125	12	12	5	POM	G	Tensio-actifs ioniques	10 à 50	10 à 50	Plate	en fonction du tensio-actif	0 à 10
6.0507.140	125	12	12	1	PEEK	G	Tensio-actifs ioniques	0 à 40	0 à 40	Plate	en fonction du tensio-actif	0 à 13
6.0507.150	125	12	2,5	20	PVC	G	Tensio-actifs ioniques	0 à 40	0 à 40	Tige	en fonction du tensio-actif	0 à 12
6.0508.100	125	12	12	1	PVC	G	Polymère (Na)	0 à 40	0 à 40	Plate	5x10 <sup>-7</sup> à 1 mol/L	3 à 12
6.0508.110	125	12	12	1	PVC	G	Polymère (Ca)	0 à 40	0 à 40	Plate	5x10 <sup>-6</sup> à 1 mol/L	2 à 12
6.0510.100	110	12	12	7	PMMA/PP	G	Polymère (Ca)	0 à 40	0 à 40	Plate	5x10 <sup>-7</sup> à 1 mol/L	2 à 12
6.0510.110	113	12	12	10	PMMA/PP	G	Polymère (K)	0 à 40	0 à 40	Plate	1x10 <sup>-6</sup> à 1 mol/L	2,5 à 11
6.00502.300	113	12	12	10	PMMA/PP	Q	Polymère (Ca)	0 à 40	0 à 40	Plate	1x10 <sup>-7</sup> à 1 mol/L	2 à 12

6.07 Électrodes de référence	Longueur utile (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de la tige	Tête enfichable	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Diaphragme	Électrolytes de référence	Électrolyte intermédiaire	Débit (µL/h) pour KCl à 3 mol/L	Système de référence	Résistance de référence (kΩ) pour KCl à 3 mol/L
6.0724.140	43	12	8	20	Verre	B	0 à 80	0 à 80		variable		0		<1
6.0726.100	100	12	12	10	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Rodage	variable	variable	5 à 50	Fil Ag/AgCl	<3
6.0726.107	100	12	12	10	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Rodage	c(KCl) = 3 mol/L	c(KCl) = 3 mol/L	5 à 50	Fil Ag/AgCl	<3
6.0726.110	138	12	8	10	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Rodage	variable	variable	5 à 50	Fil Ag/AgCl	variable
6.0727.000	83	18	18		PTCFE	Broche de la fiche 2 mm			Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		0		<3
6.0728.000	28	15	7	3	PTCFE	Vis de blocage	0 à 60	0 à 60	Céramique	variable		1 à 2,5	Fil Ag/AgCl	<3
6.0728.000 +6.1245.000	58	18	9	3		Vis de blocage				variable				
6.0728.010	53	15	7	3	PTCFE	Vis de blocage	0 à 60	0 à 60	Céramique	variable		1 à 2,5	Fil Ag/AgCl	<3
6.0728.020	53	15	7	3	PTCFE	Vis de blocage	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		1 à 2,5	Fil Ag/AgCl	<3
6.0728.030	53	15	7	3	PTCFE	Vis de blocage	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		1 à 2,5	Système LL	<5
6.0728.040	53	15	7	3	PCTFE	Vis de blocage	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L (gel)		0	Système LL	<20
6.0728.120	53	15	7	3	PTCFE	Contact enfichable 5,5 mm	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		1 à 2,5	Fil Ag/AgCl	<3
6.0728.130	53	15	7	3	PTCFE	Contact enfichable 5,5 mm	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		1 à 2,5	Système LL	<5
6.0728.140	53	15	7	3	PCTFE	Contact enfichable 5,5 mm	0 à 60	0 à 60	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L (gel)		0	Système LL	<20
6.0728.010 -6.0728.140 +6.1245.010	65	15	5	3						variable				
6.0729.100	100	12	12	10	Verre	G	0 à 80	0 à 80	Rodage	variable	variable	5 à 50	Fil Ag/AgCl	<3
6.0729.110	138	12	12	10	Verre	G	0 à 80	0 à 80	Rodage	variable	variable	5 à 50	Fil Ag/AgCl	<3
6.0730.000	65	12	6	3	Verre	Vis de blocage	0 à 40	0 à 40	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	c(KCl) = 3 mol/L (gel)		Système LL	<20
6.0730.100	65	12	6	3	Verre	Contact enfichable 5,5 mm	0 à 40	0 à 40	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	c(KCl) = 3 mol/L (gel)		Système LL	<20
6.0733.100	125	12	12	10	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Céramique	c(KCl) = 3 mol/L		5 à 15	Système LL	<3
6.0736.110	178	12	6,4	10	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Rodage	variable	variable	5 à 50	Fil Ag/AgCl	<3
6.0750.100	125	12	12	1	Verre	B	0 à 80	0 à 80	Rodage fixe	c(KCl) = 3 mol/L (gel)	c(KCl) = 3 mol/L	3 à 30	Fil Ag/AgCl	<40

## Spécifications techniques

6.08-6.11 Électrodes en carbone, cellules de conductivité capteurs de température	Longueur de l'installation (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Diamètre à la base de la tige (mm)	Profondeur minimale d'immersion (mm)	Matériau de tige	Tête enfichable	Type	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)	Gamme de mesure	Capteur de température
6.0901.040	108	12	20	50	Verre	Câble fixe 2 x B (4 mm)	Pt platinisé	5 à 70	5 à 70	0,1 à 10000 µS/cm	
6.0901.260	125	12	20	80	Verre	Câble fixe 2 x B (4 mm)	Pt platinisé	5 à 70	5 à 70	10 à 1000000 µS/cm	
6.0908.110	123	12	12	40	Verre	Câble fixe 4 x B (4 mm)	Pt platinisé	5 à 70	5 à 70	1 à 100000 µS/cm	Pt 100
6.0910.120	120	12	12	16	Verre	G	Pt platinisé	5 à 70	5 à 70	1 à 100000 µS/cm	
6.0912.110	125	12	12	35	PP	Câble fixe 4 x B (4 mm)	Pt platinisé	5 à 70	5 à 70	1 à 100000 µS/cm	Pt 1000
6.0914.040	125	12	12	35	Acier inoxydable	Câble fixe 4 x B (4 mm)	Acier inoxydable	0 à 70	0 à 70	0 à 300 µS/cm	Pt 1000
6.0915.100	125	12	12	34	PEEK	Câble fixe, fiche N	5 anneaux, Pt	0 à 70	0 à 70	5 à 20000 µS/cm (idéale)	Pt 1000
6.0915.130	142	12	12	50	PEEK	Câble fixe, fiche N	5 anneaux, Pt	0 à 70	0 à 70	5 à 100000 µS/cm (ideal)	Pt 1000
6.0916.040	125	12	12	35	Acier inoxydable	Câble fixe, fiche N	Acier inoxydable	0 à 70	0 à 70	0 à 300 µS/cm	Pt 1000
6.0917.080	125	12	12	30	PEEK	Câble fixe, fiche O	4 broches, Pt	0 à 70	0 à 70	0,015 à 250 mS/cm	Pt 1000
6.0918.040	125	12	12	35	Acier inoxydable	Câble fixe, fiche O	Acier inoxydable	0 à 70	0 à 70	0 à 300 uS/cm	Pt 1000
6.0919.140	125	12	12	40	Verre	Câble fixe, fiche O	3 anneaux, Pt	0 à 70	0 à 70	0,1 à 1000 mS/cm	Pt 1000
6.0920.100	125	12	12	34	PEEK	Câble fixe, fiche N	5 anneaux, Pt	0 à 70	0 à 70	5 à 20000 uS/cm	Pt 1000
6.0920.130	142	12	12	50	PEEK	Câble fixe, fiche N	5 anneaux, Pt	0 à 70	0 à 70	5 à 100000 uS/cm	Pt 1000
6.1103.000	121	12	5	20	Verre	Câble fixe 2 x B (4 mm)		-50 à 100	-50 à 100	-50 à 100 °C	Pt 100
6.1110.010	120	12	5	20	Verre	Câble fixe 2 x B (2 mm)		-50 à 180	-50 à 180	-50 à 180 °C	Pt 1000
6.1110.100	125	12	5	20	Verre	G		-50 à 180	-50 à 180	-50 à 180 °C	Pt 1000
6.1110.110	178	12	6,4	20	Verre	G		-50 à 180	-50 à 180	-50 à 180 °C	Pt 1000
6.1111.120	90	12	5	20	Verre	G		-50 à 180	-50 à 180	-50 à 180 °C	Pt 1000
6.1114.010	140	12	3	10	PEEK	Câble fixe, fiche 2 x 2 B	Acier inoxydable	-50 à 100	-50 à 100	-50 à 100 °C	Pt 1000
6.1115.000	135	12	12	30	Verre	Câble fixe		0 à 40	0 à 40		

Pointe et microélectrodes RDE/RRDE (6.12, PT, RDE, RRDE)	Longueur (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Matériau de tige	Diamètre du disque (mm)	Matériau du disque	Largeur anneau (mm)	Matériau annulaire	Distance entre l'anneau et le disque (mm)	Connecteur	Gamme de température à court terme (°C)	Gamme de température à long terme (°C)
6.1204.130	52,5	7	PEEK	2	Ag				M3	0 à 40	0 à 40
6.1204.140	52,5	7	PEEK	2	Au				M3	0 à 40	0 à 40
6.1204.170	52,5	7	PEEK	3	Pt				M3	0 à 40	0 à 40
6.1204.180	52,5	7	PEEK	2	Ultra-Trace en graphite				M3	0 à 40	0 à 40
6.1204.190	52,5	7	PEEK	2	Pt				M3	0 à 40	0 à 40
6.1204.300	52,5	10	PEEK	3	GC				M4	0 à 40	0 à 40
6.1204.310	52,5	10	PEEK	3	Pt				M4	0 à 40	0 à 40
6.1204.320	52,5	10	PEEK	3	Au				M4	0 à 40	0 à 40
6.1204.330	52,5	10	PEEK	3	Ag				M4	0 à 40	0 à 40
6.1204.600	52,5	8	Verre	2	GC				M3	0 à 50	0 à 50
6.1204.610	52,5	8	Verre	1	Pt				M3	0 à 50	0 à 50
AG.100	52	2	Verre	0,1	Ag				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AG.25	52	2	Verre	0,025	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AG.30	52	2	Verre	0,03	Ag				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AG.300	52	2	Verre	0,3	Ag				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.10	52	2	Verre	0,01	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.100	52	2	Verre	0,1	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.200	52	2	Verre	0,2	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.25	52	2	Verre	0,025	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.300	52	2	Verre	0,3	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.40	52	2	Verre	0,04	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.50	52	2	Verre	0,05	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
AU.500	52	2	Verre	0,5	Au				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
GC.08	52	2	Verre	0,008	GC				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
IR.75	52	2	Verre	0,075	Ir				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PD.100	52	2	Verre	0,1	Pd				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PD.25	52	2	Verre	0,025	Pd				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PD.300	52	2	Verre	0,3	Pd				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PD.500	52	2	Verre	0,5	Pd				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.10	52	2	Verre	0,01	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.100	52	2	Verre	0,1	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.1000	52	2	Verre	1	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.20	52	2	Verre	0,02	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.200	52	2	Verre	0,2	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.25	52	2	Verre	0,025	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.300	52	2	Verre	0,3	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.50	52	2	Verre	0,05	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
PT.500	52	2	Verre	0,5	Pt				B (2 mm, fiche)	0 à 40	0 à 40
RDE.AG50	52,5	10	PEEK	5	Ag				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.AU50	52,5	10	PEEK	5	Au				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.BLANK	52,5	10	PEEK	5	vide				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.CU50	52,5	10	PEEK	5	Cu				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.GC50	52,5	10	PEEK	5	GC				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.PT50	52,5	10	PEEK	5	Pt				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.STEEL	52,5	10	PEEK	5	Acier inoxydable				M4	0 à 40	0 à 40
RDE.ZN50	52,5	10	PEEK	5	Zn				M4	0 à 40	0 à 40
RRDE.AUPT	51,5	11,5	PEEK	5	Au	0,375	Pt	0,375	M4	0 à 40	0 à 40
RRDE.GCPT	51,5	11,5	PEEK	5	GC	0,375	Pt	0,375	M4	0 à 40	0 à 40
RRDE.PTPT	51,5	11,5	PEEK	5	Pt	0,375	Pt	0,375	M4	0 à 40	0 à 40

# Spécifications techniques

128

Électrodes screen-printed et électrodes/micro-électrodes interdigitées	Matériau de l'électrode de travail	Dimensions de l'électrode de travail (mm)	Matériau de l'électrode auxiliaire	Configuration de la cellule	Taille du support (mm)	Matériau support	Pièces/boîte
110	Carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C110	Carbone	Diamètre 4	Carbone	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
150	Carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
6.1208.110	Carbone	Diamètre 4	Carbone	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
220AT	Or AT	Diamètre 4	Platine	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
220BT	Or BT	Diamètre 4	Or BT	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C220AT	Or AT	Diamètre 4	Or AT	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C220BT	Or BT	Diamètre 1,6	Or BT	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C223AT	Or AT	Diamètre 1,6	Or AT	1,6 d	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C223BT	Or BT	Diamètre 4	Or BT	1,6 d	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
250AT	Or AT	Diamètre 4	Platine	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
250BT	Or BT	Diamètre 4	Platine	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
6.1208.210	Or AT	Diamètre 4	Carbone	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
410	Co-phthalocyanine/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
550	Platine	Diamètre 4	Platine	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
6.1208.510	Platine	Diamètre 4	Carbone	« Immergé dans la solution »	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
610	Bleu de Meldola / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
710	Bleu de Prusse / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
F10	Ferrocyanure/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
810	Oxyde de ruthénium	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
910	Palladium	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C013	Argent	Diamètre 1,6	Carbone	1,6 d	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
110AGNP	Nanoparticules d'argent / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110BI	Oxyde de bismuth / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110CNF	Nanofibres de carbone / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110CNF-GNP	Nanofibres de carbone / or Nanoparticules / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110CNT	Nanotubes de carbone multifeuillet / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110CNT-GNP	Nanotubes de carbone multifeuillet / nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110CSQD	Quantum dots ZnS/CdSe/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110GNP	Nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110GNP-STR	Or nanostructuré modifié streptavidine / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110GPH	Graphène/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110GPH-GNP	Graphène / nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110GPHOX	Oxyde de graphène / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110MC	Carbone mésoporeux / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110NI	Oxyde de nickel / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110OMC	Carbone mésoporeux ordonné / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110PANI	Polyaniline/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110QD	Quantum dots CdSe / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110RGPHOX	Oxyde de graphène réduit / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110STR	Streptavidine/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110SWCNT	Nanotubes de carbone monofeuillet / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
110XTR	Extravidine/carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
4W110	Carbone	Diamètre 2,95	Carbone	4WE avec AUX et REF commune	38 x 20 x 1,0	Céramique	20 pièces
8W110	Carbone	Diamètre 2,95	Carbone	8WE avec AUX et REF commune	38 x 20 x 1,0	Céramique	20 pièces
8X110	Carbone	Diamètre 2,56	Carbone	Agencement de 8 cellules électrochimiques	34 x 79 x 1,0	Céramique	20 pièces
8X220AT	Or AT	Diamètre 2,56	Or	Agencement de 8 cellules électrochimiques	34 x 79 x 1,0	Céramique	20 pièces
8X550	Platine	Diamètre 2,56	Or AT	Agencement de 8 cellules électrochimiques	34 x 79 x 1,0	Céramique	20 pièces
96X110	Carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	4 cartes

Électrodes screen-printed et électrodes/microélectrodes interdigitées	Matériau de l'électrode de travail	Dimensions de l'électrode de travail (mm)	Matériau de l'électrode auxiliaire	Configuration de la cellule	Taille du support (mm)	Matériau support	Pièces/boîte
96X110CNT	Nanotubes de carbone multifeuillet / carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110CNT-GNP	Nanotubes de carbone multifeuillet / nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110GNP	Nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110GNP-STR	Or nanostructuré modifié streptavidine / carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110STR	Streptavidine/carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110SWCNT	Nanotubes de carbone monofeuillet / carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X110XTR	Extravidine/carbone	Diamètre 3	Carbone	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	2 cartes
96X220	Or	Diamètre 3	Or	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	4 cartes
96X550	Platine	Diamètre 3	Platine	96 cellules électrochimiques pour ELISA	74 x 110 x 5,0	Carte circuit imprimé	4 cartes
C1110	Carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	75 pièces
C1110AGNP	Nanoparticules d'argent / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110BI	Oxyde de bismuth / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110CNF	Nanofibres de carbone / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110CNF-GNP	Nanofibres de carbone / nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110CNT	Nanotubes de carbone multifeuillet / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110CNT-GNP	Nanotubes de carbone multifeuillet / nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110CSQD	Quantum dots ZnS/CdSe/carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110GNP	Nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110GNP-STR	Or nanostructuré modifié streptavidine / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110GPH	Graphène/carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110GPH-GNP	Graphène-nanoparticules d'or / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110GPHOX	Oxyde de graphène / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110MC	Carbone mésoporeux / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110NI	Oxyde de nickel / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110OMC	Carbone mésoporeux ordonné / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110PANI	Polyaniline / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110QD	Quantum dots CdSe / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110RGPHOX	Oxyde de graphène réduit / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110STR	Streptavidine / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110SWCNT	Nanotubes de carbone monofeuillet / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
C1110XTR	Extravidine / carbone	Diamètre 4	Carbone	2 WE avec AUX et REF commune	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
GLU10	Glucose	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	50 pièces
ITO10	ITO	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Plastique transparent	20 pièces
P10	PEDOT	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Plastique transparent	75 pièces
AUTR10	Or	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Plastique transparent	20 pièces
AL10	Aluminium	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
BI10	Bismuth	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
CR10	Chrome	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
CST10	Acier C	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
CU10	Cuivre	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
MO10	Molybdène	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
NI10	Nickel	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
PB10	Plomb	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces

## Spécifications techniques

Électrodes screen-printed et électrodes / microélectrodes interdigitées	Matériau de l'électrode de travail	Dimensions de l'électrode de travail (mm)	Matériau de l'électrode auxiliaire	Configuration de la cellule	Taille du support (mm)	Matériau support	Pièces / boîte
SB10	Antimoine	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
SN10	Étain	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
ST10	Acier	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
TA10	Tantale	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
TI10	Titane	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
W10	Tungstène	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	20 pièces
PW-AU10	Or	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Plastique blanc	20 pièces
TLFCL110	Carbone	12,6 mm <sup>2</sup>	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL110-CIR	Carbone	Diamètre 4	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL110S	Carbone	2 mm <sup>2</sup>	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL1110	Carbone	2 mm <sup>2</sup> x 2	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL210AT-CIR	Or AT	Diamètre 4	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL2222AT	Or AT	0,8 x 5 (externe) 0,4 x 5 (interne)	Or AT	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
TLFCL510-CIR	Platine	Diamètre 4	Carbone	Cellule à circulation, couche mince, intégrée	80 x 25 x 0,1	Céramique	10 pièces
SPESMIX	Mélange : carbone, or, platine	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	100 pièces
AUMIX	Or	Diamètre 4	Or	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	100 pièces
MEDIATORSPES	Mélange : co-phthalocyanine, bleu de Meldola, bleu de Prusse, Ferrocyanure / carbone	Diamètre 4	Carbone	Standard	34 x 10 x 0,5	Céramique	100 pièces
G-IDE222	Or	10 microns traits et espacement	Or	Interdigitée avec AUX et REF	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDE555	Platine	10 microns traits et espacement	Platine	Interdigitée avec AUX et REF	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDEAU10	Or	10 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDEAU5	Or	5 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDEPT10	Platine	10 microns traits et espacement	Platine	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDEPT5	Platine	5 microns traits et espacement	Platine	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDEMIX	Mélange : or, platine	5 et 10 microns traits et espacement	Mélange : or, platine	Interdigitée : concentrique; rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDECONAU10	Or	10 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version concentrique	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-IDECONPT10	Platine	10 microns traits et espacement	Platine	Interdigitée, version concentrique	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-MEA222	Or	Diamètre 3 mm / microperforations 10 microns	Or	Matrice de microélectrodes Interdigitées, diamètre 3 mm	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
G-MEA555	Platine	Diamètre 3 mm / microperforations 10 microns	Platine	Matrice de micro-électrodes Interdigitées, diamètre 3 mm	22 x 7,0 x 0,7	Verre	20 pièces
IDEAU200	Or	200 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Céramique	20 pièces
P-IDEAU100	Or	100 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Plastique transparent	50 pièces
PW-IDEPD100	Palladium	100 microns traits et espacement	Palladium	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Plastique blanc	50 pièces
PW-IDEAU100	Or	100 microns traits et espacement	Or	Interdigitée, version rectangulaire	22 x 7,0 x 0,7	Plastique blanc	50 pièces



[www.metrohm.com](http://www.metrohm.com)

