

3.3. Les capteurs d'humidité

3.3.1 Sélection du capteur d'humidité

Pour mesurer des grandeurs d'humidité, on utilise habituellement différentes méthodes:

Humidité de l'air:	Avantages	Inconvénients
Capteurs capacitifs	Le capteur s'utilise sans entretien sur de longues périodes même dans les températures négatives, indépend. de la pression atmos., fonctionne sous pression.	Sensible à la condensation et à certains milieux agressifs, stabilité de long terme limitée.
Psychromètres	Pas de vieillissement du capteur excepté salissure de la mèche, grande précision, grande qualité de mesure, s'utilise sans problème jusqu'à 100%hr dans tous les milieux.	Mesure limitée à long terme par la réserve d'eau et l'entretien de la mèche, difficulté d'utilisation aux températures négatives et basses humidités. Dépendant de la pression atmosphérique
Hygromètres	Technique simple et économique, même en ambiance sale, facile à nettoyer.	Précision limitée, plage de mesure réduite, mesure lente avec inertie.
Miroir de rosée	Grande précision, fiabilité et reproductibilité, grande plage de mesure. indépendant de la press atmos., accepte températures négatives	Technique fastidieuse, grand courant consommé, sensible aux saletés, inadapté aux mesures rapides de contrôle.
Sonde de rosée CCC* selon Heinze	Grande précision, fiabilité et reproductibilité, grande plage de mesure,	technique fastidieuse, non adaptée aux mesures rapides de contrôle. Pas pour tempér. négatives
Humidité des matériaux:		
Capteur d'humidité des matériaux di-électrique	technique simple et rapide, mesure de contact non destructrice. utilisation poss. sur long terme.	Précision limitée.
Capteur d'humidité des matériaux à conductance	technique simple et rapide	précision limitée. Piquage de sonde, seulement pour brèves mesures de contrôle.

Notions fondamentales de mesure de l'humidité

Dans l'atmosphère, l'humidité est toujours présente sous forme de vapeur d'eau. La proportion de vapeur d'eau peut avoir des niveaux très différents. La **pression de vapeur saturante** correspond, à une température d'air donnée, au dessus d'une surface d'eau plane, à la plus grande pression partielle de vapeur d'eau. Elle est fonction de la température, c'est pourquoi pour chaque température il existe une quantité maximum de vapeur d'eau pouvant être contenue dans un volume d'air donné. L'hygrométrie est indiquée soit en **humidité absolue**, soit en **humidité relative**:

L'**humidité absolue** est également appelé taux de vapeur d'eau. Elle indique le poids de vapeur d'eau contenu dans 1m³ de mélange de vapeur d'eau et d'air. 1m³ pouvant contenir une masse d'air différente en fonction de la pression et de la température, il est dans de nombreux cas plus simple de rapporter l'humidité absolue à 1kg d'air sec. Cette grandeur est appelée le rapport de mélange (RM).

L' **humidité relative** (HR) est le rapport entre la pression partielle de vapeur d'eau (PV) dans un mélange d'air et de vapeur d'eau, et la pression de vapeur saturante (PVS) à la température de l'air (TS). La température à laquelle apparaît l'état de saturation (PV=PVS, HR=100%) est appelé température de rosée (TR). Lorsque la température descend en dessous de celle-ci, la vapeur d'eau tombe sous forme de gouttelettes. L'enthalpie quant à elle, est la capacité thermique du mélange air-vapeur d'eau.

Pression de vap. saturante [mbar]:	$PVS = C1 \cdot \exp(C2 \cdot TS / (C3 + TS))$ C1=6.1078 mbar, C2=17.08085, C3=234.175 K
Humidité relative [%H]:	$HR = 100 \cdot PV / PVS(TS)$
Rapport de mélange [g/kg]:	$RM = 622 \cdot PV / (Pa - PV)$
Enthalpie [kJ/kg]	$h = 1.006 \cdot TS + 0.00186 \cdot RM \cdot TS + 2.5 \cdot RM$
Température de rosée [°C]:	$TR = C3 \cdot \ln(PV / C1) / (C2 - \ln(PV / C1))$ PV = Pression de vapeur d'eau [mbar] Pa = Pression atmosphérique [mbar]

Mesure d'humidité à l'aide des capteurs ALMEMO®:

Lors des mesures d'humidité avec les sondes ALMEMO®, les fonctions de mesure importantes sont automatiquement activées sur les appareils ALMEMO®. Il est possible de programmer sur 4 canaux les principales grandeurs pour l'humidité (température, humidité rel., point de rosée, rapport de mélange, pression de vapeur partielle ou enthalpie) pour les capteurs correspondants. Sur les psychromètres, la fonction compensation de pression atmosphérique est en outre activée.

3.3.2 Capteurs d'humidité capacitifs

3.3.2.1 Capteurs d'humidité capacitifs analogiques

Principe de mesure

Pour les capteurs capacitifs, on applique sur un substrat de verre une couche polymère sensible à l'humidité entre 2 électrodes de métal. Du fait de la prise d'eau correspondant à l'hygrométrie relative, la constante diélectrique se modifie et avec elle la capacité du condensateur à couche mince. Le signal de mesure est directement proportionnel à l'humidité relative et indépendant de la pression ambiante.

Capteur de mesure

Les capteurs d'humidité capacitifs FH A6x6 permettent de mesurer directement les grandeurs humidité relative et température. On en déduit d'abord la pression de vapeur partielle, donc le point de rosée et le rapport de mélange:

Pression de vapeur partielle [mbar]: $PV = HR/100 \cdot PVS(TS)$

Sur les capteurs standard FHA646-x, la compensation de température pour l'humidité s'effectue de façon passive (plage "°orH").

Selon le type d'appareil ALMEMO® et la version (pour tous à partir de 2003) il existe une plage de mesure supplémentaire "HcrH" pour les capteurs d'humidité ALMEMO® FHA646-xC, sur laquelle l'humidité est compensée de façon active sur la totalité de la plage de température d'utilisation (à l'aide du capteur CTN intégré).

Les grandeurs température ambiante TS, humidité relative HR, température de rosée TR et rapport de mélange RM sont déjà programmées sur 4 canaux pour les capteurs d'usine. Les grandeurs TS et HR sont placées sur les deux premiers canaux, les grandeurs calculées PV, TR, RM et h peuvent être placées sur la 3ème et la 4ème voie. A la sélection d'une grandeur calculée, température et humidité sont mesurées en continu afin de mettre à jour la valeur affichée.

Grandeur	Lib.	Plages ALMEMO®	Plage	Unité	
Température ambiante:	TS	-50.00 ... 100.00	°C	Ntc	°C
Humidité relative:	HR	0.0 ... 100.0	%rH	°orH	%H
Humidité rel. FHA646-xC:	RH	0.0 ... 100.0	%rH	HcrH	%H
Humidité rel. FHA646-R:	RH	0.0 ... 100.0	%rH	H rH	%H
Température de rosée:	TR	-25.0 ... 100.0	°C	F dt	°C
Rapport de mélange:	RM	0.0 ... 500.0	g/kg	F AH	gk
Press. de vap. partielle:	PV	0.0 ... 1050.0	mbar	H UP	mb
Enthalpie:	h	0.0 ... 400.0	kJ/kg	H En	kJ

La plus grande pression de vapeur (pression de vapeur saturante) étant dépendante de la température, l'humidité relative dépend également fortement de

la température. L'humidité relative croît lorsque la température décroît et chute lorsque la température croît.



Attendez lors de la mesure de l'humidité relative, que capteur d'humidité et milieu de mesure soient à la même température et se trouvent à l'état stabilisé. Des variations de température de seulement 1°C peuvent déjà fausser le résultat de mesure jusqu'à 6%.

Embouts filtre

Les capteurs d'humidité sont protégés contre les contraintes mécaniques et contre la saleté/la poussière par un embout de protection. Selon l'application, il existe en option différents types de filtres :

Type	Désignation	Taille des pores	Température max.	Application typique
ZB9600SK7	Filtre à grille métallique en boîtier PC	100 µm	120 °C	universel, pour encrassement moyen, supporte la forte humidité
ZB9600SK6	Filtre fritté PTFE	50 µm	180°C	haute résistance chimique
ZB9600SK8	Filtre fritté inoxydable	10 µm	180°C	pour forte contrainte mécanique, fort encrassement, grand débit d'air

Entretien et étalonnage

Les capteurs d'humidité capacitifs FH A6x6 sont construits de telle sorte qu'ils fonctionnent de manière fiable et sans erreur avec très peu d'entretien.

Suivez donc les précautions suivantes:



Les capteurs standard sont équipés en série de filtre antipoussière. L'emploi en atmosphère poussiéreuse salit les filtres. Changez en temps utiles les filtres sales sinon les temps de réponse ne cesseront de croître et des erreurs de mesure peuvent survenir.



ATTENTION à l'ouverture de l'embout de protection !

Ne touchez jamais au capteur d'humidité! En cas de destruction mécanique du capteur, vous ne pourrez bénéficier de la garantie.

Si vous employez longtemps le capteur à une hygrométrie importante (>90%RH) et que de l'eau se condense, il faut alors vous attendre à des mesures erronées voir même des dépassements de plage.



Dans un tel cas, laissez "déssecher" le capteur plusieurs heures à l'humidité la plus basse possible et dans un endroit ventilé.

Vérifier les sondes à intervalles réguliers, p. ex. une fois par an (selon l'application) et faites-les réétalonner le cas échéant.

Caractéristiques techniques:

Capteur d'humidité:	Capteur capacitif à film mince
Plage:	5 à 98 %hr
Température fonctionn.:	plage standard -20 à +80 °C FH A646-xC: -20 à +80 °C FH A646-R: -30 à +100 °C
Température nominale:	25 °C ± 3K
Ecart max. de linéarité:	± 2 %hr (5 à 98%hr) à Température nominale
Hystérésis max. :	1 % hr à Température nominale
Pression de service:	atmosphärischer Druck FH A646-7 à 16 bar
Capteur de température:	CTN type N (10kW à 25 °C)
Précision:	± 0.1 K (0 à 70°C)
Electronique:	
Conditions de stockage:	-20 à +85 °C, 0 à 90 %hr, sans condensation
Consommation:	env. 2 mA

Prolongateurs pour capteurs capacitifs d'humidité

Les capteurs d'humidité capacitifs sont généralement livrés avec un câble de capteur de 1,5 m. Mais selon le type, il est également possible de livrer d'usine un plus long câble de capteur (sur les FHA 646-Ex, FHA 646-AG, FHA 646-5x jusqu'à 30 m). Le type FHA 646-R ne peut être fourni qu'avec un câble haute température de 2 m.

Les prolongations jusqu'à 4 m s'effectuent sur tous les types FHA 646 à l'aide des prolongateurs passifs ZA9060VK (cf. 3.10).

Les prolongations jusqu'à 100 m s'effectuent à l'aide des prolongateurs ALMEMO® intelligents ZA9060VKC (cf. 3.10). Ces câbles conviennent au type FHA 646-ExC (plage "HcrH") et également au type FHA 646-E1 (plage "°orH" avec multiplexeur M4 C-B). Les capteurs FHA 646-x plus anciens avec la plage "°orH" peuvent également être employés si dans l'EEPROM du connecteur le multiplexeur est configuré en position M4 C-B (au moyen du logiciel AMR-Control, Programmation des points de mesure, Multiplexeur).

Avec le prolongateur intelligent ALMEMO®, les valeurs de correction d'humidité du connecteur du capteur sont automatiquement transférées à l'appareil ALMEMO®. Le capteur (sur place et avec un câble court) est ainsi facilement interchangeable et étalonnable.



Les capteurs à étalonnage multipoints sur les appareils V6 peuvent se raccorder sur le prolongateur intelligent à partir de la version R2E4.

La précision de la mesure d'humidité n'est pas influencée par la rallonge. Pour la mesure de température (avec le capteur CTN intégré), le prolongateur induit des écarts supplémentaires qui dépendent de la température mesurée et de la longueur du câble:

Température capteur CTN	Résistance capteur CTN	Erreur à 5 m	Erreur à 10 m	Erreur à 50 m	Erreur à 100 m
-20	97 080	0	0	0	0
0	32 650	0	0	0.01	0.02
25	10 000	0	0.01	0.03	0.06
50	3 603	0.01	0.02	0.09	0.18
70	1 752	0.02	0.04	0.21	0.42
100	678,3	0.06	0.13	0.65	01.03.10

Les valeurs indiquées sont des écarts types pour les câbles de section de conducteur 0,14 mm². Ce qui correspond pour une longueur de câble de 100 m env. à 25 Ohm de résistance de boucle en typique (= 2 conducteurs).

3.3.2.2 Capteurs numériques capacitifs d'humidité/température

Principe de mesure

Les signaux analogiques d'un capteur d'humidité capacitif polymère et d'une sonde de température sont traités par une puce couplée en direct et possédant des fonctions étendues.

Selon la version, ce capteur intègre la conversion analogique/numérique, un microcontrôleur pour la linéarisation, la compensation de température et les fonctions de calcul (point de rosée) ainsi qu'une interface série numérique en sortie.

Chaque sonde individuelle est étalonnée sur une référence ultra-précise (par ex. hygromètre à miroir de point de rosée).

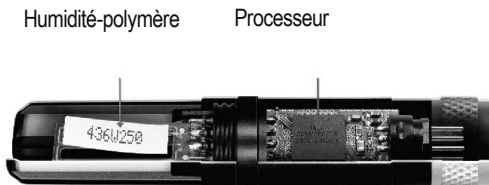
Les écarts de valeurs de mesure déterminés servent de valeur d'ajustage et sont mémorisées dans la puce du capteur.

3

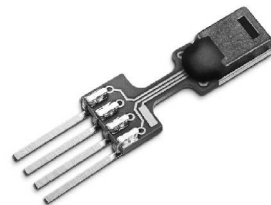
Avantages

Toutes les caractéristiques de compensation et de sonde étant mémorisées dans la puce de l'élément de la sonde ou du capteur et la transmission du signal étant numérique, le fonctionnement pratique offre d'énormes avantages :

- aucune erreur supplémentaire du fait de la conversion numérique-analogique dans le capteur et analogique-numérique dans l'appareil de mesure (comme pour les signaux de sortie analogique)
- grande reproductibilité des résultats de mesure
- grande stabilité à long terme
- facilité de remplacement sans nouvel ajustement ni perte de précision dans la chaîne de mesure
- Etalonnage d'usine ou raccordé COFRAC de l'élément de sonde ou du capteur individuel en pleine précision, indépendamment du câble de raccordement et de l'appareil ALMEMO®



Capteur d'humidité/température
de précision FHAD 36 RS



Élément de capteur
FHAD460

Choix du capteur d'humidité/température

	FHAD 46x	FHAD 36 RSx
description générale	capteur d'humidité/température	Capteur d'humidité/température de précision à grande plage de température d'utilisation
Domaine d'application	mesures climatiques, chauffage-ventilation-climatisation, entrepôts de denrées alimentaires, santé (services de don du sang, hôpitaux), climatisation des entrepôts, immotique, industrie papier, textile et pharmaceutique	mesures climatiques, chauffage-ventilation-climatisation, entrepôts de denrées alimentaires, santé (services de don du sang, hôpitaux), climatisation des entrepôts, immotique, industrie papier, textile et pharmaceutique
Plage d'utilisation humidité	5 ...98 % h. r.	0 ...100 % h. r.
Plage d'utilisation température sur sonde	sans capuchon de capteur : -20...+80°C avec capuchon de capteur : -20...+60°C	-50...+100°C
Plage d'utilisation température Partie électronique	-20...+80°C	dans le connecteur de capteur : -40...+100°C
Plage d'utilisation température sur couplage de connecteur ALMEMO®	-	-40...+90°C

	FHAD 36 RICx	FHAD 36 RHKx
description générale	capteur de température/humidité industriel	Capteur portable haute température
Domaine d'application	Mesure de procédé industriel et recherche, montage fixe	Mesures de contrôle en gaines d'air, sécheurs, enceintes climatiques et fours
Plage d'utilisation humidité :	0 ...100 % h. r.	0 ...100 % h. r.
Plage d'utilisation température sur sonde	-100...+200°C	+150°C max. si longueur de capteur 250 mm, +200°C max. si longueur de capteur 400 mm
Plage d'utilisation température Partie électronique	dans le connecteur de capteur : -40...+100°C	dans la poignée : -40...+85°C
Plage d'utilisation température sur couplage de connecteur ALMEMO®	-40...+90°C	-40...+90°C

Choix du filtre (protection sonde)**pour FHAD 46x**

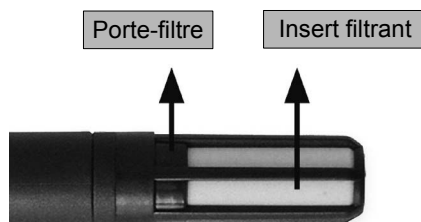
Pour sa protection, l'élément de sonde peut être intégré sous capuchon de capteur fendu, sans filtre supplémentaire (fig., autres variantes voir version module de mesure ALMEMO®-D pour humidité/température FHAD 46)

**pour FHAD 36 RSx**

En protection du polymère d'humidité et de la sonde de température, il existe un capuchon filtre constitué d'un porte-filtre à visser, en polycarbonate et différents inserts filtrants avec diverses spécifications (voir tableau 1 : types et caractéristiques des inserts filtrants) à l'unité :

3

Capuchon filtre	Référence
Porte-filtre polycarbonate avec insert filtre polyéthylène	ZB9636PE
Porte-filtre en polycarbonate avec insert en tissu acier inoxydable	ZB9636WM
Porte-filtre polycarbonate avec insert téflon	ZB9636TF

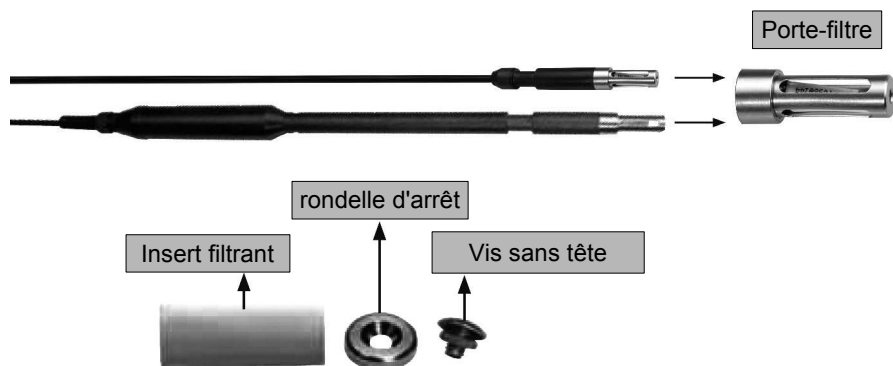


Les capteurs de température/humidité du type FHAD36RS sont livrés d'usine avec un capuchon filtre constitué du porte-filtre polycarbonate et de l'insert filtrant en polyéthylène !

pour FHAD 36 RICx, FHAD 36 RHKx

En protection du polymère d'humidité et de la sonde de température, il existe un filtre constitué d'un porte-filtre à visser (capot ajouré en laiton nickelé) et d'un insert filtrant avec différentes spécifications (voir tableau 1 : types et caractéristiques des inserts filtrants). L'insert filtrant est enfilé sur le porte-filtre, fixé avec une rondelle et sécurisé par une vis de blocage.

Insert filtrant	Référence
Insert filtrant tissu en acier inoxydable	ZB9636M15
Insert filtrant fritté inox	ZB9636S15
Insert filtrant téflon	ZB9636T15



Les capteurs de température/humidité du type FHAD36RICx et FHAD36RHKx sont livrés d'usine avec porte-filtre et un insert filtrant en tissu acier inox ! Dans les applications spéciales, il est possible de commander un autre insert filtrant (éléments livrés : insert filtrant, rondelle, vis de blocage)

Types et caractéristiques des inserts filtrants :

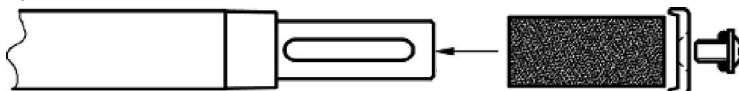
Matériau	Temp. max.	Instructions d'emploi
polyéthylène	100 °C	Matière de filtre recommandée pour toutes applications en-dessous de 100 °C. Bonne réaction et bonne protection aux particules fines de poussière. Pas d'absorption ni de rétention d'eau.
téflon	200 °C	bonne protection contre les particules fines de poussière et le sel (environnement marin). Réaction retardée modérée.
Tresse en fils inox DIN 1.4401 (V4A)	200 °C	Offre un temps de réaction des plus rapides. Non recommandé en environnement à particules de poussières fines (obstruction) ni environnement bioactifs.
Filtre fritté inox DIN 1.4401 (V4A)	200 °C	Bonne réaction aux faibles valeurs d'humidité. Ne pas utiliser dans les fortes humidités. Offre la meilleure protection contre les particules abrasives*.

* usure abrasive : enlèvement de matières sur les surfaces, par des milieux abrasifs

Entretien - Nettoyage et remplacement du filtre à poussière

En fonction des conditions de mesure, le filtre doit être contrôlé de temps à autre. Les filtres corrodés, colorés ou colmatés doivent être remplacés.

1. Sur les capteurs à insert filtrant interchangeable (**FHAD 36 RICx**, **FHAD 36 RHKx**) seul l'insert doit être remplacé (le support métallique reste sur le capteur).



2. Sur un capteur à capot ajouré en plastique (*FHAD 36 Rsx*) et une cartouche filtrante intégrée, il faut respecter les instructions suivantes :

- Dévisser le filtre du capteur et le sortir tout droit, aligné sur le capteur, ne pas l'accrocher alors sur la sonde d'humidité et température.
- Avant de visser un nouveau filtre anti-poussière, vérifier l'orientation des deux sondes par rapport au capteur. Les fils reliant les sondes au capteur sont très minces et se tordent facilement. Si nécessaire, corriger l'orientation en tapant très précautionneusement la sonde à l'aide d'un objet très doux (par ex. une baguette plastique) dans la position correcte. N'utilisez pas de pincette ou pince tranchante afin de ne pas endommager la sonde par inadvertance. Ne pas tirer trop fort sur la sonde.

Modèle capteur d'humidité-température FHAD 46x avec module de mesure ALMEMO®- D

Le raccordement sur appareils ALMEMO® s'effectue par câble de raccordement avec module de mesure ALMEMO®-D dans le connecteur.

Il est possible d'afficher 4 grandeurs climatiques dans des canaux de mesure individuels :

- ***Température, humidité relative, point de rosée, +1 canal de fonction rapport de mélange ou enthalpie***

Possibilité d'intégrer en plus dans le connecteur ALMEMO® à côté du module de mesure ALMEMO®-D une sonde de pression barométrique (caractéristiques techniques idem FDAD12SA) (option OAD946AP). Ce qui permet d'afficher les valeurs suivantes :

- ***Température, humidité relative, point de rosée, pression barométrique***

Des prolongateurs jusqu'à 100 m et différentes possibilités de raccordement sont disponibles, afin de s'adapter de façon optimale à l'application de mesure (voir manuel au chapitre 3.0.1 et sur le catalogue 2011/2012 en page 09.08). Possibilité de réaliser de courts prolongateurs à l'aide de câbles prolongateurs passifs jusqu'à 4 m (ZA 9060 VK1/2/4).



La somme des longueurs de câble de tous les prolongateurs passifs raccordés sur un même appareil de mesure ALMEMO® ne doit pas dépasser 4 m Pour les longueurs supérieures, selon l'environnement, le bus de données interne peut être sensiblement perturbé.

Par le câble de données USB avec alimentation (ZA1919DKUV), le module de mesure ALMEMO® peut se raccorder directement sur un PC.








L'élément de sonde se connecte par enfichage avec le câble de raccordement ALMEMO®-D. Ainsi les éléments de rechange économiques se remplacent facilement sur place par toute personne, sans perte de précision ni sans la moindre compensation.

Dans certaines applications (par ex. physique du bâtiment), il est nécessaire

de gainer les connexions des sondes à l'abri de l'humidité à l'aide de silicone et de gaine thermorétractable (option W). Cependant, l'élément de sonde n'est alors plus enfichable !



Un fonctionnement en mode veille possible uniquement avec les appareils à retard de veille (uniquement ALMEMO® 2590-2/3S/4S, 2690-8, 2890-9, 5690, 8590-9, 8690-9A, mise à jour éventl. nécessaire) !

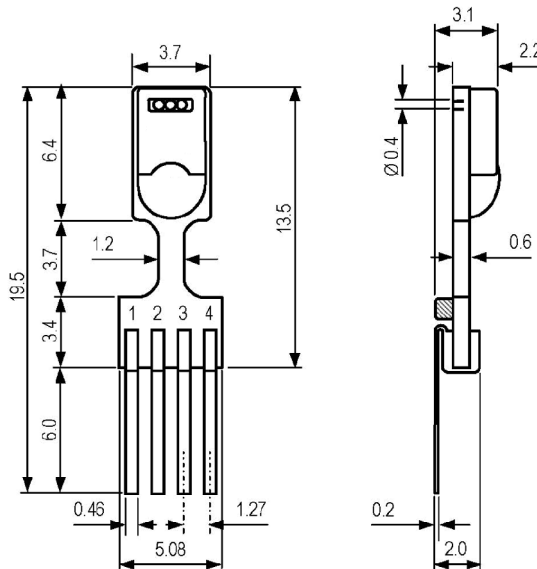
Modèle/forme	Description	Référence
 élément de capteur dénudé : petites dimensions, temps de réponse court	Module de mesure ALMEMO®-D pour humidité / température à élément de sonde numérique enfichable et non protégé, avec câble de racc. ALMEMO®-D, Longueur = 2 m Longueur = 5 m Longueur = 10 m	FHAD460 FHAD460L05 FHAD460L10
	Élément de capteur de rechange pour FHAD460, numérique, compensé	FH0D460
	option W : connexions capteur protégées contre l'humidité, élément de sonde n'est plus enfichable ! largeur 8 mm env.	OAD9460W
 élément de capteur intégré sous capuchon fendu : dimensions compactes, temps de réponse court	Module de mesure ALMEMO®-D pour l'humidité / température à élément de capteur numérique enfichable, sous capuchon de capteur fendu avec câble de racc. ALMEMO®-D, Longueur = 2 m Longueur = 5 m Longueur = 10 m	FHAD462 FHAD462L05 FHAD462L05
	Élément de capteur de rechange pour FHAD462 numérique, sous capuchon de capteur fendu, compensé Ø 8 mm, longueur 36 mm Raccord à enficher Ø 9 mm env.	FH0D462
	tronçon de câble ALMEMO®-D, longueur capuchon capteur comprise 80 mm env.	FHAD462L00
	Tube prolongateur Ø 8 mm, longueur 97 mm, enfichable pour FHAD462	ZB0D462VR
capteur de pression intégré dans le connecteur ALMEMO®	Plage de mesure : 700 à 1100 mbar Caractéristiques techniques idem FDAD12SA,	OAD946AP

Caractéristiques techniques :

Domaine d'utilisation :	
FHAD 460 :	-20...+80°C/ 5...98 % h.r.
FHAD 462 :	-20...+60°C/ 5...98 % h.r.
Circuit de mesure d'humidité	
Plage de mesure :	0 ...100 % h. r.
Capteur :	technologie CMOSens®
Durée de mesure/période de sortie :	3 s env.
Précision :	±1,8 % h.r. dans la plage 20...80 % h.r. à température nominale
Hystérésis :	±1 % h.r.
Température nominale :	25 °C ± 2 K
Pression de service du capteur :	pression atmosphérique
Temps de réponse T ₆₃ :	typique 10 s à 25°C, 1 m/s
Circuit mesure de température	
Capteur :	technologie CMOSens®
Durée de mesure/période de sortie :	3 s env.
Précision :	±0,3 K à 25°C, ±1 K (±1,2 K) dans la plage -20...+60°C (+80°C)
Reproductibilité :	±0,1 K
Temps de réponse T ₆₃ :	10 s typique
Câble	PVC, avec connecteur ALMEMO® D (longueurs voir sous Modèles)

3

Dimensions de l'élément de sonde



Modèle Capteur de température/humidité de précision FHAD 36 RSx, FHAD 36 RICx, FHAD 36 RHKx avec module de mesure ALMEMO®-D

Ces capteurs capacitifs d'humidité/température à processeur de signal intégré répondent à la classe de précision la plus élevée en mesure d'humidité.

Le raccordement sur appareils ALMEMO® s'effectue par câble de raccordement avec module de mesure ALMEMO®-D dans le connecteur.

Il est possible d'afficher 4 grandeurs climatiques dans des canaux de mesure individuels :

- **Température, humidité relative, point de rosée, +1 canal de fonction rapport de mélange ou enthalpie**

Possibilité d'intégrer en plus dans le connecteur ALMEMO® à côté du module de mesure ALMEMO®-D une sonde de pression barométrique (caractéristiques techniques idem FDAD12SA) (option OAD946RAP). Ce qui permet d'afficher les valeurs suivantes :

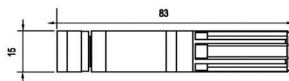
- **Température, humidité relative, point de rosée, pression barométrique**

Des prolongateurs jusqu'à 100 m et différentes possibilités de raccordement sont disponibles, afin de s'adapter de façon optimale à l'application de mesure (voir manuel au chapitre 3.0.1 et sur le catalogue 2011/2012 en page 09.08).








Un fonctionnement en mode veille possible uniquement avec les appareils à retard de veille (uniquement ALMEMO® 2590-2/3S/4S, 2690-8, 2890-9, 5690, 8590-9, 8690-9A, mise à jour éventl. nécessaire) !

1. FHAD 36 RSx



câble de raccordement avec module de mesure ALMEMO®-D dans le connecteur

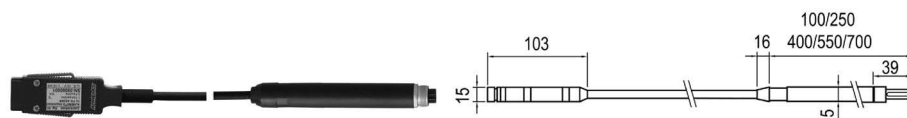
Capteur standard de température/humidité

Modèle/forme	Description	Référence
 	Capteur standard de température/humidité avec connecteur mâle et porte-filtre en polycarbonate et insert filtrant polyéthylène	FHAD36RS FHAD36RSL05
 	avec câble de raccordement et connecteur ALMEMO® D Câble de liaison longueur = 2 m Câble de liaison longueur = 5 m	
	Filtres supplémentaires voir sous "Choix du filtre (protection sonde)"	

Caractéristiques techniques FHAD 36 RSx :

Domaine d'utilisation :	-50...+100°C
Matière boîtier capteur :	polycarbonate
Temps de réponse T ₆₃ :	< 15 s à 1 m/s std
Accessoires :	équerre de maintien pour montage mural, voir catalogue 2011/12, page 09.05 Référence ZB9600W

2. FHAD 36 RICx





câble de raccordement avec module de mesure ALMEMO® -D dans le connecteur	câble capteur haute température et connecteur à enficher	capteur de température-humidité industrie
---	--	---

Modèle/forme	Description	Référence
	capteur de température-humidité industrie, avec porte-filtre, câble capteur haute température et connecteur à enficher	
	avec insert filtrant tissu en maille inox	
	avec câble de raccordement et connecteur ALMEMO® D	
	câble de capteur L = 2 m, câble de liaison L = 2 m câble de capteur L = 5 m, câble de liaison L = 2 m câble de capteur L = 2 m, câble de liaison L = 5 m câble de capteur L = 5 m, câble de liaison L = 5 m	FHAD36RIC102 FHAD36RIC105 FHAD36RIC102L05 FHAD36RIC105L05
	Inserts filtrant supplémentaires voir sous "Choix du filtre (protection sonde)"	


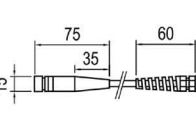
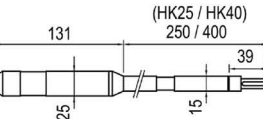
Caractéristiques techniques FHAD 36 RICx :



Domaine d'utilisation :	-100...+200°C
Longueur du capteur :	100 mm (longueurs 250/400/550/700 mm sur demande)
Matière boîtier capteur :	PPS
Porte-filtre :	Laiton nickelé
Insert filtrant :	filtre tissu en maille inox
Temps de réponse T ₆₃ :	< 10 s à 1 m/s std sans filtre

Accessoires :

 	<p>Raccord de montage pour capteur 15 mm : laiton nickelé, filetage M20x1,5, joint Viton®, jusqu'à 200°C Référence ZB9636KV</p> <p>Bride de montage : acier nickelé, diamètre 80 mm Référence ZB9636F</p>
---	---

3. FHAD 36 RHKx

		
câble de raccordement avec module de mesure ALMEMO® -D dans le connecteur	câble capteur et connecteur à enficher	Capteur à main de température-humidité

Modèle/forme	Description	Référence
	<p>Capteur à main, haute température avec porte-filtre, 2 m de câble de capteur et connecteur Plage d'utilisation jusqu'à 150°C, longueur du capteur = 250 mm Plage d'utilisation jusqu'à 200°C, longueur du capteur = 400 mm</p> <p>avec insert filtrant tissu en maille inox</p> <p>avec câble de raccordement et connecteur AL-MEMO® D, Câble de liaison longueur = 0,3 m,</p>	<p>FHAD36RHK25</p> <p>FHAD36RHK40</p>
	<p>Inserts filtrant supplémentaires voir sous "Choix du filtre (protection sonde)"</p>	

Caractéristiques techniques FHAD 36 RHKx :

Domaine d'utilisation :	-100...+150°C ou 200°C (voir les modèles)
Longueur du capteur :	250 mm ou 400 mm
Plage d'utilisation de l'électronique dans poignée	-40...+85°C
Matière boîtier capteur :	Canne : PPS, poignée : POM
Porte-filtre :	Laiton nickelé
Insert filtrant :	filtre tissu en maille inox
Temps de réponse T63 :	< 10 s à 1 m/s std sans filtre

Caractéristiques tech. communes FHAD 36 RSx, FHAD 36 RICx, FHAD 36 RHKx :

Domaine d'utilisation :	selon type de capteur, voir aussi sous "Choix du capteur d'humidité/température"
<i>Circuit de mesure d'humidité</i>	
Capteur :	capacitif
Plage de mesure :	0 ... 100 % h. r.
Ajustage :	à 23 °C et 10 %, 35 %, 80 % h.r.
Précision à 23°C :	±1,3 % h.r.
Répétabilité :	0,5 % h.r.
Stabilité de long terme :	< 1 % h.r. / an
<i>Circuit mesure de température</i>	
Capteur :	Pt100 1/3 classe B
Plage de mesure :	-100...200°C
Précision à 23°C :	±0,2 K
Répétabilité :	0,05°C
Stabilité de long terme :	< 0,1°C / an
Domaine d'utilisation de l'électronique :	dans le connecteur du capteur -40 à +100°C, sur capteurs à main dans poignée -40 à +85 °C
Tension d'alim capteur :	par appareil ALMEMO®, 12 mA env.
Connexion du capteur :	sur capteur / câble de capteur connecteur (matière : alu-anticorrosion, anodisé), IP65
Câble de raccordement ALMEMO® :	Couplage de capteur avec câble, longueur 2 ou 5 m ou 0.3 m sur les capteurs à main (matière TPU, -40...+90 °C) par connecteur ALMEMO® D
option OAD936RAP :	capteur de pression intégré dans le connecteur AL- MEMO®, Plage de mesure : 700 à 1100 mbar Caractéristiques techniques idem FDAD12SA, voir page 11.12

Étalonnage et vérification

Tant la sonde d'humidité et de température que l'électronique associée sont très stables et ne nécessitent aucun étalonnage après l'ajustement initial en usine.

Pour une précision maximum, l'étalonnage d'un capteur devrait être vérifié tous les 6 à 12 mois.

Les applications pour lesquelles le capteur est soumis à des impuretés peuvent rendre nécessaires des vérifications plus fréquentes.

De même pour les valeurs mesures non vraisemblable, il est recommandé de contrôler le capteur en usine.

Toutes les données de compensation et de sonde étant mémorisées dans le

capteur, les étalonnages d'usine ou raccordés COFRAC d'un capteur peuvent être effectués indépendamment du câble de raccordement et de l'appareil de mesure ALMEMO® sans influencer sur la précision de toute la chaîne de mesure.



Tous les modèles FHAD46x, FHAD36RSx, FHAD36RICx et FHAD36RHKx sont livrés avec certificat d'essai constructeur !

Directives pour obtenir de meilleurs résultats sur installation fixe

Installer le capteur en un lieu pour lequel les rapports d'humidité, de température et de pression sont représentatifs de l'environnement à mesurer.

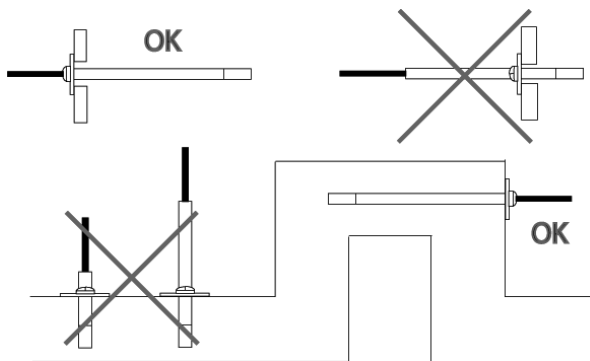
Eviter les ambiances suivantes :

- Capteur trop proche d'un corps de chauffe, serpentin de refroidissement, mur froid ou chaud, rayonnement solaire direct etc.
- Capteur trop proche d'injecteurs de vapeur, humidificateurs ou précipitations directe etc.
- Rapports de pression instables en cas de grandes turbulences atmosphériques.

Lors du montage mural du capteur, ne pas monter celui-ci directement au-dessus d'un élément exothermique de l'appareil comme le convertisseur de mesure ou la carte Ethernet (l'air chaud monte).

Si possible, choisir un endroit auquel un mouvement d'air correct est assuré sur le capteur : une vitesse d'air d'au moins 1 m/s accélère et facilite l'adaptation du capteur aux températures changeantes.

Lors du montage du capteur au travers d'un mur, plonger le capteur aussi loin que possible dans l'ambiance à mesurer.



- Disposer le capteur de sorte que de l'eau de condensation ne puisse se collecter dans la zone des lignes de raccordement. Installer le capteur de sorte que la pointe du capteur soit orientée vers le bas. Si cela n'est pas possible, l'installer en position horizontale.
- Selon le modèle du capteur, un support de capteur (bride de montage avec un pas de vis conique) peut faciliter le montage en traversée de cloison.
- Les opérations d'entretien peuvent être facilitées en préparant une ou-

verture d'entretien à côté du capteur. Lors de l'entretien, il est ainsi possible d'introduire aisément un capteur de référence (calibrateur). L'ouverture devrait avoir la même taille que celle à prévoir pour installer le capteur. Possibilité de monter un support pour le capteur de référence.

Directives pour obtenir de meilleurs résultats avec des capteurs à main

La source d'erreur la plus fréquente lors de la mesure de l'humidité relative est une différence de température entre le capteur et l'environnement.

Pour une humidité relative de 50 % hr, une différence de température de 1 °C engendre habituellement une erreur de quelques 3 % de l'humidité relative.

En utilisant un capteur d'humidité avec un appareil de mesure à main, une méthode éprouvée consiste à surveiller la stabilité en température sur l'afficheur. En déplaçant le capteur d'une zone à une autre, laisser suffisamment de temps au capteur pour qu'il s'adapte à l'environnement à mesurer. Dans des cas extrêmes, de la condensation peut se former sur les sondes lorsque le capteur est plus froid que l'ambiante.

Tant que le domaine d'humidité et de température admissible de la sonde est respecté, la formation de condensats n'a aucune incidence sur l'étalonnage de la sonde. La sonde ne fournit cependant à nouveau une valeur de mesure valable que lorsqu'elle est totalement sèche.

L'air immobile est un excellent isolant. Si l'air ne se déplace pas, des différences étonnantes peuvent survenir en température et en humidité même à de faibles distances. C'est pourquoi une ventilation forcée du capteur assurera en général des mesures rapides et exactes.

3.3.3 Les psychromètres

Principe de mesure

Un psychromètre est un appareil de précision équipé de deux capteurs de température précis pour la détermination de toutes les grandeurs d'humidité. L'un des capteurs est chaussé d'un bas en coton, maintenu humide en permanence par un réservoir d'eau et refroidi par un courant d'air. Lorsque le ventilateur intégré entre en service après branchement de l'alimentation, le capteur de température ainsi humidifié se refroidit d'une certaine valeur selon la température ambiante et l'humidité. De cette différence de température psychrométrique on déduit grâce à la formule de Sprung, la pression partielle de vapeur et donc toutes les grandeurs en relation avec l'hygrométrie:

Pression de vapeur partielle [mbar]: $PV = PVS(TH) - C \cdot Pa \cdot (TS-TH)$

(cf. 3.3.1) $C = 0.00066 \cdot (1 + 0.00115 \cdot TH)$

Pa = Pression atmosphérique [mbar]

Mesures

Les grandeurs humides ne peuvent être calculées correctement que si les deux températures sont acquises en permanence. Ceci s'obtient automatiquement sur les psychromètres CTN par scrutation alternée des deux capteurs CTN intégrés. Pour les capteurs Pt100, l'acquisition des deux températures doit être assurée par scrutation manuelle, cyclique ou en continu des points de mesure.

Les mesures correctes dépendent de la bonne manipulation du psychromètre. Suivez donc impérativement les précautions suivantes:

1. Une fois le ventilateur démarré, il faut attendre env. 20 à 30 s pour que le capteur de température humide doit refroidi. Les valeurs d'humidité ne seront stables que seulement après.
2. Assurez-vous que le capteur d'humidité soit toujours suffisamment humidifié. En cas de doute, contrôlez visuellement l'humidification du bas de coton ou de la mèche. Pour l'humidification de la mèche, n'utilisez toujours que de l'eau distillée. La mèche pourrait sinon s'entarter.
3. Seulement pour le psychromètre portable: Lors de la mesure, maintenez le capteur psychrométrique si possible de sorte que le réservoir d'eau se trouve sous le capteur et qu'aucune goutte d'eau supplémentaire ne se forme sur la mèche. Des gouttes sur le capteur sec ou dans le tube d'aspiration fausseraient le résultat de mesure.
4. Si la mèche ne prend plus l'eau (salissure ou dessèchement), changez le bas de coton.
5. La vitesse d'air à l'ouïe d'aspiration doit être d'au moins 2 m/s. Veuillez donc veiller à ce que l'aspiration d'air ne soit pas gênée.
6. Seulement pour le psychromètre portable: Lorsque le témoin BAT apparaît à l'afficheur, la tension d'alimentation du ventilateur ne suffit plus et il ne génère plus assez de vitesse d'air à l'ouverture d'aspiration. Remplacez la pile.
7. Évitez le réchauffement de la tête de mesure par des sources de chaleur externes ou par votre propre corps.

Compensation de pression atmosphérique

Dans le calcul de la pression de vapeur partielle et également du rapport de mélange, la pression atmosphérique actuelle P_a entre dans le résultat de mesure et elle y a une incidence non négligeable en fonction du niveau de la mer. C'est pourquoi la pression atmosphérique actuelle peut être saisie ou même mesurée pour la compensation (cf. 6.2.6). La saisie au clavier est décrite dans la notice d'utilisation de chaque appareil.

La gamme des capteurs ALMEMO® offre 3 psychromètres:

1. psychromètre portable à 2 CTN FN A846 (0...80°C), (eau non glacée)
2. psychromètre stationnaire à 2 CTN FN A846-3 (0...90°C), (eau non glacée)
3. psychromètre à 2 Pt100 FP A836-3 (0...90°C), (eau non glacée)

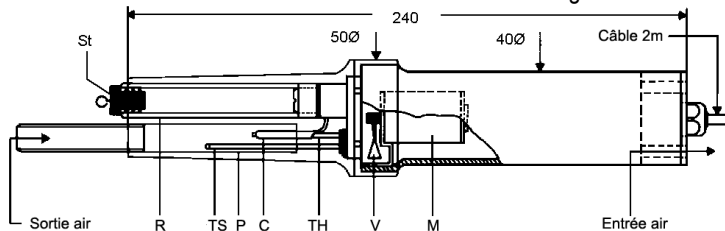
3

3.3.3.1 Psychromètre portable

Psychromètre CTN FNA846:

Le capteur de température sèche TS est réglé sur le premier canal de mesure et celui pour la température humide TH sur le deuxième canal. Les grandeurs calculées pression de vapeur PV, humidité relative HR, température de rosée TR, rapport de mélange RM et enthalpie h se programment sur tout canal en tant que plage de mesure, mais les deux premiers canaux doivent être occupés dans tous les cas (HR seule est impossible !)

Grandeur	Lib.	Plages de mesure ALMEMO®			Plage	Unité
Température sèche:	TS	-30.00 ...	100.00	°C	Ntc	°C
Température humide:	TH	-30.00 ...	100.00	°C	P Ht	°C
Température de rosée:	TR	-25.0 ...	100.0	°C	P dt	°C
Humidité relative:	HR	0.0 ...	100.0	% rH	P rH	%H
Rapport de mélange:	RM	0.0 ...	500.0	g/kg	P AH	gk
Press. de vap. partielle:	PV	0.0 ...	1050.0	mbar	P UP	mb
Enthalpie:	h	0.0 ...	400.0	kJ/kg	P En	kJ



Psychromètre portable FN A846

M = moteur

V = pale de ventilateur

T_s = capteur température sèche

T_H = capteur température humide

C = mèche en coton

P = protection rayonnement

R = réservoir d'eau

B = bouchon avec pointe de pression

Remplissage du réservoir d'eau sur le psychromètre portable

Pour humidifier le capteur de température hum des sondes psychrométriques, un réservoir d'eau est intégré. Celui-ci est rempli différemment selon les modèles.

1. Retirer le bouchon caoutchouc (B) et verser de l'eau distillée.
2. Refermer le réservoir avec le bouchon (fil tiré).
3. Retirer le capot plexiglas et mettre le capteur psychrométrique dans une position pour laquelle le réservoir est situé au-dessus des capteurs de température.
4. Tourner le réservoir vers la gauche (env. 2 à 3 mm), la mèche en coton est ainsi alimentée en eau. Lorsque le bas en coton a un aspect foncé et légèrement brillant, tourner le réservoir de 1 à 2mm vers la droite et ralentir ainsi l'adduction d'eau.
5. Mettre le psychromètre en position verticale et observer si une goutte d'eau se forme. Si cela est le cas, essuyez la goutte. Mais si une autre goutte vient à se former, tournez encore un peu vers la droite le réservoir.
6. Replacer l'embout plastique et effectuer la mesure.
7. Replacer après les mesures le fil dans le bouchon et tourner le réservoir de 1 à 2 mm vers la droite afin de limiter l'arrivée d'eau sur le bas coton.

Dans certaines conditions, l'eau peut croupir dans le réservoir. C'est pourquoi il faut nettoyer celui-ci env. toutes les 6 semaines. En cas de pauses d'exploitation prolongées ou pour le transport, vider le réservoir.

Remplacement de la mèche coton sur le psychromètre portable

Une mèche coton sale ou colmatée n'est plus humidifiée correctement et fausse la mesure. C'est pourquoi selon la quantité d'air et d'eau, elle doit être changée régulièrement.

1. Enlever le capot (plexiglas) du capteur psychrométrique.
2. Dévisser le réservoir.
3. Retirer du fond du réservoir la mèche coton avec les rondelles caoutchouc/plastique.
4. Enfiler la nouvelle mèche par le bout ouvert à travers les trous des rondelles caoutchouc et plastique.
5. Planter avec la pointe du capteur court à travers le trou, 3 cm avant la fin, de sorte qu'elle soit fixée sur l'endroit prévu. Poser enfin le bas coton avec les rondelles enfilées, sur le fond du réservoir d'eau.
6. Revisser le réservoir.

3.3.3.2 Psychromètres stationnaires FPA836-3; FNA846-3

Psychromètre Pt100 FPA836-3:

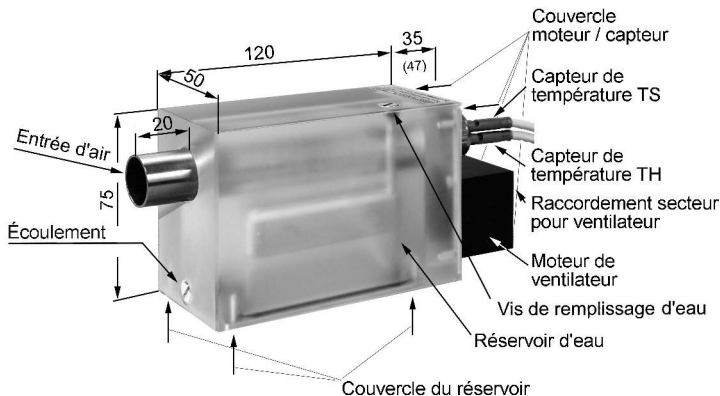
Sur tout appareil de mesure ALMEMO® à au moins 2 entrées on peut raccorder un psychromètre à capteurs Pt100 pour les températures sèches et humides. Toutes les plages de mesure psychrométriques pour déterminer les grandeurs d'humidité sont gérées. Les deux capteurs Pt100 doivent être placés l'un derrière l'autre et être sur la plage P204, les grandeurs d'humidité doivent être programmées sur le 2ème capteur, sur les canaux 2 à 4:

Capteur	PtM	Plage	Grand.	Signification
Pt100	Mx:	P204	TH	température humide en °C *)
Pt100	Mx+1: 1er canal	P204	TS	température sèche en °C *)
	2è canal	P rH	HR	humidité relative en %H
	à	P dT	TR	température de rosée en °C
	4è canal	P AH	RM	rapport de mélange en g/kg
		P UP	PV	pression de vap. part. en mbar
		P En	h	enthalpie en kJ

*) Ne pas intervertir les capteurs de température sèche et humide!

Programmation du psychromètre CTN FNA846-3:

La programmation s'effectue comme sur le psychromètre portable, au sous-chapitre 3.3.3.1 Programmation du psychromètre CTN FNA846 en page 3-3-6.



Remplissage du réservoir d'eau sur les psychromètres en poste fixe (stationnaires):

1. Retirer la vis de remplissage en eau
2. Remplir le réservoir avec de l'eau distillée, à l'aide de la pissette fournie.
3. Revisser la vis et effectuer une mesure.

Dans certaines conditions, l'eau peut croupir dans le réservoir. C'est pourquoi il faut nettoyer celui-ci env. toutes les 6 semaines. En cas de pauses d'exploitation prolongées ou pour le transport, vider le réservoir.

Remplacement de la mèche sur les psychromètres stationnaires

Une mèche coton sale ou colmatée n'est plus humidifiée correctement et fausse la mesure. C'est pourquoi selon la quantité d'air et d'eau, elle doit être changée régulièrement.

1. Vider le réservoir (cf. ci-dessus)
2. Dévisser la plaque couvrant le réservoir d'eau
3. Dévisser la plaque support de capteur/moteur et retirer l'ancienne mèche du capteur TH
4. Insérer la nouvelle mèche côté réservoir dans le tube du psychromètre et la tirer par le capteur TH
5. Revisser la plaque support de capteur/moteur
6. Tirer fermement la mèche côté réservoir, visser la plaque couvrant le réservoir et remplir celui-ci.

Caractéristiques techniques

	FN A846	FN A846-3	FP A836-3
Plage de mesure d'humidité:	10 à 100% hr		
Précision aux conditions nominales	±1 %hr		
Capteurs de température:	2 x CTN type N (10 k à 25°C)		2 x Pt100
Précision:	0 à 70 °C ±0.1°C, 70 à 90°C: ±0.4°C		PT100 selon DIN/CE 751
Température:	0 à +60°C	0 à +90°C	
Reproductibilité:	< 1% hr		
Conditions nominales:	25°C ±3°C, 1013 mbar, 50% hr		
Vitesse d'air:	env. 2.5 m/s		
Tension de service:	9 V CC par l'appareil ALME-MO®	12 V CCpar bloc alim. externe ZB3090NA (en option : prolongateur adaptateur secteur 5 m ZB5090VK05)	
Consommation	env. 10 mA	env. 40 mA	
Dimensions, boîtier:	50 mm Ø, longueur 245 mm plastique	175 x 50 x 75 mm plastique	
Masse:	env. 300 g	env. 890 g	

3.3.4 Capteurs d'humidité des matériaux

Notions fondamentales de mesure d'humidité des matériaux

L'humidité des matériaux joue un grand rôle dans le traitement des matériaux de construction, le bois, le papier ainsi que dans l'évaluation des qualités des sols. Elle peut se déterminer à l'aide de très nombreux procédés de mesure d'humidité. Les principaux s'énumèrent comme suit :

Procédés de mesure directs :	Procédés de mesure indirects :
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse thermogravimétrique • Procédé au carbure de calcium (analytique) • Méthode de Karl Fischer 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode de mesure par micro-onde • Réflexion/absorption infrarouge • Méthode de compensation d'humidité de l'air • Mesure d'humidité par réflectométrie temporelle (vitesse de propagation d'onde) • Tensiomètre (humidité des sols, capillarité dans le sol) • Procédés capacitifs • Méthode de mesure de la conductivité

3

Les méthodes de mesure capacitives et de conductivité conviennent particulièrement pour les mesures comparatives rapides. Les différences d'humidité peuvent être déterminées sans destruction et les zones à problème être ainsi identifiées rapidement. Les valeurs de mesure sont cependant fonction de différents facteurs. En particulier les variations de densité, les différents matériaux constitutifs, variations de concentration saline ou épaisseur de la couche influent sur le résultat de la mesure. C'est pourquoi les valeurs de mesure ne doivent normalement pas être interprétées comme valeurs absolues, sauf si l'on utilise toujours le même matériau et que l'on effectue une mesure de référence pour étalonnage.

L'humidité du matériau peut s'exprimer par différentes valeurs caractéristiques :

– taux d'humidité ou teneur en eau

Il s'agit du rapport entre la masse de l'eau contenue dans le matériau et la masse du matériau sans eau

Formule :
$$u_m = \frac{m_w}{m_{tr}} = \frac{(m - m_{tr})}{(m - m_w)}$$

– pourcentage d'humidité ou teneur en eau

Il s'agit du rapport entre la masse de l'eau contenue dans le matériau et la masse totale du matériau

Formule :
$$\Psi_m = \frac{m_w}{m} = \frac{(m - m_{tr})}{(m_w + m_{tr})}$$

– taux d'humidité rapporté au volume

Il s'agit du rapport entre le volume de l'eau contenue dans le matériau et le volume du matériau sans eau

Formule : $u_v = \frac{V_w}{V_{tr}} = \frac{m_w}{V_{tr}} = u_m * \rho_{tr}$

– pourcentage d'humidité rapportée au volume

Il s'agit du rapport entre le volume de l'eau contenue dans le matériau et le volume total du matériau

Formule : $\Psi_v = \frac{V_w}{V} = \frac{m_w}{V} = \Psi * \rho$

Pourcentage de matière sèche

C'est le rapport entre la masse sèche et la masse totale

Formule : $T = \frac{m_{tr}}{(m_{tr} + m_w)} = 1 - u_m$

m_e	= masse de l'eau
m_s	= masse du matériau exempt d'eau (masse du matériau sec)
m	= masse totale de l'échantillon (masse du matériau humide)
V_e	= volume de l'eau
V_s	= volume du matériau exempt d'eau (volume du matériau sec)
V	= volume total de l'échantillon
ρ	= densité de l'échantillon
ρ_s	= densité de l'échantillon sec

Normalisation

Pour des mesures absolument exactes, la **méthode de l'armoire séchoir ou de la dessiccation** est incontournable. On prélève un échantillon de matière, que l'on pèse et que l'on sèche en séchoir jusqu'à ne plus pouvoir constater de variation de poids. De la différence de poids, on peut alors déduire le taux d'humidité. Selon la nature du matériau, différentes méthodes de calcul peuvent être employées :

bois (DIN 52183) :	$u = 100\% * (MH - MS) / MS$
matériaux minéraux (NF EN ISO 12570) :	$u = 100\% * (MH - MS) / MS$
papier et carton (NF EN 20287) :	$u = 100\% * (MH - MS) / MH$
cuir (DIN 53304) :	$u = 100\% * (MH - MS) / MH$

MH = masse humide ; MS = masse sèche

Calcul du taux d'humidité massique dans les matériaux de construction

$$u_m \text{ in } \% = \frac{(m_f - m_{tr})}{m_{tr}} * 100$$

$$u_m \text{ in } \% = \frac{f_v}{\rho} * 1000$$

u_m = taux d'humidité massique du matériau en [%]

u_v = taux d'humidité volumique du matériau en [%]

m_h = masse du matériau humide en [kg]

m_s = masse du matériau sec en [kg]

ρ = densité brute du matériau en [kg/m³]

3

La densité brute (ρ) désigne le rapport entre la masse d'un matériau par rapport à son volume, pores intrinsèques et cellulaires compris. La densité brute est l'une des plus importantes caractéristiques pour juger de la tenue, de la conductivité thermique et de la perméabilité à l'eau et autres dans les matériaux.

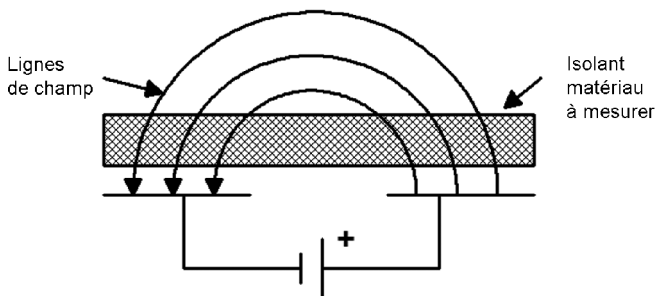
3.3.4.1 Sonde d'humidité capacitive

pour matériaux minéraux, bois, papier et carton

Principe de mesure

Le capteur d'humidité des matériaux ALMEMO® FHA696-MF utilise la grande constante diélectrique de l'eau ($\epsilon_r=80$) pour déterminer en une seconde l'humidité dans les matériaux de construction minéraux, le bois, le papier et le carton. Un champ électrique à hautes fréquences pénètre le matériau à mesurer et génère par mesure de la capacité (condensateur ouvert) un signal de tension proportionnel à l'humidité du matériau.

La profondeur de pénétration du champ de mesure dans le matériau mesuré vaut env. 25 mm, l'humidité des couches plus profondes étant aussi prise en compte.



Sonde d'humidité des matériaux ALMEMO®

La sonde FH A696-MF se connecte simplement sur un appareil de mesure ALMEMO® et elle est tout de suite opérationnelle. Les longs préparatifs de mesure ne sont pas nécessaires. On applique simplement la sonde à la surface de l'échantillon et l'on peut lire immédiatement l'humidité. Afin d'obtenir la plus grande précision possible, on peut régler chaque matériau sur l'appareil ALMEMO®.

Sélection du matériau

3 voies de mesure sont aménagées, compensées individuellement et affectées d'une unité caractéristique pour les matériaux suivants:

Voie de mesure	Résolut.	Unité	Plage	Exp.	Base
1. Matériaux minéraux	0.1 %	B%	d2600	3	cf. matériau
2. Types de bois	0.1 %	H%	d2600	3	cf. matériau
3. Papier et carton	0.1 %	P%	d2600	3	cf. matériau

Il existe pour chaque nature de matériau une série de groupes de matériaux identifiés par un décalage (offset) spécifique. Ce décalage doit être saisi dans l'appareil de mesure comme valeur de BASE en fonction de la table suivante:

Matériaux minéraux:

Groupe	Matériau	Base
B1	ytong	0.0
B2	brique, enduit, faïence murale	2.5
B3	sable, ciment, plaques d'éternit, plaques de plancher, plâtre anhydre (à planchers)	5.0
B4	chape ciment, béton	6.0
B5	marbre	7.0

Essences de bois:

Groupe	Matériau	Base
H1	balsa	0.0
H2	abachi, samba	1.0
H3	épicéa, gabon, ilomba, lauan, méranti clair, orégon, peuplier, pin rouge, sapin	2.0
H4	pin de Caroline, pin sylvestre, limba, tilleul, marronnier d'Inde, saule argenté, cèdre	3.0
H5	érable, bouleau, hêtre, frêne, cerisier, noyer, pin d'Amérique, chêne rouge, ramin, sipo, teck, orme	4.0
H6	pommier, poirier, chêne pédonculé et chêne rouvre, zebano, méranti foncé, merbau, padouk, charme	5.0
H7	panneau fibres dur, jarrah, keruing, macore, mahagoni, red balau, wenge	6.0
H8	bongossi, cocobolo, ébène, bois de lettres Pour ce groupe, il faut également changer la pente à 0.9 en plus de changer la base !	7.0

Papier et carton:

Groupe	Matériau	Base
P1	papier filtre, papier soie	2.0
P2	pâte mi-chimique, papier crêpe, papier gris, couv. spéciale	2.5
P3	papier d'emballage, papier cannelure	3.5
P4	papier kraft	4.5
P5	papier offset	5.5

Programmation de la base

La programmation s'effectue selon le schéma suivant:

1. Sélectionner à l'aide de la touche de sélection de point de mesure, l'un des trois canaux pour le type de matériau désiré (p. ex. canal 2 avec H% pour les bois).
2. Sélectionner la fonction BASE.
3. Programmer la valeur désirée pour la base. La saisie d'une correction de pente s'effectue selon le même schéma (p. ex. 0.9 pour le groupe H8).

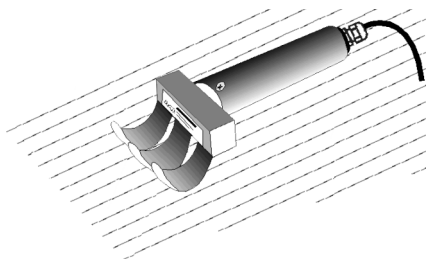
Correction du zéro

Les conditions environnementales influençant fortement la mesure capacitive de l'humidité des matériaux, il est recommandé de contrôler le zéro avant chaque mesure et au besoin de le corriger.

1. Maintenir la sonde à l'air libre. L'appareil doit afficher la BASE réglée comme valeur mesurée négative.
2. Si cela n'est pas le cas, appuyez successivement sur les touches ENTRÉE, ± afin de corriger la valeur mesurée.

Exécution de la mesure

1. Mettre l'appareil sous tension.
2. Régler avec la touche de commutation de canal le type de matériau: construction B%, bois H% ou papier P%.
3. Pour changer de groupe de matériau, saisir la BASE et éventuellement la CORRECTION DE PENTE en conséquence.
4. Contrôler le zéro et le corriger le cas échéant.
5. Placer la sonde avec les capteurs de sorte que sur le matériau, la mesure s'effectue transversalement à la structure du matériau (p. ex. fil du bois).



Pour mesurer, saisir la poignée plastique (afin d'éviter une incidence de la mesure, ne pas approcher la main de la tête de la sonde ni la toucher).

6. Lire la mesure. Pour garder la valeur maximale, la fonction VALMAX de l'appareil peut être utile.

Matériaux minces

Pour les matériaux plus minces que 25 mm (contreplaqué, placoplâtre, papier), la sensibilité de la sonde est trop faible (c.-à-d. que la mesure est trop basse). Il est cependant possible de procéder à des mesures comparatives et détecter les matériaux trop mouillés. Afin de déterminer exactement l'humidité dans des matériaux minces, il faut mesurer sur le tas ou sur le rouleau. Éviter les plaques métalliques en assise, car la mesure sera faussée par l'effet en profondeur.



Les matériaux ayant des facteurs comme l'épaisseur de la couche, l'épaisseur du matériau, les circonstances de séchage variables pour chaque application, il n'est jamais possible de déterminer exactement la teneur effective en humidité d'un matériau sur une grande surface. Du fait des conditions locales les plus diverses, que nous ne connaissons pas, nous ne saurions être tenus responsables des dommages qui en découleraient.

Vérification des sondes

Pour vérifier le bon réglage de la sonde, il existe 2 modules d'ajustage:

- ZB9696-PE05 pour le canal matériau de construction
- ZB9696-PE30 pour le canal bois et papier

Ils sont constitués d'un plastique dont la caractéristique diélectrique entre 0°C et +30°C reste constante pendant des années.

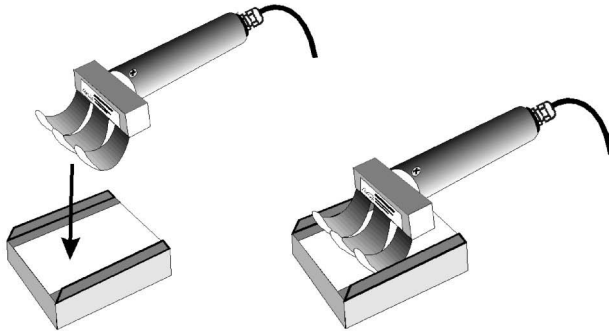
Conditions de vérification

La vérification des sondes à l'aide du module d'ajustage ne devrait être effectuée qu'en local fermé à température ambiante comprise entre 15°C et 25°C. Appareil de mesure, sonde raccordée et module d'ajustage doivent être entreposés dans cette pièce pendant au moins 1 heure avant de pouvoir procéder à la vérification. La sonde doit être propre et sèche.

3

Instructions d'ajustage

1. Effacer les valeurs de base programmées
2. Poser le module d'ajustage sur une table, face aluminium vers le bas.
3. Pour la mesure du zéro, tenir la sonde en l'air. La tension de sortie correspondante est mesurée. Si l'appareil indique une autre valeur que zéro, appuyez successivement sur les touches ENTRÉE, ±, afin de corriger la valeur mesurée.
4. Appuyer la sonde comme le montre la figure sur le module d'ajustage (force de pression env. 10N). (Pour la mesure, voir remarque page 3-3-16)



5. La tension de sortie apparaissant maintenant, à laquelle on déduit la valeur du zéro déterminée, donne une mesure de la sensibilité de la sonde.
6. Si la base est effacée, les valeurs de contrôle suivantes doivent être affichées lors de l'application de la sonde:

Sur le 1er canal Matériaux minéraux sur bloc test	PE05: 9.0 B%
2ème canal Types de bois	sur bloc test PE30: 12.0 H
% Sur le 3ème canal Papier et carton	sur bloc test PE30: 8.5 P
%	
7. Si la valeur de contrôle s'écarte grossièrement de la consigne, vous pouvez alors saisir avec la fonction correction de pente (CP) le facteur de correction ou bien l'étalonnage peut être réeffectué en usine.

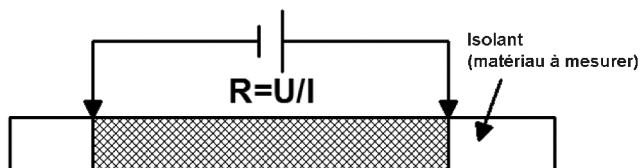
Caractéristiques techniques

Procédé de mesure:	capacitif (Sté Doser)
Plage:	Min. 0 à 20 % d'humidité des matériaux 0 à 50 % d'humidité des bois 0 à 20 % d'humidité des papiers
boîtier:	poignée plastique 40mm \varnothing , longueur 130mm
Bloc de connexion:	aluminium/plastique 20 x 25 x 70mm
Peigne de mesure:	acier à ressorts antirouille 0.5mm, 70 x 35mm
Masse:	260 g
Température nominale:	15 à 25°C
Plage d'utilisation:	0 à +60 °C
Température stockage:	-20 à +80 °C
Signal de sortie:	0 à 2V
Tension d'alimentation:	+8 à +12V
Consommation:	env. 7 mA

3.3.4.2 Capteur à conductance spécial humidité du bois

Principe de mesure

La sonde ALMEMO® FH A636-MF pour l'humidité du bois fonctionne sur le principe de la conductance. On utilise ici la dépendance de la résistance électrique à l'humidité pour déterminer l'humidité du matériau. La résistance électrique est mesurée au moyen des électrodes en fil taillées en pointe et enfoncées dans le bois.



Le microprocesseur intégré dans la poignée de la sonde calcule alors l'humidité du matériau en pourcentage du poids.

Capteur ALMEMO®

La sonde d'humidité du bois ALMEMO® FH A636-MF détermine en une seconde l'humidité du bois dans la plage de 7 à 30%. La sonde est constituée d'un boîtier rond en plastique noir sur lequel sont montés deux pinces de serrage. Les longs préparatifs de mesure ne sont pas nécessaires. La sonde se connecte simplement sur un appareil de mesure ALMEMO® et elle est tout de suite opérationnelle.

Grandeur mes.	Plage de mesure	Résolut.	Unité	Plage	Exp.
Humid. bois	7.0 à 30.0	0.1 %	%	d2600	3

Exécution de la mesure

Il faut veiller à ce que lors de la mesure, les électrodes soient enfoncées dans le matériau à mesurer.

1. Enfoncer les électrodes de la sonde dans le matériau de sorte que sur le matériau, la mesure s'effectue transversalement à la structure du matériau (p. ex. fil du bois).
2. Mettre l'appareil sous tension.
3. Lire la mesure. Pour garder la valeur maximale, la fonction VALMAX de l'appareil peut être utile.



Afin d'éviter les erreurs de mesure en humidité de surface, il existe des pointes de mesure à isolation au Téflon : 1 unité ZB9636MFST (chaque sonde nécessite 2 unités)

3

Remplacement des électrodes

Il faut pour remplacer les électrodes, maintenir le mandrin à l'aide d'une clé plate (ouverture 7 mm). A l'aide d'une deuxième clé plate (ouverture 7mm) il est maintenant possible de desserrer l'écrou. On évite ainsi de tourner le mandrin et d'endommager le manche de la sonde. On peut maintenant changer les électrodes. Lors du resserrage de l'écrou, il faut de nouveau veiller à ce que le mandrin ne tourne pas dans le boîtier.

Etalonnage de la sonde

1. Tenir la sonde en l'air (pas de matériau sur les électrodes) et déterminer la valeur de contrôle. La consigne vaut pour les mesures dans l'air 7.0%.
2. Pour l'étalonnage, raccorder la résistance étalon de 1 GW et déterminer la valeur de contrôle. La consigne vaut avec résistance de référence 12.0%
3. Si la valeur de contrôle s'écarte grossièrement de la consigne, vous pouvez alors saisir avec la fonction CORRECTION DE PENTE (CP) le facteur de correction ou bien l'étalonnage peut être réeffectué en usine.

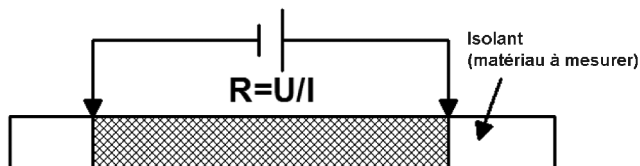
Caractéristiques techniques

Principe de mesure:	à conductance
Plage:	Humidité du bois 7 à 30 %
Boîtier:	poignée plastique 40mm Ø, longueur 130mm
Pointes de mesure:	acier antirouille, non isolé, 3 mm Ø, longueur 50 mm
Masse:	260 g
Fidélité:	± 1%
Température nominale:	23°C ±2°C
Tempér. d'utilis./stockage:	de 0 à +60 °C / de -20 à +80 °C
Signal de sortie:	de 0 à 2V
Tension d'alimentation:	de 7.5 à +12 V
Consommation:	max. 10 mA

3.3.4.3 Sonde d'humidité du bois pour mesures sur le long terme

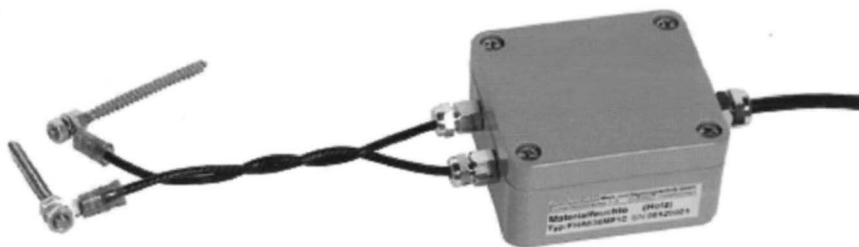
Principe de mesure

La sonde ALMEMO® d'humidité du bois fonctionne sur le principe de la conductivité. On exploite alors la dépendance de l'humidité à la résistance électrique pour déterminer l'humidité du matériau. La résistance électrique est mesurée sur les vis inox double filet fournies, vissées dans le bois.



Le microprocesseur intégré dans le boîtier électronique en déduit l'humidité du bois en pourcentage du volume.

Modèle de sonde d'humidité du bois ALMEMO® FHA 636 MF 10



L'électronique de la sonde actionne le courant de mesure en fonction du temps (fonctionnement périodique) et empêche ainsi la salinisation ou dessèchement du matériau.

Après activation de la tension d'alimentation, la première valeur de mesure correcte est obtenue en sortie au plus tard 10 secondes après et la mesure est actualisée en continu pendant 2 minutes. Ensuite la dernière valeur mesurée est conservée, jusqu'à ce qu'après un temps de pause (env. 120 minutes, courant de mesure coupé), une nouvelle mesure soit effectuée et que la nouvelle valeur mesurée soit sortie.

La tension d'alimentation provient de la centrale d'acquisition ALMEMO® raccordée.

Utilisation et montage

Le capteur est conçu pour les surveillances à long terme de l'humidité du bois dans les constructions en bois des bâtiments (par ex. constructions de toiture en poutres lamellé-collé) et se connecte sur toute centrale d'acquisition ALMEMO®.

Les deux vis inox M4 double filet se vissent à distance de 2.5 cm dans le bois, transversalement au sens des fibres du bois.



Impossible de faire fonctionner l'appareil en mode VEILLE !

Caractéristiques techniques

Principe de mesure :	Principe de la conductance
Plage de mesure :	humidité 5 à 50 % (env.. 100 GΩ à 10 kΩ)
Boîtier :	boîtier métallique, L 65 x P 60 x H 35 mm avec passe-câbles
Câble de mesure :	raccordé en fixe, 2 fils de capteur isolé PTFE, longueur = 0,1 m (longueur max. possible), avec cosse à œillet, diamètre 4 mm
Pointes de mesure :	2 vis inox M4 double filet, longueur totale = 60 mm, avec 4 écrous inox, 2 rondelles de sécurité en inox
Ecartement au montage :	2,5 cm en travers du sens des fibres du bois
Domaine d'utilisation :	0 à +60 °C
Température de stockage :	-20 à +80 °C
Signal de sortie :	0,2 V correspond à 5 %, 2 V correspondent à 50 % d'humidité du bois
Alimentation :	par connecteur ALMEMO®
Câble de raccordement :	PVC, longueur = 5 m, avec connecteur ALMEMO®

3.3.4.4 Capteur d'humidité de matériau pour déterminer la teneur en eau dans les copeaux de bois, granulés de bois (pellets) et sciures de bois

Généralités

Il existe toute une série de méthodes pour mesurer avec plus ou moins de précision l'humidité des matériaux ou la teneur en eau des granulés, tels que la méthode hygroskopique, le procédé de distillation ou le procédé de titrage selon Karl Fischer.

Notions fondamentales d'humidité du bois et de teneur en eau

La méthode de la dessiccation permet également une détermination très précise : Un échantillon de bois est prélevé et pesé. Il est ensuite séché à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ si possible dans un four ventilé, jusqu'à ce que son poids soit constant. En déterminant la perte de poids survenue par dessiccation, on en déduit la quantité d'eau présente à l'origine dans le corps en bois. Dans la pratique, les méthodes significatives sont les procédés électriques de mesure d'humidité du bois, dans lesquelles on exploite soit la résistance ohmique, soit les propriétés diélectriques du matériau, par ex. de l'eau ($\epsilon_r = 80$) et du bois ($\epsilon_r = 1 \dots 7$). Il faut alors tenir compte de la densité brute du bois à mesurer, de plus le sens des fibres entre les électrodes ou la profondeur de pénétration des électrodes influent dans les deux procédés sur les résultats de mesure.

Définition de l'humidité du bois

$$u [\%] = \frac{m \text{ (Masse d'eau dans le bois)}}{m \text{ (Masse sèche du bois)}} * 100$$

Pour le bois frais ou même mouillé, l'humidité du bois peut largement dépasser 100 % (voir exemple 2).

Exemple 1 :

On enlève 40 g d'eau à un échantillon de bois, d'une masse ("poids") de 100 g. L'échantillon de bois ne pèse plus ensuite que 60 g. Nous sommes donc dans un rapport de 40 g d'eau extraite : 60 g de poids résiduel.

Selon la formule

$$u [\%] = \frac{m \text{ (Masse d'eau dans le bois)}}{m \text{ (Masse sèche du bois)}} * 100 = \frac{40}{60} * 100 = 66,67$$

pour cet échantillon de bois, l'humidité est de 66.67 %.

Exemple 2 :

On enlève 60 g d'eau à un échantillon de bois, d'une masse ("poids") de 100 g. L'échantillon de bois ne pèse plus ensuite que 40 g. Nous sommes donc dans un rapport de 60 g d'eau extraite : 40 g de poids résiduel.

Selon la formule

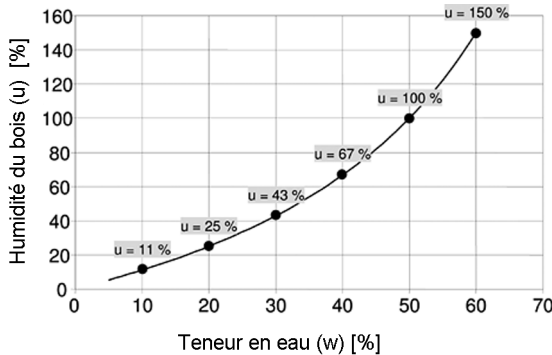
$$u [\%] = \frac{m \text{ (Masse d'eau dans le bois)}}{m \text{ (Masse sèche du bois)}} * 100 = \frac{60}{40} * 100 = 150$$

pour cet échantillon de bois, l'humidité est de 150 %.

Définition de la teneur en eau

$$w [\%] = \frac{m}{m} \frac{(\text{Masse d'eau dans le bois})}{(\text{Masse totale du bois humide})} * 100$$

La teneur d'eau en pourcentage, contrairement à la teneur d'humidité du bois en pourcentage, ne peut adopter qu'une valeur < 100 %.



Le graphique donne la relation entre l'humidité du bois (u) et la teneur en eau (w)

Humidité du bois et teneur en eau ont des significations différentes

Dans la pratique, l'humidité du bois ne doit pas être confondue et encore moins assimilée à la teneur en eau ; elle doit d'abord être convertie. Tandis que l'humidité du bois se réfère au poids desséché (bois absolument sec), la teneur en eau repose sur le rapport entre la part d'eau et le poids mouillé du bois (masse totale du bois humide). Les tableaux ci-dessous donnent des formules de conversion simples pour pouvoir déduire de l'humidité du bois la teneur en eau et inversement.

Formule de conversion

Teneur en eau w [%] de
Humidité du bois u [%]

$$w = \frac{u}{100 + u} * 100$$

Humidité du bois u [%] de
Teneur en eau w [%]

$$u = \frac{w}{100 - w} * 100$$

Table de conversion

w	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	%
u	5	11	18	25	33	43	54	67	82	100	122	150	%

Normalisation

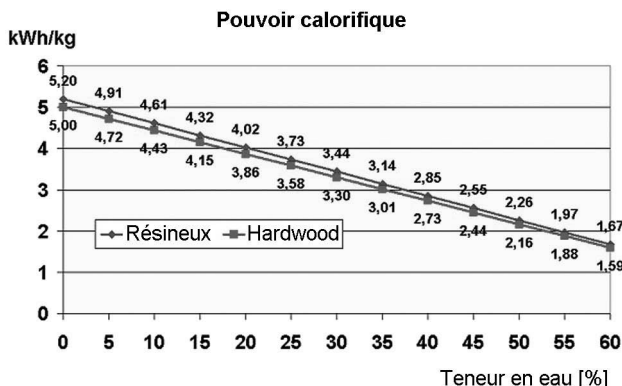
La *méthode de la dessiccation* est la seule méthode qui soit normalisée (DIN 52 183) et qui trouve ainsi application comme méthode d'étalonnage pour d'autres méthodes.

En Autriche par ex., ce sont les normes ÖNORM M 7132 à 7137 qui décrivent les caractéristiques et propriétés qualitatives des copeaux et granulés de bois, en Allemagne c'est la DIN plus.

Il existe en projet dans la version 2009 la norme européenne EN 15210 *Biocombustibles solides - détermination de la résistance mécanique des granulés et des briquettes* (partie 1 : *granulés*; partie 2 : *briquettes*) relative aux procédés de détermination de la résistance mécanique des biocombustibles solides. A partir de 2010, une norme UE assurant une réglementation uniforme des qualités de granulés entre en vigueur. La norme européenne "Pellets EN 14961-2" doit remplacer les normes DIN, autrichienne Ö et les réglementations individuelles sur chacun des marchés de granulés, dans l'Europe entière.

Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique du bois s'obtient à partir du pouvoir calorifique de la masse sèche qu'il contient, duquel il faut déduire l'énergie nécessaire à évaporer la quantité d'eau. Celle-ci vaut 0.63 kilowattheure par kg d'eau.



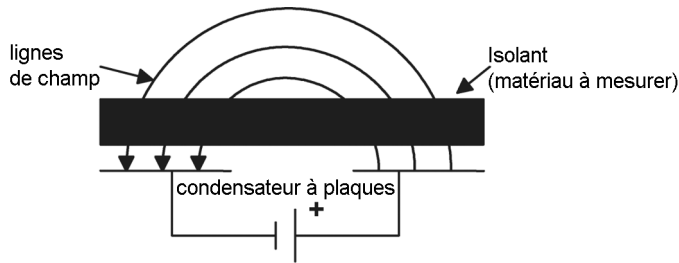
Le graphique ci-contre montre comment l'énergie utile décroît lorsque la teneur en eau augmente !

Unités physiques de l'énergie (pouvoir calorifique)

1 MJ/kg = 1000 kJ/kg; 1 MJ = 0,27778 kWh bzw. 1kWh = 3,6MJ

Principe de mesure

Le capteur travaille selon le principe d'un condensateur à lames ouvert. La capacité du condensateur dépend de la constante (diélectrique) du matériau situé entre les lames. L'eau possède une très grande constante diélectrique ($\epsilon_r = 80$) comparativement par ex. à l'air ($\epsilon_r = 1$). Il est ainsi possible de déterminer la teneur en eau d'un matériau humide en déterminant la constante diélectrique de ce matériau.



Exécution du capteur ALMEMO® d'humidité des matériaux FH A696-GF1



L'électrode de l'appareil touche le matériau à mesurer afin qu'un champ électrique haute fréquence puisse pénétrer à travers le matériau. Un microprocesseur reçoit les signaux de mesure et détermine à partir de la valeur mesurée, en tenant compte de la courbe de matériau réglée, la teneur en eau moyenne, en pourcentage.

A cet effet, les courbes de base suivantes pour les matériaux sont disponibles dans le connecteur ALMEMO®:

	Base (BA)	Facteur (FA)
copeaux de bois	-27,3	0,1833
granulés	-11	0,0905

Utilisation

Le capteur sable sert à déterminer en une seconde l'humidité dans les copeaux et granulés de bois, les copeaux de sciures, les céréales et autres granulés.



Lors de la mesure, il faut veiller à ce que le rayon de mesure ou la profondeur de pénétration du capteur soit d'env. 10 cm. Le produit à mesurer devrait être compacté de façon optimale (secouer) ! Pour obtenir des résultats reproductibles, bien enfoncer tout de suite !

Consignes de sécurité:

- Respecter la notice d'utilisation
- Employer l'appareil exclusivement comme l'utilisation conforme le prévoit
- Eviter les contacts entre l'appareil et les pièces sous tension ou conductrices d'électricité.
- Protéger l'appareil de tout mouillage
- Protéger l'appareil des chocs
- Protéger l'appareil des sources de chaleur
- Protéger l'appareil des corps étrangers pénétrant par les ouvertures du boîtier
- Ne laisser effectuer les réparations et l'entretien que par un spécialiste qualifié
- Protéger l'appareil des décharges électrostatiques



Les dommages provoqués par le non-respect des consignes citées ci-dessus sont exclues de tout droit à garantie.

Contrôle

Un contrôle de la sonde semble raisonnable :

- en cas de dommage mécanique
- après une utilisation dans des conditions extrêmes (par ex. températures élevées)
- en cas de résultats de mesure invraisemblables

Ajustage du capteur ALMEMO® d'humidité des matériaux FH A696-GF1

Pour contrôler la compensation du capteur, il existe le bloc d'essai ZB 9696 PE22.

Caractéristiques techniques du capteur d'humidité des matériaux FH A696-GF1

Sonde/référence :	FH A696-GF1	
Principe de mesure	capacitif	
Plage de mesure :	0,0 à 99,9 % de teneur en eau % du poids H ₂ O	
Résolution :	0,1%	
Rayon de mesure/profondeur de pénétration :	env. 10 cm autour du capteur	
Signal de sortie :	ALMEMO® (tension)	
Masse :	300 g	
Dimensions :	tête de sonde d = 22 mm L = 200 mm pointe arrondie	Prolongation à visser d = 18 mm, L = 300 mm
		Embout plastique d = 22 mm, L = 30 mm
Plage de température du matériau :	5 à 40 °C	
Plage de température de travail :	5 à 40 °C	
Plage de température de stockage :	-20 à 70 °C	
Raccordement du câble :	5 V de l'appareil de mesure ALMEMO	
Câble :	5 mA env.	
Alimentation :	5 à 40 °C	
	5 à 40 °C	
	-20 à 70 °C	
Consommation :	connecteur de montage sur la tête du capteur	

Détermination d'une caractéristique spécifique client pour un matériau spécifique

En prestation de service, la société Ahlborn offre la programmation de caractéristiques spécifiques au client pour mesurer différents granulés, par ex. céramiques ou plastiques. (référence : OA 9696 GFK)

1. Nous avons besoin d'un échantillon d'env. 10 litres de votre granulé (par ex. bois, céréales, plastique). L'échantillon doit être emballé de manière étanche à l'air, par ex. soudé dans un film plastique.
2. Grâce à différents échantillons de matière sèche, nous déterminons les caractéristiques de votre matériau.
3. Nous programmons les caractéristiques sur le connecteur ALMEMO® du capteur d'humidité du matériau.



Si le matériau n'est pas à même d'absorber l'eau (non hygroscopique), une mesure de l'humidité du matériau n'est alors pas possible. Dans ce cas, seule une indemnité de traitement (réduite) sera facturée.

3.3.5 Tensiomètre d'humidité du sol

3.3.5.1 Notions fondamentales de mesure de potentiel hydraulique

En mesurant le potentiel hydraulique (potentiel de succion) comme grandeur de mesure immédiate de la disponibilité de l'eau dans les sols pour les plantes, c'est la somme des forces de rétention d'eau dans le sol (excepté potentiel osmotique, potentiel de pression différentielle et potentiel gravitationnel) qui est mesurée.

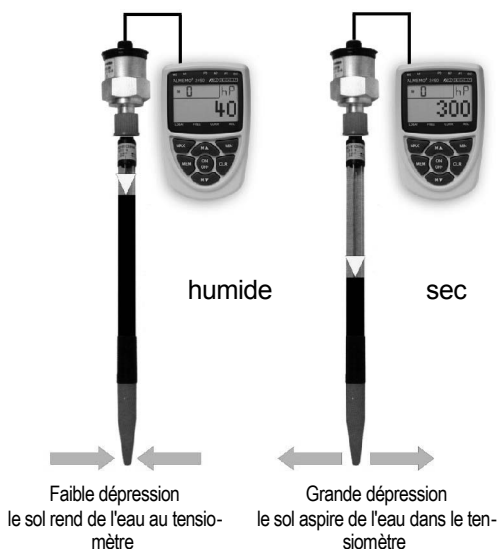
3.3.5.2 Unité physique du potentiel de succion

Le potentiel de succion caractérise d'un point de vue physique une dépression dont l'unité est : 1 mbar = 1 hPa = 1 cm de colonne d'eau

Il est fait appel à la dépression mesurée pour juger de l'humidité du sol / substrat, et se décrit comme grandeur transférable pour celle-ci par des nombres positifs.

3.3.5.3 Principe de mesure

Le potentiel de succion se mesure à l'aide d'un appareil appelé tensiomètre. Selon l'état de saturation du sol (ou du niveau de la nappe phréatique), le tensiomètre qui sinon est hermétiquement étanche, aspire à travers la céramique considérée comme membrane semi-perméable idéale (matière frittée Al_2O_3), de l'eau en fonction du potentiel hydraulique régnant dans le sol. La dépression atmosphérique qui se règle ainsi dans le tube du tensiomètre est égale, en négligeant les potentiels cités ci-dessus, à la valeur de potentiel hydraulique dans le sol, après soustraction de la longueur verticale du tensiomètre. Cette dépression peut être indiquée à l'aide d'un manomètre ou être traitée par électronique au moyen d'un capteur de pression.



Valeurs typiques de potentiel hydraulique dans les substrats en pot, en hPa

30-40	très humide
50-120	humide
150-200	desséché
>200	sec

Valeurs typiques de potentiel hydraulique dans les sols découverts (type de sol médian)

<50	saturé
100-150	mouillé-humide
>200	sèche
200-500	irrigation

3.3.5.4 Avantages et inconvénients de la mesure de potentiel hydraulique

Avantages	Inconvénients
Mesure de la disponibilité immédiate de l'eau du sol pour les plantes au lieu considéré.	Mesure ponctuelle
Mesure non directement dépendante de la nature du sol (mesure possible dans les substrats à gros grains et très meubles)	mesures toute l'année possibles uniquement à profondeur hors gel ou par ajout de substances telles que le polyéthylène glycol
Mesure effectuée indépendamment de la teneur en sel (par ex. par engrais salins) dans le sol ou le substrat végétal	aucune indication quant à la teneur en eau en %vol (doit être déterminée séparément pour chaque type de sol)

Particularités de la mesure du potentiel hydraulique

une diminution passagère du potentiel de succion, laquelle en fonction de la porosité de la cellule du tensiomètre est résorbée plus ou moins rapidement. L'incidence de la température est d'autant plus grande que le volume d'air instantané est important dans le tube du tensiomètre. Pour obtenir des mesures précises, il faut purger l'air à temps (voir Manipulation) et autant que possible **ne pas** exposer le tensiomètre au rayonnement solaire direct.

Pour les mesures avec des tensiomètres longs, il est nécessaire de compenser la colonne d'eau verticale dans le tube du tensiomètre, car celle-ci génère une pression supplémentaire. Mais comme la valeur mesurée sur la cellule céramique est celle qui nous intéresse, il faut déduire de la valeur affichée la colonne d'eau en cm.

La correction s'effectue selon la formule suivante :

Potentiel de succion sur corps poreux

= valeur mesurée en hPa moins la hauteur de colonne d'eau en cm.

Exemple pour un tensiomètre avec 20 cm de colonne d'eau:

Valeur de mesure relevée en hPa	150 hPa
moins la colonne d'eau en cm	20 hPa (20 cm de colonne d'eau)
valeur mesurée effective	130 hPa

3.3.5.5 Emploi

Lors des analyses physiques du sol, il est possible de mesurer en continu les disponibilités en eau dans le sol à différentes profondeurs, à l'aide de tensiomètres. En agriculture et cultures maraîchères, les tensiomètres sont utilisés dans l'automatisation des installations d'irrigation. Il est alors possible de piloter la quantité d'eau de sorte que l'alimentation des plantes en eau soit optimale, sans que l'eau ni les substances nutritives ne soient éliminées par le courant d'eau vers le sous-sol.

3.3.5.6 Explication du terme tensiomètre

Un tensiomètre est constitué d'une partie basse de capteur et d'une électronique de tensiomètre (capteur de pression ou pressostat) comme partie haute du capteur.

Le terme Tensiomètre à planter ne décrit dans ce qui suit que le tube du tensiomètre avec cellule poreuse, le terme tensiomètre surfacique uniquement le pied argile relié au substrat.

Choix du tensiomètre - Partie basse du capteur

Modèle	Type	Application
Tensiomètre à planter	L2 (ZB9602TML2)	sols découverts et substrats de culture
	LV (ZB9602TMLV)	dans les cultures de betteraves à racines plates dans de grands conteneurs → pour les faibles pénétrations en profondeur et réglages secs
	LKV2 (ZB9602TMK2)	dans les plantes en pot → pour les réglages au sec jusqu'à 200 hPa
Tensiomètre de surface	FO (ZB9602TMFO)	dans de minces couches de substrat dans des substrats meubles ou granulés (séramis) → enfoncer de 3 à 6 cm dans le substrat en surface de substrat sur tissus techniques, tissus d'irrigation → pour les potentiels de succion > 300 hPa court emploi uniquement
	FV (ZB9602TMFV)	mesures générales sur surfaces humides → résistance à la rupture améliorée par film thermorétractable

3.3.5.7 Exécution du capteur ALMEMO® humidité du sol - partie haute du capteur

L'électronique de tensiomètre FDA602TM1 est un capteur de pression dont la plage est 0 à 1000 hPa de potentiel de succion, correspondant au signal de sortie 0 à 10 V/linéaire. Il se visse au choix sur les différents tensiomètres à planter ou surfacique (voir Sélection du tensiomètre - partie basse du capteur). La connexion sur l'appareil de mesure s'effectue au moyen du câble de raccordement ALMEMO® de 7 m (fourni).

Par le connecteur ALMEMO® avec diviseur de tension 100:1 (ZA 9602 FS/H), le capteur peut fonctionner sur tous les appareils ALMEMO® possédant l'étendue "millivolt CC2 diff. (± 260 mV)" (voir notices des appareils). Les paramètres de mise à l'échelle et d'unité sont mémorisés dans le connecteur ALMEMO®, de sorte que la mesure s'affiche directement en hPa de potentiel de succion. L'électronique de tensiomètre et le câble de raccordement ALMEMO® sont également disponibles en pièce de rechange (voir Caractéristiques techniques). A l'aide de l'adaptateur ALMEMO® à relais et déclenchement ZA8006 RTA3/4, ES5690RTA5 ou des modules de sortie ZA1000 EGK/EAK ou ZA1000 GK avec adaptateur à relais ZB2280 RA, le système ALMEMO® peut également être utilisé pour commander l'irrigation.

3.3.5.8 Manipulation

Préparation



trempé dans l'eau pendant 1 journée

Le corps poreux sec doit d'abord être plongé dans l'eau pendant une journée. Afin que l'air puisse s'échapper par tous les pores, il est avantageux que de l'eau puisse pénétrer d'abord quelques heures d'un côté, donc que le tube soit d'abord rempli avant qu'ensuite (pendant la nuit), tout le corps poreux soit posé dans l'eau. De l'air emprisonné peut sensiblement entraver la performance du tensiomètre au début.

Remplissage



remplir d'eau propre jusqu'à ras bord

Le tube du tensiomètre est rempli au ras du bord. L'eau qui convient à cet effet est de l'eau du réseau, propre et pas trop dure (sans ajout d'engrais). De l'eau distillée n'est pas absolument nécessaire, bien qu'elle permette d'empêcher les dépôts et le développement trop précoce d'algues. Dans l'eau riche en oxygène, lorsque la dépression augmente, de nombreuses petites bulles d'air peuvent se former au début, lesquelles n'indiquent cependant pas une fuite ; on peut en remède utiliser de l'eau bouillie.

Fermeture et ouverture



Dévisser juste légèrement le bouchon

Attention ! Le bord supérieur (surface étanche) des filetages plastiques peut être endommagé par un objet dur et provoquer des fuites - ne pas le cogner !

Ne pas visser trop fort le bouchon du capteur ! Un serrage trop fort endommage les joints ! Après la première résistance légère, ne serrer que d'environ 1/4 de tour ! Pour ouvrir, pousser tout d'abord le bouchon après l'avoir dévissé afin de pouvoir ensuite soulever latéralement la douille d'étanchéité et la retirer. Avant de refermer, il faut impérativement nettoyer la surface d'étanchéité ou le joint torique ainsi que le bord supérieur du manchon fileté !

Pour planter en général

Pour que le corps poreux rende l'eau rapidement et sans problème, il faut au préalable obtenir un bon contact avec le substrat ou le sol. En outre, un reste d'humidité doit être présent car si le substrat ou le sol est absolument sec, la fonction tensiomètre n'entre pas ou seulement très difficilement en action.

dans les plantes en pot et les couches de substrat:



Le cône d'argile doit être entièrement recouvert de substrat

Dans les substrats meubles, le tensiomètre à planter se plante directement, sans avant-trou, en particulier les types avec le cône d'argile court. Eventuelle-

ment, le substrat peut être un peu pressé sur les côtés du tensiomètre, afin d'obtenir un positionnement fixe. Ne pas bouger ensuite le tube du tensiomètre, afin qu'aucune cavité ne se forme dans le cône d'argile. Sur les longs cônes d'argile des types L ou LV, il est recommandé de piquer finement le trou au préalable, afin que les cônes ne soient pas inutilement chargés - aucune pression latérale, sinon risque de rupture !

La profondeur de pénétration est fonction de la profondeur de mesure désirée. Dans tous les cas, il faut planter suffisamment pour que le cône d'argile soit recouvert.

dans des cultures en sol

planter aussi profond que possible



Pour planter des tensiomètres plus long ayant de longs cônes d'argile, on effectue en général un avant-trou, par exemple à l'aide d'une tarière (prélèvement d'échantillon), Ø 25 mm. Si le sol est tendre, le cône d'argile permet de planter directement la dernière partie (n'appuyer que verticalement, sinon risque de rupture !), dans le cas contraire il faut le remblayer, mais la partie haute du trou percé n'est alors remplie que peu tassée.

La profondeur d'insertion dépend de la profondeur de mesure désirée, éventuellement en fonction de la zone des racines. Le tensiomètre ne doit alors dépasser hors du sol que de manière à pouvoir contrôler la colonne d'eau. Si le tube du tensiomètre ressort de trop, les variations de température ont des incidences défavorables (erreur de mesure, plus grande consommation d'eau).

Aération

Purger régulièrement le tensiomètre



Les tensiomètres de ce modèle consomment un peu d'eau car le potentiel de succion apparaît par dégagement d'eau avec faibles pertes lors de la succion inverse, en particulier lorsque le volume d'air dans le tube augmente. De plus, le plus grand volume d'air provoque une réaction plus lente du tensiomètre. C'est pourquoi il faut contrôler régulièrement les tensiomètres et à l'occasion les purger, même si la réaction plus lente est rarement significative dans la pratique de l'irrigation. La recommandation est la suivante : remplir un long tensiomètre à planter pour les mesures en sol à une colonne d'air de 10 cm env. (purge – remplissage voir 8.2). Les fuites se caractérisent par des pertes rapides en eau dès le 1er-2ème jour, avec chute simultanée du potentiel de succion. Vérifier ensuite d'abord si les raccords et manchons filetés sont sales ou endommagés avant de présumer la cause sur la cellule poreuse ou une zone adhésive (renvoyer éventuellement le tensiomètre). Tensiomètre à planter KV 2 (pour plantes en pot) : Une purge et un remplissage pendant une période de végétation est à peine nécessaire du fait de la forme courte, tant que ces tensiomètres sont utilisés dans une zone normalement humide (jusqu'à env. 120 hPa). Il se forme un équilibre entre remplissage d'eau et volume d'air.

Contrôle



Contrôler régulièrement le tensiomètre

Il est conseillé de contrôler régulièrement en sortant (tournant) avec précaution le tensiomètre et en le couchant. Sur le voyant situé juste en dessous du bouchon, on peut voir si de l'eau est encore présente. En le replantant, il est possible de choisir une nouvelle position ou de remplir du substrat meuble dans l'ancien trou de plantation, de sorte que la cellule du tensiomètre ait à nouveau un meilleur contact avec le substrat.

Entretien

Nettoyer toute saleté ou dépôt d'algue sur le tube du tensiomètre de préférence mécaniquement, à l'aide d'un goupillon (Ø 20 mm max.). Les saletés coriaces peuvent s'éliminer également avec une solution citronnée à 1 pour cent. La surface poreuse se laisse nettoyer et rénover avec un papier de verre fin (grain 320), mais uniquement si elle est sèche.



Attention ! Les substances grasses et huileuses ou les peintures et encres pénétrant dans les pores doivent impérativement être enlevées de la surface poreuse!

S'ils ne sont pas employés, les tensiomètres peuvent être entreposés soit secs, soit mettre également le corps poreux dans de l'eau distillée pendant une durée pas trop brève. Cette dernière opération sert à régénérer la perméabilité. Des observations ont montré que la perméabilité du corps poreux s'émousse par moments, en particulier en association avec un amendement intensif. Le tensiomètre peut rester dans le sol même l'hiver, il faut alors ouvrir le bouchon vissé afin que l'eau résiduelle puisse dégoutter.

3.3.5.9 Caractéristiques techniques

Caractéristiques techniques de l'électronique du tensiomètre

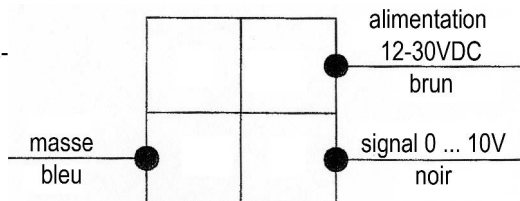
Type	FD9602TM1 (électronique de rechange)	FDA9602TM1
Etendue de mesure	0...1000 hPa	
Signal de sortie	0...10 V / linéaire	
Tension d'alimentation	12 à 30 V CC	12 VCC par l'appareil ALMEMO®
Conditions de fonctionnement :		
Position de montage	de préférence verticale	
Plage de température	-20 à +80°C	
Indice de protection	IP65	
Câble de raccordement	ZA 9602AKTM1 (câble de rechange, 7 m avec connecteur ALMEMO®)	7 m avec connecteur ALMEMO®

Attention ! L'indice de protection indiqué ne vaut que si l'unité de raccordement utilisée est standard (câble avec connecteur sur-moulé) ou en cas de montage spécifique du connecteur par un spécialiste. Le capteur ne doit pas être immergé!

Brochage

Raccordement du câble sur le connecteur du capteur

L'écran du câble (nu) doit être mis à la masse



Caractéristiques techniques tensiomètre à planter

Type	ZB9602TML2	ZB9602TMLV	ZB9602TMKV2
Etendue de mesure	0..0.900 hPa		
cellule poreuse	conique Ø 18 mm Longueur 85 mm	conique Ø 18 mm Longueur 70 mm	conique Ø 18 mm Longueur 45 mm
Longueur totale	350 mm	220 mm	145 mm
Profondeur d'enfichage	env. 250 mm	env. 80-160 mm	env. 50-120 mm

Caractéristiques techniques tensiomètre de surface

Type	ZB9602TMFO	ZB9602TMFV
Etendue de mesure	0..0.900 hPa	
Pied argile	Ø 70 mm	Ø 70 mm
Hauteur totale	65 mm	65 mm
Profondeur d'insertion	env. 30-60 mm	

Autres longueurs et exécutions sur demande

Etiquetage

L'étiquetage d'un tensiomètre contient les données suivantes :

le numéro de contrôle individuel T

la puissance maximum de succion de la cellule du tensiomètre 700-800-900 hPa

le facteur de rétro-succion, comme mesure de réaction du tensiomètre 0,1-0,2-0,3 min.

3.3.6 Détecteur de présence d'eau

Principe de mesure

La sonde ALMEMO® FHA936-WD pour la détection d'eau fonctionne sur le principe de la conductance. On utilise ici la variation de la résistance électrique pour déterminer la présence ou non d'eau. La résistance électrique est mesurée aux bornes des électrodes de mesure.

Capteur ALMEMO®

La sonde ALMEMO® de détection d'eau FHA936-WD permet de détecter en une seconde la présence d'eau libre, non combinée, en particulier dans le domaine de la construction à des endroits non observables (dans les joints, sous enduit etc.). Les longs préparatifs de mesure ne sont pas nécessaires.

Plage de mesure	Résolut.	Unité	Plage	Exp.
pas d'eau <10%	0.1 %	%	d2600	3
prés. d'eau >10%				

La sonde est constituée d'un boîtier rond en plastique noir sur lequel sont montés deux pinces de serrage. La sonde se connecte simplement sur un appareil de mesure ALMEMO® et elle est tout de suite opérationnelle. Les pinces de serrage peuvent recevoir différentes électrodes qui selon le type d'application, sont des modèles différents:

1. non isolée à pointe arrondie, longueur 200 mm, diamètre 3 mm
2. non isolée à pointe aiguisée, longueur 50 mm, diamètre 3 mm
3. bande acier à ressort, longueur 200 mm, largeur 6 mm

Contrôle des sondes et réalisation de la mesure

Avant d'effectuer la mesure proprement dite, il faut soumettre la sonde à un test de bon fonctionnement. On place à cet effet les électrodes dans un bain d'eau. L'appareil de mesure doit donc indiquer la valeur de 100%. Si la valeur de contrôle s'écarte sensiblement de la consigne, la sonde doit être renvoyée à notre usine pour procéder à un nouvel étalonnage.

Lors de la mesure effective, il faut veiller à ce que les électrodes soient, selon l'application, bien posées à plat sur le matériau à mesurer ou enfoncées dans celui-ci:

1. Appuyer les électrodes de la sonde sur le matériau.
2. Mettre l'appareil sous tension.
3. Lire la mesure. Pour garder la valeur maximale, la fonction VALMAX de l'appareil peut être utile.



Si la sonde est tenue en l'air, la valeur affichée sera négative car le connecteur contient les valeurs de correction nécessaires.

Remplacement des électrodes

Il faut pour remplacer les électrodes, maintenir le mandrin à l'aide d'une clé plate (ouverture 7 mm). A l'aide d'une deuxième clé plate (ouverture 7mm) il est maintenant possible de desserrer l'écrou. On évite ainsi de tourner le mandrin et d'endommager le manche de la sonde. Lors du resserrage de l'écrou, il faut de nouveau veiller à ce que le mandrin ne tourne pas dans le boîtier. Un nouvel étalonnage n'est pas nécessaire après remplacement des électrodes.

Caractéristiques techniques:

Principe de mesure:

Détection d'eau

Mesures:

<10% pas d'eau

>10% présence d'eau

Boîtier:

poignée plastique 40mm Ø, longueur 130mm

Electrodes:

acier antirouille

Masse:

260 g

Température nominale:

23°C ±2°C

Températ. d'utilis./stockage:

de 0 à +60 °C / de -20 à +80 °C

Signal de sortie:

ALMEMO® (env. 0 à 2V)

Tension d'alimentation:

de 7.5 à 15 V

Consommation:

max. 10 mA

3.3.7 Capteurs de point de rosée

3.3.7.1 Principes de mesure

Pour déterminer des grandeurs d'humidité à l'aide du point de rosée, on refroidit un élément de mesure à l'aide d'éléments de Peltier jusqu'à ce que l'élément de mesure soit embué. La température obtenue de cette manière est donnée comme mesure de la température de rosée. Elle est complètement indépendante de la température ambiante et de la pression atmosphérique et constitue de ce fait une méthode de mesure très précise et fiable de l'humidité. Pour détecter le point de rosée, on utilise habituellement deux méthodes.

Méthode du miroir à point de rosée

On utilise comme élément de mesure un miroir contrôlé optiquement par une cellule photo. Le changement de réflexion lumineuse engendré par la condensation, indique le point de rosée.

Principe de rosée CCC selon Heinze

A la place du miroir refroidi, on trouve sur la puce de capteur intégrée un condensateur à champ de dispersion refroidit, à détection capacitive de condensation (Condensate Controlled Capacitance), lequel est monté sur un élément miniature. La surface active du capteur entrant en contact avec le milieu de mesure est une couche isolante hygroscopiquement neutre, inusable et chimiquement résistante, sous laquelle se trouve le condensateur à champ de dispersion. La capacité grimpe de manière quasi-indicielle lorsque de la condensation se forme.

Un circuit de régulation est greffé sur l'unité de capteur et sert à réguler le courant de l'élément réfrigérant de sorte qu'un certain condensat se règle. La température de rosée qui en résulte (la grandeur de mesure effective est la température de surface du capteur) est mesurée à l'aide d'un capteur de température intégré et délivrée sous une forme valorisable.

3.3.7.2 Détecteur de condensation

Description et utilisation

Le détecteur de condensation ALMEMO® FHA946-1 sert à déterminer l'état de condensation. Il est constitué d'un capteur de température CTN type N (1ère voie de mesure) et d'un capteur de rosée CCC (2ème voie de mesure). L'électronique d'évaluation associée est intégrée dans le connecteur ALMEMO®. Le détecteur de condensation ne délivre pas de signal de mesure continu, mais une fonction échelon (0 >> 100%). Celle-ci correspond à une tension calibrée d'env. 0 à 1 V. Afin que le capteur délivre, à surface sèche du capteur ("non embuée") exactement la grandeur "0%" et à surface condensée ("embuée") la grandeur 100%, la fonction de sortie Alarme a été programmée (cf. 6.10.4). Sur les anciens appareils ALMEMO® cette fonction n'est pas gérée, de sorte que des états entre 0 et 100 correspondant à une condensation partielle de la surface du capteur puisse également survenir.

Le détecteur de condensation doit si possible être posé à l'endroit le plus froid de l'objet à mesurer.



Veillez ici au bon contact thermique (p. ex. à l'aide de pâte/colle à conduction thermique) entre dos du capteur et point à mesurer.

La consommation en courant est très faible (env. 3 mA) et autorise donc l'utilisation d'appareils à pile, même pour des enregistrements de mesure sur de longues périodes. Afin dans ce cas d'économiser de la mémoire, vous pouvez utiliser le détecteur de condensation comme interrupteur MARCHE/ARRÊT pour l'enregistrement automatique des mesures, c.-à-d. que les mesures ne seront enregistrées qu'en cas de condensation. On peut consigner également d'autres grandeurs comme la température et l'humidité, avec date et heure. Le détecteur de condensation ALMEMO® FH A946-1 est ainsi particulièrement adapté aux mesures de contrôle, p. ex. dans la physique du bâtiment.

Caractéristiques techniques

Plage d'utilisation:	0°C à +70°C (sans givrage, atmosphère non saline)
Temps de stabilisation	valeur finale après 2 à 60 s
Capteur de température:	CTN type N (10 k à 25°C), Précision: ±0.1°C (dans plage d'utilis.)
Signal de sortie:	Tension calibrée env. 0 à 1 V
Plaque de cond. therm.:	aluminium, 40 x 40 mm
Température de stockage:	-10°C à +70°C

3.3.7.3 Transmetteur de point de rosée FHA646DTC1

Consignes de sécurité

Lire attentivement avant la mise en service !

Attention : Ne pas dépasser la plage de pression 50 bars sur la version standard. Sur la version spéciale jusqu'à 350 bars.

Respecter les plages de mesure du capteur !

En cas de surchauffe, les capteurs seront détruits.

Respecter les températures de stockage et de transport admissibles ainsi que la température d'exploitation admissible (p. ex. protéger l'appareil des rayons du soleil en direct). En cas d'ouverture de l'appareil, de manipulation non conforme ou d'utilisation de la force, tout recours en garantie sera perdu ! Ne laisser effectuer les travaux de réglage et d'étalonnage que par un personnel qualifié en instrumentation et régulation.

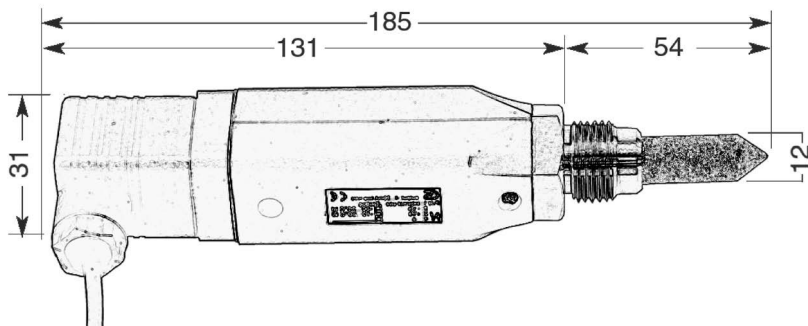
Important : Avant de procéder à l'installation, laisser brièvement passer de l'air comprimé afin d'éliminer les condensats et particules. Cela évite l'encrassement du capteur.

L'air stagnant engendre un rallongement des temps de mesure.

Description

- Convient particulièrement aux mesures de point de rosée précises et stables à long terme
- Transmission numérique de la mesure à l'afficheur ALMEMO® (pas d'imprécision due à l'appareil d'affichage ou aux câbles)
- Grande précision jusqu'à -80°C
- Temps de réponse rapide
- Grandeurs affichées : Température, humidité rel., point de rosée
- Raccordement procédé pour les hautes pressions (en option jusqu'à 350 bar)

Dimensions



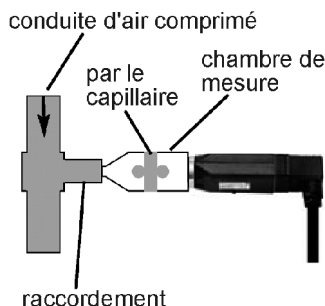
Installation

Nota : Pour les productions particulièrement critiques et coûteuses, nous conseillons d'installer par sécurité un 2ème appareil et de le surveiller à l'aide de l'option Contact de commutation.



Directement dans le réseau d'air comprimé

Visser de façon étanche le capteur au milieu ou en haut dans la conduite d'air comprimé à mesurer à l'aide du filetage G 1/2". Veiller à ce que la mesure soit effectuée tout contre le flux d'air comprimé. Sur les conduites borgnes et si l'air comprimé ne s'écoule pas, on obtient des temps de réaction très long pour la mesure de l'humidité. Il est conseillé d'effectuer l'installation après assèchement de l'air comprimé et après toutes les conduites de dérivation ou également en cas de consommateurs critiques d'air comprimé.



Indirectement dans le réseau d'air comprimé

Visser le capteur dans la chambre de mesure avec le filetage G 1/2". Raccorder la chambre de mesure sur la conduite d'air comprimé via une vanne à boule et éventuellement une conduite de raccordement étanche à la diffusion (5 m max.). En cas d'air comprimé gras et sale, installer un premier filtre de 40 µm avant la chambre de mesure. De l'air comprimé s'écoule en permanence par le capillaire de la chambre de mesure (à 7 bar env. 1 l/min expansé). Les temps de réaction pour la mesure d'humidité sont plus courts que sur le montage en direct.

Avantage : facilité de montage et de démontage du capteur, temps d'adaptation rapide

Gaz mesurables

D'une manière générale, on peut mesurer l'humidité dans tous les gaz non corrosifs. Pour les gaz corrosifs, veuillez contacter la société Ahlborn. Pour obtenir des mesures précises dans la plage des très bas points de rosée (-30...-80 °C td), la température de mesure du gaz doit si possible être à la température ambiante (20..35 °C). Souvent, p. ex. sur les sècheurs de granulats ou d'autres applications, la température du gaz de mesure est supérieure, p. ex. 80 à 120 °C. Nous conseillons dans ce cas d'installer avant la chambre de mesure à visser, une ligne de refroidissement" en matériau imperméable à l'humidité. Ce qui convient de manière idéale ici, c'est une conduite en téflon ou en cuivre dans laquelle le gaz brûlant est refroidit à la température ambiante en raison de la longueur de la conduite, idéalement d'env. 2.5 m.

Veuillez ne pas utiliser de tubes plastiques normaux !

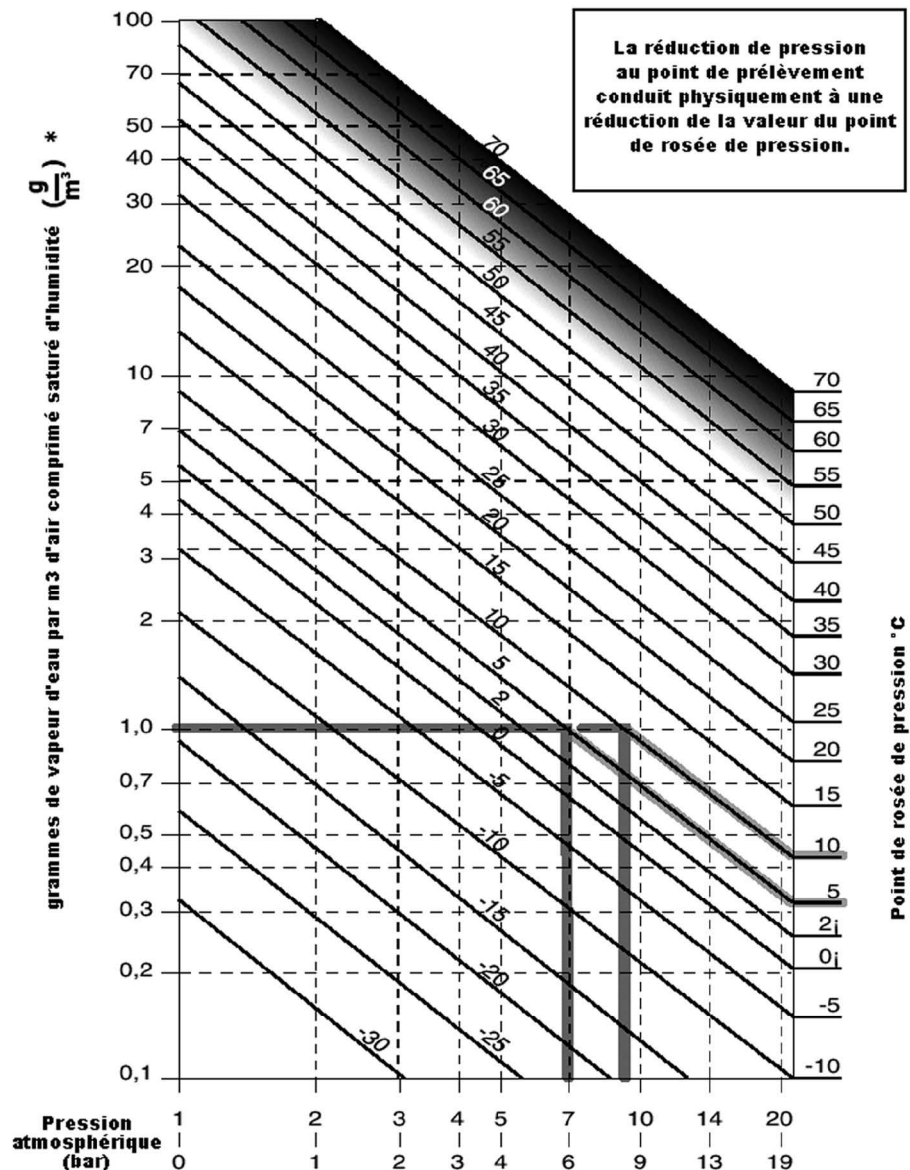
La température de rosée en °C td ne varie pas lors du refroidissement car il s'agit d'une indication absolue d'humidité qui, comme d'autres grandeurs de mesure, p. ex. g/m³, est indépendante de la température.

Conseil de montage

Les appareils de mesure du point de rosée peuvent se monter directement dans le flux d'air. Nous conseillons cependant d'utiliser toujours une chambre de mesure à visser.

Graphique de point de rosée de l'air comprimé

Ce graphique explique la variation du point de rosée en cas de chute de pression. L'exemple illustre une chute de pression de 8 bar à 6 bar de surpression de service. Le point de rosée de pression passe dans ce cas de 10 °C à 5 °C.



* basé sur 0 bar et 20 °C

Caractéristiques techniques

Plage de mesure :	-80°C à +20 °C DT Température de point de rosée
Précision de mesure :	± 0.5°C de -10 à +50°C DT typique ± 2°C DT à -40°C DT
Température de fonctionnement :	-20 à +70 °C
Raccordement procédé :	Filetage G1/2" mâle acier inox
Plage de pression :	-1 ... 50 bars standard
Température de stockage :	-40 ... 80 °C
Tension d'alimentation :	par connecteur ALMEMO®
Consommation :	5 mA
Sortie :	numérique ALMEMO®
sur demande :	4 ... 20 mA en technique bifilaire Consommation : 25 mA Charge : sur sortie analogique : < 500
Câble de raccordement :	1.5 m avec connecteur ALMEMO®
Boîtier :	
Matériau :	polycarbonate
Indice de protection :	IP65

Modèle :

Transmetteur de point de rosée avec 1.5 m de câble
et connecteur ALMEMO®

Référence FHA646DTC1

Option :

détecteur de point de rosée pour pression procédé jusqu'à 350 bars

Référence : OA9646DTCP

Accessoires :

Chambre de mesure à visser pour montage d'un transmetteur de point de rosée sur des conduites à air comprimé par robinet boule

Référence : ZB9646DTCK

Avantage : mesure rapide sans frais d'installation !