

Guide pratique pour l'étalonnage des sondes sanitaires

Aperçu

Les capteurs sanitaires, tels que définis dans cet article, sont des capteurs avec un raccord process constitué d'une bride en contact direct avec le fluide de process. Ces capteurs sont entre autres parfois appelés « capteurs à clamp ».

Méthode d'étalonnage

Des comparaisons directes ont été faites entre les capteurs étalonnés dans des bains liquides de référence de laboratoire et les résultats obtenus à l'aide du RTC-168 avec les options de bloc sec et de bain liquide.

Principales caractéristiques du RTC-168 Calibrateur de Température de référence

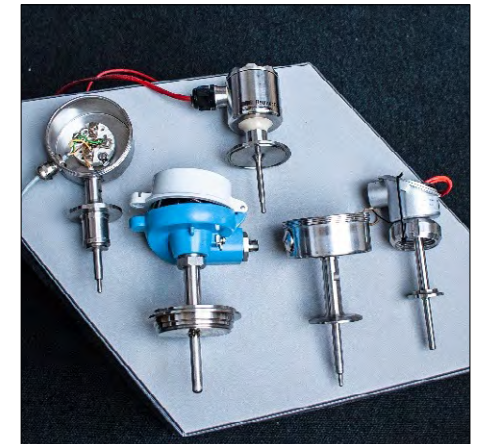
- Caractéristiques optimisées pour l'étalonnage des capteurs sanitaires et très courts. Dans cet article, nous avons exclusivement testé des capteurs de type sanitaire.
- Pour l'étalonnage liquide, un convoyeur thermique avec aimant d'agitation intégré (brevet déposé).
- Pour des changements faciles entre l'étalonnage sec et liquide, un container de liquide peut être monté directement dans le calibrateur RTC-168.
- Pour l'étalonnage à sec, des inserts d'adaptation ont été spécialement développés.
- Plage de température étendue -30 à 165°C / -22 à 329°F.
- Inserts diamètre 63.5mm / 2.5"
- Capteur de référence STS-102 A 035, à câble scellé pour résister à presque tous les liquides présents. Plage de température étendue, -50 à 165°C.



Le calibrateur RTC-168 avec des fonctionnalités mises à jour pour l'étalonnage de capteurs sanitaire et courts, utilisant le mode sec ou liquide



Le convoyeur de chaleur isole le liquide dans le bloc principal en excès autour de la bride.



Exemples de sondes sanitaires.

Sommaire

- 1 **Résumé : Le défi**
- 2 **Le RTC-168 et les évolutions**
- 3 **Méthodes d'étalonnage courantes : étalonnage des capteurs sanitaires (et autres capteurs courts)**
- 4 **RTC-168 Méthodes d'étalonnage concernant les capteurs sanitaires**
- 5 **Résultats d'étalonnage des capteurs sanitaires testés individuellement**
- 6 **Objectifs d'incertitude**
- 7 **Conclusions des tests**
- 8 **Procédures de test recommandées**
- 9 **Annexe A : Résultats d'étalonnage des capteurs sanitaires testés individuellement**
- 10 **Annexe B: Normes pour les capteurs PRT et TC**

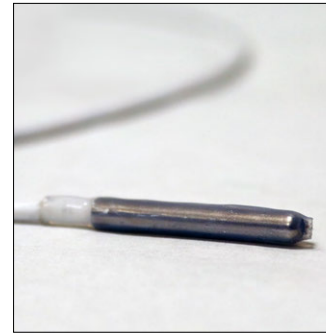
1 Résumé

Le défi pour l'étalonnage des capteurs sanitaires et capteurs très courts

Dans de nombreuses usines de production, en particulier dans les industries pharmaceutiques, des boissons et de la fabrication de produits alimentaires, il existe une large gamme de capteurs adaptés à leurs besoins propres. La plupart du temps, les capteurs sont utilisés pour des applications hygiéniques et aseptiques. Souvent, ces types de capteurs sont très courts, et dans la plupart des cas ils sont de type « à bride », également appelés capteurs sanitaires. Ces types de capteurs peuvent être configurés dans une grande variété de conceptions mécaniques, thermiques et de méthodes de connexion au Process. [Voir les exemples de différents capteurs sanitaires à la page 5.](#)

Ce document concerne les méthodes d'étalonnage pouvant être utilisées dans un laboratoire, un atelier ou sur site, en mettant l'accent sur l'utilisation du calibrateur de température RTC-168 développé par AMETEK Danemark A/S .

Ce calibrateur, basé sur notre calibrateur de température RTC-158, intègre de nouvelles fonctionnalités, notamment en ce qui concerne l'utilisation d'inserts et l'amélioration des propriétés du bain liquide, pour relever le défi de l'étalonnage des capteurs sanitaires à bride et des capteurs très courts.



Capteur de référence. STS-102-A-035

Dans ce contexte, un capteur de référence sortie câble a été développé. Il peut être utilisé à la fois dans l'étalonnage à bloc sec à l'aide d'inserts et dans un bain liquide. Son étanchéité lui donne la capacité de résister à presque tous les types de liquides, de l'eau à l'huile de silicone, en passant par des fluides encore plus agressifs. De plus, il s'agit d'un capteur intelligent, conservant toutes les informations d'étalonnage nécessaires. (Voir la fiche technique séparée). Il peut être utilisé de -50 °C à 165 °C.

Ce document reprend les considérations générales d'étalonnage et les résultats obtenus à l'aide du calibrateur RTC-168.

L'article comparera les résultats entre des capteurs sanitaires étalonnés dans des bains de liquide de laboratoire, avec la méthode d'étalonnage plus pratique offerte par le calibrateur de température RTC-168.

2 Le RTC-168 et les évolutions

Le RTC-168 partage toutes les caractéristiques du RTC-158, mais a été développé spécialement pour optimiser l'étalonnage des capteurs très courts, et plus particulièrement des capteurs sanitaires. Les capteurs sanitaires sont couramment utilisés dans les usines de fabrication de produits pharmaceutiques, de transformation des aliments, de boissons et de produits laitiers. La demande de sécurité des produits et de qualité du produit final est d'une extrême importance dans ces industries. Afin de concevoir un calibrateur qui fournirait les meilleurs résultats d'étalonnage possibles combinés à une facilité d'utilisation, AMETEK Danemark A/S a organisé une réunion avec certains clients clés. De cette réunion, et de notre expérience au fil des années, nous sommes arrivés à un certain nombre de propriétés essentielles et recherchées à la fois mises en œuvre dans le calibrateur RTC-168 et conduisant au développement de nouveaux accessoires :

- **Incertitude d'étalonnage jusqu'à $\pm 0.1^\circ\text{C}$.** Nous avons testé 5 capteurs sanitaires différents avec des conceptions physiques et thermiques très différentes. Les résultats et les conclusions de ces tests sont décrits dans les chapitres 7 et 8.

- **Atteinte rapide des points d'étalonnage.** Le RTC-168 est 60 % plus rapide à partir de 23 °C et atteint le point d'étalonnage décidé 26 % plus rapidement à partir de 23 °C et jusqu'à -22 °C. L'essentiel étant un temps d'étalonnage total plus court.
- **Gamme de températures d'étalonnage.** Nos discussions avec les clients nous ont appris que la demande la plus courante se situait entre -10 °C et +160 °C, car cela couvre presque tout les processus. Par conséquent, nous avons amélioré la plage de -30°C à +165°C.

Afin d'obtenir les meilleurs résultats d'étalonnage possible nous avons développé trois accessoires

- Nous recommandons généralement d'utiliser une référence externe pour un haut niveau de performances. Dans ce contexte nous avons développé un nouveau capteur de référence : STS-102 A035

[Voir la page précédente pour plus de détails](#)

- Un nouveau brevet pour un convoyeur de chaleur conçu pour l'étalonnage des capteurs sanitaires dans le bain liquide, plus un nouveau tube d'égalisation pour un usage général, les deux contenant le barreau magnétique.

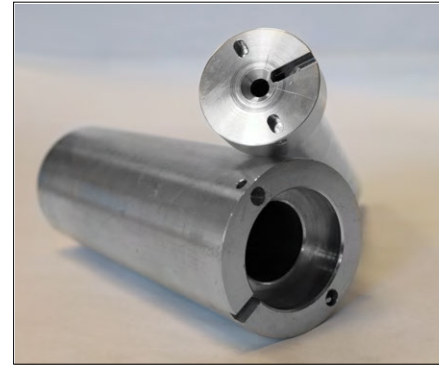


Bloc convoyeur de chaleur.



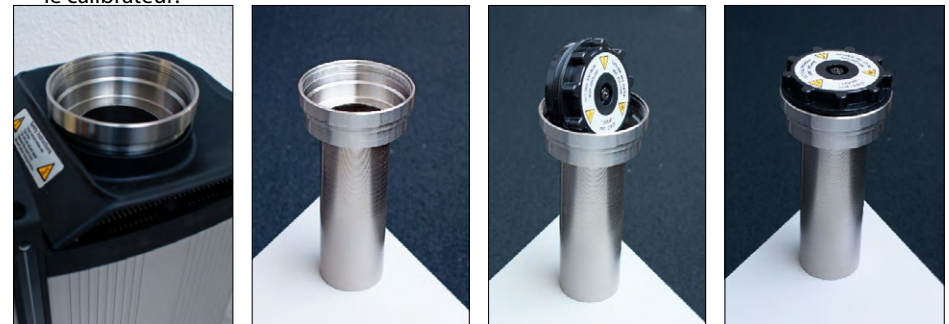
Tube d'égalisation.

- Les adaptateurs d'inserts sont un nouveau concept pour l'étalonnage à sec. Les clients qui ont déjà investi dans un kit de liquides pour notre calibrateur RTC-156 peuvent continuer à utiliser les inserts d'étalonnage déjà existants.



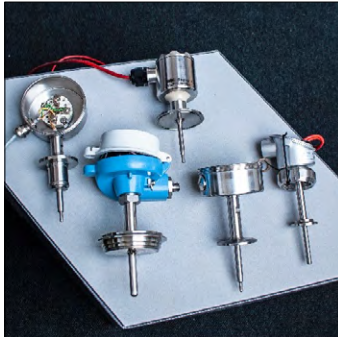
Insert de RTC-156 et adaptateur pour RTC168.

- Le passage de l'étalonnage liquide à l'étalonnage sec a toujours été un inconvénient majeur pour l'utilisateur. Par conséquent, nous avons développé un réservoir d'huile qui s'intègre directement dans le calibrateur RTC-168, ce qui permet de passer très facilement et rapidement d'un étalonnage sec à un étalonnage liquide, et vice versa. Le récipient est également équipé d'un couvercle fileté pour la sécurité et un transport facile. Le même couvercle peut également être utilisé directement sur le calibrateur.



Réservoir d'huile amovible et transportable et bouchon fileté

3 Méthodes d'étalonnages courantes : Etalonnages des capteurs sanitaires (et capteurs courts)

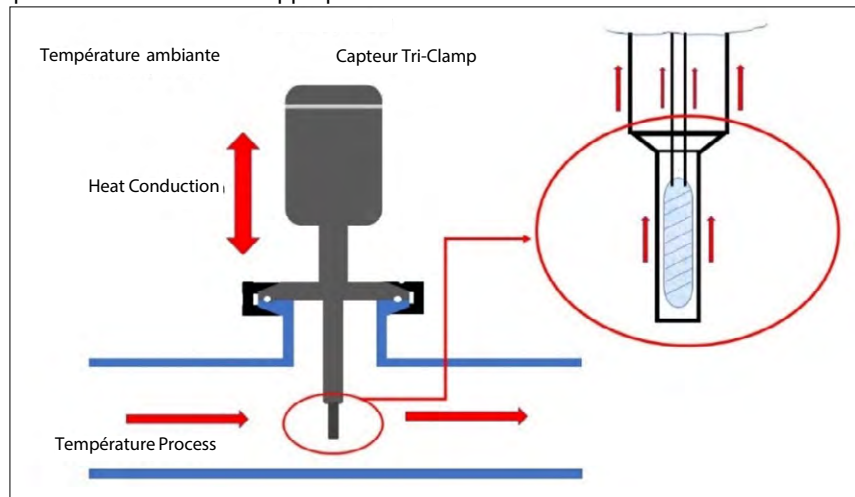


Design typique des capteurs sanitaires.

Quelle est la caractéristique d'un capteur sanitaire

Quelle que soit la technique ou la conception du capteur, un thermomètre ne peut mesurer que sa propre température, ce qui donne parfois des résultats qui ne sont pas proches de la température du procédé. De manière générale et en règle générale, un capteur de température doit être immergé de 10 à 15 fois son diamètre avant que le résultat mesuré ne s'approche de la température du procédé.

Un capteur sanitaire est conçu dans le but de mesurer, aussi précisément que possible, une température de process donnée. Cela peut être un défi, car dans la plupart des cas, le capteur doit être installé dans des endroits qui lui donnent un espace très limité pour une profondeur de détection appropriée.



Configuration typique d'un capteur sanitaire

La direction de la conduction de la chaleur dépend de la différence entre la température ambiante et la température du procédé. La direction est toujours du chaud au froid. L'amplitude de la conduction thermique dépend de la différence de température entre la température ambiante et la température du procédé.

Etalonnage des capteurs de température sanitaires

En général, l'étalonnage peut être mené de trois façons différentes :

- 1 Etalonnage dans un bain de laboratoire traditionnel.
- 2 Etalonnage dans un bain portable comme le RTC-168.
- 3 Etalonnage dans un puits sec.



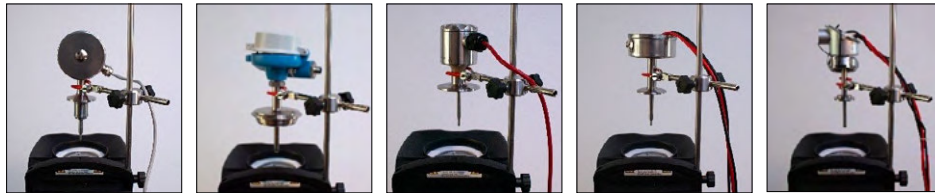
Etalonnage d'un capteur sanitaire dans un bain de laboratoire traditionnel

Il est normalement considéré comme acquis que la meilleure et la plus précise des méthodes d'étalonnage d'un capteur de température de type sanitaire, est l'utilisation de bains de laboratoire hautes performances. Un tel bain peut assurer un contact thermique complet à la fois avec la partie de détection et la bride de raccordement au procédé. Les gradients verticaux n'ont normalement aucune importance, pas plus que la stabilité de la température dans le temps.

Mais il existe certaines raisons pour lesquelles les bains de laboratoire hautes performances ne constituent pas une méthode d'étalonnage idéale :

- Ils ne sont pas portables. L'étalonnage doit être effectué dans un laboratoire ou un atelier.
- Les bains d'étalonnage de laboratoire sont très lents à atteindre la température désirée par rapport aux calibrateurs à bloc sec, et créent ainsi des temps d'étalonnage très longs.
- Les capteurs sanitaires à calibrer peuvent être en contact avec des liquides non compatibles avec des applications hygiéniques. Très souvent, l'huile de silicone est utilisée à des températures supérieures à 80°C et, dans certains cas, l'huile de silicone n'est pas une option.

Le diamètre du puits du RTC-168 est de 63,5 mm, mais avec l'utilisation d'un bac de récupération avec un espace pour l'expansion du liquide, il est possible d'étalonner des capteurs sanitaires avec des brides jusqu'à 84 mm de diamètre. Cela crée un environnement qui optimise le contact thermique avec différents types de capteurs sanitaires.



Différent types de capteurs sanitaires

Cinq capteurs sanitaires différents ont été testés, en utilisant exactement la même procédure d'étalonnage afin d'enregistrer une comparaison directe entre l'étalonnage de référence et l'étalonnage RTC-168. La procédure est décrite plus en détail dans la section suivante.

4 RTC-168 Méthodes d'étalonnage des capteurs sanitaires

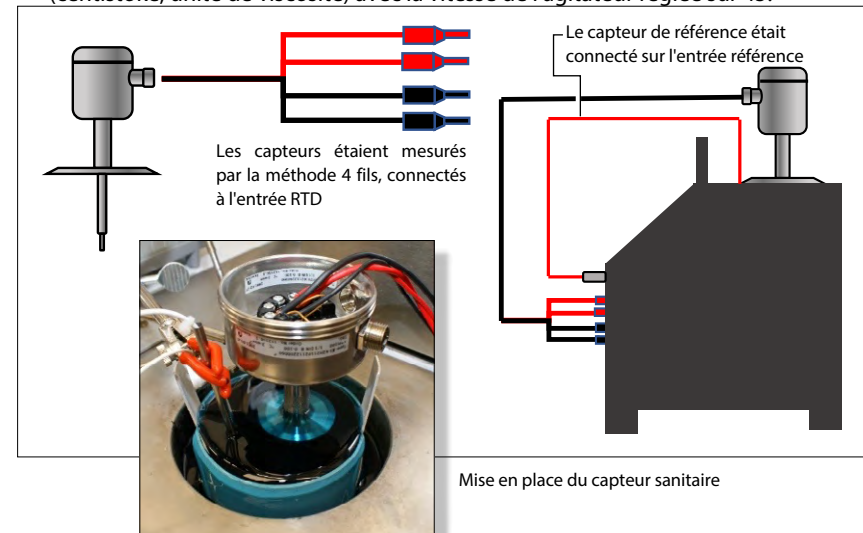
Nous avons testé cinq capteurs sanitaires (voir ci-dessus) selon trois méthodes différentes afin de comparer les résultats. Les points d'étalonnage étaient : -10, 0, 25, 75, 125 et 160°C.

Les trois méthodes de test étaient les suivantes : étalonnage à sec dans un insert de capteur sanitaire RTC-168 ; étalonnage à sec dans un insert de capteur sanitaire RTC-156 à l'aide d'un adaptateur d'insert ; et étalonnage liquide.

Tous les capteurs sanitaires testés étaient de type PRT (Platinum Resistance Thermometer), équipés d'éléments de détection Pt-100.

Les cinq capteurs sanitaires ont été mesurés en 4 fils, connectés au canal d'entrée RTD. Le capteur de référence STS-102-A-035 était connecté à l'entrée de référence.

Pour l'étalonnage liquide, la configuration était la suivante : huile de silicone cSt 10 (centistoke, unité de viscosité) avec la vitesse de l'agitateur réglée sur 45.



Étalonnage de base

Avant le test pratique, les cinq capteurs sanitaires ont été étalonnés à l'aide d'un bain d'étalonnage de laboratoire. C'est ce qu'on appelle un « étalonnage de base ».

Comme référence, un capteur AMETEK STS-102-A-035 a été utilisé et connecté à un calibrateur RTC-168.

La réponse du capteur a été mesurée sous forme de connexions à 4 fils, connectées à l'entrée RTD sur le même calibrateur RTC-168. De cette façon, nous avons pu comparer les résultats de mesure tout au long de la séquence de test totale.

5 Résultats d'étalonnage des capteurs sanitaires testés individuellement

Le but de ces tests était de donner une estimation des résultats d'étalonnage attendus en utilisant différentes configurations d'étalonnage et avec des capteurs sanitaires de conceptions physiques et thermiques très différentes.

Légende des colonnes 1 à 7 dans les tableaux de résultats

Bain de laboratoire de référence (Colonnes 1 & 2)

Colonne 1: Température de référence enregistrée.

Colonne 2: Température mesurée du capteur en test (UUT).

Calibrateur sec RTC-168 (Colonnes 3 & 4)

Colonne 3: Température de référence enregistrée.

Colonne 4: Température mesurée du capteur en test (UUT).

NOTES:

Étalonnage à l'aide d'inserts ou d'options liquides, comme décrit dans chaque tableau individuel. Observez que la différence de température n'est pas importante, mais seulement les différences entre les deux méthodes, humide ou sèche.

Calibrateur sec RTC-168 (Colonnes 5 & 6)

Colonne 5: Différence entre la T°C de référence et celle de l'UUT (liquide).

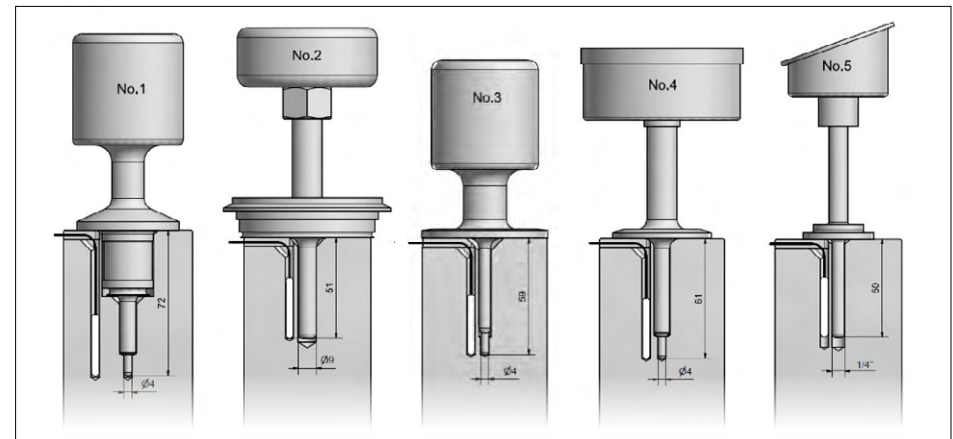
Colonne 6: Différence entre la T°C de référence et celle de l'UUT (sec).

NOTE:

Idéalement, la différence enregistrée dans les colonnes 5 et 6 devrait être la même.

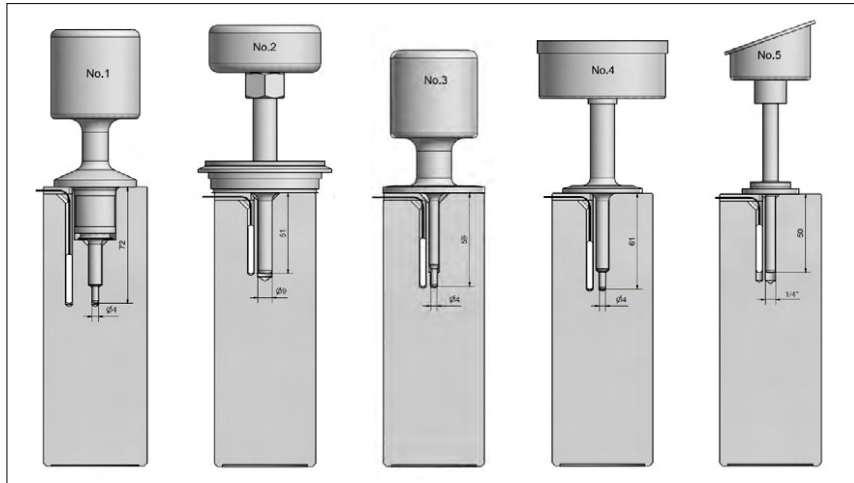
Ampleur de la différence entre les deux méthodes d'étalonnage (colonne 7)

Colonne 7: Etalonnage de base versus étalonnage avec le calibrateur RTC-168.



Représentations des 5 capteurs sanitaires testés

Etalonnage dans un insert sec



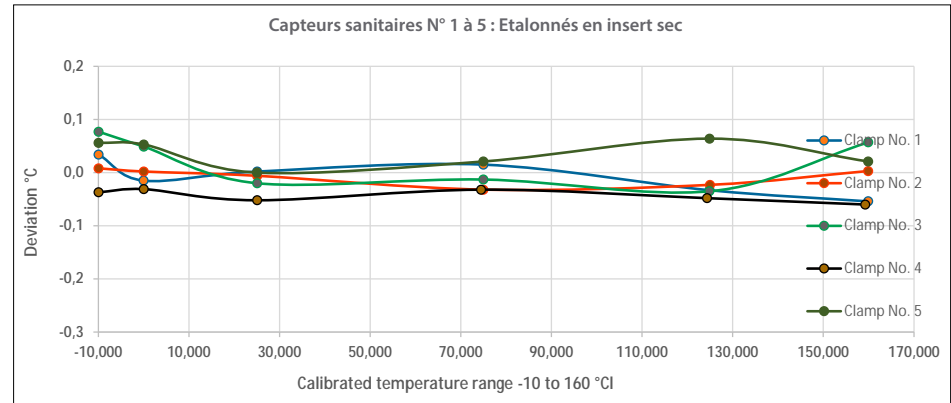
| Capteur sanitaire N°1 : Etalonnage en insert sec | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Baseline calibration | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,938 | -9,976 | -9,999 | -10,003 | -0,038 | -0,004 | 0,034 |
| -0,005 | -0,027 | 0,012 | -0,025 | -0,022 | -0,037 | -0,015 |
| 25,041 | 25,003 | 25,005 | 24,969 | -0,038 | -0,036 | 0,002 |
| 74,983 | 74,832 | 75,000 | 74,864 | -0,151 | -0,136 | 0,015 |
| 124,892 | 124,563 | 124,998 | 124,636 | -0,329 | -0,362 | -0,033 |
| 159,925 | 159,415 | 160,000 | 159,436 | -0,510 | -0,564 | -0,054 |

| Capteur sanitaire N°2 : Etalonnage en insert sec | | | | | | |
|--|------------|------------------|------------|---------|---------|---------|
| Baseline calibration | | Cal Solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,940 | -9,936 | -10,002 | -9,990 | 0,004 | 0,012 | 0,008 |
| 0,012 | 0,055 | 0,001 | 0,046 | 0,043 | 0,045 | 0,002 |
| 25,037 | 25,147 | 25,002 | 25,106 | 0,110 | 0,104 | -0,006 |
| 74,967 | 75,147 | 75,004 | 75,152 | 0,180 | 0,148 | -0,032 |
| 124,990 | 125,132 | 125,004 | 125,123 | 0,142 | 0,119 | -0,023 |
| 159,925 | 159,972 | 160,003 | 160,053 | 0,047 | 0,050 | 0,003 |

| Capteur sanitaire N°3 : Etalonnage en insert sec | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Baseline calibration | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,934 | -10,071 | -10,006 | -10,066 | -0,137 | -0,060 | 0,077 |
| 0,013 | -0,143 | 0,002 | -0,105 | -0,156 | -0,107 | 0,049 |
| 25,037 | 24,880 | 25,011 | 24,834 | -0,157 | -0,177 | -0,020 |
| 74,977 | 74,644 | 75,002 | 74,656 | -0,333 | -0,346 | -0,013 |
| 124,867 | 124,355 | 125,005 | 124,458 | -0,512 | -0,547 | -0,035 |
| 159,919 | 159,114 | 160,005 | 159,257 | -0,805 | -0,748 | 0,057 |

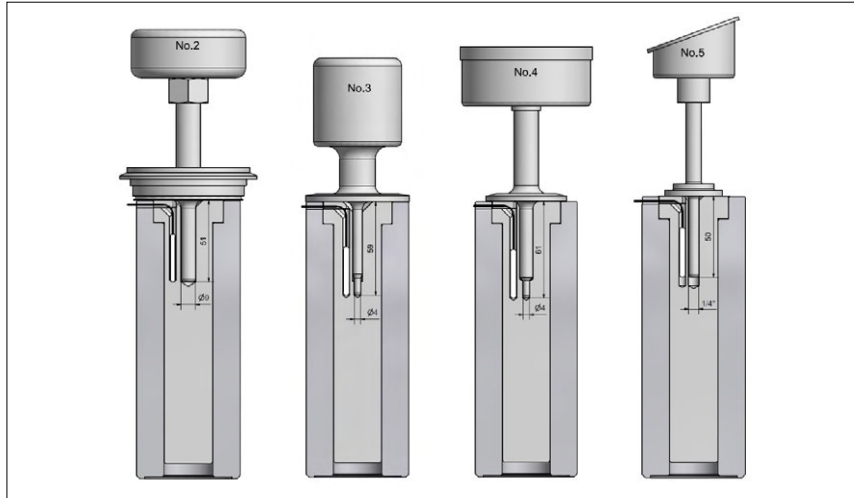
| Capteur sanitaire N°4 : Etalonnage en insert sec | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Baseline calibration | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,942 | -9,974 | -10,000 | -10,069 | -0,032 | -0,069 | -0,037 |
| 0,011 | -0,030 | 0,003 | -0,069 | -0,041 | -0,072 | -0,031 |
| 25,041 | 25,003 | 25,004 | 24,914 | -0,038 | -0,090 | -0,052 |
| 74,482 | 74,360 | 74,996 | 74,842 | -0,122 | -0,154 | -0,032 |
| 124,342 | 124,092 | 125,001 | 124,703 | -0,250 | -0,298 | -0,048 |
| 159,258 | 158,890 | 160,000 | 159,572 | -0,368 | -0,428 | -0,060 |

| Capteur sanitaire N° : Etalonnage en insert sec | | | | | | |
|---|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Reference calibration baths | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,939 | -9,831 | -10,000 | -9,836 | 0,108 | 0,164 | 0,056 |
| 0,012 | 0,104 | -0,006 | 0,139 | 0,092 | 0,145 | 0,053 |
| 25,035 | 25,135 | 25,004 | 25,104 | 0,100 | 0,100 | 0,000 |
| 74,983 | 74,99 | 75,003 | 75,031 | 0,007 | 0,028 | 0,021 |
| 124,898 | 124,762 | 125,006 | 124,934 | -0,136 | -0,072 | 0,064 |
| 159,925 | 159,752 | 160,011 | 159,859 | -0,173 | -0,152 | 0,021 |



Etalonnage avec un insert adaptateur

NOTE : Le capteur sanitaire n° 1 ne peut pas être calibré à l'aide d'un insert adaptateur car son diamètre est trop grand.
Le capteur sanitaire n° 1 ne peut être calibré qu'en insert solide ou en liquide.

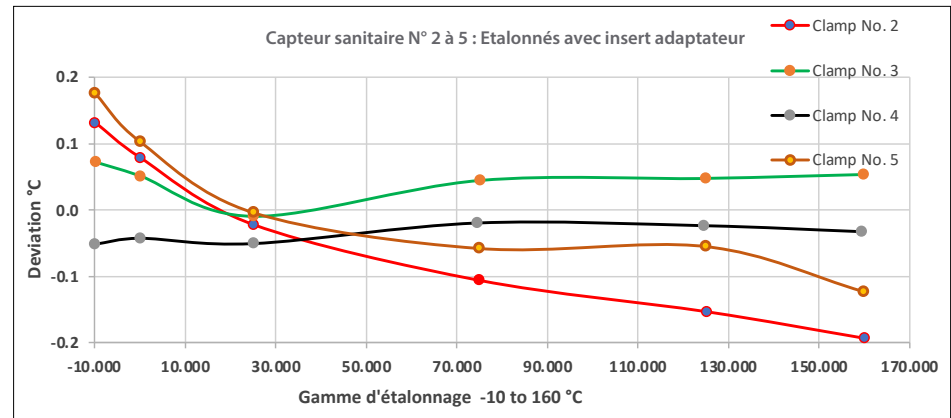


| Capteur sanitaire N° 2 : Etalonnage à l'aide d'un insert adaptateur | | | | | | |
|---|------------|------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Cal Solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,940 | -9,936 | -9,998 | -9,862 | 0,004 | 0,136 | 0,132 |
| 0,012 | 0,055 | 0,001 | 0,123 | 0,043 | 0,122 | 0,079 |
| 25,037 | 25,147 | 25,002 | 25,090 | 0,11 | 0,088 | -0,022 |
| 74,967 | 75,147 | 74,999 | 75,073 | 0,18 | 0,074 | -0,106 |
| 124,990 | 125,132 | 124,987 | 124,976 | 0,142 | -0,011 | -0,153 |
| 159,925 | 159,972 | 159,985 | 159,839 | 0,047 | -0,146 | -0,193 |

| Capteur sanitaire N° 3 : Etalonnage à l'aide d'un insert adaptateur | | | | | | |
|---|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,934 | -10,071 | -10,008 | -10,072 | -0,137 | -0,064 | 0,073 |
| 0,013 | -0,143 | -0,006 | -0,11 | -0,156 | -0,104 | 0,052 |
| 25,037 | 24,880 | 25,009 | 24,843 | -0,157 | -0,166 | -0,009 |
| 74,977 | 74,644 | 74,982 | 74,694 | -0,333 | -0,288 | 0,045 |
| 124,867 | 124,355 | 125,002 | 124,538 | -0,512 | -0,464 | 0,048 |
| 159,919 | 159,114 | 160,002 | 159,25 | -0,805 | -0,752 | 0,053 |

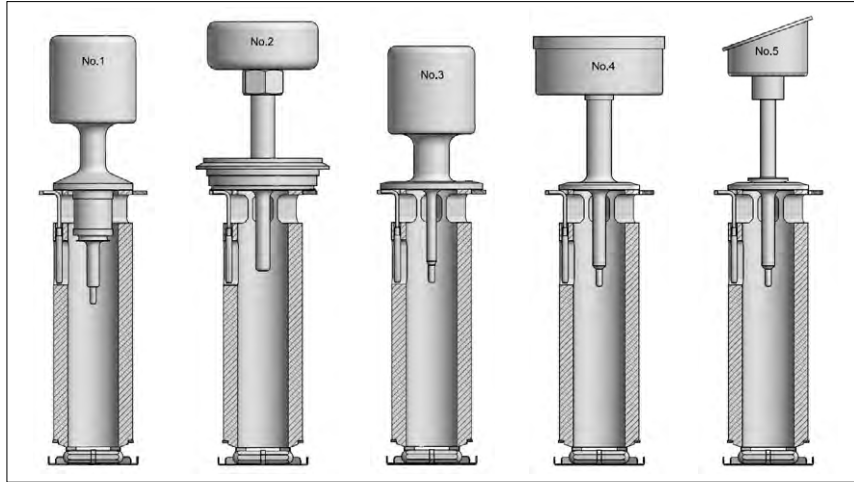
| Capteur sanitaire N° 4 : Etalonnage à l'aide d'un insert adaptateur | | | | | | |
|---|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,942 | -9,974 | -10 | -10,083 | -0,032 | -0,083 | -0,051 |
| 0,011 | -0,030 | -0,006 | -0,089 | -0,041 | -0,083 | -0,042 |
| 25,041 | 25,003 | 25,004 | 24,916 | -0,038 | -0,088 | -0,05 |
| 74,482 | 74,360 | 75,003 | 74,862 | -0,122 | -0,141 | -0,019 |
| 124,342 | 124,092 | 125,006 | 124,733 | -0,25 | -0,273 | -0,023 |
| 159,258 | 158,890 | 160,011 | 159,611 | -0,368 | -0,4 | -0,032 |

| Capteur sanitaire N° 5 : Etalonnage à l'aide d'un insert adaptateur | | | | | | |
|---|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Bain de référence | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,939 | -9,831 | -10,013 | -9,729 | 0,108 | 0,284 | 0,176 |
| 0,012 | 0,104 | 0,008 | 0,203 | 0,092 | 0,195 | 0,103 |
| 25,035 | 25,135 | 24,999 | 25,095 | 0,1 | 0,096 | -0,004 |
| 74,983 | 74,990 | 75,002 | 74,951 | 0,007 | -0,051 | -0,058 |
| 124,898 | 124,762 | 124,994 | 124,803 | -0,136 | -0,191 | -0,055 |
| 159,925 | 159,752 | 159,999 | 159,703 | -0,173 | -0,296 | -0,123 |



Etalonnage en bain liquide

NOTE: Résultats d'étalonnage à l'aide de l'option de bain agité RTC-168, en utilisant le nouveau tube de direction d'écoulement (convoyeur de chaleur)



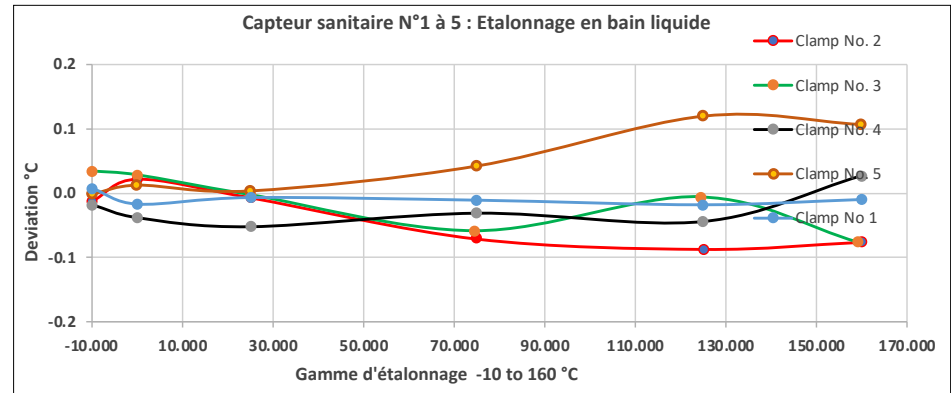
| Capteur sanitaire N°1 : Etalonnage en bain liquide | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,938 | -9,976 | -10,001 | -10,032 | -0,038 | -0,031 | 0,007 |
| -0,005 | -0,027 | 0,003 | -0,036 | -0,022 | -0,039 | -0,017 |
| 25,041 | 25,003 | 25,001 | 24,956 | -0,038 | -0,045 | -0,007 |
| 74,983 | 74,832 | 75,001 | 74,839 | -0,151 | -0,162 | -0,011 |
| 124,892 | 124,563 | 125,001 | 124,654 | -0,329 | -0,347 | -0,018 |
| 159,925 | 159,415 | 160,004 | 159,484 | -0,510 | -0,520 | -0,010 |

| Capteur sanitaire N°2 : Etalonnage en bain liquide | | | | | | |
|--|------------|------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Cal Solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,940 | -9,936 | -10,004 | -10,012 | 0,004 | -0,008 | -0,012 |
| 0,012 | 0,055 | 0,010 | 0,075 | 0,043 | 0,065 | 0,022 |
| 25,037 | 25,147 | 25,000 | 25,103 | 0,11 | 0,103 | -0,007 |
| 74,967 | 75,147 | 75,002 | 75,111 | 0,18 | 0,109 | -0,071 |
| 124,990 | 125,132 | 124,997 | 125,052 | 0,142 | 0,055 | -0,087 |
| 159,925 | 159,972 | 160,003 | 159,974 | 0,047 | -0,029 | -0,076 |

| Capteur sanitaire N°3 : Etalonnage en bain liquide | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,934 | -10,071 | -10,007 | -10,11 | -0,137 | -0,103 | 0,034 |
| 0,013 | -0,143 | 0,006 | -0,122 | -0,156 | -0,128 | 0,028 |
| 25,037 | 24,880 | 25,004 | 24,844 | -0,157 | -0,16 | -0,003 |
| 74,459 | 74,239 | 74,999 | 74,72 | -0,22 | -0,279 | -0,059 |
| 124,339 | 123,901 | 125,003 | 124,559 | -0,438 | -0,444 | -0,006 |
| 159,260 | 158,715 | 160,004 | 159,382 | -0,545 | -0,622 | -0,077 |

| Capteur sanitaire N°4 : Etalonnage en bain liquide | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Etalonnage de base | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,942 | -9,974 | -10,003 | -10,053 | -0,032 | -0,05 | -0,018 |
| 0,011 | -0,030 | 0,003 | -0,076 | -0,041 | -0,079 | -0,038 |
| 25,041 | 25,003 | 25 | 24,91 | -0,038 | -0,09 | -0,052 |
| 74,984 | 74,826 | 74,997 | 74,808 | -0,158 | -0,189 | -0,031 |
| 124,877 | 124,589 | 124,999 | 124,667 | -0,288 | -0,332 | -0,044 |
| 159,928 | 159,425 | 160,002 | 159,526 | -0,503 | -0,476 | 0,027 |

| Capteur sanitaire N°1 : Etalonnage en bain liquide | | | | | | |
|--|------------|--------------------------|------------|---------|---------|---------|
| Bain de référence | | Calibration solid insert | | Dva 2-1 | Dva 4-3 | Dva 6-5 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| t ref [°C] | t UUT [°C] | t ref [°C] | t UUT [°C] | [°C] | [°C] | [°C] |
| -9,939 | -9,831 | -10,000 | -9,894 | 0,108 | 0,106 | -0,002 |
| 0,012 | 0,104 | 0,001 | 0,105 | 0,092 | 0,104 | 0,012 |
| 25,035 | 25,135 | 25,000 | 25,103 | 0,1 | 0,103 | 0,003 |
| 74,983 | 74,990 | 75,000 | 75,049 | 0,007 | 0,049 | 0,042 |
| 124,898 | 124,762 | 124,996 | 124,98 | -0,136 | -0,016 | 0,12 |
| 159,925 | 159,752 | 159,999 | 159,933 | -0,173 | -0,066 | 0,107 |



6 Objectifs d'incertitudes

Le budget d'incertitude affiché dans la colonne suivante ne représente que la principale contribution à l'incertitude, mais donne une idée de ce à quoi s'attendre. Cependant, d'autres incertitudes doivent être ajoutées en fonction de la configuration réelle du capteur de processus réel. Un transmetteur ajoute facilement 0,1°C à l'incertitude et à la classe du capteur achetée.

Pour plus d'informations, reportez-vous à l'annexe B à la page 15.

| Quantité | Description | Estimate | | Distribution | Coefficient | Uncertainty | u ² |
|----------------|------------------------------------|----------|----|--------------|-------------|-------------|----------------|
| u ₁ | Capteur de référence STS-100-A-035 | 0,02 | °C | Normal | 2 | 0,010 | 0,00010 |
| u ₂ | Entrée référence RTC-168 | 0,01 | °C | normal | 2 | 0,005 | 0,00003 |
| u ₃ | Entrée RTD du RTC-168 | 0,03 | °C | Normal | 2 | 0,015 | 0,00023 |
| u ₄ | Temp. gradient liquid calibration | 0,01 | °C | Square | 1,7321 | 0,006 | 0,00003 |
| u ₅ | Temp. gradient dry calibration | 0,05 | °C | Square | 1,7321 | 0,029 | 0,00083 |

RTC-168 Etalonnage liquide

Racine carrée de la somme des erreurs au carré u₁ + u₂ + u₃ + u₄ k = 1 0,0196

Incertitude en mode étalonnage liquide k = 2 **0,04 °C**

RTC-168 Etalonnage bloc sec

Racine carrée de la somme des erreurs au carré u₁ + u₂ + u₃ + u₅ k = 1 0,0344

Incertitude en mode étalonnage bloc sec k = 2 **0,07 °C**

7 Conclusion des tests

Grâce au développement de notre nouveau concept d'étalonnage liquide et sec des capteurs sanitaires, il était évident que nous devions documenter les résultats et prouver qu'il pouvait offrir à nos clients des avantages significatifs par rapport aux méthodes d'étalonnage traditionnelles. Par conséquent, nous avons jugé utile de rapporter nos conclusions. Ces résultats ne doivent pas être considérés comme des spécifications, mais comme un guide des résultats possibles et réalisables.

Cinq capteurs sanitaires ont été sélectionnés pour les tests, dans le but de représenter la plus grande variété des différentes conceptions thermiques et physiques. Tous les capteurs ont été achetés auprès de différents fabricants et livrés avec un élément Pt-100 standard, et n'ont nécessité aucun réglage ou modification particulière de notre part.

La plupart des capteurs sanitaires utilisés dans divers processus de fabrication sont généralement équipés de transmetteurs. Mais afin de les tester le plus "proprement" possible, les tests se sont limités à tester le comportement thermique, sans influence supplémentaire non contrôlable d'un transmetteur ou d'autres composants électroniques qui pourraient être installés dans les capteurs. Ainsi, nous avons pu faire une comparaison directe entre ce que nous appelons l'étalonnage de base et le résultat obtenu dans le calibrateur RTC-168.

Quelques observations générales :

Veuillez noter que nous n'avons pas pu tester le capteur sanitaire 1 dans un adaptateur, car il n'était pas pratique de fabriquer un insert pour s'adapter au grand diamètre du capteur. Sinon, il est tombé à ± 0,1 °C pour la plage de température totale.

Les capteurs sanitaires 2 et 5 présentaient un petit inconvénient lors de l'utilisation de l'insert adaptateur.

Les meilleurs résultats généraux ont été obtenus lors de l'étalonnage dans un liquide et de l'utilisation de l'option de convoyeur thermique.

8 Procédures de test recommandées

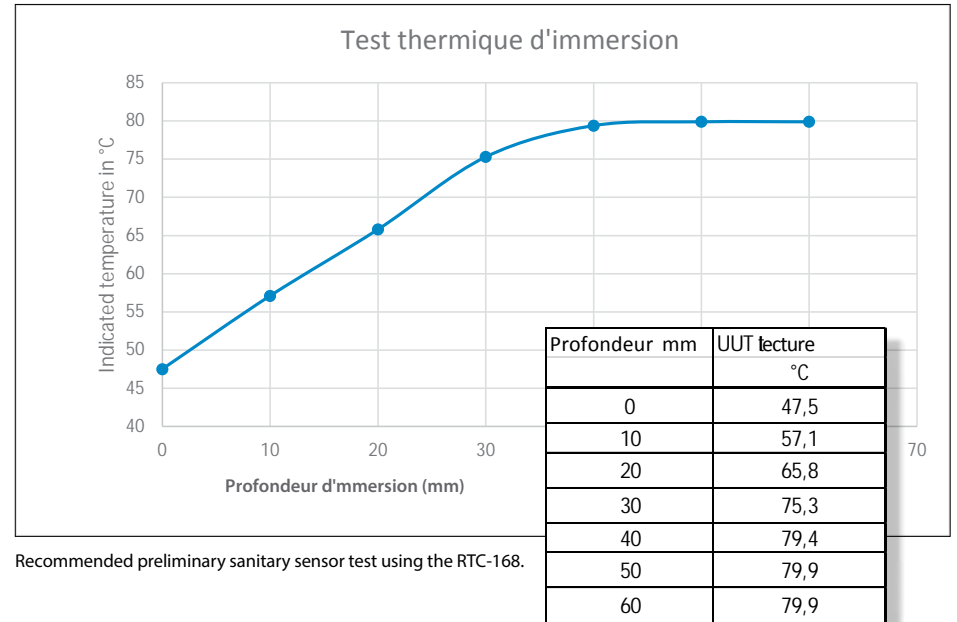
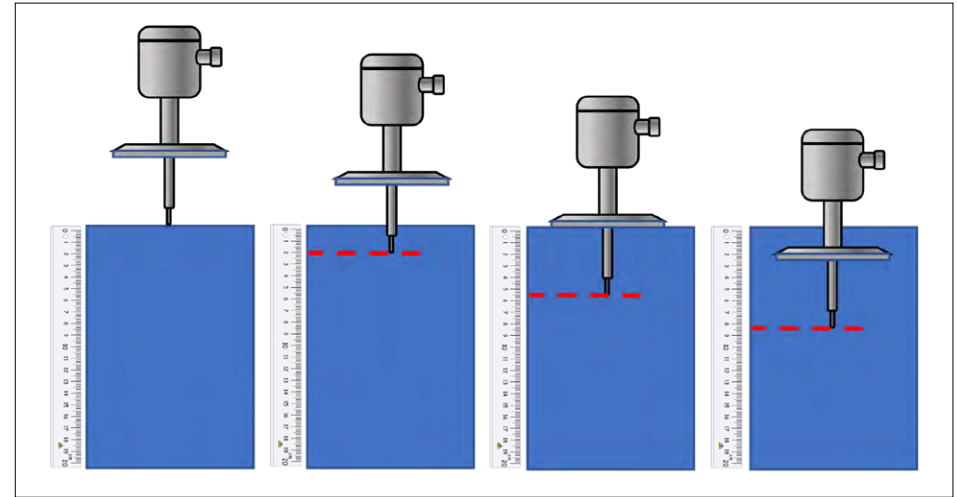
Pour garantir le meilleur étalonnage possible, nous vous recommandons d'effectuer un test thermique général de votre capteur sanitaire spécifique. Le test ne peut être effectué que dans un bain de liquide (par exemple, dans notre calibrateur RTC-168) et vous n'avez qu'à effectuer un test préliminaire pour chaque type de capteur sanitaire représenté dans votre processus. Bien que ces tests ne soient pas obligatoires, ils peuvent être d'une grande aide pour optimiser votre processus d'étalonnage et pour garantir que les mêmes procédures sont utilisées pour un étalonnage répété dans le temps.

Procédure de test d'immersion

Objectif : Examiner l'influence d'un bain d'immersion.

Réglez le calibrateur à une température proche du process.

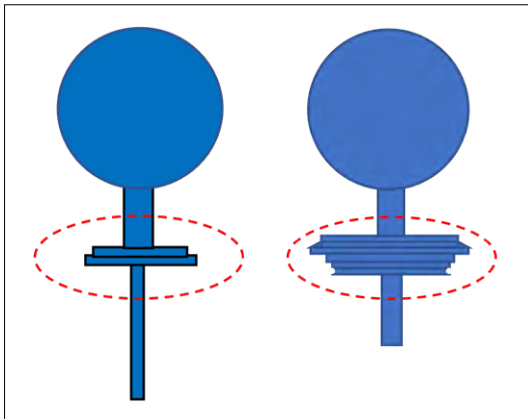
- 1** Commencez avec la pointe du capteur touchant juste le liquide. Prenez le premier enregistrement de température. (Utilisez le jeu de tiges de support que vous avez reçu).
- 2** Continuez en immergeant le capteur par petits incréments réguliers. Par exemple, 10 mm à la fois. Ensuite, prenez une lecture lorsque la bride touche juste la surface du liquide.
- 3** Continuez jusqu'à ce que le changement de température soit extrêmement faible. Le test peut être effectué relativement, ce qui signifie que le capteur de température utilisé comme référence n'a pas besoin d'être calibré car nous ne mesurons que les changements de température.



Recommended preliminary sanitary sensor test using the RTC-168.

Essai de la température de stabilisation

Objectif : Tester le temps avant que la stabilité totale ne soit atteinte en augmentant ou en diminuant la température. Comme les masses thermiques sont très différentes entre les différentes conceptions de capteurs, il est logique de tester le temps nécessaire pour atteindre la stabilisation avant d'enregistrer une valeur. Cette connaissance est également utile pour optimiser le temps total d'étalonnage.

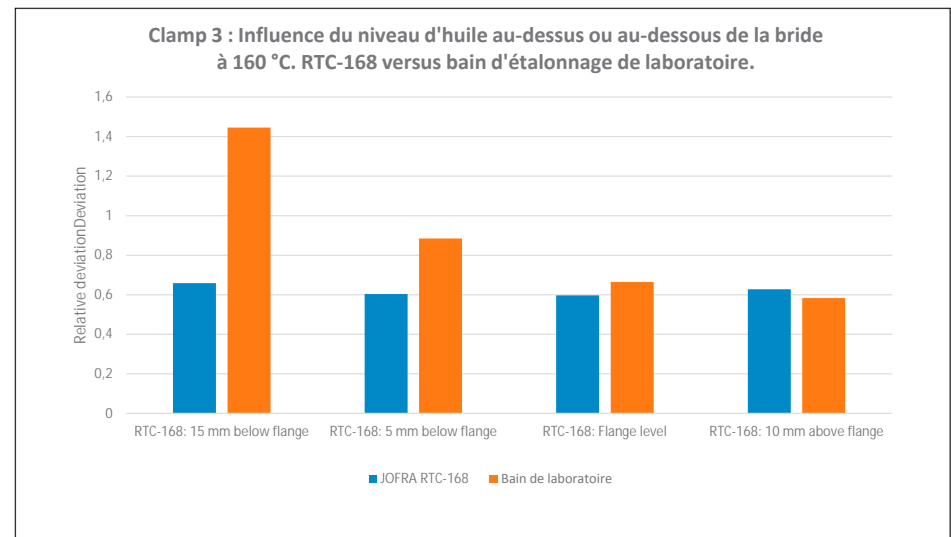
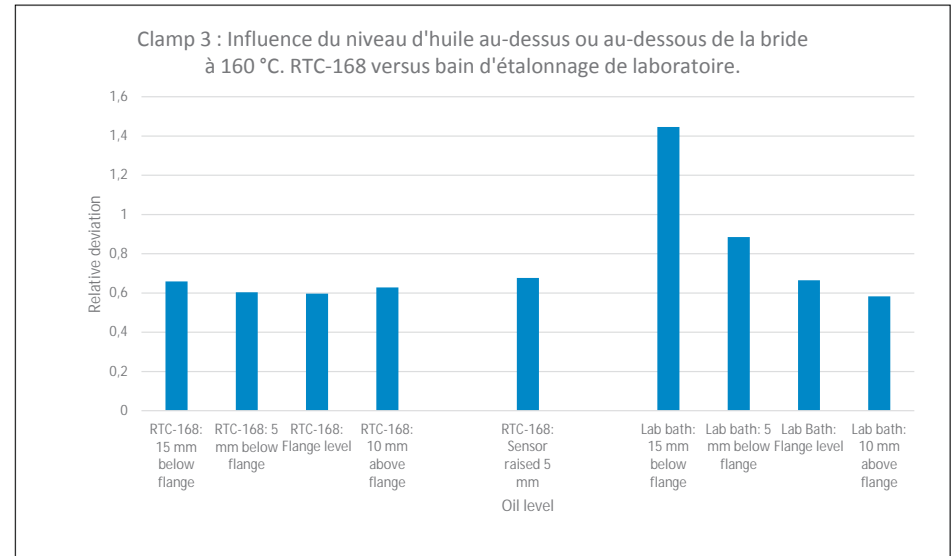


Les masses thermiques peuvent varier considérablement d'un capteur à l'autre.

Test de l'influence du niveau d'huile au-dessus ou au-dessous de la bride

Pour le capteur sanitaire n° 3, nous avons effectué un test pour mesurer les différences de niveau d'huile : huile en dessous, huile au-dessus et huile touchant juste la bride. Nous avons testé la même chose en utilisant le RTC-168 et un bain de laboratoire.

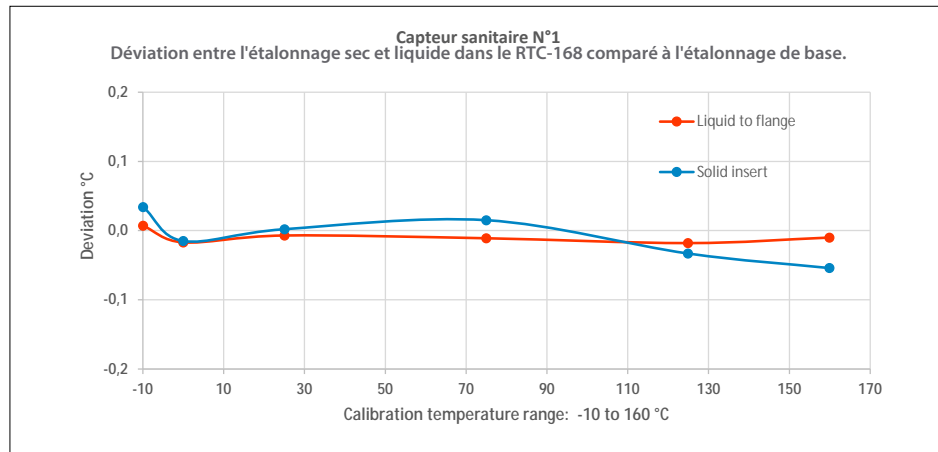
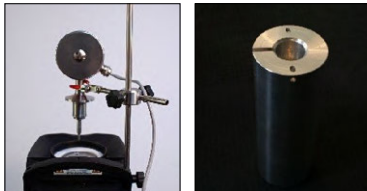
Les deux diagrammes de la colonne suivante illustrent que les niveaux d'huile ont peu ou pas d'impact sur la température lors de l'utilisation du RTC-168, contrairement au bain de laboratoire où un grand écart de température peut se produire.



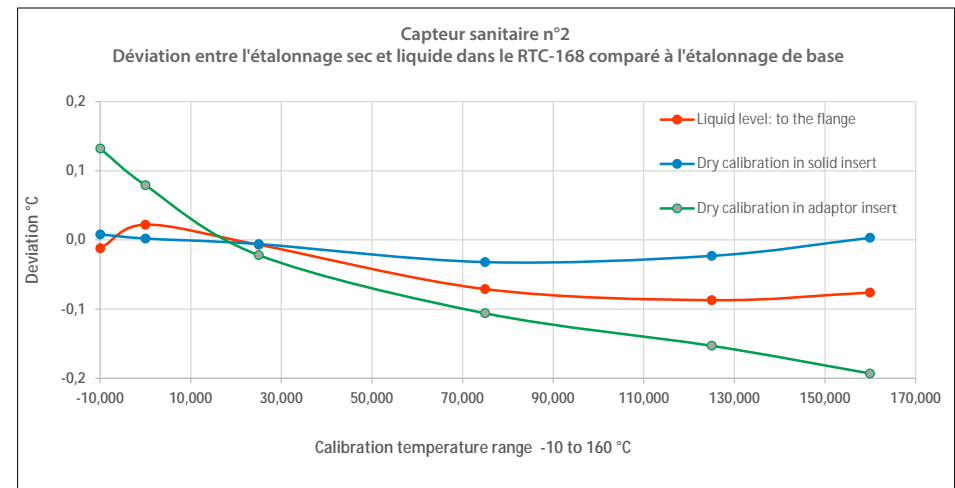
9 Appendix A: Résultats d'étalonnage des capteurs sanitaires

Avec exactement les mêmes points d'étalonnage, nous avons comparé les trois méthodes d'étalonnage différentes pour chaque type de capteur sanitaire.

Capteur sanitaire No. 1



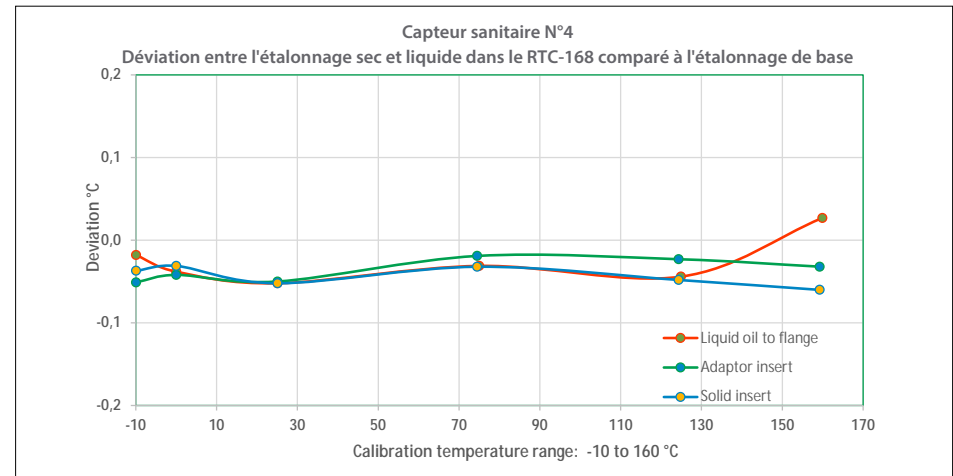
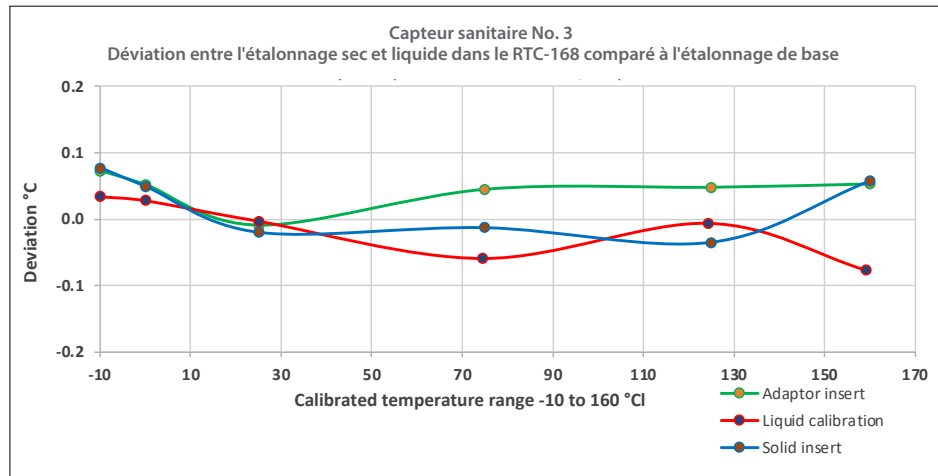
Capteur sanitaire No. 2



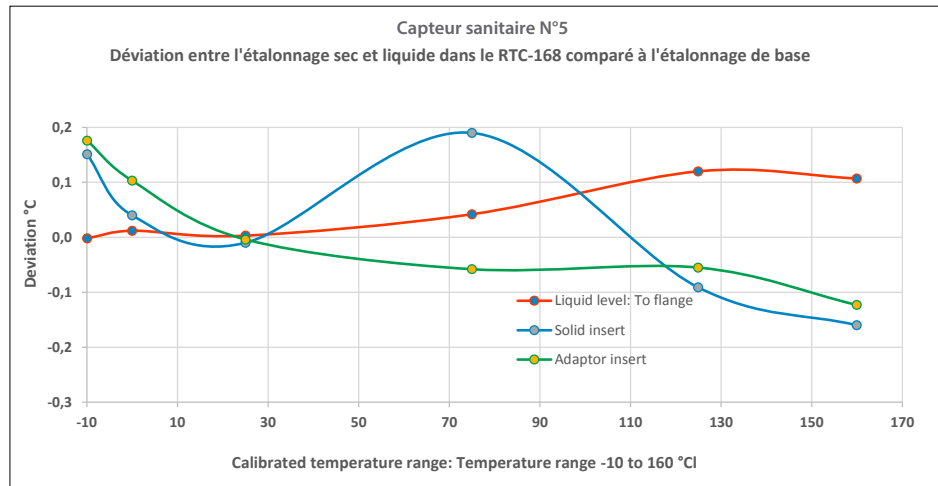
Capteur sanitaire No. 3



Capteur sanitaire No. 4



Capteur sanitaire No. 5



10 Appendix B: Standards pour PRT et Thermocouple

En ce qui concerne la précision de la température, la plupart des capteurs industriels sont livrés conformément à une norme définie telle que la norme EN 60751. En bref, le champ d'application de cette norme spécifie les exigences et la relation température/résistance pour les thermomètres à résistance en platine tels que les éléments de détection Pt100.

La norme comprend également des tableaux pour les tolérances de température. Les tolérances sont divisées en 4 classes.

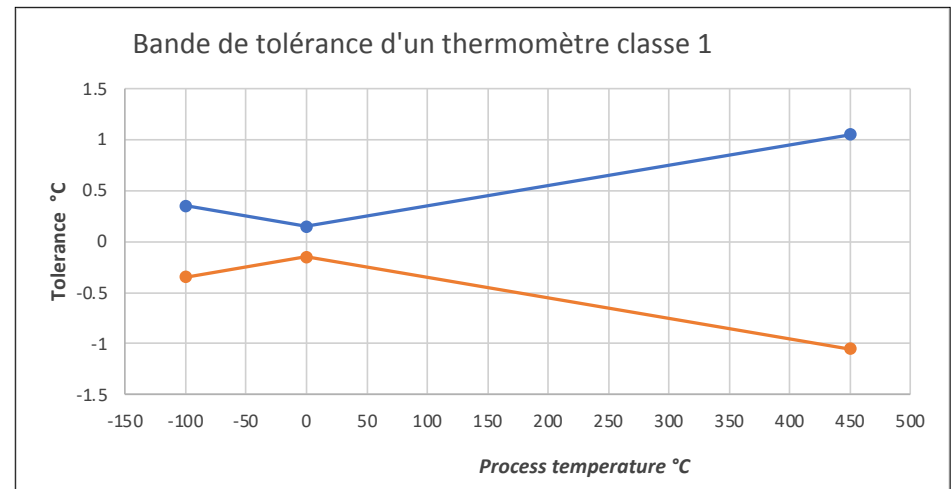
Classes de tolérance pour les thermomètre PRT

| Classe de tolérance | Résistance bobinée | Film résistif | Tolérance |
|---------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| AA | -50 to +250°C | 0 to +150°C | $\pm(0.1 + 0.0017 \cdot t)$ |
| A | -100 to +450°C | -30 to +300°C | $\pm(0.15 + 0.002 \cdot t)$ |
| B | -196 to +450°C | 50 to 500°C | $\pm(0.3 + 0.005 \cdot t)$ |
| C | -196 to +600°C | -50 to 600°C | $\pm(0.6 + 0.01 \cdot t)$ |

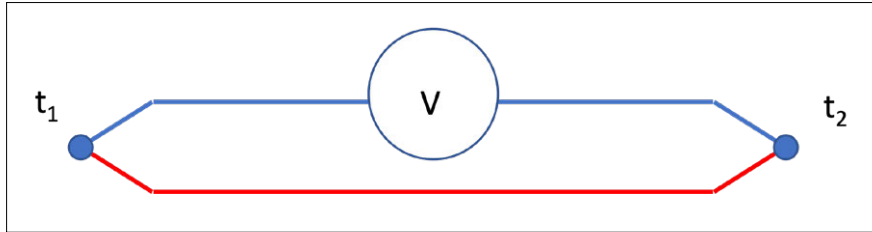
Exemple : Lors de l'achat d'un thermomètre de classe A, et en supposant que la température du procédé est d'environ 80°C, vous devez vous attendre à ce que le thermomètre soit à : $\pm(0.15^\circ\text{C} + 0.002 \cdot 80^\circ\text{C}) = \pm 0,26^\circ\text{C}$.

Veillez noter qu'il s'agit de la spécification que le fournisseur de thermomètres doit fournir lorsqu'il est commandé en classe A !

Ce qui précède peut également être affiché dans une bande de tolérance :



Pour les thermocouples, une norme parallèle à la précédente est la EN 60584. Les capteurs à thermocouple (capteurs TC) sont divisés en différents types correspondant aux matériaux conducteurs.

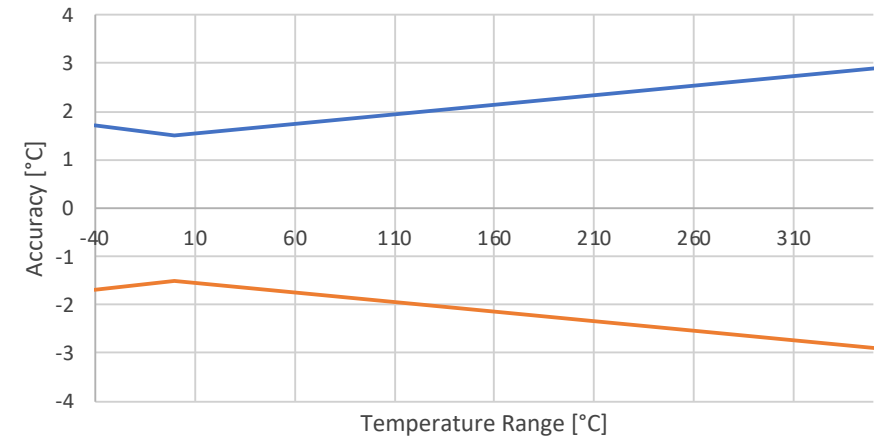


Différence de température entre t_1 et t_2

Comme les capteurs PRT, les capteurs TC doivent également respecter les tolérances spécifiques au type, comme indiqué dans le tableau des tolérances de la figure pour les types T et K ci-dessous. Classe de tolérance pour les TC type T et K

| TC Type | Classe 1 Gamme de température | Classe 2 Gamme de température | Classe 3 Gamme de température |
|---------|--|---|---|
| T | -40 to 350°C $\pm(1.5 + 0.004 \cdot t)^{\circ}\text{C}$ | -40 to 350°C $\pm(2.5 + 0.0075 \cdot t)^{\circ}\text{C}$ | -200 to +40°C $\pm(2.5 + 0.015 \cdot t)^{\circ}\text{C}$ |
| K | -40 to 1000°C $\pm(0.5 + 0.004 \cdot t)$ | -40 to 1200°C $\pm(1 + 0.0075 \cdot t)^{\circ}\text{C}$ | -200 to +40°C $\pm(1 + 0.015 \cdot t)^{\circ}\text{C}$ |

Bande de tolérance d'un TC type T classe 1



Veuillez vous référer aux normes pour plus de détails.