



THERMIBEL

LE LABORATOIRE

Étalonnages et autres prestations scientifiques



SOMMAIRE

Avant-Propos	3
Prestations en laboratoire sous accréditation BELAC	4
Prestations usine (non accréditées BELAC)	5
Prestations réalisées sur site	6
Prestations complémentaires	7
Meilleures incertitudes du laboratoire	8
Impératifs à respecter avant étalonnage au laboratoire	9
Prestations du laboratoire de métrologie	10
Tables d'interpolation & courbes	11
Calculs de vibrations des doigts de gant	12
Annexes	13-15



AVANT-PROPOS

THERMIBEL maîtrise la fabrication de capteurs de température depuis 1984 et a acquis un savoir-faire dans le domaine de la mesure de température.

Son laboratoire **accrédité BELAC en température**, réalise des étalonnages en laboratoire ou sur site. Cette accréditation obtenue depuis 2001, est **une reconnaissance de la compétence du personnel**, de **la validité des appareils** et **des méthodes mises en œuvre**.

COOPÉRATION AVEC LE CLIENT

La coopération du laboratoire avec le client inclut la possibilité d'accès du client au laboratoire pour assister aux étalonnages exécutés à sa demande. Ce type de coopération peut être favorisé afin d'instaurer un climat de confiance entre le client et le laboratoire d'étalonnage de Thermibel.

Toutefois, l'accès au laboratoire est autorisé à condition qu'il ne perturbe pas le bon déroulement de l'étalonnage. Afin de garantir la confidentialité des étalonnages, le client ne pourra assister qu'à l'étalonnage de **ses propres capteurs ou de capteurs de démonstration Thermibel** et devra quitter le laboratoire dès qu'un autre étalonnage sera en cours. Le client peut également assister à la préparation de l'étalonnage, à l'emballage et à l'expédition des capteurs étalonnés.

La coopération avec le client est un des paramètres majeurs lors de la définition de ses besoins d'étalonnage et le personnel du laboratoire devra tout mettre en œuvre pour définir les besoins réels du client.

COOPÉRATION AVEC BELAC

Le laboratoire d'étalonnage offre à BELAC et à ses représentants la coopération nécessaire afin de contrôler que les prescriptions des présentes procédures ont été satisfaites. Cette coopération comprend :

- L'accès du (des) représentant(s) au laboratoire d'étalonnage,
- Tout contrôle raisonnable permettant à BELAC de vérifier la capacité du laboratoire à vérifier les étalonnages,
- La participation à tout programme d'étalonnage que BELAC pourrait raisonnablement juger nécessaire,
- L'autorisation à BELAC d'examiner les résultats des audits internes.

COOPÉRATION AVEC D'AUTRES LABORATOIRES

Le laboratoire est disposé à participer, s'il y a lieu :

- à l'établissement de normes nationales, européennes ou internationales dans le domaine des étalonnages,
- à des essais inter-laboratoires, et à fournir dans les plus brefs délais les résultats au laboratoire organisateur,
- à un échange d'informations avec d'autres laboratoires menant des activités d'étalonnages en thermométrie.



PRESTATIONS EN LABORATOIRE SOUS ACCRÉDITATION BELAC

Accréditation THERMIBEL N° 139-Cal : Etalonnage de thermomètres à résistances et thermocouples.

Les intérêts d'un étalonnage sous accréditation BELAC sont :

- Les étalonnages sont adaptés aux instruments étalonnés,
- Les incertitudes de mesures sont garanties pour les experts des commissions d'accréditations,
- La traçabilité aux étalons nationaux est démontrée,
- Les exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025 sont respectées.



ÉTALONNAGE PAR POINTS FIXES

THERMIBEL possède une cellule qui permet un étalonnage au point triple de l'eau (0.01°C). Étalonner un capteur par la méthode des points fixes consiste à le placer dans une enceinte dont la température uniforme et constante est définie par l'équilibre thermodynamique entre différentes phases d'un corps pur.



ÉTALONNAGE PAR COMPARAISON

THERMIBEL possède des bains et fours d'étalonnage permettant de couvrir un domaine de température de -100°C à + 1300°C. Étalonner un capteur par comparaison consiste à le placer dans une enceinte dont la température uniforme et constante est mesurée à l'aide d'un capteur étalon, pris comme référence.

DOCUMENTS DÉLIVRÉS :

THERMIBEL délivre un certificat d'étalonnage BELAC (voir Annexe A1 et A2) précisant obligatoirement :

- La méthode d'étalonnage,
- La traçabilité des moyens d'étalonnage utilisés,
- Un tableau de résultats incluant les incertitudes liées aux moyens d'étalonnage,
- Les conditions d'environnement.





PRESTATIONS USINE (NON ACCRÉDITÉES BELAC)

L'intérêt d'un étalonnage « Usine »



ÉTALONNAGE PAR COMPARAISON

Un étalonnage usine est réalisé suite à la demande d'un client ou quand les caractéristiques des éléments à étalonner ne sont pas compatibles avec les équipements sous accréditation. Cet étalonnage reprend le même principe que l'étalonnage par comparaison sous accréditation.

ÉTALONNAGE PAR SIMULATION ÉLECTRIQUE

Un étalonnage par simulation électrique consiste à étalonner soit un indicateur de température par comparaison à un générateur électrique étalon, soit un simulateur de température par comparaison à un multimètre étalon.

ESSAI ET CARACTÉRISATION

Thermibel réalise la caractérisation selon les normes en vigueur des enceintes thermiques et climatiques, étuves, fours... L'objectif d'une caractérisation d'enceinte est de connaître et/ou de s'assurer périodiquement des performances réelles de l'enceinte. Elle permet de déterminer les caractéristiques qui font l'objet de spécifications c'est-à-dire :

- La mesure des temps de montée en température,
- La mesure de la stabilité et de l'homogénéité de l'enceinte en différents points de consigne de température,
- L'étalonnage de la sonde associée au régulateur de l'enceinte.

ÉTALONNAGE PRESSION **NEW**

THERMIBEL propose désormais l'étalonnage de capteurs de pressions sur une gamme allant de :

- -1 à 20 bar de pression relative et absolue,
- 0 à 400 bar en pression relative.

DOCUMENTS DÉLIVRÉS

THERMIBEL délivre un certificat d'étalonnage conforme aux exigences de l'ISO 9001, précisant :

- La méthode d'étalonnage,
- La traçabilité des moyens d'étalonnage utilisés,
- Un tableau de résultats incluant les incertitudes liées aux moyens d'étalonnage,
- Les conditions d'environnement.





PRESTATIONS RÉALISÉES SUR SITE

THERMIBEL est en mesure de réaliser des étalonnages de capteurs de température sur votre site.

Les avantages d'une prestation sur site :

- Méthodes tenant compte des conditions d'installation (contraintes thermiques par exemple),
- Réduction des temps d'immobilisation,
- Vérification de capteurs indémontables.



ÉTALONNAGE PAR COMPARAISON

Trois méthodes s'offrent à vous :

1^{ère} Méthode :

- Démontage du capteur à étalonner,
- Utilisation d'un four/bain portable et d'un étalon,
- Etalonnage par comparaison sur un ou plusieurs points entre -25°C et $+1200^{\circ}\text{C}$.

2^{ème} Méthode :

- Installation sur le process d'un étalon à proximité du capteur à étalonner,
- Etalonnage possible jusqu'à $+1200^{\circ}\text{C}$.

3^{ème} Méthode :

- Etalonnage par simulation de signal en température, Volts, mA,...



CARACTÉRISATION D'UNE ENCEINTE CLIMATIQUE

L'objectif d'une caractérisation d'une enceinte climatique est de connaître et/ou de s'assurer périodiquement des performances réelles de cette enceinte. Elle permet de déterminer les caractéristiques qui font l'objet de spécifications (temps de montée, justesse, stabilité, homogénéité, etc...).

ÉTALONNAGE PRESSION **NEW**

THERMIBEL propose désormais l'étalonnage de capteurs de pressions sur une gamme allant de :

- -1 à 20 bar de pression relative et absolue,
- 0 à 400 bar en pression relative.

DOCUMENTS DÉLIVRÉS

THERMIBEL délivre un certificat d'étalonnage conforme aux exigences de l'ISO 9001, précisant :

- La méthode d'étalonnage,
- La traçabilité des moyens d'étalonnage utilisés,
- Un tableau de résultats incluant les incertitudes liées aux moyens d'étalonnage,
- Les conditions d'environnement.



PRESTATIONS COMPLÉMENTAIRES

AVIS ET INTERPRÉTATIONS

Nos certificats d'étalonnage comprennent les remarques et notes concernant l'interprétation de nos résultats par rapport aux définitions des titres, les valeurs de référence, l'expression de nos incertitudes,...

Nous pouvons sur base de demandes expressément formulées, émettre un avis sur une déclaration de conformité/non-conformité des résultats par rapport aux résultats de prescriptions attendus, et ce dans les limites acceptables par nos incertitudes annoncées. Toute communication de ce type ne peut être rendue que par le biais d'un certificat d'étalonnage.

FORMATION

L'équipe technique de notre laboratoire vous propose son expérience et sa qualification pour des stages de métrologie. Ces stages théoriques et pratiques sont spécifiquement axés sur la pratique des incertitudes de mesure, les tolérances, l'étalonnage des capteurs de température et la réalisation de caractérisations d'enceintes mais aussi les calculs de vibration des doigts de gant plongés dans un fluide (voir également sur notre site <http://www.thermibel.be>).



VENTE DE MATÉRIELS D'ÉTALONNAGE

THERMIBEL est en mesure de vous proposer le matériel nécessaire aux étalonnages :

- Des sondes et thermocouples avec étalonnage,
- Des fours et bains d'étalonnage portables,
- Des étalons,
- Des chaînes de mesure de température,
- Des indicateurs, calibrateurs...

LSOTECH

beamex

INOR



MEILLEURES INCERTITUDES DU LABORATOIRE

Le tableau ci-dessous résume les incertitudes de mesure minimales auxquelles le laboratoire d'étalonnage peut prétendre avec le matériel et la méthode dont il dispose. Ces incertitudes correspondent à 2 écarts-types. Ceux-ci sont calculés en tenant compte des différents facteurs d'influence (étalons, moyens, etc.).

Les incertitudes indiquées dans le certificat d'étalonnage ne peuvent en aucun cas être inférieures à celles mentionnées dans ce tableau et seront en général augmentées en fonction du type d'appareil à étalonner et des moyens mis en œuvre pour réaliser l'étalonnage.

Instruments de mesure	Étendue de mesure	Incertitude sur la détermination de la température d'étalonnage	Remarques
Capteur de température à résistance	De -100°C à 20°C	0,07°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt100) dans un bain liquide
	0°C	0,05°C	Etalonnage au point de glace fondante
	0,01°C	0,03°C	Etalonnage dans une cellule du Point Triple de l'eau.
	De 20 à 150°C De 150°C à 200°C	0,10°C 0,13°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un bain liquide
	De 200°C à 400°C De 400°C à 650°C	0,18°C 0,31°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un four sec
Thermocouple	De -100°C à 20°C	0,08°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt100) dans un bain liquide
	0°C	0,06°C	Etalonnage au point de glace fondante
	De 20 à 150°C De 150°C à 200°C	0,10°C 0,13°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un bain liquide
	De 200°C à 400°C De 400°C à 650°C	0,19°C 0,31°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un four sec
	De 650°C à 750°C De 750°C à 1000°C De 1000°C à 1100°C De 1100°C à 1300°C	1,14°C 1,40°C 2,70°C 3,00°C	Par comparaison à un étalon de référence (TC) dans un four sec
Chaîne de Mesure	De -100°C à 20°C	0,07°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt100) dans un bain liquide
	0°C	0,05°C	Etalonnage au point de glace fondante
	De 20 à 150°C De 150°C à 200°C	0,10°C 0,13°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un bain liquide
	De 200°C à 400°C De 400°C à 650°C	0,18°C 0,31°C	Par comparaison à un étalon de référence (Pt25) dans un four sec
	De 650°C à 750°C De 750°C à 1000°C De 1000°C à 1100°C De 1100°C à 1300°C	1,14°C 1,40°C 2,70°C 3,00°C	Par comparaison à un étalon de référence (TC) dans un four sec

REMARQUE

- Suivant l'Echelle Internationale de Température 1990 (EIT-90).



IMPERATIFS A RESPECTER AVANT ÉTALONNAGE AU LABORATOIRE

IMPÉRATIFS DIMENSIONNELS

Nos milieux de comparaison imposent certains impératifs dimensionnels des capteurs à étalonner. Ces impératifs sont repris dans le tableau récapitulatif en page suivante.

PROPRETÉ ET DÉCONTAMINATION

Tout capteur à étalonner doit être propre (absence de graisse, goudron, boue, ... susceptibles de polluer le milieu de comparaison et invalider les résultats).

Les capteurs devront être redressés et si besoin, les capteurs de grande longueur à isolation minérale, devront être ré-enroulés. Notre atelier de fabrication peut réaliser ce type d'intervention !
Le cas échéant, les capteurs devront nous être livrés avec un certificat de décontamination.

FOURNITURE DES ACCESSOIRES

Tout accessoire nécessaire au bon fonctionnement du capteur ou de l'équipement doit être fourni.
Par exemple : mode d'emploi, chargeur de batterie, alimentation,...

VALEUR D'ISOLEMENT

La résistance d'isolement des capteurs à étalonner sera impérativement contrôlée par notre département contrôle qualité avant étalonnage.

Les valeurs limites d'acceptation à température ambiante sont :

		Tension d'essai	Valeur d'isolement
Thermocouples chemisés (Isolation minérale)	$\varnothing \leq 1,5 \text{ mm}$	75 ± 25 Vdc	> 1000 MΩ
	$\varnothing \geq 1,5 \text{ mm}$	500 ± 50 Vdc	> 1000 MΩ
Thermocouples (emperlés ou à câble)		500 ± 50 Vdc	> 500 MΩ
Sondes RTD (Pt50, Pt100, Pt1000, ...)		100 Vdc	> 100 MΩ
Thermistances (CTN, CTP,...)		50 Vdc	> 100 MΩ



PRESTATIONS DU LABORATOIRE DE MÉTROLOGIE

DÉTAILS ET IMPÉRATIFS DIMENSIONNELS

TYPES DE PRESTATION	DESCRIPTION / DETAIL	GENERATEUR	GAMME	IMPERATIF			TYPE DE CERTIFICAT DELIVRABLE	
				Ø max. (mm)	L. min. (mm)	L. max. (droit) (mm)	ISO 9001 (Usine)	ISO 17025 (BELAC)
Étalonnage en température par comparaison	<p>Tout type de thermocouple (métaux précieux et métaux communs) ;</p> <p>Sondes à résistance en platine en montage 2, 3 ou 4 fils ;</p> <p>Chaîne de mesure de température avec indication de la mesure de température.</p>	LIQUIDE	-196°C	20	200	1100	✓	
		LIQUIDE	-100...200°C	12	200	1100	✓	✓
		SEC	50...200°C	8,5	250	1100	✓	✓
Point de glace fondante (0°C)	Idem ci-dessus	SEC	200...1200°C	8	200	1100	✓	✓
		SEC	200...1300°C	12	600	1100	✓	✓
Point triple de l'eau (0.01 °C), point fixe ITS90	Idem ci-dessus	LIQUIDE	0°C	20	100	1100	✓	✓
TYPES DE PRESTATION	DESCRIPTION / DETAIL	GENERATEUR	GAMME	IMPERATIF			TYPE DE CERTIFICAT DELIVRABLE	
				Ø max. (mm)	L. min. (mm)	L. max. (droit) (mm)	ISO 9001 (Usine)	ISO 17025 (BELAC)
Étalonnage en pression par comparaison	Manomètres et indicateurs de pression	Pompe à main pneumatique	-1...20 bar (g)					✓
Étalonnage par simulation électrique	Indicateur et générateur de température et électrique	Tension Résistance Courant	-10...10V 0...4kΩ 0...55mA		n/a			✓

Certains éléments n'entrant pas dans ces critères peuvent cependant être étalonnés (veuillez faire parvenir votre demande à l'adresse : info@thermibel.be).



TABLES D'INTERPOLATION & COURBES

Un certificat d'étalonnage donne l'erreur du capteur aux températures d'étalonnage spécifiées. Déterminer l'erreur entre ces températures s'appelle **l'interpolation** et se fait par calcul. Les résultats de ce calcul sont assemblés dans **une table d'interpolation**.

La seule condition requise pour que la table d'interpolation puisse être générée est la présence **d'au moins quatre points d'étalonnage**.

TABLE D'INTERPOLATION DU CAPTEUR N° T54490/1.1

Page n°1 : de R = 73.000 Ohm à R = 84.931 Ohm

Certificat d'étalonnage n°090711 - Table de R = 73 Ohm à R = 119 Ohm - 4 pages

R du capteur n° T54490/1.1	Température du capteur n°T54490/1.1 selon la norme IEC751:2008	Température interpolée	Correction	Incertitude d'interpolation	Pente
Ohm	°C	°C	°C	±°C	Ohm/°C
73.000	-68.34	-68.30	0.04	0.06	0.3998
73.400	-67.34	-67.30	0.04	0.06	0.3997
73.800	-66.34	-66.30	0.04	0.06	0.3995
74.199	-65.34	-65.30	0.04	0.06	0.3394
74.598	-64.34	-64.30	0.04	0.06	0.3992

Extrait d'une table d'interpolation pour une Pt100

Chaque table d'interpolation est fournie avec une page d'introduction expliquant la méthode de calcul et donnant un exemple d'interprétation.

En plus de cette table, Thermibel fournit un graphique reprenant (voir Annexe B) :

- Les points de mesure
- La courbe du modèle d'interpolation
- La courbe de la norme



CALCULS DE VIBRATIONS DES DOIGTS DE GANT




Lorsqu'un fluide s'écoule autour d'un doigt de gant (DDG), le changement dans le moment du fluide crée une succession de tourbillons au-delà du DDG. Ces tourbillons se répartissent de part et d'autre du DDG, en alternance, créant des **vibrations faisant osciller le DDG** à une certaine fréquence. Si ces vibrations approchent la fréquence naturelle du DDG, celui-ci entre en **résonance**, engendrant une amplitude de vibration élevée pouvant provoquer la destruction du DDG.

Afin de se prémunir contre ce risque, la norme ASME-PTC :2010 préconise certains calculs permettant de dimensionner le DDG et d'évaluer les paramètres de son environnement afin d'éviter l'approche de la fréquence de résonance.

Afin d'aller plus loin, Thermibel a développé, avec son équipe et la participation de l'Université de Louvain-la-Neuve, un **programme de calcul** qui répond non seulement à la norme ASME-PTC : 2010 mais qui réalise des calculs supplémentaires concernant le flambage, la pression statique maximale admissible par le DDG et la longueur maximale du DDG. Couplé à une base de données des principaux matériaux (acier inox, inconel, nickel, titane, etc.), le programme fournit, à l'issue de son calcul, un rapport tel que celui affiché en annexe B.



ANNEXE A1 : EXEMPLE D'UN CERTIFICAT DE CALIBRATION

	N.V. THERMIBEL S.A. Zoning Industriel - Pavé du Roelux - B7110 Strépy-Bracquegnies Tél. +32(0)64 671500 - Fax +32(0)64 671512 Email : info@thermibel.be		
---	---	---	---

Certificat d'étalonnage n° **A221110/1**

THERMIBEL	
445, Pavé du Roelux	
7110 - Strépy-Bracquegnies - Belgium	
Etalonnage réalisé du :	14/11/2022
Certificat établi le :	15/11/2022
Nombre total de pages :	2
Date de réception du matériel :	-
Nos références :	<i>INTERNE - LABO</i>
Vos références :	-

N° de capteur : <i>LET416</i>
Type de capteur : <i>Pt 100 4 fils</i>
Présence d'un transmetteur : <i>Non</i>
Présence d'un afficheur : <i>Non</i>
Paramètre physique mesuré : <i>Résistance</i>
Type de connexion : <i>Plug Dostmann</i>
Echelle de conversion : <i>IEC-60751:2008</i>
Température ambiante / humidité moyennes : <i>23±3°C / 45±20%RH</i>
Remarques : <i>CAL OP1: 2727 0107</i>

Ce certificat d'étalonnage est délivré en conformité avec les conditions d'accréditation BELAC et garantit un raccordement aux étalons internationaux. Il ne peut être reproduit qu'intégralement, sauf autorisation écrite de reproduction partielle donnée par le laboratoire.

Etalonnage et certificat supervisés par :	Opérateur :
XXX <input style="width: 150px; height: 40px;" type="text"/>	<input style="width: 150px; height: 40px;" type="text"/> XXX



ANNEXE A2 : EXEMPLE D'UN CERTIFICAT DE CALIBRATION



N.V. **THERMIBEL** S.A.

Zoning Industriel - Pavé du Roieux - B7110 Strépy-Bracquegnies
Tél. +32(0)64 671500 - Fax +32(0)64 671512
Email : info@thermibel.be



Tableau de résultats d'étalonnage du capteur n° LET416 - Certificat d'étalonnage n° A221110/1

Température étalon	Résistance	Température convertie du capteur étalonné	Correction	Incertitude	Méthode
°C	Ohm	°C	°C	± °C	-
-50,19	80,1638	-50,36	0,17	0,11	Comparaison
-25,31	89,9915	-25,51	0,20	0,07	Comparaison
-0,01	99,9003	-0,26	0,25	0,06	Comparaison
99,83	138,2600	99,35	0,48	0,10	Comparaison
199,58	175,4219	198,82	0,76	0,13	Comparaison
251,88	194,4722	251,03	0,85	0,28	Comparaison

Traçabilité

Nominal temp.	Générateur	Etalon	Appareil étalon	Prof. d'immersion
-50	Bain Heto -80 à 20°C LET 201	LET495 - Pt99,9108	MillisKanner (LET603)	200 mm
-25	Bain Heto -80 à 20°C LET 201	LET495 - Pt99,9108	MillisKanner (LET603)	200 mm
0	Bain Glace Fondante LET 208	LET495 - Pt99,9108	MillisKanner (LET603)	200 mm
100	Bain Isotech 50 à 200°C LET283	LET202 - Pt100,0898	MillisKanner (LET603)	200 mm
200	Bain Isotech 50 à 200°C LET283	LET202 - Pt100,0898	MillisKanner (LET603)	200 mm
250	Four Isotech 100 à 650°C LET532	LET537 - Pt100,0012	MillisKanner (LET603)	140 mm

Etalonnage réalisé selon la procédure PRT03: Conduite générale d'un étalonnage accrédité

Remarques et mises en garde

La mesure sur l'unité en test a une probabilité d'environ 95% d'être la valeur donnée par l'étalon ± l'incertitude. La correction est la valeur à ajouter à la valeur lue sur l'unité en test pour obtenir la valeur conventionnellement vraie de l'étalon. Les résultats sont garantis dans les conditions d'étalonnage. Les conditions d'utilisation sont à prendre en compte par l'utilisateur. Sauf mention contraire, la valeur du courant de mesure, dans le cas de l'étalonnage d'une sonde à résistance, est de 1mA. L'échelle de température est l'E.I.T. 90, la norme de conversion est la IEC-60751:2008.

Notes sur les incertitudes

L'incertitude de mesure élargi spécifiée est l'incertitude standard multipliée par le facteur d'élargissement $k=2$, ce qui pour une distribution normale correspond à un niveau de confiance d'environ 95%.

L'incertitude standard est calculée en concordance avec le guide JCGM 100:2008 (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure), comprend plusieurs composantes dont l'incertitude des références, de la méthode de mesure, des conditions ambiantes et toute instabilité à court terme de l'objet à étalonner.

Tous les capteurs et appareils étalons utilisés sont raccordés aux étalons nationaux.



ANNEXE B - EXEMPLE DE FEUILLE DE CALCUL DE VIBRATIONS

NATURAL FREQUENCY OF THERMOWELLS			
Calculations using ASME PTC 19.3 TW-2010 by THERMIBEL S.A.			
			1/1
CUSTOMER			
TAG NR :	XXXXX	CONTACT :	
INPUT DATA			25/10/2017
Fluid properties :			
P =	2.340	bar (g)	Operating Gauge Pressure
T =	160	°C	Operating temperature
V =	61.2	m/s	Operating flow velocity
ρ =	1.908	kg/m ³	Fluid density
μ =	2.200E-02	cP	Dynamic Fluid Viscosity
D =	991.0	mm	Pipe Inside Diameter
F =	324.4	T/h	Flow rate
Type of thermowell is :	Tapered		
Type of fixing is :	Flanged		
Presence of a shield ?	No		
Geometry of the thermowell :			
A =	36	mm	Thermowell outer diameter at the root of the thermowell shank or at the support plane
B =	33	mm	Thermowell diameter at the tip
d =	7	mm	Bore diameter
L =	220	mm	Length of the thermowell from the tip to the support plane ("unsupported length")
Material of the thermowell :			
Type :	316 Stainless Steel		
E =	1.92E+05	Mpa	Elastic modulus at the operating temperature
ρ =	8031	kg/m ³	Mass density of material at operating temperature
S =	1.17E+02	MPa	Max Allowable working stress
RESULTS OF COMPUTATIONS			
D _a =	34.5	mm	Average outer diameter
I =	6.942E-08	m ⁴	Second moment of inertia
m =	7.199	kg/m	Mass per unit length of the thermowell
f _a =	497.784	Hz	Approximate natural frequency of the thermowell
N _{sc} =	19.838	-	Scruton number
Re =	1.75E+05	-	Reynolds number
N _s =	0.192	-	Strouhal number
P _c =	595	bar	Maximum external pressure
Cyclic stress conditions			
S _a =	0.243	MPa	
S _r =	0.234	MPa	
S _t =	0.252	MPa	
S _D =	0.901	MPa	
S _{max} =	1.144	MPa	
VMC :	0.901		Von Mises criteria OK
f _n ^c =	475	Hz	Natural frequency of the mounted thermowell
f _s =	357	Hz	Vortex shedding frequency
Criteria coeff. :	0.8	-	
f _s / f _n ^c =	0.751	-	The thermowell passes the most stringent frequency limit
Steady-state conditions met (§6-8,4 ASME PTC 19.3 TW-2010)			
Cyclic stress computation			
R =	2.129635507 -		
a(R) =	0.02362748 -		
VIR =	41.65789755 m/s		
GSP =	179.890468 -		
SoMax =	0.166201456 MPa		
Thermowells attachment methods are beyond the scope of the Standard. Specification of a thermowell and the materials of construction are the sole responsibility of the designer of the system, that incorporates the thermowell. Sole responsibility for ensuring compatibility or the process fluid with the system rests with the end user.			

Pavé du Rœulx 445 - Zoning Industriel -

7110 Strépy-Bracquegnies

+32 (0)64 67 15 00

info@thermibel.be - www.thermibel.be

TVA N° : BE-0423.693.624

Compte bancaire :

FORTIS - IBAN BE07 2700 0185 4066 - BIC GEBABEBB



(BELAC - ISO17025
cert. n°139 - CAL)