

56, rue des Ecoles - B.P. 125
93303 AUBERVILLIERS Cedex - France
Tél. : 33 01 48 39 83 00 - Fax : 33 01 48 33 65 90

CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE

N° 9982

DELIVRE A : FIRESTONE FRANCE SA

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : Ensemble piston-cylindre pour BALANCE MANOMETRIQUE
Kn = 10,00 bar/kg, Classe de précision N
Ré-étalonnage

Constructeur : DESGRANGES ET HUOT

Type : Huile N° de série : 5630

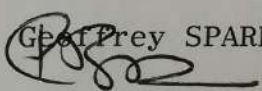
Ce certificat comprend 7 pages

Date d'émission :

LE DIRECTEUR GENERAL

LE RESPONSABLE DU SMH



 Geoff Prey SPARKES

 Philippe HUGOT

LA REPRODUCTION DE CE CERTIFICAT N'EST AUTORISÉE QUE
SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE PHOTOGRAPHIQUE INTEGRAL

Partie 1 : ETALONNAGE

La délivrance d'un certificat d'étalonnage BNM-COFRAC garantit la traçabilité des résultats d'étalonnage aux étalons nationaux.

Les incertitudes mentionnées sont celles correspondant à 2 écarts-types. Les écarts-types ont été calculés en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyen d'étalonnage, conditions d'environnement, contributions de l'instrument étalonné, répétabilité.

IDENTIFICATION

Les caractéristiques de l'ensemble piston-cylindre à étalonner sont les suivantes :

Coefficient de conversion	: 10,00	(bar/kg)
Etendue de mesure	: 10,0 - 400,00	(bar)
Type	: Huile	
Matériaux	: Piston et cylindre en carbure de tungstène	
Type de montage	: Contre-pression	
Jeu de masse	: 3322	
Sonde de température	: 111	
Balance manométrique	: RH11	

CALCUL DE PRESSION

La formule de calcul de pression utilisant un ensemble piston-cylindre et un jeu de masse est la suivante :

$$P(t, P) = \frac{Mc * g * \left[1 - \frac{r0a}{r0m} + \frac{r0a - ra}{rm} \right] + \Gamma * C}{S0 * \left[1 + (ap + ac) * (t - 20) \right] * (1 + L * P)}$$

où :

- P = Pression à la température t en (Pa)
 Mc = Valeur conventionnelle de la masse donnée par le certificat d'étalonnage des masses (kg)
 g = Accélération de la pesanteur locale en (m/s²)

- ρ_a = Masse volumique de l'air en (kg/m³)
 ρ_{0a} = Valeur conventionnelle de la masse volumique de l'air (1,2 kg/m³)
 ρ_m = Masse volumique des masses : 7920 $\pm$ 79 (kg/m³)
 ρ_{0m} = Valeur conventionnelle de la masse volumique de l'acier des masses (8000 kg/m³)
 Γ = Tension superficielle de l'huile pour les piston-cylindres huile uniquement en (N/m) (31.10⁻³ N/m pour du Sebacate)
 C = Circonférence du piston en (m)
 S_0 = Section effective de l'ensemble piston-cylindre donnée dans le certificat d'étalonnage à pression nulle et à 20 °C en (m²)
 α_p = Coefficient de dilatation du piston en (1/°C)
 (Piston en acier : (1,05 $\pm$ 0,1) . 10⁻⁵ 1/°C,
 piston en carbure de tungstène : (0,45 $\pm$ 0,05) . 10⁻⁵ 1/°C)
 α_c = Coefficient de dilatation du cylindre en (1/°C)
 (cylindre en carbure de tungstène : (0,45 $\pm$ 0,05) . 10⁻⁵ 1/°C)
 t = Température de l'ensemble piston-cylindre en (°C).
 L = Coefficient de déformation de l'ensemble piston-cylindre en (1/Pa).
 P = Pression en (Pa).

CONDITIONS DE DETERMINATION DE LA SECTION EFFECTIVE

La détermination de la section effective est réalisée dans les conditions suivantes :

Nom du manipulateur	: MARTINEZ - D	
Date d'étalonnage	:	
Mode	: Relatif	
Fluide de transfert de pression	: Sebacate	
Température ambiante	: 20 $\pm$ 1	(°C)
Humidité ambiante	: 55 $\pm$ 20	(%)
Accélération de la pesanteur	: 9,809361	(m/s ²)
Pression atmosphérique	: 1013 $\pm$ 10	(hPa)
Jeu de masses utilisé	: 3322	
Balance utilisée	: RH11	

DETERMINATION DE LA SECTION EFFECTIVE

Pour ce piston la section effective est déterminée par comparaison directe avec un étalon de travail de la chaîne d'étalonnage du Service de Métrologie des Pressions de même section théorique.

Domaine d'étalonnage	N° étalon	Incertitude
10,0 - 400,00 (bar)	12A	$\pm$ (2,6 10 ⁻⁵ *S)

DETERMINATION DE LA SECTION EFFECTIVE (Suite)

La méthode utilisée permet de déterminer un rapport de section en réalisant successivement un équilibre de base et deux accroissements avec permutation des masses, ce qui permet d'éliminer l'influence des erreurs de calibrage des masses employées. La détermination de la section effective est indépendante de l'accélération de la pesanteur et de la poussée de l'air sur les masses qui sont de même masse volumique.

La valeur mesurée de la section effective est la suivante :

$$S_0(P=0 \text{ bar}, t=20^\circ\text{C}) = 0,0980534 \quad (\text{cm}^2)$$
$$\begin{aligned} (a_p + a_c) &= (9,00 \pm 0,900) \cdot 10^{-6} & (1/^\circ\text{C}) \\ L &= -1,25 \cdot 10^{-7} & (1/\text{bar}) \end{aligned}$$

où :

a_p est le coefficient de dilatation linéique du piston,

a_c est le coefficient de dilatation linéique du cylindre

L est le coefficient de déformation avec la pression de l'élément de mesure.

L'incertitude sur la section S_0 sur toute l'étendue de mesure est la suivante, elle inclut l'incertitude sur le coefficient de déformation L :

$$U = \pm 18,0 \cdot 10^{-5} \cdot S$$

Partie 2 : VERIFICATION

La vérification des caractéristiques métrologiques de l'élément de mesure est réalisée, sur toute l'étendue de mesure, par comparaison aux étalons de travail de la chaîne d'étalonnage du Service de Métrologie des Pressions :

Domaine de contrôle	N° étalon	Incertitude
10,00 - 400,00 (bar)	12A	$\pm (100,0 \text{ Pa } 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot P)$

CONDITIONS DU CONTROLE DE VERIFICATION

La vérification est réalisée dans les conditions suivantes :

Nom du manipulateur	: MARTINEZ - D	
Date du contrôle	:	
N° de série du piston-cylindre	: 5630	
Coefficient de conversion	: 10,00	(bar/kg)
Etendue de mesure	: 10,0 - 400,00	(bar)
Classe de précision	: $\pm (2000,00 \text{ Pa } + 30,0 \cdot 10^{-5} \cdot P)$	
Fluide de transfert de pression	: Sebacate	
Température ambiante	: 20 ± 1	(°C)
Humidité ambiante	: 55 ± 20	(%)
Accélération de la pesanteur	: 9,809361	(m/s ²)
Pression atmosphérique	: 1013 ± 10	(hPa)
Jeu de masses utilisé	: 3322	
Balance utilisée	: RH11	

Les valeurs nominales des masses du jeu de masses n° 3322 sont utilisées pour déterminer la pression appareil. La tolérance sur la valeur nominale des masses est de $5,0 \cdot 10^{-5} \cdot M$.

Le contrôle de vérification est réalisé en 1 cycles comportant 6 accroissements sur toute l'étendue de mesure. Afin de déterminer l'incertitude de répétabilité, les points particuliers de 20, 50 et 100 % du domaine de contrôle sont répétés 3 fois. Pour chacun des points de pression répétés la pression appareil moyenne est comparée à une pression étalon moyenne. L'écart-type associé à la pression appareil moyenne représente la répétabilité.

La valeur maximale de l'écart-type de l'incertitude de répétabilité sur la mesure des pressions pour cet ensemble piston-cylindre est issue du tableau de la page suivante et est inférieure ou égale à :

$$s = 200,0 \text{ Pa} + 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot P$$

Le tableau de la page suivante donne le résultat du contrôle en pression, ainsi que l'incertitude finale sur la pression mesurée.

MÉTROLOGIE

CONTROLE EN PRESSION (Suite)

Pression Nominale bar	Pression de référence bar	Pression appareil bar	Ecart-type mesuré bar	Ecart mesuré bar	Ecart toléré bar
10	10,0030	10,0027	-	-0,0002	0,0230
20	20,0056	20,0051	-	-0,0005	0,0260
30	30,0082	30,0076	-	-0,0006	0,0290
100	100,025	100,025	< 0,001	-0,000	0,050
200	200,052	200,053	< 0,001	0,001	0,080
300	300,081	300,083	-	0,002	0,110
400	400,113	400,115	< 0,001	0,002	0,140

(1 bar = 100000 Pa = 14.50377 psi)

avec :

- Pression nominale : pression nominale de consigne
Pression de référence : pression mesurée par l'étalon de référence
Pression appareil : pression mesurée avec la balance appareil
suivant la formule de calcul de la
pression décrite en page 2
Ecart-type : écart-type sur 3 valeurs de l'écart mesuré
Ecart mesuré : différence entre la pression appareil et
la pression de référence
Ecart toléré : Ecart correspondant à la classe de
précision.

INCERTITUDES

L'incertitude sur la pression mesurée par la balance dans les conditions du laboratoire correspond à la somme quadratique des différentes incertitudes multipliée par un facteur $k = 2$. L'incertitude sur les masses est additionnée de manière linéaire aux autres composantes de l'incertitude. La liste des composantes de l'incertitude est la suivante :

Type A :

- incertitude de répétabilité sur la mesure des pressions

Type B :

- incertitude sur la section effective S_0 (qui inclut l'incertitude due au coefficient de déformation L)
- incertitude sur la masses appliquée (composée linéairement)
- incertitude due à la poussée de l'air sur les masses appliquées
- incertitude due à l'accélération de la pesanteur
- incertitude due à la température sur le piston-cylindre
- incertitude due au coefficient de dilatation du piston-cylindre
- incertitude de résolution
- incertitude due à la colonne de fluide

L'incertitude finale sur la pression mesurée dans le laboratoire est la suivante :

$$U = \pm (410 \text{ Pa} + 24 \cdot 10^{-5} * P)$$

L'incertitude à prendre en compte lors de l'utilisation de la balance doit être estimée en fonction des conditions réelles de son utilisation.

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° 9981

 CALCUL DU Kn

Le coefficient de conversion Kn est un nombre homogène à des (Pa/kg).
 Il indique la pression créée par un ensemble piston-cylindre lorsqu'il porte 1 kg de masse.

Le Kn est défini par la relation suivante :

$$Kn(P=0, 20^{\circ}C) = \frac{gn * (1 - ra/rm)}{S(P=0, 20^{\circ}C)}$$

où :

Kn(P=0, 20°C)	Coefficient de conversion (Pa/kg)
S(P=0, 20°C)	Section à pression nulle et à 20 °C (m²)
gn	Gravité normale = 9,806 65 (m/s²)
ra	Masse volumique de l'air = 1,2 (kg/m³)
rm	Masse volumique du métal des masses = 7920 (kg/m³)

La valeur calculée du Kn(P=0, 20°C) pour l'ensemble piston-cylindre n° 5629 est égal à :

$$Kn(P=0, 20^{\circ}C) = 0,999993 \quad (\text{bar/kg})$$

La formule de calcul de pression utilisant un ensemble piston-cylindre et un jeu de masse est la suivante :

$$P(t) = M * Kn * (1 - L * P) * \frac{g}{gn} * [1 - (ap + ac) * (t - 20)]$$

où :

P(t)	Pression à la température t en (Pa)
Kn	Coefficient de conversion à pression nulle et 20 °C en (Pa/kg)
M	Masse réelle en (kg)
g	Accélération de la pesanteur locale en (m/s²)
gn	Accélération de la pesanteur normale = 9.806 65 (m/s²)
ap	Coefficient de dilatation du piston en (1/°C) (Piston en acier : $(1,05 \pm 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^{\circ}C$, piston en carbure de tungstène : $(0,45 \pm 0,05) \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^{\circ}C$)
ac	Coefficient de dilatation du cylindre en (1/°C) (cylindre en carbure de tungstène : $(0,45 \pm 0,05) \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^{\circ}C$)
t	Température de l'ensemble piston-cylindre en (°C).
L	Coefficient de déformation de l'ensemble piston-cylindre en (1/Pa).
P	Pression de consigne en (Pa).