

Commande : 16276 du 29/03/2021  
Purchase Order

## CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE

N° P211550 / 3

DELIVRE A : **AREMECA**  
ISSUED FOR  
**rue Marc Seguin**  
**Zone Industrielle Sud**  
**41100 VENDOME**

INSTRUMENT ETALONNE  
CALIBRATED INSTRUMENT

Désignation : **BALANCE DE PRESSION**  
Designation : **PRESSURE BALANCE**

Constructeur : **AREMECA**  
Manufacturer :

Type : **BH3-60**  
Type :

N° de série : **H0002/H0002**

Serial number :  
N° d'identification :  
Identification number :

Ce certificat comprend 13 pages  
This certificate includes pages

Date d'émission : **22 avril 2021**  
Date of issue :

LE RESPONSABLE DU LABORATOIRE PRESSION-VIDE  
THE HEAD OF THE PRESSURE AND VACUUM LABORATORY



**Djilali BENTOUATI**



Accréditation  
N° 2-37  
Portée disponible  
sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral  
This certificate may not be reproduced other than in full by photographic process

333HP0502-01\_Bal section rév. C

(IN THE EVENT OF ANY DOUBT ARISING, THE ORIGINAL DOCUMENT IN FRENCH APPLIES)

## CALIBRATION OF A PRESSURE BALANCE

### 1 - IDENTIFICATION

The characteristics of the pressure balance calibrated are as follows:

- Manufacturer	: AREMECA	
- Model	: BH3-60	N° : H0002
- Serial number of the piston	: H0002	
- Serial number of the cylinder	: H0002	
- Measured pressure	: gauge	
- Range	: from 2 to 60 bar	
- Set of masses	: engraved in bar	N° : H0002

(Calibration certificate N° P211550/1)

### 2 - CALIBRATION METHOD

The calibration consists of determining the effective area of the piston-cylinder assembly, and the uncertainty of that effective area. Then, from these results, the repeatability and the residuals from the best fit are determined in the whole range by comparing the pressure measured by the balance calculated by using the effective area of the piston-cylinder assembly determined by the calibration to the pressure measured by the standard.

The pressure balance is loaded with the set of masses N° H0002 associated to it. The uncertainty of this set of masses is

$$1,5 \times 10^{-5} \times M.$$

The calibration is realized by direct comparison with the pressure balance DHI N° 193 / 2289.

The uncertainty of the pressure measured by this standard in the calibration conditions is  
(20 Pa + 6,0 x 10<sup>-5</sup> x p).

This calibration certificate guarantees the traceability of calibration measurements to the International System of Units (SI).

The expanded uncertainties mentioned are those corresponding to twice the combined standard uncertainty which gives a level of confidence of approximately 95%.

### 3 - CONDITIONS OF THE CALIBRATION

The conditions of the calibration are the following:

- Working fluid	: oil (unknown)
- Atmospheric pressure	: 1016 hPa
- Temperature lab.	: (20 ± 1) °C
- Humidity	: (55 ± 20) % HR
- Gravity	: 9,809273 m.s <sup>-2</sup>
- Reference level	: output port

## ETALONNAGE D'UNE BALANCE DE PRESSION

## 1 - IDENTIFICATION

Les caractéristiques de la balance de pression à étalonner sont les suivantes :

- Constructeur	: AREMECA	
- Type	: BH3-60	N° : H0002
- Numéro du piston	: H0002	
- Numéro du cylindre	: H0002	
- Pression mesurée	: relative	
- Etendue de mesure	: de 2 à 60 bar	
- Jeu de masses	: gravé en bar	N° : H0002

(Certificat d'étalonnage N° P211550/1)

## 2 - METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage consiste à déterminer la section effective de l'ensemble piston-cylindre, et l'incertitude sur cette section effective. Ensuite, à partir de ces résultats, la répétabilité et les résidus de modélisation sont déterminés sur toute l'étendue de mesure en comparant la pression mesurée par la balance de pression, calculée en utilisant la section effective de l'ensemble piston-cylindre déterminée au cours de l'étalonnage, à la pression mesurée par l'étalon.

La balance de pression est chargée à l'aide du jeu de masses N° H0002 qui lui est associé. L'incertitude de ce jeu de masses est de

$$1,5 \times 10^{-5} \times M.$$

L'étalonnage est effectué par comparaison directe avec la balance de pression DHI N° 193 / 2289.

L'incertitude sur la mesure de la pression de cet étalon dans les conditions de l'étalonnage est de

$$(20 \text{ Pa} + 6,0 \times 10^{-5} \times p)$$

Ce certificat d'étalonnage garantit le raccordement des résultats d'étalonnage au Système international d'unités (SI).

Les incertitudes élargies mentionnées sont celles correspondant à deux fois l'incertitude type composée, de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%.

## 3 - CONDITIONS DE L'ETALONNAGE

L'étalonnage est effectué dans les conditions suivantes :

- Fluide de travail	: huile (Aremeca H15)
- Pression atmosphérique	: 1016 hPa
- Température ambiante	: (20 ± 1) °C
- Humidité ambiante	: (55 ± 20) % HR
- Accélération de la pesanteur	: 9,809273 m.s <sup>-2</sup>
- Niveau de référence	: raccord de sortie

**4 - DETERMINATION OF THE PRESSURE MEASURED BY THE BALANCE**

When the temperature of the pressure balance had stabilized, the following procedure was used:

- Verification of the mobility of the assembly
- Connection with the standard
- Calibration at 6 pressure points distributed on all the range; this calibration is repeated 3 times (by increasing or decreasing pressure).

The pressure measured by a pressure balance at its reference level is expressed as:

$$P_m = \frac{\sum_i [m_i g (1 - \rho_a / \rho_{mi})] + \Gamma C}{S_p [1 + (\alpha_p + \alpha_c) (t - 20)]}$$

where  $P_m$  is the pressure in Pa

$m_i$  is the value of each mass applied on the piston, in kg. In gauge mode, this value of the mass can be replaced by the conventional one, by taking as mass density  $\rho_{mi} = 8000 \text{ kg.m}^{-3}$ .

$g$  is the local gravity, in  $\text{m.s}^{-2}$

$\rho_a$  is the density of air in  $\text{kg.m}^{-3}$

$\rho_{mi}$  is the density of the mass  $m_i$  applied on the piston. For the calibration, this density was taken to  $\rho_m = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$  for the piston, and to  $\rho_m = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$  for the other weights. If the certificate of the mass gives the conventional value of the mass,  $m_i$  is expressed as

$$m_i = m_c \times \left[ 1 - \frac{1,2}{8000} + \frac{1,2}{\rho_{mi}} \right]$$

The overall mass applied on the piston, and corrected for the air buoyancy, is expressed as:

$$m_a = \sum_i m_i (1 - \rho_a / \rho_{mi})$$

$\Gamma$  is the surface tension of the oil, in N/m

$C$  is the circumference of the piston, in m

$S_p$  is the effective area of the piston-cylinder assembly at the temperature of 20 °C, in  $\text{m}^2$ . This effective area is modeled as a function of the pressure from the results of the calibration (see § 5).

$\alpha_p$  and  $\alpha_c$  are the linear thermal expansion coefficients of piston and cylinder respectively:

$$\alpha_p + \alpha_c = 9,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$t$  is the ambient temperature, in °C

**4 - DETERMINATION DE LA PRESSION MESUREE PAR LA BALANCE**

Après stabilisation en température de la balance de pression, la procédure suivante est utilisée :

- Vérification de la mobilité de l'élément de mesure
- Raccordement avec l'étalon
- Etalonnage en 6 points répartis sur toute l'étendue de mesure ; cet étalonnage est répété 3 fois (indifféremment par valeurs croissantes ou décroissantes de la pression).

La pression mesurée par la balance de pression à son niveau de référence est calculée d'après la formule :

$$p_m = \frac{\sum_i [m_i g (1 - \rho_a / \rho_{mi})] + \Gamma C}{S_p [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]}$$

où, si  $p_m$  est exprimée en Pa :

$m_i$  est la masse réelle d'ordre  $i$  appliquée sur le piston, en kg. En pression relative, cette masse peut être remplacée par la masse conventionnelle, en prenant comme masse volumique de la masse  $\rho_{mi} = 8\,000 \text{ kg/m}^3$ .

$g$  est l'accélération de la pesanteur au lieu d'utilisation de la balance, en  $\text{m.s}^{-2}$

$\rho_a$  est la masse volumique de l'air, en  $\text{kg.m}^{-3}$

$\rho_{mi}$  est la masse volumique de la masse  $m_i$  appliquée sur le piston. Pour l'étalonnage, cette masse volumique a été prise égale à  $\rho_m = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$  pour le piston, et à  $\rho_m = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$  pour les autres masses. Si le certificat d'étalonnage des masses donne la valeur conventionnelle de la masse,  $m_i$  est exprimée comme :

$$m_i = m_c \times \left[ 1 - \frac{1,2}{8000} + \frac{1,2}{\rho_{mi}} \right]$$

La masse corrigée de la poussée de l'air de l'ensemble des masses appliquées sur le piston est exprimée comme :

$$m_a = \sum_i m_i (1 - \rho_a / \rho_{mi})$$

$\Gamma$  est la tension superficielle de l'huile, en N/m

$C$  est la circonférence du piston, en m

$S_p$  est la section effective à la température de + 20 °C de l'ensemble piston-cylindre, en  $\text{m}^2$ . Cette section effective sera modélisée en fonction de la pression à partir des résultats de l'étalonnage (voir § 5).

$\alpha_p$  et  $\alpha_c$  sont respectivement le coefficient de dilatation linéaire du matériau du piston et du cylindre :

$$\alpha_p + \alpha_c = 9,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$t$  est la température ambiante, en °C



**5 - DETERMINATION OF THE EFFECTIVE AREA**

A method of calculation by pressure increasing was used:

- a first equilibrium was made at the pressure  $p_{\text{base}} = 2,0 \text{ bar}$
- other equilibria were then made to the successive pressures  $p_i$ .

One can demonstrate that the pressure increase  $\Delta p_{ri}$  measured by the standard is:

$$\Delta p_{ri} = \frac{\Delta M_{ri} g}{S_{Or} \left[ 1 + (\alpha_{pr} + \alpha_{cr})(t_{ri} - 20) \right] \left[ 1 + \lambda_r (p_o + p_i) \right]} + p_o \cdot (\alpha_{pr} + \alpha_{cr}) \cdot (t_{ro} - t_{ri})$$

By taking the same notations without the suffix R for the piston-cylinder assembly to be calibrated, its effective area is expressed as :

$$S_{pi} = S_o \cdot \left[ 1 + \lambda (p_o + p_i) \right] = \frac{\Delta M_i g (1 - \rho_a / \rho_m)}{\left[ \Delta p_{ri} - p_o (\alpha_p + \alpha_c) (t_o - t_i) \right] \left[ 1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t_i - 20) \right]}$$

From the analysis of the mean results  $S_p = f(p_o + p_i)$ , two cases can arise:

- 1 - The effective area  $S_o$  is independent of the pressure, it is equal to the mean of all the determinations.
- 2 - The effective area  $S_p$  is a linear function of the pressure ; with  $S_o$  denoting the effective area at zero pressure and  $\lambda$  the pressure distortion coefficient of the piston-cylinder assembly :

$$S_p = S_o \cdot \left[ 1 + \lambda (p_o + p) \right]$$

$S_o$  and  $\lambda$  are calculated from the least squares straight line.

The analysis of the uncertainties related to the calibration was made in the last but one page of the calibration certificate in accordance with the Guide for the Expression of Uncertainty in Measurements.

The standard uncertainties were calculated from the contributions of uncertainties originating from the measurement standard, from the calibration method and environmental conditions, and from any short term contribution from the instrument being calibrated.

**5 - DETERMINATION DE LA SECTION EFFECTIVE**

Une méthode par accroissement de pression est utilisée :

- . un premier équilibre est effectué à la pression  $p_{base} = 2,0 \text{ bar}$
- . d'autres équilibres sont ensuite effectués aux pressions successives  $p_i$ .

On démontre que l'accroissement de pression  $\Delta p_{ri}$  mesuré par l'étalon s'écrit :

$$\Delta p_{ri} = \frac{\Delta M_{ri} g}{S_{or} \left[ 1 + (\alpha_{pr} + \alpha_{cr})(t_{ri} - 20) \right] \left[ 1 + \lambda_r(p_o + p_i) \right]} + p_o \cdot (\alpha_{pr} + \alpha_{cr}) \cdot (t_{ro} - t_{ri})$$

En reprenant pour l'ensemble piston-cylindre à étalonner les mêmes notations sans l'indice R, sa section effective est calculée à partir de la formule :

$$S_{pi} = S_o \cdot \left[ 1 + \lambda(p_o + p_i) \right] = \frac{\Delta M_i g (1 - \rho_a / \rho_m)}{\left[ \Delta p_{ri} - p_o (\alpha_p + \alpha_c) (t_o - t_i) \right] \left[ 1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t_i - 20) \right]}$$

L'analyse des résultats moyens  $S_p = f(p_o + p_i)$  permet de dégager deux cas :

- 1 - La section effective  $S_o$  est indépendante de la pression ; elle est égale à la moyenne de toutes les déterminations.
- 2 - La section effective  $S_p$  varie linéairement avec la pression ; si  $S_o$  est la section effective à pression nulle et  $\lambda$  le coefficient de déformation de l'ensemble piston-cylindre :

$$S_p = S_o \cdot \left[ 1 + \lambda(p_o + p) \right]$$

$S_o$  et  $\lambda$  sont déterminés à partir de la droite des moindres carrés.

L'analyse des incertitudes liées à l'étalonnage est faite en dernière page du certificat d'étalonnage conformément au Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure.

Les incertitudes-types sont calculées en tenant compte des différentes composantes d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution à court terme de l'instrument étalonné.

**5 - DETERMINATION OF THE EFFECTIVE AREA (Results)**

The table below gives, for each reference pressure, the mass applied on the piston, the temperature of the piston-cylinder assembly, the calculated effective area, then, for each pressure point, the mean effective area and the corresponding sample standard deviation.

SERIAL DEVICE NUMBER	PRESSURE BALANCE AREMECA N° H0002/H0002
CALIBRATION DATE	20 APRIL 2021
CALIBRATION PERFORMED BY	SARAGOZA LAURENT

REFERENCE PRESSURE		MASS APPLIED ON THE PISTON *	TEMP. OF THE ASSEMBLY	EFFECTIVE AREA	MEAN EFFECTIVE AREA	STANDARD DEVIATION OF THE MEAN (N = 5)
$p_r$		$m$	$t$	$S_p$	$S_p$	(mm <sup>2</sup> )
(MPa)	(bar)	(kg)	(°C)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
0,199 918 8	1,999 188	0,800 196	20,0			
0,199 931 8	1,999 318	0,800 196	20,0			
0,199 866 9	1,998 669	0,800 196	20,0			
1,000 143	10,001 43	7,201 757	20,0	78,471 3	78,469 1	0,001 50
1,000 201	10,002 01	7,201 757	20,0	78,466 3		
1,000 160	10,001 60	7,201 757	20,0	78,469 8		
2,000 303	20,003 03	15,203 674	20,0	78,476 1	78,473 4	0,001 49
2,000 426	20,004 26	15,203 674	20,0	78,471 0		
2,000 379	20,003 79	15,203 674	20,0	78,473 0		
4,000 826	40,008 26	31,207 598	20,0	78,474 5	78,473 1	0,001 05
4,000 995	40,009 95	31,207 598	20,0	78,471 1		
4,000 856	40,008 56	31,207 598	20,0	78,473 9		
5,001 179	50,011 79	39,209 505	20,0	78,472 6	78,472 6	0,000 41
5,001 226	50,012 26	39,209 505	20,0	78,471 8		
5,001 137	50,011 37	39,209 505	20,0	78,473 2		
6,001 344	60,013 44	47,211 410	20,0	78,473 8	78,472 3	0,000 76
6,001 536	60,015 36	47,211 410	20,0	78,471 3		
6,001 486	60,014 86	47,211 410	20,0	78,471 9		
				78,471 3		

\* The mass reported in the table is the value of the mass, corrected for the air buoyancy.

The value of the effective area has been issued from the above table. Case N° 1 defined in page 6 has been used:

**Mean effective area**

$$S_o = 78,472 6 \text{ mm}^2$$

**Uncertainty of the mean effective area  $S_o$ :**

$$U = 7,1 \times 10^{-5} \times S_o$$

The calculation method of the uncertainties of these parameters is given in the last but one page of the Calibration Certificate.



**5 - DETERMINATION DE LA SECTION EFFECTIVE (Résultats)**

Le tableau des résultats ci-dessous donne, pour chaque pression de référence, la masse appliquée sur le piston, la température de l'ensemble piston-cylindre, la section effective calculée, puis, pour chaque point de pression, la section effective moyenne et l'écart-type expérimental sur cette moyenne.

REFERENCE DE L'APPAREIL	BALANCE DE PRESSION AREMECA N° H0002/H0002
DATE DE L'ETALONNAGE	20 AVRIL 2021
ETALONNAGE REALISE PAR	SARAGOZA LAURENT

PRESSION DE REFERENCE		MASSE APPLIQUEE SUR LE PISTON*	TEMP. DE L'ENSEMBLE	SECTION EFFECTIVE	SECTION EFFECTIVE MOYENNE	ECART-TYPE SUR LA MOYENNE (N = 5)
$p_r$		$m$	$t$	$S_p$	$S_p$	
(MPa)	(bar)	(kg)	(°C)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
0,199 918 8	1,999 188	0,800 196	20,0			
0,199 931 8	1,999 318	0,800 196	20,0			
0,199 866 9	1,998 669	0,800 196	20,0			
1,000 143	10,001 43	7,201 757	20,0	78,471 3		
1,000 201	10,002 01	7,201 757	20,0	78,466 3	78,469 1	0,001 50
1,000 160	10,001 60	7,201 757	20,0	78,469 8		
2,000 303	20,003 03	15,203 674	20,0	78,476 1		
2,000 426	20,004 26	15,203 674	20,0	78,471 0	78,473 4	0,001 49
2,000 379	20,003 79	15,203 674	20,0	78,473 0		
4,000 826	40,008 26	31,207 598	20,0	78,474 5		
4,000 995	40,009 95	31,207 598	20,0	78,471 1	78,473 1	0,001 05
4,000 856	40,008 56	31,207 598	20,0	78,473 9		
5,001 179	50,011 79	39,209 505	20,0	78,472 6		
5,001 226	50,012 26	39,209 505	20,0	78,471 8	78,472 6	0,000 41
5,001 137	50,011 37	39,209 505	20,0	78,473 2		
6,001 344	60,013 44	47,211 410	20,0	78,473 8		
6,001 536	60,015 36	47,211 410	20,0	78,471 3	78,472 3	0,000 76
6,001 486	60,014 86	47,211 410	20,0	78,471 9		

\* La masse indiquée dans le tableau est la valeur de la masse corrigée de la poussée de l'air.

On déduit de ce tableau la valeur de la section effective, déterminée à partir du cas N° 1 défini à la page 7, soit :

**Section effective moyenne**

$$S_0 = 78,472 6 \text{ mm}^2$$

**Incertitude de la section effective  $S_0$  moyenne :**

$$U = 7,1 \times 10^{-5} \times S.$$

La méthode de calcul des incertitudes sur ces paramètres est donnée en dernière page du Certificat d'étalonnage.

**6 - PRESENTATION OF THE RESULTS OF THE PRESSURE MEASUREMENTS**

The table below gives, as a function of the reference pressure  $p_r$ , the pressure  $p_m$  measured by the pressure balance during the calibration (calculated by means of the formula established in the par. 4 when using the data of the calibration), the difference between the pressure measured by the two instruments, then the mean value of this difference and the experimental standard deviation of this difference.

The value of the measured pressure corresponding to the mass of the piston and the associated tare for the conditions of the calibration is :  $p_o = 0,998\ 90$  bar. That pressure has to be added to the pressure calculated for the mass applied on the piston by the means of the equation in page 4 of the Certificate :

$$p_m = p_o + \frac{\sum_i [m_i g (1 - \rho_a / \rho_{mi})] + \Gamma C}{S_p [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]}$$

For other environmental conditions (gravity  $g_L$  and temperature  $t_L$ ),  $p_o$  has to be corrected using the following formula :

$$p_{oL} = p_o \cdot \frac{g_L}{g_{Ine}} \cdot \frac{[1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]}{[1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t_L - 20)]}$$

SERIAL DEVICE NUMBER	PRESSURE BALANCE AREMECA N° H0002/H0002
CALIBRATION DATE	20 APRIL 2021
CALIBRATION PERFORMED BY	SARAGOZA LAURENT

REFERENCE PRESSURE		MEASURED PRESSURE	PRESSURE DIFFERENCE	MEAN PRESSURE DIFFERENCE	EXP. STANDARD DEVIATION OF
$p_r$		$p_m$	$p_m - p_r$		$p_m - p_r$
(MPa)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
0,199 919	1,999 19	1,999 17	- 0,000 02	+ 0,000 11	0,000 34
0,199 932	1,999 32	1,999 17	- 0,000 15		
0,199 867	1,998 67	1,999 17	+ 0,000 50		
1,000 143	10,001 43	10,001 29	- 0,000 14	- 0,000 39	0,000 30
1,000 201	10,002 01	10,001 29	- 0,000 73		
1,000 160	10,001 60	10,001 29	- 0,000 31		
2,000 303	20,003 03	20,003 89	+ 0,000 86	+ 0,000 20	0,000 62
2,000 426	20,004 26	20,003 89	- 0,000 37		
2,000 379	20,003 79	20,003 89	+ 0,000 10		
4,000 826	40,008 26	40,009 20	+ 0,000 94	+ 0,000 28	0,000 90
4,000 995	40,009 95	40,009 20	- 0,000 75		
4,000 856	40,008 56	40,009 20	+ 0,000 65		
5,001 179	50,011 79	50,011 79	+ 0,000 00	- 0,000 02	0,000 44
5,001 226	50,012 26	50,011 79	- 0,000 47		
5,001 137	50,011 37	50,011 79	+ 0,000 42		
6,001 34	60,013 4	60,014 38	+ 0,000 94	- 0,000 18	0,001 0
6,001 54	60,015 4	60,014 38	- 0,000 98		
6,001 49	60,014 9	60,014 38	- 0,000 48		

**6 - PRESENTATION DES RESULTATS EN PRESSION**

Le tableau suivant donne, en fonction de la pression de référence  $p_r$ , la pression  $p_m$  mesurée par la balance de pression lors de l'étalonnage (calculée à partir de l'équation établie au paragraphe 4 et en utilisant les données déterminées par l'étalonnage), l'écart entre la pression de référence et la pression mesurée, la valeur moyenne de cet écart et l'écart-type expérimental sur cet écart.

La pression engendrée par la balance et correspondant à la masse du piston et de la tare associée est, dans les conditions de l'étalonnage :  $p_o = 0,998\ 90$  bar. Cette pression s'ajoute à la pression correspondant à la masse appliquée sur le piston et calculée à partir de l'expression donnée en page 5 du Certificat :

$$p_m = p_o + \frac{\sum [m_i g (1 - \rho_a / \rho_{mi})] + \Gamma C}{S_p [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]}$$

Pour d'autres conditions d'environnement (accélération  $g_L$  et température  $t_L$ ), le terme  $p_o$  doit être corrigé à partir de l'expression suivante :

$$p_{oL} = p_o \cdot \frac{g_L}{g_{ine}} \cdot \frac{[1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - 20)]}{[1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t_L - 20)]}$$

REFERENCE DE L'APPAREIL	BALANCE DE PRESSION AREMECA N° H0002/H0002
DATE DE L'ETALONNAGE	20 AVRIL 2021
ETALONNAGE REALISE PAR	SARAGOZA LAURENT

PRESSION DE REFERENCE $p_r$		PRESSION MESUREE $p_m$	DIFFERENCE DE PRESSION $p_m - p_r$	DIFFERENCE DE PRESSION MOYENNE	ECART-TYPE SUR $p_m - p_r$
(MPa)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)	(bar)
0,199 919	1,999 19	1,999 17	- 0,000 02	+ 0,000 11	0,000 34
0,199 932	1,999 32	1,999 17	- 0,000 15		
0,199 867	1,998 67	1,999 17	+ 0,000 50		
1,000 143	10,001 43	10,001 29	- 0,000 14	- 0,000 39	0,000 30
1,000 201	10,002 01	10,001 29	- 0,000 73		
1,000 160	10,001 60	10,001 29	- 0,000 31		
2,000 303	20,003 03	20,003 89	+ 0,000 86	+ 0,000 20	0,000 62
2,000 426	20,004 26	20,003 89	- 0,000 37		
2,000 379	20,003 79	20,003 89	+ 0,000 10		
4,000 826	40,008 26	40,009 20	+ 0,000 94	+ 0,000 28	0,000 90
4,000 995	40,009 95	40,009 20	- 0,000 75		
4,000 856	40,008 56	40,009 20	+ 0,000 65		
5,001 179	50,011 79	50,011 79	+ 0,000 00	- 0,000 02	0,000 44
5,001 226	50,012 26	50,011 79	- 0,000 47		
5,001 137	50,011 37	50,011 79	+ 0,000 42		
6,001 34	60,013 4	60,014 38	+ 0,000 94	- 0,000 18	0,001 0
6,001 54	60,015 4	60,014 38	- 0,000 98		
6,001 49	60,014 9	60,014 38	- 0,000 48		

**7 - ESTIMATION OF THE CALIBRATION UNCERTAINTY**

The components used in the estimation of the uncertainty of the effective area and the pressure measured by the balance in the conditions of the calibration is given in the table below.

COMPONENT	STANDARD UNCERTAINTY
<u>Effective area at null pressure</u>	
Type A . Uncertainty due to the fitting	$1,4 \times 10^{-5} \times S$
Type B . Uncertainty due to the standard	$3,0 \times 10^{-5} \times S$
. Uncertainty due to the total applied mass	$7,7 \times 10^{-6} \times S$
. Uncertainty due to temperature ( $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )	$1,0 \times 10^{-5} \times S$
. Uncertainty due to the verticality of the piston	$7,0 \times 10^{-7} \times S$
<u>Pressure</u>	
Type A . Repeatability	$30 \text{ Pa} + 1,6 \times 10^{-5} \times p$
Type B . Effective area	$3,5 \times 10^{-5} \times p$
. Gravity	$1,0 \times 10^{-7} \times p$
. Reference level ( $\pm 3 \text{ mm}$ )	8,3 Pa
. Air buoyancy ( $\pm 2 \%$ of $\rho_a$ )	$1,0 \times 10^{-6} \times p$

The combined standard uncertainty is calculated as the quadratic combination of the components due to each parameter. By multiplying this standard uncertainty by a coverage factor  $k = 2$ , the expanded uncertainty in the conditions of the calibration at LNE is expressed as:

**Uncertainty of the mean effective area  $S_0$ :**  $U = 7,1 \times 10^{-5} \times S.$

**Uncertainty of the pressure measured by the balance:**  
 $U = (55 \text{ Pa} + 7,3 \times 10^{-5} \times p).$

This uncertainty of the pressure in the conditions of the calibration at LNE is expressed from both combined standard uncertainties calculated for the lower limit of the range and the upper limit of the range. The expanded uncertainty is expressed as:

- a component in Pa equal to the intercept of the straight line joining the combined standard uncertainty calculated for the two limits, multiplied by a coverage factor  $k = 2$ ,
- a component proportional to the pressure  $p$ , calculated as the slope of the straight line joining the combined standard uncertainty calculated for the two limits, multiplied by a coverage factor  $k = 2$ .

When using the balance, the pressure has to be calculated from the equation in § 4. The uncertainty of this pressure has to be estimated from the data given in this certificate and by taking into account the local environmental conditions.



**7 - ESTIMATION DE L'INCERTITUDE D'ETALONNAGE**

Les composantes intervenant dans l'estimation de l'incertitude sur la section effective et sur la pression mesurée par la balance dans les conditions de l'étalonnage sont listées dans le tableau ci-dessous.

COMPOSANTE	INCERTITUDE-TYPE
<u>Section effective à pression nulle</u>	
Type A . Incertitude due à la modélisation	$1,4 \times 10^{-5} \times S$
Type B . Incertitude due à l'étalon	$3,0 \times 10^{-5} \times S$
- Incertitude sur la masse totale appliquée	$7,7 \times 10^{-6} \times S$
- Incertitude due à la température ( $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ )	$1,0 \times 10^{-5} \times S$
- Incertitude due à la verticalité du piston	$7,0 \times 10^{-7} \times S$
<u>Pression</u>	
Type A . Répétabilité	$30 \text{ Pa} + 1,6 \times 10^{-5} \times p$
Type B . Section effective	$3,5 \times 10^{-5} \times p$
- Accélération de la pesanteur	$1,0 \times 10^{-7} \times p$
- Niveau de référence ( $\pm 3 \text{ mm}$ )	8,3 Pa
- Poussée de l'air ( $\pm 2 \%$ de $\rho_a$ )	$1,0 \times 10^{-6} \times p$

L'incertitude-type composée est calculée à partir de la combinaison quadratique des composantes liées à chaque paramètre. En multipliant cette incertitude-type par un facteur d'élargissement de 2, on obtient une estimation de l'incertitude élargie dans les conditions de l'étalonnage au LNE :

**Incertitude sur la section effective moyenne  $S_0$  :**  $U = 7,1 \times 10^{-5} \times S.$

**Incertitude sur la pression mesurée par la balance :**  
 $U = (55 \text{ Pa} + 7,3 \times 10^{-5} \times p).$

Cette incertitude sur la pression mesurée dans les conditions de l'étalonnage au LNE est estimée ci-dessous par la méthode de la corde. Cette méthode consiste à calculer l'incertitude-type composée, obtenue par combinaison quadratique des différentes composantes considérées comme indépendantes, pour la borne minimale et la borne maximale de l'étendue de mesure de la balance, puis à exprimer l'incertitude élargie à partir :

- d'une composante en Pa, égale à l'ordonnée à l'origine de la droite reliant les deux points, multipliée par le facteur d'élargissement  $k=2$ ,
- d'une composante proportionnelle à la pression  $p$ , calculée comme la pente de la droite reliant les deux points, multipliée par le facteur d'élargissement  $k=2$ .

En utilisation, la pression mesurée par la balance doit être calculée à partir de l'expression présentée dans le paragraphe 4. L'incertitude sur cette pression doit être estimée à partir des données fournies dans ce certificat d'étalonnage et des conditions d'environnement locales.





Commande : N° 16276 du 29/03/2021

## CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE

N° P211550 / 1

Délivré à : **AREMECA**  
**ZI Sud**  
**Rue Marc Seguin**  
**41100 VENDOME**

### INSTRUMENT ETALONNÉ

Désignation : **Masses de balance de pression**

Constructeur : **AREMECA**

Type : **60 bar**

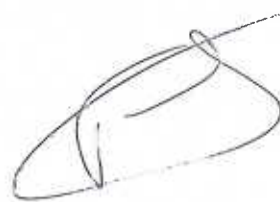
N° de série : **H0002**

N° d'identification : **/**

Ce certificat comprend 3 pages

Date d'émission : **21 avril 2021**

LE RESPONSABLE  
DU LABORATOIRE D'ÉTALONNAGE



Frédéric BRUNET



Accréditation  
N° 2-36  
Portée disponible  
sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral  
This certificate may not be reproduced other than in full by photographic process

331 M 0801-03d rév F (modèle – page 1/3 - 331 M REP 05 / WINMASSE)

## 1. DESCRIPTION ET IDENTIFICATION DES MASSES

- disque(s) en acier inoxydable

Les numéros de série et/ou d'identification sont marqués sur l'(es) étalon(s).

## 2. MÉTHODE D'ÉTALONNAGE

Les masses sont étalonnées par comparaison à des masses étalons de travail de même valeur nominale du laboratoire, selon un schéma de comparaison EMME ou MEEM. Les masses étalons de travail sont raccordées selon la même méthode aux masses étalons de référence du laboratoire.

## 3. RÉSULTATS

Les résultats de l'étalonnage sont donnés en masse conventionnelle.

La "masse conventionnelle" de la masse étalonnée est égale à la masse d'un étalon qui équilibre cette masse dans des conditions conventionnellement choisies. Ces conditions sont :

- température : 20 °C
- masse volumique de l'air : 1,2 kg.m<sup>-3</sup>
- masse volumique de l'étalon à 20 °C : 8 000 kg.m<sup>-3</sup>

Les résultats des pesées ont été corrigés, si nécessaire, pour les ramener à ces conditions de référence.

Le tableau de la page suivante donne ces résultats, à savoir :

- la masse conventionnelle de la masse étalonnée
- l'incertitude élargie sur cette valeur
- la nature de l'intervention éventuellement effectuée :  
"N" = Nettoyage, "A" = Ajustage, "E" = Echange, "-" = aucune intervention.

Les incertitudes élargies mentionnées sont celles correspondant à deux fois l'incertitude-type composée. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes composantes d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité.

CE CERTIFICAT D'ÉTALONNAGE GARANTIT LE RACCORDEMENT DES RÉSULTATS D'ÉTALONNAGE AU SYSTÈME INTERNATIONAL D'UNITÉS (SI).

Suite du certificat page suivante

## ÉTALONNAGE DE POIDS OU DE MASSES ÉTALONS

Date de l'étalonnage : 16 avril 2021

Étalonnage réalisé par : CHOUIKHA KAMEL

## Résultat(s) de l'étalonnage

IDENTIFICATION DU POIDS OU DE LA MASSE ETALON			MASSE CONVENTIONNELLE		INCERTITUDE ÉLARGIE (k=2)	INTER- VENTION
10 bar	0002-1-01		8003,12	g	± 0,12 g	-
10 bar	0002-1-02		8003,18	g	± 0,12 g	-
10 bar	0002-1-03		8003,15	g	± 0,12 g	-
10 bar	0002-1-04		8003,11	g	± 0,12 g	-
9 bar	0002-1-05		7202,84	g	± 0,11 g	-
5 bar	0002-1-06		4001,541	g	± 60 mg	-
2 bar	0002-1-07		1600,624	g	± 24 mg	-
2 bar	0002-1-08		1600,627	g	± 24 mg	-
1 bar	0002-1-09		800,316	g	± 12 mg	-
0,5 bar	0002-1-10		400,156 8	g	± 6,0 mg	-
TARE	1 bar	0002-1-11	248,517 1	g	± 3,7 mg	-
TARE	10 psi	H0002	111,270 8	g	± 1,7 mg	-

Aucune intervention du type nettoyage, ajustage ou échange n'a été effectuée sur les masses

Fin du certificat