

Dossier P206760 – Document DMSI/1 – Page 1/4

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P206760 / 1

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
ZI Broteau nord
Impasse Louis Verd
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP010232** du **26/10/2020**

INSTRUMENT ETALONNE

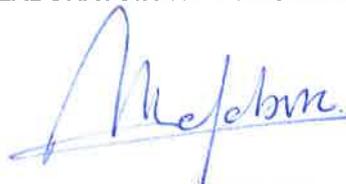
Désignation : **Volumètre « 30 ml » étalonné entre 5 ml/min et 100 ml/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-011-WA-A** N° de série : **647**
N° d'identification : -

Paris, le 23 mars 2021

LE RESPONSABLE
DU LABORATOIRE D'ETALONNAGE



Marc LEFEBVRE



Accréditation
N° 2.53

Portée disponible
Sur www.cofrac.fr

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

1. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL

Le volumètre est équipé de 6 détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 30 ml,
- d'un chronoscope IVO de résolution 0,01 s,
- d'une sonde de température Pt 100 de résolution 0,1 °C et étalonnée (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/1) associée à l'indicateur TEPI type IT 2020 n° 5070,
- d'un capteur de pression absolue KELLER de résolution 1 mbar et étalonné (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/2) associé à l'indicateur TEPI type PAA-21-2 n° 4880.

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué à l'azote par comparaison avec l'étalon de travail de type Molbloc™ n° 481 d'étendue de mesure 0 - 100 ml/min et connecté sur l'électronique de commande modèle Molbox 1 n° 2136. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN100713 / 24-27).

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique (Cf. certificat n° IN102190 / 23). L'incertitude élargie sur la mesure du débit massique de cet étalon de travail est de $(3 \cdot 10^{-5} + 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot q_m)$ dans le domaine de 0,1 mg/s à 0,4 mg/s et de $(7 \cdot 10^{-4} + 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m)$ entre 0,4 mg/s et 2 mg/s.

Par commodité d'usage, le débit massique est converti en débit volumique ramené aux conditions normales (1013,25 hPa et 273,15 K).

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué dans le laboratoire d'étalonnage des débitmètres massiques et dans les conditions suivantes :

- Gaz sec : Azote 4.5 ($M = 28,0135 \text{ g.mol}^{-1}$; $R = 8,31447 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994
- Température du gaz : entre 22,2 °C et 22,9 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 22,9 °C et 24,8 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz : entre 1001 hPa et 1003 hPa (pression atmosphérique)
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 60 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

Suite du certificat page suivante

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage comporte 1 cycle de 11 mesures avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 5 ml/min et 100 ml/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- le débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne de 5 déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle), q_{mr}
- la valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales, q_{vr}
- la valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, q_{vi} , ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

**Volumètre n° 647 étalonné à l'azote par comparaison
au Molbloc n° 481 le 11/03/2021 par J. Barbe**

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
30	2,0942	100,48	100,86	0,34	+ 0,38
30	1,2533	60,136	60,39	0,22	+ 0,42
20	1,2531	60,127	60,35	0,22	+ 0,37
15	1,2529	60,113	60,22	0,21	+ 0,17
15	0,83193	39,917	40,03	0,15	+ 0,28
10	0,83182	39,911	39,97	0,17	+ 0,14
10	0,41615	19,967	20,01	0,10	+ 0,21
10	0,20824	9,992	10,006	0,048	+ 0,14

$$\text{Avec : } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6.10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

Suite du certificat page suivante

**Volumètre n° 647 étalonné à l'azote par comparaison
au Molbloc n° 481 le 11/03/2021 par J. Barbe (suite)**

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
4 (1)	0,20826	9,993	10,023	0,047	+ 0,31
4 (2)	0,10468	5,023	5,045	0,032	+ 0,45
4 (3)	0,10480	5,028	5,024	0,026	- 0,09

$$\text{Avec : } q_{vi} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6 \cdot 10^4$$

- (1) : avant ajustage de la cellule correspondant au volume de 4 ml pour un débit de 10 ml/min
 (2) : avant ajustage de la cellule correspondant au volume de 4 ml pour un débit de 5 ml/min
 (3) : après ajustage de la cellule correspondant au volume de 4 ml pour un débit de 5 ml/min

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

6. CONSTAT

Au vu des résultats de l'étalonnage consignés dans un document portant le même numéro que ce certificat et archivé au laboratoire, il a été constaté que l'erreur de justesse maximale (E_j) de l'instrument, augmentée de l'incertitude d'étalonnage élargie (U) est inférieure à l'erreur maximale tolérée (EMT) définie dans le tableau suivant :

Volumètre n° 647

Volume utilisé	Etendue de mesure	EMT	Constat
4 ml à 30 ml	5 ml/min à 100 ml/min d'azote	0,8 % de la lecture	Conforme

Conforme si : $|E_j| + U \leq \text{EMT}$

Cette EMT est précisée par l'utilisateur dans le cahier des charges pour un étalonnage sur site de volumètres établi par le LNE.

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P206760 – Document DMSI/2 – Page 1/4

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P206760 / 2

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
ZI Broteau nord
Impasse Louis Verd
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP010232** du **26/10/2020**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Volumètre « 450 ml » étalonné entre 100 ml/min et 1000 ml/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : - N° de série : **683**
N° d'identification : -

Paris, le 23 mars 2021

LE RESPONSABLE
DU LABORATOIRE D'ETALONNAGE



Marc LEFEBVRE

1. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL

Le volumètre est équipé de 10 détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 450 ml,
- d'un chronoscope IVO de résolution 0,01 s,
- d'une sonde de température Pt 100 de résolution 0,1 °C et étalonnée (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/1) associée à l'indicateur TEPI type IT 2020 n° 5070,
- d'un capteur de pression absolue KELLER de résolution 1 mbar et étalonné (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/2) associé à l'indicateur TEPI type PAA-21-2 n° 4880.

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué à l'azote par comparaison avec l'étalon de travail de type Molbloc™ n° 193 d'étendue de mesure 0 - 1000 ml/min et connecté sur l'électronique de commande modèle Molbox 1 n° 2136. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN100713 / 24-27).

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique (Cf. certificat n° IN102761 / 4). L'incertitude élargie sur la mesure du débit massique de cet étalon de travail est de $(7.10^{-4} + 3,0.10^{-3}.q_m)$ dans le domaine de 2 mg/s à 10 mg/s et de $(2,0.10^{-3}.q_m)$ entre 10 mg/s et 20 mg/s.

Par commodité d'usage, le débit massique est converti en débit volumique ramené aux conditions normales (1013,25 hPa et 273,15 K).

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué dans le laboratoire d'étalonnage des débitmètres massiques et dans les conditions suivantes :

- Gaz sec : Azote 4.5 ($M = 28,0135 \text{ g.mol}^{-1}$; $R = 8,31447 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994
- Température du gaz : entre 20,6 °C et 23,0 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 21,7 °C et 24,4 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz : entre 1005 hPa et 1007 hPa (pression atmosphérique)
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 25 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

Suite du certificat page suivante

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage comporte 1 cycle de 11 mesures avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 100 ml/min et 1000 ml/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- le débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne de 5 déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle), q_{mr}
- la valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales, q_{vr}
- la valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, q_{vj} , ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Volumètre n° 683 étalonné à l'azote par comparaison au Molbloc n° 193 le 10/03/2021 par J. Barbe

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vj}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vj} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
50	2,0843	100,01	100,16	0,38	+ 0,15
50	4,1600	199,60	200,27	0,67	+ 0,34
100	4,1598	199,59	200,29	0,66	+ 0,35
150	8,3260	399,49	401,37	0,87	+ 0,47
200	12,490	599,29	602,2	1,2	+ 0,48
250	12,490	599,29	601,4	1,2	+ 0,36
300	12,493	599,43	601,8	1,2	+ 0,40

$$\text{Avec : } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6.10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

Suite du certificat page suivante

**Volumètre n° 683 étalonné à l'azote par comparaison
au Molbloc n° 193 le 10/03/2021 par J. Barbe (suite)**

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
350 (1)	20,756	995,91	1 004,1	2,1	+ 0,82
350 (2)	20,758	995,97	998,9	2,1	+ 0,30
400	20,756	995,90	1 000,4	2,1	+ 0,45
450	20,759	996,05	1 000,5	2,1	+ 0,44

$$\text{Avec: } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6 \cdot 10^4$$

- (1) : avant ajustage de la cellule correspondant au volume de 350 ml pour un débit de 1000 ml/min
 (2) : après ajustage de la cellule correspondant au volume de 350 ml pour un débit de 1000 ml/min

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

6. CONSTAT

Au vu des résultats de l'étalonnage consignés dans un document portant le même numéro que ce certificat et archivé au laboratoire, il a été constaté que l'erreur de justesse maximale (E_j) de l'instrument, augmentée de l'incertitude d'étalonnage élargie (U) est inférieure à l'erreur maximale tolérée (EMT) définie dans le tableau suivant :

Volumètre n° 683

Volume utilisé	Etendue de mesure	EMT	Constat
50 ml à 450 ml	100 ml/min à 1000 ml/min d'azote	0,7 % de la lecture	Conforme

$$\text{Conforme si : } |E_j| + U \leq \text{EMT}$$

Cette EMT est précisée par l'utilisateur dans le cahier des charges pour un étalonnage sur site de volumètres établi par le LNE.

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P206760 – Document DMSI/3 – Page 1/4

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P206760 / 3

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
ZI Broteau nord
Impasse Louis Verd
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP010232** du **26/10/2020**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Volumètre « 3,5 l » étalonné entre 1 l/min et 4 l/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-008-WA-A** N° de série : **916**
N° d'identification : **-**

Paris, le 23 mars 2021

LE RESPONSABLE
DU LABORATOIRE D'ETALONNAGE



Marc LEFEBVRE



Accréditation
N° 2.53

Portée disponible
Sur www.cofrac.fr

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

1. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL

Le volumètre est équipé de 8 détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 3500 ml,
- d'un chronoscope IVO de résolution 0,01 s,
- d'une sonde de température Pt 100 de résolution 0,1 °C et étalonnée (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/1) associée à l'indicateur TEPI type IT 2020 n° 5070,
- d'un capteur de pression absolue KELLER de résolution 1 mbar et étalonné (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/2) associé à l'indicateur TEPI type PAA-21-2 n° 4880.

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué à l'azote par comparaison avec l'étalon de travail de type Molbloc™ n° 194 d'étendue de mesure 0 - 10000 ml/min et connecté sur l'électronique de commande modèle Molbox 1 n° 2136. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN100713 / 24-27).

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique (Cf. certificat n° IN102761 / 10). L'incertitude élargie sur la mesure du débit massique de cet étalon de travail est de $(2,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m)$ dans le domaine de 20 mg/s à 250 mg/s.

Par commodité d'usage, le débit massique est converti en débit volumique ramené aux conditions normales (1013,25 hPa et 273,15 K).

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué dans le laboratoire d'étalonnage des débitmètres massiques et dans les conditions suivantes :

- Gaz sec : Azote 4.5 ($M = 28,0135 \text{ g.mol}^{-1}$; $R = 8,31447 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994
- Température du gaz : entre 22,3 °C et 22,7 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 22,6 °C et 24,1 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz : 1007 hPa (pression atmosphérique)
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 50 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

Suite du certificat page suivante

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage comporte 1 cycle de 8 mesures avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 1 l/min et 4 l/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- le débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne de 5 déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle), q_{mr}
- la valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales, q_{vr}
- la valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, q_{vi} , ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Volumètre n° 916 étalonné à l'azote par comparaison au Molbloc n° 194 le 10/03/2021 par J. Barbe

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
500	20,787	997,4	1000,8	2,1	+ 0,35
500	41,593	1995,7	2000,1	4,3	+ 0,22
1000	41,587	1995,4	1998,1	4,1	+ 0,13
1500	41,579	1995,0	1993,3	4,1	- 0,09

$$\text{Avec : } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6.10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

Suite du certificat page suivante

**Volumètre n° 916 étalonné à l'azote par comparaison
au Molbloc n° 194 le 10/03/2021 par J. Barbe (suite)**

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
2000	41,583	1995,2	1994,9	4,0	- 0,02
2500	83,187	3991,4	4001	10	+ 0,25
3000	83,183	3991,2	3991	10	0,00
3500	83,173	3990,7	3993	10	+ 0,06

$$\text{Avec: } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6 \cdot 10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

6. CONSTAT

Au vu des résultats de l'étalonnage consignés dans un document portant le même numéro que ce certificat et archivé au laboratoire, il a été constaté que l'erreur de justesse maximale (E_j) de l'instrument, augmentée de l'incertitude d'étalonnage élargie (U) est inférieure à l'erreur maximale tolérée (EMT) définie dans le tableau suivant :

Volumètre n° 916

Volume utilisé	Etendue de mesure	EMT	Constat
500 ml à 3500 ml	1 l/min à 4 l/min d'azote	0,7 % de la lecture	Conforme

Conforme si : $|E_j| + U \leq \text{EMT}$

Cette EMT est précisée par l'utilisateur dans le cahier des charges pour un étalonnage sur site de volumètres établi par le LNE.

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P206760 – Document DMSI/4 – Page 1/4

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P206760 / 4

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
ZI Broteau nord
Impasse Louis Verd
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP010232** du **26/10/2020**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Volumètre « 12 l » étalonné entre 4 l/min et 30 l/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-012-WA-A** N° de série : **648**
N° d'identification : **-**

Paris, le 23 mars 2021

LE RESPONSABLE
DU LABORATOIRE D'ETALONNAGE



Marc LEFEBVRE



Accréditation
N° 2.53

Portée disponible
Sur www.cofrac.fr

La reproduction de ce certificat n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

1. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL

Le volumètre est équipé de 13 détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 12000 ml,
- d'un chronoscope IVO de résolution 0,01 s,
- d'une sonde de température Pt 100 de résolution 0,1 °C et étalonnée (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/1) associée à l'indicateur TEPI type IT 2020 n° 5070,
- d'un capteur de pression absolue KELLER de résolution 1 mbar et étalonné (Cf. certificat d'étalonnage n° 7070004/2) associé à l'indicateur TEPI type PAA-21-2 n° 4880.

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ n° 194 d'étendue de mesure 0 - 10000 ml/min et n° 1293 d'étendue de mesure 0 - 30000 ml/min et connectés sur l'électronique de commande modèle Molbox 1 n° 2136. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN100713 / 24-27).

Il est rappelé que l'étalonnage des étalons de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique (Cf. certificats n° IN102761 / 10 et n° IN102761 / 11). L'incertitude élargie sur la mesure du débit massique de ces étalons de travail est de $(2,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m)$ dans le domaine de 20 mg/s à 250 mg/s (n° 194) et de $(3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m)$ entre 250 mg/s et 700 mg/s (n° 1293).

Par commodité d'usage, le débit massique est converti en débit volumique ramené aux conditions normales (1013,25 hPa et 273,15 K).

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre est effectué dans le laboratoire d'étalonnage des débitmètres massiques et dans les conditions suivantes :

- Gaz sec : Azote 4.5 ($M = 28,0135 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $R = 8,31447 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_N) : 0,9994
- Température du gaz : entre 22,6 °C et 22,7 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 22,0 °C et 23,6 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz : entre 1003 hPa et 1005 hPa (pression atmosphérique)
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 20 s et 70 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

Suite du certificat page suivante

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage comporte 1 cycle de 12 mesures avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 4 l/min et 30 l/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- le débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne de 5 déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle), q_{mr}
- la valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales, q_{vr}
- la valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, q_{vi} , ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Volumètre n° 648 étalonné à l'azote par comparaison au Molbloc n° 194 le 10/03/2021 par J. Barbe

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($(q_{vi} - q_{vr})/q_{vr}$ %)
4000	83,284	3 996,0	3994	10	- 0,05
5000	83,295	3 996,6	3994	10	- 0,07
5000	124,94	5 994,8	5996	13	+ 0,01
6000	124,94	5 994,8	6006	13	+ 0,19
6000	166,40	7 984,1	8007	17	+ 0,29
7000	166,44	7 985,9	7997	17	+ 0,13
7000	207,78	9 969,2	9988	22	+ 0,19
8000	207,78	9 969,4	9968	21	- 0,02

$$\text{Avec : } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6 \cdot 10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

Suite du certificat page suivante

**Volumètre n° 648 étalonné à l'azote par comparaison
au Molbloc n° 1293 le 10/03/2021 par J. Barbe**

Volume utilisé ml	Débit massique de référence (q_{mr}) mg/s	Débit volumique de référence (q_{vr}) ml/min à 0 °C	Débit volumique indiqué (q_{vi}) ml/min à 0 °C	Incertitude élargie ml/min à 0 °C	Ecart relatif ($q_{vi} - q_{vr}$)/ q_{vr} %
9000	313,09	15022	15023	46	0,00
10000	312,91	15014	15033	46	+ 0,13
11000	416,76	19996	19996	62	0,00
12000	628,14	30139	30133	92	- 0,02

$$\text{Avec: } q_{vr} = q_{mr} \cdot \frac{Z_n R}{M} \cdot \frac{273,15}{101325} \cdot 6 \cdot 10^4$$

L'incertitude élargie mentionnée est celle correspondant à deux fois l'incertitude type composée ($k=2$), de telle sorte que la probabilité de couverture corresponde approximativement à 95%. Les incertitudes-types ont été calculées en tenant compte des différentes sources d'incertitudes, étalons de référence, moyens d'étalonnage, conditions d'environnement, contribution de l'instrument étalonné, répétabilité...

6. CONSTAT

Au vu des résultats de l'étalonnage consignés dans un document portant le même numéro que ce certificat et archivé au laboratoire, il a été constaté que l'erreur de justesse maximale (E_j) de l'instrument, augmentée de l'incertitude d'étalonnage élargie (U) est inférieure à l'erreur maximale tolérée (EMT) définie dans le tableau suivant :

Volumètre n° 648

Volume utilisé	Etendue de mesure	EMT	Constat
4 l à 12 l	4 l/min à 30 l/min d'azote	0,7 % de la lecture	Conforme

$$\text{Conforme si : } |E_j| + U \leq \text{EMT}$$

Cette EMT est précisée par l'utilisateur dans le cahier des charges pour un étalonnage sur site de volumètres établi par le LNE.

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

Fin du certificat d'étalonnage