

Dossier P226603 – Document DMSI/1 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 1

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

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

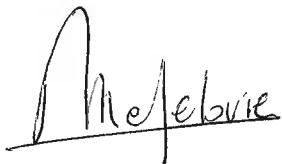
Désignation : **Volumètre « 30 ml » étalonné entre 2 ml/min et 100 ml/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-011-WA-A** N° de série : **647**
N° d'identification : **LAB.VOL.1A**

Paris, le 17 février 2023

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, n° d'identification LAB.CT.1,
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.1, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151461A),
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341830, n° d'identification LAB.PT.1, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235134A & B).

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s ⁻¹)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q _{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q _{mr}
2136 / 689	IN104050 / 7	0,03	0,2	3.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻³ .q _m
2136 / 481	IN104050 / 2	0,2	0,4	3.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻³ .q _m
		0,4	2,0	7.10 ⁻⁴	3,0.10 ⁻³ .q _m

Il est rappelé que l'étalonnage des étalons de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique.

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 g.mol⁻¹ ; R = 8,31447 J.mol⁻¹.K⁻¹)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,8 °C et 22,3 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 20,9 °C et 22,3 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 1010 hPa et 1012 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 1010 hPa et 1012 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 115 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 10 mesures en phase 1 et 12 mesure en phase 2 avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 5 ml/min et 100 ml/min.

En phase 2, un point de débit à 2 ml/min est également réalisé.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vj} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vj}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vj} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 647 – LAB.VOL.1A				Gaz : N ₂	
Réalisé par : M. LEFEBVRE				Date : Du 31/01 au 01/02/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
4,000	0,10425	5,002	4,969	0,027	-0,65
4,000	0,20840	9,999	9,945	0,047	-0,54
10,000	0,41740	20,03	19,93	0,10	-0,47
10,000	0,83332	39,98	39,83	0,16	-0,37
15,000	0,8351	40,07	39,96	0,17	-0,27
15,000	1,0442	50,10	49,91	0,20	-0,36
20,000	1,0444	50,11	50,04	0,19	-0,13
20,000	1,2498	59,96	59,91	0,22	-0,10
30,000	1,2500	59,97	59,99	0,22	0,03
30,000	2,0860	100,08	100,08	0,34	0,00

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 647 – LAB.VOL.1A				Gaz : N ₂	
Réalisé par : M. LEFEBVRE				Date : Du 31/01 au 01/02/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
4,024	0,04158	1,995	1,983	0,011	-0,60
4,024	0,10425	5,002	4,999	0,024	-0,06
4,024	0,20853	10,005	10,022	0,048	0,17
10,042	0,20847	10,002	10,008	0,048	0,06
10,042	0,41732	20,022	20,021	0,094	-0,01
10,042	0,83415	40,02	40,05	0,16	0,08
15,048	0,83523	40,07	40,09	0,16	0,05
15,048	1,04386	50,08	50,08	0,19	-0,01
20,023	1,04457	50,12	50,09	0,19	-0,05
20,023	1,25123	60,03	60,02	0,23	-0,01
30,000	1,24998	59,97	59,99	0,22	0,03
30,000	2,08603	100,08	100,08	0,34	0,00

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/2 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 2

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

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

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 : **LAB.VOL.1B**

Paris, le 17 février 2023

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.

- d'un tube en verre de volume maximum 30 ml,
- d'un chronoscope IVO de résolution 0,01 s, n° d'identification LAB.CT.1
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.1, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151461A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341830, n° d'identification LAB.PT.1, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235134A & B)

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec l'étalons de travail de type Molbloc™ connecté sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s ⁻¹)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q _{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q _{mr}
2136 / 193	IN104050 / 3	2,0	10	7.10 ⁻⁴	3,0.10 ⁻³ .q _m
2136 / 1003	IN104050 / 4	10	100	-	3,0.10 ⁻³ .q _m

Il est rappelé que l'étalonnage des étalons de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique.

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 g.mol⁻¹ ; R = 8,31447 J.mol⁻¹.K⁻¹)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,4 °C et 22,0 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 20,6 °C et 21,8 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 1008 hPa et 1012 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 1008 hPa et 1012 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 27 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 13 mesures en phase 1 et 1 cycle de 15 mesures en phase 2 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 :

- q_{mR} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vR} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vI} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vI}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vI} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 683 – LAB.VOL.1B				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : Du 30 au 31/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
50	2,0861	100,09	100,11	0,36	0,03
50	4,1805	200,57	200,57	0,67	0,00
100	4,1825	200,67	201,12	0,66	0,22
100	8,320	399,2	400,0	1,2	0,20
150	8,317	399,0	399,2	1,2	0,05
150	12,496	599,5	599,5	1,9	0,00
200	12,494	599,5	599,2	1,8	-0,04
200	16,651	798,9	798,2	2,4	-0,09
250	16,662	799,4	796,9	2,4	-0,31
250	20,832	999,5	996,4	3,1	-0,30
300	20,866	1 001,1	997,5	3,2	-0,36
350	20,865	1 001,1	995,8	3,1	-0,52
400	31,270	1 500,3	1 497,3	4,5	-0,20

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 683 – LAB.VOL.1B				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : Du 30 au 31/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
50	2,08611	100,09	100,11	0,36	0,03
50	4,18051	200,57	200,57	0,67	0,00
99,786	4,18791	200,93	200,88	0,65	-0,03
99,786	8,32148	399,25	399,38	1,3	0,03
150	8,31691	399,03	399,23	1,2	0,05
150	12,496	599,5	599,5	1,9	0,00
200	12,494	599,5	599,2	1,8	-0,04
200	16,651	798,9	798,2	2,4	-0,09
250,77	16,680	800,3	800,3	2,5	0,00
250,77	20,829	999,3	999,1	3,2	-0,02
301,10	20,865	1 001,1	1 000,9	3,0	-0,02
351,83	20,862	1 000,9	1 001,0	3,1	0,01
351,83	31,273	1 500,4	1 500,5	4,5	0,01
400,79	20,844	1 000,1	1 000,9	3,0	0,08
400,79	31,268	1 500,2	1 500,9	4,6	0,05

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/3 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 3

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

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

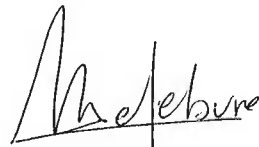
Désignation : **Volumètre « 3,5 L » étalonné entre 1 L/min et 22 L/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-008-WA-A** N° de série : **916**
N° d'identification : **LAB.VOL.1C**

Paris, le 17 février 2023

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, n° d'identification LAB.CT.1
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.1, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151461A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341830, n° d'identification LAB.PT.1, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235134A & B).

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s-1)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q_{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q_{mr}
2136 / 1003	IN104050 / 4	10	100	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$
2136 / 1293	IN104050 / 5	60	700	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique

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

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 20,4 °C et 21,1 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 19,4 °C et 21,1 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 1008 hPa et 1011 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 1008 hPa et 1009,0 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 60 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 12 mesures au moins 5 acquisitions par point de débit entre 1 L/min et 22 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_{vj} , ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 916 – LAB.VOL.1C				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 30/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
500	20,843	1 000,0	994,7	3,0	-0,53
500	41,693	2 000,3	1 987,4	6,5	-0,65
1000	41,677	1 999, 6	1 989,1	6,1	-0,52
1500	41,663	1 998, 9	1 986,7	6,0	-0,61
1500	83,36	3 999	3 975	12	-0,62
2000	41,682	1 999,8	1 989,0	6,0	-0,54
2000	83,37	4 000	3 978	12	-0,54
2500	104,24	5 001	4 992	15	-0,19
3000	156,31	7 499	7 464	23	-0,47
3000	208,57	10 007	9 963	31	-0,44
3500	312,63	15 000	14 939	47	-0,40
3500	458,93	22 019	21 927	71	-0,41

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 916 – LAB.VOL.1C				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 30/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
502,96	20,826	999,2	999,7	3,0	0,05
502,96	41,689	2 000,2	1 999,8	6,3	-0,02
1005,24	41,672	1 999,4	1 999,7	6,1	0,02
1509,31	41,636	1 997,6	1 998,8	6,0	0,06
1509,31	83,36	3 999	4 000	12	0,02
2010,85	41,705	2 000,9	2 001,6	6,0	0,03
2010,85	83,36	3 999	4 001	12	0,04
2504,73	104,26	5 002	5 002	15	0,00
3013,70	156,37	7 502	7 503	23	0,01
3013,70	208,59	10 008	10 008	31	0,00
3514,33	312,84	15 010	15 018	45	0,06
3514,33	459,27	22 035	22 030	73	-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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/4 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 4

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

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

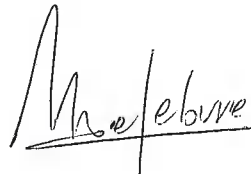
Désignation : **Volumètre « 12 L » étalonné entre 4 L/min et 50 L/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **B-924-A-012-WA-A** N° de série : **648**
N° d'identification : **LAB.VOL.1D**

Paris, le 17 février 2023

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.

ATTENTION : Ce certificat d'étalonnage contient des points de mesures réalisés en dehors du champ d'accréditation. Ils ont marqués du signe (*) dans les tableaux de résultats.

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, n° d'identification LAB.CT.1
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.1, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151461A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341830, n° d'identification LAB.PT.1, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235134A & B).

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur les électroniques de commande modèle Molbox1 ou RFM. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22 et IN102761 / 60).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s-1)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q_{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	$\times q_{mr}$
2136 / 1293	IN104050 / 5	60	700	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$
166 / 1767	IN104050 / 6	200	2200	-	$4,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique

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

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,0 °C et 21,6 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 19,7 °C et 21,9 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 1010 hPa et 1011 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 1010 hPa et 1012 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 45 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 6 mesures en phase 1 à débit nominal constant de 15 L/min avec au moins 5 acquisitions par point de débit et 1 cycle de 13 mesures en phase 2 entre 5 L/min et 50 L/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vi} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vi}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vi} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Note : la phase 2 comprend 2 points de débit réalisés hors champ d'accréditation, repérés par le signe (*) dans le tableau.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 648 – LAB.VOL.1D				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : Du 01 au 02/02/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
4 000	83,281	3 996	3972	12	-0,60
5 000	83,437	4 003	3977,0	12	-0,65
5 000	125,20	6 007	5970	20	-0,61
6 000	125,17	6 005	5988	18	-0,29
6 000	166,98	8 012	7990	25	-0,27
7 000	166,76	8 001	7970	25	-0,38
7 000	208,45	10 001	9967	31	-0,34
8 000	208,46	10 001	9948	30	-0,53
8 000	312,94	15 014	14929	47	-0,57
9 000	313,13	15 023	14963	46	-0,41
10 000	313,61	15 046	14994	54	-0,35
10 000	416,53	19 984	19920	62	-0,32
11 000	416,95	20 004	19915	62	-0,44
12 000	626,24	30 046	29963	95	-0,27

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 648 – LAB.VOL.1D				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : Du 01 au 02/02/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
4 024,3	83,320	3 998	3 996,8	12	-0,02
5 031,7	83,416	4 002	4 003,8	12	0,04
5 031,7	125,14	6 004	6004	19	0,01
6 016,7	125,29	6 011	6 011	18	0,01
6 016,7	166,93	8 009	8 009	24	0,00
7 025,3	166,66	7 996	8 001	25	0,06
7 025,3	208,42	9 999	10007	30	0,08
8 044,2	208,44	10 001	10 001	32	0,00
8 044,2	313,06	15 020	15 020	46	0,00
9 036,6	313,30	15 032	15 034	45	0,02
10 033,7	312,01	14 970	14 981	46	0,08
10 033,7	416,94	20 004	20 017	61	0,07
11 049,2	417,20	20 016	20 020	61	0,02
12 033,0	625,83	30 026	30 042	93	0,05
(*) 12 033,0	835,44 (*)	40 083 (*)	40 040	162 (*)	-0,11 (*)
(*) 12 033,0	1 043,91 (*)	50 085 (*)	50 045	203 (*)	-0,08 (*)

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/5 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 5

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
Z.I. Broteau Nord
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz entre 2 ml/min et 100 ml/min**

Constructeur : **BROOKS**

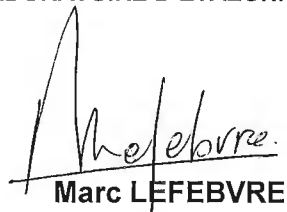
Type : **1052**

N° de série : -

N° d'identification : **96092 - LAB.VOL.2A**

Paris, le 17 février 2023

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 banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz est un volumètre équipé de 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 chronomètre électronique n° FC 072 de résolution 0,01 s, n° identification LAB.CT.2
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.2, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151471A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341831, n° d'identification LAB.PT.2, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235144A & B)

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s ⁻¹)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q _{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q _{mr}
2136 / 689	IN104050 / 7	0,03	0,2	3.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻³ .q _m
2136 / 481	IN104050 / 2	0,2	0,4	3.10 ⁻⁵	4,5.10 ⁻³ .q _m
		0,4	2,0	7.10 ⁻⁴	3,0.10 ⁻³ .q _m

Il est rappelé que l'étalonnage des étalons de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique.

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

- Gaz sec : Azote 4.5 (M = 28,0135 g.mol⁻¹ ; R = 8,31447 J.mol⁻¹.K⁻¹)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_N) : 0,9994

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,6 °C et 22,4 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 20,9 °C et 22,3 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 999,3 hPa et 999,8 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 999,5 hPa et 1000,5 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 15 s et 60 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

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.

Au point de débit 2 ml /min, 3 acquisitions sont réalisées.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vi} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vi}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vi} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 1052 – LAB.VOL.2A				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 26/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
3,000	0,10447	5,012	5,020	0,024	+ 0,14
3,000	0,20938	10,046	10,043	0,047	- 0,02
5,000	0,20944	10,048	10,071	0,047	+ 0,22
10,000	0,20891	10,023	10,022	0,047	- 0,01
10,000	0,5214	25,02	25,01	0,11	- 0,01
15,000	0,5216	25,02	25,01	0,11	- 0,03
20,000	0,5216	25,03	25,09	0,11	+ 0,27
20,000	1,0421	50,00	50,12	0,19	+ 0,23
30,000	1,0419	49,99	50,04	0,19	+ 0,10
30,000	1,5660	75,13	75,20	0,26	+ 0,10
30,000	2,0904	100,29	100,45	0,36	+ 0,15

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 1052 – LAB.VOL.2A				Gaz : N ₂	
Réalisé par : M. LEFEBVRE				Date : 26/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
2,998	0,04167	1,999	2,002	0,011	+ 0,13
2,998	0,10503	5,039	5,052	0,025	+ 0,25
2,998	0,20909	10,032	10,033	0,047	+ 0,01
4,989	0,20885	10,020	10,010	0,047	- 0,10
10,002	0,20888	10,022	10,016	0,047	- 0,06
10,002	0,5209	24,99	24,97	0,11	- 0,11
15,007	0,5209	24,99	24,95	0,11	- 0,15
19,951	0,5209	24,99	24,97	0,11	- 0,08
19,951	1,0425	50,02	49,95	0,19	- 0,14
29,966	1,0427	50,02	49,93	0,18	- 0,19
29,966	1,5642	75,05	74,99	0,26	- 0,08
29,966	2,0888	100,22	100,15	0,34	- 0,07

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/6 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 6

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
Z.I. Broteau Nord
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz entre 100 ml/min
et 1000 ml/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **1054**

N° de série : -

N° d'identification : **96091 – LAB.VOL.2B**

Paris, le 17 février 2023

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 banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz est un volumètre équipé de détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 200 ml
- d'un chronomètre électronique n° FC 072 de résolution 0,01 s, n° d'identification LAB.CT.2
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.2, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151471A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341831, n° d'identification LAB.PT.2, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235144A & B)

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec l'étalons de travail de type Molbloc™ connecté sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s ⁻¹)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q _{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q _{mr}
2136 / 193	IN104050 / 3	2,0	10	7.10 ⁻⁴	3,0.10 ⁻³ .q _m

Il est rappelé que l'étalonnage des étalons de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique.

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

- Gaz sec : Azote 4.5 (M = 28,0135 g.mol⁻¹ ; R = 8,31447 J.mol⁻¹.K⁻¹)
- Facteur de compressibilité du gaz (Z_n) : 0,9994

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,1 °C et 22,0 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 20,3 °C et 22,1 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 998,4 hPa et 998,9 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 998,3 hPa et 998,8 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 27 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

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 :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vj} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vj}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vj} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 1054 – LAB.VOL.2B				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 27/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
25	2,0883	100,20	100,09	0,36	- 0,11
50	2,0863	100,10	100,17	0,36	+ 0,06
50	5,2061	249,79	249,62	0,82	- 0,07
100	5,2049	249,74	249,49	0,80	- 0,10
100	7,811	374,7	374,5	1,2	- 0,08
125	7,814	374,9	374,1	1,2	- 0,21
150	7,811	374,8	375,0	1,2	+ 0,04
150	10,421	500,0	500,1	1,6	+ 0,02
200	10,422	500,0	500,6	1,5	+ 0,12
200	15,643	750,6	751,2	2,3	+ 0,08
200	20,841	1 000,0	999,9	3,1	+ 0,00

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 1054 – LAB.VOL.2B				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 27/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
25	2,0883	100,20	100,09	0,36	- 0,11
50	2,0863	100,10	100,17	0,36	+ 0,06
50	5,2061	249,79	249,62	0,82	- 0,07
100	5,2049	249,74	249,49	0,80	- 0,10
100	7,811	374,7	374,5	1,2	- 0,08
125,26	7,812	374,8	374,8	1,2	- 0,01
150	7,811	374,8	375,0	1,2	+ 0,04
150	10,421	500,0	500,1	1,6	+ 0,02
199,87	10,414	499,6	499,8	1,6	+ 0,04
199,87	15,641	750,4	750,4	2,4	- 0,01
199,87	20,843	1000,0	999,9	3,1	+ 0,00

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/7 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 7

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
Z.I. Broteau Nord
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz entre 1 L/min et 10 L/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **1057**

N° de série : -

N° d'identification : **96093 – LAB.VOL.2C**

Paris, le 17 février 2023

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 banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz est un volumètre équipé de détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 3,5 L
- d'un chronomètre électronique n° FC 072 de résolution 0,01 s, n° d'identification LAB.CT.2
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.2, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151471A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341831, n° d'identification LAB.PT.2, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235144A & B)

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur l'électronique de commande modèle Molbox1. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s-1)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q_{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q_{mr}
2136 / 1003	IN104050 / 4	10	100	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$
2136 / 1293	IN104050 / 5	60	700	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique

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 banc 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

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,1 °C et 21,7 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 21,3 °C et 22,3 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 998,0 hPa et 999,0 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 998,1 hPa et 999,0 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 30 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 11 mesures en phase 1 et 12 mesures en phase 2 avec au moins 5 acquisitions par point de débit entre 1 L/min et 15 L/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vi} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vi}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vi} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 1057 – LAB.VOL.2C				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 27/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
500	20,846	1 000,4	1 005,3	3,4	0,49
500	41,683	1 999,9	2 008,4	6,4	0,43
1 000	41,660	1 998,8	1 997,9	6,1	- 0,04
1 000	52,104	2 500	2 498	8	- 0,07
1 500	52,101	2 500	2 508	8	0,34
1 500	104,16	4 998	5 019	15	0,42
2 000	104,16	4 998	4 992	16	- 0,12
2 000	156,20	7 494	7 490	23	- 0,05
2 500	155,95	7 482	7 487	23	0,07
3 000	155,84	7 477	7 484	23	0,10
3 000	208,46	10 001	10 017	32	0,15

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 1057 – LAB.VOL.2C				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 27/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
497,72	20,837	999,7	999,5	3,0	- 0,02
497,72	41,671	1 999,3	1 998,3	6,2	- 0,05
1 000	41,660	1 998,8	1 997,9	6,1	- 0,04
1 000	52,104	2 500	2 498	8	- 0,07
1 494,26	52,091	2 499	2 499	8	- 0,02
1 494,26	104,163	4 998	5 000	15	+ 0,05
2 002,39	104,182	4 998	5 000	15	+ 0,04
2 002,39	156,2	7 494	7 499	23	+ 0,07
2 500	155,9	7 482	7 487	23	+ 0,07
2 996,28	156,5	7 507	7 506	23	- 0,01
2 996,28	208,4	9 999	10 001	31	+ 0,02
2 996,28	312,6	15 000	15 005	48	+ 0,04

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

Dossier P226603 – Document DMSI/8 – Page 1/5

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

N° P226603 / 8

Délivré à : **SERV'INSTRUMENTATION**
Z.I. Broteau Nord
69540 IRIGNY

Date et référence de la commande : n° **SP210310** du **27/10/2022**

INSTRUMENT ETALONNE

Désignation : **Banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz entre 10 L/min et 50 L/min**

Constructeur : **BROOKS**

Type : **1058**

N° de série : -

N° d'identification : **96094 – LAB.VOL.2D**

Paris, le 17 février 2023

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.

ATTENTION : Ce certificat d'étalonnage contient des points de mesures réalisés en dehors du champ d'accréditation. Ils ont marqués du signe (*) dans les tableaux de résultats.

1. IDENTIFICATION DE L'APPAREIL

Le banc d'étalonnage des débitmètres pour gaz est un volumètre équipé de détecteurs photoélectriques et d'une électronique de commande associée.

Il est constitué principalement :

- d'un tube en verre de volume maximum 12 L
- d'un chronomètre électronique n° FC 072 de résolution 0,01 s, n° identification LAB.CT.2
- d'une sonde de température type Pt 100, lot n° 155456/10, n° d'identification LAB.TT.2, de classe 1/10 DIN associée à un indicateur numérique PAXT (Cf. certificat d'étalonnage n° T22151471A)
- d'un capteur de pression absolue KELLER type PAA-33X n° 1341831, n° d'identification LAB.PT.2, associé à l'indicateur numérique PAXP (Cf. certificat d'étalonnage n° P2235144A & B)

2. METHODE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du banc est effectué à l'azote par comparaison avec les étalons de travail de type Molbloc™ connectés sur les électroniques de commande modèle Molbox1 ou RFM. Les capteurs de pression amont et aval du terminal Molbox sont raccordés à la chaîne d'étalonnage COFRAC / Pression (Cf. certificats n° IN103421 / 21-22 et IN102761 / 60).

Les étalons de travail utilisés et incertitudes élargies associées sont définis dans le tableau ci-dessous.

N° d'identification Molbox1 / Molbloc	N° du certificat d'étalonnage	Gamme de débit (mg.s-1)		Incertitude élargie sur le débit massique de référence q_{mr}	
		de	à	mg.s ⁻¹	x q_{mr}
2136 / 1293	IN104050 / 5	60	700	-	$3,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$
166 / 1767	IN104050 / 6	200	2200	-	$4,0 \cdot 10^{-3} \cdot q_m$

Il est rappelé que l'étalonnage de l'étalon de travail a été effectué par la méthode gravimétrique dynamique

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 banc 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

3. CONDITIONS D'ETALONNAGE (SUITE)

- Température du gaz : entre 21,0 °C et 21,6 °C indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 19,7 °C et 21,9 °C indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Pression absolue du gaz (pression atmosphérique) : entre 1010 hPa et 1011 hPa indiquée par la sonde associée au volumètre ; entre 1010 hPa et 1012 hPa indiquée par les capteurs associés à l'étalon de travail
- Temps de remplissage du volume sélectionné : entre 10 s et 45 s
- Installation : volumètre en aval de l'étalon de travail

4. PROCEDURE D'ETALONNAGE

L'étalonnage du volumètre comporte 2 phases :

- Phase 1 : phase initiale prenant en compte les différents volumes nominaux du volumètre
- Phase 2 : phase prenant en compte les volumes calculés à partir des résultats de la phase initiale en prenant en compte les relevés de temps, température et pression du volumètre. Certains volumes peuvent ne pas faire l'objet de correction

L'étalonnage comporte 1 cycle de 6 mesures en phase 1 à débit nominal constant de 15 L/min avec au moins 5 acquisitions par point de débit et 1 cycle de 13 mesures en phase 2 entre 5 L/min et 50 L/min.

5. RESULTATS ET INCERTITUDES DE MESURE ASSOCIEES

Les tableaux de résultats suivants donnent pour chaque volume utilisé :

- q_{mr} : débit massique de référence indiqué par l'étalon de travail (moyenne des déterminations successives avec correction d'étalonnage éventuelle),
- q_{vr} : valeur moyenne du débit volumique de référence calculé à partir du débit massique et ramené aux conditions normales,
- q_{vi} : valeur moyenne du débit volumique indiqué par le volumètre, ainsi que l'incertitude sur cette valeur,
- $U_{q_{vi}}$: incertitude élargie ($k=2$) sur la valeur moyenne q_{vi} du débit volume indiqué par le volumètre
- l'écart relatif entre les valeurs moyennes obtenues.

Note : la phase 2 comprend 2 points de débit réalisés hors champ d'accréditation, repérés par le signe (*) dans le tableau.

Suite du certificat page suivante

5.1 RESULTATS PHASE 1

Instrument : Volumètre n° 1058 – LAB.VOL.2D				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 23/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
4 000	315,36	15 131	15 182	47	+ 0,34
5 000	315,25	15 126	15 134	47	+ 0,05
6 000	315,11	15 119	15 114	47	- 0,03
7 000	315,07	15 117	15 133	47	+ 0,11
8 000	315,03	15 115	15 114	46	- 0,01
10 000	315,00	15 114	15 092	46	- 0,15

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

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

5.2 RESULTATS PHASE 2

Instrument : Volumètre n° 1058 – LAB.VOL.2D				Gaz : N ₂	
Opérateur : M. LEFEBVRE				Date : 24/01/2023	
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 (U _{q_{vi}}) ml/min à 0 °C	Ecart relatif (q _{vi} - q _{vr})/q _{vr} %
3 986,9	104,77	5 027	5 017	15	- 0,19
3 986,9	208,55	10 006	9 993	31	- 0,13
4 997,1	208,47	10 002	9 990	31	- 0,12
4 997,1	313,24	15 029	15 023	46	- 0,04
6 001,9	313,12	15 023	15 011	46	- 0,08
6 001,9	417,04	20 009	19 986	62	- 0,11
6 992,6	417,05	20 009	19 995	61	- 0,07
8 000,8	416,90	20 002	20 000	61	- 0,01
8 000,8	521,06	24 999	25 005	77	+ 0,02
10 014,8	521,15	25 004	25 009	76	+ 0,02
10 014,8	625,87	30 028	30 012	91	- 0,05
(*) 10 014,8	832,30 (*)	39 932 (*)	39 885	164 (*)	- 0,12 (*)
(*) 10 014,8	1 043,26 (*)	50 053 (*)	49 952	211 (*)	- 0,20 (*)

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

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...

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

Fin du certificat d'étalonnage

