

## Manuel d'installation et de configuration

Réf. MMI-20022808, Rev. AA

Août 2012

# Transducteur de densité de gaz Micro Motion® modèle 3098



©2012, Micro Motion, Inc. Tous droits réservés. Micro Motion est un nom commercial déposé de Micro Motion, Inc., Boulder, Colorado. Les logos Micro Motion et Emerson sont des marques commerciales et des marques de service de Emerson Electric Co. Toutes les autres marques appartiennent à leurs propriétaires respectifs.

Micro Motion mène une politique de développement et d'amélioration continus de ses produits. Les spécifications indiquées dans ce document sont donc susceptibles d'être modifiées sans préavis. En l'état de nos connaissances, les informations présentées dans ce document sont exactes, et Micro Motion ne pourra être tenue pour responsable des erreurs, omissions ou autres informations erronées éventuelles contenues dans ce manuel. Aucune partie de ce document ne peut être photocopiée ou reproduite sans l'accord écrit préalable de Micro Motion.

# Sommaire

<b>Chapitre 1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Consignes de sécurité	1
1.2	Mesures de densité	2
1.3	Description fonctionnelle	3
1.3.1	Elément sensible du capteur	4
1.3.2	Installation	4
1.4	Définition des termes	5
1.4.1	Densité	5
1.4.2	Masse volumique standard (de base ou normale)	6
1.4.3	Densité relative	6
1.5	Propriétés physiques des mélanges gazeux	7
1.6	Applications	7
1.6.1	Alimentation en gaz de complément	7
1.6.2	Mesure de l'indice de Wobbe	8
1.6.3	Détermination du coût du gaz pour l'utilisateur	8
<b>Chapitre 2</b>	<b>Procédure d'installation</b>	<b>9</b>
2.1	Procédure d'installation	9
2.2	Contenu de l'emballage	9
2.3	Installation de l'enceinte du modèle 3098	9
2.3.1	Précautions importantes	9
2.3.2	Raccordements	10
2.3.3	Filtre coalescent	10
2.4	Raccordements électriques et barrières de sécurité / isolants galvaniques	10
2.5	Détermination de la pression de la chambre de référence	11
2.6	Procédure d'installation – cycle de purge et étalonnage	12
2.7	Schémas d'encombrement	14
<b>Chapitre 3</b>	<b>Raccordements électriques</b>	<b>19</b>
3.1	Introduction	19
3.2	Câblage et mise à la terre CEM	20
3.3	Conditions de certification pour zones dangereuses	20
3.4	Utilisation avec convertisseurs de signal et calculateurs de débit	21
3.5	Raccordements système (7950/7951)	22
3.5.1	Configuration bifilaire 7950	22
3.5.2	Configuration trifilaire 7950	23
3.5.3	Configuration bifilaire 7951	24
3.5.4	Configuration trifilaire 7951	26
3.6	Raccordements système (avec le propre équipement du client)	27
3.6.1	Zones non dangereuses	27
3.6.2	Zones dangereuses	27
3.6.3	Équipement du client, configuration à 2 fils	27
3.6.4	Équipement du client, configuration à 3 fils	28
3.7	Contrôles après installation	28

<b>Chapitre 4</b>	<b>Éléments relatifs à la précision</b>	<b>29</b>
4.1	Éléments relatifs à la précision	29
4.1.1	Exemple 1	29
4.1.2	Exemple 2	29
4.1.3	Calcul des paramètres	30
4.2	Étalonnage (pour les applications hors gaz naturel)	31
4.3	Utilisation à des bas niveaux de pression de référence	32
4.4	Exemple de certificat d'étalonnage	33
<b>Chapitre 5</b>	<b>Entretien et dépannage</b>	<b>35</b>
5.1	Introduction	35
5.2	Vérification de l'étalonnage	35
5.3	Dépannage	35
5.3.1	Indications sur-évaluées de l'instrument	35
5.3.2	Indications sous-évaluées de l'instrument	36
5.4	Entretien	37
5.4.1	Dépose du transducteur principal (transducteur de densité modèle 3098) (Figure 5-1)	38
5.4.2	Dépose du capteur de masse volumique (Figure 5-2)	39
5.4.3	Dépose du diaphragme de la chambre de référence (Figure 5-3)	40
5.4.4	Procédure de réassemblage	41
5.4.5	Procédure de remplacement du filtre du transducteur de densité modèle 3098	41
5.4.6	Entretien supplémentaire du capteur de masse volumique (Figure 5-5)	42
5.4.7	Essais d'étanchéité du transducteur de densité modèle 3098	43
5.4.8	Essais après entretien	43
5.4.9	Exemple pratique de certificat d'étalonnage	44
<b>Chapitre 6</b>	<b>Spécifications</b>	<b>45</b>
6.1	Spécifications du transducteur de densité modèle 3098	45
6.1.1	Caractéristiques métrologiques	45
6.1.2	Caractéristiques électriques	46
6.1.3	Caractéristiques mécaniques	46
6.1.4	Sécurité	46
<b>Annexe A</b>	<b>Optimisation des performances</b>	<b>47</b>
A.1	Introduction	47
A.1.1	Capteur de masse volumique	47
A.1.2	Comportement non idéal des gaz	48
A.1.3	Sélection de la pression de la chambre de référence	48
A.1.4	Sélection des gaz d'étalonnage	48
A.2	Méthodes d'étalonnage recommandées	49
A.2.1	Méthode d'étalonnage générale	49
A.2.2	Méthode d'étalonnage spécifique	49
<b>Annexe B</b>	<b>Principes de fonctionnement</b>	<b>61</b>
B.1	Théorie de la mesure de densité	61

## Sommaire

<b>Annexe C</b>	<b>Retour de marchandise</b> . . . . .	<b>63</b>
C.1	Recommandations générales . . . . .	63
C.2	Matériel neuf et non utilisé . . . . .	63
C.3	Matériel utilisé . . . . .	63
<b>Annexe D</b>	<b>Schémas certifiés du système</b> . . . . .	<b>65</b>
D.1	Généralités . . . . .	65

## Sommaire

# Chapitre 1

## Introduction

Le présent chapitre décrit brièvement les principes de fonctionnement du transducteur de densité modèle 3098, définit quelques-uns des termes couramment employés dans ce manuel et donne quelques exemples d'applications pratiques associées.



**Le transducteur de densité modèle 3098 est normalement installé dans une enceinte certifiée IP avant de quitter l'usine. Dans certains cas toutefois, le transducteur de densité modèle 3098 peut être fourni sans enceinte, auquel cas les performances environnementales et thermiques du transducteur ne peuvent être garanties. Des messages d'avertissement apparaissent chaque fois que les performances du transducteur peuvent être ainsi affectées.**

**Merci de vous référer à l'installateur du système pour une description technique détaillée.**



**Le détendeur de pression a été réglé en usine pour assurer la conformité de l'unité à la Directive relative aux équipements sous pression. Il convient de ne pas modifier ce réglage, quelles que soient les circonstances.**

**Pour plus d'informations, contactez l'usine en vous reportant aux informations détaillées données à la dernière page de ce manuel.**

### 1.1 Consignes de sécurité

Manipulez le transducteur de densité modèle 3098 avec le plus grand soin.

- Ne pas faire tomber le transducteur.
- Ne pas utiliser de gaz incompatibles avec les matériaux de construction.
- Ne pas utiliser le transducteur au-dessus de sa pression nominale.
- Ne pas exposer le transducteur à des vibrations excessives ( $> 0,5$  g en continu).
- S'assurer que toutes les consignes de sécurité électrique sont respectées.
- Assurer une ventilation adéquate autour du transducteur / de l'armoire pour éviter l'accumulation de gaz dans le cas improbable d'une fuite.
- Veiller à ne pas déplacer le transducteur lorsqu'il contient des matières dangereuses. Cela concerne notamment les fluides qui risquent de s'être répandus et d'être toujours présents dans l'enceinte.
- S'assurer que la conduite d'alimentation en gaz raccordée au transducteur modèle 3098 est bien munie d'un filtre coalescent Balston. Un filtre de type 85 ou 91S6 (fourni) DOIT être installé pour satisfaire les exigences de la réglementation ATEX/IECEX.
- Avant de retourner un transducteur, se reporter à l'Annexe C pour plus d'informations sur la politique de Micro Motion en matière de retour de marchandise.

Les messages de sécurité qui apparaissent dans ce manuel sont destinés à garantir la sécurité du personnel et de l'équipement. Lire attentivement chaque message de sécurité avant de passer à l'étape suivante.

## Introduction

### 1.2 Mesures de densité

Avec la plupart des systèmes de mesure de débit de gaz courants, la quantité mesurée doit être présentée en unités de capacité calorifique ou de débit-volume normal. Pour cela, il est souvent nécessaire de procéder à des mesures continues et précises de la densité. La densité peut être évaluée en rapportant la masse molaire du gaz (ou du mélange gazeux) à la masse molaire de l'air, ou en évaluant la densité par rapport à l'air (densité relative) du gaz (ou du mélange gazeux) et en compensant le résultat pour tenir compte des effets du phénomène énoncé par la loi de Boyle-Mariotte à la fois sur le gaz (ou le mélange gazeux) et l'air.

Le transducteur de densité modèle 3098 adopte une combinaison de ces deux méthodes, où, en mesurant la masse volumique du gaz dans des conditions bien définies, la valeur de masse volumique obtenue est liée directement à la masse molaire du gaz, et donc à sa densité.

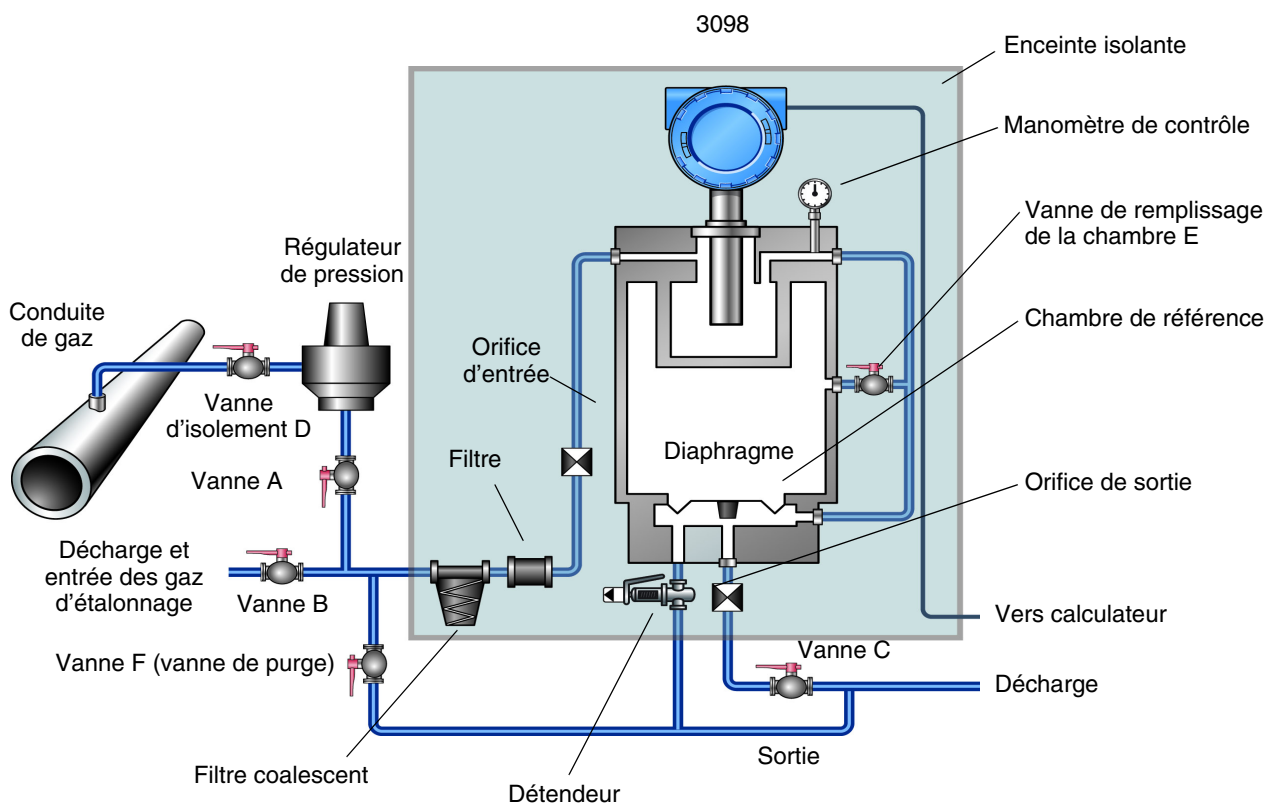
**Figure 1-1** Vue du transducteur de densité modèle 3098 installé dans une enceinte type





## 1.3 Description fonctionnelle

Figure 1-2 Schéma simplifié d'un système de mesure de densité modèle 3098 typique



Le transducteur de densité modèle 3098 est constitué d'un capteur de masse volumique de gaz à cylindre vibrant entouré d'une chambre à gaz de référence qui contribue à réaliser un équilibre thermique approprié. La chambre de référence contient un volume déterminé de gaz qui est initialement mis sous pression avec le gaz de service lui-même. Elle est ensuite scellée en fermant la vanne de remplissage de la chambre de référence, ce qui permet de maintenir une mesure et une quantité fixes de gaz, également appelé gaz de référence.

*Remarque : Ne pas ouvrir la vanne de remplissage de la chambre de référence une fois la chambre remplie.*

L'échantillon de gaz pénètre dans l'instrument sur le côté de l'enceinte, puis traverse successivement un filtre et un orifice réducteur de pression. L'échantillon de gaz est ensuite acheminé via la canalisation d'entrée de façon à pénétrer dans le capteur de masse volumique de gaz à la température d'équilibre de l'unité. Le gaz s'écoule ensuite jusqu'à une vanne de régulation de pression.

La pression du gaz de référence agit comme un diaphragme de séparation et oblige la pression de gaz de service à augmenter jusqu'à ce que les pressions des deux côtés soient égales ; ainsi, les pressions de gaz dans le capteur de masse volumique de gaz et la chambre de référence sont égales.

## Introduction

Lorsque la température ambiante varie, la pression du volume fixe de gaz de référence change conformément à la définition des lois applicables au gaz. Ce changement dans la pression affecte la pression de l'échantillon de gaz dans le capteur de masse volumique de gaz de telle sorte que les variations de température et de pression sont autocompensatrices.

Si la pression de l'échantillon de gaz s'élève au-dessus de la pression de la chambre de référence, la vanne de régulation de pression s'ouvre pour décharger l'excédent de gaz via l'orifice de sortie sur le côté de l'enceinte, de sorte que la pression de l'échantillon de gaz est réduite à un niveau égal à la pression du gaz de référence. Pour que le gaz circule, il est nécessaire que la pression d'alimentation soit supérieure à la pression de référence, qui doit elle-même être supérieure à la pression de décharge. (De façon générale, la pression de service doit être supérieure de 15 à 25 % à la pression de la chambre de référence.)

*Remarque : Les principes de fonctionnement sont décrits dans le détail à l'Annexe B.*

Un manomètre est prévu pour surveiller la pression dans le capteur de masse volumique de gaz, ce qui est souhaitable lors de la mise en charge de la chambre de référence ainsi qu'au cours des opérations de maintenance générale.

Les raccordements électriques au transducteur de densité modèle 3098 passent par le presse-étoupe formé dans la paroi de l'enceinte pour rejoindre le boîtier électronique du capteur de masse volumique de gaz.

Lorsque l'enceinte est hermétiquement scellée, l'instrument dans son ensemble est isolé pour éviter que des variations rapides de la température ambiante ne viennent perturber l'équilibre thermique de l'unité et génèrent des erreurs par choc thermique.

*Remarque : Le transducteur de densité modèle 3098 peut être fourni sans enceinte – voir la section Consignes de sécurité, page 1.*

### 1.3.1 Élément sensible du capteur

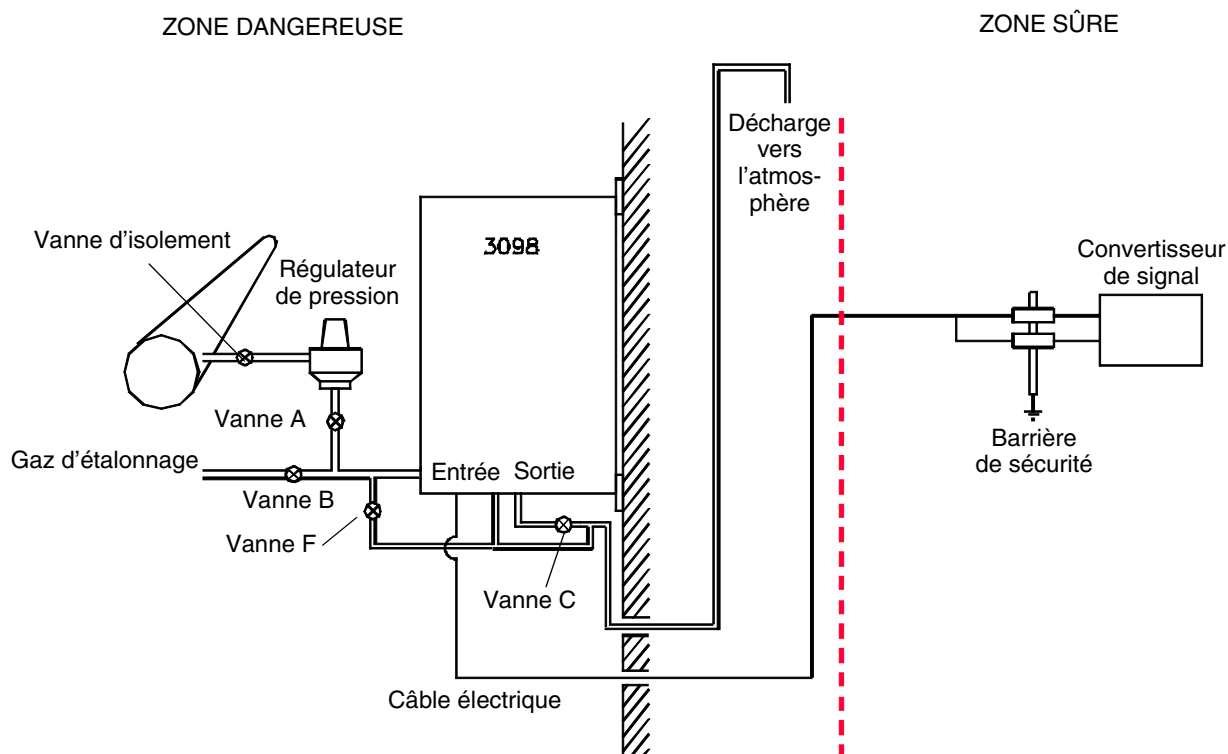
Le capteur de masse volumique de gaz est constitué d'un fin cylindre métallique qu'il est possible d'activer de façon à ce qu'il génère des vibrations circulaires à sa fréquence naturelle. Le gaz est ensuite acheminé de façon à passer sur les surfaces interne et externe du cylindre, et donc à entrer en contact avec les parois vibrantes. La masse de gaz qui vibre avec le cylindre dépend de la masse volumique du gaz et, comme le fait d'augmenter la masse vibrante abaisse la fréquence naturelle de vibration, il est possible de déterminer la masse volumique du gaz à une fréquence de vibration donnée.

Un amplificateur à état solide, couplé magnétiquement au capteur, maintient les conditions de vibration et génère également le signal de sortie.

### 1.3.2 Installation

Le transducteur de densité modèle 3098 est destiné à être fixé au mur (montage mural), comme illustré à la Figure 1-3 ci-dessous.

Figure 1-3 Système de mesure de densité modèle 3098 typique



## 1.4 Définition des termes

### 1.4.1 Densité

La densité ( $G$ ) est le rapport entre la masse molaire d'un gaz (ou d'un mélange gazeux) et la masse molaire de l'air sec ; la masse molaire de l'air est normalement considérée comme étant égale à 28,96469 (voir Tableau 1-1).

Par exemple :

$$G = \frac{M_G}{M_A}$$

où  $M_G$  = masse molaire du gaz (ou du mélange gazeux)

et  $M_A$  = masse molaire de l'air sec

### 1.4.2 Masse volumique standard (de base ou normale)

La masse volumique standard (de base ou normale) ( $\rho_s$ ) est la masse volumique absolue d'un gaz dans des conditions standard (de base ou normales) de température et de pression ; elle est utilisée couramment pour la détermination du débit-volume normal à partir de la mesure du débit massique.

Par exemple :

$$\rho_s = \frac{pM}{ZRT}$$

où

$p$  = pression absolue (en bar)

$T$  = température absolue (en degrés Kelvin)

$M$  = masse molaire

$Z$  = facteur de surcompressibilité

$R$  = constante des gaz (soit 0,0831434)

### 1.4.3 Densité relative

La densité relative ( $\rho_r$ ) est le rapport entre la masse d'un volume de gaz (ou d'un mélange gazeux) et la masse d'un volume égal d'air sec (voir Tableau 1-1), où la masse du gaz (ou du mélange gazeux) et la masse de l'air sont déterminées dans des conditions identiques de température et de pression.

*Remarque : Sauf pour les effets du phénomène énoncé par la loi de Boyle-Mariotte sur le gaz (ou le mélange gazeux) et l'air,  $G$  et  $\rho_r$  sont synonymes.*

Par exemple :

$$\begin{aligned} G &= \frac{M_G}{M_A} \\ &= \frac{\rho_G Z_G}{\rho_A Z_A} \\ &= \rho_r \cdot \frac{Z_G}{Z_A} \end{aligned}$$

où

$\rho_G$  = masse volumique du gaz ou du mélange gazeux

$\rho_A$  = masse volumique de l'air

$Z_G$  = facteur de surcompressibilité du gaz ou du mélange gazeux

$Z_A$  = facteur de surcompressibilité de l'air

La densité relative de mélanges d'hydrocarbures gazeux à une pression absolue de 1 bar (14.50377 lb/in<sup>2</sup>) et une température de 15,56 °C (60 °F) par équation empirique est :

$$\rho_r = 0,995899G + 0,010096G^2$$

## 1.5 Propriétés physiques des mélanges gazeux

Tableau 1-1 Propriétés physiques des mélanges gazeux

Mélange gazeux	Formule	Masse molaire <sup>(1)</sup>	Densité <sup>(2)</sup>
Hydrogène	H <sub>2</sub>	2,01594	0,069600
Hélium	He	4,00260	0,138189
Vapeur d'eau	H <sub>2</sub> O	18,01534	0,621976
Azote	N <sub>2</sub>	28,01340	0,967157
Monoxyde de carbone	CO	28,01055	0,967058
Oxygène	O <sub>2</sub>	31,99880	1,104752
Argon	Ar	39,94800	1,379197
Air <sup>(3)</sup>	–	28,96469	1,000000
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S	34,07994	1,176603
Méthane	CH <sub>4</sub>	16,04303	0,553882
Ethane	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07012	1,038165
Propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,09721	1,5522447
i-Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12430	2,006730
n-Butane	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12430	2,006730
i-Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,15139	2,491012
n-Pentane	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,15139	2,491012
Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,17848	2,975294
Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,20557	3,459577
Octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,23266	3,943859

(1) Basées sur les masses atomiques de 1961, en référence à l'isotope Carbone-12 (UMA 12), recommandées par la Commission internationale des masses atomiques et l'Union internationale de chimie pure et appliquée.

(2) La densité des gaz parfaits représente le rapport de la masse molaire des mélanges gazeux à la masse molaire de l'air.

(3) Masse molaire de l'air basée sur les composants de l'air atmosphérique indiquée dans le Handbook of Chemistry & Physics, 53ème édition (1972–1973). La valeur de 28,96469 diffère du chiffre 28,966 indiqué par la Circulaire NBS 564 en raison de différences minimes dans la composition de l'air et de changements dans les masses atomiques des éléments indiquées en 1961 (la valeur NBS est basée sur les masses atomiques de 1959).

## 1.6 Applications

On trouvera ci-dessous quelques applications typiques où la mesure de la densité joue un rôle essentiel.

### 1.6.1 Alimentation en gaz de complément

Ce système est employé pour compléter l'alimentation en gaz normale aux heures de pointe.

En surveillant la densité d'un mélange air/propane, par exemple, il est possible de contrôler précisément la proportion du mélange, et donc d'assurer le maintien des caractéristiques de combustion et/ou de la valeur calorifique voulues.

### 1.6.2 Mesure de l'indice de Wobbe

Les caractéristiques de combustion d'un gaz doivent être établies de façon appropriée pour s'assurer que la combustion est efficace et qu'il n'y a pas de décollement ou de retour de flamme sur un brûleur particulier. Trois critères sont utilisés pour établir ces caractéristiques : la valeur calorifique, la densité et la vitesse de flammes. La valeur calorifique et la densité sont souvent combinées pour former l'indice de Wobbe.

$$\text{Indice de Wobbe :} \quad = \frac{CV}{\sqrt{G}}$$

où  $CV$  = valeur calorifique

$G$  = densité

### 1.6.3 Détermination du coût du gaz pour l'utilisateur

Cette application majeure qui a déjà été décrite dans l'introduction – conversion des unités de masse en unités de volume de base – peut également être illustrée par les équations suivantes :

$$\text{Unité de volume de base} = \frac{\text{Débit massique}}{\text{Masse volumique normale}}$$

Par exemple :

$$V_s = \frac{M}{\rho_s}$$
$$= \frac{M}{G \frac{P_A Z_A}{Z_G}}$$

# Chapitre 2

## Procédure d'installation

### 2.1 Procédure d'installation

La procédure d'installation du modèle 3098 comporte les étapes suivantes :

1. Vérifier que tous les composants sont présents (section 2.2).
2. Positionner et fixer l'enceinte du modèle 3098 (section 2.3).
3. Raccorder la conduite d'alimentation en gaz (section 2.3.2).
4. Installer le filtre coalescent dans la conduite d'alimentation en gaz conformément aux instructions du fabricant (section 2.3.3).
5. Effectuer les raccordements électriques (section 2.4 et chapitre 3).
6. Sélectionner une pression de référence (section 2.5).
7. Procéder à un cycle de purge et étalonner le modèle 3098 (section 2.6).

### 2.2 Contenu de l'emballage

Les articles suivants doivent accompagner l'unité modèle 3098 :

- Transducteur de densité modèle 3098
- Enceinte certifiée
- Pieds de fixation de l'enceinte
- Instructions relatives aux pieds de fixation de l'enceinte
- Manuel d'installation et de configuration du modèle 3098 (MMI-20014120)
- Consignes de sécurité (unités portant le label CE uniquement)
- Kit d'accessoires
- Certificat d'étalonnage du coefficient de température

*Remarque : Vérifiez que tous les éléments ci-dessus sont présents. Si ce n'est pas le cas, contactez immédiatement votre fournisseur. (Notez que le modèle 3098 peut vous être fourni sans enceinte.)*

### 2.3 Installation de l'enceinte du modèle 3098

Les instructions d'installation qui suivent concernent uniquement les transducteurs fournis avec une enceinte (voir la section Consignes de sécurité, page 1). Dans tous les autres cas, veuillez vous référer à l'installateur du système.

#### 2.3.1 Précautions importantes



**Veillez à bien observer les précautions stipulées à la section Consignes de sécurité, page 1.**

## Procédure d'installation

Le transducteur de densité modèle 3098 est contenu dans une enceinte certifiée IP (qui assure l'isolation thermique) et un système de fixation (composé d'un support et de pieds) pour fixer l'unité en place. Si cette structure est destinée à minimiser les risques de dommages dus à des chocs, il faut éviter de faire tomber l'emballage et/ou l'unité. Toute chute du transducteur de densité modèle 3098 à l'intérieur ou à l'extérieur de son enceinte risque d'endommager l'appareil.

L'enceinte contient également quatre pieds de fixation qui servent à maintenir le boîtier une fois fixé à un mur vertical. Un jeu d'instructions expliquant comment installer ces pieds est inclus dans l'emballage. Les dimensions de l'enceinte sont indiquées à la section 2.7.

### 2.3.2 Raccordements

Il y a quatre raccordements à effectuer sur le transducteur de densité modèle 3098 : trois raccordements à la canalisation de gaz et un raccordement électrique via un presse-étoupe certifié IP. Les raccordements à la canalisation de gaz consistent en des raccords ¼" Swagelok et sont utilisés pour les conduites d'entrée de gaz, de sortie de gaz et de détente.

Chaque raccord est identifié par une plaque.



**Le fait de raccorder la conduite d'alimentation en gaz à un raccord autre que celui prévu à cet effet peut entraîner des dommages.**

Le transducteur de densité modèle 3098 comporte un capteur de masse volumique de gaz qui doit être raccordé à l'intérieur de l'enceinte. Tous les câbles doivent être raccordés par le biais du presse-étoupe pour préserver le niveau global de protection de l'enceinte contre la pénétration de poussière et d'eau.

Le transducteur de densité modèle 3098 est destiné à fonctionner avec l'enceinte hermétiquement scellée à toutes les étapes de son étalonnage et son utilisation. Cela permet à l'unité de fonctionner en condition d'équilibre thermique, ce qui est essentiel pour garantir la précision des mesures.

### 2.3.3 Filtre coalescent

S'assurer que la conduite d'alimentation en gaz raccordée au transducteur modèle 3098 est bien munie du filtre coalescent fourni. Cela est IMPERATIF pour satisfaire les exigences de la réglementation ATEX/IECEX.

## 2.4 Raccordements électriques et barrières de sécurité / isolants galvaniques

Lorsque le transducteur de densité modèle 3098 est installé dans une zone dangereuse, les raccordements électriques à l'appareil doivent respecter des prescriptions rigoureuses. Pour les raccordements électriques entre le transducteur et le calculateur de débit / convertisseur de signal associé, pour les installations ATEX/IECEX, se reporter à la brochure « ATEX/IECEX Safety Instructions » (disponible sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)), et pour les installations CSA, voir l'Annexe D.

Le raccordement du câble électrique au transducteur de densité modèle 3098 se fait au niveau du bornier situé à l'intérieur du boîtier électronique du résonateur (dans l'enceinte, par exemple). Un raccordement aux bornes de mauvaise qualité peut empêcher l'unité de fonctionner correctement sans toutefois risquer de l'endommager – dans la mesure où des barrières de sécurité ou des isolants galvaniques ont été prévus sur le circuit dans les zones dangereuses, ou lorsque la tension d'alimentation maximale ne dépasse pas la limite de 33 V (comme décrit au chapitre 3).

L'alimentation électrique raccordée aux bornes du transducteur doit être comprise entre 15,5 et 33 Vcc, l'intensité moyenne du courant consommé par l'unité étant < 20 mA. Si l'intensité du courant consommé dépasse cette valeur, il convient de contrôler la polarité des connexions.



On trouvera une description complète de la procédure de raccordement du transducteur de densité modèle 3098 au convertisseur de signal / calculateur au chapitre 3.

## 2.5 Détermination de la pression de la chambre de référence

Une fois le transducteur de densité modèle 3098 mis en place sur son support de fixation et tous les raccordements à la tuyauterie et à l'alimentation électrique effectués, il est nécessaire de déterminer la pression de la chambre de référence.

Le type de gaz et la pression de la chambre de référence définissent les « conditions bien définies » auxquelles l'unité permet au gaz de circuler et établit une relation directe entre la masse volumique et la densité de l'échantillon de gaz.

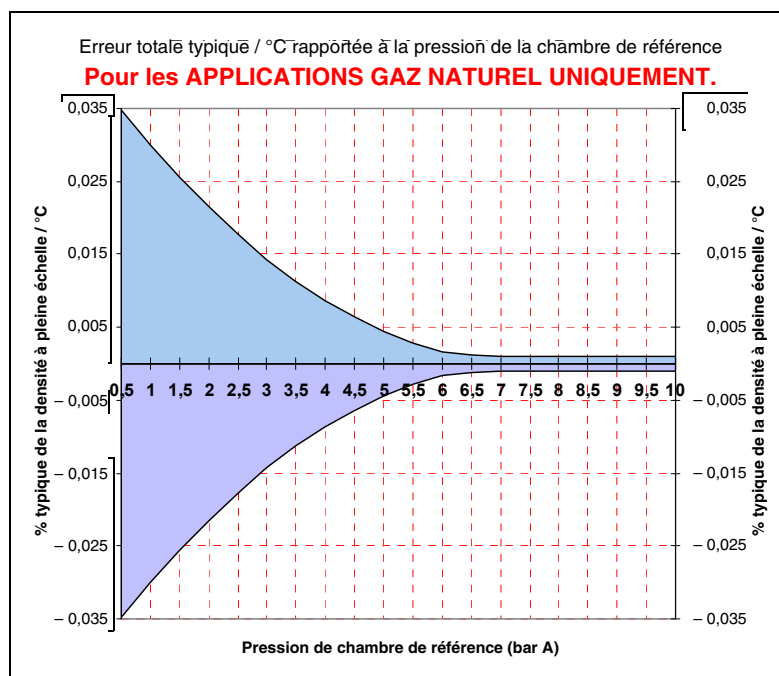
Le choix de la pression de la chambre de référence dépend de trois facteurs :

- l'étendue de mesure de la densité ;
- la variation escomptée dans la surcompressibilité de l'échantillon de gaz (Z) ;
- la précision requise.

Le graphique ci-dessous donne une indication des erreurs typiques associées à l'utilisation de différentes pressions de chambre de référence pour le gaz naturel avec une densité relativement constante (dans la plage de 0,55 à 0,8). Ce graphique est caractéristique du marché des compteurs à gaz naturel, où le gaz est disponible à une pression de service de 7 bar abs.

Comme on peut le voir, en dessous de 7 bar abs., l'erreur totale commence à augmenter ; l'utilisation d'une pression de référence plus élevée n'améliorera pas la précision et risque de favoriser les fuites. C'est pourquoi, pour les conditions spécifiées, la pression recommandée est de 7 bar.

Figure 2-1 Erreur totale typique / °C rapportée à la pression de la chambre de référence



Ce graphique, qu'il est recommandé d'utiliser uniquement pour les applications gaz naturel, donne les erreurs typiques constatées sur le transducteur de densité modèle 3098 s'il n'est pas utilisé à la pression de chambre de référence recommandée.

## Procédure d'installation

Si l'étendue de mesure de la densité ou la variation de surcompressibilité,  $Z$ , est importante, et que le gaz n'est pas un mélange méthane/azote, il est toujours possible de déterminer la pression de chambre de référence la mieux adaptée. Le calcul pour y parvenir est expliqué au chapitre 4.

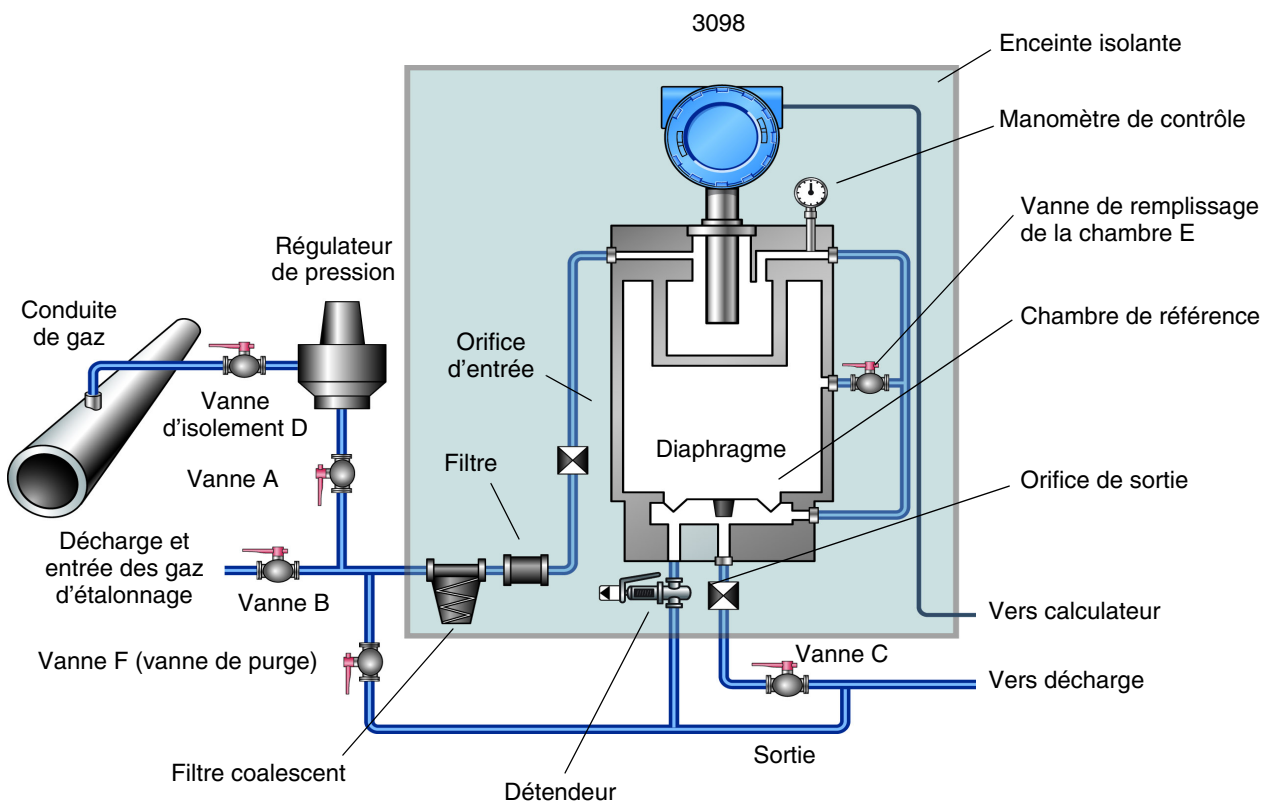
Une fois la pression de référence voulue déterminée, il est possible de procéder au cycle de purge et à l'étalonnage du transducteur de densité modèle 3098.

### 2.6 Procédure d'installation – cycle de purge et étalonnage



**Le détendeur de pression a été réglé en usine pour assurer la conformité de l'unité à la Directive relative aux équipements sous pression. Il convient de ne pas modifier ce réglage, quelles que soient les circonstances. Pour plus d'informations, contactez l'usine en vous reportant aux informations détaillées données à la dernière page de ce manuel.**

Figure 2-2 Schéma simplifié d'un système de mesure de densité modèle 3098 typique



La procédure pour purger et étalonner le transducteur de densité modèle 3098 est décrite ci-après (se reporter à la Figure 2-2).

1. S'assurer que la vanne d'isolement D est fermée.
2. S'assurer que la vanne A est fermée.
3. S'assurer que la vanne B est fermée.

4. S'assurer que la vanne F est fermée.
5. Ouvrir la vanne C.
6. Ouvrir la vanne de remplissage de la chambre E.
7. Régler le régulateur de pression sur la valeur requise – par exemple, la pression de service effective du système.
8. Ouvrir la vanne d'isolement D.
9. Ouvrir la vanne A et laisser le gaz circuler pendant 3 minutes.

### Cycle de purge

10. Fermer la vanne C.
11. Lorsque le manomètre de contrôle indique la valeur souhaitée, fermer la vanne A et ouvrir la vanne F. Laisser le gaz se décharger dans l'atmosphère.
12. Fermer la vanne F et ouvrir la vanne A.
13. Lorsque le manomètre de contrôle indique la valeur souhaitée, fermer la vanne A et ouvrir la vanne F. Laisser le gaz se décharger dans l'atmosphère.

Les étapes 12 et 13 définissent le cycle de purge requis pour préparer la chambre à gaz de référence du transducteur de densité modèle 3098. Le nombre de fois qu'il convient de répéter cette procédure dépend de la pression de régulateur utilisée et est défini comme suit :

$$\text{Nombre de cycles de purge} = \left\lceil \frac{3 \times 7}{\text{pression de régulateur max.}} \right\rceil$$

14. Une fois le nombre de cycles requis effectués, fermer la vanne F et ouvrir la vanne A.
15. Lorsque la pression de gaz souhaitée à l'intérieur de la chambre a été atteinte (comme indiqué par le manomètre de contrôle), fermer la vanne de remplissage de la chambre.



**NE PAS ouvrir de nouveau la vanne de remplissage de la chambre. Le gaz contenu dans la chambre du 3098 est désormais le gaz de référence de service.**

### Etalonnage du transducteur de densité modèle 3098 en utilisant deux gaz connus

16. Fermer la vanne A.
17. Raccorder la première bouteille de gaz d'étalonnage à la canalisation et régler la pression de façon à ce qu'elle soit supérieure de 25 % à celle du gaz à l'intérieur de la chambre de référence.
18. Ouvrir la vanne B.
19. S'assurer que la vanne C est ouverte et laisser le gaz s'écouler jusqu'à ce que la période mesurée par le convertisseur de signal / calculateur de débit soit stable à au moins  $\pm 1$  ns près (la stabilité est généralement supérieure à cela). [Pour les raccordements électriques requis, voir le chapitre 3.]
20. Noter cette période ( $\tau_1$ ) ainsi que la densité (SG) certifiée indiquée sur la bouteille de gaz ( $SG_1$ ).
21. Fermer la vanne B.
22. Remplacer la première bouteille de gaz d'étalonnage par la seconde.
23. Régler la pression de façon à ce qu'elle soit supérieure de 25 % à celle du gaz à l'intérieur de la chambre de référence et ouvrir la vanne B.
24. Laisser le gaz s'écouler jusqu'à ce que la période indiquée par le transducteur soit stable à au moins  $\pm 1$  ns près.
25. Noter cette période ( $\tau_2$ ) ainsi que la densité (SG) certifiée indiquée sur la bouteille de gaz ( $SG_2$ ).

## Procédure d'installation

26. Appliquer les chiffres que vous avez notés dans les équations (1) et (2) ci-dessous :

$$K_2 = \left[ \frac{SG_1 - SG_2}{(\tau_1)^2 - (\tau_2)^2} \right] \quad (1)$$

$$K_0 = SG_1 - K_2(\tau_1)^2 \quad (2)$$

Vous pouvez saisir ces informations directement dans l'exemple de certificat d'étalonnage donné à la section 4.4. Pour une version en ligne de ce certificat, télécharger le certificat d'étalonnage au format de fichier Excel sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com) (sur la page du produits 3098) ou accéder au fichier calcert.xls file sur la disquette livrée avec le produit.

27. Fermer la vanne B et déconnecter la seconde bouteille de gaz d'étalonnage de la canalisation.
28. Ouvrir la vanne d'isolement D.
29. Ouvrir la vanne A.



**Si l'application s'exécute avec une pression de référence inférieure à 3 bar A (45.5 psi), le débit maximal pouvant être utilisé pour un fonctionnement correct est 50 cm<sup>3</sup>/s. Cet effet est décrit dans le détail au chapitre 4.**

**L'unité devrait maintenant indiquer en temps réel de la densité de gaz mesurée. Certains contrôles peuvent être effectués si la mesure indiquée par l'unité n'est pas cohérente. Ces contrôles sont récapitulés au chapitre 5.**

**Si une précision de densité optimale est requise, il convient d'utiliser la méthode d'optimisation décrite à l'Annexe A – qui compense les erreurs dues à la vitesse du son, la compressibilité et au coefficient de température.**

**Pour une précision optimale, la période ( $\tau$ ) doit être résolue à  $\pm 0,1$  ns près. Cela peut être réalisé en utilisant des convertisseurs de signal / calculateurs de débit 7950/7951 réglés sur un temps de cycle de 10 s.**

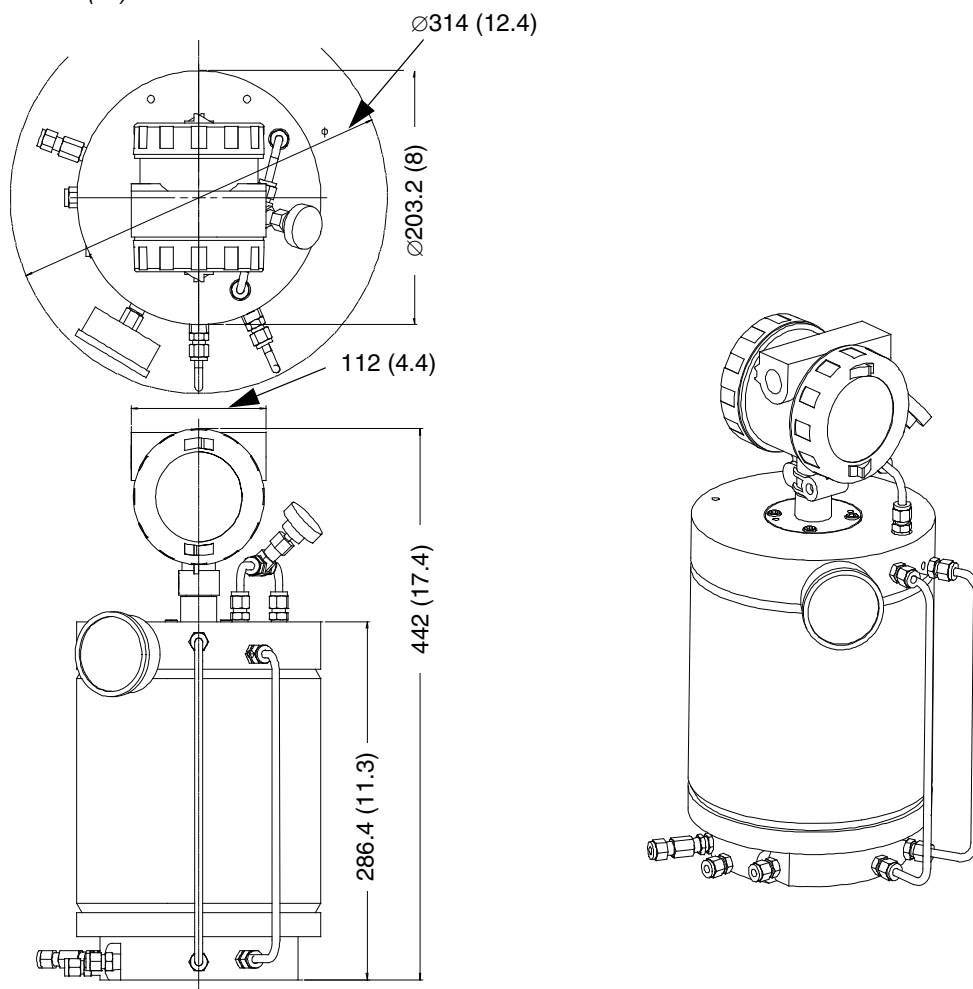
## 2.7 Schémas d'encombrement

La Figure 2-3 montre un transducteur de densité modèle 3098 sans enceinte. Pour les dimensions des enceintes de petite et grande taille, voir la Figure 2-4 et la Figure 2-5.

## Procédure d'installation

Figure 2-3 Transducteur de densité modèle 3098 sans enceinte

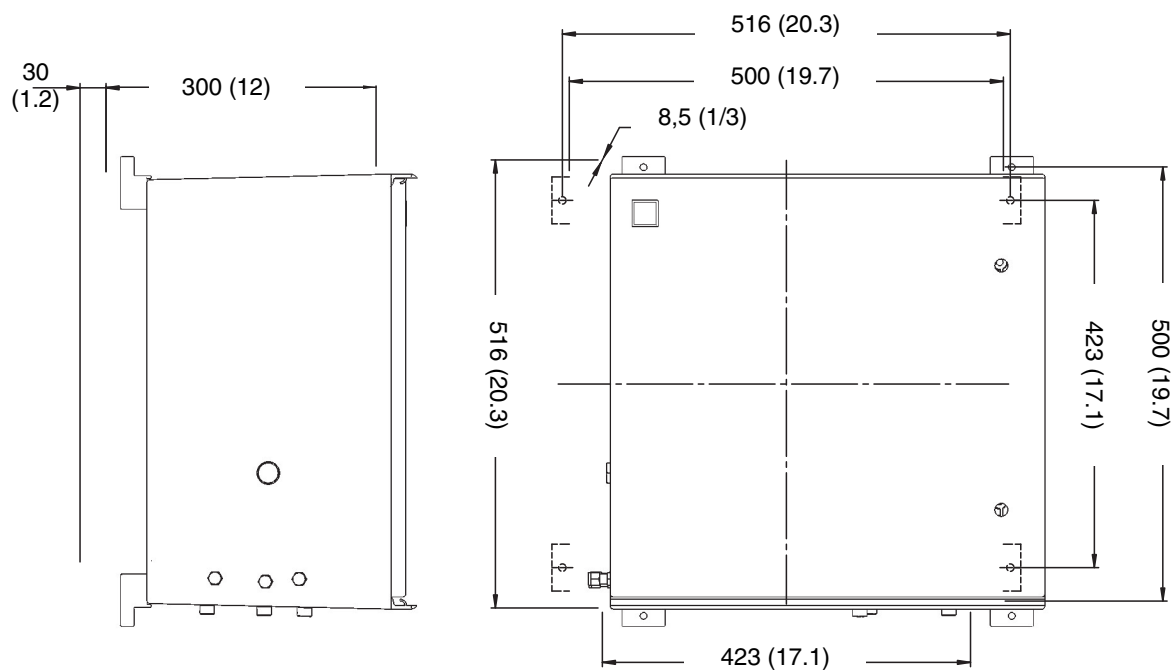
Dimensions en mm (in.)



## Procédure d'installation

Figure 2-4 Transducteur de densité modèle 3098 avec petite enceinte

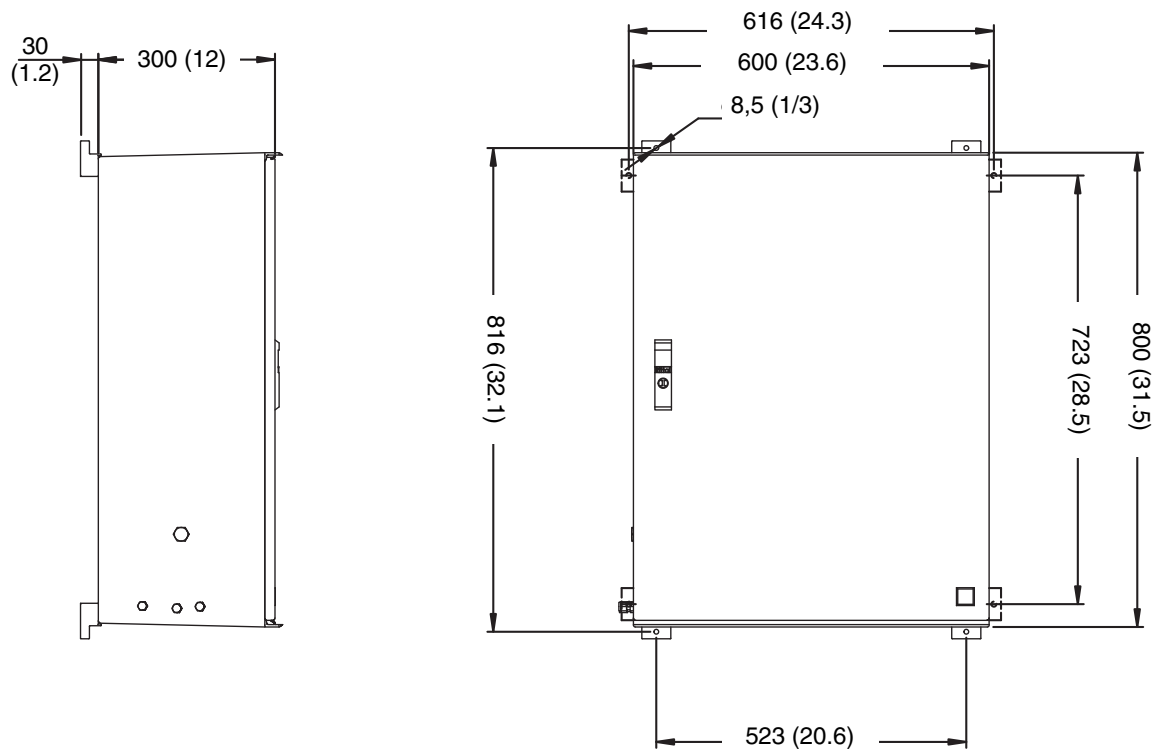
Dimensions en mm (in.)



## Procédure d'installation

Figure 2-5 Transducteur de densité modèle 3098 avec grande enceinte

Dimensions en mm (in.)



## Procédure d'installation



## Chapitre 3

# Raccordements électriques

Ce chapitre décrit dans le détail, en s'appuyant sur les schémas de câblage associés, les principes de raccordement du transducteur de densité modèle 3098 aux convertisseurs de signal et calculateurs de débit 7950/51, ainsi qu'aux autres équipements de façon générale, en zones dangereuses et non dangereuses.

### 3.1 Introduction

Les raccordements électriques au transducteur de densité modèle 3098 sont établis avec le capteur de masse volumique de gaz situé à l'intérieur de l'enceinte. En cas d'installation en zone dangereuse, les raccordements entre le transducteur et les équipements d'alimentation électrique / de lecture doivent être effectués par le biais de barrières Zener (ou d'isolants galvaniques). Le câble électrique pénètre dans l'enceinte (le cas échéant, voir la section Consignes de sécurité, page 1) par le biais d'un presse-étoupe avant d'atteindre le boîtier de l'amplificateur.

La disposition des bornes du transducteur est illustrée à la Figure 3-1.

Le boîtier de l'amplificateur comporte deux compartiments. Le compartiment le plus proche de l'axe du presse-étoupe contient les bornes de raccordement à l'instrument de mesure / traitement du signal. L'autre compartiment contient l'amplificateur de maintien. La carte d'amplificateur est encapsulée dans un coffret en plastique circulaire, une rainure de clavette et une vis de fixation centrale assurant la sécurité du module. Une carte d'interconnexion située derrière l'amplificateur assure la liaison entre le capteur et l'amplificateur de maintien, ainsi qu'entre l'amplificateur et la carte de connexion utilisateur (voir Figure 3-2).

**Figure 3-1 Raccordements au bornier principal**

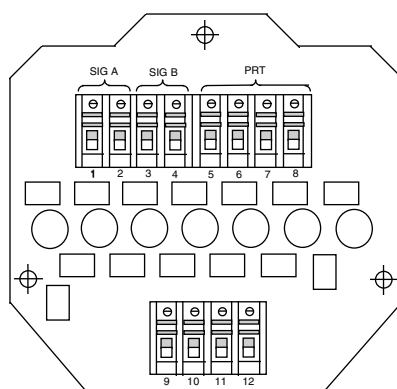
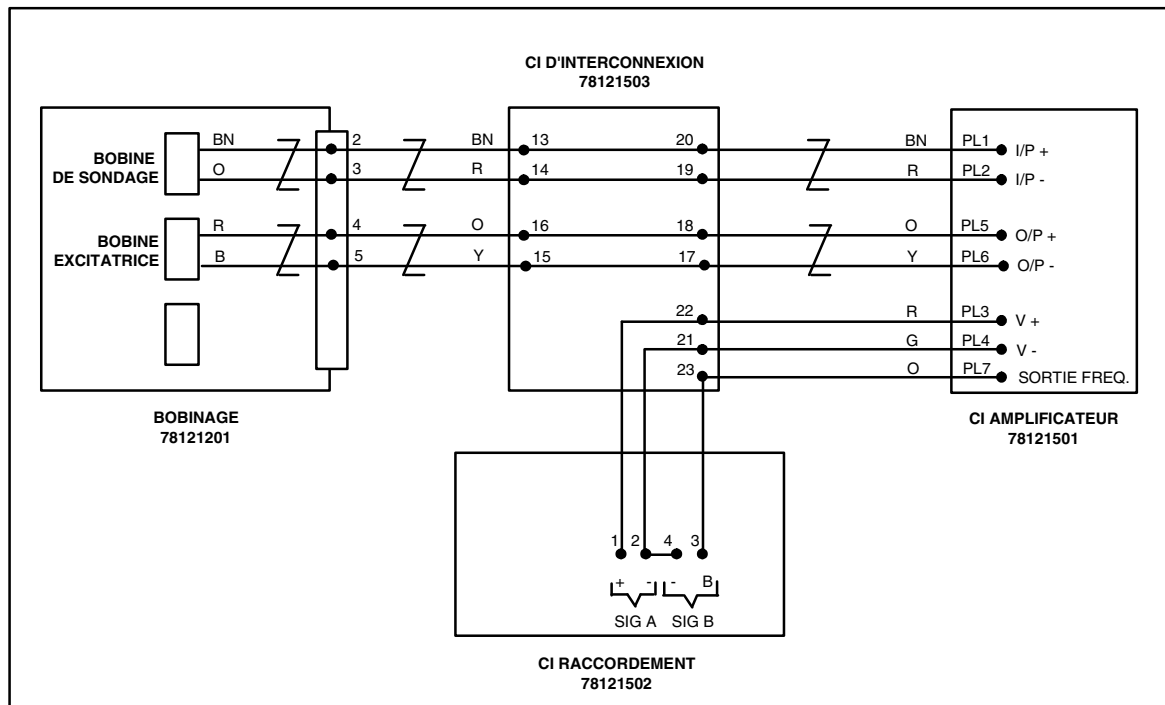


Figure 3-2 Schéma d'interconnexion



### 3.2 Câblage et mise à la terre CEM

Pour satisfaire la Directive CE relative à la compatibilité électromagnétique (CEM), il est recommandé de raccorder le transducteur à l'aide d'un câble d'instrumentation adapté et d'assurer la mise à la terre de l'unité par le biais du corps du transducteur et de la tuyauterie.

Il est préférable que le câble d'instrumentation soit muni d'un blindage, d'une feuille ou d'une tresse individuel sur chaque paire torsadée et d'un écran intégral recouvrant toutes les âmes de câble. Lorsque cela est acceptable, il convient de raccorder l'écran intégral à la terre à ses deux extrémités (liaison du 360° aux deux extrémités). Le blindage individuel interne ne doit être raccordé qu'à une seule extrémité, l'extrémité contrôleur (extrémité convertisseur de signal, par exemple).

*Remarque : Le raccordement à la terre des blindages individuels internes n'est généralement pas autorisé dans les zones dangereuses aux fins de sécurité intrinsèque.*

*Remarque : Utiliser des câbles adaptés conformes à la norme BS5308 relative aux câbles d'instrumentation multipaires type 1 ou 2.*

### 3.3 Conditions de certification pour zones dangereuses

Pour des informations détaillées sur les installations en zones dangereuses, se reporter à la brochure « ATEX/IECEX Safety Instructions » (disponible sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)) pour les installations ATEX/IECEX, et à l'Annexe D pour les installations CSA.

Le raccordement électrique du transducteur de densité modèle 3098 peut être basé sur une configuration à 2 ou 3 fils. La Figure 3-3 et la Figure 3-4 montrent un diagramme d'installation schématique de ces deux types de configuration.

Figure 3-3 Diagramme d'installation schématique du circuit du capteur (système à 2 fils)

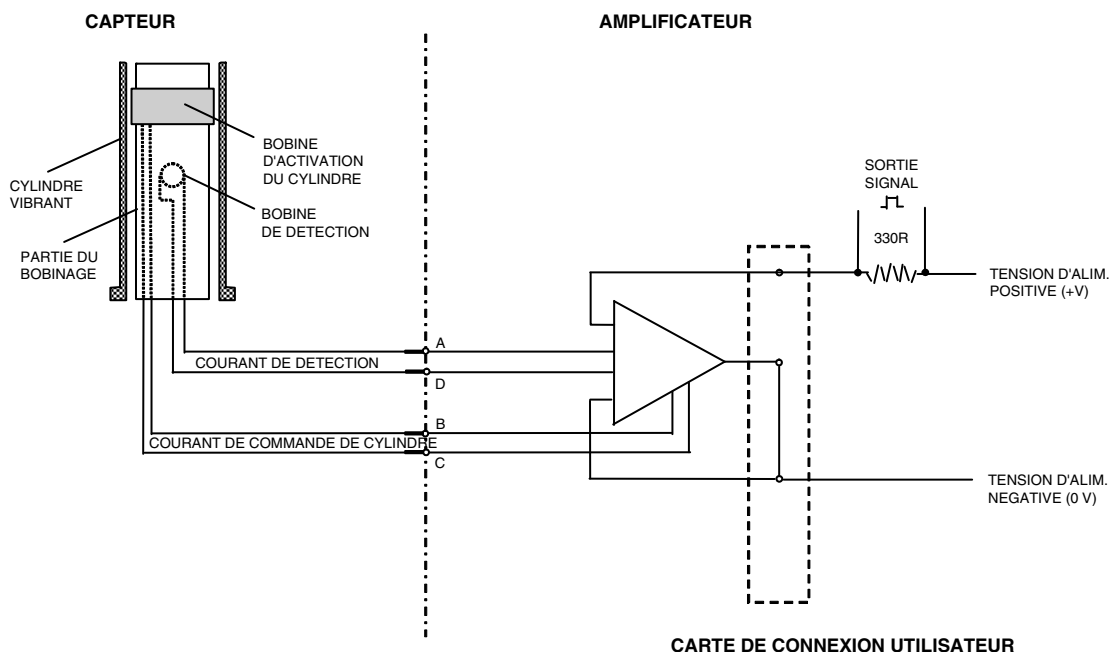
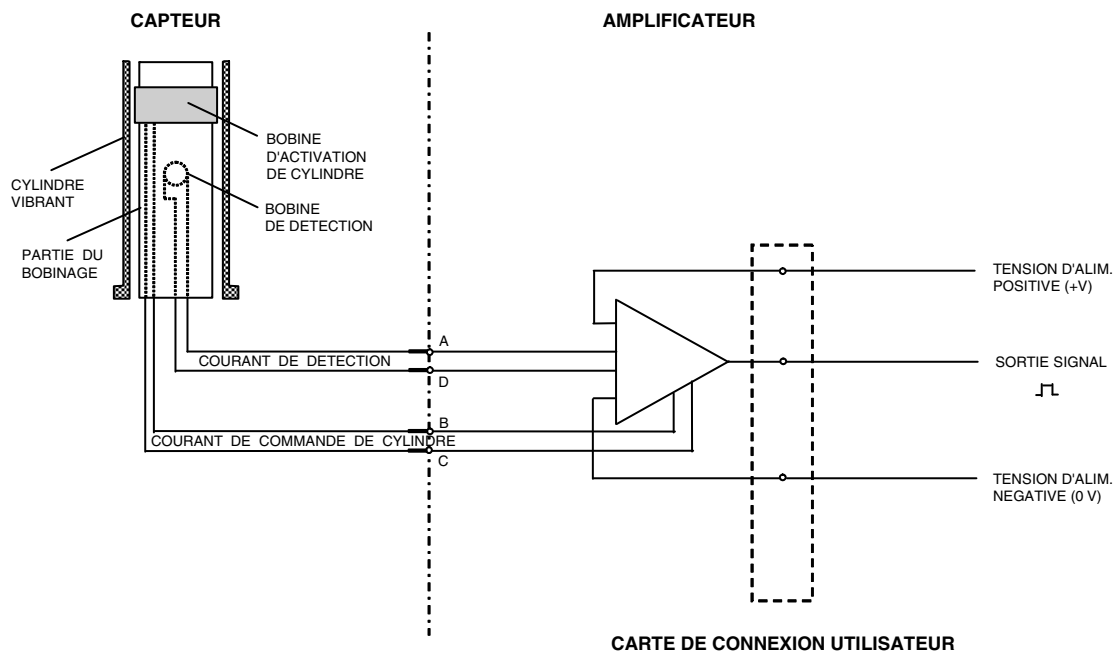


Figure 3-4 Diagramme d'installation schématique du circuit du capteur (système à 3 fils)



### 3.4 Utilisation avec convertisseurs de signal et calculateurs de débit

Le transducteur peut être utilisé dans deux types d'environnement : en zone sûre ou en zone dangereuse. En cas d'utilisation en zone dangereuse, des barrières de sécurité ou des isolants galvaniques doivent être placés entre le transducteur et le convertisseur de signal / calculateur de débit.

## Raccordements électriques

En cas d'utilisation en zone sûre avec un système à 3 fils, la résistance du circuit entre le transducteur et le convertisseur de signal doit être supérieure à 40 ohms. Cela peut être réalisé en plaçant une résistance adéquate sur le circuit ou en utilisant la résistance inhérente du câble utilisé (si la résistance par km et la longueur de câble utilisée sont suffisantes).

Sur la base de ces conditions, nous recommandons une longueur de câble maximale de 2 km entre le transducteur de densité modèle 3098 et le convertisseur de signal – en supposant l'utilisation d'un câble BS5308 standard.

En cas d'installation du transducteur de densité modèle 3098 dans une zone dangereuse, se reporter à la brochure « ATEX/IECEX Safety Instructions » (disponible sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)) pour les installations ATEX/IECEX, et à l'Annexe D pour les installations CSA.

Dans un souci de clarté, une résistance de 40 ohms a été insérée dans le circuit d'alimentation électrique +24 V sur tous les schémas de câblage se rapportant à une installation en zone sûre à l'aide du système à 3 fils.

### 3.5 Raccordements système (7950/7951)

Les raccordements au transducteur de densité modèle 3098, en zones sûres et dangereuses, associés à la masse volumique et l'alimentation électrique sont illustrés sur les schémas suivants :

#### 3.5.1 Configuration bifilaire 7950

Figure 3-5 Système bifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 (zone sûre)

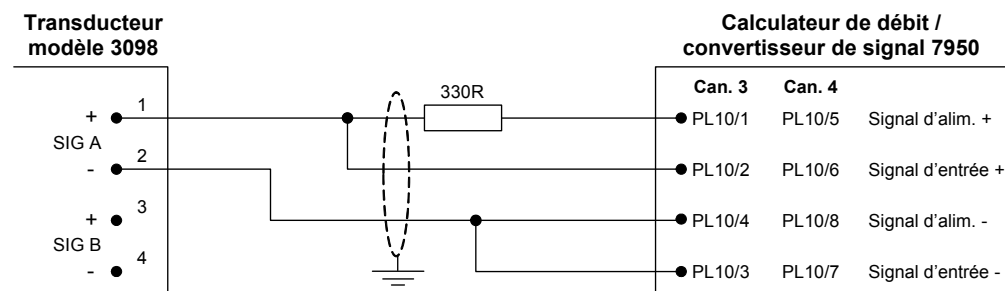


Figure 3-6 Système bifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 avec barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)

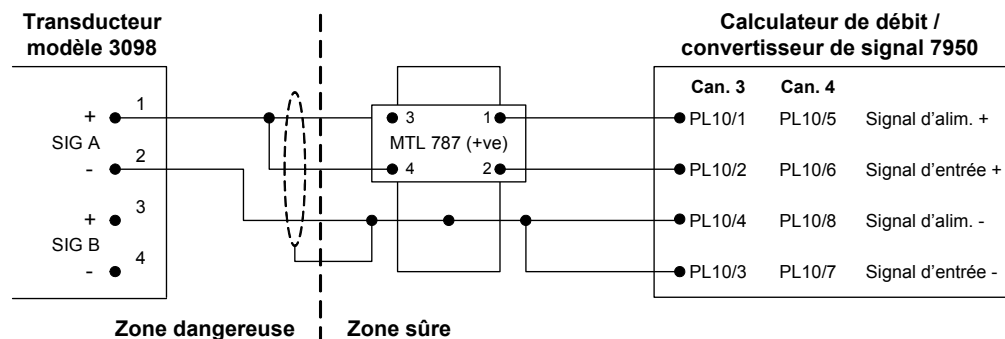
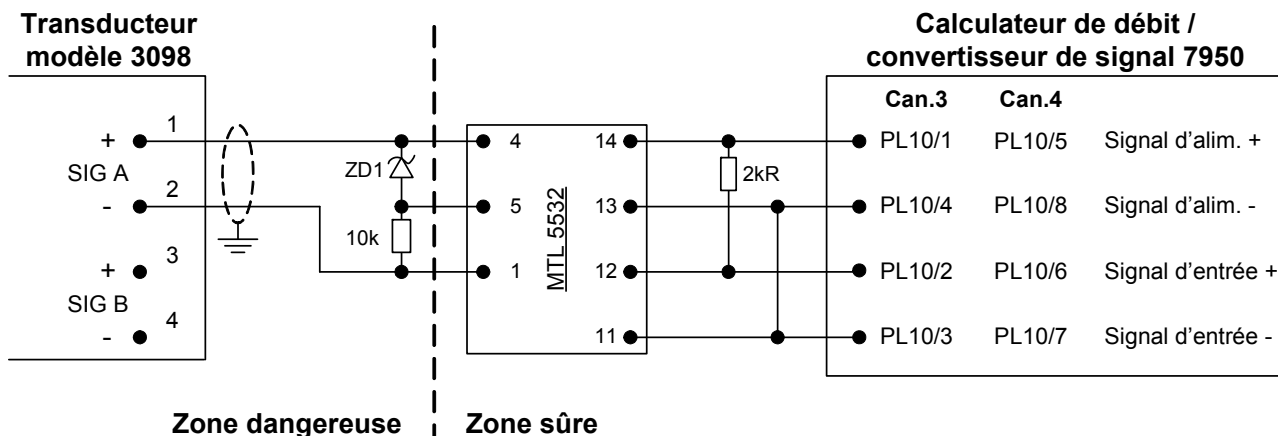


Figure 3-7 Système bifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 avec isolant galvanique (zone dangereuse)



Réglages du contacteur de seuil de déclenchement de la barrière	Tension de Zener
12 V	6,2 V
6 V	13 V
3 V	16 V

Remarque : En cas d'installation du transducteur de densité certifié ATEX/IECEx dans une zone dangereuse, le document de référence est la notice d'instructions de sécurité qui accompagne l'unité.

### 3.5.2 Configuration trifilaire 7950

Figure 3-8 Système trifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 (zone sûre)

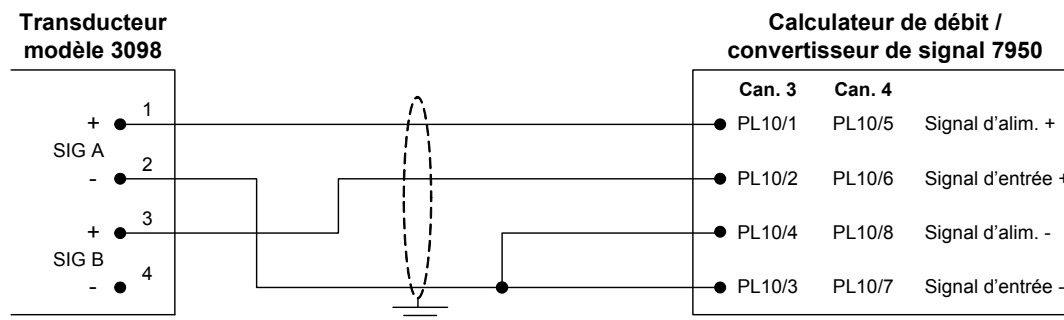


Figure 3-9 Système trifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 avec barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)

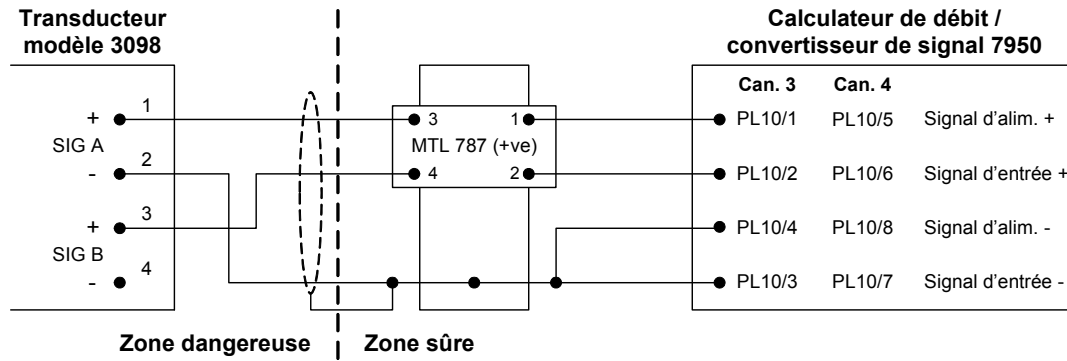
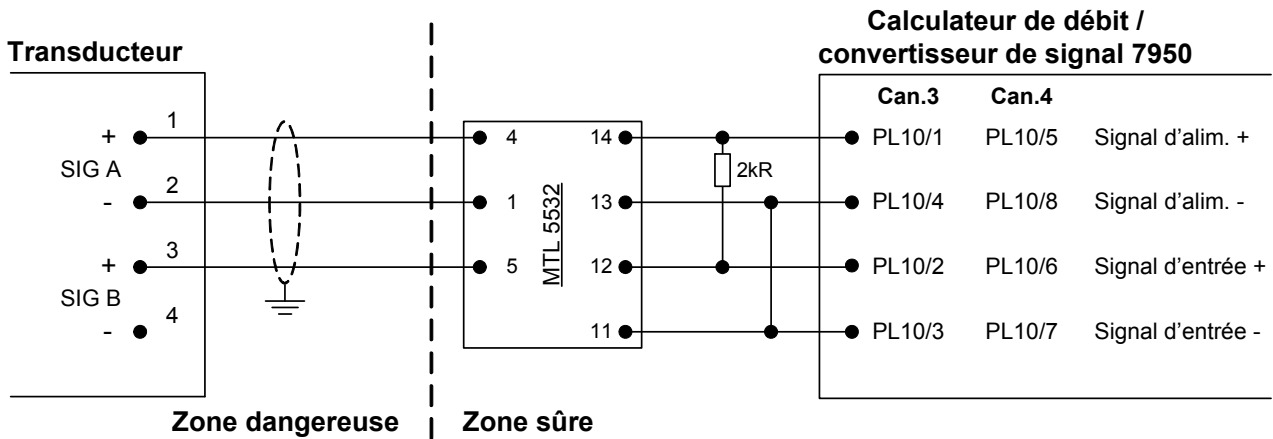


Figure 3-10 Système trifilaire transducteur de densité et convertisseur de signal 7950 avec isolant galvanique (zone dangereuse)



Remarque : Il est recommandé de régler le contacteur de seuil de déclenchement de la barrière sur 3 volts.

Remarque : En cas d'installation du transducteur de densité certifié ATEX/IECEX dans une zone dangereuse, le document de référence est la notice d'instructions de sécurité qui accompagne l'unité.

### 3.5.3 Configuration bifilaire 7951

Figure 3-11 Système bifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 (zone sûre)

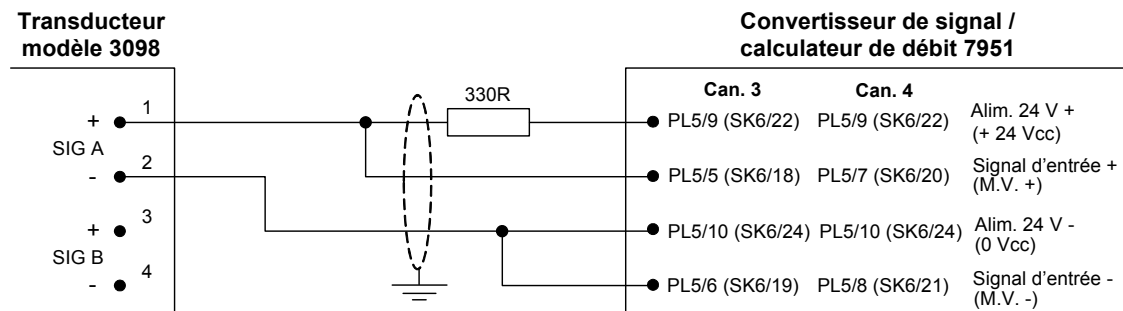


Figure 3-12 Système bifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 avec barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)

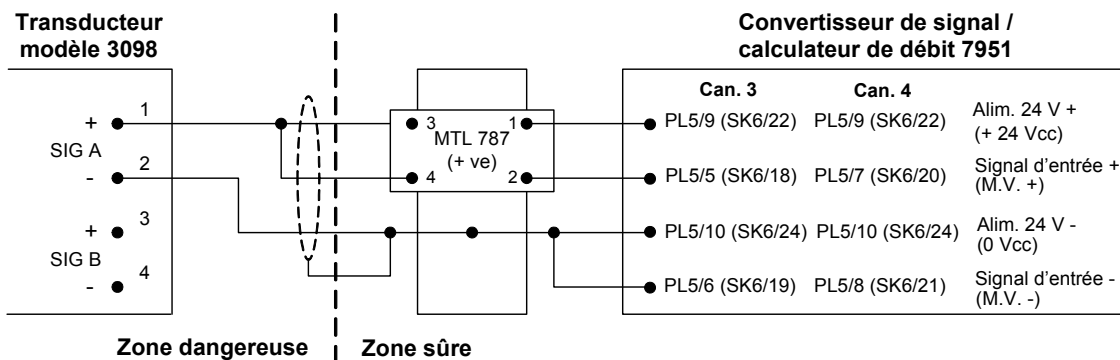
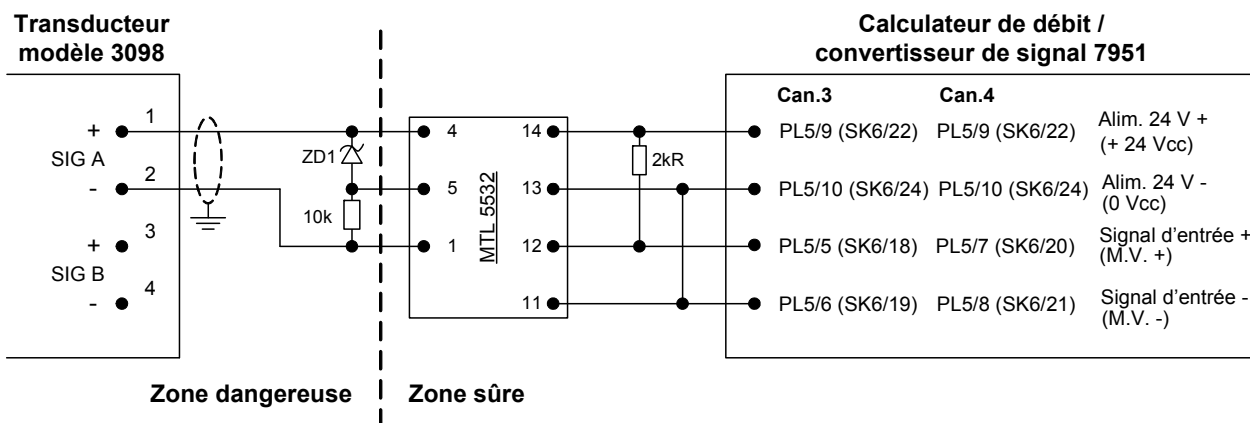


Figure 3-13 Système bifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 avec isolant galvanique (zone dangereuse)



Réglages du contacteur de seuil de déclenchement de la barrière	Tension de Zener
12 V	6,2 V
6 V	13 V
3 V	16 V

Remarque : En cas d'installation du transducteur de densité certifié ATEX/IECEX dans une zone dangereuse, le document de référence est la notice d'instructions de sécurité qui accompagne l'unité.

### 3.5.4 Configuration trifilaire 7951

Figure 3-14 Système trifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 (zone sûre)

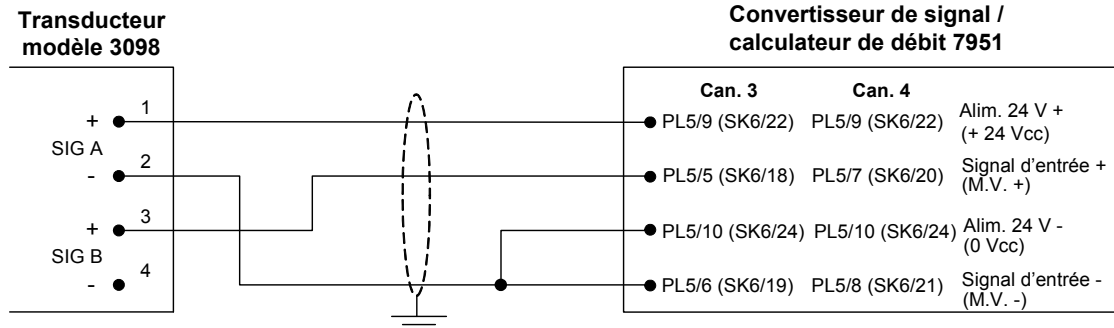


Figure 3-15 Système trifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 avec barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)

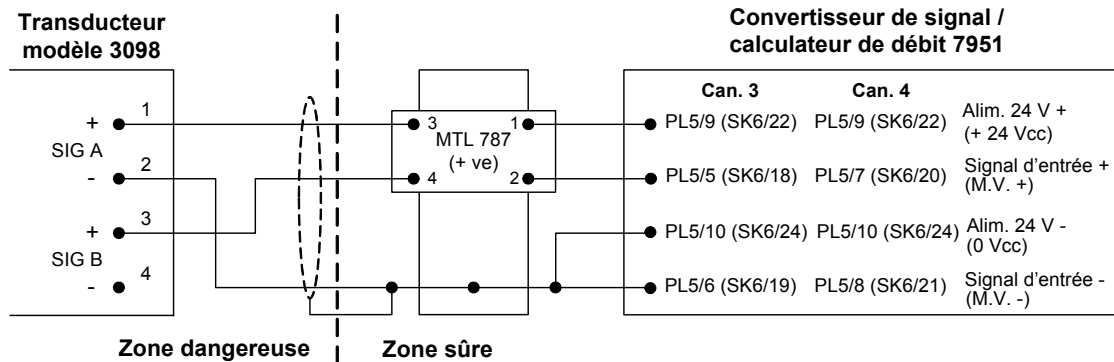
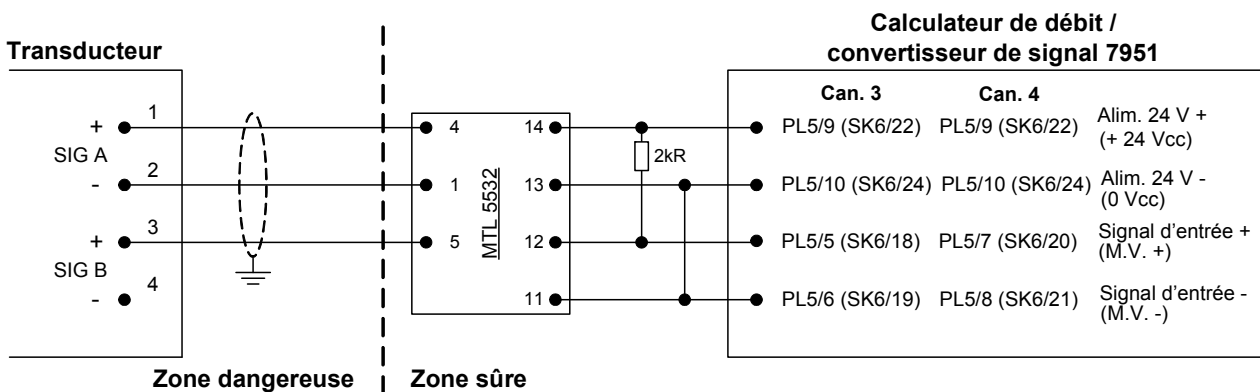


Figure 3-16 Système trifilaire transducteur de densité et calculateur de débit 7951 / convertisseur de signal 7951 avec isolant galvanique (zone dangereuse)



Remarque : Il est recommandé de régler le contacteur de seuil de déclenchement de la barrière sur 3 volts.

Remarque : En cas d'installation du transducteur de densité certifié ATEX/IECEx dans une zone dangereuse, le document de référence est la notice d'instructions de sécurité qui accompagne l'unité.



### 3.6 Raccordements système (avec le propre équipement du client)

#### 3.6.1 Zones non dangereuses

Raccordement de l'alimentation électrique à un capteur de masse volumique : 15,5 à 33 Vcc, < 20 mA

Raccordement de l'alimentation électrique à une sonde à résistance de platine (PRT) : 5 mA maximum

La fréquence à laquelle le transducteur fonctionne peut être détectée de deux façons distinctes :

- Pour l'option 2 fils, il est recommandé d'utiliser une résistance série de 330 Ω dans le circuit d'alimentation +ve. Les raccordements électriques à effectuer sont illustrés à la section 3.6.3. La tension aux bornes de la résistance 330 Ω est supérieure à 2 V crête à crête. Une impédance minimale de 500 kΩ est recommandée pour l'équipement de mesure de signaux. Le cas échéant, les condensateurs 1 nF bloqueront la tension d'alimentation continue vers l'équipement de mesure.
- Pour l'option 3 fils, la fréquence peut être mesurée directement. Les raccordements électriques à effectuer sont illustrés à la section 3.6.4.

#### 3.6.2 Zones dangereuses

Pour des informations détaillées sur les installations en zones dangereuses, se reporter à la brochure « ATEX/IECEX Safety Instructions » (disponibles sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)) pour les installations ATEX/IECEX, et à l'Annexe D pour les installations CSA.

#### 3.6.3 Equipement du client, configuration à 2 fils

Figure 3-17 Raccordements électriques pour l'option 2 fils du transducteur utilisée avec le propre équipement du client (zone sûre)

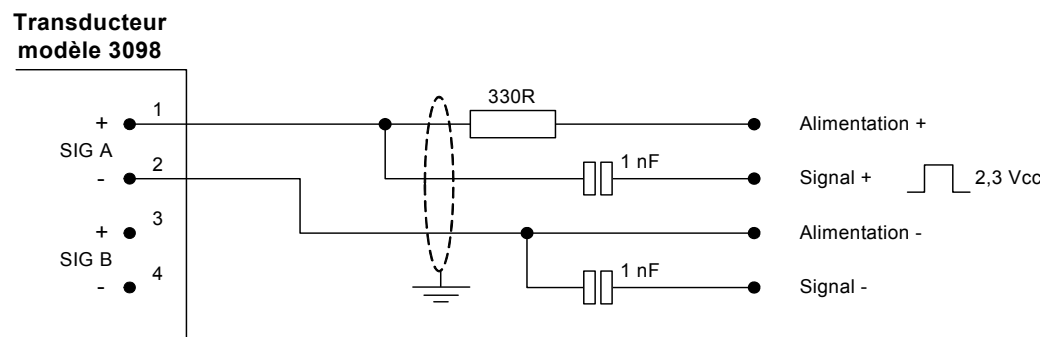
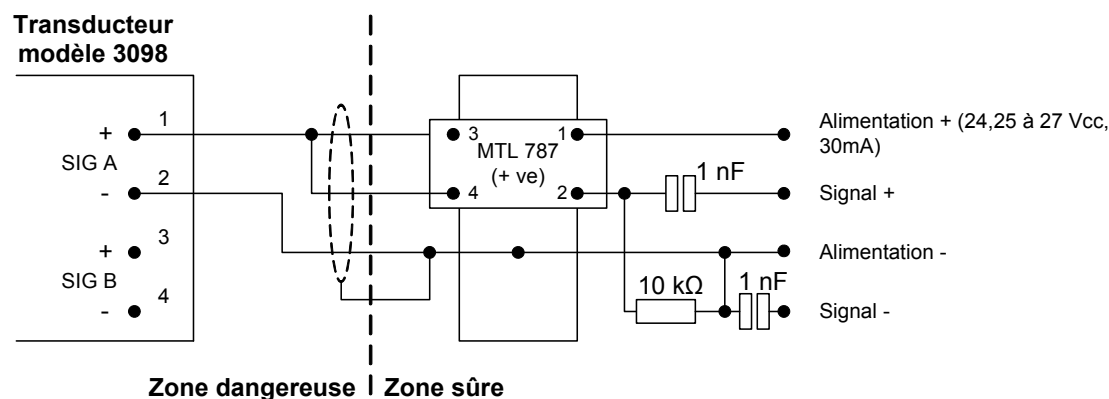
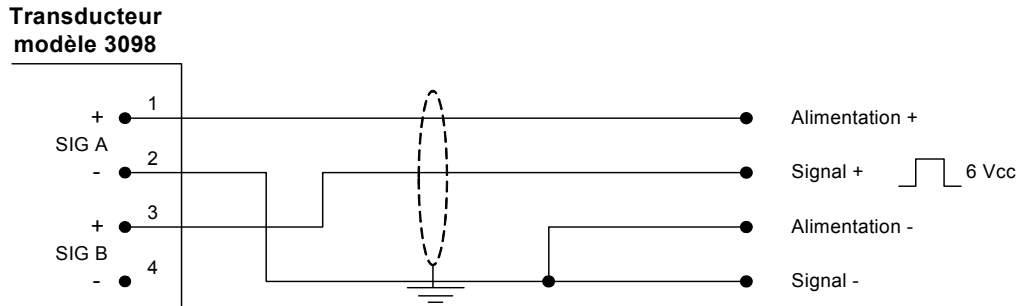


Figure 3-18 Raccordements électriques pour l'option 2 fils du transducteur utilisée avec le propre équipement du client et une barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)

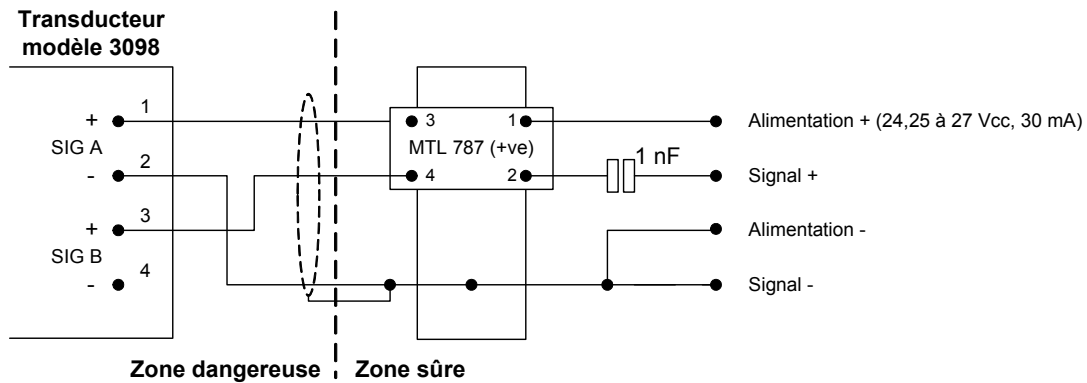


### 3.6.4 Equipement du client, configuration à 3 fils

**Figure 3-19 Raccordements électriques pour l'option 3 fils du transducteur utilisée avec le propre équipement du client (zone sûre)**



**Figure 3-20 Raccordements électriques pour l'option 3 fils du transducteur utilisée avec le propre équipement du client et une barrière de sécurité à diode shunt (zone dangereuse)**



## 3.7 Contrôles après installation

Après l'installation, la procédure décrite ci-après permet de s'assurer que le transducteur fonctionne correctement.

### 1. Vérification électrique

Mesurer la consommation de courant et la tension d'alimentation au niveau de l'amplificateur du capteur. Les valeurs obtenues doivent être comprises entre les limites suivantes :

- 15,5 Vcc à 33 Vcc (zones sûres)
- 15,5 Vcc à 24 Vcc (zones dangereuses)
- 10 mA à une tension d'entrée de 24 Vcc (tension d'entrée nominale)
- 17 mA maximum (zones sûres et dangereuses, n'importe quelle tension d'entrée)

### 2. Contrôle de stabilité

Vérifier la stabilité du signal de sortie fréquence à l'aide d'un périodemètre réglé sur un compte de cycles de 1 000. La dispersion de mesure doit être limitée à  $\pm 2$  ns. Si cette valeur est dépassée, il est probable que le capteur soit encrassé. Ce contrôle peut être effectué à n'importe quelle masse volumique de gaz, dans la mesure où celle-ci ne varie pas.

# Chapitre 4

## Eléments relatifs à la précision

Ce chapitre décrit une méthode pour estimer la précision des mesures du transducteur de densité modèle 3098 dans différentes conditions.

### 4.1 Eléments relatifs à la précision

Les « conditions bien définies » qui établissent une relation directe entre la masse volumique et la densité de l'échantillon de gaz sont déterminées essentiellement par la pression et le type de gaz utilisé dans la chambre de référence. Le choix de la pression de gaz de la chambre de référence dépend de trois facteurs :

- l'étendue de mesure de la densité ;
- la variation escomptée dans la surcompressibilité de l'échantillon de gaz (Z) ;
- la précision requise.

La choix exact quant à la pression du gaz de référence est fait après avoir pris en compte toutes les sources d'erreur associées à l'application concernée. Le Tableau 4-1, qui peut être reproduit par l'utilisateur, est fourni pour simplifier la sélection. De façon générale, sauf si une pompe est utilisée pour augmenter la pression dans la canalisation, la pression du gaz de référence à 20 °C doit être au moins inférieure de 10 % à la pression de service minimale pour assurer la circulation du gaz sur la plage de température de fonctionnement.

#### 4.1.1 Exemple 1

Lorsqu'un gaz a une densité assez faible et relativement constante et qu'il est disponible à une pression de service supérieure à 7 bar G (100 psig), comme la mesure d'un gaz naturel dans la plage 0,55–0,8, une très haute précision est possible avec une pression de référence de 7 bar G (voir l'exemple pratique, Tableau 4-2).

#### 4.1.2 Exemple 2

Une pression de gaz de référence bien moindre est requise lorsque des mesures de densité doivent être effectuées sur une plage étendue, ou lorsque les variations dans le facteur de surcompressibilité de l'échantillon de gaz deviennent importantes (comme dans le cas de gaz de torchère ou de mélanges air/CO<sub>2</sub>). (Voir le Tableau 4-3 pour le cas d'un mélange N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>.)

### 4.1.3 Calcul des paramètres

**Tableau 4-1 Sélection de la pression d'utilisation du transducteur de densité modèle 3098 (gaz naturel)**

Sélection de la pression d'utilisation du transducteur de pression modèle 3098					
Date :	Type de gaz :	Etendue de mesure de la densité :	N° de série 3098 :	Coefficient de température du capteur de masse volumique :	
Pression d'utilisation à 20 °C	(lb/in <sup>2</sup> abs.) (bar abs.)	18 1,2	30 2	60 4	100 7
Etendue de mesure de la masse volumique à 20 °C	(kg/m <sup>3</sup> )	0,79–1,5	1,32–3,0	2,66–3,8	4,58–6,72
<b>Erreurs de mesure (% de la densité à pleine échelle / °C) dues à :</b>					
Coefficient de température du capteur de masse volumique					
Compressibilité de l'échantillon de gaz					
Vitesse du son dans l'échantillon de gaz					
Chambre de référence/détendeur		+0,007	+0,007	+0,007	+0,007
Erreur totale					

#### Etendue de mesure de la masse volumique à 20 °C

Calculée à l'aide de l'équation suivante :

Etendue de mesure de la masse volumique  $P\rho_{\text{air}}G_{\text{min}}$  à  $P\rho_{\text{air}}G_{\text{max}}$

où  $P$  = pression absolue (en bar)

$\rho_{\text{air}}$  = masse volumique dans l'air sec (1,2 kgm<sup>-3</sup> environ)

$G_{\text{min}}$  et  $G_{\text{max}}$  = valeurs de densité minimale et maximale

#### Erreur liée au coefficient de température du capteur de masse volumique

Inversement proportionnel à la masse volumique, et donc à la pression, il est calculé comme suit :

Coefficient de température issu du certificat d'étalonnage =  $x$  kgm<sup>-3</sup> / °C

A la valeur de masse volumique maximale de  $y$  kgm<sup>-3</sup> :

Coefficient de température équivalent du capteur =  $x/y \times 100$  % / °C

#### Erreur liée à la compressibilité du gaz

Se rapporte à l'écart entre la compressibilité de l'échantillon de gaz et celle du gaz de la chambre de référence. L'erreur considérée correspond aux 2/3 de l'écart induit par la variation de température sur les deux gaz à la pression de référence, et est généralement proportionnelle à cette pression.

Pour des informations sur les caractéristiques des gaz, se reporter aux tableaux des gaz standard.

#### Erreur liée à la vitesse du son

L'erreur considérée correspond à :  $-0,0034 G$  % / °C, où  $G$  est considérée à la densité maximale.

### Exemple 1

**Tableau 4-2 Sélection de la pression d'utilisation du transducteur de densité modèle 3098 (gaz naturel)**

Date : 24 juin 1997	Type de gaz : gaz naturel	Etendue de mesure de la densité : 0,55 à 0,8	N° de série 3098 : 000124	Coefficient de température du capteur de masse volumique : – 0,0003 kg/m <sup>3</sup> /°C	
Pression d'utilisation à 20 °C	(lb/in <sup>2</sup> abs.) (bar abs.)	18 1,2	30 2	60 4	100 7
Etendue de mesure de la masse volumique à 20 °C	(kg/m <sup>3</sup> )	0,79–1,15	1,32–2,0	2,66–3,8	4,58–6,72

**Erreurs de mesure (% de la densité à pleine échelle / °C) dues à :**

Coefficient de température du capteur de masse volumique	– 0,026	– 0,016	– 0,008	– 0,004
Compressibilité de l'échantillon de gaz	±0,0003	±0,0003	±0,001	±0,002
Vitesse du son dans l'échantillon de gaz	– 0,003	– 0,003	– 0,003	– 0,003
Chambre de référence/détendeur	+0,007	+0,007	+0,007	+0,007
Erreur totale	– 0,022	– 0,012	+0,003 à – 0,005	+0,000 à – 0,002

### Exemple 2

**Tableau 4-3 Sélection de la pression d'utilisation du transducteur de densité modèle 3098 (mélange N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>)**

Date : 28 juillet 1997	Type de gaz : mélange N <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	Etendue de mesure de la densité : 1,0 à 1,5	N° de série 3098 :	Coefficient de température du capteur de masse volumique : – 0,0003 kg/m <sup>3</sup> /°C	
Pression d'utilisation à 20 °C	(lb/in <sup>2</sup> abs.) (bar abs.)	18 1,2	30 2	60 2	100 7
Etendue de mesure de la masse volumique à 20 °C	kg/m <sup>3</sup>	0,79–1,15	1,32–2,0	2,66–3,8	4,58–6,72

**Erreurs de mesure (% de la densité à pleine échelle / °C) dues à :**

Coefficient de température du capteur de masse volumique	– 0,026	– 0,016	– 0,008	– 0,004
Compressibilité de l'échantillon de gaz	±0,0003	±0,0003	±0,001	±0,002
Vitesse du son dans l'échantillon de gaz	– 0,003	– 0,003	– 0,003	– 0,003
Chambre de référence/détendeur	+0,007	+0,007	+0,007	+0,007
Erreur totale	– 0,014	– 0,006	+0,006 à – 0,010	+0,015 à – 0,015

## 4.2 Etalonnage (pour les applications hors gaz naturel)

L'instrument est fourni avec la chambre de référence vide, et donc à l'état non étalonné. Après avoir procédé à l'installation sur site, il est nécessaire de décider quelle pression de chambre de référence utiliser, puis de charger et d'étalonner l'instrument comme décrit à la section 2.6.

On trouvera quelques exemples illustrant les principes de calcul de ces pressions de chambre de référence à la section 4.1.1 et la section 4.1.2, qui montrent les pressions les mieux adaptées pour une application avec gaz naturel et avec un mélange N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>.

## Eléments relatifs à la précision

Une fois cela effectué, il faut identifier les gaz à utiliser pour l'étalonnage. Les gaz d'étalonnage à utiliser doivent être de densité connue et doivent représenter au plus près les propriétés du gaz de service à mesurer (par ex. : compressibilité, viscosité). Par exemple, en cas de mesure d'un gaz naturel composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone, il convient d'utiliser ces deux gaz dans leurs formes pures ou à des densités déterminées lors de l'étalonnage.

Une fois cela décidé, le transducteur de densité modèle 3098 peut être étalonné en suivant la procédure d'étalonnage décrite à la section 2.6.

*Remarque : Dans le cas où un seul gaz d'étalonnage est disponible, la période du capteur de masse volumique à une masse volumique / densité de zéro (en conditions de vide, par exemple), qui est portée sur le certificat d'étalonnage du coefficient de température, peut être utilisée pour la période  $\tau_y$ . Dans ces conditions, l'étalonnage est moins précis en raison des conditions non homogènes d'un vide et de leurs conséquences sur la compensation de surcompressibilité. On trouvera un exemple de certificat d'étalonnage du coefficient de température d'un transducteur ci-après.*

Une fois l'étalonnage effectué, les coefficients peuvent être calculés à l'aide des équations (1) et (2) de la section 2.6. Vous pouvez saisir ces informations directement dans l'exemple de certificat d'étalonnage donné à la section 4.4. Pour une version en ligne de ce certificat, télécharger le certificat d'étalonnage au format de fichier Excel sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com) (sur la page du produit 3098) ou accéder au fichier `calcert.xls` file sur la disquette livrée avec le produit.

Pour des informations plus détaillées sur l'étalonnage, se reporter à l'Annexe A.

### 4.3 Utilisation à des bas niveaux de pression de référence

L'une des caractéristiques liées à la conception même du transducteur de densité modèle 3098 tient à l'utilisation de deux plaques à orifice pour contrôler et réguler la circulation de l'échantillon de gaz à travers l'unité, dont l'une, placée au niveau de l'orifice de sortie, sert à réduire les contraintes auxquelles est exposé le diaphragme de l'unité. Il est important de noter que la pression au niveau de l'orifice d'entrée doit être augmentée pour augmenter le débit de l'échantillon de gaz. A mesure que cette pression augmente, la pression au niveau de l'orifice de sortie augmente également. Si cette pression dépasse celle du gaz à l'intérieur de la chambre de référence, la diaphragme ne peut plus réguler la pression du gaz d'entrée, et il n'est pas possible de procéder à une mesure de densité.

Pour des pressions de référence supérieures à 3 bar absolus (3 bar A), cette situation ne peut se produire dans la plage de débits unitaires de (0,2–60 cm<sup>3</sup>/s). Il se peut, cependant, que la pression de référence soit inférieure à 3 bar A et que le débit soit > 50 cm<sup>3</sup>/s.

Il est recommandé de tenir compte des corrections pour la vitesse du son et la compressibilité pour bénéficier d'une précision optimale en mesure de densité. Pour cela, il est recommandé de suivre la procédure décrite à l'Annexe A.

4.4 Exemple de certificat d'étalonnage

## Certificat d'étalonnage 3098

N° de réf. .... 000001      Date :- ..... 13-Sep-12

N° de série 3098 :- ..... 000001

N° de série 7812 :- ..... 000001

Numéro de cylindre :- ..... 000001

Numéro de bobinage :- ..... 000001

---

### DONNEES D'ENTREE

Type de gaz à mesurer :- Méthane      Etendue de mesure de densité requise :- 0,5 à 7

Pression de référence sélectionnée à 20 °C :-

Type du gaz d'étalonnage **1** :-      Type du gaz d'étalonnage **2** :-

Densité (SG<sub>1</sub>) :- **0,554900**      Densité (SG<sub>2</sub>) :- **0,967150**

Sortie (τ<sub>1</sub>) du 3098 ..... **511,3467** μs      Sortie (τ<sub>2</sub>) du 3098 ..... **518,4489** μs

**Remarque** : Lorsque la sortie est requise en unités de densité relative ou de masse volumique standard, remplacer simplement les valeurs de densité par ces valeurs.

---

### CALCULS :-

Soit la densité,       $SG = K_0 + K_2 \tau^2$  .....1

où       $K_2 = \frac{SG_1 - SG_2}{\tau_1^2 - \tau_2^2} = 0,0000563659$  .....2

$K_0 = SG_2 - K_2 \tau_2^2 = -14,1834087265$  .....3

Eléments relatifs à la précision

COEFFICIENT DE TEMPERATURE

CERTIFICAT D'ETALONNAGE

TRANSDUCTEUR DE DENSITE MODELE 3098

Numéros de série :

Instrument	000001
Amplificateur	000001
Cylindre	000001

Essai en pression

Unités testées en pression à 300 p.s.i.g.

Durée de la période de référence

Période en conditions de vide à 20 °C ( $\mu$ s) 504,398  
(densité zéro)

Coefficients de température

Coefficient du cylindre à 20 °C ( $\mu$ s/°C) 0,0013  
Densité équivalente à 20 °C (Kg/m<sup>3</sup>/°C) 0,0006

```
####  ##  ##  ##  ####  ##  #####
####  ##  ##  ##  ####  ##  #####
##  ##  ##  ####  ####  ##  ##  ##  ##
##  ##  ##  ####  ####  ##  ##  ##  ##
##  #####  ##  ##  ##  ####  ##  ####
##  #####  ##  ##  ##  ####  ##  ####
##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##
##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##  ##
####  ##  ##  ##  ##  ##  #####  #####
####  ##  ##  ##  ##  ##  #####  #####
```

-----  
ESSAI FINAL

3098CERTGEN V1.0

DATE : xx-xxx-xx



# Chapitre 5

## Entretien et dépannage

### 5.1 Introduction

Ce chapitre traite des opérations d'entretien et de maintenance recommandées à conduire sur le terrain, notamment des contrôles d'étalonnage, des procédures de dépannage et de l'entretien de base. Si l'origine d'une panne est identifiée comme étant liée à une défaillance de la chambre de référence, il est vivement recommandé de confier la réparation de l'unité défaillante uniquement à un technicien qualifié ou de retourner l'unité défaillante à l'usine (voir Annexe C).

Si un contrôle d'étalonnage révèle une erreur importante, il est recommandé de rechercher activement la cause de cette erreur (par ex. : fuite de la chambre de référence, dépôt sur le cylindre vibrant) avant d'essayer de ré-étalonner l'unité.

### 5.2 Vérification de l'étalonnage

Il est recommandé de vérifier périodiquement la précision du système. Pour cela, il suffit de faire circuler un gaz de densité connue dans l'instrument, comme décrit dans le détail à la section 2.6. Pour simplifier la procédure de vérification, il est préférable que la densité du gaz d'étalonnage utilisé soit dans la plage de densité du système. Il est cependant possible d'utiliser un gaz dont la densité sort de cette plage si ses caractéristiques sont similaires à celle du gaz de service du système.

### 5.3 Dépannage

En cas d'indications erronées ou suspectes lors de la vérification de l'étalonnage, les causes possibles peuvent être réparties en 4 catégories :

- Indications sur-évaluées de l'instrument
- Indications sous-évaluées de l'instrument
- Indications erratiques de l'instrument
- Défauts du capteur

#### 5.3.1 Indications sur-évaluées de l'instrument

Cela est généralement dû à la présence de dépôts, de condensation ou de corrosion sur les parois du cylindre vibrant.

Il est possible de pallier les effets de la présence de dépôts ou de condensation en nettoyant soigneusement les parois du cylindre après avoir démonté le capteur de masse volumique du transducteur de densité modèle 3098.

En revanche, il est impératif de remplacer le cylindre vibrant par un neuf en cas de corrosion ou d'endommagement quelconque de celui-ci, comme la présence de bosselures ou d'éraflures.

### 5.3.2 Indications sous-évaluées de l'instrument

Cela est dû le plus souvent à une fuite de gaz hors de la chambre de référence. Avant de démonter l'instrument, il est préférable de localiser la fuite dont la cause peut être l'une des suivantes :

#### (i) De la chambre de référence vers le circuit de l'échantillon de gaz

Les éléments affectés sont :

- le diaphragme,
- la vanne de remplissage de la chambre de référence,
- la structure métallique de la chambre de référence.

Ce type de fuite peut être identifié en procédant au test décrit ci-après.

Charger la chambre de référence à une pression élevée (jusqu'à 7 bar A maximum), puis l'isoler en fermant la vanne de remplissage de la chambre de référence. Mettre à l'air libre le circuit de l'échantillon de gaz au niveau de l'entrée et de la sortie de l'instrument, puis sceller hermétiquement en fermant les vannes des conduites d'entrée et de sortie.

Une variation dans le signal de sortie du capteur de masse volumique indique qu'il y a une fuite de gaz dans le circuit de l'échantillon de gaz.

Par ailleurs, le fait que le débit de la fuite varie selon que le circuit de l'échantillon de gaz est à la pression atmosphérique ou à la pression de service est également indicatif d'une fuite dans le circuit de l'échantillon de gaz.

#### (ii) De la chambre de référence vers l'atmosphère

Les éléments affectés sont :

- le diaphragme,
- le joint d'étanchéité (capteur),
- la tuyauterie de la chambre de référence,
- la structure métallique de la chambre de référence.

Il est généralement possible d'isoler ce type de fuite en appliquant une solution savonneuse et en observant la formation ou non d'une bulle. A la différence du type de fuite précédent, celle-ci n'est pas influencée par la pression du circuit de l'échantillon de gaz.

Si la fuite est due à un joint d'étanchéité, un diaphragme ou une vanne de remplissage de la chambre de référence défectueux, il convient alors de remplacer la pièce défectueuse.

En cas de doute, demander conseil à l'usine – dont les coordonnées sont indiquées à la dernière page de ce manuel.

#### (iii) Indications erratiques de l'instrument

Ce type de comportement peut avoir l'une des causes suivantes :

- Défaut électronique

Peut concerner aussi bien le capteur que l'électronique associée.

Si l'on dispose d'un générateur de fréquence indépendant, il est possible de l'utiliser pour vérifier le bon fonctionnement du calculateur de débit / convertisseur de signal.

Si le défaut concerne l'amplificateur du capteur, il est possible de le remplacer sans dégradation des performances.

- **Cylindre vibrant**

Lorsque la circulation de l'échantillon de gaz est coupée en fermant la vanne d'admission, le signal de période doit baisser légèrement d'amplitude jusqu'à une valeur stable ; en cas de fuite, il continuera à diminuer lentement. Dans le cas où les indications de l'instrument resteraient erratiques, il est probable que des dépôts se sont accumulés sur le cylindre vibrant qu'il convient de démonter, de nettoyer et de réinstaller.
- **Vanne de régulation de la pression**

Si le signal erratique n'est présent que lorsque l'échantillon de gaz circule dans l'unité, le défaut est vraisemblablement dû à une défaillance de la vanne de régulation de pression liée à l'accumulation de saleté. Dans ce cas, il convient de démonter le diaphragme (et donc le mécanisme de la vanne), de le nettoyer et de le réinstaller. Il convient également de remplacer les joints abîmés ou les pièces endommagées. Il se peut également que la pression du gaz tombe sous le niveau des conditions d'admission nominales.
- **Défauts du capteur**

Ces défauts peuvent être détectés à l'aide de quelques tests simples :

  - **Ensemble de bobines** : l'ensemble d'excitation et de sondage magnétique (bobinage) peut être contrôlé visuellement, tout comme il est possible de contrôler sa continuité électrique en mesurant la résistance de la bobine excitatrice et de la bobine de sondage. La résistance de chaque bobine doit être de  $(72 \pm 10) \Omega$  à 20 °C.
  - **Amplificateur de capteur** : s'il est impossible de déterminer l'origine du problème par l'examen minutieux du capteur et de l'ensemble de bobines, il convient alors de remplacer l'amplificateur. Il sera ainsi possible de savoir si le problème est lié à l'amplificateur.

*Remarque : La consommation de courant de l'amplificateur est un bon indicateur de son état de santé. Pour contrôler l'amplificateur, il est également possible de faire varier la tension d'alimentation sur sa plage de fonctionnement pour vérifier que la période ne change pas.*

### 5.4 Entretien

Il est recommandé de contrôler régulièrement la présence de liquide et/ou de souillures dans le filtre coalescent. La fréquence des contrôles dépend de la condition de l'échantillon de gaz.

Il convient également de contrôler le degré de souillure des filtres contre les matières en suspension installés dans le modèle 3098 et de les remplacer lorsqu'ils sont encrassés.

Aucune autre forme d'entretien courant n'est normalement nécessaire en dehors des contrôles d'étalonnage programmés et du remplacement des filtres.

Lorsqu'un défaut est suspecté, le transducteur de densité modèle 3098 peut se démonter facilement pour exposer la partie à inspecter. Une procédure de démontage complet jusqu'au niveau des principaux composants est décrite ci-après.

1. Dépose du transducteur principal (transducteur de densité modèle 3098) : dépose de l'unité complète de son support de fixation pour permettre de procéder à toutes les autres opérations d'entretien.
2. Dépose du capteur de masse volumique : dépose du capteur dans un environnement propre pour procéder à son désassemblage ultérieur.
3. Dépose de la chambre de référence : (effectuée après l'étape 1).

### Remarques générales

- Les joints, les joints toriques et le diaphragme doivent tous être légèrement enduits de graisse de silicone MS4 avant remontage. Les filets des raccords de gaz doivent être scellés à l'aide d'un ruban de PTFE ou de Loctite 572.
- Il faut appliquer du Loctite 221 sur toutes les vis lors du réassemblage.
- Il est recommandé de remplacer les joints par des neufs lors du réassemblage.
- Il est impératif de procéder à un essai d'étanchéité (procédure 5.2.7) à l'issue du réassemblage.



**Il est impératif d'isoler le transducteur de densité modèle 3098 de l'alimentation en gaz et de l'alimentation électrique avant d'intervenir dessus.**

#### 5.4.1 Dépose du transducteur principal (transducteur de densité modèle 3098) (Figure 5-1)

Les instructions contenues dans cette section concernent uniquement les transducteurs de densité modèle 3098 fournis avec une enceinte (voir la section Consignes de sécurité, page 1). Dans tous les autres cas, veuillez vous référer à l'installateur du système.

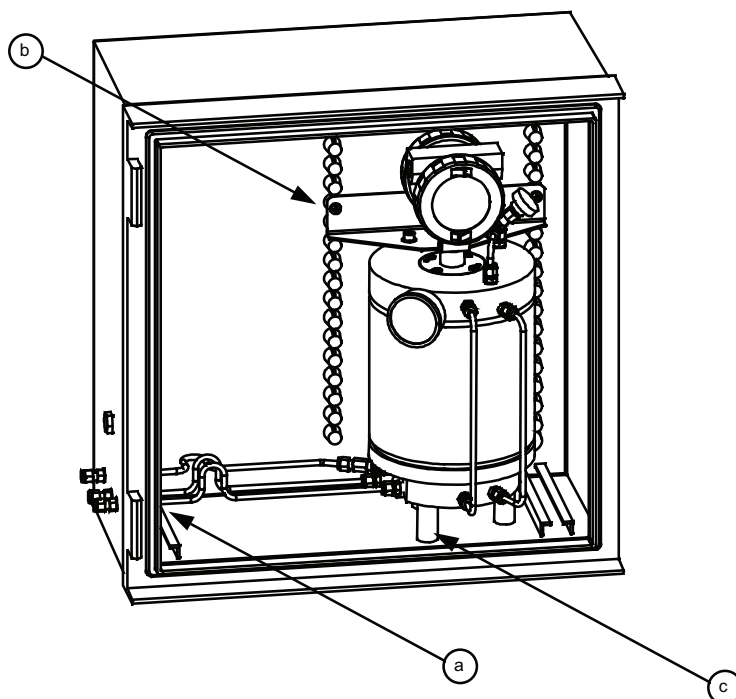
1. S'assurer que le transducteur de densité modèle 3098 a été isolé de l'alimentation en gaz et de l'alimentation électrique. Mettre l'instrument à la pression atmosphérique. La chambre de référence peut rester chargée en gaz, sauf si l'intervention porte sur le diaphragme de la chambre de référence.



**Pour certains gaz, comme le méthane, il est impératif de mettre la chambre de référence à la pression atmosphérique lorsque le transducteur de densité modèle 3098 doit être mis hors ligne.**

2. Déconnecter le transducteur de densité modèle 3098 de la tuyauterie du système sur le côté de l'enceinte après avoir mis la chambre de référence à l'air libre (le cas échéant). Obturer tous les raccords de gaz exposés.
3. Le transducteur de densité modèle 3098 peut être déposé alors qu'il se trouve encore dans l'enceinte, ou peut en être séparé à ce stade en laissant l'enceinte sur place. Dans ce cas, passer directement à l'étape 5.
4. Il est maintenant possible de démonter l'enceinte de son support en dévissant les quatre pieds de fixation.
5. Le désassemblage de l'instrument peut continuer une fois le câble électrique débranché du capteur et démonté du presse-étoupe. La structure métallique du transducteur de densité modèle 3098 peut être démontée de l'enceinte comme décrit aux étapes 6 à 8, puis transférée dans une zone propre en vue de continuer l'entretien.
6. Déposer la porte de l'enceinte en extrayant les deux clavettes d'arrêt. Desserrer les trois raccords Swagelok servant à raccorder les conduites de gaz à l'unité au niveau de la paroi de l'enceinte (élément a). Ensuite, ôter les deux vis à croisillon servant à maintenir le support de fixation de l'unité à l'arrière de l'enceinte (élément b).
7. Desserrer et retirer les trois boulons servant à maintenir les pieds de l'unité à la base de l'enceinte (élément c).
8. Retirer prudemment l'unité de l'enceinte en la déplaçant vers la droite pour dégager les tuyaux de leurs raccords. Transférer la structure métallique dans une zone propre.
9. Appliquer cette procédure dans l'ordre inverse pour installer le transducteur de densité modèle 3098. Il est impératif de soumettre tous les raccords de tuyauterie de gaz à des essais d'étanchéité.

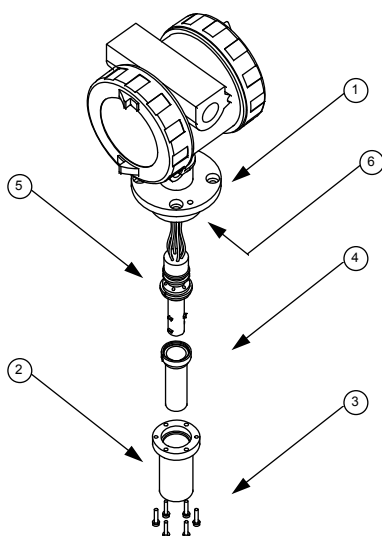
Figure 5-1 Schéma d'assemblage général du transducteur de densité modèle 3098 (enceinte type)



#### 5.4.2 Dépose du capteur de masse volumique (Figure 5-2)

1. Une fois le transducteur de densité modèle 3098 déconnecté et démonté de son enceinte, il est possible de démonter le capteur de masse volumique de la plaque supérieure en retirant les quatre boulons M6 qui le maintiennent en place.

Figure 5-2 Vue éclatée du capteur de masse volumique



2. Utiliser deux des boulons M6 retirés pour lever le capteur de son boîtier à l'aide des deux trous taraudés formés dans le boîtier de montage (élément 6). **AVERTISSEMENT ! Ne pas essayer d'extraire l'unité en faisant levier, au risque d'endommager le joint torique d'étanchéité et/ou le cylindre vibrant sinon.**

Il convient de recouvrir l'ouverture laissée dans le transducteur de densité modèle 3098 après ce démontage pour éviter tout risque de pénétration de saleté ou de poussière dans la chambre. Il est désormais possible de transférer le capteur dans un environnement propre pour continuer l'entretien.

Pour réinstaller le capteur de masse volumique, il suffit de le repositionner sur la plaque supérieure et de l'abaisser jusqu'à ce qu'il repose sur le joint torique d'étanchéité. **IMPORTANT ! Ne jamais appuyer sur le capteur pour le positionner de force.**

Serrer les quatre boutons l'un après l'autre pour mettre progressivement le capteur en place. Les boulons servant à maintenir le capteur de masse volumique en place doivent être serrés au maximum à 10 Nm et enduits d'un adhésif frein-filet de type Loctite, par exemple.

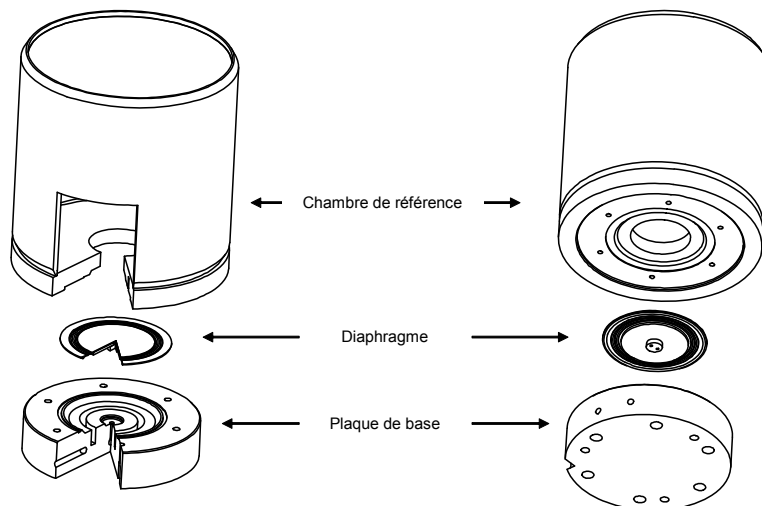
Pour déposer le boîtier d'amplificateur du capteur, il suffit de desserrer l'attache qui le maintient au corps du capteur (boîtier de montage) et de déconnecter les câbles internes de raccordement au bobinage. On trouvera une description plus détaillée de l'électronique interne au boîtier au chapitre 3.

### 5.4.3 Dépose du diaphragme de la chambre de référence (Figure 5-3)

Le diaphragme qui régule la pression de l'échantillon de gaz sur celle de la chambre de référence est maintenu entre l'ensemble soudé et la plaque de base. La procédure qui suit montre comment accéder à cette pièce et procéder à son entretien.

La figure ci-dessous montre deux vues sur lesquelles la plaque supérieure et la tuyauterie ne sont pas représentées dans un souci de clarté.

Figure 5-3 Vue en coupe du diaphragme de la chambre de référence



1. Comme le diaphragme forme un joint étanche au gaz pour la chambre de référence, il est impératif de mettre la chambre de référence à la pression atmosphérique avant d'intervenir sur cette pièce.
2. Oter les trois pieds de l'unité et poser la structure métallique en position verticale après avoir sorti le transducteur de densité modèle 3098 de son enceinte (voir la section 5.4.1).

3. A l'aide d'une clé de 9/16", déconnecter et déposer les deux conduites de gaz qui sont raccordés à la plaque de base et à la plaque supérieure.
4. Poser précautionneusement le transducteur de densité modèle 3098 sur le côté et retirer les six boulons M6 servant à fixer la plaque de base à la chambre de référence.

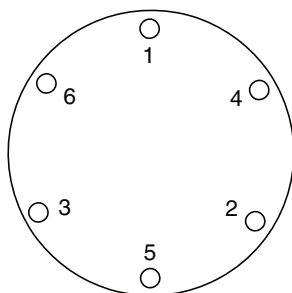
*Remarque : Veiller à ne pas déformer ou endommager les trois canalisations de gaz provenant de la plaque de base.*

5. Le diaphragme est visible dès que la plaque de base a été déposée.
6. Comme le diaphragme est constitué d'une pièce moulée d'un seul bloc, la seule intervention possible consiste à remplacer le joint torique d'étanchéité ou à remplacer le diaphragme lui-même.

#### 5.4.4 Procédure de réassemblage

1. Inverser la position du transducteur de densité modèle 3098 de façon à ce que l'épaulement intérieur du diaphragme soit dirigé vers le haut.
2. Positionner le diaphragme dans l'épaulement intérieur formé dans l'ensemble soudé – pas dans la plaque de base.
3. Remettre soigneusement en place la plaque de base sur le diaphragme en veillant à ne pas décentrer le diaphragme dans l'épaulement intérieur et en s'assurant que les raccords sont alignés pour les deux canalisations de base entre la plaque de base et la plaque supérieure.
4. Placer les boulons dans leurs trous à fond plat et les serrer dans l'ordre croissant comme indiqué dans le schéma ci-dessous :

Figure 5-4 Ordre de serrage des boulons dans les trous à fond plat



5. Remettre les deux canalisations de gaz et le capteur de masse volumique en place (le cas échéant), puis procéder à un essai d'étanchéité sur tous les joints, comme décrit à la section 5.4.7.
6. Le transducteur de densité modèle 3098 peut maintenant être remis en place dans l'enceinte principale en inversant la procédure décrite à la section Dépose du transducteur principal (transducteur de densité modèle 3098) (Figure 5-1).

#### 5.4.5 Procédure de remplacement du filtre du transducteur de densité modèle 3098

1. Déposer l'unité et la sortir de l'enceinte comme décrit à la section 5.4.1.
2. Placer l'unité sur le côté et desserrer les raccords de fixation de la conduite d'interconnexion de gaz d'entrée.

## Entretien et dépannage

3. Une fois cette conduite déposée, desserrer et retirer le support de fixation du filtre vissé dans la plaque de base de l'unité.
4. Comme il est impossible de démonter l'élément filtrant de son boîtier, il faut remplacer l'ensemble du support de fixation.
5. Le nouveau filtre doit être inséré dans la plaque de base en utilisant un ruban de PTFE pour assurer un joint étanche au gaz. Veiller à ce qu'aucun élément ne se détache du ruban de PTFE pour pénétrer dans l'instrument.
6. La procédure de réassemblage consiste à inverser les étapes 2 et 1 ci-dessus.

*Remarque : Une fois l'unité remise en place dans son enceinte, il est impératif de procéder à un essai d'étanchéité avant de la remettre en ligne.*

### 5.4.6 Entretien supplémentaire du capteur de masse volumique (Figure 5-5)

Une fois le capteur de masse volumique démonté de la structure métallique du transducteur de densité modèle 3098 et le boîtier électronique déposé, d'autres interventions peuvent être conduites sur l'unité en procédant comme décrit ci-après.



**La paroi du cylindre est fragile. Procéder avec beaucoup de précautions lors du démontage, de la manipulation et de la réinstallation du cylindre et de son logement. Tenir uniquement l'ensemble par la partie de fixation.**

1. En se reportant à la Figure 5-2, retirer les six vis (élément 3) servant à fixer le logement du cylindre (élément 2) au boîtier de montage (élément 1).
2. En agissant avec précaution, dégager le logement du cylindre dans le sens axial pour pouvoir accéder à l'ensemble cylindre/bobinage.
3. Dégager prudemment le cylindre (élément 4) et le nettoyer en l'essuyant légèrement avec un chiffon non pelucheux imbibé d'un solvant adéquat.
4. Agir à nouveau avec une précaution extrême pour dégager le bobinage (élément 5). Nettoyer le bobinage et rechercher les traces de corrosion.

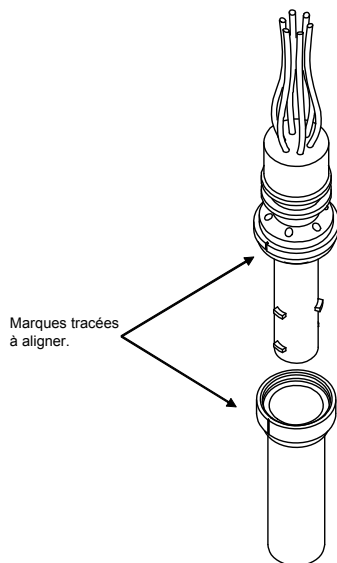
En l'absence de traces de corrosion ou d'autres dommages sur les différentes pièces, l'instrument peut être réassemblé en procédant dans l'ordre inverse. Au cours du réassemblage du capteur, veiller à orienter correctement la combinaison cylindre/bobinage (voir Figure 5-5).

Réinstaller le capteur dans le transducteur de densité modèle 3098 en suivant la procédure ci-dessus dans l'ordre inverse et en veillant à bien aligner les marques tracées comme illustré à la Figure 5-5.

*Remarque : Il est recommandé de remplacer les joints toriques par des neufs lors du réassemblage et de les enduire légèrement de graisse de silicone.*



Figure 5-5 Alignement bobinage/cylindre



#### 5.4.7 Essais d'étanchéité du transducteur de densité modèle 3098

Les fuites découlant d'interventions d'entretien peuvent être réparties en deux catégories principales :

- Fuites de la chambre de référence
  - a. Charger la chambre de référence à 6,5 bar G en utilisant n'importe quel gaz sec épuré.
  - b. Faire circuler un gaz de densité constante (azote, par exemple) dans l'instrument, puis enregistrer la période une fois stabilisée.
  - c. Répéter l'opération deux fois par jour pendant trois ou quatre jours en s'assurant qu'il n'y a pas de variations de température importantes à chaque relevé. Une réduction progressive de la période indique la présence d'une fuite.

*Remarque : Il est possible de procéder à d'autres essais pour définir la nature de la fuite. Les procédures correspondantes sont décrites à la section 5.3.*

- Fuites du circuit de gaz dans l'atmosphère
  - a. Faire circuler n'importe quel gaz sec épuré à une pression de 6,5 bar G dans le transducteur.
  - b. Appliquer une solution savonneuse sur tous les surfaces concernées de l'unité et observer s'il y a formation de bulles.
  - c. Etanchéiser selon les besoins et, à l'issue d'un essai d'étanchéité satisfaisant, mettre le transducteur à l'air libre.

#### 5.4.8 Essais après entretien

Il est recommandé de procéder à un contrôle de mesure de masse volumique sur l'air ambiant pour vérifier que le cylindre vibrant fonctionne correctement. Une procédure d'étalonnage complète suivie par un contrôle d'étalonnage, de préférence à l'aide de deux gaz d'étalonnage appropriés, comme décrit plus haut, sont indispensables pour homologuer le système. Ce contrôle tient lieu d'essai d'étanchéité lorsqu'il est conduit sur un intervalle de temps donné.

## Entretien et dépannage

### 5.4.9 Exemple pratique de certificat d'étalonnage

Cet exemple est basé sur les critères suivants :

---

Densité	0,5–0,7
Pression de gaz de service	15 bar
Pression de la chambre de référence	7 bar G
Gaz d'étalonnage CH <sub>4</sub> et N <sub>2</sub>	Valeurs de densité 0,5549 et 0,96715

---

On fait circuler les gaz d'étalonnage à l'état pur dans le transducteur et on mesure la durée de leurs périodes respectives. Ces informations sont utilisées ensuite pour dériver les coefficients.

# Chapitre 6

## Spécifications

### 6.1 Spécifications du transducteur de densité modèle 3098

*Remarque : Certaines parties de ces spécifications (repérées par \*) ne peuvent être garanties pour les transducteurs de densité modèle 3098 fournis sans enceinte certifiée IP (voir la section Consignes de sécurité, page 1).*

#### 6.1.1 Caractéristiques métrologiques

**Tableau 6-1 Spécifications métrologiques**

Spécification	Désignation
Plage de densité	0,1–3 (typique)
Gaz mesuré	Gaz sec, épuré et non corrosif
Incertitude <sup>(1)</sup>	Jusqu'à $\pm 0,1$ % de la lecture*
Répétabilité <sup>(1)</sup>	$\pm 0,02$ % de la lecture*
Coefficient de température	$\pm 0,01$ % / °C ( $\pm 0,005$ % / °F)*
Plage de température	– 30 °C à +50 °C (– 22 °F à +122 °F), ou limitée par le point de rosée du gaz
Pression d'utilisation à 20 °C	1,2 à 7 bar abs. (17 à 101 psia)
Pression d'alimentation	Maximale : pression d'utilisation + 15 % Maximale : pression d'utilisation + 100 % jusqu'à un maximum de 12 bar abs.
Débit sur gaz	0,2 à 60 Ncm <sup>3</sup> /s (0.012 à 3.66 in <sup>3</sup> /s)
Temps de réponse	Moins de 5 s à l'admission dans l'enceinte à un débit de 60 Ncm <sup>3</sup> /s (3.66 in <sup>3</sup> /s)
Signal de sortie	6 V crête à crête nominal pour un système à 3 fils 2 à 3 V crête à crête nominal aux bornes d'une résistance de 330 $\Omega$ pour un système à 2 fils
Plage de fréquences de fonctionnement	(1 960 $\pm 10$ %) Hz à 0 kg/m <sup>3</sup> (1 580 $\pm 10$ %) Hz à 60 kg/m <sup>3</sup>
Filtre intégré	7 $\mu$ m
Étalonnage	Par échantillon de gaz de densité connue

*(1) Ces valeurs ne sont valables que pour la mesure d'un gaz naturel typique à une pression de référence d'environ 6 bar. Deux gaz de densité connue sont requis pour l'étalonnage (en principe de l'azote et du méthane). Dans la pratique, l'incertitude réelle dépend du soin avec lequel l'étalonnage sur site est effectué. Une incertitude de 0,1 % de la lecture peut aisément être atteinte.*

## Spécifications

### 6.1.2 Caractéristiques électriques

Tableau 6-2 Spécifications électriques

Spécification	Désignation
Alimentation	+ 15,5 à 33 Vcc, 20 mA max.
Compatibilité électromagnétique	Certifié : <ul style="list-style-type: none"><li>• CEI 61326-1:2006, CEI 61326-2-3:2006</li><li>• Directive 2004/108/EC sur la compatibilité électromagnétique</li></ul>

### 6.1.3 Caractéristiques mécaniques

Tableau 6-3 Spécifications mécaniques<sup>(1)</sup>

Spécification	Désignation
Raccordement au gaz	Raccords à compression Swagelock pour conduite de 6,35 mm (1/4") de diamètre extérieur
Caractéristique nominale de l'enceinte	Le transducteur est certifié IP65 lorsqu'il est monté dans l'enceinte
Dimensions de l'enceinte	Voir les schémas à la section 2.7
Poids de l'enceinte	
• Petite enceinte (3098E*** et 3098H***)	20 kg (44 lb) (environ)
• Grande enceinte (3098G*** et 3098K***)	31 kg (68 lb) (environ)
Matériaux	Le gaz de procédé doit être compatible avec le Ni-Span C902, l'acier inoxydable AISI 316, le Stycast Catalyst 11 et l'alliage d'aluminium de qualité 6082

(1) Valables uniquement pour les transducteurs fournis avec une enceinte certifiée IP (voir la section Consignes de sécurité, page 1).

### 6.1.4 Sécurité

Pour les installations ATEX/IECEX, se reporter à la brochure « ATEX/IECEX Safety Instructions » et à la brochure « PED Safety Instructions » (disponibles sur [www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)).

Pour les installations CSA, voir l'Annexe D.

# Annexe A

## Optimisation des performances

### A.1 Introduction

Le transducteur de densité modèle 3098 utilise un capteur de masse volumique à cylindre vibrant qui est situé dans un système de régulation de pression. Le montage est tel que le signal de sortie de masse volumique peut être associé directement à la densité ou à la densité relative du gaz.

Les principes de fonctionnement du transducteur impliquent le chargement d'une chambre de référence à une pression définie, puis l'étalonnage du signal de sortie à l'aide d'échantillons de gaz de densité relative connue. Une série de procédures doivent être appliquées avec soin pour réduire l'impact des erreurs systématiques inhérentes au capteur de masse volumique et pallier le comportement non idéal des gaz. Les procédures décrites dans ce document devraient servir de base au développement de procédures utilisateur plus spécifiques clairement définies. Il convient également de se reporter à la description détaillée de la procédure d'étalonnage donnée à la section 2.6.

#### A.1.1 Capteur de masse volumique

Le capteur de masse volumique à cylindre vibrant est capable de mesurer la masse volumique des gaz avec une très grande précision. Ses deux principales sources d'erreurs potentielles sont le coefficient de température et l'influence de la composition du gaz en raison de l'impact de la vitesse de propagation du son dans le gaz.

L'effet du coefficient de température du capteur est lié directement à la masse volumique de service, et donc à la pression de service. Si la pression de service est doublée, l'effet est divisé par deux.

L'influence de la composition du gaz est liée en grande partie à la densité relative du gaz, et non à ses conditions de service. C'est pourquoi la procédure d'étalonnage permet de pallier en grande partie cet effet. Néanmoins, pour obtenir un résultat optimal, il est préférable que les gaz d'étalonnage soient de même type que les gaz mesurés.

### A.1.2 Comportement non idéal des gaz

Comme la mesure de la masse volumique aux conditions de service est liée non seulement à la densité relative du gaz mais aussi à ses facteurs de compressibilité, ce comportement affectera le fonctionnement du système de mesure dans son ensemble. Les conséquences de ces caractéristiques sont les suivantes :

- Toute variation de la température de service entraîne une variation de la valeur du facteur de compressibilité, qui doit donc être considéré comme un coefficient de température de l'instrument. Cependant, si la chambre de référence contient un gaz similaire, les variations du facteur (la compressibilité)  $Z$  s'annulent mutuellement et aucun effet résultant ne se matérialise. C'est pour cette raison qu'il est important que le gaz de la chambre de référence soit identique au gaz à mesurer, notamment lorsqu'un bas coefficient de température est requis. L'utilisation d'une basse pression de chambre de référence devrait aussi permettre de limiter cet effet.
- Toute différence de facteur de compressibilité entre les gaz d'étalonnage et le gaz à mesurer sera considérée comme un décalage de mesure. C'est pourquoi il est essentiel que les gaz d'étalonnage représentent au plus près les principaux composants du gaz à mesurer ou que la procédure d'étalonnage tienne compte de ces décalages éventuels. Comme les facteurs de compressibilité sont liés à la pression de service, il s'ensuit que ce décalage est minimisé à des basses pressions de la chambre de référence.

### A.1.3 Sélection de la pression de la chambre de référence

La pression de la chambre de référence doit toujours être supérieure à la pression de décharge pour assurer la circulation de l'échantillon de gaz. En cas de décharge à la pression atmosphérique, cela signifie que la pression de la chambre de référence doit être supérieure à 1,2 bar absolu et inférieure à la pression maximale de 7 bar abs. Il convient de sélectionner la pression effective de sorte à minimiser les erreurs de mesure dues aux variations de température et à la méthode d'étalonnage.

Pour résumer :

- Utiliser une pression élevée pour minimiser le coefficient de température du capteur de masse volumique.
- Utiliser une pression réduite pour minimiser les variations de  $Z$  avec la température.
- Utiliser une pression réduite pour minimiser l'effet de  $Z$  sur l'étalonnage.
- Utiliser une pression élevée pour minimiser les erreurs dans l'électronique de lecture.

*Remarque : Lorsque l'échantillon de gaz circule à travers l'instrument, la pression de la chambre de référence est indiquée sur un manomètre à aiguille intégré dans l'enceinte. La pression indiquée est en bar G tandis que les pressions mentionnées dans ce texte sont en bar A.*

### A.1.4 Sélection des gaz d'étalonnage

La précision de mesure du transducteur de densité ne peut être supérieure à celle déterminée par la qualité des gaz d'étalonnage. En outre, les caractéristiques des gaz d'étalonnage doivent être les plus proches possible de celles des gaz à mesurer, notamment pour ce qui concerne leurs caractéristiques de compressibilité.

Par exemple, l'utilisation de méthane certifié pur comme l'un des gaz d'étalonnage et d'un mélange gazeux certifié typique comme l'autre gaz d'étalonnage devrait donner de bons résultats. Cependant, comme il est difficile d'obtenir un mélange gazeux certifié, et étant donné aussi que certains mélanges gazeux ont tendance à se stratifier dans leur récipient et donc de donner une qualité peu fiable, il est souvent préférable d'utiliser deux gaz purs comme du méthane certifié et de l'azote certifié. Dans ce cas, il peut être nécessaire de modifier la procédure d'étalonnage pour tenir compte des caractéristiques non idéales des gaz à mesurer.

### A.2 Méthodes d'étalonnage recommandées

Les descriptions qui précèdent suggèrent que l'on a le choix entre plusieurs procédures d'étalonnage. Si elles diffèrent dans leurs détails selon les conditions de services, les types de gaz à mesurer et les gaz d'étalonnage disponibles, toutes les méthodes d'étalonnage peuvent néanmoins être divisées en trois étapes générales décrites ci-après.

#### A.2.1 Méthode d'étalonnage générale

##### Sélection du gaz de la chambre de référence

Dans l'idéal, ce gaz doit être similaire au gaz à mesurer pour ce qui concerne les caractéristiques de compressibilité (il est courant d'utiliser la gaz à mesurer dans la chambre de référence) afin de minimiser le coefficient de température de l'instrument.

##### Sélection de la pression de la chambre de référence

Il convient de définir cette pression sur une valeur qui minimise non seulement le coefficient de température, mais aussi les erreurs d'étalonnage éventuelles liées à l'utilisation de gaz d'étalonnage non représentatifs.

##### Gaz d'étalonnage et gaz à mesurer

Après avoir chargé la chambre de référence à la pression de chambre sélectionnée, il convient d'ajuster les coefficients d'étalonnage de façon à minimiser les erreurs lors de l'utilisation des gaz à mesurer. Ces ajustements d'étalonnage peuvent être calculés sur la base de la connaissance des facteurs de compressibilité des gaz d'étalonnage et du gaz à mesurer, ou en établissant les compensations nécessaires sur la base de l'expérience de mesurage. La section A.2.2 décrit dans le détail les procédures qui peuvent être adaptées aux différentes méthodes d'étalonnage spécifiques impliquant des mélanges gazeux, et met en avant les problèmes particuliers associés.

#### A.2.2 Méthode d'étalonnage spécifique

Exemple pour un gaz naturel en utilisant du méthane et de l'azote comme gaz d'étalonnage.

##### Sélection du gaz de la chambre de référence

Dans l'idéal, ce gaz doit être similaire au gaz à mesurer pour ce qui concerne les caractéristiques de compressibilité (il est courant d'utiliser la gaz à mesurer dans la chambre de référence) afin de minimiser le coefficient de température de l'instrument.

##### Sélection de la pression de la chambre de référence

La pression de la chambre de référence est sélectionnée comme suit :

- pour minimiser le coefficient de température (voir la section 4.1.3) ;
- pour minimiser l'effet de compressibilité entre les gaz d'étalonnage et le gaz à mesurer.

##### Etalonnage

En dehors de caractéristiques de coefficient de température, les principales sources d'erreurs potentielles sont :

- l'effet de la vitesse de propagation du son (VOS) dans le gaz ;
- le facteur de compressibilité (Z) du gaz.

## Optimisation des performances

### Effet de la vitesse du son

L'effet de la vitesse du son sur le capteur est telle que :

$$\mathbf{A1} \quad \rho = \rho_i \left( 1 - \frac{K_3}{(c\tau)^2} \right)$$

où  $\rho$  = Masse volumique aux conditions d'écoulement

$\rho_i$  = Masse volumique indiquée en supposant une VOS finie

$K_3$  = Coefficient de VOS, en principe  $4,41 \times 10^3$

$\tau$  = Durée de la période du capteur, en principe  $515 \mu\text{s}$

$c$  = Vitesse de propagation du son dans le gaz en mètres par seconde

La vitesse de propagation du son dans un gaz peut être déterminée comme suit :

$$\mathbf{A2} \quad c = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}}$$

où  $\gamma$  = Ratio des chaleurs spécifiques

$P$  = Pression de service en bar

$\rho$  = Masse volumique aux conditions d'écoulement

Pour un gaz idéal à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , l'équation A2 peut être simplifiée comme suit :

$$\mathbf{A3} \quad c = 1562 \sqrt{\frac{\gamma}{M}}$$

où  $M$  = Masse molaire du gaz

Donc, en remplaçant dans l'équation A1 et en simplifiant :

$$\mathbf{A4} \quad \rho = \rho_i \left( 1 - \frac{M}{\gamma} 6,95 \times 10^{-4} \right)$$

où  $\left( 1 - \frac{M}{\gamma} 6,95 \times 10^{-4} \right)$  peut être désigné comme le facteur de vitesse du son,  $V_F$ .

Par exemple  $\rho = \rho_i V_F$



Il s'ensuit que le facteur *VOS* est en grande partie lié à la masse molaire ou à la masse volumique normale, l'autre influence majeure étant due aux différences sans relation dans les ratios de chaleurs spécifiques. A partir de l'équation A1, il est possible de calculer et de mettre en tableau les facteurs *VOS* ( $V_F$ ) pour les gaz d'étalonnage et le gaz à mesurer, comme illustré sous forme d'exemple dans le Tableau A-2.

### Facteur de compressibilité

La masse volumique normale ( $\rho_s$ ) est donnée par l'équation :

$$\text{A5} \quad \rho_s = \rho \times \frac{P_s}{P} \times \frac{t}{t_s} \times \frac{Z}{Z_s}$$

où  $P_s, t_s, Z_s$  = Valeurs de pression, température et compressibilité aux conditions standard

$\rho, P, t, Z$  = Valeurs de masse volumique, de pression, de température et de compressibilité aux conditions de mesure

Les principes de fonctionnement de base de l'instrument permettent de considérer le rapport pression/température comme constant, l'équation A5 se réduisant alors comme suit :

$$\text{A6} \quad \rho_s = \rho K \frac{Z}{Z_s}$$

$$\rho_s = \rho K Z_F$$

où  $K$  = Constante d'étalonnage

$Z_F$  = Facteur de compressibilité

La facteur  $Z$  associé à des gaz ou des mélanges gazeux peut être obtenu à partir de sources de référence ou dérivé comme suit :

Pour l'azote à 20 °C :

$$\text{A7} \quad Z = 1,0 - P(2,38 \times 10^{-4})$$

où  $P$  = Pression de gaz en bar A

## Optimisation des performances

Pour un mélange gazeux à base de méthane à 20 °C :

$$\mathbf{A8} \quad Z = 1,0 + P[1,7 \times 10^{-4} + 6 \times 10^{-5}(M) - 1,13 \times 10^{-5}(M^2) + 7,2 \times 10^{-3}(I)]$$

où  $P$  = Pression de gaz en bar A

$M$  = Masse molaire moyenne du gaz

$I$  = Fraction volumique/molaire de gaz inertes (par ex. :  $N_2$  et  $CO_2$ )

Il est recommandé de calculer les facteurs  $Z$  des gaz d'étalonnage et des gaz à mesurer à la fois aux conditions de base et de mesure pour établir le facteur de compressibilité  $V_F$ , puis de les mettre en tableau comme illustré sous forme d'exemple dans le Tableau A-2.

### Combinaison de $V_F$ et $Z_F$

La combinaison des équations A4 et A6 donne :

$$\mathbf{A9} \quad \rho_s = K \rho_i V_F Z_F$$

Il est également recommandé de mettre en tableau la combinaison de  $V_F$  et  $Z_F$  comme illustré dans le Tableau A-2. Le facteur combiné  $E_F$  peut ensuite être utilisé pour déterminer les erreurs de mesure anticipées sur les gaz à mesurer en cas d'utilisation des deux gaz d'étalonnage sélectionnés. En outre, les résultats mis sous forme tabulaires peuvent être représentés graphiquement pour montrer les tendances dans les erreurs et déterminer le gaz d'étalonnage le mieux adapté et/ou la compensation d'étalonnage requise pour minimiser l'erreur de mesure sur les gaz concernés (voir Figure A-1).

Le Tableau A-1 est inclus pour identifier les variables utilisées dans les équations A10 et A11.

### Calculs de facteurs totaux

Facteurs totaux en cas d'utilisation des gaz d'étalonnage comme référence :

$$\mathbf{A10} \quad E_{1a} = 1 - \frac{X(1-x)}{A} - \frac{(A-X)[Y(1-y) - X(1-x)]}{A(Y-X)}$$

$E_{1B}$  = Comme dans l'équation A10 mais en remplaçant A par B

$E_{1C}$  = Comme dans l'équation A10 mais en remplaçant A par C

Facteurs totaux en cas d'utilisation de méthane et du gaz à mesurer  $C$  comme référence :

**A11**

$$E_{2y} = 1 - \frac{X(1-x)}{Y} - \frac{(Y-X)[C(1-c) - X(1-x)]}{Y(C-X)}$$

$E_{2a}$  = Comme dans l'équation A11 mais en remplaçant  $Y$  par  $A$

$E_{2b}$  = Comme dans l'équation A11 mais en remplaçant  $Y$  par  $B$

*Remarque : Si le gaz à mesurer  $B$  est utilisé comme gaz d'étalonnage, il convient de remplacer  $C$  par  $B$  et  $c$  par  $b$  dans l'équation A11.*

### Légende pour le tableau A1

Colonne	Description du contenu des colonnes
1	Type de gaz et utilisation/fonction – étalonnage ou mesure, par exemple
2	$M$ Masse molaire du gaz
3	$\gamma$ Ratio de chaleurs spécifiques
4	$Z$ Facteur de compressibilité aux conditions de base
5	$\rho_s^{vraie}$ Masse volumique du gaz aux conditions de base
6	$V_F$ Facteur de vitesse du son
7	$Z$ Facteur de compressibilité à la pression de la chambre de référence
8	$Z_F$ Facteur de correction de compressibilité
9	$E_F$ Facteur total
10	$\Delta_F\%$ La valeur
11	$E_1$ Facteur total calculé en utilisant les gaz d'étalonnage comme référence
12	$\Delta_1\%$ Valeur correspondant à l'erreur anticipée résultant d'un étalonnage simple au méthane/azote. En général, ces erreurs sont liées essentiellement aux facteurs de compressibilité et sont donc réduites proportionnellement à la pression de la chambre de référence.
13	$E_2$ Facteur total calculé en utilisant le méthane et le gaz à mesurer comme référence
14	$\Delta_2\%$ Valeur correspondant à l'erreur anticipée résultant d'un étalonnage au méthane/gaz à mesurer. Cela équivaut directement à un étalonnage au méthane/azote où la masse volumique de base de l'azote $Y'$ est utilisée à la place de la masse volumique de base réelle – quand, par exemple, une compensation a été ajoutée. Là encore, les erreurs peuvent normalement être réduites en réduisant la pression de la chambre de référence.
15	$\rho_s^{ind.}$ Valeurs anticipées pour obtenir zéro erreur pour le méthane et le gaz à mesurer $C$ .

### Résumé

Cette annexe décrit les principales erreurs systématiques des transducteurs de densité modèle 3098 et les méthodes permettant de minimiser leurs effets par la sélection de la pression de chambre de référence et de la procédure d'étalonnage les mieux adaptées. Le choix de gaz d'étalonnage réellement représentatifs ou de gaz purs tels que le méthane et l'azote pour procéder à l'étalonnage dépendra, dans une certaine mesure, de la disponibilité de chacun de ces gaz. En cas d'utilisation de gaz purs pour l'étalonnage, la méthode et l'exemple montrent clairement comme il est possible d'améliorer la précision de mesure en utilisant des valeurs modifiées de la masse volumique en conditions de base pour les gaz d'étalonnage. Ces valeurs modifiées sont telles qu'indiquées dans le Tableau A-1, colonne 15 et les erreurs résultantes sont présentées à la colonne 14.

## Optimisation des performances

Une méthode alternative pour dériver les valeurs modifiées de la masse volumique de base a été incluse dans les calculs associés au Tableau A-2. Si ses résultats se comparent avantageusement aux résultats mis en tableau à la colonne 15, ils ne sont pas aussi informatifs en termes d'identification des erreurs que le Tableau A-2.

Tableau A-1

		Aux conditions de température et de pression du gaz à mesurer												
		Aux conditions de base												
1 Type de gaz	2 Masse molaire M <sup>(1)</sup>	3 γ aux conditions de mesure <sup>(2)</sup>	4 Z <sub>s</sub> <sup>(3)</sup>	5 ρ <sub>s</sub> vraie <sup>(4)</sup>	6 V <sub>F</sub> <sup>(5)</sup>	7 Z <sub>F</sub> <sup>(6)</sup>	8 Z <sub>F</sub> <sup>(7)</sup>	9 E <sub>F</sub> <sup>(8)</sup>	10 Δ <sub>F</sub> % <sup>(9)</sup>	11 E <sub>1</sub> <sup>(10)</sup>	12 Δ <sub>1</sub> % <sup>(11)</sup>	13 E <sub>2</sub> <sup>(12)</sup>	14 Δ <sub>2</sub> % <sup>(13)</sup>	15 ρ <sub>s</sub> ind. <sup>(14)</sup>
Etal.		S	X	X			X	X		X		X		X
Etal.			Y	Y			Y	Y		Y		E <sub>2y</sub>		Y'
Mesure								a		E <sub>1a</sub>		E <sub>2a</sub>		A'
Mesure							b	b		E <sub>1b</sub>		E <sub>2b</sub>		B'
Mesure							c	c		E <sub>1c</sub>		C		C'

(1) Les données de la colonne 2 sont dérivées de la page x.x ou d'autres tableaux connexes.

(2) Les données de la colonne 3 sont interpolées des tableaux des gaz standard internationaux (IUPAC, par exemple) aux conditions du GAZ A MESURER.

(3) Les données de la colonne 4 sont interpolées des tableaux des gaz standard internationaux (IUPAC, par exemple) aux conditions de BASE.

(4) Les données de la colonne 5 sont calculées en utilisant :

$$\rho_s = \frac{P_s M}{0,0831434 \times T_s \times Z_s}$$

(5) Les données de la colonne 6 sont calculées en utilisant :

$$V_F = 1 - \frac{M}{\gamma} \times 0,000695$$

(6) Les données de la colonne 7 sont calculées en utilisant  $Z = 1 - 0,000238P$  pour l'azote ;  $Z = 1 + P(0,00017 + 6E - 05M \times 1,13E - 05M^2 + 7,2E - 03 \times I)$  pour le CH<sub>4</sub>, où P est la pression en bar abs. et I est la fraction volumique/molaire de gaz inertes.

(7) Les données de la colonne 8 sont calculées en utilisant Z<sub>F</sub> = Colonne 7 / Colonne 4.

(8) Les données de la colonne 9 sont calculées en utilisant E<sub>F</sub> = Colonne 6 x Colonne 8.

(9) Les données de la colonne 10 sont calculées en utilisant Δ<sub>F</sub>% = (1 - Colonne 9) x 100 %.

(10) Les données de la colonne 11 correspondent à E<sub>1</sub> = x ou y, ou sont calculées pour E<sub>1a</sub>, E<sub>1b</sub> ou E<sub>1c</sub> (voir la section A10, page 52).

(11) Les données de la colonne 12 sont calculées en utilisant Δ<sub>1</sub>% = (Colonne 11 - Colonne 9) x 100 %.

(12) Les données de la colonne 13 correspondent à E<sub>2</sub> = x ou c, ou sont calculées pour E<sub>2a</sub>, E<sub>2b</sub> ou E<sub>2c</sub> (voir la section A11, page 52).

(13) Les données de la colonne 14 sont calculées en utilisant Δ<sub>2</sub>% = (Colonne 13 - Colonne 9) x 100 %.

(14) Les données de la colonne 15 sont calculées en utilisant :

$$\rho_{s, \text{ind}} = \frac{100 + \text{Colonne 14}}{100} \times \text{Colonne 5}$$

Tableau A-2

		Aux conditions de température et de pression du gaz à mesurer												
		Aux conditions de base												
1 Type de gaz	2 Masse molaire M <sup>(1)</sup>	3 γ aux conditions de mesure <sup>(2)</sup>	4 Z <sub>s</sub> <sup>(3)</sup>	5 ρ <sub>s</sub> varie <sup>(4)</sup>	6 V <sub>F</sub> <sup>(5)</sup>	7 Z <sup>(6)</sup>	8 Z <sub>F</sub> <sup>(7)</sup>	9 E <sub>F</sub> <sup>(8)</sup>	10 Δ <sub>F</sub> % <sup>(9)</sup>	11 E <sub>1</sub> <sup>(10)</sup>	12 Δ <sub>1</sub> % <sup>(11)</sup>	13 E <sub>2</sub> <sup>(12)</sup>	14 Δ <sub>2</sub> % <sup>(13)</sup>	15 ρ <sub>s</sub> ind. <sup>(14)</sup>
Etal.	16,04	1,32	0,9977	X 0,7171	0,9916	0,9876	0,9899	x 0,9816	0	x 0,9816	0	x 0,9816	0	X 0,7171
Etal.	28,01	1,41	0,9995	Y 1,2500	0,9862	0,9983	0,9988	y 0,9850	0	y 0,9850	0	E <sub>2y</sub> 0,9712	- 1,38	Y' 1,2328
Mesure	16,96	1,32	0,9976	A 0,7583	0,9911	0,9871	0,9895	a 0,9807	0,13	E <sub>1a</sub> 0,9820	0,13	E <sub>2a</sub> 0,9803	- 0,04	A' 0,7580
Mesure	17,32	1,32	0,9977	B 0,7743	0,9909	0,9873	0,9896	b 0,9806	0,16	E <sub>1b</sub> 0,9822	0,16	E <sub>2b</sub> 0,9798	- 0,08	B' 0,7737
Mesure	19,28	1,30	0,9972	C 0,8624	0,9897	0,9849	0,9877	c 0,9775	2,25	E <sub>1c</sub> 0,9829	0,54	0,9775	0	C' 0,8624

- (1) Les données de la colonne 2 sont dérivés de la page x.x ou d'autres tableaux connexes.
- (2) Les données de la colonne 3 sont interpolées des tableaux des gaz standard internationaux (IUPAC, par exemple) aux conditions du GAZ A MESURER.
- (3) Les données de la colonne 4 sont interpolées des tableaux des gaz standard internationaux (IUPAC, par exemple) aux conditions de BASE.
- (4) Les données de la colonne 5 sont calculées en utilisant :

$$\rho_s = \frac{P_s M}{0,0831434 \times T_s \times Z_s}$$

- (5) Les données de la colonne 6 sont calculées en utilisant :

$$V_F = 1 - \frac{M}{\gamma} \times 0,000695$$

- (6) Les données de la colonne 7 sont calculées en utilisant  $Z = 1 - 0,000238P$  pour l'azote ;  $Z = 1 + P(0,00017 + 6E - 05M \times 1,13E - 05M^2 + 7,2E - 03 \times I)$  pour le CH<sub>4</sub>, où P est la pression en bar abs. et I est la fraction volumique/molaire de gaz inertes.
- (7) Les données de la colonne 8 sont calculées en utilisant  $Z_F =$  Colonne 7 / Colonne 4.
- (8) Les données de la colonne 9 sont calculées en utilisant  $E_F =$  Colonne 6 x Colonne 8.
- (9) Les données de la colonne 10 sont calculées en utilisant  $\Delta_F\% = (1 - Colonne 9) \times 100\%$ .
- (10) Les données de la colonne 11 sont égales à E<sub>F</sub> = x ou y, ou calculées pour E<sub>1a</sub>, E<sub>1b</sub>, ou E<sub>1c</sub> (voir la section A10, page 52).
- (11) Les données de la colonne 12 sont calculées en utilisant  $\Delta_1\% = (Colonne 11 - Colonne 9) \times 100\%$ .
- (12) Les données de la colonne 13 correspondent à E<sub>2</sub> = x ou c, ou sont calculées pour E<sub>2a</sub>, E<sub>2b</sub>, ou E<sub>2c</sub> (voir la section A11, page 52).
- (13) Les données de la colonne 14 sont calculées en utilisant  $\Delta_2\% = (Colonne 13 - Colonne 9) \times 100\%$ .
- (14) Les données de la colonne 15 sont calculées en utilisant :

$$\rho_{s,ind} = \frac{100 + Colonne 14}{100} \times Colonne 5$$

Exemple de calculs

Colonne 5	Méthane	$\frac{1 \times 16,04}{0,0831434 \times 273,155 \times 0,9977} = 0,7171$
	Azote	$\frac{1 \times 28,01}{0,0831434 \times 273,155 \times 0,9995} = 1,250$
	Gaz à mesurer A	$\frac{1 \times 16,96}{0,0831434 \times 273,155 \times 0,9976} = 0,7583$
	Gaz à mesurer B	$\frac{1 \times 17,32}{0,0831434 \times 273,155 \times 0,9977} = 0,7743$
	Gaz à mesurer C	$\frac{1 \times 19,28}{0,0831434 \times 273,155 \times 0,9972} = 0,8624$

Colonne 6	Méthane	$1 - \frac{16,04}{1,32} \times 0,000695 = 0,9916$
	Azote	$1 - \frac{28,01}{1,41} \times 0,000695 = 0,9862$
	Gaz à mesurer A	$1 - \frac{16,96}{1,32} \times 0,000695 = 0,9911$
	Gaz à mesurer B	$1 - \frac{17,32}{1,32} \times 0,000695 = 0,9909$
	Gaz à mesurer C	$1 - \frac{19,28}{1,30} \times 0,000695 = 0,9897$

Colonne 7	Méthane	$= 1 + 7(0,00017 + 6E-5 \times 16,04 - 1,13E-5 \times 16,04^2 + 0)$ $= 0,9876$
	Azote	$1 - 0,000238 \times 7 = 0,9983$
	Gaz à mesurer A	$1 + 7(0,00017 + 6E-5 \times 16,96 - 1,13E-5 \times 16,96^2 + 0,0072 \times 0,03)$ $= 0,9871 (l=0,03)$
	Gaz à mesurer B	$= 1 + 7(0,00017 + 6E-5 \times 17,32 - 1,13E-5 \times 17,32^2 + 0,0072 \times 0,05)$ $= 0,9873 (l= 0,05)$
	Gaz à mesurer C	$= 1 + 7(0,00017 + 6E-5 \times 19,28 - 1,13E-5 \times 19,28^2 + 0,0072 \times 0,1)$ $= 0,9849 (l=0,1)$

## Optimisation des performances

Colonne 8	Méthane	$\frac{0,9876}{0,9977} = 0,9899$
	Azote	$\frac{0,9983}{0,9995} = 0,9988$
	Gaz à mesurer A	$\frac{0,9871}{0,9976} = 0,9895$
	Gaz à mesurer B	$\frac{0,9873}{0,9977} = 0,9896$
	Gaz à mesurer C	$\frac{0,9849}{0,9972} = 0,9877$

Colonne 9	Méthane	= 0,9816
	Azote	= 0,9850
	Gaz à mesurer A	= 0,9807
	Gaz à mesurer B	= 0,9806
	Gaz à mesurer C	= 0,9775

Colonne 10	Méthane	1,84
	Azote	1,50
	Gaz à mesurer A	1,93
	Gaz à mesurer B	1,94
	Gaz à mesurer C	2,25

Colonne 11	Méthane	= 0,9816
	Azote	= 0,9850
	Gaz à mesurer A	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{0,7583} - \frac{(0,7583 - 0,7171)[1,25(1 - 0,985) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{0,7583(1,25 - 0,7171)} = 0,982$
	Gaz à mesurer B	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{0,7743} - \frac{(0,7743 - 0,7171)[1,25(1 - 0,985) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{0,7743(1,25 - 0,7171)} = 0,9822$
	Gaz à mesurer C	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{0,8624} - \frac{(0,8624 - 0,7171)[1,25(1 - 0,985) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{0,8624(1,25 - 0,7171)} = 0,9829$



Colonne 12	Méthane	0
	Azote	0
	Gaz à mesurer A	0,13
	Gaz à mesurer B	0,16
	Gaz à mesurer C	0,54

Colonne 13	Méthane	= 0,9816
	Azote	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{1,25} - \frac{(1,25 - 0,7171)[0,8624(1 - 0,9775) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{1,25(0,8624 - 0,7171)}$ = 0,9712
	Gaz à mesurer A	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{0,7583} - \frac{(0,7583 - 0,7171)[0,8624(1 - 0,9775) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{0,7583(0,8624 - 0,7171)}$ = 0,9803
	Gaz à mesurer B	$1 - \frac{0,7171(1 - 0,9816)}{0,7743} - \frac{(0,7743 - 0,7171)[0,8624(1 - 0,9775) - 0,7171(1 - 0,9816)]}{0,7743(0,8624 - 0,7171)}$ = 0,9798
	Gaz à mesurer C	0,9775

Colonne 14	Méthane	0
	Azote	1,38
	Gaz à mesurer A	- 0,04
	Gaz à mesurer B	- 0,08
	Gaz à mesurer C	0

Colonne 15	Méthane	0,7171
	Azote	1,2328
	Gaz à mesurer A	0,7580
	Gaz à mesurer B	0,7737
	Gaz à mesurer C	0,8624

Une méthode alternative pour dériver des valeurs modifiées de Y pour produire une erreur nulle est décrite à la page suivante.

## Optimisation des performances

Méthode alternative simplifiée pour dériver des valeurs modifiées de Y (la valeur de masse volumique aux conditions de base de l'azote utilisée pour l'étalonnage) pour produire une erreur nulle pour un étalonnage au méthane/gaz C (ou gaz A ou gaz B).

$$Y''' = X + \frac{\left(\frac{Y-X}{y-x}\right)}{\left(\frac{C-X}{c-x}\right)} \times (C-X)$$

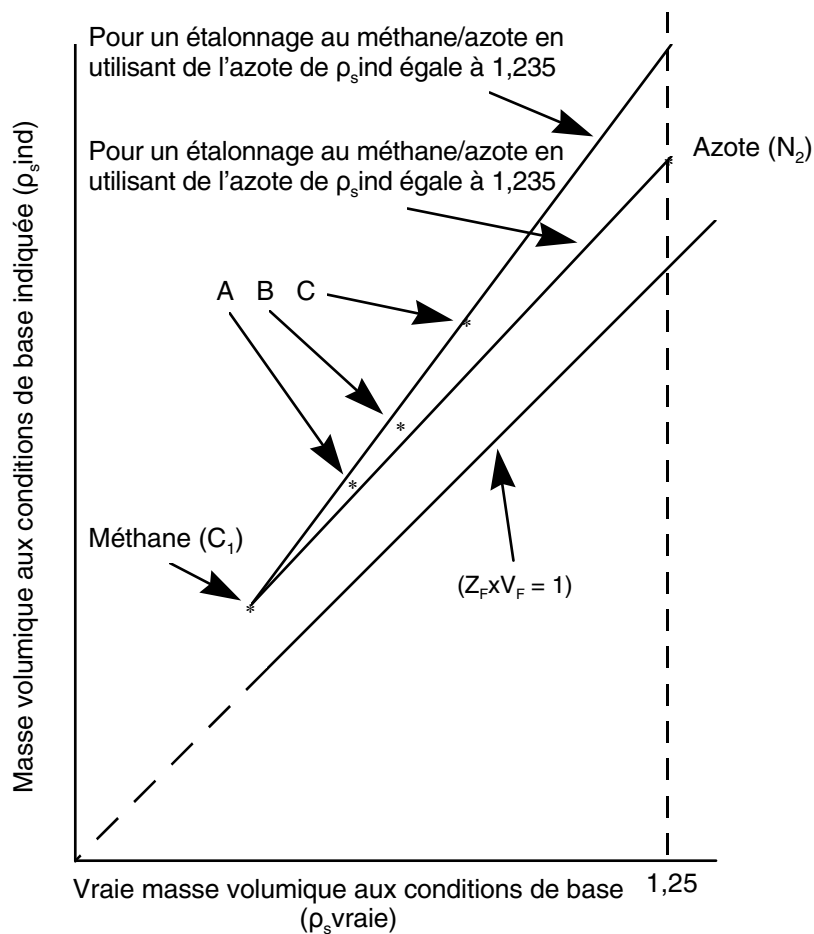
Pour les gaz A ou B, remplacer C et c en conséquence dans l'équation, où :

- X, Y, C = vraies masses volumiques aux conditions de base des gaz
- x, y, c = facteurs totaux  $E_F$

Par exemple :

$$Y''' = 0,7171 + \frac{\left(\frac{1,25 - 0,7171}{0,985 - 0,9816}\right)}{\left(\frac{0,8624 - 0,7171}{0,9775 - 0,9816}\right)} \times (0,8624 - 0,7171) = 1,2328$$

Figure A-1 Illustration d'un exemple de condition



# Annexe B

## Principes de fonctionnement

### B.1 Théorie de la mesure de densité

Par définition :

- |     |                  |   |
|-----|------------------|---|
|     | Densité d'un gaz | = Masse molaire du gaz/Masse molaire de l'air en conditions standard            |
| (1) | par exemple,     | $G = M_G/M_A$<br>où $M_A$ est considérée comme égale à 28,96469                 |
|     | Densité relative | = Masse volumique du gaz/Masse volumique de l'air                               |
| (2) | par exemple,     | $\rho_r = \rho_G/\rho_A$<br>aux mêmes conditions de température et de pression. |

La densité relative est numériquement égale à la densité lorsque les facteurs de surcompressibilité du gaz et de l'air standard aux conditions de mesure sont pris en compte.

En conséquence :

$$(3) \quad G = \frac{\rho_G Z_G}{\rho_A Z_A}$$

Maintenant, soit  $\rho_1$  la masse volumique du gaz à mesurer, à nouveau par définition :

$$(4) \quad \rho_1 = \frac{P_1 M_1}{Z_1 R T_1}$$

En comparant la masse volumique du gaz à mesurer à la densité d'une quantité déterminée d'un gaz de référence contenue dans un volume déterminé :

$$(5) \quad \text{où} \quad \rho_2 = \frac{P_2 M_2}{Z_2 R T_2}$$

## Principes de fonctionnement

Comme des conditions de quantité et de volume constants existent pour le gaz de référence, sa masse volumique et sa masse molaire sont constantes, et on déduit de l'équation 5 :

$$(6) \quad \frac{\rho_2}{M_2} = \frac{P_2}{Z_2 R T_2} = K$$

Maintenant, si les deux gaz peuvent être maintenus à la même température, on déduit des équations 4 et 6 :

$$(7) \quad \rho_1 = \frac{P_2 M_1}{Z_1 R T_2} = K M_1 \frac{Z_2}{Z_1}$$

Enfin, en utilisant le gaz à mesurer (ou un gaz de facteur de surcompressibilité identique) comme gaz de référence :

$$(8) \quad \rho_1 = K M_1$$

puisque  $Z_1 = Z_2$

Ainsi la masse volumique du gaz à mesurer, dans les conditions énoncées, est directement liée à sa masse molaire et donc à sa densité par l'équation 1.

# Annexe C

## Retour de marchandise

### C.1 Recommandations générales

Les procédures de Micro Motion doivent être suivies lors du retour d'un appareil. Ces procédures assurent le respect de la réglementation relative au transport de marchandises et la sécurité de des employés de Micro Motion. Les retours de marchandise non conformes à ces exigences ne seront pas acceptés.

Pour connaître la procédure à suivre et obtenir les formulaires nécessaires, contacter le service après-vente de **Micro Motion**.

### C.2 Matériel neuf et non utilisé

Un matériel est considéré neuf et non utilisé uniquement s'il n'a pas été retiré de son emballage d'origine. Tout matériel neuf et non utilisé doit être accompagné d'un formulaire d'Autorisation de Retour de Matériel. Contacter le service après-vente pour obtenir ce formulaire.

### C.3 Matériel utilisé

Tout matériel ne correspondant pas aux conditions décrites ci-dessus est considéré comme étant utilisé. Les instruments retournés devront être parfaitement propres, en ayant été au besoin décontaminés avant leur expédition.

Tout matériel utilisé doit être accompagné d'un formulaire d'Autorisation de Retour de Matériel et d'un Certificat de Décontamination décrivant tous les fluides qui ont été en contact avec le matériel, y compris les produits de nettoyage. Contacter le service après-vente pour obtenir ces formulaires.

## Retour de marchandise

# Annexe D

## Schémas certifiés du système

### D.1 Généralités

Tous les schémas certifiés inclus dans ce manuel sont présentés aux fins de planification uniquement. Il est recommandé de se référer systématiquement à la dernière version des schémas certifiés avant de commencer l'installation. Contacter l'usine pour des informations plus détaillées.

N°	Référence du schéma	Désignation
1	78125039A Feuille 1/4	Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 2 fils), barrière à diode shunt
	78125039A Feuille 2/4	Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 3 fils), barrière à diode shunt
	78125039A Feuille 3/4	Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 2 fils), unités à interface isolée
	78125039A Feuille 4/4	Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 3 fils), unités à interface isolée

Figure D-1 Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 2 fils), barrière à diode shunt

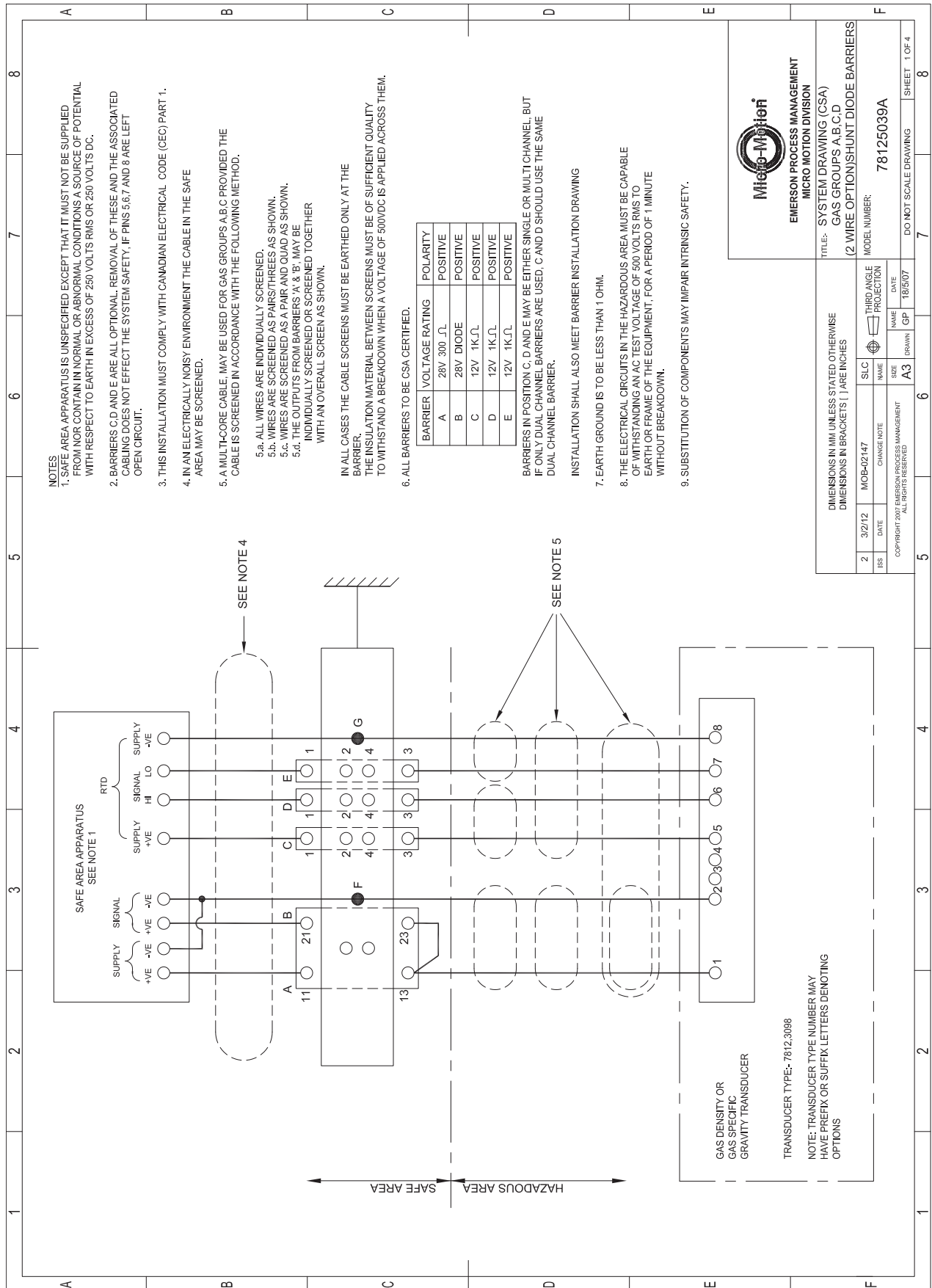




Figure D-2 Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 3 fils), barrière à diode shunt

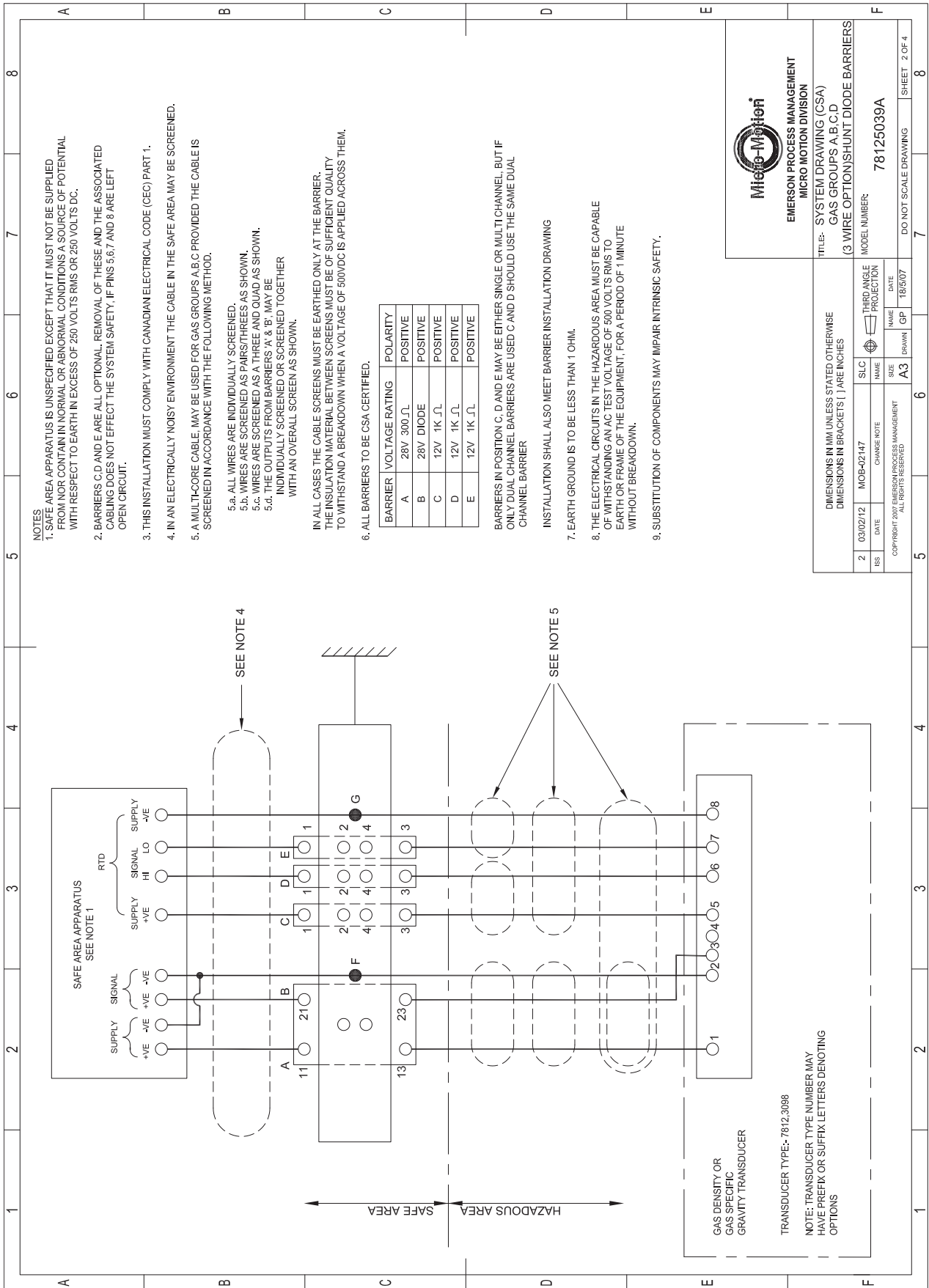


Figure D-3 Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 2 fils), unités à interface isolée

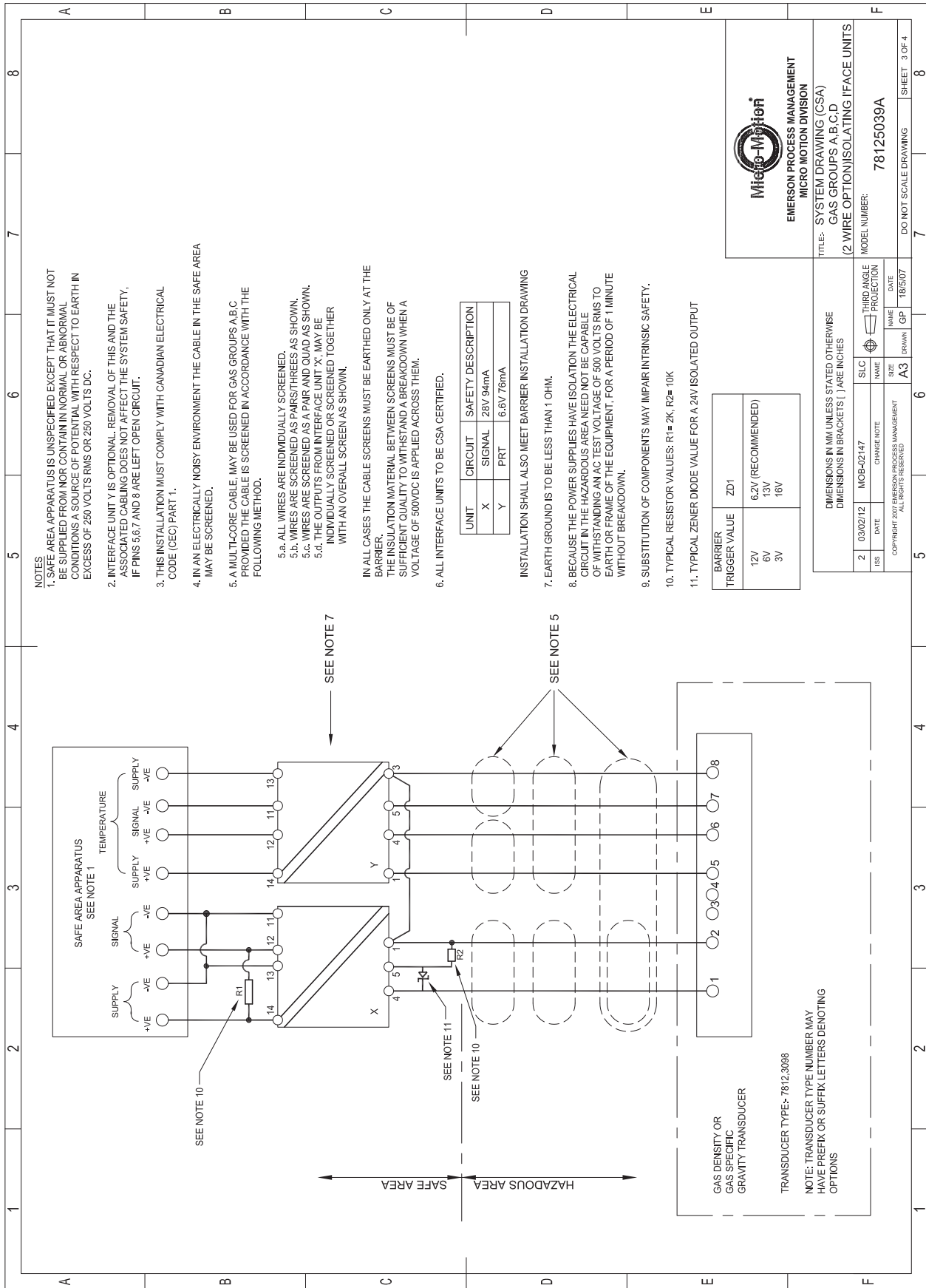
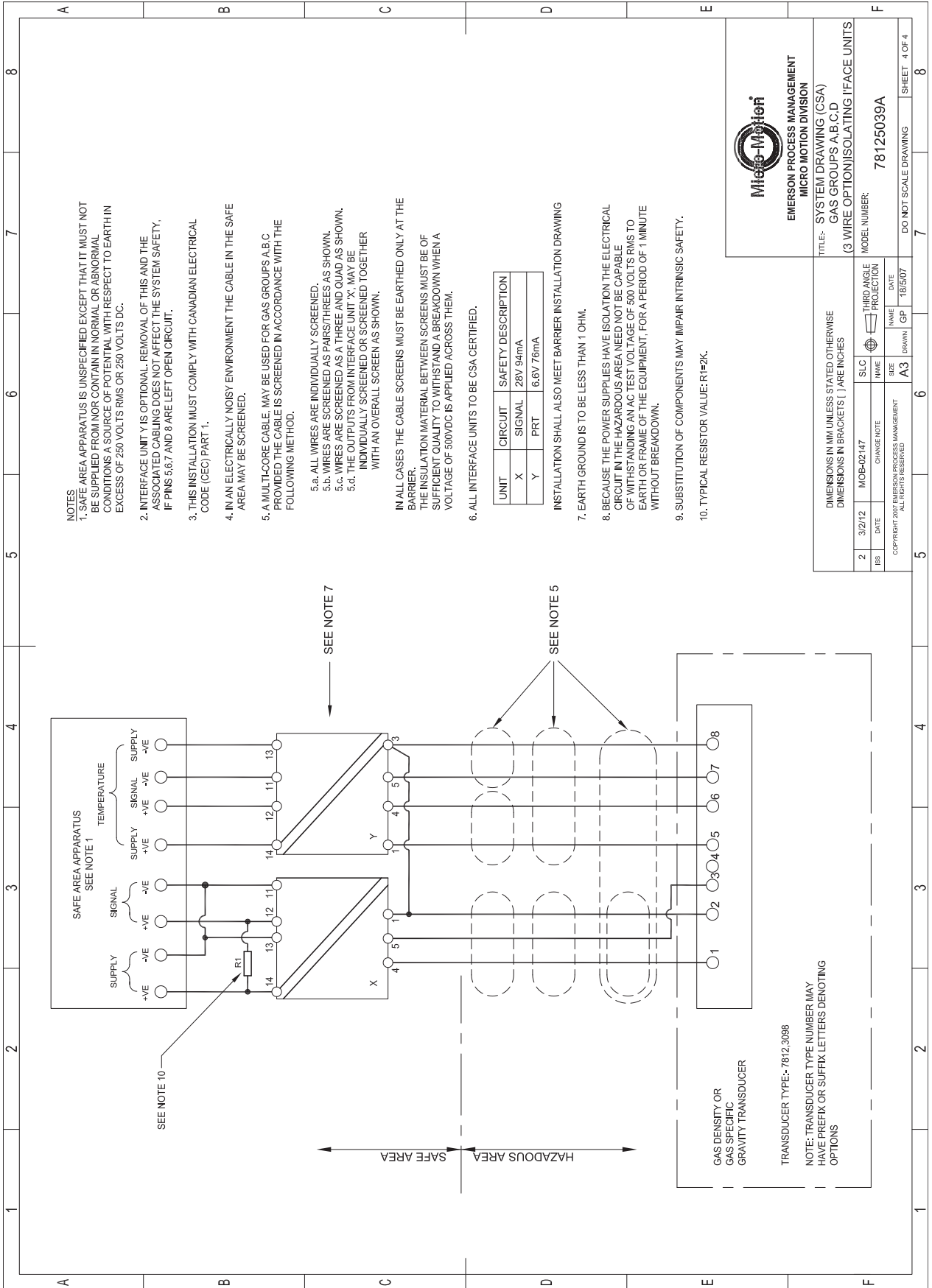


Figure D-4 Schéma du système CSA, groupes de gaz A, B, C et D (option 3 fils), unités à interface isolée



**Micro-Motion**  
EMERSON PROCESS MANAGEMENT  
MICRO MOTION DIVISION

TITLE: SYSTEM DRAWING (CSA)  
GAS GROUPS A,B,C,D  
(3 WIRE OPTION) ISOLATING I/FACE UNITS

MODEL NUMBER: 78125039A

2	3/2/12	DATE	MOE-02147	CHANGE NOTE	S/LC	THIRD ANGLE PROJECTION
ISS					NAME	DATE
					SIZE	OP
					A3	16/5/07

COPYRIGHT 2007 EMERSON PROCESS MANAGEMENT  
ALL RIGHTS RESERVED

DO NOT SCALE DRAWING SHEET 4 OF 4

## Schémas certifiés du système



©2012, Micro Motion, Inc. Tous droits réservés. Réf. MMI-20022808, Rev. AA



**Consultez l'actualité Micro Motion sur Internet :  
[www.micromotion.com](http://www.micromotion.com)**

**Emerson Process Management S.A.S.**

**France**

14, rue Edison - BP 21  
69671 Bron Cedex  
T +33 (0) 4 72 15 98 00  
F +33 (0) 4 72 15 98 99  
Centre Clients Débitmétrie (appel gratuit)  
T 0800 917 901  
[www.emersonprocess.fr](http://www.emersonprocess.fr)

**Emerson Process Management AG**

**Suisse**

Blegistraße 21  
CH-6341 Baar-Walterswil  
T +41 (0) 41 768 6111  
F +41 (0) 41 768 6300  
[www.emersonprocess.ch](http://www.emersonprocess.ch)

**Emerson Process Management nv/sa**

**Belgique**

De Kleetlaan 4  
1831 Diegem  
T +32 (0) 2 716 77 11  
F +32 (0) 2 725 83 00  
Centre Clients Débitmétrie (appel gratuit)  
T 0800 75 345  
[www.emersonprocess.be](http://www.emersonprocess.be)

**Emerson Process Management**

**Micro Motion Europe**

Neonstraat 1  
6718 WX Ede  
Pays-Bas  
T +31 (0) 318 495 555  
F +31 (0) 318 495 556

**Emerson Process Management**

**Micro Motion Asie**

1 Pandan Crescent  
Singapore 128461  
République de Singapour  
T +65 6777-8211  
F +65 6770-8003

**Micro Motion Inc. USA**

Siège mondial  
7070 Winchester Circle  
Boulder, Colorado 80301  
Etats-Unis  
T +1 303-527-5200  
+1 800-522-6277  
F +1 303-530-8459

**Emerson Process Management**

**Micro Motion Japon**

1-2-5, Higashi Shinagawa  
Shinagawa-ku  
Tokyo 140-0002 Japon  
T +81 3 5769-6803  
F +81 3 5769-6844

