

---

---

**Gaz naturel — Calcul du facteur de  
compression —**

Partie 2:  
**Calcul à partir de l'analyse de la  
composition molaire**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Natural gas — Calculation of compression factor —  
Part 2: Calculation using molar-composition analysis*  
(standards.iteh.ai)

ISO 12213-2:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006>



**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 12213-2:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2006

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2009

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	iv
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Méthode de calcul</b> .....	<b>2</b>
<b>4.1</b> <b>Principe</b> .....	<b>2</b>
<b>4.2</b> <b>Équation AGA8-92DC</b> .....	<b>2</b>
<b>4.3</b> <b>Variables d'entrée</b> .....	<b>3</b>
<b>4.4</b> <b>Plages d'application</b> .....	<b>3</b>
<b>4.5</b> <b>Incertitude</b> .....	<b>5</b>
<b>5</b> <b>Programme informatique</b> .....	<b>7</b>
<b>Annexe A</b> (normative) <b>Symboles et unités</b> .....	<b>8</b>
<b>Annexe B</b> (normative) <b>Description de la méthode AGA8-92DC</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe C</b> (normative) <b>Exemples de calculs</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe D</b> (normative) <b>Facteurs de conversion pour la pression et la température</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Performance pour des plages d'application plus étendues</b> .....	<b>21</b>
<b>Annexe F</b> (informative) <b>Sous-routines en langage Fortran pour la méthode AGA8-92DC</b> .....	<b>26</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>33</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 12213-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 193, *Gaz naturel*, sous-comité SC 1, *Analyse du gaz naturel*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 12213-2:1997), dont le Tableau 1 a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 12213 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Gaz naturel — Calcul du facteur de compression*:

- *Partie 1: Introduction et lignes directrices*
- *Partie 2: Calcul à partir de l'analyse de la composition molaire*
- *Partie 3: Calcul à partir des caractéristiques physiques*

# Gaz naturel — Calcul du facteur de compression —

## Partie 2:

## Calcul à partir de l'analyse de la composition molaire

### 1 Domaine d'application

L'ISO 12213 spécifie des méthodes pour le calcul des facteurs de compression des gaz naturels, des gaz naturels contenant un adjuvant synthétique et de mélanges similaires dans des conditions telles que le mélange ne peut exister que sous forme gazeuse.

La présente partie de l'ISO 12213 spécifie une méthode pour le calcul des facteurs de compression lorsque la composition détaillée du gaz par fractions molaires est connue, ainsi que les pressions et les températures correspondantes.

La méthode est applicable au gaz de qualité réseau dans les plages de pression,  $p$ , et de température,  $T$ , dans lesquelles s'effectuent normalement les opérations de transport et de distribution, avec une incertitude de l'ordre de  $\pm 0,1$  %. Elle peut s'appliquer, avec une incertitude plus élevée, à des plages plus étendues de composition des gaz, de pression et de température (voir Annexe E).

L'ISO 12213-1 fournit plus de détails concernant le domaine et le champ d'application de la méthode.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006>

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 6976, *Gaz naturel — Calcul du pouvoir calorifique, de la masse volumique, de la densité relative et de l'indice de Wobbe à partir de la composition*

ISO 12213-1, *Gaz naturel — Calcul du facteur de compression — Partie 1: Introduction et lignes directrices*

ISO 80000-4, *Grandeurs et unités — Partie 4: Mécanique*

ISO 80000-5, *Grandeurs et unités — Partie 5: Thermodynamique*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 12213-1 s'appliquent.

## 4 Méthode de calcul

### 4.1 Principe

La méthode recommandée utilise une équation basée sur le concept selon lequel tout gaz naturel peut être caractérisé de manière unique pour le calcul de ses propriétés volumétriques par l'analyse de composants. Cette analyse ainsi que la pression et la température sont utilisées comme données d'entrée pour la méthode.

La méthode utilise une analyse détaillée de la composition molaire dans laquelle il convient de représenter tous les composants présents en des quantités supérieures à une fraction molaire de 0,000 05. Classiquement, ceux-ci incluent tous les hydrocarbures alcanes jusqu'à C<sub>7</sub> ou C<sub>8</sub> ainsi que l'azote, le dioxyde de carbone et l'hélium.

Dans le cas d'autres gaz, d'autres composants tels que la vapeur d'eau, l'hydrogène sulfuré et l'éthylène doivent être pris en considération (voir Référence [1] dans la Bibliographie).

Dans le cas de gaz manufacturés, l'hydrogène et le monoxyde de carbone représentent aussi de possibles composants significatifs.

### 4.2 Équation AGA8-92DC

Le facteur de compression est déterminé au moyen de l'équation détaillée de caractérisation AGA8 (ci-après nommée l'équation AGA8-92DC). Il s'agit d'une équation étendue de type viriel. L'équation est décrite dans le Rapport N° 8 de l'AGA [1]. Elle peut s'écrire sous la forme suivante:

$$Z = 1 + B\rho_m - \rho_r \sum_{n=13}^{18} C_n^* + \sum_{n=13}^{58} C_n^* \left( b_n - c_n k_n \rho_r^{k_n} \right) \rho_r^{b_n} \exp\left( -c_n \rho_r^{k_n} \right) \quad (1)$$

où

[ISO 12213-2:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006)

*Z* est le facteur de compression;

*B* est le second coefficient du viriel;

$\rho_m$  est la densité molaire (moles par unité de volume);

$\rho_r$  est la densité réduite;

$b_n, c_n, k_n$  sont des constantes (voir Tableau B.1);

$C_n^*$  sont des coefficients qui sont fonction de la température et de la composition.

La densité réduite  $\rho_r$  est liée à la densité molaire  $\rho_m$  par l'équation

$$\rho_r = K^3 \rho_m \quad (2)$$

où *K* est un paramètre de taille du mélange.

La densité molaire peut être exprimée comme

$$\rho_m = p / (ZRT) \quad (3)$$

où

*p* est la pression absolue;

*R* est la constante des gaz parfaits;

*T* est la température absolue.

$Z$  est calculé de la manière suivante: on calcule d'abord les valeurs de  $B$  et de  $C_n^*$  ( $n = 13$  à  $58$ ) à l'aide des relations indiquées dans l'Annexe B. On résout alors simultanément les Équations (1) et (3) pour  $\rho_m$  et  $Z$  au moyen d'une méthode numérique adéquate (voir Figure B.1).

### 4.3 Variables d'entrée

Les variables d'entrée requises pour l'équation AGA8-92DC sont la pression absolue, la température absolue et la composition molaire.

La composition des composants suivants est requise, sous forme de fraction molaire: azote, dioxyde de carbone, argon, méthane, éthane, propane,  $n$ -butane, méthyl-2-propane (isobutane),  $n$ -pentane, méthyl-2-butane (isopentane), hexanes, heptanes, octanes, nonanes, décane, hydrogène, monoxyde de carbone, hydrogène sulfuré, hélium, oxygène et eau.

NOTE Si les fractions molaires des heptanes, octanes, nonanes et décane ne sont pas connues, alors l'utilisation d'une fraction du composite  $C_{6+}$  peut être acceptable. Il convient que l'utilisateur effectue une analyse de sensibilité afin de contrôler si une approximation particulière de ce type détériore le résultat.

Tous les composants dont la fraction molaire est supérieure à 0,000 05 doivent être comptabilisés. Les composants à l'état de trace (comme l'éthylène) doivent être traités comme indiqué dans le Tableau 1.

Si la composition est connue sous forme de fractions volumiques, celles-ci doivent être converties en fractions molaires au moyen de la méthode indiquée dans l'ISO 6976. La somme de toutes les fractions molaires doit être égale à l'unité à 0,000 1 près.

### 4.4 Plages d'application

#### 4.4.1 Gaz de qualité réseau

Les plages d'application pour le gaz de qualité réseau sont celles définies ci-après:

pression absolue	0 MPa	$\leq p \leq$	12 MPa
température	263 K	$\leq T \leq$	338 K
pouvoir calorifique supérieur	30 MJ·m <sup>-3</sup>	$\leq H_S \leq$	45 MJ·m <sup>-3</sup>
densité relative	0,55	$\leq d \leq$	0,80

Les fractions molaires des composants du gaz naturel doivent se trouver dans les plages suivantes:

méthane	0,7	$\leq x_{CH_4} \leq$	1,00
azote	0	$\leq x_{N_2} \leq$	0,20
dioxyde de carbone	0	$\leq x_{CO_2} \leq$	0,20
éthane	0	$\leq x_{C_2H_6} \leq$	0,10
propane	0	$\leq x_{C_3H_8} \leq$	0,035
butanes	0	$\leq x_{C_4H_{10}} \leq$	0,015
pentanes	0	$\leq x_{C_5H_{12}} \leq$	0,005
hexanes	0	$\leq x_{C_6} \leq$	0,001
heptanes	0	$\leq x_{C_7} \leq$	0,000 5
octanes plus hydrocarbures supérieurs	0	$\leq x_{C_{8+}} \leq$	0,000 5
hydrogène	0	$\leq x_{H_2} \leq$	0,10

monoxyde de carbone	$0 \leq x_{CO} \leq 0,03$
hélium	$0 \leq x_{He} \leq 0,005$
eau	$0 \leq x_{H_2O} \leq 0,000\ 15$

Tout composant pour lequel  $x_i$  est inférieur à 0,000 05 peut être négligé.

Les composants mineurs et à l'état de trace sont énumérés dans le Tableau 1.

**Tableau 1 — Composants mineurs et à l'état de trace**

Composant mineur et à l'état de trace	Composant attribué
Oxygène	Oxygène
Argon, néon, krypton, xénon	Argon
Hydrogène sulfuré	Hydrogène sulfuré
Oxyde nitreux	Dioxyde de carbone
Ammoniac	Méthane
Éthylène, acétylène, méthanol (alcool méthylique), cyanure d'hydrogène	Éthane
Propylène, propadiène, méthanethiol (méthylmercaptan)	Propane
Butènes, butadiènes, sulfure de carbonyle (oxysulfure de carbone), dioxyde de soufre	<i>n</i> -Butane
Néo-pentane, pentènes, benzène, cyclopentane, sulfure de carbone	<i>n</i> -Pentane
Tous les isomères à C <sub>6</sub> , cyclohexane, toluène, méthylcyclopentane	<i>n</i> -Hexane
Tous les isomères à C <sub>7</sub> , éthylcyclopentane, méthylcyclohexane, cycloheptane, éthylbenzène, xylènes	<i>n</i> -Heptane
Tous les isomères à C <sub>8</sub> , éthylcyclohexane	<i>n</i> -Octane
Tous les isomères à C <sub>9</sub>	<i>n</i> -Nonane
Tous les isomères à C <sub>10</sub> et tous les hydrocarbures supérieurs	<i>n</i> -Décane

La méthode ne s'applique qu'aux mélanges à l'état gazeux de phase unique (au-dessus du point de rosée) dans les conditions de température et de pression concernées.

**4.4.2 Plages d'application plus étendues**

Les plages d'application soumises à essai au-delà des limites indiquées en 4.4.1 sont les suivantes:

pression absolue	$0 \text{ MPa} \leq p \leq 65 \text{ MPa}$
température	$225 \text{ K} \leq T \leq 350 \text{ K}$
densité relative	$0,55 \leq d \leq 0,90$
pouvoir calorifique supérieur	$20 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3} \leq H_S \leq 48 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$

Les fractions molaires admises pour les principaux composants du gaz naturel sont les suivantes:

méthane	$0,50 \leq x_{\text{CH}_4} \leq 1,00$
azote	$0 \leq x_{\text{N}_2} \leq 0,50$
dioxyde de carbone	$0 \leq x_{\text{CO}_2} \leq 0,30$
éthane	$0 \leq x_{\text{C}_2\text{H}_6} \leq 0,20$
propane	$0 \leq x_{\text{C}_3\text{H}_8} \leq 0,05$
hydrogène	$0 \leq x_{\text{H}_2} \leq 0,10$

Les limites pour les composants mineurs et à l'état de trace des gaz sont indiquées en 4.4.1 pour le gaz de qualité réseau. Pour l'utilisation de la méthode en dehors de ces plages, voir Annexe E.

## 4.5 Incertitude

### 4.5.1 Incertitude pour le gaz de qualité réseau

L'incertitude des résultats pour tous les gaz de qualité réseau dans les limites indiquées en 4.4.1 est  $\pm 0,1 \%$  (pour la plage de température de 263 K à 350 K et des pressions allant jusqu'à 12 MPa) (voir Figure 1). Pour les températures supérieures à 290 K et les pressions allant jusqu'à 30 MPa, l'incertitude du résultat est aussi  $\pm 0,1 \%$ .

Pour des températures inférieures, l'incertitude de  $\pm 0,1 \%$  est au moins maintenue pour des pressions allant jusqu'à 10 MPa environ.

Ce niveau d'incertitude a été déterminé par comparaison avec la banque de données du GERG des mesures du facteur de compression pour les gaz naturels [2], [3]. Une comparaison détaillée a aussi été réalisée avec les données de  $pVT$  du GRI sur les mélanges simulés de gaz naturels préparés par gravimétrie [4], [5].

L'incertitude de mesure dans les deux banques de données utilisées pour tester la méthode est de l'ordre de  $\pm 0,1 \%$ .

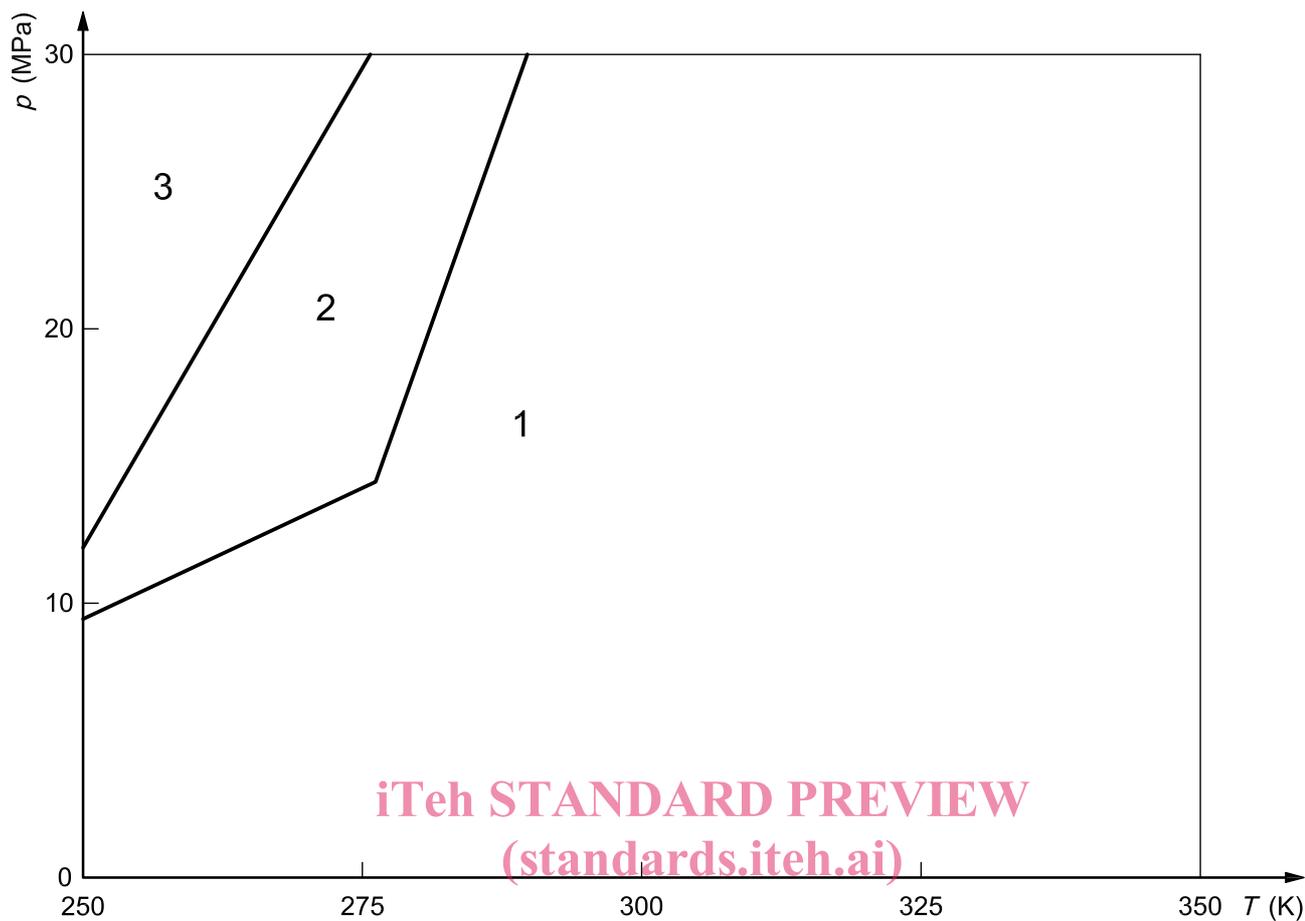
### 4.5.2 Incertitude des plages d'application plus étendues

Les incertitudes estimées pour les calculs des facteurs de compression au-delà des limites de qualité indiquées en 4.4.1 sont commentées dans l'Annexe E.

### 4.5.3 Impact des incertitudes sur les variables d'entrée

Le Tableau 2 contient une énumération des valeurs type pour les incertitudes sur les variables d'entrée correspondantes. Ces valeurs peuvent être obtenues dans des conditions optimales de fonctionnement.

Comme ligne directrice uniquement, une analyse de propagation d'erreur en utilisant les incertitudes sur les variables d'entrée génère une incertitude supplémentaire d'environ  $\pm 0,1 \%$  pour le résultat à 6 MPa et dans la plage de température de 263 K à 338 K. Au-dessus de 6 MPa, les incertitudes supplémentaires sont plus grandes et augmentent plus ou moins proportionnellement avec la pression.



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)  
ISO 12213-2:2006  
Équation AGA8-DC92  
<https://standards.iteh.ai/standards/ISO/12213-2:2006/Equation-AGA8-DC92/84c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006>

**Légende**

$p$  pression  
 $T$  température

- 1  $\Delta Z \leq \pm 0,1 \%$
- 2  $\Delta Z \pm 0,1 \%$  à  $\pm 0,2 \%$
- 3  $\Delta Z \pm 0,2 \%$  à  $\pm 0,5 \%$

NOTE Les limites d'incertitude indiquées sont censées être valides pour les gaz naturels et gaz similaires dont  $x_{N_2} \leq 0,20$ ,  $x_{CO_2} \leq 0,20$ ,  $x_{C_2H_6} \leq 0,10$  et  $x_{H_2} \leq 0,10$ , et pour  $30 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3} \leq H_S \leq 45 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$  et  $0,55 \leq d \leq 0,80$ .

**Figure 1 — Limites d'incertitude pour le calcul des facteurs de compression**

Tableau 2 — incertitudes sur les variables d'entrées

Variable d'entrée	Incertitude absolue
Pression absolue	$\pm 0,02$ MPa
Température	$\pm 0,15$ K
Fraction molaire de	
composants inertes	$\pm 0,001$
azote	$\pm 0,001$
dioxyde de carbone	$\pm 0,001$
méthane	$\pm 0,001$
éthane	$\pm 0,001$
propane	$\pm 0,000 5$
butanes	$\pm 0,000 3$
pentanes plus hydrocarbures supérieurs	$\pm 0,000 1$
hydrogène et monoxyde de carbone	$\pm 0,001$

#### 4.5.4 Consignation des résultats

Les résultats pour le facteur de compression et la densité molaire doivent être consignés respectivement sous forme de nombres à quatre et à cinq décimales, ainsi que les valeurs de pression et de température et la méthode de calcul utilisée (voir l'ISO 12213-2:2006, Équation AGA8-92DC). Il est utile d'augmenter le nombre de décimales à des fins de vérification des procédures de calcul.

[ISO 12213-2:2006](https://www.iso.org/standards/catalog/standards/sist/1284c25d-8e10-4eb1-8ba5-34f32b4519b6/iso-12213-2-2006)

## 5 Programme informatique

Un logiciel qui met en œuvre la présente Norme internationale a été élaboré. Les utilisateurs de la présente partie de l'ISO 12213 sont priés de contacter l'ISO/TC 193/SC 1, soit directement, soit via leur organisme membre de l'ISO, pour toute demande concernant la disponibilité de ce logiciel.

## Annexe A (normative)

### Symboles et unités

Symbole	Signification	Unités
$a_n$	Constante du Tableau B.1	—
$B$	Second coefficient du viriel	$\text{m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$
$B_{nij}^*$	Coefficient d'interaction du mélange [Équations (B.1) et (B.2)]	—
$b_n$	Constante du Tableau B.1	—
$c_n$	Constante du Tableau B.1	—
$C_n^*$	Coefficients qui sont fonction de la température et de la composition	—
$E_i$	Paramètre énergétique caractéristique pour le $i^{\text{e}}$ composant (Tableau B.2)	K
$E_j$	Paramètre énergétique caractéristique pour le $j^{\text{e}}$ composant	K
$E_{ij}$	Paramètre énergétique binaire pour le second coefficient du viriel	K
$E_{ij}^*$	Paramètre d'interaction énergétique binaire pour le second coefficient du viriel (Tableau B.3)	—
$F$	Paramètre haute température du mélange	—
$F_i$	Paramètre haute température pour le $i^{\text{e}}$ composant (Tableau B.2)	—
$F_j$	Paramètre haute température pour le $j^{\text{e}}$ composant	—
$f_n$	Constante du Tableau B.1	—
$G$	Paramètre d'orientation du mélange	—
$G_i$	Paramètre d'orientation pour le $i^{\text{e}}$ composant (Tableau B.2)	—
$G_j$	Paramètre d'orientation pour le $j^{\text{e}}$ composant	—
$G_{ij}$	Paramètre d'orientation binaire	—
$G_{ij}^*$	Paramètre d'interaction binaire pour l'orientation (Tableau B.3)	—
$g_n$	Constante du Tableau B.1	—
$H_S$	Pouvoir calorifique supérieur	$\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$
$K$	Paramètre de taille	$(\text{m}^3/\text{kmol})^{1/3}$
$K_i$	Paramètre de taille pour le $i^{\text{e}}$ composant (Tableau B.2)	$(\text{m}^3/\text{kmol})^{1/3}$
$K_j$	Paramètre de taille pour le $j^{\text{e}}$ composant	$(\text{m}^3/\text{kmol})^{1/3}$
$K_{ij}$	Paramètre d'interaction binaire pour la taille (Tableau B.3)	—
$k_n$	Constante du Tableau B.1	—