

---

---

**Gaz naturel — Gaz naturel pour usage  
comme carburant comprimé pour  
véhicules —**

**Partie 1:  
Désignation de la qualité**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Natural gas — Natural gas for use as a compressed fuel for vehicles —  
Part 1: Designation of the quality*  
(standards.iteh.ai)

[ISO 15403-1:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006>



**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 15403-1:2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006>

© 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)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<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>2</b>
<b>4</b> <b>Symboles et abréviations</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b> <b>Exigences relatives à la composition du gaz</b> .....	<b>10</b>
<b>6</b> <b>Propriétés du gaz</b> .....	<b>11</b>
<b>7</b> <b>Agrément de conduite</b> .....	<b>12</b>
<b>8</b> <b>Méthodes d'essai</b> .....	<b>12</b>
<b>9</b> <b>Échantillonnage</b> .....	<b>13</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Teneurs en propane et en butane</b> .....	<b>14</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Plages d'indice de Wobbe</b> .....	<b>16</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Détonation (cliquetis) du moteur</b> .....	<b>18</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Indice de méthane et indice d'octane</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Teneur en eau des gaz naturels</b> .....	<b>22</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>23</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 15403-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 193, *Gaz naturel*.

Cette première édition de l'ISO 15403-1 annule et remplace l'ISO 15403:2000, qui a fait l'objet d'une révision mineure comprenant les modifications suivantes:

- ISO 15403-1:2006**  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c07111d9-3080-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006>
- correction du titre, de manière à refléter la nouvelle structure de l'ISO 15403 en deux parties;
  - mise à jour du document conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2, Cinquième édition, 2004;
  - mise à jour des références citées à l'Article 2, Références normatives, et à la Bibliographie, conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2, Cinquième édition, 2004.

L'ISO 15403 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Gaz naturel* — *Gaz naturel pour usage comme carburant comprimé pour véhicules*:

- *Partie 1: Désignation de la qualité*
- *Partie 2: Spécification de la qualité* [Rapport technique]

## Introduction

Depuis un certain nombre d'années, le gaz naturel sert dans une certaine mesure de carburant pour les moteurs à combustion interne des stations de compression, des systèmes de cogénération et de véhicules de divers types. La croissance de ces applications demandait toutefois de prendre en compte certains aspects qui restaient défailants, notamment l'aspect économique et la mise à disposition de carburants. Aujourd'hui, avec la bonne implantation de l'industrie gazière, qui répond à 20 % des besoins mondiaux en énergie primaire, et la nécessité de trouver des substituts moins polluants aux carburants ordinaires, la situation s'est considérablement améliorée. Les véhicules au gaz naturel sont devenus au cours des dix dernières années une option viable avec environ cinq millions de véhicules circulant dans le monde. Cette croissance se poursuit grâce aux politiques gouvernementales qui favorisent l'utilisation de ce carburant propre et écologique. De nombreux opérateurs de parcs automobiles convertissent leurs véhicules, et les constructeurs automobiles mettent au point et commercialisent des véhicules adaptés au gaz naturel.

Les véhicules roulant au gaz naturel, au sens de la présente Norme internationale, utilisent le gaz stocké sous forme comprimée «embarquée». La pression de stockage dans les différents réservoirs est de l'ordre de 25 000 kPa au maximum. Bien que cette pression doive être réduite avant la combustion, la compression et le stockage permettent aux véhicules roulant au gaz naturel d'avoir une autonomie suffisante. Tandis qu'à l'origine on convertissait les moteurs à essence ou au diesel pour fonctionner au gaz naturel, on met actuellement au point, puis on fabrique de façon extensive, des moteurs à hautes performances fonctionnant exclusivement au gaz naturel. Le gaz naturel peut également être stocké sous forme liquéfiée (GNL) dans le réservoir des véhicules roulant au gaz naturel. Cet aspect fera toutefois l'objet d'une Norme internationale séparée.

La présente partie de l'ISO 15403, qui concerne la désignation des qualités du gaz naturel comprimé, est destinée à définir les exigences internationales auxquelles doit satisfaire le gaz naturel lorsqu'il est utilisé comme carburant. Ces exigences doivent en effet être connues des constructeurs automobiles et des fabricants de moteurs pour leur permettre de mettre au point des matériels à hautes performances qui fonctionnent au gaz naturel comprimé.

Un rapport technique donnant de façon détaillée la composition des gaz utilisés dans la présente partie de l'ISO 15403 est à publier en tant qu'ISO/TR 15403-2.

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

ISO 15403-1:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006>

# Gaz naturel — Gaz naturel pour usage comme carburant comprimé pour véhicules —

## Partie 1: Désignation de la qualité

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 15403 a pour objet de fournir aux constructeurs, aux exploitants de parcs automobiles, aux responsables de stations de remplissage et à tous ceux qui sont impliqués dans l'industrie des véhicules roulant au gaz naturel comprimé les informations qui leur sont nécessaires sur la qualité du carburant alimentant les véhicules ainsi que les équipements automobiles conçus pour fonctionner avec du gaz naturel comprimé.

Les carburants respectant les exigences de la présente partie de l'ISO 15403 sont censés

- a) assurer un fonctionnement en toute sécurité du véhicule et des équipements qui lui sont associés pendant le remplissage et en maintenance,
- b) protéger l'installation des effets nocifs de la corrosion, de la contamination, et des dépôts liquides ou solides, et
- c) garantir un fonctionnement satisfaisant du véhicule dans toutes les conditions climatiques et quelles que soient les sollicitations que lui fait subir le conducteur.

Des aspects abordés dans la présente partie de l'ISO 15403 peuvent également être applicables à l'utilisation du gaz naturel dans les moteurs stationnaires à combustion interne.

### 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 6976:1995, *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*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent. Les définitions ont été reprises de l'ISO 14532, chaque fois que c'était possible.

**3.1 gaz naturel**  
mélange complexe d'hydrocarbures, composé principalement de méthane, mais en général également, en beaucoup plus faibles quantités, d'éthane, de propane et d'hydrocarbures supérieurs, ainsi que de certains gaz non combustibles tels que l'azote et le dioxyde de carbone

NOTE 1 Le gaz naturel renferme aussi, en général, des constituants en traces, en faibles quantités.

NOTE 2 Le gaz naturel est produit à partir de gaz brut ou de gaz naturel liquéfié, traité et mélangé, si nécessaire, à un degré compatible avec son utilisation directe (par exemple comme combustible gazeux).

NOTE 3 Le gaz naturel demeure à l'état gazeux dans les conditions de températures et de pressions normalement rencontrées en service.

NOTE 4 Le gaz naturel se compose principalement de méthane (fraction molaire supérieure à 0,70); son pouvoir calorifique supérieur se situe normalement dans une plage comprise entre 30 MJ/m<sup>3</sup> et 45 MJ/m<sup>3</sup>. Il contient également de l'éthane (généralement en fraction molaire de 0,10 au maximum), du propane, des butanes et des alcanes supérieurs en quantités décroissant régulièrement. L'azote et le dioxyde de carbone sont ses principaux constituants non combustibles, chacun étant présent à un niveau qui peut varier entre 0,01 et 0,20 en fraction molaire.

Le gaz naturel brut est transformé en combustible industriel, commercial ou domestique, ou en matière première pour l'industrie chimique. Ce traitement vise à diminuer la teneur en constituants potentiellement corrosifs, tels que le sulfure d'hydrogène et le dioxyde de carbone, ainsi que d'autres composés, tels que l'eau ou les hydrocarbures supérieurs, qui peuvent se condenser pendant le transport ou la distribution du gaz. Le sulfure d'hydrogène (hydrogène sulfuré), les composés organiques soufrés et l'eau sont ainsi réduits à l'état de traces, et la quantité élevée de dioxyde de carbone diminue jusqu'à ne plus dépasser une fraction molaire de 0,05.

Normalement, le gaz naturel est techniquement exempt d'aérosols, de liquides et de matières particulaires.

Dans certaines conditions, le gaz naturel peut être mélangé avec du gaz de ville ou du gaz de four à coke, auquel cas sa teneur en hydrogène et en monoxyde de carbone peut atteindre des fractions molaires de 0,10 et 0,03 respectivement. Dans ce cas, de petites quantités d'éthylène peuvent également être présentes.

Le gaz naturel peut également être mélangé à des mélanges air/gaz de pétrole liquéfiés (GPL); dans ce cas, il contiendra de l'oxygène, de même que du propane et des butanes en quantités fortement accrues.

NOTE 5 Le gaz naturel de qualité «transport» (ou «gazoduc») est un gaz qui a été traité de manière à pouvoir être utilisé directement comme combustible industriel, commercial ou domestique, ou comme matière première pour l'industrie chimique.

Son traitement est destiné à réduire les effets corrosifs et toxiques de certains constituants, et à éviter la condensation de l'eau ou des hydrocarbures dans les réseaux de transport et de distribution du gaz.

En règle générale, l'hydrogène sulfuré et l'eau ne sont présents qu'à l'état de traces, et le dioxyde de carbone en quantités réduites.

[ISO 14532:2001, 2.1.1.1]

**3.2 gaz naturel de substitution**  
gaz manufacturé ou ajusté dont les propriétés le rendent interchangeable avec le gaz naturel

[ISO 14532:2001, 2.1.1.3]

NOTE Le gaz manufacturé est quelquefois appelé gaz naturel de synthèse.



**3.3****gaz naturel comprimé**

gaz naturel utilisé comme carburant pour véhicules, généralement comprimé jusqu'à 20 000 kPa à l'état gazeux

[ISO 14532:2001, 2.1.1.12]

NOTE La pression maximale du gaz naturel stocké dans un conteneur est 25 000 kPa.

**3.4****qualité du gaz**

caractéristique du gaz naturel dépendant de sa composition et de ses propriétés chimiques

[ISO 14532:2001, 2.1.1.14]

**3.5****conditions normales de référence**

conditions de référence de la pression, de la température et de l'humidité (état de saturation) égales à 101,325 kPa et 273,15 K pour un gaz réel sec

**3.6****conditions standard de référence**

conditions de référence de la pression, de la température et de l'humidité (état de saturation) égales à 101,325 kPa et 288,15 K pour un gaz réel sec

NOTE 1 La bonne pratique veut que les conditions de référence soient indiquées avec le symbole de la grandeur physique représentée, et non pas avec son unité.

## EXEMPLE

$$\tilde{H}_S [p_{\text{crc}}, T_{\text{crc}}, V(p_{\text{mrc}}, T_{\text{mrc}})]$$

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ea7111d9-30f9-472f-bebe-6640a9d8f7d7/iso-15403-1-2006>

où

$\tilde{H}_S$  est le pouvoir calorifique supérieur, exprimé en termes de volume;

$T_{\text{crc}}$  est la température, dans les conditions de référence de la combustion;

$p_{\text{crc}}$  est la pression, dans les conditions de référence de la combustion;

$V(p_{\text{mrc}}, T_{\text{mrc}})$  est le volume, à la température et à la pression dans les conditions de référence du mesurage.

NOTE 2 Les conditions standard de référence sont également appelées conditions standard métriques.

NOTE 3 L'abréviation t.p.s. (température et pression standard) remplace l'abréviation T.P.N. (température et pression normales), anciennement utilisée, et se définit comme la condition où la pression et la température sont respectivement égales à 101,325 kPa et 288,15 K. Aucune restriction n'est donnée quant à l'état de saturation.

[ISO 14532:2001, 2.6.1.4]

**3.7****pouvoir calorifique supérieur****PCS**

quantité d'énergie libérée sous forme de chaleur par la combustion complète dans l'air d'une quantité spécifiée de gaz, de manière que la pression,  $p_1$ , à laquelle se produit la réaction demeure constante et que tous les produits de combustion soient ramenés à la même température,  $T_1$ , que les produits de réaction, tous les produits se trouvant à l'état gazeux à l'exception de l'eau formée par la combustion, qui est condensée à l'état liquide à  $T_1$

NOTE 1 Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de moles, le pouvoir calorifique supérieur, exprimé en MJ/mol, est désigné comme étant

$$\bar{H}_S(p_1, T_1)$$

Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de masse, le pouvoir calorifique supérieur, exprimé en MJ/kg, est désigné comme étant

$$\hat{H}_S(p_1, T_1)$$

Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de volume, le pouvoir calorifique supérieur, exprimé en MJ/m<sup>3</sup>, est désigné comme étant

$$\tilde{H}_S[p_1, T_1, V(p_2, T_2)]$$

où  $p_2$  et  $T_2$  sont les conditions de référence (de mesurage) du volume de gaz.

Il convient que le pouvoir calorifique en termes de volume soit spécifié dans les conditions normales ou standard de référence.

NOTE 2 L'anglais dispose de plusieurs synonymes pour désigner le pouvoir calorifique supérieur.

NOTE 3 Il convient que le pouvoir calorifique soit spécifié dans les conditions de combustion.

NOTE 4 Le pouvoir calorifique est normalement indiqué à l'état sec.

EXEMPLE  $\tilde{H}_{S,w}(p_{src}, T_{src})$  désigne le pouvoir calorifique supérieur, exprimé en termes de volume, dans les conditions standard de référence et à l'état humide. Pour des raisons de simplicité, les conditions de combustion ne sont pas spécifiées.

ISO 15403-1:2006

NOTE 5 Adapté de l'ISO 14532:2001 2.6.4.2

### 3.8

#### pouvoir calorifique inférieur

quantité d'énergie libérée sous forme de chaleur par la combustion complète dans l'air d'une quantité spécifiée de gaz de telle manière que la pression,  $p_1$ , à laquelle se produit la réaction demeure constante et que tous les produits de combustion soient ramenés à la même température spécifiée,  $T_1$ , que les produits de réaction, tous les produits se trouvant à l'état gazeux

NOTE 1 Le pouvoir calorifique supérieur diffère du pouvoir calorifique inférieur de par la chaleur de la condensation de l'eau sous l'effet de la combustion.

NOTE 2 Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de moles, le pouvoir calorifique inférieur, exprimé en MJ/mol, est désigné par

$$\bar{H}_I(p_1, T_1)$$

Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de masse, le pouvoir calorifique inférieur, exprimé en MJ/kg, est désigné par

$$\hat{H}_I(p_1, T_1)$$

Lorsque la quantité de gaz est exprimée en termes de volume, le pouvoir calorifique inférieur, exprimé en MJ/m<sup>3</sup>, est désigné par

$$\tilde{H}_I[p_1, T_1, V(p_2, T_2)]$$

où  $p_2$  et  $T_2$  sont les conditions de référence (de mesurage) du volume de gaz.

NOTE 3 L'anglais dispose de plusieurs synonymes pour désigner le pouvoir calorifique inférieur.

NOTE 4 Les pouvoirs calorifiques supérieur et inférieur peuvent également être indiqués pour le gaz à l'état sec ou humide (indice «w») en fonction de la teneur en vapeur d'eau contenue dans le gaz avant la combustion.

Les effets de la vapeur d'eau sur le pouvoir calorifique, qu'ils soient mesurés directement ou calculés, sont décrits dans l'Annexe F de l'ISO 6976:1995.

NOTE 5 Normalement le pouvoir calorifique indiqué est le pouvoir calorifique supérieur à l'état sec, exprimé en termes de volume, dans les conditions normales ou standard de référence.

[ISO 14532:2001, 2.6.4.2]

### 3.9

#### masse volumique

quotient de la masse du gaz par le volume de celui-ci dans les conditions spécifiées de pression et de température

NOTE La représentation mathématique de la masse volumique est

$$\rho(p, T) = \frac{m}{V(p, T)}$$

[ISO 14532:2001, 2.6.3.1]

### 3.10

#### densité

quotient de la masse d'un gaz, contenue dans un volume arbitraire, par la masse d'air sec de composition normale (définie dans l'ISO 6976:1995) qui serait contenue dans le même volume dans les mêmes conditions de référence

ISO 15403-1:2006

NOTE 1 Définition équivalente: Rapport de la masse volumique du gaz  $\rho_g$  à la masse volumique d'air sec de composition normale  $\rho_a$  dans les mêmes conditions de référence.

$$d = \frac{\rho_g(p_{src}, T_{src})}{\rho_a(p_{src}, T_{src})}$$

où

$p_{src}$  est la pression aux conditions standard de référence;

$T_{src}$  est la température aux conditions standard de référence;

$\rho(p_{src}, T_{src})$  est la masse volumique aux conditions standard de référence de température et de pression.

NOTE 2 La masse volumique peut être définie par la loi des gaz réels:

$$\rho = \frac{M \cdot p}{Z \cdot R \cdot T}$$

Dans ce cas, si l'air et le gaz sont considérés comme des gaz réels, la densité devient:

$$d = \frac{\frac{M_g \cdot p_{src}}{Z_g(p_{src}, T_{src}) \cdot R \cdot T_{src}}}{\frac{M_a \cdot p_{src}}{Z_a(p_{src}, T_{src}) \cdot R \cdot T_{src}}} = \frac{M_g \cdot Z_a(p_{src}, T_{src})}{M_a \cdot Z_g(p_{src}, T_{src})}$$

En revanche, en cas de comportement des gaz comme des gaz parfaits, si l'air et le gaz sont considérés comme obéissant à la loi des gaz parfaits, la densité devient:

$$d = \frac{M_g}{M_a}$$

NOTE 3 [Ne s'applique qu'à l'anglais.]

[ISO 14532:2001, 2.6.3.2]

### 3.11 indice de Wobbe

quotient, en termes de volume, dans les conditions de référence spécifiées, du pouvoir calorifique par la racine carrée de la densité, dans les mêmes conditions spécifiées de référence de mesurage

NOTE 1 Le volume est exprimé dans les conditions normales ou standard de référence.

NOTE 2 L'indice de Wobbe est spécifié par l'indice supérieur (indice «S») ou inférieur (indice «I»), en fonction du pouvoir calorifique considéré, et à l'état sec ou humide (indice «w»), en fonction du pouvoir calorifique et de la masse volumique correspondante.

EXEMPLE

Indice de Wobbe supérieur, spécifié en termes de volume, dans les conditions standard de référence et à l'état humide:

$$W_S(p_{src}, T_{src}) = \frac{\tilde{H}_{S,w}(p_{src}, T_{src})}{\sqrt{d_w(p_{src}, T_{src})}}$$

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

NOTE 3 L'indice de Wobbe est la mesure de la quantité de chaleur alimentant les appareils à gaz, dérivée de l'équation du débit au niveau de l'orifice d'entrée. Des gaz naturels de compositions différentes mais ayant le même indice de Wobbe et les mêmes conditions de pression auront le même rapport calorifique (voir l'ISO 6976).

NOTE Adapté de l'ISO 14532:2001, 2.6.4.4.

### 3.12 facteur de compressibilité

quotient du volume réel d'une masse arbitraire de gaz, dans les conditions spécifiées de pression et de température, et du volume du même gaz, dans les mêmes conditions, calculé d'après la loi des gaz parfaits

NOTE 1 Les termes «facteur de compression» et «facteur Z» sont synonymes de «facteur de compressibilité».

NOTE 2 La formule du facteur de compressibilité est la suivante:

$$Z = \frac{V_m(\text{réel})}{V_m(\text{parfait})}$$

où

$$V_m(\text{parfait}) = \frac{R \cdot T}{p}$$

Ainsi

$$Z(p, T, y) = \frac{p \cdot V_m(y)}{R \cdot T}$$

où

$p$  est la pression absolue;

$T$  est la température thermodynamique;