
**Gaz naturel — Corrélation entre la teneur
en eau et le point de rosée eau**

Natural gas — Correlation between water content and water dew point

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18453:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-
cd606948746a/iso-18453-2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004)



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 18453:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f61e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f61e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004>

© ISO 2004

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
Web www.iso.org

Version française parue en 2005

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Mise au point de la corrélation	2
4 Plage d'application et incertitude de la corrélation	3
5 Corrélation	4
Annexe A (normative) Principes thermodynamiques	9
Annexe B (informative) Traçabilité	16
Annexe C (informative) Exemples de calculs	18
Annexe D (informative) Indices, symboles, unités, facteurs de conversion et abréviations	20
Bibliographie	22

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18453:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f61e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f61e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004>

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 18453 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 193, *Gaz naturel*, sous-comité SC 1, *Analyse du gaz naturel*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 18453:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004>

Introduction

L'ISO/TC 193, *Gaz naturel*, a été créé en mai 1989 dans le but d'élaborer de nouvelles normes et de mettre à jour les normes existantes applicables au gaz naturel. Cela concerne les domaines de l'analyse du gaz, du mesurage direct des propriétés, de la désignation de la qualité et de la traçabilité.

Le présent document fournit une relation mathématique fiable entre la teneur en eau et le point de rosée eau du gaz naturel. La méthode de calcul a été mise au point par le GERG; elle est applicable dans les deux sens, c'est-à-dire qu'elle permet aussi bien de calculer la teneur en eau que le point de rosée eau. L'Annexe A donne des informations sur les principes thermodynamiques et l'Annexe B des informations sur la traçabilité, les applications et les incertitudes associées à ce travail.

Certains problèmes opérationnels rencontrés dans l'industrie du gaz naturel peuvent provenir de la teneur en eau des gaz naturels. Même avec une faible teneur en vapeur d'eau dans le gaz, la variation des conditions de pression et de température de service peut provoquer la condensation de l'eau et, par conséquent, conduire à des problèmes de corrosion, de formation d'hydrates ou de glace. Pour éviter ces problèmes, des unités de déshydratation onéreuses ont été installées par les compagnies de gaz naturel. La conception et le coût de ces installations dépendent de la connaissance exacte de la teneur en eau au point de rosée et de la teneur en eau exigée (contractuellement).

Les instruments conçus suite au perfectionnement des appareils de mesure de l'humidité au cours des dernières décennies s'attachent surtout à la détermination de la teneur en eau plutôt qu'à celle du point de rosée eau. Par conséquent, si la teneur en eau est mesurée, une corrélation est nécessaire pour l'expression du point de rosée eau.

ISO 18453:2004

Le GERG¹⁾ a identifié le besoin de créer une base de données complète et exacte des valeurs de la teneur en eau et du point de rosée eau correspondant pour de nombreux gaz naturels représentatifs dans la plage considérée avant de valider les corrélations existantes entre la teneur en eau et le point de rosée eau.

Il a ensuite été démontré que la plage d'incertitude des corrélations existantes pouvait être améliorée.

Une corrélation plus exacte, liée à la composition, a donc été mise au point avec succès à partir de la nouvelle base de données.

L'objectif de la présente Norme internationale est de normaliser la méthode de calcul du GERG concernant la relation entre la teneur en eau et le point de rosée eau (et vice versa) dans le domaine du gaz naturel, généralement lors du transfert de propriété.

1) GERG est l'abréviation de Groupe Européen de Recherches Gazières.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 18453:2004

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe1e7718-01f8-43e7-82a9-cd606948746a/iso-18453-2004>

Gaz naturel — Corrélation entre la teneur en eau et le point de rosée eau

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour fournir à l'utilisateur une relation mathématique fiable entre la teneur en eau et le point de rosée eau du gaz naturel, lorsque l'une des deux valeurs est connue. La méthode de calcul, mise au point par le GERG, est applicable aussi bien pour calculer la teneur en eau que le point de rosée eau.

La présente Norme internationale donne l'incertitude pour la corrélation, mais n'a pas pour but de quantifier les incertitudes de mesure.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

corrélation

liaison entre deux ou plusieurs variables aléatoires à l'intérieur d'une loi

[ISO 3534-1]

NOTE L'indication des plages de température, de pression et de composition pour lesquelles la corrélation a été validée est donnée à l'Article 3.

2.2

étendue de travail

plage de paramètres pour laquelle la corrélation a été validée

2.3

étendue de travail élargie

plage de paramètres pour laquelle la corrélation a été mise au point, mais qui est située hors de la plage de paramètres pour laquelle la corrélation a été validée

2.4

incertitude de la corrélation

écart absolu de la valeur calculée à partir de la base de données expérimentale

NOTE Elle n'inclut aucune incertitude de mesure sur le terrain.

2.5

facteur acentrique

paramètre utilisé pour caractériser l'acentricité ou la non-sphéricité d'une molécule

NOTE Cette définition a été tirée de la référence [1] de la Bibliographie.

2.6

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

[ISO 14532:2001]

2.7

traçabilité

propriété d'un résultat de mesure ou de la valeur d'un étalon de pouvoir être rapportée à des étalons appropriés, généralement internationaux ou nationaux, par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons dont toutes sont affectées d'une incertitude donnée

[ISO 14532:2001]

3 Mise au point de la corrélation

Dans le passé, le GERG a identifié le besoin de disposer d'une conversion précise entre la teneur en eau et le point de rosée eau des gaz naturels présentant des caractéristiques de gaz commercial. Pour réaliser cet objectif, le GERG a défini un programme de recherche. Au cours de la première phase du projet, des données fiables sur la teneur en eau ainsi que des données sur le point de rosée eau ont été recueillies pour plusieurs gaz naturels dans la plage de température de rosée considérée, de -15 °C à $+5\text{ °C}$, et dans la plage de pression (absolue) considérée, de 0,5 MPa à 10 MPa. En plus des mesurages sur les sept gaz naturels représentatifs, des mesurages ont également été réalisés sur le système binaire clé méthane/eau. Le mode opératoire utilisé pour réunir les données mesurées a été la méthode de saturation.

En prenant les valeurs déterminées pour la répétabilité et la reproductibilité du titrimètre Karl Fischer comme critères de cohérence pour toutes les teneurs en eau mesurées, seules quelques valeurs incohérentes ont été détectées, situées principalement dans la plage de faible teneur en eau (pression élevée, plage de basses températures). Les valeurs ayant échoué au contrôle de cohérence ont été soit rejetées, soit, dans peu de cas, faiblement pondérées dans la banque de données. Dans la plupart des cas, ces valeurs ont été remplacées par des mesurages répétés réalisés dans les mêmes conditions de pression et de température.

Des informations détaillées sur le mode opératoire expérimental et la composition des gaz naturels utilisés pendant les expériences se trouvent dans la monographie [2] du GERG.

La relation ainsi mise au point est validée pour des températures de rosée allant de -15 °C à $+5\text{ °C}$ et des pressions (absolues) comprises entre 0,5 MPa et 10 MPa.

Les gaz naturels représentatifs utilisés pour valider la corrélation ont été prélevés techniquement exempts de glycol, méthanol, hydrocarbures liquides et avec une teneur maximale en H_2S de 5 mg/m^3 (en conditions normales). Aucune étude n'a été réalisée sur l'impact des incertitudes provenant de l'inclusion de ces contaminants.

Les bases thermodynamiques de la relation obtenue permettent d'étendre le domaine d'applicabilité au-delà de l'étendue de travail, à des températures comprises entre -50 °C et $+40\text{ °C}$ et à des pressions (absolues) comprises entre 0,1 MPa et 30 MPa, avec des incertitudes inconnues.

Il est prévu que la corrélation entre la teneur en eau et le point de rosée eau soit interprétée comme réciproque. Il est à noter que cette relation a été établie dans des conditions de laboratoire à l'aide de plusieurs compositions de gaz naturel prélevées sur le terrain. Dans les conditions pratiques de fonctionnement sur le terrain, d'autres incertitudes significatives sont générées.

Outre l'incertitude liée à la conversion du mesurage proprement dit, il convient aussi de tenir compte des incertitudes des valeurs mesurées.

Sauf indication contraire explicite, le volume est indiqué dans les conditions normales de référence (2.6).

4 Plage d'application et incertitude de la corrélation

4.1 Étendue de travail

L'étendue de travail est comprise dans les plages définies ci-dessus et les incertitudes associées sont les suivantes.

- a) Plage de pression: $0,5 \text{ MPa} \leq p \leq 10 \text{ MPa}$.
- b) Plage de température de rosée: $-15 \text{ °C} \leq t \leq +5 \text{ °C}$.
- c) Plage de composition: la corrélation accepte l'eau et les constituants indiqués dans le Tableau 1 comme paramètres d'entrée. La méthode de calcul est applicable aux gaz naturels qui satisfont aux limitations énumérées dans le Tableau 1. Des exemples montrant l'influence de la composition sont donnés à l'Annexe C.

Tableau 1 — Plage de composition pour la composition molaire en pourcentage

Constituant	Composition molaire en pourcentage
Méthane (CH ₄)	≥ 40,0 %
Azote (N ₂)	≤ 55,0 %
Dioxyde de carbone (CO ₂)	≤ 30,0 %
Éthane (C ₂ H ₆)	≤ 20,0 %
Propane (C ₃ H ₈)	≤ 4,5 %
2-Méthyl propane (C ₄ H ₁₀)	≤ 1,5 %
<i>n</i> -Butane (C ₄ H ₁₀)	≤ 1,5 %
2,2-Diméthyl propane (C ₅ H ₁₂)	≤ 1,5 %
2-Méthyl butane (C ₅ H ₁₂)	≤ 1,5 %
<i>n</i> -Pentane (C ₅ H ₁₂)	≤ 1,5 %
C ₆₊ (somme de l'hexane et d'hydrocarbures supérieurs) (C ₆ H ₁₄)	≤ 1,5 %
NOTE	Les constituants en C ₆₊ sont traités comme le <i>n</i> -hexane.

Dans les plages ci-dessus, les incertitudes sont les suivantes:

— pour le point de rosée eau calculé à partir de la teneur en eau: $\pm 2 \text{ °C}$;

— pour la teneur en eau calculée à partir du point de rosée eau:

$$1) \beta_w < 580 \text{ mg/m}^3: \quad 0,14 + 0,021 \times \beta_w \pm 20 \text{ (mg/m}^3\text{)};$$

$$2) \beta_w \geq 580 \text{ mg/m}^3: \quad -18,84 + 0,0537 \times \beta_w \pm 20 \text{ (mg/m}^3\text{)}.$$

Pour les applications de ces formules, voir l'Annexe B et les exemples donnés dans l'Annexe C.

NOTE La conversion entre les conditions normales de référence et les conditions de référence standard est donnée dans l'ISO 13443.

4.2 Étendue de travail élargie

L'extension de la plage d'application peut être extrapolée dans les limites des plages suivantes, mais les incertitudes associées sont inconnues.

- a) Plage de pression: la plage élargie de pression (absolue) est $0,1 \text{ MPa} \leq p < 0,5 \text{ MPa}$ et $10 \text{ MPa} < p \leq 30 \text{ MPa}$.
- b) Plage de température: la plage élargie de température de rosée est $-50 \text{ °C} \leq t < -15 \text{ °C}$ et $+5 \text{ °C} < t \leq +40 \text{ °C}$.
- c) Plage de composition: la plage des constituants est la même qu'en 4.1.

5 Corrélation

5.1 Généralités

La méthode de corrélation est basée sur l'équation d'état de Peng et Robinson (voir l'Annexe A pour des informations détaillées).

Afin de garantir un calcul exact de la pression de vapeur d'eau au-dessus de la glace et de l'eau liquide, il a été décidé de diviser la nouvelle fonction α en deux parties:

- la plage de température de 223,15 K à 273,16 K, c'est-à-dire les données de la pression de vapeur au-dessus de la glace;
- la plage de température de 273,16 K à 313,15 K, c'est-à-dire les données de la pression de vapeur au-dessus de l'eau liquide.

$$\alpha(T_R) = \left[1 + A_1(1 - T_R^{1/2}) + A_2(1 - T_R^{1/2})^2 + A_3(1 - T_R^{1/2})^4 \right]^2$$

où T_R est la température réduite, comme suit:

$$T_R = \frac{T}{T_{\text{crit}}}$$

Les coefficients de la nouvelle fonction α sont énumérés ci-dessous.

- a) Pour la plage $223,15 \text{ K} \leq T < 273,16 \text{ K}$:

- 1) $A_1 = 0,106 \ 025$
- 2) $A_2 = 2,683 \ 845$
- 3) $A_3 = -4,756 \ 38$

- a) Pour la plage $273,16 \text{ K} \leq T < 313,15 \text{ K}$:

- 1) $A_1 = 0,905 \ 436$
- 2) $A_2 = -0,213 \ 781$
- 3) $A_3 = 0,260 \ 05$

Une estimation fiable pour le paramètre a été obtenue à partir d'une série appropriée de données d'équilibres vapeur-liquide.

Les paramètres optimaux pour les paramètres binaires k_{ij} peuvent être déterminés en satisfaisant au critère statistique spécifié (minimisation d'une fonction objective à l'aide d'un algorithme des moindres carrés). Pour les systèmes binaires, dioxyde de carbone/eau, méthane/eau et éthane/eau, il a été nécessaire d'introduire des paramètres d'interaction dépendant de la température pour obtenir une description satisfaisante de l'équilibre vapeur-liquide. La dépendance en température est donnée par:

$$k_{ij}(T) = k_{ij,0} + k_{ij,1} \left(\frac{T}{273,15} - 1 \right)$$

Cette définition de $k_{ij}(T)$ présente l'avantage que k_{ij} soit égal à $k_{ij,0}$ lorsque la température est de 0 °C. Les paramètres du système aqueux binaire sont optimisés pour l'étendue de travail élargie de cette corrélation (de -50 °C à 40 °C). Il n'est pas admis d'extrapoler les données au-delà de l'étendue de travail élargie.

Des données relatives aux constituants purs sont énumérées dans le Tableau 2, et le Tableau 3 donne un aperçu de l'ensemble des paramètres d'interaction binaire.

**Tableau 2 — Données relatives aux constituants purs
(propriétés des constituants utilisées dans le calcul)**

Constituant	ω	p_c	T_c	Source
Eau (H ₂ O)	0,344 37	220,64	647,14	Knapp (1982) [12]
Azote (N ₂)	0,035 93	33,99	126,26	Knapp (1982) [12]
Dioxyde de carbone (CO ₂)	0,223 94	73,86	304,21	Knapp (1982) [12]
Méthane (CH ₄)	0,011 4	45,99	190,55	Knapp (1982) [12]
Éthane (C ₂ H ₆)	0,099 09	48,72	305,33	Knapp (1982) [12]
Propane (C ₃ H ₈)	0,156 11	42,46	369,85	Knapp (1982) [12]
2-Méthyl propane (<i>i</i> -C ₄ H ₁₀)	0,184 65	36,4	407,85	Knapp (1982) [12]
<i>n</i> -Butane (<i>n</i> -C ₄ H ₁₀)	0,197 77	37,84	425,14	Knapp (1982) [12]
2,2-Diméthyl propane (<i>neo</i> -C ₅ H ₁₂)	0,195 28	31,96	433,75	Knapp (1982) [12]
2-Méthyl butane (<i>i</i> -C ₅ H ₁₂)	0,226 06	33,7	460,39	Knapp (1982) [12]
<i>n</i> -Pentane (<i>n</i> -C ₅ H ₁₂)	0,249 83	33,64	469,69	Knapp (1982) [12]
<i>n</i> -Hexane (C ₆ H ₁₄)	0,296	30,2	507,85	Knapp (1982) [12]
ω est le facteur acentrique				
p_c est la pression critique, exprimée en bars.				
T_c est la température critique, exprimée en Kelvins.				

Tableau 3 — Paramètres d'interaction binaire

Constituant <i>i</i>	Constituant <i>j</i>	$k_{ij,0}$	$k_{ij,1}$	Source
Eau	Azote	0,480 0	0	GERG [2]
Eau	Dioxyde de carbone	0,184	0,236	GERG [2]
Eau	Méthane	0,651	-1,385	GERG [2]
Eau	Éthane	0,635	-0,93	GERG [2]
Eau	Propane	0,53	0	GERG [2]
Eau	<i>n</i> -Butane	0,69	0	GERG [2]
Eau	<i>n</i> -Pentane	0,5	0	GERG [2]
Eau	<i>n</i> -Hexane	0,5	0	GERG [2]
Eau	2-Méthyl propane	0,69	0	GERG [2]
Eau	2,2-Diméthyl propane	0,5	0	GERG [2]
Eau	2-Méthyl butane	0,5	0	GERG [2]
Azote	Dioxyde de carbone	-0,017 0	0	Knapp (1982) [9]
Azote	Méthane	0,031 1	0	Knapp (1982) [9]
Azote	Éthane	0,051 5	0	Knapp (1982) [9]
Azote	Propane	0,085 2	0	Knapp (1982) [9]
Azote	<i>n</i> -Butane	0,080 0	0	Knapp (1982) [9]
Azote	<i>n</i> -Pentane	0,100 0	0	Knapp (1982) [9]
Azote	<i>n</i> -Hexane	0,149 6	0	Knapp (1982) [9]
Azote	2-Méthyl propane	0,103 3	0	Knapp (1982) [9]
Azote	2,2-Diméthyl propane	0,093 0	0	Avlonitis (1994) [8]
Azote	2-Méthyl butane	0,092 2	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	Méthane	0,091 9	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	Éthane	0,132 2	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	Propane	0,124 1	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	<i>n</i> -Butane	0,133 3	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	<i>n</i> -Pentane	0,122 2	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	<i>n</i> -Hexane	0,110 0	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	2-Méthyl propane	0,120 0	0	Knapp (1982) [9]
Dioxyde de carbone	2,2-Diméthyl propane	0,126 0	0	Kordas (1994) [10]
Dioxyde de carbone	2-Méthyl butane	0,121 9	0	Knapp (1982) [9]
Méthane	Éthane	-0,002 6	0	Knapp (1982) [9]
Méthane	Propane	0,014 0	0	Knapp (1982) [9]
Méthane	<i>n</i> -Butane	0,013 3	0	Knapp (1982) [9]
Méthane	<i>n</i> -Pentane	0,023 0	0	Knapp (1982) [9]
Méthane	<i>n</i> -Hexane	0,042 2	0	Knapp (1982) [9]