

RECOMMANDATION
INTERNATIONALE

OIML R 81
Édition 1998 (F)

Dispositifs et systèmes de mesure dynamique
de liquides cryogéniques

Dynamic measuring devices and systems for cryogenic liquids



Sommaire

Avant-propos	3
SECTION I - GÉNÉRALITÉS	
1 Objet	4
2 Domaine d'application	4
3 Terminologie	4
4 Principes de la Recommandation	7
5 Unités de mesure	7
SECTION II - EXIGENCES MÉTROLOGIQUES	
6 Erreurs maximales tolérées (emt)	7
7 Débits d'un système de mesure ou d'un compteur	7
8 Quantité mesurée minimale	7
SECTION III - EXIGENCES TECHNIQUES	
9 Dispositifs indicateurs (indicateurs)	8
10 Dispositifs imprimeurs (imprimeurs)	8
11 Systèmes de mesure	8
12 Canalisations et vannes de livraison	9
13 Marques	10
SECTION IV - SYSTÈMES DE MESURE MUNIS DE DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES	
14 Systèmes de mesure munis de dispositifs électroniques	10
SECTION V - CONTRÔLES MÉTROLOGIQUES	
15 Exigences générales	12
16 Conditions d'essai	16
Annexe A Procédures d'essai. Essais de performance - généralités	18
Annexe B Procédures d'essai. Essais de performance - applicables à l'équipement électronique	20
Annexe C Tables de masse volumique pour l'argon, l'hélium, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène liquides; Références	27
Bibliographie	48

Avant-propos

L'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) est une organisation intergouvernementale mondiale dont l'objectif premier est d'harmoniser les réglementations et les contrôles métrologiques appliqués par les services nationaux de métrologie, ou organismes apparentés, de ses États Membres.

Les deux principales catégories de publications OIML sont:

- les **Recommandations Internationales (OIML R)**, qui sont des modèles de réglementations fixant les caractéristiques métrologiques d'instruments de mesure et les méthodes et moyens de contrôle de leur conformité; les États Membres de l'OIML doivent mettre ces Recommandations en application dans toute la mesure du possible;
- les **Documents Internationaux (OIML D)**, qui sont de nature informative et destinés à améliorer l'activité des services de métrologie.

Les projets de Recommandations et Documents OIML sont élaborés par des comités techniques ou sous-comités composés d'États Membres. Certaines institutions internationales et régionales y participent aussi sur une base consultative.

Des accords de coopération ont été conclus entre l'OIML et certaines institutions, comme l'ISO et la CEI, pour éviter des prescriptions contradictoires; en conséquence les fabricants et utilisateurs d'instruments de mesure, les laboratoires d'essais, etc. peuvent appliquer simultanément les publications OIML et celles d'autres institutions.

Les Recommandations Internationales et Documents Internationaux sont publiés en français (F) et en anglais (E) et sont périodiquement soumis à révision.

La présente publication - référence OIML R 81, édition 1998 (F) - a été élaborée par le sous-comité OIML TC 8/SC 6 *Mesurage des liquides cryogéniques*. Elle a été approuvée par le Comité International de Métrologie Légale en 1997 pour publication finale et sera présentée à la Conférence Internationale de Métrologie Légale en 2000 pour sanction formelle. Elle remplace la version précédente datée 1989.

Les publications de l'OIML peuvent être obtenues au siège de l'Organisation:

Bureau International de Métrologie Légale
11, rue Turgot - 75009 Paris - France
Téléphone: 33 (0)1 48 78 12 82 et 42 85 27 11
Fax: 33 (0)1 42 82 17 27
E-mail: biml@oiml.org

Dispositifs et systèmes de mesure dynamique de liquides cryogéniques

Section I

GÉNÉRALITÉS

1 Objet

La présente Recommandation prescrit les exigences métrologiques et techniques et les procédures d'essai pour les dispositifs et systèmes de mesure utilisés pour le mesurage dynamique des liquides cryogéniques.

Cette Recommandation fixe les conditions que les dispositifs et systèmes de mesure doivent remplir pour satisfaire aux exigences des services de métrologie légale.

2 Domaine d'application

2.1 La présente Recommandation s'applique aux dispositifs utilisés pour le mesurage des liquides cryogéniques tels que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène et l'argon, sans y être limités. En principe, la présente Recommandation s'applique spécifiquement aux dispositifs pour les mesurages quantitatifs des liquides cryogéniques, qu'ils soient installés en un emplacement de façon permanente, ou montés pour une utilisation mobile et/ou dans d'autres récipients et réservoirs.

2.2 La présente Recommandation ne s'applique pas dans les cas suivants:

- Dispositifs utilisés pour la distribution des gaz de pétrole liquéfiés (voir OIML R 117 (1995) *Ensembles de mesurage de liquides autres que l'eau*);
- Compteurs massiques (voir OIML R 105 (1993) *Ensembles de mesurage massiques directs de quantités de liquides*).

3 Terminologie

Le vocabulaire ci-après a pour objet de définir clairement les termes fréquemment utilisés relatifs aux systèmes de mesure de liquides cryogéniques.

3.1 Liquide cryogénique

Fluide ayant un point d'ébullition inférieur à 120 K (– 153 °C) dans les conditions de pression atmosphérique, liquéfié par réfrigération.

3.2 Point normal d'ébullition

Température à laquelle un liquide se vaporise ou entre en ébullition à la pression atmosphérique de 101 325 Pa.

3.3 Étalon de référence (ou de travail)

Étalon, raccordable aux étalons nationaux, utilisé pour la vérification des dispositifs et systèmes de mesure de liquides cryogéniques.

Note: Cet étalon est habituellement désigné comme "compteur principal" dans ce domaine.

3.4 Système de mesure

Système comprenant le compteur lui-même et tous les dispositifs auxiliaires et autres équipements assemblés pour effectuer la tâche de mesurage spécifiée.

3.5 Compteur

Instrument conçu pour mesurer en continu, mémoriser et afficher la quantité passant à travers le transducteur de mesure.

Note: Un compteur inclut au moins un transducteur de mesure, un calculateur (y compris les dispositifs d'ajustage ou de correction, si présents), un dispositif de conversion (si nécessaire) et un dispositif indicateur.

3.6 Transducteur de mesure

Partie du compteur transformant le débit du liquide à mesurer en un signal (des signaux) envoyé(s) au calculateur. Il peut soit être autonome, soit utiliser une source d'alimentation électrique extérieure.

Note: Pour les besoins de la présente Recommandation, le transducteur de mesure inclut le capteur de débit ou de volume.

3.7 Calculateur

Partie du compteur recevant le signal de sortie du (des) transducteur(s), le transformant et, si approprié, mettant en mémoire les résultats jusqu'à leur utilisation. En plus, le calculateur peut être capable de communiquer en émission/réception avec l'équipement périphérique.

3.8 Dispositif indicateur

Partie du compteur capable d'afficher en continu les résultats de mesure.

Note: Un dispositif imprimeur fournissant une indication en fin de mesurage n'est pas un dispositif indicateur.

3.9 Dispositif auxiliaire

Dispositif destiné à réaliser une fonction particulière, directement impliqué dans l'élaboration, la mémorisation, la transmission ou l'affichage du résultat de mesure. Un dispositif imprimeur ou un téléindicateur en sont des exemples.

3.10 Dispositif de correction

Dispositif connecté ou incorporé au compteur pour corriger automatiquement le volume dans les conditions de mesurage, en tenant compte du débit et/ou des caractéristiques du liquide à mesurer (viscosité, température, pression, etc.) et des courbes d'étalonnage prédéterminées.

Les caractéristiques du liquide peuvent être, soit mesurées en utilisant des instruments de mesure associés, soit mises en mémoire dans l'instrument.

3.11 Dispositif de conversion

Dispositif convertissant automatiquement le volume mesuré, dans les conditions de mesure, en un volume dans les conditions de base ou en une masse, en tenant compte des caractéristiques du liquide mesuré (température, pression, masse volumique, densité relative, etc.) en utilisant les instruments de mesure associés, ou les valeurs associées mises en mémoire.

Le quotient du volume dans les conditions de base, ou de la masse, par le volume dans les conditions de mesure est désigné comme le "facteur de conversion".

3.12 Type "Flexible vide ou sec"

Type de système dans lequel le tuyau de livraison est purgé après chaque livraison.

3.13 Quantité mesurée minimale d'un système de mesure

Plus petite quantité de liquide pour laquelle le mesurage est métrologiquement acceptable.

Note: Dans un système de mesure destiné aux livraisons, cette quantité est appelée la livraison minimale, et dans ceux utilisés pour les opérations de réception, elle est appelée la réception minimale.

3.14 Échelon

Différence entre les valeurs d'échelle correspondant à deux repères successifs.

3.15 Dispositif de prédétermination

Dispositif permettant la sélection de la quantité à mesurer et arrêtant automatiquement l'écoulement du liquide à la fin du mesurage et de la livraison de la quantité sélectionnée.

3.16 Conditions de mesure

Conditions du volume de liquide au point de mesurage. Par exemple, la température et la pression.

3.17 Conditions de base

Les conditions spécifiées de température et de pression auxquelles le volume mesuré est converti.

Note: Bien que l'expression "conditions de référence" soit souvent utilisée à la place de "conditions de base", il convient de ne pas confondre les conditions de mesure et de base (qui concernent uniquement le volume de liquide à mesurer ou indiqué) avec les "conditions assignées de fonctionnement" et les "conditions de référence" qui s'appliquent aux grandeurs d'influence.

3.18 Point de transfert

Point auquel la quantité de liquide mesurée est définie comme étant livrée ou réceptionnée.

3.19 Erreur de répétabilité

Aptitude d'un instrument de mesure à donner des indications très voisines lors de l'application répétée du même mesurande dans les mêmes conditions de mesure. [VIM 5.27]

3.20 Erreur intrinsèque

Erreur d'un système de mesure dans les conditions de référence.

3.21 Erreur intrinsèque initiale

Erreur de l'instrument telle que déterminée avant tout essai de performance.

3.22 Incertitude dans la détermination d'une erreur

Estimation caractérisant l'étendue de valeurs dans laquelle se tient la valeur vraie d'une erreur, y compris les composantes dues à l'étalon et à son utilisation, et les composantes dues à l'instrument vérifié ou étalonné.

Note: Les composantes dues à un compteur vérifié ou étalonné sont notamment liées à la résolution de son dispositif indicateur et à la variation périodique.

3.23 Défaut*

Différence entre l'erreur d'indication et l'erreur intrinsèque d'un système de mesure.

3.24 Défaut significatif*

Défaut dont la magnitude est supérieure à 20 % de l'erreur maximale tolérée (emt) pour la quantité mesurée.

Les défauts suivants ne sont pas considérés comme significatifs:

- défauts provenant de causes simultanées et mutuellement indépendantes dans l'instrument de mesure lui-même ou dans son système de contrôle;
- défauts transitoires consistant en des variations momentanées de l'indication, ne pouvant être interprétées, mémorisées, ou transmises en tant que résultat de mesure;
- défauts impliquant l'impossibilité d'effectuer tout mesurage.

3.25 Grandeur d'influence*

Grandeur ne faisant pas l'objet du mesurage mais pouvant influencer la valeur du mesurande ou l'indication du système de mesure. [VIM 2.7]

3.26 Facteur d'influence

Grandeur d'influence ayant une valeur comprise dans les conditions assignées de fonctionnement du système de mesure, comme spécifié dans la présente Recommandation.

3.27 Perturbation

Grandeur d'influence ayant une valeur comprise dans les limites spécifiées dans la présente Recommandation, mais en dehors des conditions assignées de fonctionnement spécifiées du système de mesure.

3.28 Conditions assignées de fonctionnement*

Conditions d'utilisation, spécifiant l'étendue des valeurs des grandeurs d'influence pour laquelle il est prévu que les caractéristiques métrologiques restent dans les limites des erreurs maximales tolérées.

3.29 Système de contrôle automatique permanent (type P)*

Système de contrôle automatique fonctionnant pendant l'opération complète de mesurage.

3.30 Système de contrôle automatique intermittent (type I)*

Système de contrôle automatique fonctionnant au moins une fois, soit au début, soit à la fin de chaque opération de mesurage.

3.31 Système de contrôle non automatique (type N)*

Système de contrôle nécessitant l'intervention d'un opérateur.

3.32 Conditions de référence

Ensemble de valeurs spécifiées de facteurs d'influence permettant d'assurer des intercomparaisons valables des résultats d'un mesurage.

3.33 Essai de performance

Essai pour vérifier l'aptitude du système de mesure soumis à l'essai (EST) à accomplir les fonctions pour lesquelles il est prévu.

3.34 Indication principale

Indication (affichée, imprimée ou mémorisée) soumise au contrôle métrologique légal.

* Les définitions des expressions marquées d'un astérisque ne concernent que les systèmes de mesure électroniques.

Note: Les indications autres que les indications principales sont communément désignées indications secondaires.

3.35 Vente directe au public

Transaction (vente ou achat) de quantités de liquides dont le règlement est associé aux indications fournies par un système de mesure, chacune des parties ayant accès au lieu de mesurage et l'une d'elles étant un consommateur.

Note: Le consommateur peut être n'importe qui. Généralement, le consommateur est l'acheteur mais il peut aussi être le vendeur.

4 Principes de la Recommandation

La détermination de l'exactitude des dispositifs et systèmes de mesure évalués dans le cadre de cette Recommandation est basée, soit sur l'utilisation d'un essai gravimétrique, soit sur l'utilisation d'un compteur principal.

5 Unités de mesure

5.1 Les résultats de mesure peuvent être indiqués en termes:

- de masse;
- de volume de liquide au point d'ébullition normal; ou
- d'équivalent de gaz d'un volume de liquide dans les conditions de base.

Les unités indiquées et enregistrées doivent être le kilogramme, le mètre cube ou le litre, ou leurs multiples ou sous-multiples décimaux.

5.2 Les valeurs de masse volumique données dans les "Tables de masse volumique des liquides cryogéniques" (voir Annexe C) doivent être utilisées pour les calculs de volume-masse de l'argon, l'hélium, l'hydrogène, l'azote et de l'oxygène liquides. Pour d'autres liquides cryogéniques, il convient d'utiliser les tables applicables spécifiées par les autorités nationales de métrologie légale.

Section II EXIGENCES MÉTROLOGIQUES

6 Erreurs maximales tolérées (emt)

6.1 Pour l'approbation de modèle d'un système de mesure, l'emt est $\pm 2,5$ % de la quantité mesurée.

6.2 Pour l'approbation de modèle d'un compteur (3.5), l'emt est $\pm 1,5$ % de la quantité mesurée.

6.3 Pour l'approbation de modèle des composants, l'emt est:

6.3.1 Capteur de température: ± 1 K;

6.3.2 Capteur de pression: ± 50 kPa;

6.3.3 Capteur de masse volumique: ± 5 kg/m³;

6.3.4 Transducteur de mesure (3.6):
 ± 1 % de la quantité mesurée;

6.3.5 Pour un calculateur (3.7):
 $\pm 0,25$ % de la quantité calculée;

6.3.6 Pour un dispositif de conversion (3.11):
 ± 1 % de la quantité convertie.

6.4 En vérification primitive ou ultérieure d'un système de mesure dans des conditions de service, l'emt est $\pm 2,5$ % de la quantité mesurée.

6.5 Répétabilité (3.19). La différence entre les plus grandes et plus petites valeurs de résultat des mesurages successifs ne doit pas dépasser 1 % de la quantité mesurée.

7 Débits d'un système de mesure ou d'un compteur

7.1 Les débits maximal et minimal autorisés pour un système de mesure sont spécifiés par le fabricant.

7.2 Le rapport entre les débits maximal et minimal d'un compteur doit au moins être égal à 5.

8 Quantité mesurée minimale

8.1 La quantité mesurée minimale du système doit être spécifiée par le fabricant.

8.2 La quantité mesurée minimale ne doit pas être inférieure à 100 échelons.

8.3 La valeur de la quantité mesurée minimale doit être de la forme 1×10^n ou 2×10^n ou 5×10^n des unités autorisées, n étant un nombre entier positif ou négatif ou zéro.

Section III

EXIGENCES TECHNIQUES

9 Dispositifs indicateurs (indicateurs)

9.1 Dispositions générales

Les indications doivent être exprimées en unités légales comme décrit en 5.1 et doivent être accompagnées du nom ou du symbole de l'unité. Les indications non soumises au contrôle métrologique sont autorisées, à condition qu'elles ne puissent être confondues avec des informations métrologiques.

La lecture des indications doit être précise, facile et non ambiguë lorsque le dispositif indicateur s'arrête. Si le dispositif indicateur comprend plusieurs éléments, l'installation doit être faite de telle façon que les lectures du mesurande puissent être effectuées par simple juxtaposition des indications des différents éléments.

9.1.1 L'échelon de l'indication doit être de la forme 1×10^n ou 2×10^n ou 5×10^n des unités autorisées, n étant un nombre entier positif ou négatif ou zéro.

9.1.2 Les unités indiquées spécifiées au paragraphe 5.1 doivent être clairement définies.

9.1.3 Le signe décimal doit apparaître distinctement.

9.2 Dispositif de mise à zéro

9.2.1 Un dispositif indicateur peut être fourni avec un dispositif remettant l'indication à zéro, soit par opération manuelle, soit par un procédé automatique.

9.2.2 Le dispositif de mise à zéro ne doit permettre aucune altération du résultat de mesure montré par l'indicateur (sauf en faisant disparaître le résultat et en le remplaçant par des zéros).

9.2.3 Une fois l'opération de mise à zéro commencée, il doit être impossible pour l'indicateur de montrer un résultat différent de celui du mesurage venant d'être effectué, jusqu'à ce que l'opération de mise à zéro ait été achevée.

Les dispositifs indicateurs ne doivent pas pouvoir être remis à zéro lors du mesurage.

9.3 Indicateur de totalisation

Un indicateur avec un dispositif de mise à zéro peut être muni d'un dispositif pour la totalisation des différentes quantités montrées successivement par l'indicateur.

Note: Le dispositif de totalisation doit être non ré-initialisable.

10 Dispositifs imprimeurs (imprimeurs)

10.1 Un dispositif imprimeur peut être connecté à un indicateur.

10.2 L'échelon imprimé doit être le même que celui de l'indicateur.

10.3 La quantité imprimée doit être exprimée en l'une des unités autorisées pour l'indicateur. L'unité utilisée ou ses symboles, et le signe décimal le cas échéant, doivent être indiqués sur le ticket. Les quantités imprimées doivent être définies de façon adéquate et claire.

10.4 L'imprimeur peut imprimer d'autres informations identifiant le mesurage, telles que le numéro de série, la date, le lieu de mesurage, le type de liquide, etc.

10.5 Si un imprimeur permet la répétition de l'impression avant qu'un nouveau mesurage ait commencé, les copies doivent être clairement identifiées en tant que telles, par exemple en imprimant la mention "duplicata".

10.6 Pour toute quantité, les valeurs imprimées doivent être les mêmes que les valeurs indiquées.

10.7 Ticket imprimé. Dans le cas d'une indication de volume, les conditions de base en termes de gaz ou de liquide doivent être imprimées sur le ticket.

11 Systèmes de mesure

11.1 Maintien de l'état liquide

Un système de mesure doit être conçu et fonctionner de telle façon que le produit à mesurer reste à l'état liquide pendant son passage à travers le compteur.

11.2 Moyen d'ajustage

11.2.1 Les compteurs doivent être fournis avec un moyen d'ajustage permettant des ajustages du rapport entre la quantité indiquée et la quantité réelle de liquide ayant passé à travers le dispositif de mesure.

11.2.2 Si le moyen d'ajustage modifie ce rapport de façon discontinue, les valeurs consécutives du rapport ne doivent pas différer de plus de 0,002.

11.2.3 Les ajustages au moyen d'un by-pass sur le dispositif de mesure sont interdits.

11.3 Scellement

Un moyen de scellement doit être fourni pour les parties pouvant affecter l'exactitude de mesure et pour les paramètres (par exemple, de correction et de conversion) pouvant affecter les résultats de mesure.

11.3.1 Scellement mécanique

Le scellement mécanique doit être effectué au moyen de scellés en fil de plomb ou tout autre moyen d'efficacité équivalente.

11.3.2 Scellement électronique

Si l'accès aux paramètres affectant la détermination des résultats d'un mesurage n'est pas protégé par un moyen de scellement mécanique, la protection doit être telle que:

- l'accès soit seulement possible au moyen d'un code alphanumérique ou numérique, ou d'une "clé matérielle";
- un compteur d'événements (000-999) soit fourni pour signaler que des interventions ont été effectuées.

Note: Il convient que le dispositif de scellement électronique comporte un moyen d'identifier si une intervention se produit, et son auteur. L'organisme national responsable peut exiger des moyens tels que l'utilisation d'étiquettes ou d'un enregistreur d'événements incluant un compteur d'événements, la date et l'heure d'intervention, et les désignation et valeur du paramètre modifié.

11.4 Dispositifs de mémorisation

11.4.1 Les systèmes de mesure peuvent être équipés d'un dispositif de mémorisation pour enregistrer les résultats de mesure jusqu'à leur utilisation, ou pour garder une trace des transactions commerciales, faisant foi en cas de litige. Les dispositifs utilisés pour lire les informations enregistrées sont considérés comme intégrés aux dispositifs de mémorisation.

11.4.2 Le support sur lequel les données sont enregistrées doit avoir une pérennité suffisante pour que les données ne soient pas altérées dans des conditions normales de stockage.

11.4.3 Lorsque la mémoire est pleine, les données enregistrées peuvent être effacées si les deux conditions suivantes sont remplies:

- les règles établies pour l'application particulière sont respectées;
- les données sont effacées dans l'ordre chronologique d'enregistrement; et
- l'effacement est effectué après une manœuvre spéciale.

11.4.4 L'enregistrement doit être tel qu'il soit impossible en utilisation normale de modifier les valeurs enregistrées.

12 Canalisations et vannes de livraison

12.1 Canalisation de retour de vapeur

Une canalisation de retour de vapeur entre le réservoir du fournisseur et celui du client ne doit pas être autorisée, sauf si nécessaire pour achever une livraison.

12.2 Vanne d'écoulement directionnel

Une (des) valve(s) ou un autre moyen destiné à empêcher une inversion d'écoulement, à fonctionnement automatique, doit être installée soit sur l'embout de sortie du compteur, soit sur la canalisation d'entrée du réservoir de réception.

12.3 Détournement du liquide mesuré

Aucun moyen permettant de détourner le liquide mesuré de l'élément de mesurage du compteur ou de la canalisation de livraison, ne doit être fourni. Cependant, une sortie commandée manuellement pouvant être ouverte pour purger ou vidanger le système de mesure doit être autorisée. Un moyen efficace doit être fourni pour empêcher le passage de liquide par une telle sortie pendant le fonctionnement normal du système de mesure.

12.4 Point de transfert

12.4.1 Les systèmes de mesure doivent incorporer un point de transfert. Ce point de transfert doit être situé en aval du compteur dans un système de livraison, et en amont du compteur dans un système de réception.

12.4.2 Ce point de transfert peut se présenter sous la forme d'un dispositif de fermeture combiné avec un système assurant la vidange du tuyau de livraison après chaque opération de mesurage.

12.5 Vannes et mécanismes de commande

Les vannes de contrôle et les mécanismes de fermeture non utilisés pour définir la quantité à mesurer doivent, si nécessaire, avoir des soupapes de sûreté afin de dissiper toute pression anormalement élevée pouvant survenir dans le système de mesure.

12.6 Tuyau de livraison

Le tuyau de livraison d'un système de mesure doit être du type flexible vide.

13 Marquages

Un système de mesure doit être marqué de façon lisible et claire avec les informations suivantes:

- signe d'approbation de modèle;
- nom du fabricant ou marque commerciale;
- classe d'exactitude (désignation choisie par le fabricant), si approprié;
- numéro de série et année de fabrication;
- débits maximal et minimal Q_{\max} et Q_{\min} ;
- pression maximale P_{\max} ;
- températures maximale et minimale T_{\max} et T_{\min} ;
- quantité mesurée minimale.

Section IV

SYSTÈMES DE MESURE MUNIS DE DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES

14 Systèmes de mesure munis de dispositifs électroniques

14.1 Exigences générales

14.1.1 Les systèmes de mesure électroniques doivent être conçus et fabriqués de telle façon que leurs erreurs ne dépassent pas les erreurs maximales tolérées comme définies à l'article 6 dans les conditions assignées de fonctionnement.

14.1.1.1 Les systèmes de mesure électroniques interruptibles doivent être conçus et fabriqués de telle façon que, lorsqu'ils sont exposés aux perturbations spécifiées en B.4, soit:

- a) il ne se produit pas de défaut significatif, soit
- b) des défauts significatifs sont détectés et mis en évidence par des systèmes de contrôle. Cette disposition peut s'appliquer séparément à chaque cause individuelle de défaut significatif et/ou chaque partie du système de mesure.

14.1.1.2 Les systèmes de mesure électroniques non interruptibles doivent être conçus et fabriqués de façon qu'il ne produise pas de défaut significatif lorsqu'ils sont exposés aux perturbations spécifiées en B.4.

14.1.2 Il incombe au fabricant de décider si un modèle donné de système de mesure doit être interruptible ou non, en tenant compte des règles de sécurité applicables.

14.1.2.1 Les systèmes de mesure pour la vente directe au public doivent être interruptibles. Lorsque, au moment de l'approbation de modèle, il n'est pas possible de spécifier la future utilisation de l'instrument, les exigences du paragraphe 14.1.1.2 s'appliquent.

14.1.3 Les systèmes de mesure électroniques doivent être fournis avec les systèmes de contrôle spécifiés au paragraphe 14.3.

14.1.4 Un modèle de système de mesure est présumé satisfaire aux exigences des paragraphes 14.1.1 et 14.1.3 s'il subit avec succès l'inspection et les essais spécifiés au paragraphe 15.1.10.

14.1.5 Lorsqu'un défaut significatif se produit, les systèmes de mesure doivent permettre de récupérer l'information relative à la quantité mesurée, contenue dans le système de mesure.

14.2 Dispositif d'alimentation électrique

Si l'écoulement est interrompu pendant une panne du dispositif principal d'alimentation électrique:

- le système de mesure doit être équipé d'un dispositif d'alimentation de secours pour maintenir toutes les fonctions de mesurage pendant cette panne, ou
- les données contenues au moment de la panne doivent être sauvegardées et affichées lors du rétablissement du courant sur un dispositif indicateur soumis au contrôle de métrologie légale, et ce pendant un temps suffisant pour laisser s'achever la transaction en cours.

La valeur absolue de l'erreur maximale tolérée pour le volume indiqué dans ce cas est majorée de 5 % de la quantité mesurée minimale (paragraphe 8.1).

14.3 Systèmes de contrôle

Les systèmes de contrôle peuvent être à fonctionnement automatique permanent (type P), à fonctionnement automatique intermittent (type I) ou à fonctionnement non automatique (type N), comme approprié.

14.3.1 Action des systèmes de contrôle

La détection de défauts significatifs par les systèmes de contrôle doit aboutir aux actions suivantes, selon le type:

14.3.1.1 Systèmes de contrôle de types I ou P

a) pour les systèmes de mesure non interruptibles (tels que les pipelines):

- la correction automatique du défaut, ou
- l'arrêt du dispositif défectueux seulement, lorsque le système de mesure privé de ce dispositif continue de satisfaire aux réglementations, ou
- une alarme visible ou audible pour l'opérateur; cette alarme doit persister jusqu'à ce que la cause de l'alarme soit supprimée. De plus, lorsque le système de mesure transmet des données aux équipements périphériques, la transmission doit être accompagnée d'un message indiquant la présence d'un défaut.

Note: Le troisième point ci-dessus n'est pas applicable pour les perturbations spécifiées en B.4.

De plus, l'instrument peut être fourni avec des dispositifs pour estimer la quantité de liquide ayant traversé l'installation le temps qu'a duré le défaut. Le résultat de cette estimation ne doit pas pouvoir être pris pour une indication valable.

b) pour les systèmes de mesure interruptibles:

- la correction automatique du défaut, ou
- l'arrêt du dispositif défectueux seulement, lorsque le système de mesure privé de ce dispositif continue de satisfaire aux réglementations, ou
- l'arrêt de l'écoulement.

14.3.2 Systèmes de contrôle pour le transducteur de mesure

Le rôle de ces systèmes de contrôle, une fois la présence du transducteur confirmée, consiste à vérifier

son fonctionnement correct et le bon déroulement de la transmission des données.

Pour toute technologie, les systèmes de contrôle doivent fournir un niveau de sécurité équivalent à ISO 6551, partie 3 Niveaux de sécurité, 3.1.4 Niveau B, excepté pour les équipements avec une longueur de câble de 3 mètres ou moins, pour lesquels 3.1.3 Niveau C s'applique.

Note: Cette exigence peut être satisfaite sans générer deux impulsions.

14.3.3 Systèmes de contrôle pour le calculateur (Type P ou I)

Le rôle de ces systèmes de contrôle est de vérifier que le système de calcul fonctionne correctement et d'assurer la validité des calculs effectués.

Il n'y a pas de moyen spécial requis pour indiquer que ces systèmes de contrôle fonctionnent correctement.

La valeur correcte de toutes les données relatives au mesurage doit être vérifiée par l'instrument chaque fois que ces données sont transmises à un dispositif auxiliaire via une interface.

De plus, le système de calcul doit être fourni avec un moyen pour contrôler la continuité du programme de calcul.

14.3.4 Système de contrôle pour le dispositif indicateur (Type N)

Le rôle de ce système de contrôle est de vérifier que les indications principales sont affichées et correspondent aux données fournies par le calculateur.

De plus, il sert à vérifier la présence des dispositifs indicateurs, lorsqu'ils sont démontables.

Le système de contrôle pour le dispositif indicateur doit inclure au moins un contrôle visuel de l'affichage comme suit:

- affichage de tous les éléments (essai des "huit");
- extinction de tous les éléments (essai des "blancs");
- affichage des "zéros".

Chaque étape de la séquence doit durer au moins 0,75 seconde.

Note: Le signal produit doit provenir du calculateur.

14.3.5 Systèmes de contrôle pour un dispositif auxiliaire

Tout dispositif auxiliaire avec des indications principales doit inclure un système de contrôle de type I ou P. Le rôle de ce système de contrôle est de vérifier la présence du dispositif auxiliaire, lorsque ce dispositif est nécessaire, et de valider les données transmises par le calculateur.

Le rôle du système de contrôle d'un dispositif imprimateur est d'assurer que les contrôles d'impression fonctionnent correctement afin que la sortie corresponde aux données transmises par le calculateur. La présence de papier doit être contrôlée.

Si l'action du système de contrôle consiste en une alarme, celle-ci doit être donnée sur ou par le dispositif auxiliaire qui en est à l'origine.

14.3.6 Systèmes de contrôle pour les instruments de mesure associés

Les instruments de mesure associés doivent inclure un système de contrôle de type P. Le rôle de ce système de contrôle est d'assurer que le signal donné par ces instruments associés est compris dans une étendue de mesure prédéterminée.

Section V

CONTRÔLES MÉTROLOGIQUES

15 Exigences générales

L'incertitude élargie, U (pour un facteur d'élargissement $k = 2$), pour l'étalon de référence (y compris son dispositif indicateur), doit être inférieure à 1/5 des erreurs maximales tolérées applicables du système de mesure soumis à l'essai en approbation de modèle, et doit être inférieure à 1/3 des erreurs maximales tolérées applicables du système de mesure soumis à l'essai pour les autres vérifications. (Voir le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, 1995).

Les étalons de référence et leur utilisation peuvent faire l'objet d'autres Recommandations Internationales.

15.1 Approbation de modèle

15.1.1 Généralités

Les systèmes de mesure soumis au contrôle de métrologie légale doivent être soumis à l'approbation de

modèle. De plus, les éléments constituant d'un système de mesure, et principalement, mais de manière non restrictive, ceux indiqués ci-dessous, et les sous-systèmes pouvant comporter plusieurs de ces éléments, peuvent être soumis à une approbation de modèle séparée:

- transducteur;
- compteur;
- calculateur électronique (y compris le dispositif indicateur);
- dispositif de conversion;
- dispositifs fournissant ou mémorisant les résultats de mesure;
- imprimateur;
- capteur de température;
- capteur de pression;
- capteur de masse volumique.

15.1.2 Documentation

15.1.2.1 L'application pour l'approbation de modèle d'un système de mesure ou d'un élément constituant d'un système de mesure doit inclure les documents suivants:

- description donnant les caractéristiques techniques et le principe de fonctionnement;
- dessins ou photographies;
- une liste des composants avec une description de leurs matériaux constitutifs. Si cela a une influence métrologique, un dessin d'assemblage avec identification des différents composants; pour les systèmes de mesure, les références des certificats d'approbation des éléments constitutifs, le cas échéant; pour les systèmes de mesure et les compteurs munis de dispositifs de correction, une description de la façon dont les paramètres de correction sont déterminés;
- dessins montrant l'emplacement des scellés et des marques de vérification;
- dessins des marquages réglementaires.

15.1.2.2 De plus, l'application pour l'approbation de modèle d'un système de mesure électronique doit inclure:

- une description fonctionnelle des divers dispositifs électroniques;
- un organigramme du principe, montrant les fonctions des dispositifs électroniques;
- tout document ou attestation montrant que la conception et la fabrication du système de mesure électronique satisfont aux exigences de la présente Recommandation.

15.1.2.3 Le demandeur doit fournir à l'organisme responsable de l'évaluation un instrument représentatif du modèle final.

15.1.3 Certificat d'approbation de modèle

Les informations suivantes doivent apparaître sur le certificat d'approbation de modèle:

- nom et adresse du bénéficiaire du certificat d'approbation;
- nom et adresse du fabricant, s'il n'est pas le bénéficiaire;
- type et/ou désignation commerciale;
- caractéristiques métrologiques et techniques;
- signe d'approbation de modèle;
- durée de validité;
- classification environnementale, si applicable (voir Annexe A);
- informations concernant l'emplacement des marques pour l'approbation de modèle, la vérification primitive et les scellés (par exemple, illustration ou dessin);
- liste des documents accompagnant le certificat d'approbation de modèle;
- remarques spécifiques.

Si applicable, la version de la partie métrologique du logiciel évalué doit être indiquée dans le certificat d'approbation de modèle ou dans ses annexes (dossier technique).

15.1.4 Modification d'un modèle approuvé

15.1.4.1 Le bénéficiaire de l'approbation de modèle doit informer l'organisme responsable de l'approbation de toute modification ou ajout concernant un modèle approuvé.

15.1.4.2 Les modifications et ajouts doivent faire l'objet d'une approbation de modèle supplémentaire lorsqu'ils influencent, ou sont susceptibles d'influencer, les résultats de mesure ou les conditions réglementaires d'utilisation de l'instrument.

L'organisme ayant approuvé le modèle initial doit décider dans quelle mesure les examens et essais décrits ci-dessous doivent être effectués sur le modèle modifié en fonction du type de modification.

15.1.4.3 Si l'organisme ayant approuvé le modèle initial juge que les modifications ou ajouts ne sont pas de nature à influencer les résultats de mesure, cet organisme doit permettre que les instruments modifiés soient présentés pour la vérification primitive sans

octroi d'un certificat supplémentaire d'approbation de modèle.

Une nouvelle approbation de modèle doit être délivrée lorsque le modèle modifié ne satisfait plus aux dispositions de l'approbation de modèle précédente.

15.1.5 Approbation de modèle d'un compteur ou d'un transducteur de mesure

15.1.5.1 Une approbation de modèle peut être donnée pour un compteur (3.5). Elle peut aussi être donnée pour le transducteur de mesure (tel que défini au paragraphe 3.6) séparément lorsqu'il est destiné à être connecté à différents types de calculateurs.

Les examens et essais suivants doivent être effectués sur le compteur seul ou sur le transducteur de mesure lorsqu'il fait l'objet d'une application séparée d'approbation de modèle. Ils peuvent aussi être effectués sur le système de mesure complet.

Normalement, les essais sont effectués sur le compteur complet, muni d'un dispositif indicateur, avec tous les dispositifs auxiliaires et avec le dispositif de correction, le cas échéant.

Cependant, il n'est pas nécessaire que le compteur soumis aux essais soit muni de ses dispositifs auxiliaires lorsque ceux-ci ne sont pas susceptibles d'influencer l'exactitude du compteur et lorsqu'ils ont été vérifiés séparément (par exemple: le dispositif imprimateur électronique). Le transducteur de mesure peut aussi être essayé seul à condition que les dispositifs calculateur et indicateur aient été soumis à des approbations de modèle séparées. Si ce transducteur de mesure est destiné à être connecté à un calculateur muni d'un dispositif de correction, l'algorithme de correction décrit par le fabricant doit être appliqué au signal de sortie du transducteur afin de déterminer ses erreurs.

15.1.5.2 Essais des erreurs maximales

15.1.5.2.1 Les erreurs du compteur doivent être déterminées pour au moins 6 débits (par exemple, à Q_{\max} , 80 % de Q_{\max} , 70 % de Q_{\max} , 50 % de Q_{\max} , 40 % de Q_{\max} , et à Q_{\min}), répartis dans l'étendue de mesure à intervalles réguliers. Pour chaque débit, les erreurs doivent être déterminées au moins trois fois, indépendamment. Chaque erreur ne doit pas dépasser l'erreur maximale tolérée (en valeur absolue), comme spécifié en 6.2. La répétabilité doit satisfaire aux exigences de 6.5.

15.1.5.2.2 Les essais suivants doivent aussi être effectués:

- essais pour les erreurs maximales (15.1.5.2.1) à la quantité mesurée minimale, si réalisable;
- essais avec perturbations d'écoulement, si approprié.

15.1.5.3 Essai d'endurance

Il convient qu'un essai d'endurance soit effectué au débit maximal du compteur, avec le liquide que le compteur est destiné à mesurer ou avec un liquide de caractéristiques similaires.

Lorsque le compteur est destiné à mesurer différents liquides, il convient que l'essai soit effectué avec le liquide imposant les conditions les plus sévères.

Un essai d'exactitude doit précéder l'essai d'endurance.

Un essai d'endurance doit être mené conformément à A.1.5.

Après l'essai d'endurance, le compteur est encore soumis à un nouvel essai d'exactitude.

15.1.6 Approbation de modèle d'un calculateur électronique

Lorsqu'un calculateur électronique fait l'objet d'une approbation de modèle séparée, les essais sont menés sur le calculateur seul, en simulant différentes entrées avec les étalons appropriés. À cette fin, l'erreur obtenue sur l'indication du résultat est calculée en considérant que la valeur vraie est obtenue avec des méthodes normalisées de calcul en utilisant les quantités simulées appliquées aux entrées du calculateur.

15.1.7 Approbation de modèle d'un dispositif de conversion

Lorsqu'un dispositif de conversion fait l'objet d'une approbation de modèle séparée, l'une des procédures spécifiées en 15.1.7.1 ou 15.1.7.2 peut être utilisée.

15.1.7.1 Cas général

Il est nécessaire de vérifier que le dispositif de conversion connecté à tous ses instruments de mesure associés satisfait aux dispositions de 6.3.6. À cette fin, le volume à convertir est considéré être sans erreur lorsqu'il est dans les conditions de mesure. Dans le cas d'un dispositif de conversion électronique, il est nécessaire d'effectuer les examens et essais décrits en 15.1.10.

15.1.7.2 Dispositif de conversion électronique

Au lieu de la procédure en 15.1.7.1, il est également possible:

- de vérifier séparément l'exactitude des instruments de mesure associés (voir 6.3.1, 6.3.2 et 6.3.3);
- de vérifier que les dispositions de 15.1.6 sont satisfaites; et
- d'effectuer les examens et essais décrits en 15.1.10.

15.1.8 Approbation de modèle d'un dispositif auxiliaire

15.1.8.1 Lorsqu'un dispositif auxiliaire fournissant des indications principales est destiné à être approuvé séparément, ses indications doivent être comparées avec les indications fournies par un dispositif indicateur déjà approuvé, ayant le même échelon ou un plus petit.

Pour toute quantité mesurée relative au même mesurage, les indications fournies par les divers dispositifs ne doivent pas varier entre elles.

Autant que possible, les conditions nécessaires aux fins de compatibilité avec d'autres dispositifs d'un système de mesure sont établies dans le certificat d'approbation de modèle.

15.1.8.2 Les dispositifs électroniques peuvent être approuvés séparément lorsqu'ils sont utilisés pour la transmission des indications principales ou autres informations nécessaires à la détermination des indications principales. Par exemple, un dispositif concentrant les informations d'au moins deux calculateurs et effectuant la transmission vers un unique dispositif imprimeur.

Lorsqu'au moins un des signaux d'information pour les indications principales est analogique, le dispositif doit être essayé en association avec un autre dispositif pour lequel la présente Recommandation fournit les erreurs maximales tolérées.

Lorsque tous les signaux d'information pour les indications principales sont numériques, la disposition ci-dessus peut être appliquée. Cependant, lorsque les entrées et sorties du dispositif sont disponibles, le dispositif peut être essayé séparément; dans ce cas, seules les erreurs dues à la méthode d'essai sont admises et le dispositif ne doit présenter aucune autre erreur.

Dans les deux cas et autant que possible, les conditions nécessaires aux fins de compatibilité avec d'autres dispositifs d'un système de mesure sont établies dans le certificat d'approbation de modèle.

15.1.9 Approbation de modèle d'un système de mesure

L'approbation de modèle d'un système de mesure consiste à vérifier que le système de mesure, le compteur et les éléments constitutants satisfont aux exigences correspondantes, et que les éléments constitutants sont compatibles entre eux.

Pour le compteur, il est possible de vérifier que ses propres éléments constitutants satisfont aux exigences correspondantes et qu'ils sont compatibles entre eux.

Les essais à effectuer pour l'approbation de modèle d'un système de mesure peuvent être déterminés sur la base des approbations de modèle déjà octroyées pour les éléments constitutants du système.

Note: Les éléments constitutants peuvent faire l'objet d'approbations de modèle séparées lorsqu'ils sont destinés à faire partie de plusieurs modèles de systèmes de mesure. Cela est avantageux lorsque les divers systèmes de mesure sont fabriqués par des fabricants différents et lorsque les organismes responsables des diverses approbations de modèle sont différents.

15.1.10 Approbation de modèle d'un dispositif électronique

En plus des examens ou essais résultant des paragraphes précédents, un système de mesure électronique ou un élément constituant électronique de ce système doit être soumis aux essais et examens suivants.

15.1.10.1 Inspection de la conception

Cet examen des documents a pour but de vérifier que la conception des dispositifs électroniques et de leurs systèmes de contrôle satisfait aux dispositions de la présente Recommandation. Il inclut:

- un examen du mode de construction et des sous-systèmes et composants électroniques utilisés, afin de vérifier leur convenance pour l'usage prévu;
- la considération des défauts susceptibles de se produire, pour vérifier que dans tous les cas considérés ces dispositifs sont conformes aux dispositions du paragraphe 14.3;
- la vérification de la présence et de l'efficacité du (des) dispositif(s) d'essai pour les systèmes de contrôle.

15.1.10.2 Essais de performance

Ces essais ont pour but de vérifier que le système de mesure est conforme aux dispositions du paragraphe

14.1.1 concernant les grandeurs d'influence. Ces essais sont spécifiés en Annexe B.

a) Performance sous l'effet des facteurs d'influence

Lorsque soumis à l'effet des facteurs d'influence indiqués dans l'Annexe, l'équipement doit continuer à fonctionner correctement et les erreurs ne doivent pas dépasser les erreurs maximales tolérées applicables.

b) Performance sous l'effet des perturbations

Lorsque soumis à des perturbations extérieures indiquées dans l'Annexe, l'équipement doit soit continuer à fonctionner correctement, soit détecter et mettre en évidence tout défaut significatif. Il ne doit pas se produire de défaut significatif sur des systèmes de mesure non interruptibles.

15.1.10.3 Equipement soumis à l'essai (EST)

Les essais sont effectués sur le système de mesure complet lorsque sa taille et sa configuration le permettent, sauf dispositions contraires dans l'Annexe B.

Sinon, les dispositifs électroniques doivent être soumis séparément aux essais, sous la forme d'un équipement comprenant au moins les dispositifs suivants:

- transducteur de mesure;
- calculateur;
- dispositif indicateur;
- dispositif d'alimentation électrique;
- dispositif de correction, si approprié.

Cet équipement doit être inclus dans une installation de simulation représentative du fonctionnement normal du système de mesure. Par exemple, le mouvement du liquide peut être simulé par un dispositif approprié.

Le calculateur doit être dans son coffrage final.

Dans tous les cas, l'équipement périphérique peut être essayé séparément.

15.2 Vérification primitive

15.2.1 Généralités

La vérification primitive d'un système de mesure:

- est effectuée en une seule étape lorsque le système peut être transporté sans démantèlement et lorsqu'il est vérifié dans les conditions prévues d'utilisation;
- est effectuée en deux étapes dans tous les autres cas.

Première étape: se rapporte au capteur de débit, seul ou muni de ses dispositifs auxiliaires associés, ou éventuellement incorporé dans un sous-système. Les essais de la première étape peuvent être effectués sur un banc

d'essai, éventuellement dans l'usine du fabricant, ou sur le système de mesure installé. Pour cette étape, les examens métrologiques peuvent être effectués avec des liquides différents de ceux que le système est censé mesurer.

La première étape concerne aussi le calculateur et le capteur de masse volumique en particulier. Si nécessaire, le transducteur de mesure et le calculateur peuvent être vérifiés séparément.

Seconde étape: se rapporte au système de mesure dans les conditions réelles de travail. Elle est réalisée sur le lieu d'installation dans les conditions de fonctionnement et avec le liquide prévu pour utilisation. Cependant, la seconde étape peut être effectuée en un lieu choisi par l'organisme responsable de la vérification lorsque le système de mesure peut être transporté sans démantèlement et lorsque les essais peuvent être réalisés dans les conditions de fonctionnement prévues pour le système de mesure.

La vérification primitive des systèmes électroniques doit inclure une procédure pour vérifier la présence et le fonctionnement correct des systèmes de contrôle au moyen de dispositifs d'essai, comme spécifié au paragraphe 14.3.

15.2.2 Essais

15.2.2.1 Lorsque la vérification primitive se déroule en deux étapes, la première étape doit inclure:

- un examen de conformité du compteur, incluant les dispositifs auxiliaires associés (conformité au modèle correspondant);
- un examen métrologique du compteur, incluant les dispositifs auxiliaires associés.

La seconde étape doit inclure:

- un examen de conformité du système de mesure, incluant le compteur et les dispositifs auxiliaires et additionnels;
- un examen métrologique du système de mesure; si possible, cet examen est effectué dans les limites des conditions de fonctionnement pour le système.

15.2.2.2 Lorsque la vérification primitive se déroule en une étape, tous les essais mentionnés au paragraphe 15.2.2.1 doivent être réalisés.

15.2.2.3 Les erreurs maximales tolérées en vérification primitive doivent satisfaire aux exigences de 6.4.

15.3 Vérification ultérieure

15.3.1 Les procédures et exigences pour la vérification ultérieure d'un système de mesure peuvent être identiques à celles de la vérification primitive.

15.3.2 Si les scellés de protection du compteur et/ou des dispositifs auxiliaires sont intacts, un examen complet du système de mesure peut ne pas être nécessaire. Pour déterminer la courbe d'erreur, il convient de mener les essais avec un volume de liquide au moins égal à la quantité mesurée minimale, et à au moins 60 % du débit maximal du compteur.

15.3.3 Les erreurs maximales tolérées en vérification ultérieure doivent satisfaire aux exigences de 6.4.

16 Conditions d'essai

16.1 Généralités

Il faut prendre soin de réduire au minimum la vaporisation et la variation de volume. Lors des essais gravimétriques, le réservoir de pesage et les systèmes de transfert doivent être prérefroidis à la température du liquide avant le début de l'essai afin d'éviter le dégagement de vapeur du récipient en pesage.

16.1.1 Liquide d'essai

Le système doit être essayé avec le liquide à mesurer, mais un autre liquide cryogénique peut être utilisé à condition qu'il puisse être prouvé que ce liquide d'essai fournit une performance équivalente dans les conditions d'essai requises.

16.1.2 Quantités d'essai

La quantité d'essai minimale doit normalement ne pas être inférieure à la plus petite valeur suivante: 300 échelons du compteur soumis à l'essai ou 1000 échelons du compteur principal.

Cependant, la quantité d'essai pour la détermination de l'erreur près de la quantité mesurée minimale doit être égale à la quantité mesurée minimale.

Note 1: Pour un essai de départ/arrêt lancé (c'est-à-dire, un essai de détermination du temps nécessaire pour recueillir un poids prédéterminé de liquide), lorsque l'incertitude dans l'étalon peut être maintenue comme spécifié à

l'article 15, des quantités d'essai plus petites peuvent être utilisées. Cependant, en aucun cas, la quantité d'essai ne doit être inférieure à 140 kg pour des dispositifs ayant un débit maximal d'au moins 50 l/min, comme spécifié par le fabricant.

Note 2: Lors d'essais avec un compteur principal, la quantité d'essai doit être au moins égale à la quantité livrée en 3 minutes à son débit maximal de livraison. Lors d'essais de compteurs non-compensés dans un écoulement à recy-

clage continu, les corrections appropriées doivent être appliquées si les conditions du produit sont anormalement affectées par ce mode d'essai.

16.1.3 Données de température et de pression

La température et la pression du liquide mesuré doivent être enregistrées pendant l'essai pour la détermination des facteurs de correction de la masse volumique ou du volume, si applicable.

ANNEXE A

PROCÉDURES D'ESSAI

Essais de performance - Généralités

Ces essais, qu'il convient de faire appliquer uniformément par les services de métrologie légale, sont destinés à s'assurer que les instruments peuvent fonctionner comme prescrit dans les conditions assignées d'utilisation.

Lorsque l'effet d'une grandeur d'influence ou d'une perturbation est en cours d'évaluation, toutes les autres grandeurs d'influence ou perturbations doivent être maintenues relativement constantes, à une valeur proche de la normale.

Des conditions d'essai relativement stables pour chacun des paramètres du liquide sont comme suit:

température: ± 5 °C;
pression: ± 20 % sans dépasser 200 kPa (2 bar);
débit: ± 5 %.

Il convient d'essayer l'instrument avec le liquide à mesurer aux fins de commerce, ou avec un liquide de caractéristiques physiques générales similaires (voir 16.1.1).

A.1 Essais d'approbation de modèle

La méthode d'essai gravimétrique est recommandée; d'autres méthodes appropriées peuvent être utilisées à condition que les exigences de A.1.1 soient satisfaites.

A.1.1 Incertitude

L'incertitude élargie, U (pour le facteur d'élargissement $k = 2$), pour l'étalon de référence (y compris son dispositif indicateur) doit être inférieure à 1/5 des erreurs maximales tolérées applicables du système de mesure soumis à essai pour approbation de modèle. (Voir le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, 1995).

A.1.2 Quantités

Toute quantité d'essai doit être supérieure ou égale à la quantité mesurée minimale (voir 16.1.2).

A.1.2.1 Essais de répétabilité menés pour déterminer la conformité à 6.5

Les essais de répétabilité doivent être menés avec des quantités supérieures ou égales cinq fois la quantité mesurée minimale.

A.1.3 Liquides

Il convient que l'EST soit essayé avec suffisamment de liquide ou de liquides de caractéristiques similaires dans la gamme de liquides pour laquelle le fabricant a demandé l'approbation (voir 16.1.1 et 16.1.2).

A.1.4 Débits pour essais des erreurs maximales

L'EST doit être essayé conformément aux exigences de 15.1.5.2.

A.1.5 Endurance

Un essai d'endurance doit être mené comme suit (voir 15.1.5.3):

- Un essai d'exactitude doit être mené avant l'essai d'endurance;
- Autant que possible, le compteur est soumis à un essai d'endurance sur un banc d'essai. Cependant, il est admis que le compteur soit monté provisoirement dans un système de mesure en fonctionnement normal. Il est alors nécessaire que le débit nominal de fonctionnement du système de mesure soit supérieur à 80 % de Q_{\max} ;
- L'essai d'endurance doit être mené pendant 100 heures en une ou plusieurs périodes à un débit de 80 % de Q_{\max} à Q_{\max} ;
- Après l'essai de 100 heures, un essai d'exactitude doit être mené avec la même quantité que ci-dessus. Les résultats de l'essai ne doivent pas varier par rapport au premier essai de plus de 1,5 % de la quantité mesurée, sans aucun ajustement ou correction.

A.2 Essais des vérifications primitive et ultérieure

La vérification du système de mesure peut être menée par la méthode gravimétrique ou volumétrique, ou avec un compteur principal.

A.2.1 Incertitude

L'incertitude élargie, U (pour le facteur d'élargissement $k = 2$), pour l'étalon de référence (y compris son dispositif indicateur) doit être inférieure à 1/3 des erreurs maximales tolérées applicables du système de mesure soumis à essai pour les vérifications primitive et ultérieure. (Voir le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, 1995).

A.2.2 Quantités

Toute quantité d'essai doit être supérieure ou égale à la quantité mesurée minimale (voir 16.1.2).

A.2.3 Débits pour essais des erreurs maximales

L'EST doit être essayé au débit maximal réalisable dans les conditions d'installation, au débit minimal marqué sur l'instrument, et au moins à un débit intermédiaire. Au moins un essai doit être mené à chaque débit (voir 15.1.5.2.1).

Note: Pour la vérification ultérieure, voir paragraphe 15.3.2.

ANNEXE B

PROCÉDURES D'ESSAI

Essais de performance - Applicable à l'équipement électronique

B.1 Généralités

La présente Annexe spécifie les essais destinés à assurer que les systèmes de mesure électroniques fonctionnent comme prescrit dans un environnement et des conditions spécifiés. Si approprié, chaque essai indique les conditions de référence dans lesquelles l'erreur intrinsèque est déterminée.

Ces essais complètent ceux de l'Annexe A.

Lorsque l'effet d'une grandeur d'influence est en cours d'évaluation, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues relativement constantes, à des valeurs proches des conditions de référence.

Lorsque l'effet d'une perturbation est en cours d'évaluation, aucune autre perturbation ne doit intervenir et toutes les grandeurs d'influence doivent être maintenues relativement constantes, à des valeurs proches des conditions de référence.

B.2 Niveaux de sévérité (voir OIML D 11)

Pour chaque essai de performance, sont indiquées des conditions d'essai typiques correspondant aux conditions climatiques et mécaniques d'environnement généralement rencontrées pour les systèmes de mesure.

Les systèmes de mesure sont divisés en trois classes selon les conditions climatiques et mécaniques d'environnement:

- la classe B pour les instruments fixes installés à l'intérieur d'un bâtiment;
- la classe C pour les instruments fixes installés en extérieur;
- la classe I pour les instruments mobiles, en particulier ceux montés sur camion.

Le demandeur de l'approbation de modèle peut définir des conditions spécifiques d'environnement pour la future utilisation de l'équipement, dans la documentation fournie au service de métrologie. Dans ce cas, le

service de métrologie effectue les essais aux niveaux de sévérité correspondant à ces conditions spécifiques d'environnement. Si l'approbation de modèle est octroyée, la plaque signalétique doit indiquer les limites correspondantes d'utilisation. Les conditions d'utilisation pour lesquelles l'instrument est approuvé doivent être fournies par les fabricants. Le service de métrologie doit vérifier que les conditions d'utilisation sont satisfaites.

B.3 Conditions de référence

Température ambiante:	de 15 °C à 25 °C;
Humidité relative:	de 45 % à 75 %;
Pression atmosphérique:	de 86 kPa à 106 kPa;
Tension d'alimentation:	tension nominale;
Fréquence d'alimentation:	fréquence nominale.

Pendant chaque essai, la température et l'humidité relative ne doivent pas varier de plus de 5 °C et 10 % respectivement, dans l'étendue de référence.

B.4 Essais de performance (se reporter au tableau de résumé)

Notes: Essais simulés

Sauf pour B.4.3 et B.4.4 (essais hors fonctionnement), les essais peuvent être menés en simulant l'écoulement à travers le système de mesure, si l'on peut démontrer que le capteur de débit n'est pas affecté par les conditions d'essai.

Note 1 L'écoulement simulé doit produire un ou des signaux de sortie émanant du système de mesure, correspondant à un débit réel compris entre les débits minimal et maximal pour le système.

Note 2 Lors de la simulation de l'écoulement, il doit être possible de s'assurer que les moyens de mesurage du débit du système sont totalement opérationnels.

Résumé des essais de performance

<i>Essai</i>	<i>Nature de la grandeur d'influence</i>	<i>Niveau de sévérité (référence OIML D 11)</i>		
		B	C	I
B.4.1 Chaleur sèche	Facteur d'influence	2	3	3
B.4.2 Froid	Facteur d'influence	2	3	3
B.4.3 Chaleur humide, cyclique	Facteur d'influence	1	2	2
B.4.4 Vibration (sinusoïdale)	Facteur d'influence	-	-	3
B.4.5.1 Variations de la tension d'alimentation électrique en courant alternatif	Facteur d'influence	1	1	1
B.4.5.2 Variations de la tension d'alimentation électrique en courant continu	Perturbation	1	1	1
B.4.6 Brèves interruptions de l'alimentation électrique	Perturbation	1a & 1b	1a & 1b	1a & 1b
B.4.7 Salves électriques	Perturbation	2	2	2
B.4.8 Décharges électrostatiques	Perturbation	1	1	1
B.4.9 Susceptibilité électromagnétique	Perturbation	2	2	2
B.4.10 Perturbations sur les instruments alimentés en courant continu	Perturbation	2	2	2

B.4.1 Chaleur sèche

Méthode d'essai

Chaleur sèche (sans condensation).

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de haute température.

Références

Publication CEI 60068-2-2, quatrième édition, 1974, Essais d'environnement. Partie 2; Essais, Essais Bd: Chaleur sèche, pour un équipement soumis à l'essai (EST) dissipant de l'énergie avec variation lente de la température.

L'information de base concernant les essais de chaleur sèche est donnée dans la Publication CEI 60068-3-1, première édition, 1974 et premier complément 60068-3-1A, 1978, Partie 3: Information de base. Section un: Essais de froid et de chaleur sèche. Les informations générales de base concernant les essais d'environnement sont données dans la Publication CEI 60068-1, 1988.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à exposer l'EST à une température de 55 °C (classe C ou I) ou de 40 °C (classe B) dans des conditions en "air libre" pendant 2 heures après que l'EST ait atteint la stabilité en température. L'EST doit être essayé pour au moins un débit (ou débit simulé):

- à la température de référence de 20 °C après conditionnement;
- à la température de 55 °C (classe C ou I) ou de 40 °C (classe B), 2 heures après stabilisation de la température;
- après rétablissement de l'EST à la température de référence de 20 °C.

Sévérité de l'essai

- 1) Température: niveau de sévérité 2: 40°C
niveau de sévérité 3: 55 °C
- 2) Durée: 2 heures.

Nombre de cycles d'essai

Un cycle.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.2 Froid*Méthode d'essai*

Froid.

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de basse température.

Références

Publication CEI 60068-2-1, 1990, Essais d'environnement, Partie 2: Essais, Essais A: Froid, Section 3–Essai Ad: Froid pour un EST dissipant de l'énergie avec variation lente de la température.

L'information de base concernant les essais de froid est donnée dans la Publication CEI 60068-3-1, première édition, 1974 et premier complément 60068-3-1A, 1978, Partie 3: Information de base. Section un: Essais de froid et de chaleur sèche. Les informations générales de base concernant les essais d'environnement sont données dans la Publication 60068-1, 1988.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste en une exposition de l'EST à une température de – 25 °C (classe C ou I) ou de – 10 °C

(classe B) dans des conditions en “air libre” pendant 2 heures après que l'EST ait atteint la stabilité en température. L'EST doit être essayé pour au moins un débit (ou débit simulé):

- à la température de référence de 20 °C après conditionnement;
- à la température de – 25 °C ou de – 10 °C, 2 heures après stabilisation de la température;
- après rétablissement de l'EST à la température de référence de 20 °C.

Sévérité de l'essai

- 1) Température: niveau de sévérité 2: – 10 °C;
niveau de sévérité 3: – 25 °C.
- 2) Durée: 2 heures.

Nombre de cycles d'essai

Un cycle.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.3 Chaleur humide, cyclique*Méthode d'essai*

Chaleur humide, cyclique (avec condensation).

Objet de l'essai

Vérifier la conformité des instruments de mesure électroniques avec les dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de forte humidité lorsque combinée à des variations cycliques de température.

Références

Publication CEI 60068-2-30, deuxième édition, 1980, Essais d'environnement, Partie 2: Essais, Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures), essai variante 2.

Les informations de base concernant les essais de chaleur humide sont données dans la Publication CEI 60068-2-28, troisième édition, 1990: Guide pour les essais de chaleur humide.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à exposer l'EST hors fonctionnement (sous tension et allumé) à des variations cycliques de température entre 25 °C et la température supérieure de 55 °C (classe C ou I) ou 40 °C (classe B) en maintenant l'humidité relative au-dessus de 95 % pendant les variations de température et pendant les phases de basse température, et à 93 % pendant les phases à la température supérieure. Il doit y avoir formation de condensation sur l'EST pendant la montée en température. La période de stabilisation sous atmosphère normale avant, et le rétablissement après l'exposition cyclique sont spécifiées dans la Publication CEI 60068-2-30. Après rétablissement, un essai de performance dans les conditions de référence est effectué pour au moins un débit (ou débit simulé).

Sévérité de l'essai

- 1) Température supérieure: niveau de sévérité 1: 40 °C;
niveau de sévérité 2: 55 °C.
- 2) Humidité: > 93 %.
- 3) Durée: 24 heures.

Nombre de cycles d'essai

Deux cycles.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.4 Vibrations*Méthode d'essai*

Vibrations sinusoïdales.

Objet de l'essai

Vérifier la conformité des instruments de mesure électroniques aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de vibrations sinusoïdales.

Références

Publication CEI 60068-2-6, 1995, Essais d'environnement, Partie 2: Essais, Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales).

Procédure d'essai en bref

L'EST doit être essayé hors fonctionnement en balayant les fréquences dans la gamme de fréquences spécifiée, à 1 octave/minute, au niveau d'accélération spécifié avec un nombre spécifié de cycles de balayage par axe. L'EST, monté sur un support rigide par les moyens normaux de fixation, doit être essayé selon ses trois axes principaux perpendiculaires entre eux. Il doit normalement être monté de telle manière que la force gravitationnelle agisse dans la même direction qu'en utilisation normale. Après l'essai de vibrations, un essai de performance dans les conditions de référence doit être effectué pour au moins un débit.

Sévérité de l'essai

- 1) Étendue de fréquence: 10 Hz – 150 Hz.
- 2) Niveau max. d'accélération: 20 m·s⁻².

Nombre de cycles d'essai

20 cycles de balayage par axe.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.5 Variations d'alimentation électrique**B.4.5.1 Alimentation électrique en courant alternatif***Méthode d'essai*

Variation de l'alimentation électrique sur réseau en courant alternatif (phase unique).

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de variation de l'alimentation électrique en courant alternatif sur réseau.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à exposer l'EST à des variations de la tension d'alimentation, l'EST fonctionnant dans des conditions atmosphériques normales. L'EST doit être essayé pour au moins un débit (ou débit simulé) aux limites supérieure et inférieure de la tension.

Sévérité de l'essai

Tension d'alimentation:

limite sup.: $U_{\text{nom}} + 10 \%$;limite inf.: $U_{\text{nom}} - 15 \%$.*Nombre de cycles d'essai*

Un cycle.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.5.2 Alimentation électrique en courant continu*Méthode d'essai*

Variation de l'alimentation électrique en courant continu.

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de variation de l'alimentation électrique en courant continu.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à exposer l'EST à des variations de la tension d'alimentation, l'EST fonctionnant dans des conditions atmosphériques normales. L'EST doit être essayé pour au moins un débit (ou débit simulé) aux limites supérieure et inférieure de la tension.

*Sévérité de l'essai*Tension continue: limite sup.: $U_{\text{nom}} + 10 \%$;limite inf.: $U_{\text{nom}} - 15 \%$.*Nombre de cycles d'essai*

Un cycle.

Variations maximales admises

Toutes les fonctions doivent opérer comme prévu.

Toutes les indications doivent rester à l'intérieur des erreurs maximales tolérées.

B.4.6 Brèves interruptions de l'alimentation électrique (non applicable aux systèmes alimentés en courant continu)*Méthode d'essai*

Brèves interruptions et réductions de la tension d'alimentation électrique de réseau.

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de brèves interruptions et réductions de la tension d'alimentation électrique de réseau.

Références

Publication CEI 61000-4-11 (1994), Compatibilité électromagnétique (CEM)- Partie 4: Techniques d'essai et de mesure- Section 11. Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension. Section 5.2 (Niveaux d'essai - Variation de tension). Section 8.2.2 (Exécution de la variation de la tension d'essai).

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à soumettre l'EST à des interruptions de tension allant de la tension nominale à la tension nulle pour une durée égale à 10 ms, et de la tension nominale à 50 % de cette valeur pour une durée égale à 20 ms. Les interruptions et réductions de la tension d'alimentation sur réseau doivent être répétées dix fois, à un intervalle d'au moins 10 secondes. L'EST doit être essayé pour au moins un débit (ou débit simulé).

Sévérité de l'essai

Interruption d'alimentation de 100 % pendant 10 ms;

Réduction de tension de 50 % pendant 20 ms.

Nombre de cycles d'essai

Dix essais avec un minimum de 10 secondes entre deux essais.

Variations maximales admises

a) Pour les systèmes de mesure interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24, sinon le système de mesure doit détecter et mettre en évidence un défaut significatif, conformément à 14.1.1.

- b) Pour les systèmes de mesure non interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24.

B.4.7 Salves électriques (non applicable aux systèmes alimentés en courant continu)

Méthode d'essai

Salves électriques.

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions où des salves électriques sont superposées à la tension de réseau.

Références

Publication CEI 61000-4-4 (1995), Compatibilité électromagnétique (CEM)– Partie 4: Techniques d'essai et de mesure– Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. Publication fondamentale en CEM.

Procédure d'essai en bref

L'essai consiste à soumettre l'EST à des salves de tensions transitoires de forme d'onde doublement exponentielle. Chaque impulsion doit avoir un temps de montée de 5 ns et une durée à demi-amplitude de 50 ns. La longueur de la salve doit être de 15 ms, la périodicité des salves (intervalle de répétition) doit être de 300 ms. Toutes ces salves doivent être appliquées pendant un même mesurage ou mesurage simulé.

Sévérité de l'essai

Amplitude (valeur de crête) 1000 V.

Nombre de cycles d'essai

Au moins 10 salves positives et 10 salves négatives à phase aléatoire doivent être appliquées à 1000 V.

Variations maximales admises

- a) Pour les systèmes de mesure interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24, sinon le système de mesure doit détecter et mettre en évidence un défaut significatif, conformément à 14.1.1.
- b) Pour les systèmes de mesure non interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24.

B.4.8 Décharges électrostatiques

Méthode d'essai

Décharges électrostatiques (DES).

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de décharges électrostatiques.

Références

Publication CEI 61000-4-2 (1995), Compatibilité électromagnétique (CEM)– Partie 4: Techniques d'essai et de mesure– Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Publication fondamentale en CEM.

Procédure d'essai en bref

Une capacité de 150 pF est chargée par une source de tension continue appropriée. La capacité est ensuite déchargée à travers l'EST en reliant une borne à la terre (châssis) et l'autre par l'intermédiaire d'une résistance de 150 ohms aux surfaces qui sont normalement accessibles à l'opérateur.

Dans le cas des décharges par contact, la pointe de l'électrode de décharge doit toucher l'EST avant que le commutateur de décharge soit actionné.

Dans le cas de surfaces peintes recouvrant une couche conductrice, la procédure suivante doit être adoptée:

Si le revêtement n'est pas signalé comme revêtement isolant par le fabricant de l'instrument, alors la pointe de l'électrode de décharge doit pénétrer le revêtement de façon à établir le contact avec la couche conductrice. Le revêtement signalé comme isolant par le fabricant doit seulement être soumis aux décharges dans l'air. L'essai de décharges par contact ne doit pas être appliqué à de telles surfaces.

Dans le cas des décharges dans l'air, la pointe sphérique de l'électrode de décharge doit être approchée aussi rapidement que possible (sans causer de dommage mécanique) pour toucher l'EST. Après chaque décharge, le générateur DES (électrode de décharge) doit être éloigné de l'EST. Le générateur est ensuite redéclenché pour une nouvelle décharge unique. Cette procédure doit être répétée jusqu'à application de toutes les décharges. Dans le cas d'un essai de décharges dans l'air, le commutateur de décharge utilisé pour les décharges par contact doit être fermé.

Sévérité de l'essai

Décharges dans l'air: jusqu'à et y compris 8 kV;
Décharges par contact: jusqu'à et y compris 6 kV.

Nombre de cycles d'essai

Au moins dix décharges doivent être appliquées à des intervalles d'au moins 10 secondes entre deux décharges, pendant un même mesurage ou mesurage simulé.

Variations maximales admises

- a) Pour les systèmes de mesure interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24, sinon le système de mesure doit détecter et mettre en évidence un défaut significatif, conformément à 14.1.1.
- b) Pour les systèmes de mesure non interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24.

B.4.9 Susceptibilité électromagnétique*Méthode d'essai*

Champs électromagnétiques (rayonnés).

Objet de l'essai

Vérifier la conformité aux dispositions du paragraphe 14.1.1 dans des conditions de divers champs électromagnétiques.

Références

Publication CEI 61000-4-3 (1995), Compatibilité électromagnétique (CEM)– Partie 4: Techniques d'essai et de mesure– Section 3: Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radio-électriques.

Procédure d'essai en bref

L'EST doit être exposé à un champ électromagnétique d'intensité spécifiée par le niveau de sévérité pendant le mesurage ou le mesurage simulé. L'intensité de champ peut être obtenue des façons suivantes:

- la ligne à plaques "strip line" est utilisée aux fréquences en dessous de 30 MHz (dans certains cas de 150 MHz) pour les petits EST;
- le fil de grande longueur est utilisé aux fréquences en dessous de 30 MHz pour les EST de plus grande dimension;
- une antenne dipôle ou une antenne à polarisation circulaire placée à 1 m de l'EST est utilisée aux hautes fréquences.

L'intensité de champ spécifiée doit être établie avant essai (sans que l'EST soit dans le champ).

Le champ doit être engendré selon deux polarisations orthogonales et l'étendue de fréquence doit être parcourue lentement.

Si on utilise, pour engendrer le champ électromagnétique, une antenne à polarisation circulaire, c'est-à-dire une antenne à spirale logarithmique ou héli-coïdale, il n'est pas nécessaire de modifier la position de l'antenne.

Quand l'essai est effectué en chambre blindée afin de satisfaire aux lois internationales interdisant les interférences en matière de communications radio, un blindage anéchoïque peut être nécessaire pour réduire les réflexions sur les parois.

Sévérité de l'essai

Étendue de fréquence	26 MHz – 1000 MHz
Intensité de champ	3 V/m
Modulation	80 %, 1 kHz onde sinusoïdale

Variations maximales admises

- a) Pour les systèmes de mesure interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24, sinon le système de mesure doit détecter et mettre en évidence un défaut significatif, conformément à 14.1.1.
- b) Pour les systèmes de mesure non interruptibles, la différence entre l'indication de quantité pendant l'essai et l'indication dans les conditions de référence ne doit pas dépasser les valeurs données en 3.24.

B.4.10 Perturbations sur les instruments alimentés en courant continu

Les systèmes de mesure électroniques alimentés en courant continu ne doivent pas être soumis aux essais B.4.5.1 *Alimentation électrique en courant alternatif*, B.4.6 *Brèves interruptions de l'alimentation électrique* et B.4.7 *Salves électriques*. Ils doivent satisfaire les points suivants:

1 Généralités

Lorsque la tension d'alimentation est inférieure à - 15 % de U_{nom} , ou supérieure à + 10 % de U_{nom} , lors d'un mesurage, l'EST doit soit donner des indications respectant les emt, soit ne pas fournir d'indication pouvant être interprétée comme une valeur de mesurage.

2 Pour les instruments alimentés par la batterie d'un véhicule

Les impulsions d'essai 1, 2 et 3 comme spécifiées dans ISO 7637: *Véhicules routiers - Perturbation électrique par conduction et couplage*, Partie 1 ou Partie 2 comme approprié, doivent être appliquées. Les impulsions doivent être répétées aussi longtemps que nécessaire pour achever l'essai.

Le certificat d'approbation de modèle doit au moins indiquer le Niveau de Sévérité II.

ANNEXE C

TABLES DE MASSE VOLUMIQUE POUR L'ARGON, L'HÉLIUM, L'HYDROGÈNE, L'AZOTE ET L'OXYGÈNE LIQUIDES

Les tables des pages suivantes donnent les valeurs en unités SI de la masse volumique en fonction de la température et de la pression pour l'argon, l'hélium, l'hydrogène, l'azote et l'oxygène liquides. Deux tables sont données pour chaque fluide:

- les tables “-a” donnent les valeurs de pression de vapeur, de masse volumique et de volume par unité de masse en fonction de la température pour les liquides dits saturés (liquides sous leur pression de vapeur);
- les tables “-b” donnent les valeurs de masse volumique en fonction de la température pour les liquides dits sous-refroidis (liquides sous pression).

Étendues des tables:

Table 1 – Argon

Température de 85 K à 150 K et pression jusqu'à 4 MPa;

Table 2 – Hélium

Température de 4 K à 5,14 K et pression jusqu'à 0,22 MPa;

Table 3 – Hydrogène

Température de 19,4 K à 32,8 K et pression jusqu'à 1,2 MPa;

Table 4 – Azote

Température de 75 K à 126 K et pression jusqu'à 3 MPa;

Table 5 – Oxygène

Température de 88 K à 154 K et pression jusqu'à 4 MPa.

Les tables ont été obtenues à partir des programmes informatiques utilisés pour préparer des tables similaires pour l'Association pour le Gaz Comprimé des États Unis, lesquelles sont référencées en [1]. Les données fournies par ces tables ont été préparées par la “Thermophysics Division of the National Institute of Standards and Technology” (ancien “National Bureau of Standards”) et sont conformes aux données référencées en [1] et dans les documents source [2] et [3]. Les programmes informatiques utilisés pour préparer ces tables peuvent être obtenus auprès du “NIST Office of Standard Reference Data” [4].

Références applicables à l'Annexe C

- | | |
|---|---|
| <p>[1] Younglove, B.A., Tables of Industrial Gas Container Contents and Density for Oxygen, Argon, Nitrogen, Helium and Hydrogen. Nat. Bur. Stand. (USA) Tech. Note No. 1079, June 1985. 195 p.</p> <p>[2] McCarty, R.D., Interactive Fortran IV Computer Programs for the Thermodynamic and Transport Properties of Selected Cryogens (Fluids Pack). Nat. Bur. Stand. (USA) Tech. Note No. 1025, October 1980. 112 p.</p> <p>[3] Younglove, B.A., Thermophysical Properties of Fluids. I. Argon, Ethylene, Parahydrogen, Nitrogen, Trifluoride and Oxygen. J. Phys. Chem. Ref. Data 11, No. 4, 1982.</p> | <p>[4] Pour commander les bases de données sur bande magnétique NIST Standard Reference Data Base 5 pour les propriétés de l'hélium, et Data Base 6 pour les autres fluides, s'adresser à: Office of Standard Reference Data, A320, Physics Building, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD 20899, USA.</p> <p><i>Note: Le “National Institute of Standards and Technology (NIST)” a préparé ces tables à la demande de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Ayant été préparées sous les auspices du Gouvernement des États Unis, elles ne sont pas soumises aux droits d'auteur.</i></p> |
|---|---|

TABLE 1-a
ARGON

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
85,0	,0790	1407,0	,7107
86,0	,0883	1401,0	,7138
87,0	,0983	1394,9	,7169
88,0	,1093	1388,8	,7200
89,0	,1211	1382,6	,7233
90,0	,1339	1376,4	,7265
91,0	,1477	1370,1	,7299
92,0	,1626	1363,8	,7332
93,0	,1785	1357,4	,7367
94,0	,1956	1351,0	,7402
95,0	,2139	1344,5	,7438
96,0	,2335	1337,9	,7474
97,0	,2543	1331,3	,7511
98,0	,2765	1324,7	,7549
99,0	,3001	1318,0	,7588
100,0	,3252	1311,2	,7627
101,0	,3518	1304,3	,7667
102,0	,3799	1297,4	,7708
103,0	,4097	1290,4	,7749
104,0	,4411	1283,4	,7792
105,0	,4743	1276,3	,7835
106,0	,5092	1269,1	,7880
107,0	,5459	1261,9	,7925
108,0	,5846	1254,5	,7971
109,0	,6252	1247,1	,8019
110,0	,6678	1239,6	,8067
111,0	,7124	1232,0	,8117
112,0	,7591	1224,4	,8167
113,0	,8080	1216,6	,8219
114,0	,8592	1208,8	,8273
115,0	,9126	1200,8	,8328
116,0	,9683	1192,8	,8384
117,0	1,0264	1184,6	,8441
118,0	1,0870	1176,4	,8501
119,0	1,1501	1168,0	,8562
120,0	1,2158	1159,4	,8625
121,0	1,2841	1150,8	,8690
122,0	1,3550	1142,0	,8757
123,0	1,4288	1133,0	,8826
124,0	1,5053	1123,9	,8897

TABLE 1-a (suite)**ARGON**

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
125,0	1,5848	1114,6	,8971
126,0	1,6671	1105,2	,9048
127,0	1,7525	1095,5	,9128
128,0	1,8410	1085,6	,9211
129,0	1,9326	1075,5	,9298
130,0	2,0274	1065,2	,9388
131,0	2,1256	1054,6	,9483
132,0	2,2271	1043,7	,9582
133,0	2,3320	1032,4	,9686
134,0	2,4405	1020,8	,9796
135,0	2,5526	1008,9	,9912
136,0	2,6684	996,5	1,0035
137,0	2,7880	983,6	1,0167
138,0	2,9114	970,2	1,0307
139,0	3,0389	956,1	1,0459
140,0	3,1704	941,4	1,0622
141,0	3,3061	925,9	1,0801
142,0	3,4462	909,4	1,0996
143,0	3,5908	891,8	1,1213
144,0	3,7399	872,9	1,1456
145,0	3,8938	852,3	1,1733
146,0	4,0527	829,6	1,2054
147,0	4,2168	804,0	1,2437
148,0	4,3863	774,3	1,2915
149,0	4,5617	737,7	1,3557
150,0	4,7434	687,3	1,4550

TABLE 1-b ARGON (Température: K Pression: MPa Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
TEMP													
85,0	1407,8	1407,9	1408,2	1408,7	1409,3	1409,9	1410,5	1411,9	1413,3	1414,7	1416,1	1417,4	1418,8
85,5		1404,9	1405,1	1405,7	1406,3	1406,9	1407,5	1408,9	1410,3	1411,7	1413,1	1414,5	1415,9
86,0		1401,8	1402,1	1402,7	1403,3	1403,9	1404,4	1405,9	1407,3	1408,8	1410,2	1411,6	1413,0
86,5		1398,8	1399,1	1399,7	1400,2	1400,8	1401,4	1402,9	1404,3	1405,8	1407,2	1408,6	1410,0
87,0		1395,7	1396,0	1396,6	1397,2	1397,8	1398,4	1399,9	1401,3	1402,8	1404,2	1405,7	1407,1
87,5			1392,9	1393,5	1394,1	1394,7	1395,3	1396,8	1398,3	1399,8	1401,2	1402,7	1404,1
88,0			1389,8	1390,4	1391,1	1391,7	1392,3	1393,8	1395,3	1396,8	1398,3	1399,7	1401,2
88,5			1386,7	1387,4	1388,0	1388,6	1389,2	1390,7	1392,2	1393,8	1395,2	1396,7	1398,2
89,0			1383,6	1384,2	1384,9	1385,5	1386,1	1387,7	1389,2	1390,7	1392,2	1393,7	1395,2
89,5			1380,5	1381,1	1381,8	1382,4	1383,0	1384,6	1386,1	1387,7	1389,2	1390,7	1392,2
90,0			1377,3	1378,0	1378,6	1379,3	1379,9	1381,5	1383,1	1384,6	1386,1	1387,7	1389,2
90,5			1374,2	1374,8	1375,5	1376,1	1376,8	1378,4	1380,0	1381,5	1383,1	1384,6	1386,2
91,0			1371,0	1371,7	1372,3	1373,0	1373,6	1375,3	1376,9	1378,4	1380,0	1381,6	1383,1
91,5			1367,8	1368,5	1369,2	1369,8	1370,5	1372,1	1373,7	1375,3	1376,9	1378,5	1380,1
92,0			1364,6	1365,3	1366,0	1366,6	1367,3	1369,0	1370,6	1372,2	1373,8	1375,4	1377,0
92,5			1361,4	1362,1	1362,8	1363,5	1364,1	1365,8	1367,5	1369,1	1370,7	1372,4	1374,0
93,0			1358,2	1358,9	1359,6	1360,2	1360,9	1362,6	1364,3	1366,0	1367,6	1369,3	1370,9
93,5			1354,9	1355,6	1356,3	1357,0	1357,7	1359,4	1361,1	1362,8	1364,5	1366,2	1367,8
94,0			1351,7	1352,4	1353,1	1353,8	1354,5	1356,2	1358,0	1359,7	1361,4	1363,0	1364,7
94,5				1349,1	1349,8	1350,6	1351,3	1353,0	1354,8	1356,5	1358,2	1359,9	1361,6
95,0				1345,8	1346,6	1347,3	1348,0	1349,8	1351,6	1353,3	1355,0	1356,8	1358,4
95,5				1342,5	1343,3	1344,0	1344,7	1346,5	1348,3	1350,1	1351,9	1353,6	1355,3
96,0				1339,2	1340,0	1340,7	1341,5	1343,3	1345,1	1346,9	1348,7	1350,4	1352,2
96,5				1335,9	1336,7	1337,4	1338,2	1340,0	1341,8	1343,7	1345,5	1347,2	1349,0
97,0				1332,6	1333,3	1334,1	1334,8	1336,7	1338,6	1340,4	1342,2	1344,0	1345,8
97,5				1329,2	1330,0	1330,8	1331,5	1333,4	1335,3	1337,2	1339,0	1340,8	1342,6
98,0				1325,8	1326,6	1327,4	1328,2	1330,1	1332,0	1333,9	1335,8	1337,6	1339,4
98,5				1322,4	1323,2	1324,0	1324,8	1326,8	1328,7	1330,6	1332,5	1334,4	1336,2
99,0				1319,0	1319,8	1320,6	1321,4	1323,4	1325,4	1327,3	1329,2	1331,1	1333,0
99,5				1315,6	1316,4	1317,2	1318,0	1320,1	1322,0	1324,0	1325,9	1327,9	1329,8
100,0				1312,2	1313,0	1313,8	1314,6	1316,7	1318,7	1320,7	1322,6	1324,6	1326,5
100,5				1308,7	1309,5	1310,4	1311,2	1313,3	1315,3	1317,3	1319,3	1321,3	1323,2
101,0				1305,2	1306,1	1306,9	1307,8	1309,9	1311,9	1314,0	1316,0	1318,0	1320,0
101,5				1301,7	1302,6	1303,4	1304,3	1306,4	1308,5	1310,6	1312,6	1314,7	1316,7
102,0				1298,2	1299,1	1299,9	1300,8	1303,0	1305,1	1307,2	1309,3	1311,3	1313,4
102,5				1294,7	1295,5	1296,4	1297,3	1299,5	1301,7	1303,8	1305,9	1308,0	1310,0
103,0					1292,0	1292,9	1293,8	1296,0	1298,2	1300,4	1302,5	1304,6	1306,7
103,5					1288,4	1289,4	1290,3	1292,5	1294,7	1296,9	1299,1	1301,2	1303,3
104,0					1284,9	1285,8	1286,7	1289,0	1291,3	1293,5	1295,7	1297,8	1300,0
104,5					1281,2	1282,2	1283,1	1285,5	1287,7	1290,0	1292,2	1294,4	1296,6
105,0					1277,6	1278,6	1279,5	1281,9	1284,2	1286,5	1288,8	1291,0	1293,2
105,5					1274,0	1274,9	1275,9	1278,3	1280,7	1283,0	1285,3	1287,5	1289,8
106,0					1270,3	1271,3	1272,3	1274,7	1277,1	1279,5	1281,8	1284,1	1286,3
106,5					1266,6	1267,6	1268,6	1271,1	1273,5	1275,9	1278,3	1280,6	1282,9
107,0					1262,9	1263,9	1264,9	1267,4	1269,9	1272,4	1274,8	1277,1	1279,4
107,5					1259,2	1260,2	1261,2	1263,8	1266,3	1268,8	1271,2	1273,6	1276,0
108,0					1255,4	1256,4	1257,5	1260,1	1262,6	1265,2	1267,6	1270,1	1272,5
108,5						1252,7	1253,7	1256,4	1259,0	1261,5	1264,0	1266,5	1268,9
109,0						1248,9	1250,0	1252,6	1255,3	1257,9	1260,4	1262,9	1265,4
109,5						1245,0	1246,2	1248,9	1251,6	1254,2	1256,8	1259,3	1261,9
110,0							1241,2	1242,3	1245,1	1247,8	1250,5	1253,1	1255,7
110,5							1237,3	1238,5	1241,3	1244,1	1246,8	1249,5	1252,1
111,0							1233,4	1234,6	1237,5	1240,3	1243,1	1245,8	1248,4
111,5							1229,5	1230,7	1233,6	1236,5	1239,3	1242,1	1244,8
112,0							1225,5	1226,7	1229,7	1232,6	1235,5	1238,3	1241,1
112,5							1221,5	1222,7	1225,8	1228,8	1231,7	1234,5	1237,4
113,0								1218,7	1221,8	1224,9	1227,8	1230,8	1233,6
113,5								1214,7	1217,9	1220,9	1224,0	1226,9	1229,8
114,0								1210,6	1213,8	1217,0	1220,1	1223,1	1226,1
114,5								1206,5	1209,8	1213,0	1216,2	1219,2	1222,2
115,0								1202,4	1205,7	1209,0	1212,2	1215,3	1218,4
115,5								1198,2	1201,6	1204,9	1208,2	1211,4	1214,5

TABLE 1-b (*suite*)

ARGON

(Température: K

Pression: MPa

Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
TEMP													
116,0							1194,0	1197,5	1200,9	1204,2	1207,4	1210,6	1213,7
116,5							1189,7	1193,3	1196,8	1200,1	1203,5	1206,7	1209,9
117,0								1189,1	1192,6	1196,1	1199,4	1202,7	1206,0
117,5								1184,8	1188,4	1191,9	1195,4	1198,8	1202,0
118,0								1180,5	1184,2	1187,8	1191,3	1194,7	1198,1
118,5								1176,1	1179,9	1183,6	1187,2	1190,7	1194,1
119,0								1171,7	1175,6	1179,4	1183,0	1186,6	1190,1
119,5								1167,3	1171,3	1175,1	1178,8	1182,5	1186,0
120,0								1162,8	1166,9	1170,8	1174,6	1178,3	1182,0
120,5								1158,3	1162,4	1166,4	1170,4	1174,1	1177,8
121,0								1153,7	1157,9	1162,1	1166,0	1169,9	1173,7
121,5								1149,0	1153,4	1157,6	1161,7	1165,7	1169,5
122,0								1144,3	1148,8	1153,1	1157,3	1161,4	1165,3
122,5								1139,6	1144,2	1148,6	1152,9	1157,0	1161,0
123,0								1134,7	1139,5	1144,0	1148,4	1152,6	1156,7
123,5								1129,9	1134,7	1139,3	1143,8	1148,2	1152,4
124,0									1129,9	1134,6	1139,2	1143,7	1148,0
124,5									1125,0	1129,9	1134,6	1139,2	1143,6
125,0									1120,0	1125,1	1129,9	1134,6	1139,1
125,5									1115,0	1120,2	1125,2	1129,9	1134,5
126,0									1109,9	1115,2	1120,3	1125,2	1130,0
126,5									1104,7	1110,2	1115,5	1120,5	1125,3
127,0									1099,4	1105,1	1110,5	1115,7	1120,7
127,5									1094,1	1099,9	1105,5	1110,8	1115,9
128,0									1088,6	1094,7	1100,4	1105,9	1111,1
128,5									1083,1	1089,3	1095,2	1100,9	1106,3
129,0									1077,4	1083,9	1090,0	1095,8	1101,3
129,5									1071,7	1078,4	1084,7	1090,7	1096,4
130,0										1072,7	1079,2	1085,4	1091,3
130,5										1067,0	1073,7	1080,1	1086,2
131,0										1061,1	1068,1	1074,7	1081,0
131,5										1055,1	1062,4	1069,2	1075,7
132,0										1049,0	1056,6	1063,6	1070,3
132,5										1042,7	1050,6	1057,9	1064,8
133,0										1036,3	1044,5	1052,1	1059,3
133,5										1029,7	1038,3	1046,2	1053,6
134,0										1023,0	1031,9	1040,2	1047,8
134,5										1016,0	1025,4	1034,0	1041,9
135,0											1018,7	1027,7	1035,9
135,5											1011,8	1021,2	1029,8
136,0											1004,7	1014,5	1023,5
136,5											997,4	1007,7	1017,1
137,0											989,8	1000,7	1010,6
137,5											981,9	993,5	1003,8
138,0											973,8	986,0	996,9
138,5											965,3	978,3	989,8
139,0												970,3	982,5
139,5												962,0	974,9
140,0												953,3	967,0
140,5												944,2	958,9
141,0												934,6	950,5
141,5												924,5	941,6
142,0												913,7	932,4
142,5													922,7
143,0													912,4
143,5													901,4
144,0													889,7
144,5													876,9
145,0													862,9

TABLE 2-a
HÉLIUM

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
4,00	,0815	129,00	7,752
4,02	,0831	128,66	7,772
4,04	,0848	128,33	7,793
4,06	,0865	127,99	7,813
4,08	,0882	127,64	7,835
4,10	,0900	127,29	7,856
4,12	,0917	126,93	7,878
4,14	,0935	126,57	7,901
4,16	,0953	126,20	7,924
4,18	,0972	125,83	7,947
4,20	,0990	125,45	7,971
4,22	,1009	125,06	7,996
4,24	,1028	124,67	8,021
4,26	,1047	124,28	8,047
4,28	,1067	123,87	8,073
4,30	,1087	123,46	8,100
4,32	,1107	123,05	8,127
4,34	,1127	122,62	8,155
4,36	,1148	122,19	8,184
4,38	,1169	121,75	8,213
4,40	,1190	121,31	8,244
4,42	,1211	120,85	8,275
4,44	,1233	120,39	8,306
4,46	,1255	119,92	8,339
4,48	,1277	119,44	8,373
4,50	,1299	118,95	8,407
4,52	,1322	118,45	8,443
4,54	,1345	117,94	8,479
4,56	,1368	117,42	8,517
4,58	,1392	116,88	8,555
4,60	,1416	116,34	8,596
4,62	,1440	115,78	8,637
4,64	,1464	115,21	8,680
4,66	,1489	114,63	8,724
4,68	,1514	114,03	8,770
4,70	,1539	113,41	8,817
4,72	,1564	112,78	8,867
4,74	,1590	112,13	8,918
4,76	,1616	111,46	8,972
4,78	,1643	110,77	9,028

TABLE 2-a (suite)**HÉLIUM**

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
4,80	,1670	110,05	9,086
4,82	,1697	109,32	9,148
4,84	,1724	108,55	9,212
4,86	,1752	107,76	9,280
4,88	,1780	106,93	9,352
4,90	,1808	106,07	9,427
4,92	,1837	105,17	9,508
4,94	,1866	104,23	9,594
4,96	,1895	103,24	9,686
4,98	,1925	102,19	9,785
5,00	,1954	101,08	9,893
5,02	,1985	99,90	10,010
5,04	,2015	98,63	10,139
5,06	,2046	97,25	10,282
5,08	,2077	95,75	10,444
5,10	,2109	94,08	10,629
5,12	,2141	92,20	10,846
5,14	,2173	90,01	11,109

TABLE 2-b

HÉLIUM

(Température: K

Pression: MPa

Masse volumique: kg/m³)

	PRES	,085	,090	,100	,110	,120	,130	,140	,150	,160	,170	,180	,200	,220
TEMP														
4,00	129,2	129,5	130,0	130,5	131,0	131,5	131,9	132,4	132,8	133,2	133,7	134,5	135,2	
4,01	129,0	129,3	129,8	130,3	130,8	131,3	131,8	132,2	132,6	133,1	133,5	134,3	135,1	
4,02	128,8	129,0	129,6	130,1	130,6	131,1	131,6	132,0	132,5	132,9	133,3	134,1	134,9	
4,03	128,6	128,8	129,4	129,9	130,4	130,9	131,4	131,8	132,3	132,7	133,2	134,0	134,8	
4,04	128,3	128,6	129,2	129,7	130,2	130,7	131,2	131,7	132,1	132,6	133,0	133,8	134,6	
4,05		128,4	129,0	129,5	130,0	130,5	131,0	131,5	131,9	132,4	132,8	133,6	134,4	
4,06		128,2	128,8	129,3	129,8	130,3	130,8	131,3	131,8	132,2	132,6	133,5	134,3	
4,07		128,0	128,5	129,1	129,6	130,1	130,6	131,1	131,6	132,0	132,5	133,3	134,1	
4,08		127,7	128,3	128,9	129,4	129,9	130,4	130,9	131,4	131,9	132,3	133,1	134,0	
4,09		127,5	128,1	128,7	129,2	129,7	130,2	130,7	131,2	131,7	132,1	133,0	133,8	
4,10		127,3	127,9	128,5	129,0	129,5	130,0	130,5	131,0	131,5	131,9	132,8	133,6	
4,11			127,7	128,2	128,8	129,3	129,8	130,3	130,8	131,3	131,8	132,6	133,5	
4,12			127,4	128,0	128,6	129,1	129,6	130,2	130,6	131,1	131,6	132,5	133,3	
4,13			127,2	127,8	128,4	128,9	129,4	130,0	130,4	130,9	131,4	132,3	133,1	
4,14			127,0	127,6	128,1	128,7	129,2	129,8	130,3	130,7	131,2	132,1	133,0	
4,15			126,7	127,3	127,9	128,5	129,0	129,6	130,1	130,5	131,0	131,9	132,8	
4,16			126,5	127,1	127,7	128,3	128,8	129,3	129,9	130,4	130,8	131,7	132,6	
4,17			126,3	126,9	127,5	128,1	128,6	129,1	129,7	130,2	130,6	131,6	132,4	
4,18			126,0	126,6	127,3	127,8	128,4	128,9	129,5	130,0	130,4	131,4	132,3	
4,19			125,8	126,4	127,0	127,6	128,2	128,7	129,2	129,8	130,3	131,2	132,1	
4,20			125,5	126,2	126,8	127,4	128,0	128,5	129,0	129,6	130,1	131,0	131,9	
4,21			125,3	125,9	126,6	127,2	127,7	128,3	128,8	129,4	129,9	130,8	131,7	
4,22				125,7	126,3	126,9	127,5	128,1	128,6	129,1	129,7	130,6	131,5	
4,23				125,4	126,1	126,7	127,3	127,9	128,4	128,9	129,5	130,4	131,4	
4,24				125,2	125,8	126,5	127,1	127,6	128,2	128,7	129,2	130,2	131,2	
4,25					124,9	125,6	126,2	126,8	127,4	128,0	128,5	129,0	130,0	131,0
4,26					124,6	125,3	126,0	126,6	127,2	127,8	128,3	128,8	129,8	130,8
4,27					124,4	125,1	125,7	126,4	127,0	127,5	128,1	128,6	129,6	130,6
4,28					124,1	124,8	125,5	126,1	126,7	127,3	127,9	128,4	129,4	130,4
4,29					123,8	124,5	125,2	125,9	126,5	127,1	127,6	128,2	129,2	130,2
4,30					123,6	124,3	125,0	125,6	126,2	126,8	127,4	128,0	129,0	130,0
4,31					123,3	124,0	124,7	125,4	126,0	126,6	127,2	127,8	128,8	129,8
4,32						123,7	124,4	125,1	125,8	126,4	127,0	127,5	128,6	129,6
4,33						123,5	124,2	124,9	125,5	126,1	126,7	127,3	128,4	129,4
4,34						123,2	123,9	124,6	125,3	125,9	126,5	127,1	128,2	129,2
4,35						122,9	123,6	124,3	125,0	125,7	126,3	126,9	128,0	129,0
4,36						122,6	123,4	124,1	124,8	125,4	126,0	126,6	127,8	128,8
4,37						122,3	123,1	123,8	124,5	125,2	125,8	126,4	127,5	128,6
4,38						122,0	122,8	123,5	124,2	124,9	125,5	126,2	127,3	128,4
4,39						121,7	122,5	123,3	124,0	124,6	125,3	125,9	127,1	128,2
4,40						121,4	122,2	123,0	123,7	124,4	125,0	125,7	126,9	128,0
4,41							121,9	122,7	123,4	124,1	124,8	125,4	126,6	127,7
4,42							121,6	122,4	123,1	123,9	124,5	125,2	126,4	127,5
4,43							121,3	122,1	122,9	123,6	124,3	124,9	126,2	127,3
4,44							121,0	121,8	122,6	123,3	124,0	124,7	125,9	127,1
4,45							120,7	121,5	122,3	123,0	123,7	124,4	125,7	126,8
4,46							120,3	121,2	122,0	122,7	123,5	124,2	125,4	126,6
4,47							120,0	120,9	121,7	122,5	123,2	123,9	125,2	126,4
4,48							119,7	120,5	121,4	122,2	122,9	123,6	124,9	126,1
4,49							119,3	120,2	121,1	121,9	122,6	123,3	124,7	125,9
4,50							119,0	119,9	120,8	121,6	122,3	123,1	124,4	125,7
4,51								119,5	120,4	121,3	122,1	122,8	124,2	125,4
4,52								119,2	120,1	121,0	121,8	122,5	123,9	125,2
4,53								118,9	119,8	120,6	121,5	122,2	123,6	124,9
4,54								118,5	119,4	120,3	121,1	121,9	123,4	124,7
4,55								118,1	119,1	120,0	120,8	121,6	123,1	124,4
4,56								117,7	118,7	119,7	120,5	121,3	122,8	124,2
4,57								117,4	118,4	119,3	120,2	121,0	122,5	123,9
4,58								117,0	118,0	119,0	119,9	120,7	122,3	123,6
4,59									117,6	118,6	119,5	120,4	122,0	123,4
4,60									117,3	118,3	119,2	120,1	121,7	123,1
4,61									116,9	117,9	118,9	119,7	121,4	122,8
4,62									116,5	117,5	118,5	119,4	121,1	122,6
4,63									116,1	117,1	118,1	119,1	120,8	122,3
4,64									115,6	116,8	117,8	118,7	120,5	122,0

TABLE 2-b (*suite*)

HÉLIUM

(Température: K

Pression: MPa

Masse volumique: kg/m³)

PRES	,085	,090	,100	,110	,120	,130	,140	,150	,160	,170	,180	,200	,220
TEMP													
4,65								115,2	116,4	117,4	118,4	120,1	121,7
4,66								114,8	116,0	117,0	118,0	119,8	121,4
4,67									115,5	116,6	117,7	119,5	121,1
4,68									115,1	116,2	117,3	119,2	120,8
4,69									114,7	115,8	116,9	118,8	120,5
4,70									114,2	115,4	116,5	118,5	120,2
4,71									113,7	115,0	116,1	118,1	119,9
4,72									113,3	114,6	115,7	117,8	119,5
4,73									112,8	114,1	115,3	117,4	119,2
4,74									112,3	113,6	114,9	117,0	118,9
4,75										113,2	114,4	116,6	118,5
4,76										112,7	114,0	116,3	118,2
4,77										112,2	113,5	115,9	117,8
4,78										111,7	113,1	115,5	117,5
4,79										111,1	112,6	115,0	117,1
4,80										110,6	112,1	114,6	116,7
4,81										110,0	111,6	114,2	116,4
4,82										109,4	111,0	113,7	116,0
4,83											110,5	113,3	115,6
4,84											109,9	112,8	115,2
4,85											109,3	112,3	114,8
4,86											108,7	111,8	114,3
4,87											108,0	111,3	113,9
4,88											107,4	110,8	113,5
4,89											106,6	110,3	113,0
4,90												109,7	112,6
4,91												109,1	112,1
4,92												108,5	111,6
4,93												107,9	111,1
4,94												107,2	110,6
4,95												106,5	110,0
4,96												105,8	109,5
4,97												105,0	108,9
4,98												104,2	108,3
4,99												103,4	107,7
5,00												102,5	107,0
5,01												101,5	106,4
5,02												100,4	105,7
5,03												99,3	104,9
5,04													104,2
5,05													103,4
5,06													102,5
5,07													101,6
5,08													100,6
5,09													99,6
5,10													98,4
5,11													97,2
5,12													95,7
5,13													94,1
5,14													92,2
5,15													89,8

TABLE 3-a
HYDROGÈNE

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
19,4	,0774	71,77	13,934
19,6	,0824	71,55	13,976
19,8	,0877	71,33	14,019
20,0	,0933	71,11	14,063
20,2	,0990	70,88	14,107
20,4	,1051	70,66	14,153
20,6	,1114	70,43	14,199
20,8	,1179	70,19	14,246
21,0	,1247	69,96	14,294
21,2	,1319	69,72	14,343
21,4	,1392	69,48	14,393
21,6	,1469	69,23	14,444
21,8	,1549	68,98	14,496
22,0	,1632	68,73	14,550
22,2	,1718	68,47	14,604
22,4	,1807	68,22	14,659
22,6	,1900	67,95	14,716
22,8	,1995	67,69	14,774
23,0	,2094	67,42	14,833
23,2	,2197	67,14	14,894
23,4	,2303	66,86	14,956
23,6	,2412	66,58	15,020
23,8	,2525	66,29	15,085
24,0	,2642	66,00	15,151
24,2	,2763	65,70	15,220
24,4	,2887	65,40	15,290
24,6	,3016	65,10	15,361
24,8	,3148	64,79	15,435
25,0	,3284	64,47	15,511
25,2	,3425	64,15	15,589
25,4	,3570	63,82	15,669
25,6	,3718	63,49	15,751
25,8	,3872	63,15	15,836
26,0	,4029	62,80	15,923
26,2	,4191	62,45	16,013
26,4	,4358	62,09	16,105
26,6	,4529	61,73	16,201
26,8	,4704	61,35	16,299

TABLE 3-a (suite)**HYDROGÈNE**

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
27,0	,4885	60,97	16,402
27,2	,5070	60,58	16,507
27,4	,5260	60,18	16,617
27,6	,5456	59,77	16,730
27,8	,5656	59,35	16,848
28,0	,5861	58,93	16,971
28,2	,6072	58,49	17,098
28,4	,6287	58,03	17,231
28,6	,6509	57,57	17,370
28,8	,6735	57,09	17,516
29,0	,6967	56,60	17,669
29,2	,7205	56,09	17,829
29,4	,7449	55,56	17,998
29,6	,7698	55,02	18,176
29,8	,7953	54,45	18,365
30,0	,8214	53,86	18,566
30,2	,8482	53,25	18,780
30,4	,8755	52,60	19,010
30,6	,9035	51,93	19,256
30,8	,9322	51,22	19,522
31,0	,9615	50,48	19,811
31,2	,9915	49,68	20,127
31,4	1,0222	48,84	20,476
31,6	1,0535	47,92	20,867
31,8	1,0857	46,91	21,317
32,0	1,1185	45,74	21,863
32,2	1,1522	42,86	23,330
32,4	1,1866	39,99	25,007
32,6	1,2219	37,11	26,945
32,8	1,2581	34,24	29,209

TABLE 3-b HYDROGÈNE (Température: K Pression: MPa Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,30	,40	,50	,60	,70	,80	,90	1,00	1,10	1,20
TEMP													
19,4	71,77	71,80	71,93	72,05	72,18	72,30	72,42	72,54	72,66	72,78	72,89	73,01	73,12
19,6		71,57	71,70	71,83	71,96	72,09	72,21	72,33	72,45	72,57	72,69	72,80	72,92
19,8		71,35	71,48	71,61	71,74	71,87	72,00	72,12	72,24	72,36	72,48	72,60	72,72
20,0		71,12	71,25	71,39	71,52	71,65	71,78	71,90	72,03	72,15	72,27	72,40	72,51
20,2		70,89	71,02	71,16	71,30	71,43	71,56	71,69	71,81	71,94	72,06	72,19	72,31
20,4			70,79	70,93	71,07	71,20	71,34	71,47	71,60	71,72	71,85	71,98	72,10
20,6			70,55	70,70	70,84	70,97	71,11	71,24	71,38	71,51	71,63	71,76	71,89
20,8			70,31	70,46	70,60	70,74	70,88	71,02	71,15	71,29	71,42	71,54	71,67
21,0			70,07	70,22	70,36	70,51	70,65	70,79	70,93	71,06	71,19	71,33	71,46
21,2			69,82	69,97	70,12	70,27	70,41	70,56	70,70	70,83	70,97	71,10	71,24
21,4			69,57	69,73	69,88	70,03	70,18	70,32	70,46	70,60	70,74	70,88	71,01
21,6			69,31	69,47	69,63	69,78	69,93	70,08	70,23	70,37	70,51	70,65	70,79
21,8			69,05	69,22	69,38	69,53	69,69	69,84	69,99	70,13	70,28	70,42	70,56
22,0			68,79	68,96	69,12	69,28	69,44	69,59	69,74	69,89	70,04	70,18	70,33
22,2			68,52	68,69	68,86	69,02	69,18	69,34	69,50	69,65	69,80	69,95	70,09
22,4			68,25	68,42	68,59	68,76	68,93	69,09	69,25	69,40	69,56	69,71	69,85
22,6			67,97	68,15	68,32	68,50	68,66	68,83	68,99	69,15	69,31	69,46	69,61
22,8			67,68	67,87	68,05	68,23	68,40	68,57	68,73	68,90	69,06	69,21	69,37
23,0				67,58	67,77	67,95	68,13	68,30	68,47	68,64	68,80	68,96	69,12
23,2				67,29	67,48	67,67	67,85	68,03	68,21	68,38	68,54	68,71	68,87
23,4				67,00	67,19	67,39	67,57	67,76	67,93	68,11	68,28	68,45	68,61
23,6				66,70	66,90	67,10	67,29	67,48	67,66	67,84	68,01	68,19	68,35
23,8				66,39	66,60	66,80	67,00	67,19	67,38	67,56	67,74	67,92	68,09
24,0				66,08	66,29	66,50	66,70	66,90	67,09	67,28	67,47	67,65	67,82
24,2				65,76	65,98	66,19	66,40	66,61	66,80	67,00	67,19	67,37	67,55
24,4				65,43	65,66	65,88	66,09	66,30	66,51	66,71	66,90	67,09	67,28
24,6					65,33	65,56	65,78	66,00	66,21	66,41	66,61	66,81	67,00
24,8					64,99	65,23	65,46	65,68	65,90	66,11	66,32	66,52	66,71
25,0					64,65	64,90	65,13	65,36	65,59	65,80	66,01	66,22	66,42
25,2					64,30	64,55	64,80	65,04	65,27	65,49	65,71	65,92	66,12
25,4					63,94	64,20	64,46	64,70	64,94	65,17	65,40	65,61	65,82
25,6					63,57	63,84	64,11	64,36	64,61	64,85	65,08	65,30	65,52
25,8					63,19	63,47	63,75	64,01	64,27	64,51	64,75	64,98	65,21
26,0						63,09	63,38	63,65	63,92	64,17	64,42	64,66	64,89
26,2						62,70	63,00	63,29	63,56	63,83	64,08	64,33	64,57
26,4						62,30	62,61	62,91	63,20	63,47	63,73	63,99	64,23
26,6						61,88	62,21	62,52	62,82	63,10	63,38	63,64	63,90
26,8						61,45	61,80	62,12	62,43	62,73	63,02	63,29	63,55
27,0						61,01	61,37	61,71	62,04	62,35	62,64	62,93	63,20
27,2							60,93	61,29	61,63	61,95	62,26	62,56	62,84
27,4							60,47	60,85	61,21	61,55	61,87	62,17	62,47
27,6							60,00	60,40	60,77	61,13	61,46	61,78	62,09
27,8							59,50	59,93	60,32	60,70	61,05	61,38	61,70
28,0							58,99	59,44	59,86	60,25	60,62	60,97	61,30
28,2								58,93	59,37	59,79	60,18	60,55	60,89
28,4								58,39	58,87	59,31	59,72	60,11	60,47
28,6								57,83	58,34	58,81	59,25	59,65	60,04
28,8								57,24	57,79	58,29	58,75	59,19	59,59
29,0								56,61	57,21	57,75	58,24	58,70	59,12
29,2									56,59	57,18	57,71	58,19	58,64
29,4									55,94	56,58	57,15	57,67	58,15
29,6									55,24	55,94	56,56	57,12	57,63
29,8									54,48	55,26	55,94	56,54	57,09
30,0										54,53	55,28	55,93	56,52
30,2										53,73	54,57	55,29	55,93
30,4										52,86	53,81	54,60	55,30
30,6											52,98	53,87	54,64
30,8											52,06	53,08	53,93
31,0											51,02	52,21	53,17
31,2											49,81	51,25	52,35
31,4												50,15	51,44
31,6												48,86	50,44
31,8												47,25	49,29
32,0													47,93

TABLE 4-a
AZOTE

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
75,0	,0760	819,3	1,221
76,0	,0860	814,8	1,227
77,0	,0971	810,3	1,234
78,0	,1091	805,7	1,241
79,0	,1223	801,1	1,248
80,0	,1367	796,4	1,256
81,0	,1523	791,6	1,263
82,0	,1692	786,8	1,271
83,0	,1875	782,0	1,279
84,0	,2072	777,0	1,287
85,0	,2284	772,0	1,295
86,0	,2512	767,0	1,304
87,0	,2757	761,9	1,313
88,0	,3019	756,7	1,322
89,0	,3299	751,4	1,331
90,0	,3597	746,1	1,340
91,0	,3915	740,7	1,350
92,0	,4254	735,3	1,360
93,0	,4613	729,7	1,370
94,0	,4994	724,1	1,381
95,0	,5397	718,4	1,392
96,0	,5823	712,6	1,403
97,0	,6274	706,8	1,415
98,0	,6749	700,8	1,427
99,0	,7250	694,8	1,439
100,0	,7777	688,6	1,452
101,0	,8331	682,4	1,465
102,0	,8913	676,0	1,479
103,0	,9524	669,6	1,493
104,0	1,0164	663,0	1,508
105,0	1,0835	656,2	1,524
106,0	1,1537	649,4	1,540
107,0	1,2270	642,3	1,557
108,0	1,3037	635,1	1,575
109,0	1,3837	627,7	1,593
110,0	1,4672	620,1	1,613
111,0	1,5543	612,3	1,633
112,0	1,6450	604,3	1,655
113,0	1,7394	595,9	1,678
114,0	1,8376	587,3	1,703

TABLE 4-a (suite)**AZOTE**

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
115,0	1,9398	578,2	1,729
116,0	2,0460	568,8	1,758
117,0	2,1564	558,9	1,789
118,0	2,2709	548,4	1,823
119,0	2,3899	537,2	1,861
120,0	2,5133	525,2	1,904
121,0	2,6414	512,0	1,953
122,0	2,7742	497,2	2,011
123,0	2,9120	480,1	2,083
124,0	3,0550	458,9	2,179
125,0	3,2034	429,5	2,328
126,0	3,3578	442,6	2,259

TABLE 4-b AZOTE (Température: K Pression: MPa Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
TEMP													
75,0	819,3	819,3	819,6	820,0	820,4	820,8	821,2	821,8	822,3	822,8	823,3	824,3	825,3
75,5		817,1	817,3	817,8	818,2	818,6	819,0	819,6	820,1	820,6	821,1	822,2	823,2
76,0		814,8	815,1	815,5	815,9	816,4	816,8	817,4	817,9	818,4	819,0	820,0	821,1
76,5		812,6	812,8	813,2	813,7	814,1	814,6	815,1	815,7	816,2	816,8	817,9	818,9
77,0		810,3	810,5	811,0	811,4	811,9	812,3	812,9	813,5	814,0	814,6	815,7	816,8
77,5			808,2	808,7	809,2	809,6	810,1	810,7	811,2	811,8	812,4	813,5	814,6
78,0			805,9	806,4	806,9	807,3	807,8	808,4	809,0	809,6	810,1	811,3	812,4
78,5			803,6	804,1	804,5	805,0	805,5	806,1	806,7	807,3	807,9	809,1	810,2
79,0			801,2	801,7	802,2	802,7	803,2	803,8	804,4	805,0	805,6	806,8	808,0
79,5			798,9	799,4	799,9	800,4	800,9	801,5	802,1	802,8	803,4	804,6	805,8
80,0			796,5	797,0	797,5	798,1	798,6	799,2	799,8	800,5	801,1	802,3	803,6
80,5			794,1	794,6	795,2	795,7	796,2	796,9	797,5	798,2	798,8	800,1	801,3
81,0			791,7	792,2	792,8	793,3	793,9	794,5	795,2	795,8	796,5	797,8	799,1
81,5			789,3	789,8	790,4	790,9	791,5	792,2	792,8	793,5	794,2	795,5	796,8
82,0			786,8	787,4	788,0	788,5	789,1	789,8	790,5	791,2	791,8	793,2	794,5
82,5			784,4	785,0	785,5	786,1	786,7	787,4	788,1	788,8	789,5	790,9	792,2
83,0			781,9	782,5	783,1	783,7	784,3	785,0	785,7	786,4	787,1	788,5	789,9
83,5			779,4	780,0	780,6	781,2	781,8	782,6	783,3	784,0	784,8	786,2	787,6
84,0				777,5	778,1	778,8	779,4	780,1	780,9	781,6	782,4	783,8	785,3
84,5				775,0	775,7	776,3	776,9	777,7	778,4	779,2	780,0	781,4	782,9
85,0				772,5	773,1	773,8	774,4	775,2	776,0	776,8	777,5	779,1	780,5
85,5				770,0	770,6	771,3	771,9	772,7	773,5	774,3	775,1	776,6	778,2
86,0				767,4	768,1	768,7	769,4	770,2	771,0	771,8	772,6	774,2	775,8
86,5				764,8	765,5	766,2	766,9	767,7	768,5	769,4	770,2	771,8	773,4
87,0				762,2	762,9	763,6	764,3	765,2	766,0	766,9	767,7	769,3	771,0
87,5				759,6	760,3	761,0	761,7	762,6	763,5	764,4	765,2	766,9	768,5
88,0				757,0	757,7	758,4	759,2	760,1	760,9	761,8	762,7	764,4	766,1
88,5				754,3	755,1	755,8	756,6	757,5	758,4	759,3	760,2	761,9	763,6
89,0				751,6	752,4	753,2	753,9	754,9	755,8	756,7	757,6	759,4	761,1
89,5				748,9	749,7	750,5	751,3	752,2	753,2	754,1	755,0	756,9	758,6
90,0				746,2	747,0	747,8	748,6	749,6	750,6	751,5	752,5	754,3	756,1
90,5				743,5	744,3	745,1	745,9	746,9	747,9	748,9	749,9	751,8	753,6
91,0				740,7	741,6	742,4	743,2	744,2	745,3	746,3	747,2	749,2	751,1
91,5					738,8	739,7	740,5	741,5	742,6	743,6	744,6	746,6	748,5
92,0					736,0	736,9	737,8	738,8	739,9	740,9	741,9	744,0	745,9
92,5					733,2	734,1	735,0	736,1	737,2	738,2	739,3	741,3	743,4
93,0					730,4	731,3	732,2	733,3	734,4	735,5	736,6	738,7	740,7
93,5					727,5	728,4	729,4	730,5	731,6	732,8	733,9	736,0	738,1
94,0					724,6	725,6	726,5	727,7	728,9	730,0	731,1	733,3	735,5
94,5					721,7	722,7	723,7	724,9	726,0	727,2	728,4	730,6	732,8
95,0					718,8	719,8	720,8	722,0	723,2	724,4	725,6	727,9	730,1
95,5					715,8	716,8	717,8	719,1	720,3	721,6	722,8	725,1	727,4
96,0					712,8	713,8	714,9	716,2	717,5	718,7	719,9	722,4	724,7
96,5						710,8	711,9	713,2	714,5	715,8	717,1	719,6	721,9
97,0						707,8	708,9	710,3	711,6	712,9	714,2	716,7	719,2
97,5						704,7	705,9	707,3	708,6	710,0	711,3	713,9	716,4
98,0						701,6	702,8	704,2	705,6	707,0	708,4	711,0	713,6
98,5						698,5	699,7	701,2	702,6	704,0	705,4	708,1	710,7
99,0						695,3	696,5	698,1	699,5	701,0	702,4	705,2	707,9
99,5						692,1	693,4	694,9	696,4	697,9	699,4	702,2	705,0
100,0						688,8	690,2	691,7	693,3	694,8	696,3	699,3	702,1
100,5							686,9	688,5	690,1	691,7	693,3	696,3	699,1
101,0							683,6	685,3	686,9	688,6	690,1	693,2	696,2
101,5							680,3	682,0	683,7	685,4	687,0	690,2	693,2
102,0							676,9	678,7	680,4	682,1	683,8	687,1	690,2
102,5							673,5	675,3	677,1	678,9	680,6	683,9	687,1
103,0							670,0	671,9	673,7	675,6	677,3	680,8	684,0
103,5							666,4	668,4	670,3	672,2	674,0	677,6	680,9
104,0								664,9	666,9	668,8	670,7	674,3	677,8
104,5								661,3	663,4	665,4	667,3	671,0	674,6
105,0								657,7	659,8	661,9	663,9	667,7	671,4
105,5								654,0	656,2	658,3	660,4	664,3	668,1

TABLE 4-b (suite)**AZOTE**

(Température: K

Pression: MPa

Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
TEMP													
106,0								650,3	652,5	654,7	656,9	660,9	664,8
106,5								646,4	648,8	651,1	653,3	657,5	661,5
107,0								642,5	645,0	647,3	649,6	654,0	658,1
107,5									641,1	643,6	645,9	650,4	654,7
108,0									637,2	639,7	642,2	646,8	651,2
108,5									633,1	635,8	638,3	643,2	647,7
109,0									629,0	631,8	634,4	639,4	644,1
109,5									624,8	627,7	630,4	635,6	640,5
110,0									620,5	623,5	626,4	631,8	636,8
110,5										619,2	622,2	627,9	633,1
111,0										614,8	618,0	623,8	629,2
111,5										610,3	613,6	619,8	625,4
112,0										605,7	609,2	615,6	621,4
112,5										600,9	604,6	611,3	617,4
113,0										596,0	599,9	606,9	613,3
113,5											595,0	602,4	609,1
114,0											590,0	597,8	604,8
114,5											584,8	593,1	600,4
115,0											579,4	588,2	595,9
115,5											573,7	583,2	591,3
116,0												577,9	586,5
116,5												572,5	581,6
117,0												566,8	576,6
117,5												560,8	571,3
118,0												554,5	565,9
118,5												547,9	560,2
119,0												540,8	554,2
119,5												533,1	548,0
120,0													541,4
120,5													534,3
121,0													526,7
121,5													518,5
122,0													509,4
122,5													499,0
123,0													486,9

TABLE 5-a
OXYGÈNE

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
88,0	,0801	1151,9	,8682
89,0	,0893	1147,0	,8719
90,0	,0993	1142,0	,8756
91,0	,1102	1137,0	,8795
92,0	,1219	1132,0	,8834
93,0	,1346	1127,0	,8873
94,0	,1483	1121,9	,8913
95,0	,1631	1116,8	,8954
96,0	,1789	1111,7	,8995
97,0	,1958	1106,5	,9037
98,0	,2139	1101,3	,9080
99,0	,2333	1096,1	,9123
100,0	,2540	1090,8	,9167
101,0	,2760	1085,5	,9212
102,0	,2994	1080,1	,9258
103,0	,3243	1074,7	,9305
104,0	,3506	1069,3	,9352
105,0	,3785	1063,8	,9401
106,0	,4081	1058,2	,9450
107,0	,4392	1052,6	,9500
108,0	,4722	1046,9	,9552
109,0	,5069	1041,2	,9604
110,0	,5434	1035,4	,9658
111,0	,5818	1029,6	,9712
112,0	,6222	1023,7	,9768
113,0	,6646	1017,7	,9826
114,0	,7090	1011,7	,9884
115,0	,7556	1005,6	,9944
116,0	,8043	999,4	1,0006
117,0	,8553	993,2	1,0069
118,0	,9085	986,8	1,0134
119,0	,9642	980,4	1,0200
120,0	1,0222	973,9	1,0268
121,0	1,0827	967,2	1,0339
122,0	1,1458	960,5	1,0411
123,0	1,2114	953,7	1,0485
124,0	1,2797	946,8	1,0562

TABLE 5-a (suite)**OXYGÈNE**

Temp. K	Pression de vapeur MPa	Masse volumique kg/m ³	Volume/unité de masse dm ³ /kg
125,0	1,3507	939,7	1,0642
126,0	1,4245	932,5	1,0723
127,0	1,5012	925,2	1,0808
128,0	1,5807	917,8	1,0896
129,0	1,6633	910,2	1,0987
130,0	1,7488	902,4	1,1081
131,0	1,8375	894,5	1,1179
132,0	1,9294	886,4	1,1282
133,0	2,0245	878,1	1,1388
134,0	2,1229	869,6	1,1500
135,0	2,2248	860,9	1,1616
136,0	2,3301	851,9	1,1738
137,0	2,4389	842,7	1,1867
138,0	2,5514	833,2	1,2002
139,0	2,6676	823,3	1,2146
140,0	2,7875	813,2	1,2298
141,0	2,9114	802,6	1,2459
142,0	3,0392	791,6	1,2632
143,0	3,1711	780,2	1,2818
144,0	3,3072	768,2	1,3018
145,0	3,4476	755,5	1,3236
146,0	3,5924	742,2	1,3474
147,0	3,7417	727,9	1,3738
148,0	3,8958	712,6	1,4033
149,0	4,0547	695,9	1,4369
150,0	4,2186	677,5	1,4760
151,0	4,3878	656,6	1,5230
152,0	4,5625	631,8	1,5828
153,0	4,7432	599,9	1,6670
154,0	4,9305	550,3	1,8173

TABLE 5-b OXYGÈNE (Température: K Pression: MPa Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
TEMP													
88,0		1151,9	1152,1	1152,5	1152,9	1153,4	1153,8	1154,8	1155,9	1156,9	1157,9	1158,9	1160,0
88,5		1149,4	1149,6	1150,1	1150,5	1150,9	1151,3	1152,4	1153,4	1154,5	1155,5	1156,6	1157,6
89,0		1146,9	1147,2	1147,6	1148,0	1148,5	1148,9	1150,0	1151,0	1152,1	1153,1	1154,2	1155,2
89,5		1144,5	1144,7	1145,1	1145,5	1146,0	1146,4	1147,5	1148,6	1149,6	1150,7	1151,8	1152,8
90,0		1142,0	1142,2	1142,6	1143,1	1143,5	1144,0	1145,0	1146,1	1147,2	1148,3	1149,4	1150,4
90,5			1139,7	1140,1	1140,6	1141,0	1141,5	1142,6	1143,7	1144,8	1145,9	1146,9	1148,0
91,0			1137,2	1137,6	1138,1	1138,5	1139,0	1140,1	1141,2	1142,3	1143,4	1144,5	1145,6
91,5			1134,7	1135,1	1135,6	1136,1	1136,5	1137,6	1138,8	1139,9	1141,0	1142,1	1143,2
92,0			1132,2	1132,6	1133,1	1133,5	1134,0	1135,2	1136,3	1137,4	1138,5	1139,7	1140,8
92,5			1129,6	1130,1	1130,6	1131,0	1131,5	1132,7	1133,8	1135,0	1136,1	1137,2	1138,3
93,0			1127,1	1127,6	1128,0	1128,5	1129,0	1130,2	1131,3	1132,5	1133,6	1134,8	1135,9
93,5			1124,5	1125,0	1125,5	1126,0	1126,5	1127,7	1128,8	1130,0	1131,2	1132,3	1133,5
94,0			1122,0	1122,5	1123,0	1123,5	1123,9	1125,1	1126,3	1127,5	1128,7	1129,9	1131,0
94,5			1119,4	1119,9	1120,4	1120,9	1121,4	1122,6	1123,8	1125,0	1126,2	1127,4	1128,6
95,0			1116,9	1117,4	1117,9	1118,4	1118,9	1120,1	1121,3	1122,5	1123,7	1124,9	1126,1
95,5			1114,3	1114,8	1115,3	1115,8	1116,3	1117,5	1118,8	1120,0	1121,2	1122,4	1123,6
96,0			1111,7	1112,2	1112,7	1113,2	1113,7	1115,0	1116,3	1117,5	1118,7	1119,9	1121,2
96,5			1109,1	1109,6	1110,1	1110,6	1111,2	1112,4	1113,7	1115,0	1116,2	1117,4	1118,7
97,0			1106,5	1107,0	1107,5	1108,1	1108,6	1109,9	1111,2	1112,4	1113,7	1114,9	1116,2
97,5				1104,4	1104,9	1105,5	1106,0	1107,3	1108,6	1109,9	1111,2	1112,4	1113,7
98,0				1101,8	1102,3	1102,8	1103,4	1104,7	1106,0	1107,3	1108,6	1109,9	1111,2
98,5				1099,1	1099,7	1100,2	1100,8	1102,1	1103,4	1104,8	1106,1	1107,4	1108,7
99,0				1096,5	1097,0	1097,6	1098,1	1099,5	1100,9	1102,2	1103,5	1104,8	1106,1
99,5				1093,8	1094,4	1094,9	1095,5	1096,9	1098,3	1099,6	1101,0	1102,3	1103,6
100,0				1091,2	1091,7	1092,3	1092,9	1094,3	1095,6	1097,0	1098,4	1099,7	1101,1
100,5				1088,5	1089,1	1089,6	1090,2	1091,6	1093,0	1094,4	1095,8	1097,2	1098,5
101,0				1085,8	1086,4	1086,9	1087,5	1089,0	1090,4	1091,8	1093,2	1094,6	1095,9
101,5				1083,1	1083,7	1084,3	1084,8	1086,3	1087,8	1089,2	1090,6	1092,0	1093,4
102,0				1080,4	1081,0	1081,6	1082,2	1083,6	1085,1	1086,5	1088,0	1089,4	1090,8
102,5				1077,6	1078,2	1078,8	1079,5	1081,0	1082,4	1083,9	1085,4	1086,8	1088,2
103,0				1074,9	1075,5	1076,1	1076,7	1078,3	1079,8	1081,2	1082,7	1084,2	1085,6
103,5				1072,1	1072,8	1073,4	1074,0	1075,5	1077,1	1078,6	1080,1	1081,5	1083,0
104,0				1069,4	1070,0	1070,6	1071,3	1072,8	1074,4	1075,9	1077,4	1078,9	1080,4
104,5				1066,6	1067,2	1067,9	1068,5	1070,1	1071,7	1073,2	1074,7	1076,3	1077,7
105,0				1063,8	1064,4	1065,1	1065,7	1067,3	1068,9	1070,5	1072,1	1073,6	1075,1
105,5				1061,0	1061,6	1062,3	1062,9	1064,6	1066,2	1067,8	1069,4	1070,9	1072,5
106,0					1058,8	1059,5	1060,1	1061,8	1063,4	1065,1	1066,7	1068,2	1069,8
106,5					1056,0	1056,6	1057,3	1059,0	1060,7	1062,3	1063,9	1065,5	1067,1
107,0					1053,1	1053,8	1054,5	1056,2	1057,9	1059,6	1061,2	1062,8	1064,4
107,5					1050,2	1051,0	1051,7	1053,4	1055,1	1056,8	1058,5	1060,1	1061,7
108,0					1047,4	1048,1	1048,8	1050,6	1052,3	1054,0	1055,7	1057,4	1059,0
108,5					1044,5	1045,2	1045,9	1047,7	1049,5	1051,2	1052,9	1054,6	1056,3
109,0					1041,5	1042,3	1043,0	1044,8	1046,6	1048,4	1050,1	1051,9	1053,6
109,5					1038,6	1039,4	1040,1	1042,0	1043,8	1045,6	1047,3	1049,1	1050,8
110,0					1035,6	1036,4	1037,2	1039,0	1040,9	1042,7	1044,5	1046,3	1048,0
110,5					1032,7	1033,4	1034,2	1036,1	1038,0	1039,9	1041,7	1043,5	1045,3
111,0					1029,7	1030,5	1031,3	1033,2	1035,1	1037,0	1038,8	1040,7	1042,5
111,5						1027,5	1028,3	1030,2	1032,2	1034,1	1036,0	1037,8	1039,7
112,0						1024,4	1025,3	1027,3	1029,2	1031,2	1033,1	1035,0	1036,8
112,5						1021,4	1022,2	1024,3	1026,3	1028,3	1030,2	1032,1	1034,0
113,0						1018,3	1019,2	1021,3	1023,3	1025,3	1027,3	1029,2	1031,1
113,5						1015,2	1016,1	1018,2	1020,3	1022,3	1024,3	1026,3	1028,3
114,0						1012,1	1013,0	1015,2	1017,3	1019,4	1021,4	1023,4	1025,4
114,5						1009,0	1009,9	1012,1	1014,2	1016,3	1018,4	1020,5	1022,5
115,0						1005,8	1006,7	1009,0	1011,2	1013,3	1015,4	1017,5	1019,6
115,5						1002,6	1003,6	1005,9	1008,1	1010,3	1012,4	1014,5	1016,6
116,0							1000,4	1002,7	1005,0	1007,2	1009,4	1011,5	1013,7
116,5							997,2	999,5	1001,8	1004,1	1006,3	1008,5	1010,7
117,0							993,9	996,3	998,7	1001,0	1003,3	1005,5	1007,7
117,5							990,6	993,1	995,5	997,9	1000,2	1002,4	1004,7
118,0							987,3	989,8	992,3	994,7	997,1	999,4	1001,6
118,5							984,0	986,6	989,1	991,5	993,9	996,3	998,6
119,0							980,6	983,3	985,8	988,3	990,7	993,1	995,5
119,5							977,2	979,9	982,5	985,1	987,6	990,0	992,4

TABLE 5-b (suite) OXYGÈNE (Température: K Pression: MPa Masse volumique: kg/m³)

PRES	,08	,10	,20	,40	,60	,80	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
TEMP													
120,0								976,5	979,2	981,8	984,3	986,8	989,3
120,5								973,1	975,9	978,5	981,1	983,6	986,1
121,0								969,7	972,5	975,2	977,8	980,4	982,9
121,5								966,2	969,1	971,8	974,5	977,2	979,7
122,0								962,7	965,6	968,4	971,2	973,9	976,5
122,5								959,2	962,1	965,0	967,8	970,6	973,3
123,0								955,6	958,6	961,6	964,4	967,2	970,0
123,5								951,9	955,1	958,1	961,0	963,9	966,7
124,0								948,3	951,5	954,6	957,6	960,5	963,3
124,5								944,6	947,8	951,0	954,1	957,1	960,0
125,0								940,8	944,2	947,4	950,6	953,6	956,6
125,5								937,0	940,4	943,8	947,0	950,1	953,1
126,0								933,1	936,7	940,1	943,4	946,6	949,7
126,5								929,2	932,9	936,4	939,7	943,0	946,2
127,0									929,0	932,6	936,1	939,4	942,7
127,5									925,1	928,8	932,3	935,8	939,1
128,0									921,1	924,9	928,6	932,1	935,5
128,5									917,1	921,0	924,7	928,4	931,8
129,0									913,0	917,0	920,9	924,6	928,2
129,5									908,9	913,0	917,0	920,8	924,4
130,0									904,7	908,9	913,0	916,9	920,7
130,5									900,4	904,8	909,0	913,0	916,8
131,0									896,0	900,6	904,9	909,0	913,0
131,5									891,6	896,3	900,7	905,0	909,1
132,0									887,1	891,9	896,5	900,9	905,1
132,5									882,5	887,5	892,3	896,8	901,1
133,0										883,0	887,9	892,6	897,0
133,5										878,4	883,5	888,3	892,9
134,0										873,8	879,0	884,0	888,7
134,5										869,0	874,4	879,6	884,4
135,0										864,1	869,8	875,1	880,1
135,5										859,1	865,0	870,5	875,7
136,0										854,0	860,2	865,9	871,2
136,5										848,8	855,2	861,1	866,7
137,0										843,5	850,1	856,3	862,1
137,5										838,0	844,9	851,4	857,3
138,0											839,6	846,3	852,5
138,5											834,1	841,2	847,6
139,0											828,5	835,9	842,6
139,5											822,8	830,4	837,5
140,0											816,8	824,9	832,2
140,5											810,6	819,2	826,9
141,0											804,2	813,3	821,4
141,5											797,6	807,2	815,7
142,0												800,9	809,9
142,5												794,4	803,9
143,0												787,6	797,7
143,5												780,5	791,3
144,0												773,1	784,6
144,5												765,3	777,7
145,0												757,1	770,5
145,5													763,0
146,0													755,0
146,5													746,6
147,0													737,6
147,5													727,9
148,0													717,4

BIBLIOGRAPHIE

- CEI 60068-1 (1988)
Essais d'environnement. Partie 1: Généralités et guide.
- CEI 60068-2-1 (1990)
Essais d'environnement. Partie 2: Essais. Essais A: Froid.
- CEI 60068-2-2 (1974)
Essais d'environnement. Partie 2: Essais. Essais B: Chaleur sèche.
- CEI 60068-2-6 (1995)
Essais d'environnement. Partie 2: Essais. Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales).
- CEI 60068-2-28 (1990)
Essais d'environnement. Partie 2: Essais. Guide pour les essais de chaleur humide.
- CEI 60068-2-30 (1980)
Essais d'environnement. Partie 2: Essais. Essai Db et guide: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures).
- CEI 60068-3-1 (1974)
Essais d'environnement. Partie 3: Information de base- Section un: Essais de froid et de chaleur sèche.
- CEI 60068-3-1A (1978)
Essais d'environnement. Partie 3: Information de base - Premier complément.
- CEI 61000-4-2 (1995)
Compatibilité électromagnétique (CEM)- Partie 4: Techniques d'essai et de mesure- Section 2: Essais d'immunité aux décharges électrostatiques. Publication fondamentale en CEM.
- CEI 61000-4-3 (1995)
Compatibilité électromagnétique (CEM)- Partie 4: Techniques d'essai et de mesure- Section 3: Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques.
- CEI 61000-4-4 (1995)
Compatibilité électromagnétique (CEM)- Partie 4: Techniques d'essai et de mesure- Section 4: Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves. Publication fondamentale en CEM.
- CEI 61000-4-11 (1994)
Compatibilité électromagnétique (CEM)- Partie 4: Techniques d'essai et de mesure- Section 11: Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension.
- ISO 6551: 1982
Liquides et gaz de pétrole- Fidélité et sécurité des mesures dynamiques- Systèmes de transmission par câbles de données, sous forme d'impulsions électriques et/ou électroniques
- ISO 7637-1: 1990
Véhicules routiers- Perturbations électriques par conduction et par couplage- Partie 1: Voitures particulières et véhicules utilitaires légers à tension nominale de 12 V- Transmission des perturbations électriques par conduction uniquement le long des lignes d'alimentation.
- ISO 7637-2: 1990
Véhicules routiers- Perturbation électrique par conduction et par couplage- Partie 2: Véhicules utilitaires à tension nominale de 24 V- Transmission des perturbations électriques par conduction uniquement le long des lignes d'alimentation.
- Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie (VIM), deuxième édition, 1993.
- Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, Première édition, 1995.